PRAMING
Proyectos amigables de ingeniería SAS

Taborda Velez & Cia.

Estudio de Impacto Ambiental

Capítulo 7

Demanda, Uso, Aprovechamiento y/o Afectación de Recursos Naturales

Abril de 2022

Calle 33 A # 71 - 83, Medellín • Tel: (57) (4) 448 47 50
Info@praming.com.co • www.praming.com.co

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS iv
LISTADO DE TABLAS viii
LISTADO DE FOTOS xii
LISTADO DE ANEXOS xiii
7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES 14
7.1 AGUAS SUPERFICIALES 14
7.1.1 Etapa de construcción 14
7.1.2 Etapa de operación 15
7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS 21
7.3 VERTIMIENTOS 21
7.3.1 Caracterización de las actividades generadoras de las aguas residuales 21
7.3.1.1 Etapa de construcción 21
7.3.1.2 Etapa de operación 22
7.3.2 Caracterización de los vertimientos 27
7.3.3 Descripción de los sistemas de tratamiento 30
7.3.3.1 Fase de construcción 30
7.3.3.2 Fase de operación 63
7.3.3.3 Manejo de residuos asociados a la gestión del vertimiento 72
7.3.3.4 Características de los sistemas de tratamiento y descarga 73
7.3.4 Plan de gestión del manejo del riesgo de vertimientos 78
7.3.5 Evaluación Ambiental del Vertimiento 78
7.3.5.1 Localización georreferenciada del proyecto, obra o actividad 78
7.3.5.2 Memoria detallada del proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar, con especificaciones de procesos y tecnologías. 80
7.3.5.3 Información sobre la naturaleza de los insumos, productos químicos, formas de energía empleados y los procesos químicos y físicos utilizados en el desarrollo del proyecto, obra o actividad que genera vertimientos. 80
7.3.5.4 Predicción y valoración de los impactos que puedan derivarse de los vertimientos generados por el proyecto, obra o actividad sobre el cuerpo de agua y sus usos 81

7.3.5.5 Balance de masas – Estructura conceptual 83
7.3.5.6 Evaluación ambiental de los vertimientos 84
7.3.5.7 Descripción y valoración de los proyectos, obras y actividades para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el cuerpo de agua. 91
7.3.5.8 Incidencia del proyecto, obra o actividad en la calidad de vida o en las condiciones económicas, sociales y culturales de los habitantes de la región en donde este pretende desarrollarse 91
7.3.5.9 Cálculo de la longitud de zona de mezcla para los vertimientos 92
7.3.5.10 Estructura de descarga de los vertimientos 94
7.4 OCUPACIÓN DE CAUCES 103
7.4.1 Captación 103
7.4.2 Cruce con cuerpos de agua por la implementación de vías y conducción 106
7.4.3 Descarga del caudal turbinado 140
7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL 142
7.5.1 Objetivo 142
7.5.1.1 Objetivo general 142
7.5.1.2 Objetivos específicos 142
7.5.2 Localización de las áreas de aprovechamiento forestal 142
7.5.3 Inventario forestal 148
7.5.3.1 Metodología 148
7.5.3.2 Resultados 151
7.5.4 Solicitud de aprovechamiento 157
7.5.5 Aprovechamiento 157
7.5.5.1 Tala 157
7.5.5.2 Extracción y acopio del material 159
7.6 LEVANTAMIENTO DE VEDAS 160
7.6.1 Introducción 160
7.6.2 Objetivo 161
7.6.2.1 Objetivo General 161
7.6.2.2 Objetivos específicos 161
7.6.3 Área de intervención 161
7.6.4 Caracterización de especies arbóreas sensibles 163
7.6.4.1 Especies arbóreas endémicas o amenazadas 165
7.6.4.2 Especies arbóreas con veda regional 171

7.6.4.3 Helechos arbóreos con veda nacional 174
7.6.4.4 Cálculo de reposición de especies arbóreas sensibles 177
7.6.5 Caracterización de Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes 179
7.6.5.1 Metodología 179
7.6.5.2 Resultados: Revisión de información secundaria 186
7.6.6 Programas de manejo de las especies sensibles 226
7.6.6.1 Objetivo 226
7.6.6.2 Metas 226
7.6.6.3 Actividades 227
7.7 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD 233
7.7.1 Justificación 233
7.7.2 Descripción de las metodologías de colecta temporal y/o definitiva 235
7.7.2.1 Ecosistemas terrestres 235
7.7.2.2 Ecosistemas Acuáticos 246
7.7.1 Metodología de manejo de especímenes ex - situ 251
7.7.2 Perfiles profesionales del encargado de los muestreos 252
7.7.2.1 Vegetación Terrestre 252
7.7.2.2 Fauna Terrestre 252
7.7.2.3 Ecosistemas acuáticos 254
7.8 EMISIONES ATMOSFÉRCICAS 255
7.9 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 255
7.10 RESIDUOS SÓLIDOS 258
7.10.1 Residuos domésticos 258
7.10.1.1 Tipología de residuos 258
7.10.1.2 Manejo de los residuos sólidos en frentes de obra 259
7.10.2 Residuos peligrosos 261
7.10.3 Residuos de las actividades de construcción y demolición (RCD) 263
7.10.4 Localización de las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME) 263
BIBLIOGRAFÍA 264

LISTADO DE FIGURAS

Figura 7-1. Localización puntos para concesión de agua 20
Figura 7-2. Localización de los sistemas de tratamiento y sitios de vertimiento de aguas residuales 26
Figura 7-3. Vista en planta del desarenador 36
Figura 7-4. Vista en perfil del desarenador 36
Figura 7-5. Vista en planta trampa de grasas. 38
Figura 7-6. Vista en perfil trampa de grasas 39
Figura 7-7. Vista en planta unidad de filtración 42
Figura 7-8. Vista en perfil unidad de filtración 42
Figura 7-9. Vistas tanque de desinfección 44
Figura 7-10. Esquema sistema de tratamiento para ARnD – Zona de Captación. 44
Figura 7-11. Esquema sistema de tratamiento para ARnD – Zona de casa de máquinas. 45
Figura 7-12. Vista en planta lechos de secado 48
Figura 7-13. Vista en perfil lechos de secado 48
Figura 7-14. Sistema de tratamiento ARnD – Lavado plantas de concreto 50
Figura 7-15. Vista en planta del desarenador 55
Figura 7-16. Vista en perfil del desarenador 56
Figura 7-17. Sección transversal del tanque de almacenamiento 57
Figura 7-18. Sección transversal tanque de bombeo de lodos. 58
Figura 7-19. Vista en planta lechos de secado 61
Figura 7-20. Vista de perfil lechos de secado 62
Figura 7-21. Vista en planta pozo séptico 66
Figura 7-22. Vista en planta sistema FAFA 66
Figura 7-23. Vista en perfil pozo séptico 67
Figura 7-24. Vista en perfil sistema FAFA 67
Figura 7-25. Vista en planta trampa de grasas 70
Figura 7-26. Vista en perfil trampa de grasas 70
Figura 7-27. Localización georreferenciada del proyecto 79
Figura 7-28. Esquema balance de masas 84
Figura 7-29. Esquema de definición de variables 96
Figura 7-30. Tramo de canal para deducción del método de paso. 97
Figura 7-31. Canal liso a implementar 99
Figura 7-32. Obras proyectadas para la descarga de vertimientos en zona de captación 102
Figura 7-33. Obras proyectadas para la descarga de vertimientos en zona de casa de máquinas 102
Figura 7-34. Captación PCH Cocorná III – Planta 104
Figura 7-35 Perfil del azud 106
Figura 7-36. Cruce de Quebrada sin nombre Km 0+435 de la conducción- Perfil. 108
Figura 7-37. Cruce de la tubería a la altura del Km 0+435 de la conducción – Planta 109
Figura 7-38. Cruce de Quebrada sin nombre Km 0+0510 de la conducción- Perfil 110

Figura 7-39. Cruce de la tubería a la altura del Km 0+510 de la conducción – Planta 110
Figura 7-40. Cruce de Quebrada sin nombre sector Escuela La Placeta - Perfil ... 111
Figura 7-41. Cruce vía en el tramo escolar con quebrada sin nombre cruce 3 – Planta 112
Figura 7-42. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre cruce 4 113
Figura 7-43. Cruce de conducción con quebrada sin nombre cruce 4 – Planta 114
Figura 7-44. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre cruce 5 115
Figura 7-45. Cruce de conducción con quebrada sin nombre cruce 5 – Planta 115
Figura 7-46. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 6 116
Figura 7-47. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 6 117
Figura 7-48. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 7 118
Figura 7-49. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 7 119
Figura 7-50. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 8 120
Figura 7-51. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 8 121
Figura 7-52. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 9 122
Figura 7-53. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 9 122
Figura 7-54. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 10 ... 123
Figura 7-55. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 10 123
Figura 7-56. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 11 ... 124
Figura 7-57. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 11 125
Figura 7-58. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 12 ... 126
Figura 7-59. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 12 127
Figura 7-60. Perfil cruce de la vía de acceso a casa de máquinas con la quebrada sin nombre. Cruce 13 128
Figura 7-61. Cruce de la vía de acceso a casa de máquinas con quebrada sin nombre - Cruce 13 128
Figura 7-62. Perfil cruce de puente con el río Cocorná en la zona de casa de máquinas. Cruce 14 129
Figura 7-63. Cruce del puente de la vía de acceso a casa de máquinas con el río Cocorná - Cruce 14 130
Figura 7-64. Perfil cruce la vía a implementar con la quebrada sin nombre. Cruce 15 131
Figura 7-65. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+014 con la quebrada sin nombre - Cruce 15 131
Figura 7-66. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 16 ... 132
Figura 7-67. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+345 con la quebrada sin nombre - Cruce 16 132
Figura 7-68. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+476 con la quebrada sin nombre - Cruce 17 133
Figura 7-69. Perfil cruce vía de acceso a captación Km 0+717con la quebrada sin nombre. Cruce 18..... 134
Figura 7-70. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+717 con la quebrada sin nombre - Cruce 18 134
Figura 7-71. Cruce vía de acceso a captación con la quebrada sin nombre - cruce19 135

Figura 7-72. Perfil cruce de la vía de acceso a captación Km 0+839 con la quebrada sin nombre. Cruce 20 136
Figura 7-73. Planta del cruce de la vía de acceso a captación Km 0+839 con la quebrada sin nombre. Cruce 20 137
Figura 7-74. Perfil cruce vía casa de máquinas a implementar con la quebrada sin nombre. Cruce 21 138
Figura 7-75. Planta del cruce de la vía a casa de máquinas con quebrada sin nombre - Cruce 21 138
Figura 7-76. Cruce de Quebrada sin nombre sobre la vía existente de la vereda Los Cedros- Perfil 140
Figura 7-77. Casa de máquinas PCH Cocorná III – Planta 141
Figura 7-78. Perfil del canal de descarga del caudal turbinado al Río Cocorná 141
Figura 7-79. Localización de predios y obras del proyecto PCH Cocorná III 147
Figura 7-80. Medición de CAP teniendo en cuenta diferentes consideraciones 149
Figura 7-81. Composición florística del Aprovechamiento Forestal 152
Figura 7-82. Riqueza y abundancia de las especies a Aprovechar 153
Figura 7-83. Distribuciones diamétricas y altimétricas, inventario 100% 154
Figura 7-84. Dominancia de las especies por área basal 155
Figura 7-85. Corte del árbol 159
Figura 7-86. Coberturas en el área de intervención del Proyecto 162
Figura 7-87. Localización de especies arbóreas sensibles en el área de intervención 164
Figura 7-88. Localización de parcelas de regeneración de especies arbóreas sensibles en el área de intervención 167
Figura 7-89. Distribución altimétrica y diamétrica de *Graffenrieda grandifolia* 169
Figura 7-90. Distribución altimétrica y diamétrica de *Hyptidendron arboreum* 169
Figura 7-91. Distribución altimétrica y diamétrica de *Licania durifolia* 169
Figura 7-92. Distribución altimétrica y diamétrica de *Alfaroa williamsii* 173
Figura 7-93. Distribución altimétrica y diamétrica de *Aniba coto* 173
Figura 7-94. Distribución altimétrica y diamétrica de los helechos arbóreos vedados 176
Figura 7-95. Zonificación del Forófito para epifitas vasculares y no vasculares 181
Figura 7-96. Localización del muestreo para las Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes epífitos en el área de intervención 193
Figura 7-97 Riqueza y abundancia de familias de epífitas vasculares 195
Figura 7-98 Riqueza y abundancia de familias de epífitas vasculares por cobertura vegetal 196
Figura 7-99 Distribución de los individuos por zona evaluada de los forófitos y tipo de cobertura 197
Figura 7-100. Curvas de acumulación de especies para epífitas vasculares 202
Figura 7-101. Localización de individuos de bromelias y orquídeas terrestres en el área de intervención del proyecto 204
Figura 7-102. Curvas de acumulación de especie de Briófitos y Líquenes de hábito epífito 217
Figura 7-103 Localización de parcelas de muestreo de Briófitos y Líquenes en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición 219

Figura 7-104. Número de especies y cobertura de briófitos y líquenes no vasculares creciendo sobre otros sustratos.....223
Figura 7-105. Representatividad del muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos 225
Figura 7-106. Estratificación de forófitos para el muestreo de epífitas vasculares y epífitas no vasculares.....237
Figura 7-107. Localización canteras seleccionadas.....257
Figura 7-108. Distribución de los residuos domésticos.....259
Figura 7-109. Recipiente para disponer los residuos peligrosos.....261
Figura 7-110. Ejemplo de guardián de seguridad para disponer agujas y elementos cortopunzantes.....262

LISTADO DE TABLAS

Tabla 7-1. Caudal requerido para fabricación de concretos, riego de vías y lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria – Etapa de construcción 15
Tabla 7-2. Caudales ambientales mensuales 16
Tabla 7-3. Caudales mensuales promedio captados para la generación de energía 17
Tabla 7-4. Localización punto de captación para generación de energía 17
Tabla 7-5. Concesiones requeridas para uso doméstico, red contra incendio y aire acondicionado en etapa de operación. 19
Tabla 7-6. Localización de puntos para concesiones de agua 19
Tabla 7-7. Resumen de las actividades y la generación de agua residual 23
Tabla 7-8. Localización de los sistemas de tratamiento de agua residual 24
Tabla 7-9. Caudal y localización de los vertimientos de agua residual. 25
Tabla 7-10. Caracterización típica de las aguas residuales domésticas sin tratamiento 27
Tabla 7-11. Características de las ARD tratadas 28
Tabla 7-12. Características de las ARnD provenientes del lavado de vehículos – sin tratamiento 28
Tabla 7-13. Características de las ARnD tratadas 29
Tabla 7-14. Condiciones del agua y partículas a remover 31
Tabla 7-15. Cálculo de la velocidad de sedimentación 32
Tabla 7-16. Cálculo del área superficial del desarenador 33
Tabla 7-17. Expresiones para el cálculo de las dimensiones del desarenador 33
Tabla 7-18. Dimensiones desarenador 33
Tabla 7-19. Cálculo de la velocidad límite de re-suspensión 34
Tabla 7-20. Longitud de la transición 35
Tabla 7-21. Tiempos de retención hidráulica 37
Tabla 7-22. Dimensiones de la trampa de grasas 37
Tabla 7-23. Área requerida para filtración 40
Tabla 7-24. Cálculo de pérdida de carga en el lecho filtrante 40
Tabla 7-25. Pérdida de carga – Retro-lavado 41
Tabla 7-26. Dimensionamiento tanque de desinfección 43
Tabla 7-27. Condiciones del agua y partículas a remover 51
Tabla 7-28. Cálculo de la velocidad de sedimentación 52
Tabla 7-29. Cálculo del área superficial del sedimentador 52
Tabla 7-30. Expresiones para el cálculo de las dimensiones del sedimentador 53
Tabla 7-31. Dimensiones sedimentador 53
Tabla 7-32. Cálculo de la velocidad límite de re-suspensión 54
Tabla 7-33. Longitud de la transición 55
Tabla 7-34. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento 56
Tabla 7-35. Dimensionamiento tanque de bombeo de lodos 57
Tabla 7-36. Tiempo de retención hidráulico, tanque séptico 63
Tabla 7-37. Valores de profundidad útil 64
Tabla 7-38. Tiempo de detención hidráulica en FAFA 64
Tabla 7-39. Volumen útil del módulo en casa de máquinas 65

Tabla 7-40. Volumen útil del módulo en captación 65
Tabla 7-41. Capacidad de retención de grasas 68
Tabla 7-42. Tiempos de retención hidráulica 69
Tabla 7-43.Dimensiones de la trampa de grasas 69
Tabla 7-44. Dimensiones sistema de tratamiento para ARD 71
Tabla 7-45. Localización de los lechos de secado. 73
Tabla 7-46. Sistema de tratamiento y descarga ARnD Lavado de Vehículos – Zona Captación 74
Tabla 7-47. Sistema de tratamiento y descarga ARD – Zona Captación 75
Tabla 7-48. Sistema de tratamiento y descarga ARnD Lavado de vehículos – Zona Casa de máquinas 76
Tabla 7-49. Sistema de tratamiento y descarga ARD – Zona Casa de Máquinas.... 77
Tabla 7-50. Productos químicos empleados en la generación de aguas residuales. 80
Tabla 7-51. Resultados balance de masas - ARD Operación - Casa de máquinas . 86
Tabla 7-52. Resultados balance de masas - ARnD Construcción – Casa de Máquinas 88
Tabla 7-53. Resultados balance de masas - ARnD Construcción – Zona Captación 89
Tabla 7-54. Resultados balance de masas - ARD Operación – Zona Captación 90
Tabla 7-55. Metodología longitud de mezcla de vertimientos 92
Tabla 7-56. Cálculo de la longitud de zona de mezcla..... 93
Tabla 7-57. Ecuaciones para flujo gradualmente variado 95
Tabla 7-58. Ecuaciones método del paso directo. 97
Tabla 7-59. Dimensiones del canal liso a implementar 99
Tabla 7-60. Datos de entrada al modelo para el canal liso a implementar 100
Tabla 7-61. Datos de salida de la verificación del canal liso a implementar en zona de captación y de casa de máquinas 100
Tabla 7-62. Localización obras de captación..... 103
Tabla 7-63. Parámetros del Azud 105
Tabla 7-64. Relación de cruces de cuerpos de agua..... 106
Tabla 7-65. Localización obras de descarga 140
Tabla 7-66. Coberturas de la tierra a ser intervenidas en la implementación de las obras de PCH Cocorná III. 143
Tabla 7-67. Predios afectados por el aprovechamiento forestal 145
Tabla 7-68: estadísticos del cálculo del error..... 149
Tabla 7-69. Estimación de número de parcelas a realizar en el inventario..... 150
Tabla 7-70. Número de individuos, Volumen y Área basal del aprovechamiento forestal 156
Tabla 7-71. Áreas de intervención PCH Cocorná III 161
Tabla 7-72. Especies arbóreas sensibles en el área de intervención 163
Tabla 7-73. Especies arbóreas endémicas o amenazadas..... 165
Tabla 7-74. Parcelas de regeneración en el área de intervención del proyecto 166
Tabla 7-75. Registro de especies endémicas y amenazadas en el área de influencia 168
Tabla 7-76. Caracterización de la regeneración de las especies endémicas y amenazadas en el área de influencia biótica..... 170

Tabla 7-77. Especies arbóreas con veda 171
Tabla 7-78. Intensidad de muestreo - Regeneración en el área de intervención del proyecto 172
Tabla 7-79. Registro de especies arbóreas con veda en el área de influencia 172
Tabla 7-80. Caracterización de la regeneración de las especies arbóreas con veda en el área de intervención 174
Tabla 7-81. Especies arbóreas con veda 174
Tabla 7-82. Registro de helechos arbóreos en el área de intervención 175
Tabla 7-83. Densidad de helechos arbóreos en el área de intervención..... 177
Tabla 7-84. Compensación de individuos de especies sensibles a intervenir 178
Tabla 7-85. Individuos de regeneración estimados de especies sensibles en el área de intervención..... 178
Tabla 7-86. Orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes potencialmente presentes en el área de intervención del proyecto..... 186
Tabla 7-87 Distribución de los muestreos para los grupos en veda nacional en las diferentes coberturas de la tierra en proyecto Cocorná 3 192
Tabla 7-88 Familias y especies de epífitas vasculares presentes en el área de intervención del proyecto..... 194
Tabla 7-89 Índices de diversidad de especies de epífitas vasculares presentes en el área de intervención del proyecto..... 196
Tabla 7-90 Especies y abundancia registrada por estrato del forófito..... 198
Tabla 7-91. Especies hospederas evaluadas 199
Tabla 7-92 Representatividad del muestreo de epífitas vasculares 201
Tabla 7-93. Localización de los individuos de orquídeas y bromelias terrestres en el área de intervención del proyecto..... 203
Tabla 7-94. Especies de bromelias y orquídeas terrestres en el área de intervención del proyecto..... 203
Tabla 7-95. Familias y especies no vasculares de hábito epífito presentes en el área de intervención del proyecto..... 205
Tabla 7-96 Familias y especies de musgos epífitos presentes en el área de intervención del proyecto..... 207
Tabla 7-97 Familias y especies de líquenes epífitos presentes en el área de intervención del proyecto..... 208
Tabla 7-98 Familias y especies de hepáticas epífitos presentes en el área de intervención del proyecto..... 209
Tabla 7-99 Diversidad de especies no vasculares de hábito epífito..... 210
Tabla 7-100 Distribución de las especies por zona evaluada de los forófitos 211
Tabla 7-101 Especies registradas en cada estrato de los hospederos o forófitos.. 211
Tabla 7-102 Especies hospederas por tipo de cobertura..... 214
Tabla 7-103. Representatividad del muestreo de epífitas no vasculares. 215
Tabla 7-104 Riqueza y abundancia de epífitas no vasculares en otros sustratos por tipo de cobertura 220
Tabla 7-105 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto..... 220
Tabla 7-106 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto..... 221

Tabla 7-107 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto.....222
Tabla 7-108 Diversidad de especies no vasculares creciendo sobre otros sustratos. 223
Tabla 7-109 Representatividad del muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos 224
Tabla 7-110. Áreas para la Rehabilitación de hábitats de briofitos y líquenes 231
Tabla 7-111. Especies con veda o endémicas que requieren seguimiento en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Cocorná III.....234
Tabla 7-112. Títulos seleccionados para suministro de material.....255
Tabla 7-113. Capacidad volumétrica almacenamiento residuos sólidos.....259
Tabla 7-114. Código de colores empleado para la disposición de residuos.....261
Tabla 7-115. Estimación de residuos peligrosos que serán generados en el proyecto 262
Tabla 7-116. Localización Zodmes.....263

LISTADO DE FOTOS

Foto 7-1. Sitio de captación PCH Cocorná III 104
Foto 7-2. Sitio aguas arriba del cruce (km 0+125). 111
Foto 7-3. Sitio aguas arriba del cruce (km 0+621). 113
Foto 7-4. Sitio aguas arriba del cruce de la conducción (Km 0+934). 116
Foto 7-5. Sitio de cruce (km 1+354). 118
Foto 7-6. Sitio de cruce (km 1+585). 120
Foto 7-7. Sitio de cruce (km 2+887). 126
Foto 7-8. Sitio de cruce (km 0+390). 129
Foto 7-9. Afluente sobre la vía de acceso a casa de máquinas. 139
Foto 7-10. Muestreo de orquídeas y bromelias de hábito epífito 182
Foto 7-11. Muestreo de Orquídeas y bromelias terrestres 182
Foto 7-12. Muestreo de epifitas no vasculares de hábito epífito 183
Foto 7-13. Muestreo de epifitas no vasculares en otros sustratos 184

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 2 Memorias y planos técnicos

Anexo 7.1. Solicitud de concesiones de agua

Anexo 7.2. Permisos de vertimiento

Anexo 7.3. Ocupación de cauce

Anexo 7.4. Aprovechamiento forestal

Anexo 7.4.1. Socialización y autorización de los propietarios de los predios para el inventario forestal

Anexo 7.4.2. Listado de especies inventariadas y cálculo de volúmenes

Anexo 7.4.3 Formulario Solicitud Aprovechamiento Forestal

Anexo 7.5. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos – PGRMV

Anexo 7.6. Gestores RESPEL

7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Este capítulo describe los recursos naturales renovables que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados y/o afectados durante las diferentes fases del mismo. En este sentido, se indican los caudales y actividades involucradas en el aprovechamiento del recurso agua, desde su captación hasta su vertimiento; se especifican los cauces que serán ocupados por la ejecución de diferentes obras, se detallan las fuentes de los materiales de construcción que serán empleados, y se consideran los residuos sólidos a generar. De igual manera, se presenta la información relacionada con el aprovechamiento forestal requerido dentro del proyecto, el levantamiento de veda y la recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad.

7.1 AGUAS SUPERFICIALES

7.1.1 Etapa de construcción

En la etapa de construcción el proyecto requiere agua para la elaboración de concretos, y para el lavado y mantenimiento de vehículos en las zonas de captación y de casa de máquinas. De igual manera, se empleará el recurso hídrico para el riego de vías.

- **Elaboración de concretos, riego de vías y lavado y mantenimiento de vehículos**

Tanto en la zona de captación como de casa de máquinas, se ubicarán instalaciones temporales como oficinas, talleres, almacén y planta de fabricación de concretos. Estas instalaciones operarán durante la construcción de las obras civiles de captación, casa de máquinas, canal de descarga, canal de aducción, desarenador, tanque de carga y la tubería de conducción. Para el funcionamiento de estas instalaciones se requiere el suministro de agua para la elaboración de concretos, así como para el lavado y mantenimiento de vehículos. Adicionalmente, se llevará a cabo la aspersión de agua en las vías del proyecto donde se requiera el control de material particulado. En la Tabla 7-1 se presentan los valores estimados de caudal de agua requerido para llevar a cabo las actividades en mención.

Vale la pena resaltar que las instalaciones temporales contarán con unidades sanitarias portátiles que de manera independiente incluirán el suministro de agua. Así mismo, el recurso necesario para consumo humano se suministrará mediante botellones, por lo que no se requerirá la captación de agua para dichos fines.

Tabla 7-1. Caudal requerido para fabricación de concretos, riego de vías y lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria – Etapa de construcción

Concesión N°	Zona	Actividad	Caudal (l/s)	Tipo de uso	Coordenadas*		Fuente
					Este	Norte	
1	Captación	Fabricación de concretos	0,6	Industrial	875009,926	1160383,256	Quebrada Sin Nombre N°2
		Lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria	0,5				
		Riego de vías	0,1				
Total			**1,2**				
2	Casa de Máquinas	Fabricación de concretos	0,6	Industrial	877064,826	1160357,185	Quebrada Sin Nombre N°7
		Lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria	0,5				
		Riego de vías	0,1				
Total			**1,2**				

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá

Tal y como se presenta en la Tabla 7-1, la fuente de suministro será la quebrada Sin Nombre N°2 para los requerimientos de agua en zona de captación, y la quebrada Sin Nombre N°7 para la zona de casa de máquinas. Las características hidrológicas de las subcuencas asociadas a dichos afluentes se encuentran dentro del Capítulo 5. Caracterización del Área de Influencia – Medio Abiótico Parte 2. En cada punto se tendrá una obra de captación compuesta por rejilla lateral, vertederos para el control de caudal, desarenador, y tanque de almacenamiento de agua, desde el cual se distribuirá el recurso para las distintas actividades en las que se requiere. La concesión se solicita temporalmente por el tiempo que dura la construcción del proyecto. En el Anexo 7.1 se presentan los respectivos formularios de solicitud de concesión de aguas, así como las memorias de cálculo de las obras de captación y los respectivos planos de detalle.

7.1.2 Etapa de operación

En la etapa de operación el proyecto requiere la captación de agua para la generación de energía, así como para uso doméstico en casa de máquinas y en caseta que se ubicará en zona de captación. Adicionalmente, se solicitará concesión de aguas para el sistema de red contra incendios y para el funcionamiento del sistema de aire acondicionado.

- **Captación para generación de energía**

Para el funcionamiento del proyecto hidroeléctrico en estudio, se captará agua del río Cocorná, en las inmediaciones de la vereda La Placeta del municipio de Cocorná.

El caudal de diseño del proyecto hidroeléctrico se estimó en 10,6 m^3/s. El cálculo del caudal medio se presenta en el estudio hidrológico realizado en la caracterización del presente estudio (ver Capítulo 5. "Caracterización del Área de Influencia" numeral 5.1 Medio Abiótico).

El caudal remanente se considera igual a 2,2 m^3/s, que corresponde al caudal ambiental mensual mínimo (agosto, Tabla 7-2) calculado con la metodología de Grecco Modificada (EPM, 2012). Ver Capítulo 5. "Caracterización del Área de Influencia" numeral 5.1 Medio Abiótico.

En la Tabla 7-2 se presentan los caudales ambientales mensuales calculados para el proyecto PCH Cocorná III.

Tabla 7-2. Caudales ambientales mensuales

Mes	Caudal ambiental m^3/s
Enero	2,4
Febrero	2,4
Marzo	2,6
Abril	3,4
Mayo	4,5
Junio	3,7
Julio	2,3
Agosto	2,2
Septiembre	3,1
Octubre	4,3
Noviembre	4,4
Diciembre	3,9
Promedio	**3,3**

Las obras de derivación constan de un azud de 40 metros de ancho, 15 metros de largo y 4 metros de altura que se localiza sobre el cauce del río en la cota 1,345 msnm. Al lado del azud se tiene una descarga de fondo que consta de una compuerta radial de 4,0 x 4,0 metros que permitirá limpiar la aproximación de la reja de captación

del material de fondo que arrastre la corriente hasta ese punto, la cual a su vez será utilizada para la desviación del río durante la etapa de construcción final del azud.

El sistema cuenta con una compuerta para la evacuación del caudal ecológico y mensualmente varía su apertura de tal forma que se retorne al río el caudal ambiental calculado (Tabla 7-2). Por su parte, el caudal de diseño (10,6 m^3/s) continúa por la conducción hasta la casa de máquinas.

En la Tabla 7-3 se presenta el caudal que sería aprovechado mensualmente para la operación del proyecto de acuerdo con los valores de los caudales ambientales mensuales, y en la Tabla 7-4 se expone la localización del punto de captación

Tabla 7-3. Caudales mensuales promedio captados para la generación de energía

Mes	Caudal promedio captado m^3/s
Enero	6,49
Febrero	7,38
Marzo	7,15
Abril	8,25
Mayo	8,18
Junio	7,74
Julio	7,44
Agosto	7,46
Septiembre	8,54
Octubre	8,03
Noviembre	7,65
Diciembre	7,12

Tabla 7-4. Localización punto de captación para generación de energía

Concesión N°	Zona	Actividad	Caudal (l/s)	Tipo de uso	Coordenadas*		Fuente
					Este	Norte	
3	Captación	Generación de energía	10.600	Industrial	874391,41	1160076,83	Río Cocorná

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá

En el Anexo 2 planos “COC3-PL-DERIV-01" y "COC3-PL-DERIV-02” se presenta el esquema de la captación, así como las secciones y detalles.

Esta concesión es de carácter permanente y se solicita por 50 años, tiempo de operación del proyecto. En el Anexo 7.1 se presenta el respectivo formulario de solicitud de concesión de aguas.

- **Captación para uso doméstico, sistema de red contra incendios y aire acondicionado**

Durante la etapa de operación los caudales de agua requeridos para uso doméstico (servicios sanitarios y lavado de manos) corresponderán a 0,021 y 0,003 L/s, en la zona de casa de máquinas y captación, teniendo en cuenta una dotación de 130 L/hab-día (RAS-2017) y que en cada zona se tendrán máximo 14 y 2 operarios; respectivamente. Por su parte, vale la pena recordar que el agua para consumo humano se suministrará mediante botellones de agua.

Adicionalmente, en la etapa de operación se requiere la captación de agua para la red contraincendios y para el sistema de aire acondicionado que se empleará en casa de máquinas, con caudales de 30 y 0,1 L/s; respectivamente. El sistema contra incendio, destinado para la protección y seguridad de los equipos instalados en la casa de máquinas, sólo será empleado en caso de emergencia.

Los sitios y fuentes para la captación corresponden a aquellos que se emplearán durante la fase de construcción, los cuales se presentan en la Tabla 7-5. En cada punto se tendrá una obra de captación compuesta por rejilla lateral, vertederos para el control de caudal, desarenador, y tanque de almacenamiento de agua, desde el cual se distribuirá el recurso para las distintas actividades en las que se requiere.

Las concesiones de agua en mención se solicitan por 50 años, tiempo de operación del proyecto. En el Anexo 7.1 se presentan los respectivos formularios de solicitud de concesión de aguas, así como las memorias de cálculo de las obras de captación y los respectivos planos de detalle.

Tabla 7-5. Concesiones requeridas para uso doméstico, red contra incendio y aire acondicionado en etapa de operación.

Concesión N°	Zona	Actividad	Caudal (l/s)	Tipo de uso	Coordenadas*		Fuente
					Este	Norte	
4	Captación	Servicios sanitarios y lavado de manos	0,003	Doméstico	875009,926	1160383,256	Quebrada Sin Nombre N°2
Total			**0,003**				
5	Casa de Máquinas	Servicios sanitarios y lavado de manos	0,021	Doméstico	877064,826	1160357,185	Quebrada Sin Nombre N°7
		Red contra incendios	30	Industrial			
		Sistema aire acondicionado	0,1				
Total			**30,121**				

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá

Finalmente, en la Tabla 7-6 y Figura 7-1 se resume la localización de las diferentes concesiones de agua que requiere el proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación.

Tabla 7-6. Localización de puntos para concesiones de agua

Zona	Concesión N°	Coordenadas*		Fuente
		Este	Norte	
Captación	3	874391,410	1160076,830	Río Cocorná
	1 y 4	875009,926	1160383,256	Quebrada Sin Nombre N°2
Casa de Máquinas	2 y 5	877064,826	1160357,185	Quebrada Sin Nombre N°7

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá

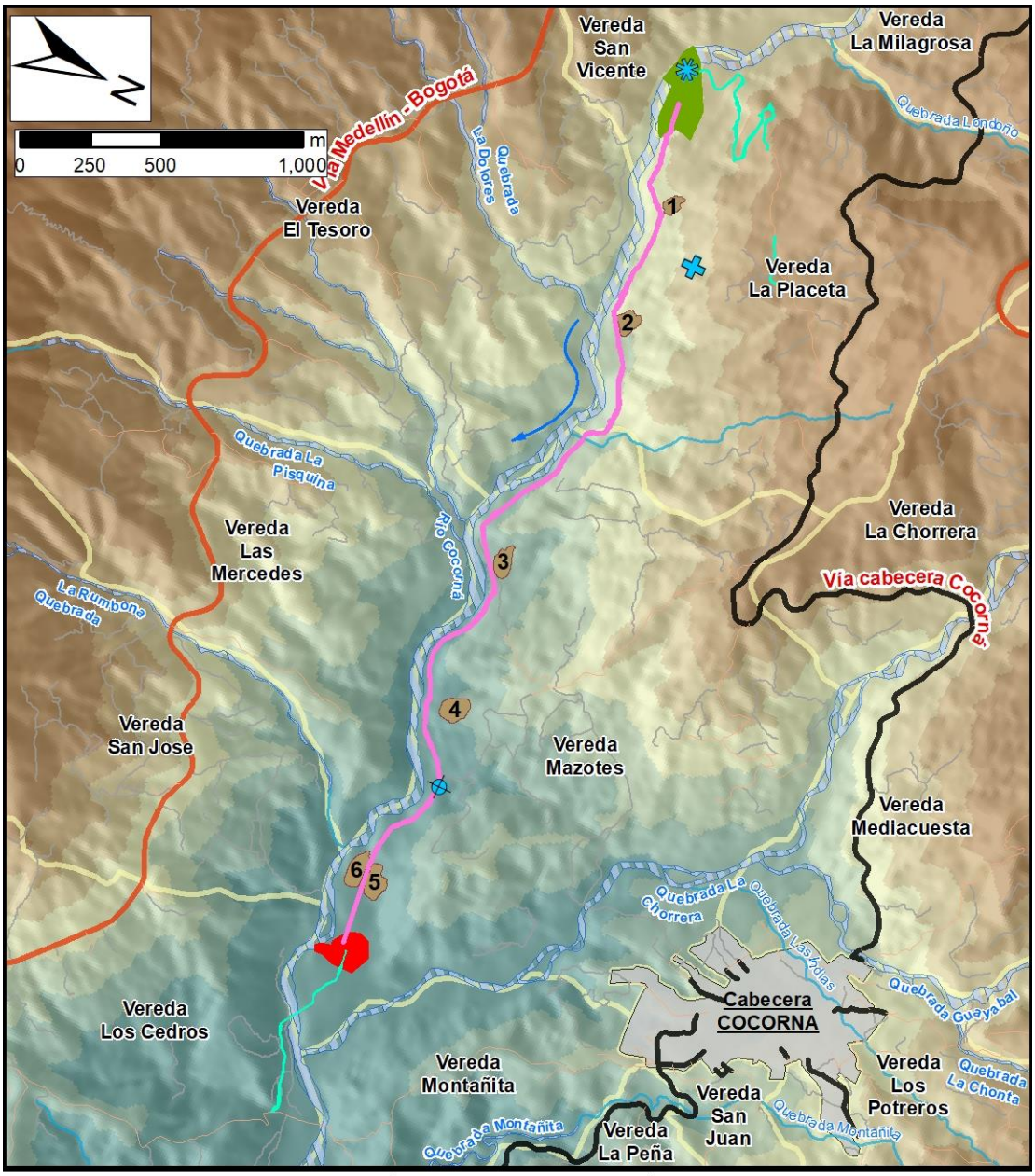


Figura 7-1. Localización puntos para concesión de agua

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la construcción y operación del Proyecto Hidroeléctrico Cocorná III, no se realizará el aprovechamiento del recurso aguas subterráneas.

7.3 VERTIMIENTOS

7.3.1 Caracterización de las actividades generadoras de las aguas residuales

Los vertimientos generados son consecuencia de la utilización del recurso hídrico en diferentes procesos y actividades del proyecto.

De acuerdo con la gestión ambiental que debe realizarse dentro del proyecto PCH Cocorná III, es necesario llevar a cabo un tratamiento de las aguas residuales antes de realizar los vertimientos, con el fin de cumplir con la legislación y mantener en buenas condiciones al medio ambiente.

Los volúmenes de vertimiento se consideran iguales a los volúmenes captados para efectos del diseño, aunque se conoce que estos pueden ser menores considerando las pérdidas en el proceso.

A continuación, se analizan las diferentes actividades que involucran el uso del recurso y se identifica la generación de aguas residuales.

7.3.1.1 Etapa de construcción

7.3.1.1.1 Actividades que involucran el uso doméstico del agua

Las aguas residuales domésticas (ARD) en etapa de construcción surgen de la zona de almacenes, oficinas, talleres y todo sector donde existan servicios sanitarios y/o pocetas de lavado de manos. No se llevará a cabo el vertimiento de ARD a fuentes de aguas superficiales ni al suelo, toda vez que se contratará una empresa autorizada por la Autoridad Ambiental para la instalación de baños portátiles y recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales y lodos generados por estas unidades. La empresa encargada de prestar el servicio de suministro de las unidades portátiles deberá acreditar los permisos de funcionamiento y disposición de los residuos producidos.

7.3.1.1.2 Actividades que involucran el uso no doméstico del agua

Elaboración de concretos: el agua se emplea en actividades industriales para el fraguado del concreto. Se generan aguas residuales debido al lavado de las plantas de concreto y mezcladoras. Dicha agua residual será tratada a fin de ser recirculada en el proceso de fabricación de concreto, o en el mismo lavado de las plantas y mezcladoras, dependiendo de si los ensayos cumplen o no con las especificaciones químicas y físicas contenidas en la Norma Técnica Colombiana – NTC 3459 Agua para la Elaboración de Concreto –. De igual manera, se contemplarán todas las

disposiciones expuestas en la Resolución 1256 de 2021 – Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones–, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En caso de que el agua residual tratada no cumpla con los criterios de calidad para ninguna de las alternativas de recirculación propuestas, se hará su disposición como residuo peligroso con un gestor autorizado. En este sentido, no se llevará a cabo el vertimiento de aguas residuales a fuente superficial ni al suelo debido al lavado de palntas de concreto y mezcladoras.

Humectación de vías: uso industrial del recurso en la humectación de vías. El agua no se contamina y se infiltra en el terreno. Por lo tanto, no requiere de tratamiento ni de vertido alguno.

Consumo industrial en el frente de obra: se refiere al mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria. Las aguas residuales no domésticas que se generen por este concepto se dirigirán a un sistema de tratamiento antes de su vertido a fuente superficial.

7.3.1.2 Etapa de operación

Consumo doméstico: se generará agua residual doméstica por el personal encargado de la fase de operación (servicios sanitarios y lavado de manos), ubicado en zona de captación y en zona de casa de máquinas. Se dispondrá de un sistema para el tratamiento de dichas aguas previo al respectivo vertimiento de éstas en cada zona.

Generación de energía: el agua utilizada en la generación de energía no se contamina. Por lo tanto, no requiere de tratamiento previo a su descarga sobre el río Cocorná.

Red contra incendios y sistema de aire acondicionado: Para la protección y seguridad de los equipos instalados en la casa de máquinas se mantendrá disponible agua con el fin de evitar posibles accidentes en la fase operativa. No se generan aguas residuales, pues el sistema sólo será empleado en caso de emergencia. Tampoco se generarán aguas residuales por el empleo del recurso en el sistema de aire acondicionado que se ubicará en casa de máquinas.

En la Tabla 7-7 se muestra un resumen de cada uno de los aspectos mencionados con respecto a la caracterización de las actividades generadoras de vertimientos.

Tabla 7-7. Resumen de las actividades y la generación de agua residual

Etapa	ID actividad	Actividad	Requiere tratamiento	Requiere vertimiento
Construcción	A1	Uso doméstico. Consumo del frente de obra.	No	No
Construcción	A2	Uso industrial. Lavado planta de concreto y mezcladoras.	Si	No
Construcción	A3	Uso industrial. Mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria.	Si	Si
Construcción	A4	Uso industrial. Humectación de vías.	No	No
Operación	A5	Uso doméstico. Zona de captación y zona de casa de máquinas.	Si	Si
Operación	A6	Uso industrial. Red contraincendios y aire acondicionado	No	No
Operación	A7	Uso industrial. Generación de energía	No	Si

De esta forma, en la fase constructiva solo se descargarán aguas residuales no domésticas provenientes de las actividades de mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria. Por su parte, en la etapa de operación únicamente se realizará el vertimiento de aguas residuales domésticas generadas por el personal ubicado en las zonas de captación y de casa de máquinas. Vale la pena mencionar que el agua empleada en la generación de energía no presentará cambios en su condición fisicoquímica ni biológica, por lo que no se considera agua residual, y será retornada nuevamente sobre la fuente superficial de la cual es captada.

De esta manera, se requiere de la solicitud de cuatro (4) permisos de vertimientos: dos (2) para la descarga de aguas residuales no domésticas en fase de construcción (lavado de vehículos) y dos (2) para la descarga de ARD en la etapa de operación (servicios sanitarios y lavado de manos). Para dichos vertimientos se dispondrá de dos (2) puntos de descarga sobre el río Cocorná, uno ubicado en el tramo bajo en

cercanías a lo que será la zona de casa de máquinas, y el otro localizado en zona de captación. Todas las aguas residuales que se descargarán recibirán un tratamiento previo. En la Tabla 7-8 se pueden apreciar los tipos de sistemas de tratamiento a emplear, así como las respectivas coordenadas de ubicación de los mismos; adicionalmente, en la Tabla 7-9 y Figura 7-2 se puede observar la ubicación de los puntos de descarga sobre el río.

Tabla 7-8. Localización de los sistemas de tratamiento de agua residual

Zona	Actividad	Tipo de sistema	¿Genera vertimiento?	Coordenadas*	
				Este	Norte
Captación	Lavado de vehículos	Desarenador + Trampa de Grasas	Si	874397,056	1160117,315
	Lavado planta concretos	Desarenador	No	874391,760	1160105,350
	Doméstica	Trampa de grasas+ Tanque séptico + FAFA	Si	874431,858	1160116,285
Casa de Máquinas	Lavado de vehículos	Desarenador + Trampa de Grasas + Filtro + Desinfección	Si	877768,259	1160273,238
	Lavado planta concretos	Desarenador	No	877765,210	1160314,64
	Doméstica	Trampa de grasas+ Tanque séptico + FAFA	Si	877750,310	1160323,045

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá

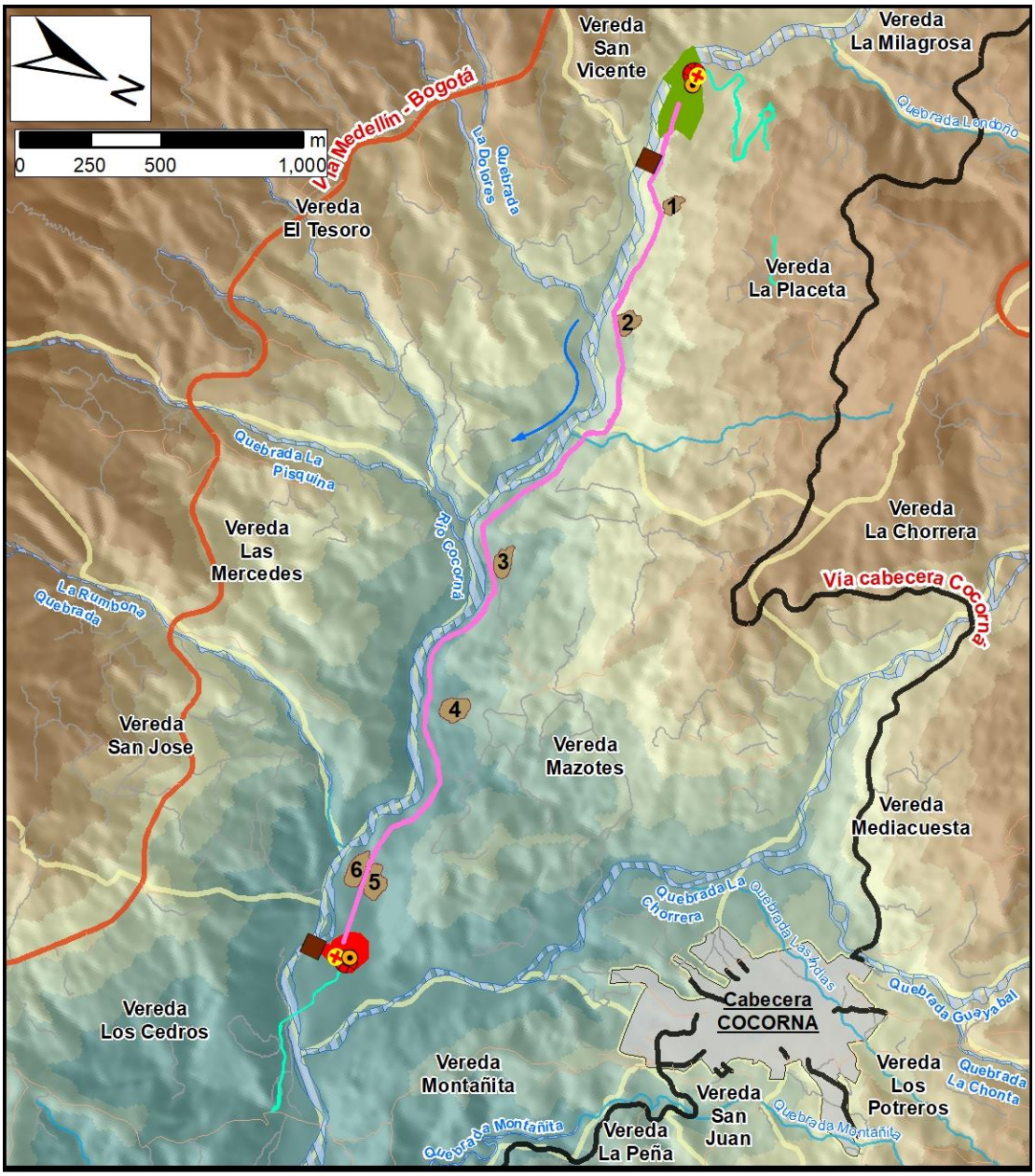
Los caudales de vertimiento se han supuesto iguales a los de consumo y corresponden a las condiciones de descarga máxima. De esta forma, se tendrá un caudal de 0,5 L/s en cada una de las zonas donde se llevará a cabo el mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria (A3). Por otra parte, durante la etapa de operación los caudales de agua residual doméstica (ARD) serán de 0,021 y 0,003 L/s, en la zona de casa de máquinas y captación (A5), teniendo en cuenta una dotación de 130 L/hab-día (RAS-2017) y que en cada zona se tendrán transitoraimente máximo 14 y 2 operarios; respectivamente.

En la Tabla 7-9 se presenta un resumen de los cuatro (4) permisos de vertimiento a solicitar por parte del proyecto, y los respectivos caudales de las aguas residuales a descargar:

Tabla 7-9. Caudal y localización de los vertimientos de agua residual.

Permiso N°	Etapa / Zona	Actividad	Tipo	Caudal (L/s)	Duración - Periodicidad	Fuente receptora: Río Cocorná	
						Este	Norte
1	Construcción/ Captación	A3	ARnD	0,5	24 h/día – Intermitente	874736,888	1160086,551
2	Operación/ Captación	A5	ARD	0,003	24 h/día Intermitente		
3	Construcción/ Casa de Máquinas	A3	ARnD	0,5	24 h/día - Intermitente	877768,278	1160187,669
4	Operación/ Casa de Máquinas	A5	ARD	0,021	24 h/día - Intermitente		

*Coordenadas en el sistema Magna Colombia Bogotá



LOCALIZACIÓN SISTEMAS DE TRATAMIENTOS Y VERTIMIENTOS

Figura 7-2. Localización de los sistemas de tratamiento y sitios de vertimiento de aguas residuales

7.3.2 Caracterización de los vertimientos

Para definir las características de las aguas residuales que serán generadas, se tuvieron en cuenta valores característicos reportados en estudios similares y se revisaron en la literatura valores típicos de aguas residuales domésticas.

En la Tabla 7-10 se presenta una caracterización típica de ARD antes de tratamiento, y en la Tabla 7-11 se pueden observar los valores después de tratamiento, considerando los límites permisibles estipulados en la Resolución 631 de 2015 (Artículo 8).

Tabla 7-10. Caracterización típica de las aguas residuales domésticas sin tratamiento

Variable	Valor típico		
	Máximo	Medio	Mínimo
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	350	220	100
Sólidos suspendidos volátiles (mg/L)	275	165	80
Sólidos suspendidos fijos (mg/L)	75	55	20
Sólidos sedimentables	20	10	5
DBO_5 (mg O_2/L)	400	220	110
DQO (mg O_2/L)	1000	500	250
Nitrógeno total (mg N/L)	85	40	20
Nitrógeno orgánico (mg N/L)	35	15	8
Nitrógeno amoniacal (mg N/L)	50	25	12
Nitratos (mg N/L)	0	0	0
Nitritos (mg N/L)	0	0	0
Fósforo total (mg P/L)	15	8	4
Fósforo orgánico (mg P /L)	5	3	1
Fósforo inorgánico (mg P /L)	10	5	3
Grasas y Aceites (mg/L)	150	100	50
Alcalinidad (mg $CaCO_3$ /L)	200	100	50
pH (U. de pH)*	7	8	9
Coliformes Fecales*	-	80.000	-
Coliformes totales*	-	900.000	-

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo.1995.
*Valores obtenidos del EIA del Proyecto vial Ruta del Sol - Sector I: Villeta-El Korán. 2011

Tabla 7-11. Características de las ARD tratadas

Variable	Unidades	Valor
pH	(U. de pH)	6 a 9
Temperatura	(°C)	<40
DQO	(mgO2/L)	180
DBO_5	(mgO2/L)	90
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	90
Sólidos sedimentables	(mg/L)	5
Grasas y Aceites	(mg/L)	20

*Valores obtenidos de la Resolución 631 de 2015, Artículo 8. ARD con una carga menor o igual a 625 Kg/día DBO_5.

Por otra parte, se descargarán aguas residuales no domésticas (ARnD) debido al lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria durante la etapa de construcción del proyecto. En la Tabla 7-12 se presentan los valores de referencia característicos del agua residual proveniente de dicha actividad, y en la Tabla 7-13 se presentan los valores esperados después del respectivo tratamiento, considerando los límites permisibles estipulados en la Resolución 631 de 2015 (Artículo 15).

Tabla 7-12. Características de las ARnD provenientes del lavado de vehículos – sin tratamiento

Subsector	Proceso	Consumo agua (L/veh.)	DBO_5 (g/veh.)	DQO (g/veh.)	Grasas y Aceites (g/veh.)	SST (g/veh.)
Camionetas y Camperos	Pistola –Lavada sencilla	87,6	10,2	19,5	0,9	22,2
	Hidrolavadora – Lavada sencilla	51,9	28,1	31,4	4,0	44,1
	Chasis y Motor con Hidrolavadora	123,6	54,5	134,2	19,3	319,4
Camiones	Pistola	343	296,4	561,8	15,9	408,2
Tractomulas	Tractomula con pistola	800	593,4	1196,6	60,7	665,7
	Cabezote con pistola	366	188,8	381,7	19,4	315,2
	Trailer con pistola	-	404,6	814,9	41,3	350,5

Fuente: Guía metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de agua – Área Metropolitana Valle de Aburrá.

Tabla 7-13. Características de las ARnD tratadas

Variable	Unidades	Valor
pH	(U, de pH)	6 a 9
DQO	(mgO_2/L)	150
DBO_5	(mgO_2/L)	50
Sólidos suspendidos totales	(mg/L)	50
Sólidos sedimentables	(mg/L)	1,0
Grasas y Aceites	(mg/L)	10
Fenoles Totales	(mg/L)	0,20
Hidrocarburos totales	(mg/L)	10
Cianuro total	(mg/L)	0,10
Cloruros	(mg/L)	205
Fluoruros	(mg/L)	5,0
Sulfatos	(mg/L)	250
Sulfuros	(mg/L)	1,0
Antimonio	(mg/L)	0,3
Arsénico	(mg/L)	0,10
Bario	(mg/L)	1,0
Cadmio	(mg/L)	0,01
Cinc	(mg/L)	3,00
Cobalto	(mg/L)	0,10
Cobre	(mg/L)	1,00
Cromo	(mg/L)	0,1
Estaño	(mg/L)	2,00
Hierro	(mg/L)	1,0
Mercurio	(mg/L)	0,002
Níquel	(mg/L)	0,10
Plata	(mg/L)	0,20
Plomo	(mg/L)	0,10
Selenio	(mg/L)	0,20
Vanadio	(mg/L)	1,00

*Valores obtenidos de la Resolución 631 de 2015, Artículo 15.

7.3.3 Descripción de los sistemas de tratamiento

A continuación, se presentan las memorias de cálculo correspondientes a los sistemas de tratamiento que se implementarán en la fase de construcción y operación del proyecto.

7.3.3.1 Fase de construcción

En la etapa de construcción no se llevará a cabo el vertimiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) a fuentes superficiales ni al suelo. Se contratará una empresa autorizada por la Autoridad Ambiental para la instalación de baños portátiles, recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales y lodos generados por estas unidades, así como las aguas provenientes de poceta de lavado de manos.

Por su parte, se realizará el vertimiento a fuente superficial de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) provenientes del lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria, y se llevará a cabo la recirculación del agua residual proveniente del lavado de las plantas de concreto y mezcladoras. En este sentido, se proponen los siguientes sistemas de tratamiento.

7.3.3.1.1 Sistema de tratamiento – ARnD del lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria

Para las actividades de lavado desarrolladas en zona de captación se propone un sistema de tratamiento compuesto por un desarenador y una trampa de grasas, para la remoción de partículas, aceites y grasas; toda vez que se llevará a cabo el lavado sencillo de vehículos y maquinaria. Por su parte, en la zona de casa de máquinas se llevará un lavado completo de vehículos y maquinaria, por lo que además de las unidades de tratamiento mencionadas, se propone un filtro de arena y carbón activado, seguido de una unidad de cloración, con el objetivo de recircular la mayor cantidad de agua posible en la misma actividad de lavado de vehículos y maquinaria, considerando todas las disposiciones expuestas en la Resolución 1256 de 2021 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones–. En cualquier caso, el ARnD tratada debe cumplir con la normatividad de vertimientos a fuente superficial.

Para la recirculación del agua tratada se dispone de la unidad de cloración que a su vez servirá como tanque de almacenamiento. Adicionalmente se cuenta con lechos de secado para la deshidratación de los lodos provenientes de la unidad de sedimentación de partículas sólidas.

7.3.3.1.1.1 Desarenador

Los caudales de agua residual no doméstica se han supuesto iguales a los de captación y corresponden a las condiciones de descarga máxima. De esta forma, se tendrá un caudal de 0,5 L/s en cada una de las zonas donde se llevará a cabo el

mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria (A3); con cuyo valor se realizó el diseño del sistema de tratamiento.

7.3.3.1.1.1.1 Características del diseño

Entre los factores que deben tenerse en cuenta para un buen proceso de sedimentación se encuentran la temperatura y viscosidad del agua, así como el tamaño, forma y porcentaje a remover de la partícula de diseño. En la Tabla 7-14 se presentan las condiciones del agua y las características de las partículas a remover en el sistema.

Tabla 7-14. Condiciones del agua y partículas a remover

Variable	Valor
Diámetro de partícula d (mm)	0,05
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Temperatura del agua °C	20*
Viscosidad cinemática η (cm^2/s) 20°C	0,010105

*Valor promedio encontrado en caracterización

Para el diseño del sistema se tuvo en cuenta fundamentalmente el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS –, en el cual se expresan principalmente los siguientes criterios:

- La profundidad efectiva para el almacenamiento de arena en el sistema debe estar comprendida entre 0,75 y 1,50 m.
- El largo del desarenador debe ser como mínimo cuatro (4) veces el ancho.
- El tiempo de retención de partículas “muy finas” no debe ser menor de 20 minutos.
- La velocidad del flujo debe ser menor que 1/3 la velocidad crítica.
- La carga superficial máxima debe ser de 1000 m^3/m^2/día del área horizontal.
- Se recomienda que la relación entre la longitud útil del desarenador y la profundidad efectiva para el almacenamiento de arena sea 10 a 1.
- La relación entre la velocidad horizontal del flujo y la velocidad de asentamiento debe ser inferior a 20.
- La velocidad máxima horizontal debe ser de 0,25 m/s.
- El diseño debe asegurar que todas las partículas sedimentables con diámetros superiores a 0,15 mm sean removidas por el desarenador.
- La eficiencia del desarenador no debe ser inferior al 80%.

- La ecuación de Stokes (flujo laminar) es válida cuando el número de Reynolds de la partícula sea inferior o igual a 1,0.

7.3.3.1.1.1.2 Cálculo de la velocidad de sedimentación

Se supuso flujo laminar para el cálculo de la velocidad de sedimentación; condición que se pudo validar con el resultado del número de Reynolds obtenido, inferior a 1.0. A continuación se presentan las expresiones empleadas para el cálculo, así como el respectivo resultado de la velocidad de sedimentación (ver Tabla 7-15).

$$V_s = \frac{1}{18} * g \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta}\right) * d^2$$

$$R = \frac{V_s * d}{\eta}$$

Tabla 7-15. Cálculo de la velocidad de sedimentación

Variable	Valor
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Diámetro de partícula d (mm)	0,05
Viscosidad cinemática η (cm^2/s) 20°C	0,010105
Número de Reynolds R	0,11
Fuerza de gravedad g (cm/s^2)	980,7
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	0,0022

7.3.3.1.1.1.3 Cálculo de las dimensiones del desarenador

Para el cálculo de las dimensiones del desarenador se tuvieron en cuenta las recomendaciones del RAS, y se partió del cálculo del área superficial del sistema, para lo cual se consideró una eficiencia del 90% (el mínimo exigido por el RAS es el 80%). A partir de la “Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores” de la Organización Panamericana de la Salud – OPS – y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS –, para un desarenador con un buen comportamiento, se tiene un coeficiente de seguridad (k) igual a 3,60, para una eficiencia del 90%. En este sentido, el área superficial se calculó como sigue (ver Tabla 7-16):

$$A_s = \frac{Q * k}{Vs}$$

Tabla 7-16. Cálculo del área superficial del desarenador

Variable	Valor
Caudal de diseño Q (L/s)	0,5
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	0.0022
Porcentaje de Eficiencia (%)	90
Coeficiente de seguridad (k)	3,6
Área superficial del desarenador As (m^2)	0,81

Posteriormente, se obtuvo un dimensionamiento del desarenador considerando las recomendaciones del RAS mencionadas anteriormente. Las expresiones empleadas se presentan en la Tabla 7-17.

Tabla 7-17. Expresiones para el cálculo de las dimensiones del desarenador

Variable	Expresión
Altura h	Comprendida entre 0,75 y 1,50m.
Longitud L	$L = 2 * \sqrt{A_s}$
Ancho B	$B = \frac{A_s}{L}$
Volumen del sistema V	$V = L * B * h$
Tiempo de retención hidráulica t	$t = \frac{V}{Q}$
Área transversal At	$A_t = B * h$
Velocidad de flujo horizontal V_h	$V_h = \frac{Q}{A_t}$
Carga Superficial Cs	$C_s = \frac{Q}{A_s} * 86400$

En la Tabla 7-18 se presentan los resultados obtenidos del dimensionamiento del desarenador.

Tabla 7-18. Dimensiones desarenador

Variable	Valor
Caudal de diseño Q (L/s)	0,5
Altura h (cm)	75
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	0.0022
Velocidad de flujo horizontal V_h (m/s)	0,0015

Variable	Valor
Ancho del desarenador B (cm)	45
Longitud del desarenador L (m)	1,8
Área transversal At (m^2)	0,34
Tiempo de retención hidráulica t (min)	20
Volumen desarenador (m^3)	0,61
Carga superficial Cs (m^3/m^2/día)	53,38
Relación V_h/V_s	0,67

7.3.3.1.1.1.4 Velocidad límite de re-suspensión de material

Se obtuvo la velocidad límite de re-suspensión de partículas a partir del factor de fricción para el desplazamiento horizontal del flujo, el factor de forma de las partículas (arenas finas unigranulares), el diámetro de partícula y el peso específico del material. Para dicho fin se consideraron las siguientes expresiones:

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g(\rho_s - 1) * d}$$

$$f = \frac{0{,}25}{\left[Log_{10}\left(\frac{\frac{K_s}{4} * R}{3{,}7} + \frac{5{,}74}{N_R{}^{0{,}9}}\right)\right]^2}$$

En la Tabla 7-19 se presentan los datos empleados y el resultado obtenido para la velocidad límite de re-suspensión de partículas

Tabla 7-19. Cálculo de la velocidad límite de re-suspensión

Variable	Valor
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Fuerza de gravedad g (cm/s^2)	980,7
Diámetro de partícula d (mm)	0,05
Factor de forma k (arenas finas unigranulares)	0,04
Rugosidad absoluta Ks (m)	0,0010 (para concreto)
Radio hidráulico en la sección vertical R (m)	0,173
Número de Reynolds para desplazamiento horizontal N_R	1015,08

Variable	Valor
Factor de fricción para el desplazamiento horizontal del flujo f	0,066
Velocidad límite de re-suspensión de partículas Vr (m/s)	**0,0626**

A partir de lo recomendado por el RAS, la velocidad del flujo horizontal (0,0015 m/s) debe ser menor que 1/3 la velocidad crítica de re-suspensión (0,0626 m/s); condición que se cumple a cabalidad a partir de los resultados obtenidos, por lo que se garantiza que no se presentará re-suspensión de material en las condiciones descritas.

7.3.3.1.1.1.5 Cálculo de la longitud de la transición

La longitud de la transición (L_T) de ingreso al desarenador se calculó considerando el ancho del canal de llegada a la transición (b), el ancho del desarenador (B) y el respectivo ángulo de divergencia (ɵ). En la Tabla 7-20 se presenta el valor obtenido para la longitud de transición.

$$L_T = \frac{B - b}{2 * tg(\theta)}$$

Tabla 7-20. Longitud de la transición

Variable	Valor
Ancho del desarenador B (cm)	45
Ancho canal de llegada b (cm)	30
Ángulo de divergencia ɵ	14°
longitud de la transición L_T (cm)	30

En la Figura 7-3 y Figura 7-4 se muestra de manera respectiva la vista en planta y vista en perfil del desarenador a implementar.

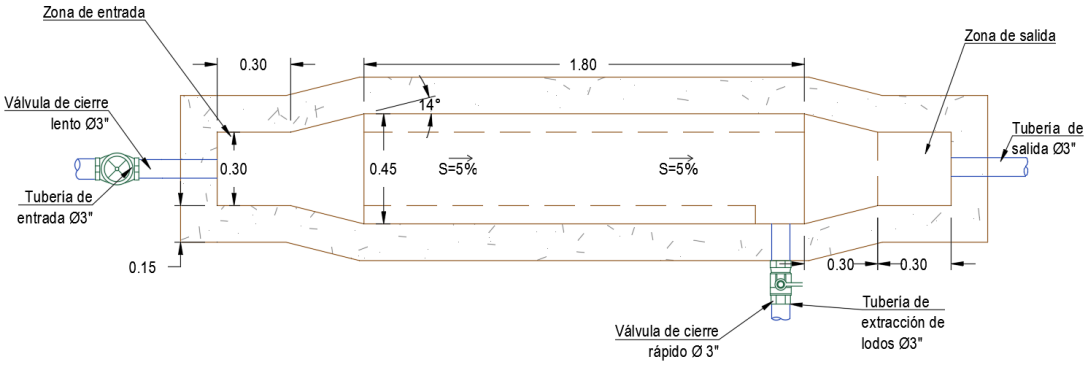


Figura 7-3. Vista en planta del desarenador

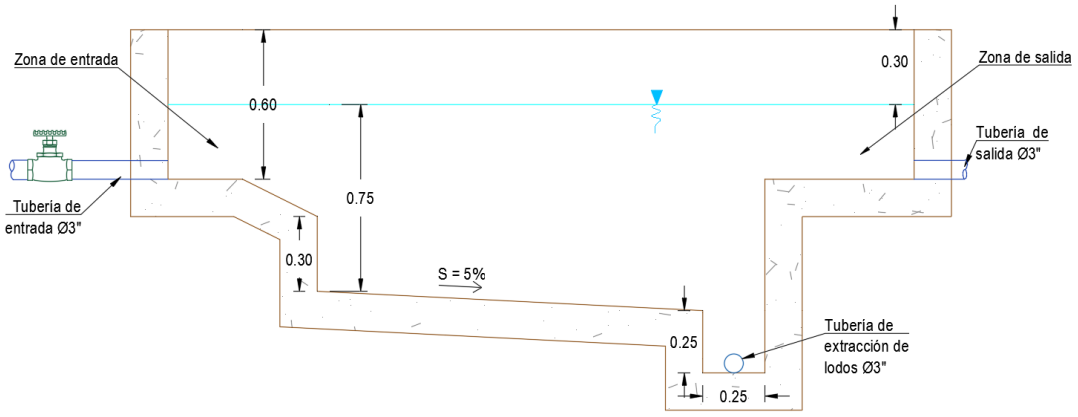


Figura 7-4. Vista en perfil del desarenador

7.3.3.1.1.2 Trampa de grasas

Las trampas de grasas son pequeños tanques de flotación natural, en donde los aceites y las grasas con una densidad inferior a la del agua, se mantienen en la superficie del tanque para ser fácilmente retenidos y retirados. Estas unidades se diseñan en función de la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica (TRH), ya que todo dispositivo que ofrezca una superficie tranquila, con entradas y salidas sumergidas (a media altura), actúa como separador de grasas y aceites. Las características generales de la trampa de grasas, a saber, son:

- La relación largo: ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida en rangos de 2:1 a 3:2.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de un codo de 90º y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una “te” con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.

- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.

La trampa de grasas deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45º a 60º con respecto a la horizontal.

7.3.3.1.1.2.1 Tiempo de retención hidráulica

Los caudales de aguas residuales no domésticas se han supuesto iguales a los de captación y corresponden a las condiciones de descarga máxima. De esta forma, se tendrá un caudal de 0,5 L/s en cada una de las zonas donde se llevará a cabo el mantenimiento y limpieza de equipos, vehículos y maquinaria (A3); con cuyo valor se realizó el diseño del sistema de tratamiento. A partir de dicho caudal, se eligió el tiempo de retención hidráulica a partir de lo recomendado en el RAS 2000, el cual fue igual a 3 minutos. Ver Tabla 7-21.

Tabla 7-21. Tiempos de retención hidráulica

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2-9
4	10-19
5	20 o más

Fuente: RAS 2000

7.3.3.1.1.2.2 Cálculo de las dimensiones de la trampa de grasas

A continuación, en la Tabla 7-22 se presenta el cálculo de las dimensiones de la trampa de grasas, considerando una velocidad ascendente de 0,004 m/s y un área superficial de 0,25 m^2 por cada litro por segundo; a partir de lo recomendado en el RAS 2000.

Tabla 7-22. Dimensiones de la trampa de grasas

Caudal de diseño Q (L/s)	-	0,5
Tiempo de retención hidráulica tr (s)	-	180
Velocidad ascendente Va (m/s)	-	0,004
Volumen útil de la trampa V (L)	$V = Q * t_r$	90

Área superficial de la trampa A (m^2)	$A = Q/Va$	0,125
Largo de la trampa L (m)	$L = 2 * B$	0,5
Ancho de la trampa B (m)	$B = \sqrt{A/2}$	0,25
Altura útil de la trampa H (m)	$H = V/A$	0,72
Borde Libre (m)	-	0,3
Ubicación del bafle Ub (m)	$Ub = 0{,}75 * L$	0,375
Altura del bafle (m)	$Hb = 0{,}9 * H$	0,65
Espacio entre bafle y fondo Ebf (m)	$Ebf = 0{,}1 * H$	0,07

La estructura será una caja de mampostería pañetada e impermeabilizada, con tapa de concreto reforzado removible, entrada y salida en tubería de diámetro de 3", sumergidas y a diferentes alturas con el fin de que el material graso flote para ser retirado periódicamente. Por construcción y facilidad de manteamiento se implementará una trampa de grasas de 0,40m de ancho por 0,80m de largo. Ver Figura 7-5 y Figura 7-6.

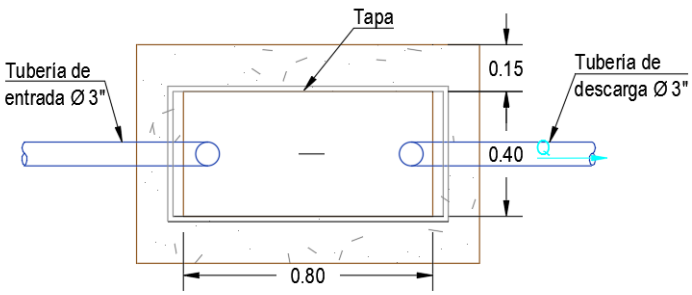


Figura 7-5. Vista en planta trampa de grasas.

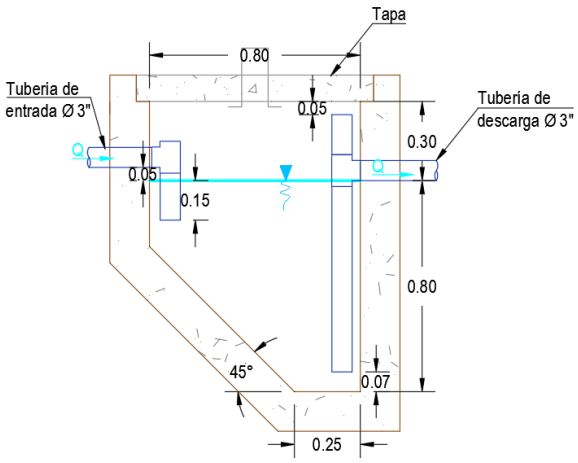


Figura 7-6. Vista en perfil trampa de grasas

7.3.3.1.1.3 Unidad de filtración

Como ya se mencionó, en la zona de casa de máquinas se llevará un lavado completo de vehículos y maquinaria, por lo que además de las unidades de tratamiento correspondientes a desarenador y trampa de grasas que se instalarán en zona de captación, se propone un filtro de arena y carbón activado, seguido de una unidad de cloración, con el objetivo de recircular la mayor cantidad de agua posible en la misma actividad de lavado de vehículos y maquinaria.

A fin remover aquellas partículas remanentes en el agua residual tratada, se propone una unidad de filtración lenta, compuesta por un filtro de arena y carbón activado, además de un medio de soporte en grava. El respectivo diseño se realizó para un caudal de tratamiento de 0,5 L/s.

7.3.3.1.1.3.1 Rata y área de filtración

La rata de filtración empleada para el diseño correspondió a 7,2 m^3/m^2/día, considerando que en general los filtros lentos operan a una velocidad baja entre 2 a 8 m^3/m^2/día, y que en el RAS 2000 se recomienda una rata de filtración máxima de 7,2 m^3/m^2/día. A continuación, en la Tabla 7-23 se presenta el área de filtración requerida, así como las dimensiones requeridas para un filtro rectangular.

$$A = \frac{Q}{RF}$$

Tabla 7-23. Área requerida para filtración

Variable	Valor
Caudal Q (m^3/día)	43,2
Rata de filtración RF (m^3/m^2/día)	7,2
Longitud del filtro L (m)	2,5
Ancho del filtro W (m)	2,4
Área del filtro A (m^2)	6,0

7.3.3.1.1.3.2 Pérdidas de carga hidráulica en el lecho filtrante

La pérdida de carga en el lecho filtrante se calculó a partir de la ecuación de Fair y Hatch, considerando los medios arena, carbón activado y grava.

$$H = f * \frac{L * \gamma}{g} * v * \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} * \left[\frac{6}{C_e * D_c}\right]^2$$

A continuación, en la Tabla 7-24 se presentan los resultados obtenidos a partir de las características de cada lecho, viscosidad cinemática del fluido y la velocidad de filtración.

Tabla 7-24. Cálculo de pérdida de carga en el lecho filtrante

Variable	Arena	Carbón activado	Grava
Coeficiente de Kozeny f	5	5	5
Altura del lecho L (cm)	50	30	15
Gravedad g (cm/s^2)	981	981	981
Viscosidad cinemática γ (cm^2/s) °20C	0,01	0,01	0,01
Porosidad Po	0,34	0,4	0,4
Coeficiente de esfericidad Ce	0.95	0,7	0,82
Diámetro de la arena Dc (cm)	0,052	0,06	0,5
Velocidad de filtración v (cm/s)	0,0083	0,0083	0,0083
Pérdida de carga H (cm)	3,47	1,46	0,01
Pérdida de carga total Ht (cm)	4,94		

7.3.3.1.1.3.3 Lavado del filtro

Las pérdidas de carga en el lecho filtrante aumentan a medida que los sólidos en suspensión son retenidos, disminuyéndose de esta manera la tasa de filtración y aumentando la turbiedad del efluente; por lo que se hace necesario un lavado del filtro, el cual se realizará en contra flujo a una velocidad que alcance a expandir los medios filtrantes de arena y carbón activado. A continuación, en la Tabla 7-25 se presenta las pérdidas de carga inherentes al retro-lavado.

Tabla 7-25. Pérdida de carga – Retro-lavado

Variable	Arena	Carbón activado	Grava
Coeficiente de Kozeny f	5	5	5
Altura del lecho L (cm)	50	30	15
Gravedad g (cm/s^2)	981	981	981
Viscosidad cinemática γ (cm^2/s) °20C	0,01	0,01	0,01
Porosidad Po	0,34	0,4	0,4
Coeficiente de esfericidad Ce	0.95	0,7	0,82
Diámetro de la arena Dc (cm)	0,052	0,06	0,5
Velocidad de filtración v (cm/s)	0,5	0,5	0,5
Pérdida de carga H (cm)	208,32	87,76	0,46
Pérdida de carga total Ht	296,55		

En la Figura 7-7 y Figura 7-8 se muestra de manera respectiva la vista en planta y vista en perfil de la unidad de filtración a implementar.

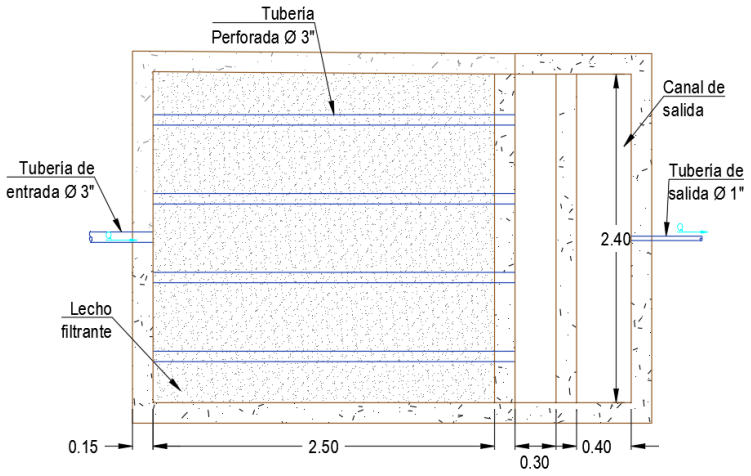


Figura 7-7. Vista en planta unidad de filtración

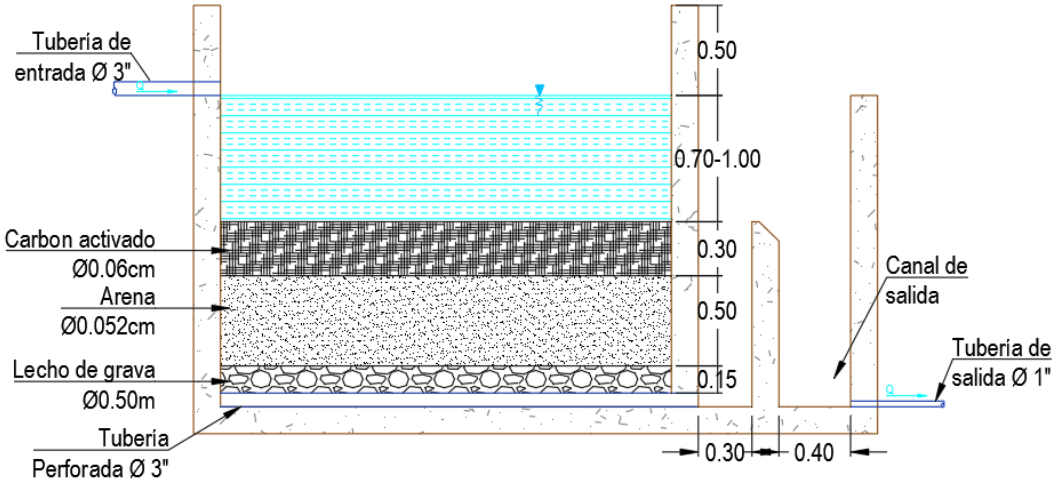


Figura 7-8. Vista en perfil unidad de filtración

7.3.3.1.1.4 Unidad de desinfección

El proceso de desinfección se llevará a cabo por medio de la aplicación de hipoclorito de sodio al agua tratada proveniente de la unidad de filtración, para lo cual se garantizará la respectiva turbulencia hidráulica que permita la mezcla completa. De este modo, la entrega del agua tratada al tanque de almacenamiento se realizará por medio de una tubería de una (1) pulgada de diámetro, con lo que se obtendrá una velocidad del agua de 1 m/s para un caudal de 0,5 L/s.

A partir de la tabla E.4.38 del RAS 2000, se recomienda una concentración de cloro en el efluente entre 1 y 6 mg/L, por lo que se eligió un valor intermedio igual a 4 mg/L.

De esta manera, para un caudal de 0,5 L/s de agua a desinfectar se deben dosificar 0,02 L/s de una solución de cloro de concentración igual a 100 mg/L.

$$V_{Cl} = \frac{Q * C_E}{C_M} = \frac{0{,}5\frac{L}{s} * 4\frac{mg}{L}}{100\ \frac{mg}{L}} = 0{,}02\ \frac{L}{s}$$

Donde:

V_{CL}: Dosis de solución de cloro a inyectar.

Q: Caudal de agua a tratar.

C_E: Concentración deseada en el efluente.

C_M: Concentración madre de cloro a inyectar.

7.3.3.1.1.4.1 Dimensiones tanque de desinfección

El volumen del tanque está dado por la expresión:

Vol = Q*t

Donde:

Vol = $Volumen$ total del tanque [$m3$].

Q = $Caudal\ de\ diseño$ [$m3/s$].

t = $Tiempo\ de\ almacenamiento$ (s).

En la Tabla 7-26 se muestran los parámetros de diseño para el tanque de desinfección.

Tabla 7-26. Dimensionamiento tanque de desinfección

Parámetro	**Valor**
Caudal (m^3/s)	0,0005
Tiempo de almacenamiento (min)	30,00*
Volumen útil del tanque de almacenamiento (m^3)	0,90
Ancho (m)	1,00
Largo (m)	1,00
Altura útil (m^3)	0,9

* De acuerdo con RAS 2000, el tiempo mínimo de contacto con el cloro es de 30min.

En la Figura 7-9 se presenta la vista en planta y en perfil del tanque de desinfección a implementar.

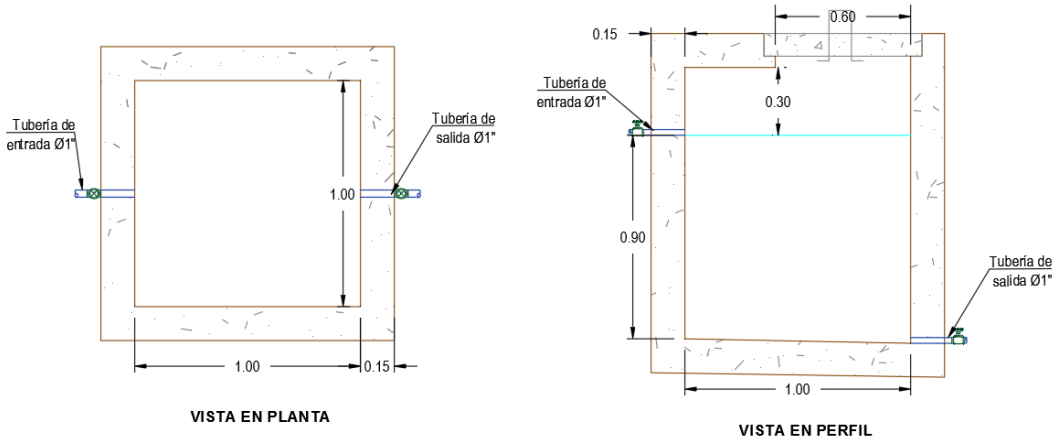


Figura 7-9. Vistas tanque de desinfección

En la Figura 7-10 se presenta el esquema propuesto para el tratamiento de las ARnD provenientes del lavado de vehículos y maquinaria en zona de casa de captación, mientras que en la Figura 7-11 se expone el sistema a implementar en zona de casa de máquinas.

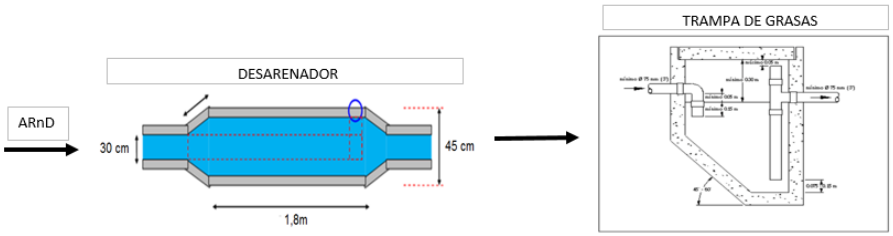


Figura 7-10. Esquema sistema de tratamiento para ARnD – Zona de Captación.

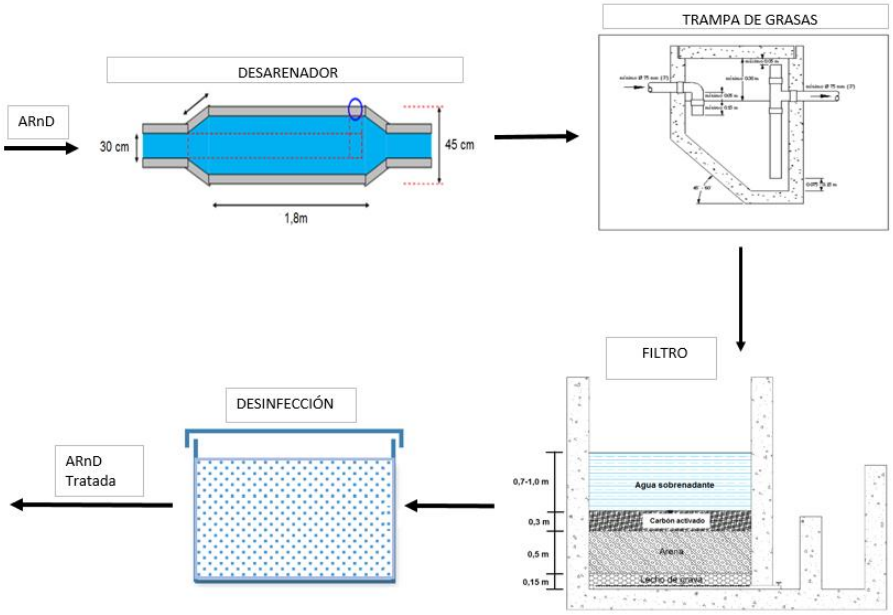


Figura 7-11. Esquema sistema de tratamiento para ARnD – Zona de casa de máquinas.

7.3.3.1.1.5 Lechos de secado

Para el dimensionamiento de los lechos de secado se tuvieron en cuenta los parámetros expuesto en el RAS 2000 en el literal E.4.10.7.

7.3.3.1.1.5.1 Geometría

Un lecho de secado típico debe ser diseñado para retener en una o más secciones, el volumen total de lodo removido. Los elementos estructurales del lecho incluyen los muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.

Los muros laterales deben tener un borde libre entre 0,5 y 0,9 m por encima de la arena. Debe asegurarse que no existan filtraciones laterales a través de los muros separadores. (RAS, 2000).

7.3.3.1.1.5.2 Drenajes

- Medios: se recomienda utilizar como medios de drenaje capas de grava y de arena.
- Espesores: se recomienda que la capa de grava tenga un espesor entre 200 y 460 mm y la capa de arena un espesor entre 300 y 460 mm. (RAS, 2000).

7.3.3.1.1.5.3 Granulometrías

Las partículas de grava deben presentar un diámetro entre 3 y 25 mm. La arena debe presentar las siguientes especificaciones:

- Partículas limpias, duras, durables y libres de arcilla, polvo, ceniza u otro material extraño.
- El coeficiente de uniformidad debe estar entre 3,5 y 4,0.
- El tamaño efectivo de los granos de arena debe estar entre 0,3 y 0,75 mm. En algunos casos, en vez de arena se puede usar antracita o grava fina con tamaño efectivo de 0,4 mm. (RAS, 2000).

7.3.3.1.1.5.4 Recolección de percolados

La recolección de percolados se efectuará a través de tuberías de drenaje de plástico o de teja de arcilla vitrificada con junta abierta. Las tuberías de drenaje principal deben tener no menos de 100 milímetros de diámetro y una pendiente no menor a 1%; deben espaciarse entre 2,5 y 6 m y debe tenerse en cuenta el tipo de remoción de lodo que se emplee. Se localizarán por debajo de la capa de grava con no menos de 150 mm de este material por encima de ellas. Se recomienda que los canales laterales de alimentación de las tuberías principales tengan un espaciamiento entre 2,5 y 3 m. En los casos en que la infiltración sea un peligro para las aguas subterráneas, debe sellarse el fondo del lecho con un bitumen u otra membrana impermeable. El área situada alrededor de las tejas de drenaje debe rellenarse con grava. (RAS, 2000).

7.3.3.1.1.5.5 Necesidad de cobertura

La cubierta proporciona un techo al lecho de arena. La necesidad de utilizarla depende de las condiciones ambientales de la zona. Su uso se recomienda en zonas de alta precipitación. Sin embargo, el diseñador estará en libertad para decidir si se coloca o no cobertura al lecho. En condiciones climatológicas favorables, la evaporación es más rápida en los lechos descubiertos que en los cubiertos. En los cubiertos es conveniente mantener las ventilaciones cerradas durante la etapa de escurrimiento, para mantener la temperatura, y abrirlas durante la etapa de evaporación para que se renueve el aire.

7.3.3.1.1.5.6 Cálculo del volumen de lodos

Partiendo del valor de concentración de los sedimentos sobre el agua, se procede a calcular la carga de sólidos por medio de la siguiente expresión.

$$Carga\ de\ arenas\ (\frac{mg}{s}) = Concentración\ de\ solidos \frac{mg}{L} * Caudal\ de\ diseño (\frac{L}{s})$$

Tomando una concentración de sólidos de 50,00 mg/l y el caudal proveniente de la limpieza del desarenador, el cual será descargado de manera controlada a una razón de 2,03l/s; despejando la ecuación anterior se tiene 8,78 Kg/d de carga de arena.

Se supone un ciclo de operación para el sistema de 8 días, definido como un factor de seguridad, se procede a calcular la masa de sólido producido durante el ciclo.

$$Masa\ de\ Sólido\ \ (kg) = Carga\ de\ arena\ (\frac{kg}{d}) * ciclo\ de\ operación\ (días)$$

Se tiene una masa de sólidos de 70,27 Kg

$$Volumen\ de\ Arena\ \ (m^3) = masa\ (kg)/Densidad(\frac{kg}{m^3})$$

La densidad del material se toma el valor de 1600 Kg/m^3.

Se espera la producción de un volumen de arena de 0,04 m^3

Aplicando la expresión anterior y teniendo en cuenta que el espesor de la capa de arena será de 0,30m, para el cálculo del ancho del lecho se hace uso de la siguiente expresión.

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \frac{Volumen\ de\ arena\ (m^3)}{Espesor\ de\ la\ capa\ (m)}$$

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \frac{0{,}04m^3}{0{,}30\ m}$$

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \ 0{,}15\ m^2$$

Finalmente, el área requerida para la deshidratación de arena deberá ser mínimo de 0,15m^2. Por seguridad se proponen dos tanques de 0,60 m de largo por 0,60 m de ancho.

En cuanto al drenaje se opta por 2 capas de gravas con espesor de 30cm con granulometría de 0,4mm y 25mm y tubería recolectora de 4” de diámetro.

En la Figura 7-12 y Figura 7-13 se muestra de manera respectiva la vista en planta y en perfil de los lechos de secado a implementar.

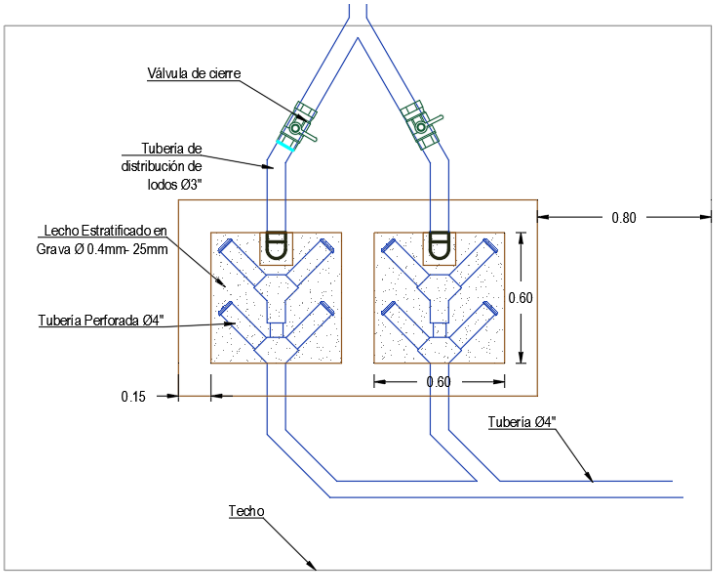


Figura 7-12. Vista en planta lechos de secado

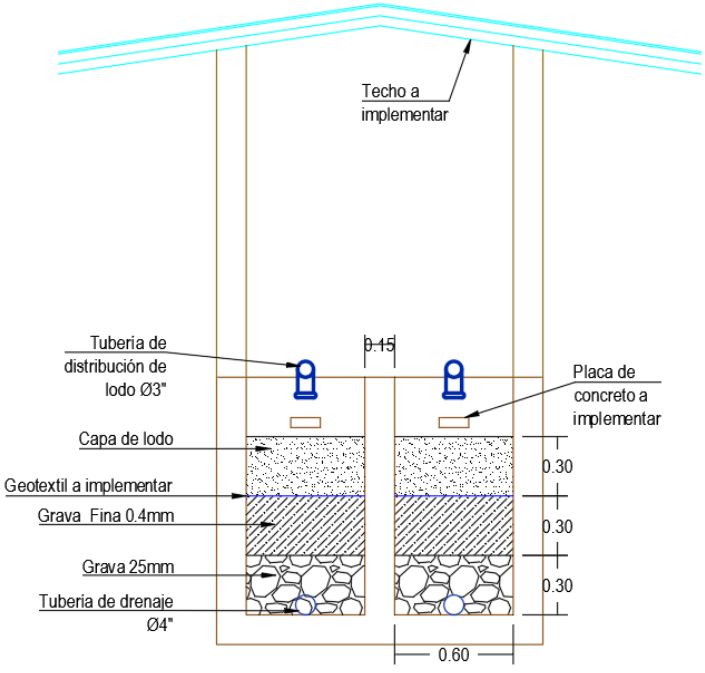


Figura 7-13. Vista en perfil lechos de secado

7.3.3.1.1.6 Conclusiones

Las dimensiones calculadas para los componentes del sistema de tratamiento son las siguientes:

- El desarenador contará con un ancho de 0,45m, una longitud de 1,80m y una profundidad útil de 0,75m.
- La trampa de grasas será de 0,40m de ancho por 0,80m de largo y profundidad útil de 0,80m.
- La unidad de filtración será de 2,50m de largo por 2,40m de ancho y una profundidad de 2,25m.
- El tanque de desinfección tendrá un ancho de 1,00, una longitud de 1,00m, una altura útil de 0,90m, altura total de 1,20m y volumen útil de 0,90m^3.
- Los lechos de secado tendrán un ancho de 0,60m, largo de 0,60m y altura de 0,30m para almacenamiento de lodos.

Dentro del ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en el archivo denominado "Sistema_ARnD_Vehiculos.xlsx" se pueden encontrar las memorias de cálculo correspondientes al diseño de las unidades del sistema de tratamiento expuesto, incluyendo los lechos de secado. Por su parte, en este mismo anexo se pueden revisar los respectivos planos de detalle, en los archivos denominados "Plano_ARnD_Vehiculos_CAP.pdf", "Plano_ARnD_Vehiculos_CM.pdf" y "DETALLES_ARnD_CAP_y_CM.pdf".

7.3.3.1.2 Sistema de tratamiento para la recirculación de aguas residuales provenientes del lavado de las plantas de concreto y mezcladoras

Las aguas provenientes del lavado de las plantas de concreto y mezcladoras se conducirán hacia un sedimentador, a fin de remover arenas finas (d= 0,01 mm) y partículas de diámetros superiores, para posteriormente recircularla en el proceso de fabricación de concreto, o en el mismo lavado de las plantas y mezcladoras, dependiendo de si los ensayos cumplen o no con las especificaciones químicas y físicas contenidas en la Norma Técnica Colombiana – NTC 3459 Agua para la Elaboración de Concreto –. Así mismo, serán consideradas todas las disposiciones expuestas en la Resolución 1256 de 2021 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones–.

El agua tratada será almacenada en un tanque de 4 m^3 de capacidad, desde donde podrá bombearse hacia las actividades de recirculación. En caso de que el agua no cumpla con los criterios de calidad para ninguna de las alternativas de recirculación propuestas, desde el tanque de almacenamiento se hará su disposición como residuo peligroso con un gestor autorizado. En este sentido, se garantiza que no se llevará a

cabo el vertimiento de aguas residuales a fuente superficial ni al suelo por las actividades de lavado de las plantas de concreto y mezcladoras.

Por su parte, los lodos resultantes de la limpieza y mantenimiento del desarenador irán a un tanque desde donde se bombearán hasta los lechos de secado; y las aguas que escurren de dichos los lechos irán al tanque de almacenamiento dispuesto para la recirculación de agua. En la Figura 7-14 se presenta el esquema completo del sistema de tratamiento que permitirá la recirculación de agua.

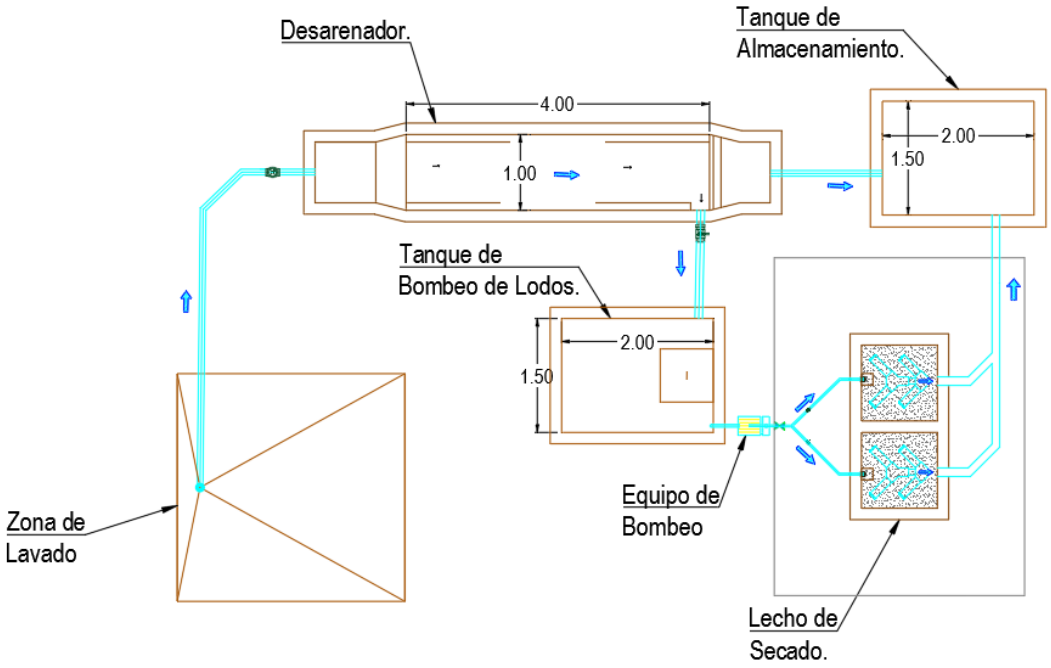


Figura 7-14. Sistema de tratamiento ARnD – Lavado plantas de concreto

7.3.3.1.2.1 Diseño sedimentador

Para el diseño del sedimentador se considera un caudal de 0,1 L/s, el cual será empleado para el lavado de la planta de concretos y mezcladoras ubicadas en cada frente de obra.

7.3.3.1.2.1.1 Características del diseño

Entre los factores que deben tenerse en cuenta para un buen proceso de sedimentación se encuentran la temperatura y viscosidad del agua, así como el tamaño, forma y porcentaje a remover de la partícula de diseño. En la Tabla 7-27 se presentan las condiciones del agua y las características de las partículas a remover en el sistema.

Tabla 7-27. Condiciones del agua y partículas a remover

Variable	Valor
Diámetro de partícula d (mm)	0,01
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Temperatura del agua °C	20*
Viscosidad cinemática η (cm^2/s) 20°C	0,010105

*Valor promedio encontrado en caracterización

Para el diseño del sistema se tuvo en cuenta fundamentalmente el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS –, en el cual se expresan principalmente los siguientes criterios:

- La profundidad efectiva para el almacenamiento de arena debe estar comprendida entre 0,75 y 1,50m.
- El largo del sistema debe ser como mínimo cuatro (4) veces el ancho.
- El tiempo de retención de partículas “muy finas” no debe ser menor de 20 minutos.
- La velocidad del flujo debe ser menor que 1/3 la velocidad crítica.
- La carga superficial máxima debe ser de 1000 m^3/m^2/día del área horizontal.
- Se recomienda que la relación entre la longitud útil y la profundidad efectiva para el almacenamiento de arena sea 10 a 1.
- La relación entre la velocidad horizontal del flujo y la velocidad de asentamiento debe ser inferior a 20.
- La velocidad máxima horizontal debe ser de 0,25 m/s.
- El diseño debe asegurar que todas las partículas sedimentables con diámetros superiores a 0,15 mm sean removidas.
- La eficiencia del sistema no debe ser inferior al 80%.
- La ecuación de Stokes (flujo laminar) es válida cuando el número de Reynolds de la partícula sea inferior o igual a 1,0.

7.3.3.1.2.1.2 Cálculo de la velocidad de sedimentación

Se supuso flujo laminar para el cálculo de la velocidad de sedimentación; condición que se pudo validar con el resultado del número de Reynolds obtenido, inferior a 1,0. A continuación se presentan las expresiones empleadas para el cálculo, así como el respectivo resultado, el cual se expone en la Tabla 7-28.

$$V_s = \frac{1}{18} * g\left(\frac{\rho_s - 1}{\eta}\right) * d^2$$

$$R = \frac{V_s * d}{\eta}$$

Tabla 7-28. Cálculo de la velocidad de sedimentación

Variable	Valor
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Diámetro de partícula d (mm)	0,010
Viscosidad cinemática ŋ (cm^2/s) 20°C	0,010105
Número de Reynolds R	8,8 * 10^{-4}
Fuerza de gravedad g (cm/s^2)	980,7
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	8,90 * 10^{-5}

7.3.3.1.2.1.3 Cálculo de las dimensiones del sedimentador

Para el cálculo de las dimensiones del sedimentador se tuvieron en cuenta las recomendaciones del RAS, y se partió del cálculo del área superficial del sistema, para lo cual se consideró una eficiencia del 90% (el mínimo exigido por el RAS es el 80%). A partir de la "Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores" de la Organización Panamericana de la Salud – OPS – y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS –, para un sedimentador con un buen comportamiento, se tiene un coeficiente de seguridad (k) igual a 3,60, para una eficiencia del 90%. En este sentido, el área superficial se calculó como sigue (ver Tabla 7-29):

$$A_s = \frac{Q * k}{Vs}$$

Tabla 7-29. Cálculo del área superficial del sedimentador

Variable	Valor
Caudal de diseño Q (L/s)	0,1
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	8,90 * 10^{-5}
Porcentaje de Eficiencia (%)	90
Coeficiente de seguridad (k)	3,6
Área superficial del desarenador (m^2)	4,05

Posteriormente, se obtuvo un dimensionamiento del sedimentador considerando las recomendaciones del RAS mencionadas anteriormente. Las expresiones empleadas se presentan en la Tabla 7-30.

Tabla 7-30. Expresiones para el cálculo de las dimensiones del sedimentador

Variable	Expresión
Altura h	comprendida entre 0,75 y 1,50m
Longitud L	$L = 2 * \sqrt{A_s}$
Ancho B	$B = \frac{A_s}{L}$
Volumen del sistema V	$V = L * B * h$
Tiempo de retención hidráulica t	$t = \frac{V}{Q}$
Área transversal At	$A_t = B * h$
Velocidad de flujo horizontal V_h	$V_h = \frac{Q}{A_t}$
Carga Superficial Cs	$C_s = \frac{Q}{A_s} * 86400$

En la Tabla 7-31 se presentan los resultados obtenidos del dimensionamiento del sedimentador.

Tabla 7-31. Dimensiones sedimentador

Variable	Valor
Caudal de diseño Q (L/s)	0,1
Altura h (m)	1,00
Velocidad de sedimentación Vs (m/s)	$8,90 * 10^{-5}$
Velocidad de flujo horizontal V_h (m/s)	$1,0 * 10^{-4}$
Ancho del sedimentador B (cm)	1,00
Longitud del sedimentador L (m)	4,00
Área transversal At (m^2)	1,00
Tiempo de retención hidráulica t (horas)	11,2
Volumen sedimentador (m^3)	4,05
Carga superficial Cs (m^3/m^2/día)	2,14
Relación V_h/V_s	1,12

7.3.3.1.2.1.4 Velocidad límite de re-suspensión de material

Se obtuvo la velocidad límite de re-suspensión de partículas a partir del factor de fricción para el desplazamiento horizontal del flujo, el factor de forma de las partículas (arenas finas unigranulares), el diámetro de partícula y el peso específico del material. Para dicho fin se consideraron las siguientes expresiones:

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g(\rho_s - 1) * d}$$

$$f = \frac{0{,}25}{\left[Log_{10}\left(\frac{\frac{K_s}{4} * R}{3{,}7} + \frac{5{,}74}{N_R{}^{0{,}9}}\right)\right]^2}$$

En la Tabla 7-32 se presente el valor obtenido para la velocidad límite de re-suspensión de partículas.

Tabla 7-32. Cálculo de la velocidad límite de re-suspensión

Variable	Valor
Peso específico del material ρ_s (g/cm^3)	2,65
Fuerza de gravedad g (cm/s^2)	980,7
Diámetro de partícula d (mm)	0,010
Factor de forma k (arenas finas unigranulares)	0,04
Rugosidad absoluta Ks (m)	0,0010 (para concreto)
Radio hidráulico en la sección vertical R (m)	0,335
Número de Reynolds para desplazamiento horizontal N_R	131,69
Factor de fricción para el desplazamiento horizontal del flujo f	0,1895
Velocidad límite de re-suspensión de partículas Vr (m/s)	**0,0165**

A partir de lo recomendado por el RAS, la velocidad del flujo horizontal (1,0 * 10^{-4} m/s) debe ser menor que 1/3 la velocidad crítica de re-suspensión (0,0165 m/s); condición que se cumple a cabalidad a partir de los resultados obtenidos, por lo que se garantiza que no se presentará re-suspensión de material en las condiciones descritas.

7.3.3.1.2.1.5 Cálculo de la longitud de la transición

La longitud de la transición (L_T) de ingreso al sedimentador se calculó considerando el ancho del canal de llegada a la transición (b), el ancho del sedimentador (B) y el

respectivo ángulo de divergencia (ɵ). El valor de la longitud de transición obtenido se presenta en la Tabla 7-33.

$$L_T = \frac{B - b}{2 * tg(\theta)}$$

Tabla 7-33. Longitud de la transición

Variable	Valor
Ancho del desarenador B (cm)	100
Ancho canal de llegada b (cm)	80
Ángulo de divergencia ɵ	14°
longitud de la transición L_T (cm)	41

En la Figura 7-15 y Figura 7-16 se presenta la vista en planta y vista en perfil del desarenador, respectivamente.

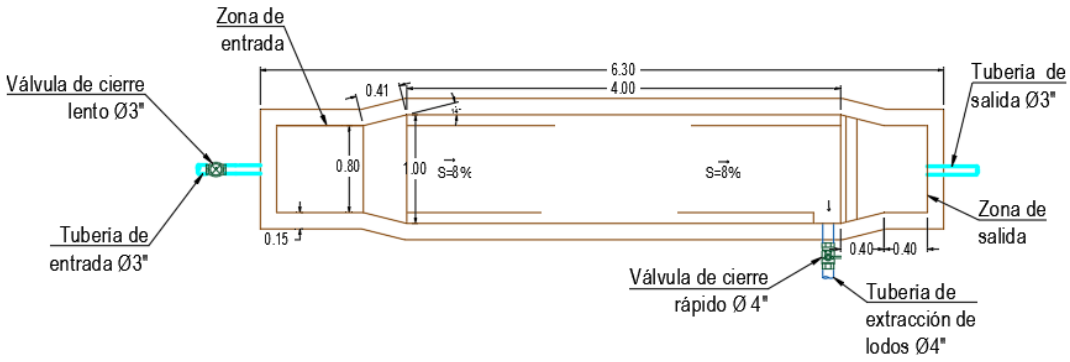


Figura 7-15. Vista en planta del desarenador

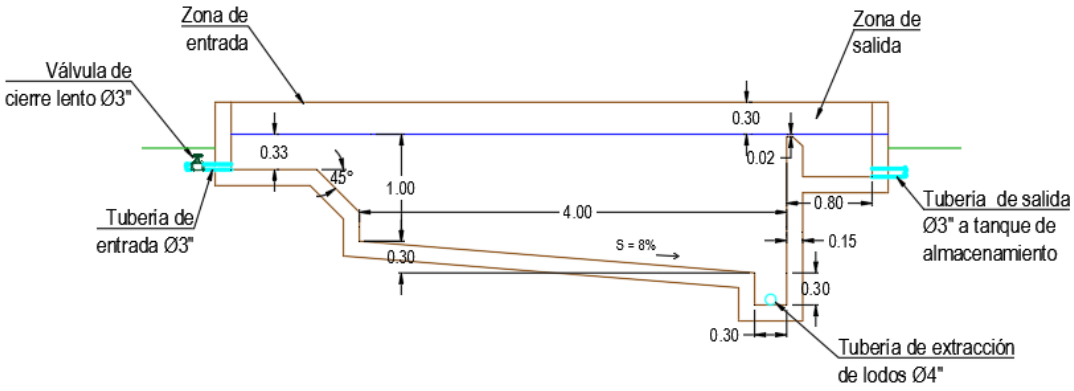


Figura 7-16. Vista en perfil del desarenador

Nota: Dependiendo de los resultados de las pruebas de tratabilidad que se realicen, se evaluará la posibilidad de integrar unidades de tratamiento adicionales, tales como floculadores.

7.3.3.1.2.2 Tanque de almacenamiento

Para el diseño del tanque de almacenamiento se considerará el mismo caudal usado para el desarenador (0,1l/s) y un tiempo de retención de 11horas. En la Tabla 7-34 se muestran las dimensiones del tanque de almacenamiento

Tabla 7-34. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento

Variable	Valor
Caudal de diseño (m^3/s)	0,0001
Tiempo de almacenamiento (s)	39600
Volumen (m^3)	3.96
Largo (m)	2,00
Ancho (m)	1,50
Alto útil (m)	1,40
Volumen del tanque (m^3)	4,20

En la Figura 7-17 se presenta la sección transversal del tanque de almacenamiento.

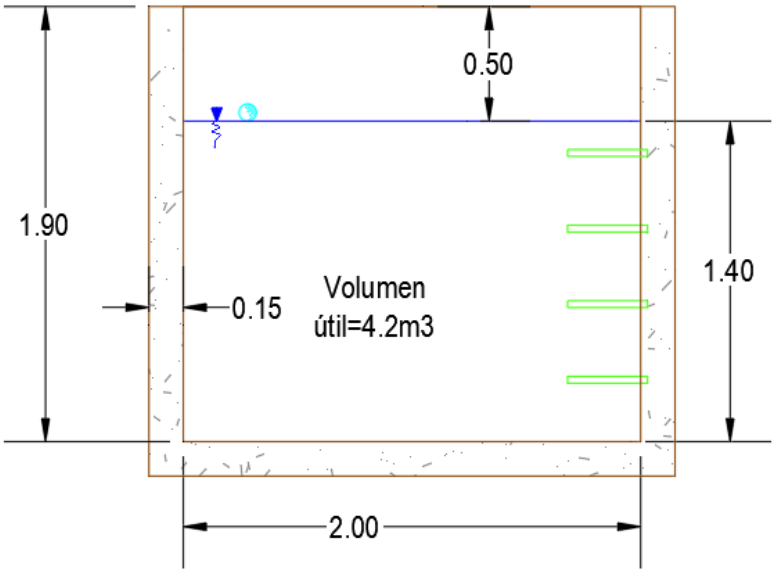


Figura 7-17. Sección transversal del tanque de almacenamiento

7.3.3.1.2.3 Tanque de bombeo de lodos

Este tanque será usado para recibir las aguas con lodo provenientes del desarenador en el momento de la limpieza. Para el dimensionamiento del tanque se tuvo en cuenta el volumen del desarenador de 4,05 m^3, que sería lo que recibiría. En la Tabla 7-35 se presenta el dimensionamiento del tanque y en la Figura 7-18 su respectiva sección transversal.

Tabla 7-35. Dimensionamiento tanque de bombeo de lodos

Variable	Valor
Volumen mínimo (m^3)	4,05
Largo (m)	2,00
Ancho (m)	1,50
Alto mínimo (m)	1,40
Alto total (m)	2,85
Volumen útil m^3	4,20

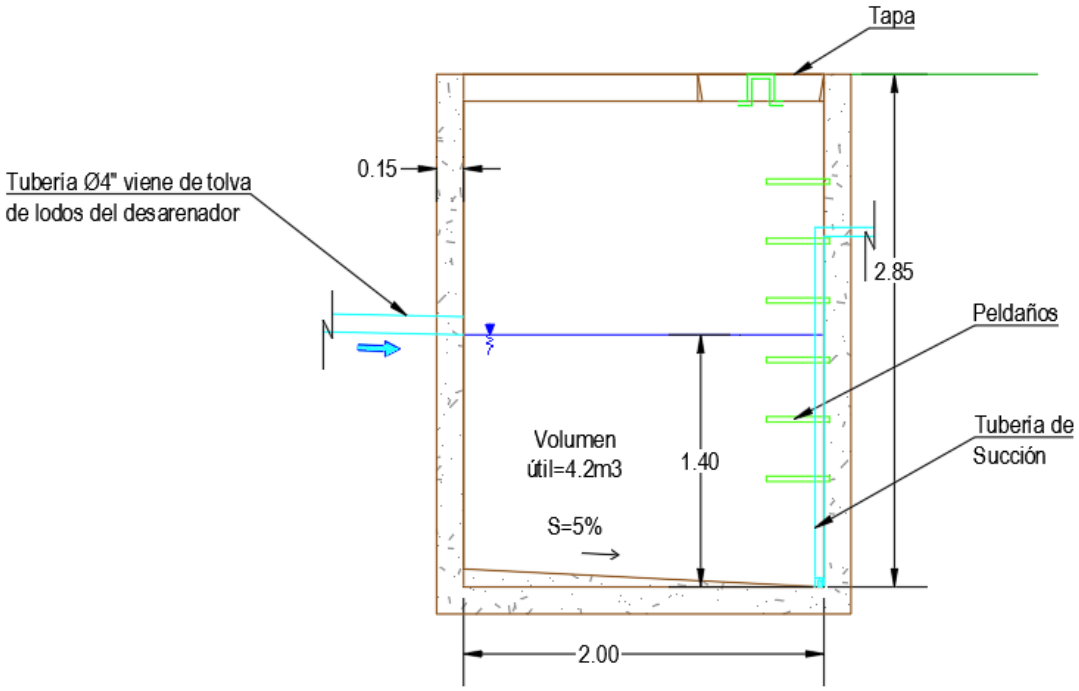


Figura 7-18. Sección transversal tanque de bombeo de lodos.

7.3.3.1.2.4 Lechos de secado

Para el dimensionamiento de los lechos de secado se tuvieron en cuenta los parámetros expuesto en el RAS 2000 en el literal E.4.10.7.

7.3.3.1.2.4.1 Geometría

Un lecho de secado típico debe ser diseñado para retener en una o más secciones, el volumen total de lodo removido. Los elementos estructurales del lecho incluyen los muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.

Los muros laterales deben tener un borde libre entre 0,5 y 0,9 m por encima de la arena. Debe asegurarse que no existan filtraciones laterales a través de los muros separadores. (RAS,2000).

7.3.3.1.2.4.2 Drenajes

- Medios: se recomienda utilizar como medios de drenaje capas de grava y de arena.

- Espesores: se recomienda que la capa de grava tenga un espesor entre 200 y 460 mm y la capa de arena un espesor entre 300 y 460 mm. (RAS, 2000).

7.3.3.1.2.4.3 Granulometrías

Las partículas de grava deben presentar un diámetro entre 3 y 25 mm. La arena debe presentar las siguientes especificaciones:

- Partículas limpias, duras, durables y libres de arcilla, polvo, ceniza u otro material extraño.
- El coeficiente de uniformidad debe estar entre 3,5 y 4,0.
- El tamaño efectivo de los granos de arena debe estar entre 0,3 y 0,75 mm. En algunos casos, en vez de arena se puede usar antracita o grava fina con tamaño efectivo de 0,4 mm. (RAS, 2000).

7.3.3.1.2.4.4 Recolección de percolados

La recolección de percolados se efectuará a través de tuberías de drenaje de plástico o de teja de arcilla vitrificada con junta abierta. Las tuberías de drenaje principal deben tener no menos de 100 milímetros de diámetro y una pendiente no menor a 1%; deben espaciarse entre 2,5 y 6 m y debe tenerse en cuenta el tipo de remoción de lodo que se emplee. Se localizarán por debajo de la capa de grava con no menos de 150 mm de este material por encima de ellas. Se recomienda que los canales laterales de alimentación de las tuberías principales tengan un espaciamiento entre 2,5 y 3 m. En los casos en que la infiltración sea un peligro para las aguas subterráneas, debe sellarse el fondo del lecho con un bitumen u otra membrana impermeable. El área situada alrededor de las tejas de drenaje debe rellenarse con grava. (RAS, 2000).

7.3.3.1.2.4.5 Necesidad de cobertura

La cubierta proporciona un techo al lecho de arena. La necesidad de utilizarla depende de las condiciones ambientales de la zona. Su uso se recomienda en zonas de alta precipitación. Sin embargo, el diseñador estará en libertad para decidir si se coloca o no cobertura al lecho. En condiciones climatológicas favorables, la evaporación es más rápida en los lechos descubiertos que en los cubiertos. En los cubiertos es conveniente mantener las ventilaciones cerradas durante la etapa de escurrimiento, para mantener la temperatura, y abrirlas durante la etapa de evaporación para que se renueve el aire.

7.3.3.1.2.4.6 Cálculo del volumen de lodos

Partiendo del valor de concentración de los sedimentos sobre el agua, se procede a calcular la carga de sólidos por medio de la siguiente expresión.

$$Carga\ de\ arenas\ \left(\frac{mg}{s}\right) = Concentración\ de\ solidos \frac{mg}{L} * Caudal\ de\ diseño\left(\frac{L}{s}\right)$$

Tomando una concentración de sólidos de 50,00 mg/l y el caudal proveniente de la limpieza del desarenador, el cual será descargado de manera controlada a una razón de 6,75l/s; despejando la ecuación anterior se tiene 29,16 Kg/d de carga de arena.

Se supone un ciclo de operación para el sistema de 14 días, definido como un factor de seguridad, se procede a calcular la masa de sólido producido durante el ciclo.

$$Masa\ de\ Sólido\ \ (kg) = Carga\ de\ arena\ (\frac{kg}{d}) * ciclo\ de\ operación\ (días)$$

Se tiene una masa de sólidos de 408,24 Kg

$$Volumen\ de\ Arena\ \ (m^3) = masa\ (kg)/Densidad(\frac{kg}{m^3})$$

La densidad del material se toma el valor de 1600 Kg/m^3.

Se espera la producción de un volumen de arena de 0,26 m^3

Aplicando la expresión anterior y teniendo en cuenta que el espesor de la capa de arena será de 0,30m, para el cálculo del ancho del lecho se hace uso de la siguiente expresión.

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \frac{Volumen\ de\ arena\ (m^3)}{Espesor\ de\ la\ capa\ (m)}$$

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \frac{0{,}26m^3}{0{,}30\ m}$$

$$Area\ del\ lecho(m^2) = \ 0{,}851\ m^2$$

Finalmente, el área requerida para la deshidratación de arena deberá ser mínimo de 0,85m^2. Por seguridad se proponen dos tanques de 1,00 m de largo por 1,00 m de ancho.

En cuanto al drenaje se opta por 2 capas de gravas con espesor de 30cm con granulometría de 0,4mm y 25mm y tubería recolectora de 4” de diámetro.

En la Figura 7-19 y Figura 7-20 se presenta de manera respectiva la vista en planta y perfil de los lechos de secado a implementar.

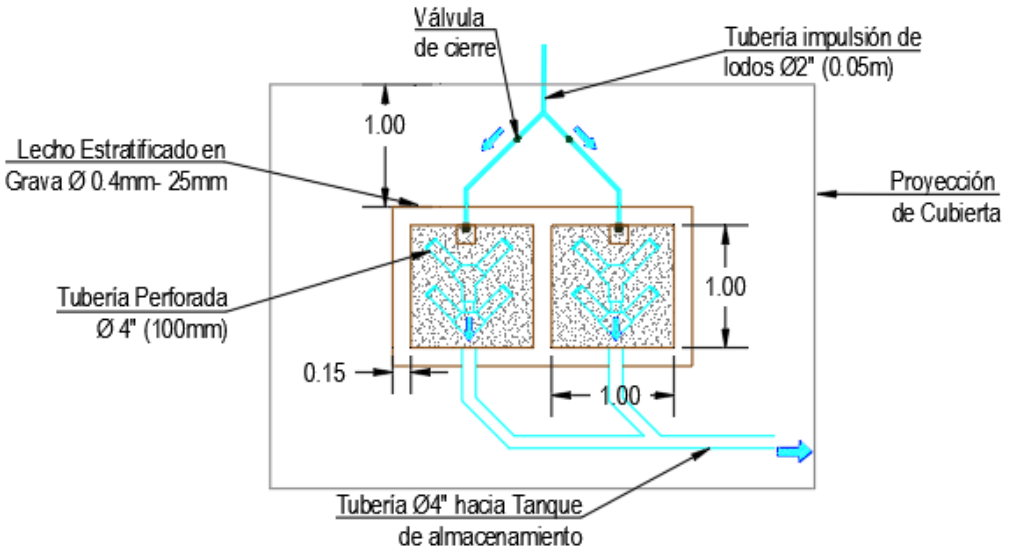


Figura 7-19. Vista en planta lechos de secado

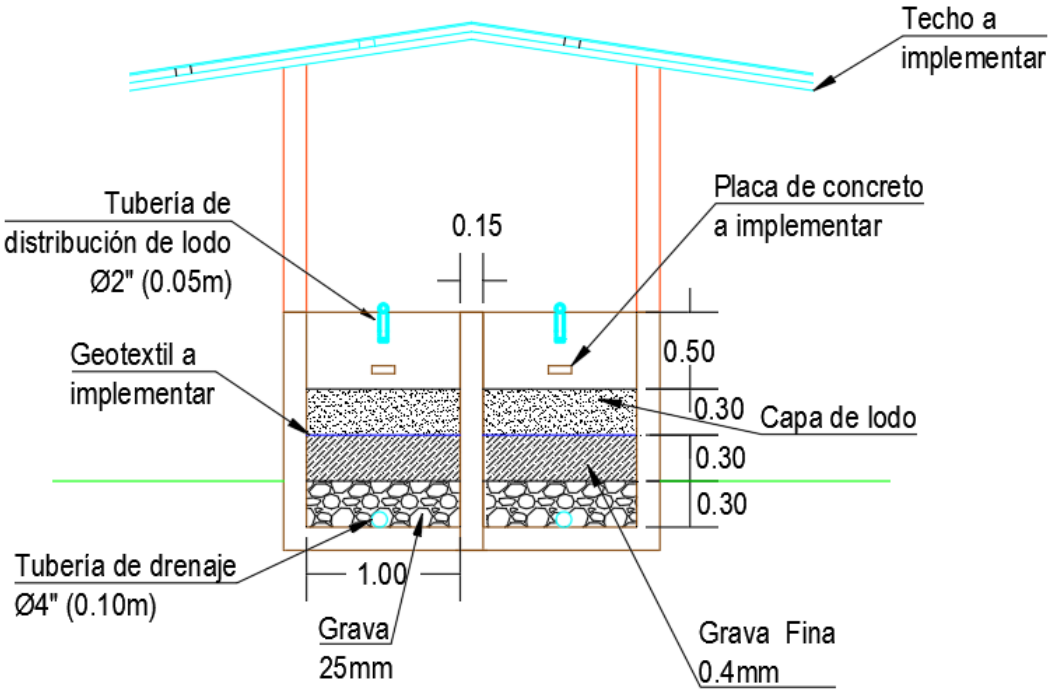


Figura 7-20. Vista de perfil lechos de secado

7.3.3.1.2.5 Conclusiones

Las dimensiones calculadas para los componentes del sistema de tratamiento son las siguientes:

- El desarenador contará con un ancho de 1,00m, una longitud de 4,00m y una profundidad útil de 1,00m.
- El tanque de bombeo tendrá un ancho de 1,50m, una longitud de 2,00m, una altura útil de 1,4m, altura total de 2,85m y volumen útil de 4,20m^3.
- El tanque de almacenamiento tendrá un ancho de 1,5m, una longitud de 2,00m, una altura útil de 1,40m, altura total de 1,90m y volumen útil de 4,20m^3.
- Los lechos de secado tendrán un ancho de 1,00m, largo de 1,00m, altura de 0,30m para almacenamiento de lodos y un borde libre de 0,50m.

Dentro del ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en el archivo denominado “Sistema_ARnD_Concretos.xlsx” se pueden encontrar las memorias de cálculo correspondientes al diseño de las unidades del sistema de tratamiento expuesto, incluyendo los lechos de secado. Por su parte, en este mismo anexo se pueden

revisar los respectivos planos de detalle, en los archivos denominados "Plano_ARnD_Concretos_CAP.pdf" y "Plano_ARnD_Concretos_CM.pdf".

7.3.3.2 Fase de operación

En fase de operación se generarán aguas residuales domésticas (ARD) en zona de casa de máquinas y en zona de captación, producto de la descarga de servicios sanitarios y sistemas de aseo personal para el lavado de manos. Para el tratamiento de dichas descargas se propone un sistema en cada zona, el cual estará compuesto por una trampa de grasas y un tanque séptico integrado con filtro FAFA.

7.3.3.2.1 Sistema séptico integrado + FAFA

El sistema estará conformado por dos (2) compartimentos a fin de obtener tanto un tratamiento primario (tanque séptico) como uno secundario (FAFA). El dimensionamiento se realizó a partir de lo recomendado en el RAS 2000, con respecto a los tiempos de retención hidráulicos, volumen y profundidad útil.

El tiempo de retención en el tanque séptico, es definido como el tiempo medio teórico que se demora el agua en un proceso de tratamiento, expresado usualmente como la razón entre el volumen útil y el caudal. En la Tabla 7-36 se puede observar que el tiempo de retención hidráulica para el tanque séptico en casa de máquinas es de 22 horas, considerando una contribución diaria de 1814 litros; y de 24 horas en zona de captación, para una contribución diaria de 259 litros.

Tabla 7-36. Tiempo de retención hidráulico, tanque séptico

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (días)	Horas
Hasta 1500	1	24
1501-3000	0,92	22
3001-4500	0,83	20
4501-6000	0,75	18
6001-7500	0,67	16
7501-9000	0,58	14
Más de 9000	0,50	12

Fuente: RAS 2000. Tabla E.7.2.

7.3.3.2.1.1 Nivel del agua en el Tanque séptico y filtro FAFA

Una de las medidas internas es el valor de la profundidad útil. En la Tabla 7-37 se pueden observar los valores de esta medida recomendados en el RAS 2000.

Tabla 7-37. Valores de profundidad útil

Volumen útil	Profundidad útil mín.	Profundidad útil máx.
m^3	m	m
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Fuente: RAS 2000. Tabla E.3.3.

Considerando los valores de volumen útil menores a 6 m^3, la profundidad útil en el tanque séptico y en el filtro FAFA tanto para zona de casa de máquinas como para la zona de captación se definió igual a 1,2 metros, con un borde libre de 0,2 metros; por lo que la altura total del módulo corresponde a 1,40 metros.

7.3.3.2.1.2 Tiempo de retención hidráulico en el filtro FAFA

En la Tabla 7-38 se puede observar el rango de tiempo de retención hidráulica en el filtro FAFA, expresado en tiempo mínimo y tiempo máximo. El tiempo de retención para el diseño recomendado en el RAS 2000 es igual a Tr = 5,25 horas, el cual fue empleado para los cálculos del módulo FAFA que se instalará en zona de casa de máquinas y en zona de captación.

Tabla 7-38. Tiempo de detención hidráulica en FAFA

Tiempo detención	Horas	
Tdmín:	2,5	Horas
Tdmáx:	12	Horas
Recomendado	5,25	Horas

Fuente: RAS 2000. Tabla E.4.29.

En la Tabla 7-39 y Tabla 7-40 se pueden observar los diámetros correspondientes para los módulos tanque séptico y para el filtro FAFA, la altura y los volúmenes útiles obtenidos. Las respectivas fórmulas para calcular dichos volúmenes útiles se presentan a continuación.

$$V = \mathrm{Vs} + \mathrm{Vf}$$

$$Vf = [\frac{\mathrm{pi} * \mathrm{h} * \mathrm{Øf}^2}{4}]$$

$$Vs = \left[\left(\mathrm{pi} * \frac{\mathrm{h}}{4}\right) * (\mathrm{Øs}^2 - \mathrm{Øf}^2)\right]$$

En la Tabla 7-39 y Tabla 7-40 también se presentan los volúmenes brutos calculados considerando la altura total del sistema, la cual incluye un borde libre de 0,20 metros. Además, se comparan los volúmenes útiles obtenidos con aquellos requeridos a partir del caudal a tratar y los tiempos de retención establecidos.

Tabla 7-39. Volumen útil del módulo en casa de máquinas

Variable	Asumido	Requerido*		Bruto
Volumen útil del tanque séptico; Vs (m^3)	1,59	1,66	Ok	1,86
Volumen útil del FAFA; Vf (m^3)	0,53	0,40	Ok	0,62
Volumen total del módulo; V (m^3)	2,12	2,06	Ok	2,47
Diámetro del FAFA; Øf (m) =	0,75			
Diámetro del Séptico; Øs (m) =	1,50			
Altura útil; h (m)	1,20			
Altura tota; H (m)	1,40			
Tiempo de retención hidráulica FAFA (h)	5,25			
Tiempo de retención hidráulica tanque séptico (h)	22			
Caudal de diseño (L/s)	0,021			

*Volumen requerido teniendo en cuenta el caudal de diseño y tiempos de detención hidráulica

Tabla 7-40. Volumen útil del módulo en captación

Variable	Asumido	Requerido*		Bruto
Volumen útil del tanque séptico; Vs (m^3)	1,59	0,26	Ok	1,86
Volumen útil del FAFA; Vf (m^3)	0,53	0,06	Ok	0,62
Volumen total del módulo; V (m^3)	2,12	0,32	Ok	2,47
Diámetro del FAFA; Øf (m) =	0,75			
Diámetro del Séptico; Øs (m) =	1,50			
Altura útil; h (m)	1,20			
Altura tota; H (m)	1,40			
Tiempo de retención hidráulica FAFA (h)	5,25			
Tiempo de retención hidráulica tanque séptico (h)	24			
Caudal de diseño (L/s)	0,003			

*Volumen requerido teniendo en cuenta el caudal de diseño y tiempos de detención hidráulica

Los tanques a implementar para el pozo séptico y sistema FAFA serán prefabricados en polietileno. En la Figura 7-21, Figura 7-22, Figura 7-23 y Figura 7-24 se presentan las vistas en planta y perfil de estas unidades, según las dimensiones del proveedor.

Estas unidades de emplearán tanto en zona de casa de máquinas como en zona de captación.

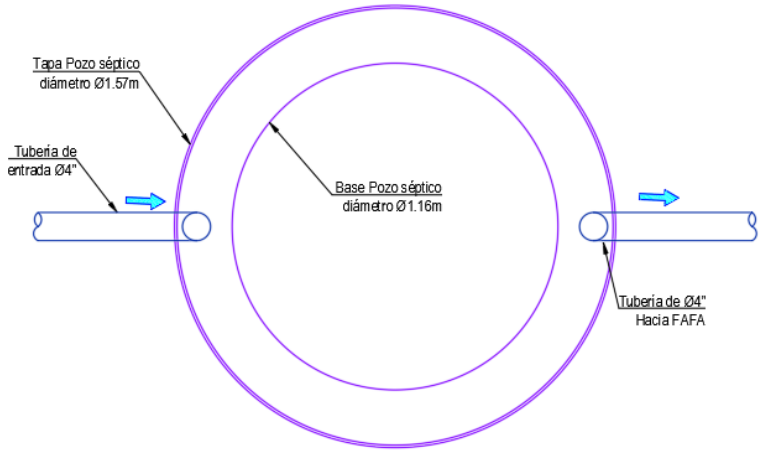


Figura 7-21. Vista en planta pozo séptico

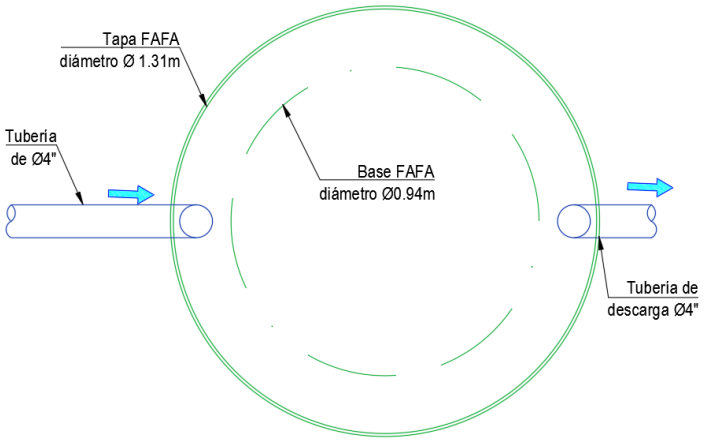


Figura 7-22. Vista en planta sistema FAFA

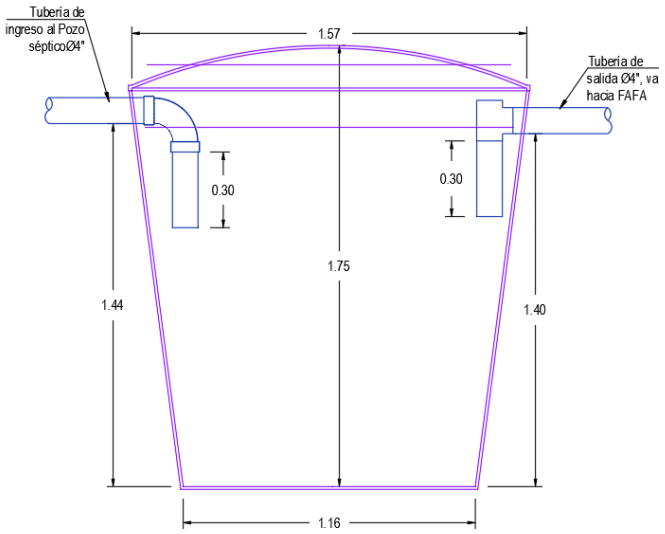


Figura 7-23. Vista en perfil pozo séptico

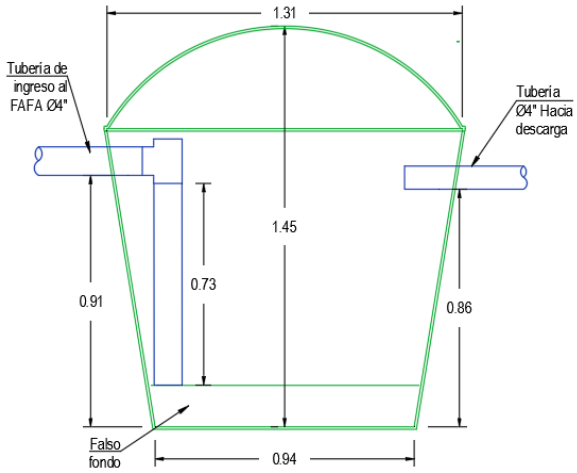


Figura 7-24. Vista en perfil sistema FAFA

7.3.3.2.2 Trampa de grasas

Las trampas de grasas son pequeños tanques de flotación natural, en donde los aceites y las grasas con una densidad inferior a la del agua, se mantienen en la superficie del tanque para ser fácilmente retenidos y retirados. Estas unidades se diseñan en función de la velocidad de flujo o el tiempo de retención hidráulica (TRH), ya que todo dispositivo que ofrezca una superficie tranquila, con entradas y salidas

sumergidas (a media altura), actúa como separador de grasas y aceites. Las características generales de la trampa de grasas, a saber, son:

- La relación largo:ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida en rangos de 2:1 a 3:2.
- El ingreso a la trampa de grasa se hará por medio de un codo de 90º y un diámetro mínimo de 75 mm. La salida será por medio de una “te” con un diámetro mínimo de 75 mm.
- La parte inferior del codo de entrada deberá prolongarse hasta 0,15 m por debajo del nivel de líquido.
- La diferencia de nivel entre la tubería de ingreso y de salida deberá de ser no menor a 0,05 m.
- La parte superior del dispositivo de salida deberá dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo del nivel de la losa del techo.
- La parte inferior de la tubería de salida deberá estar no menos de 0,075 m ni más de 0,15 m del fondo.
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser como mínimo 0,30 m.

La trampa de grasas deberá ser de forma tronco cónica o piramidal invertida con la pared del lado de salida vertical. El lado inclinado deberá tener una pendiente entre 45º a 60º con respecto a la horizontal.

7.3.3.2.2.1 Tiempo de retención hidráulica

Se propone un sistema de trampa de grasas para la remoción de grasas y aceites contenidas en las aguas residuales domésticas provenientes de casa de máquinas y zona de captación en la etapa de operación, donde se esperan generar 0,021 y 0,003 L/s de ARD, respectivamente. De acuerdo con la Tabla 7-41 tomada del RAS 2000, se elige un caudal de diseño de 56 L/min igual a 0,9 L/s. Para este caudal se recomienda un tiempo de retención de 3 minutos equivalente a 180 segundos (Tabla 7-42).

Tabla 7-41. Capacidad de retención de grasas

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasa (kg)	Capacidad máxima recomendada (L)
Cocina de restaurante	56	14	190
Habitación Sencilla	72	18	190
Habitación doble	92	23	240
Dos habitaciones sencillas	92	23	240
Dos Habitaciones dobles	128	32	330
Volumen de agua mayor de 115 litros	56	14	115

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasa (kg)	Capacidad máxima recomendada (L)
Volumen de agua mayor de 190 litros	92	23	240
Volumen entre 190 y 378	144	36	378

Tabla 7-42. Tiempos de retención hidráulica

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2-9
4	10-19
5	20 o más

Fuente: RAS 2000

7.3.3.2.2.2 Cálculo de las dimensiones de la trampa de grasas

A continuación en la Tabla 7-43, se presenta el cálculo de las dimensiones de la trampa de grasas, considerando una velocidad ascendente de 0,004 m/s y un área superficial de 0,25 m^2 por cada litro por segundo; a partir de lo recomendado en el RAS 2000.

Tabla 7-43.Dimensiones de la trampa de grasas

Variable	Fórmula	Valor
Caudal de diseño Q (L/s)	-	0,9
Tiempo de retención hidráulica tr (s)	-	180
Velocidad ascendente Va (m/s)	-	0,004
Volumen útil de la trampa V (L)	$V = Q * t_r$	162
Área superficial de la trampa A (m^2)	$A = Q/Va$	0,225
Largo de la trampa L (m)	$L = 2 * B$	0,67
Ancho de la trampa B (m)	$B = \sqrt{A/2}$	0,34
Altura de la trampa H (m)	$H = V/A$	0,72
Borde Libre (m)	-	0,3
Ubicación del bafle Ub (m)	$Ub = 0{,}75 * L$	0,50
Altura del bafle (m)	$Hb = 0{,}9 * H$	0,65
Espacio entre bafle y fondo Ebf (m)	$Ebf = 0{,}1 * H$	0,07

La estructura será una caja de mampostería impermeabilizada, con tapa de concreto reforzado removible, entrada y salida en tubería de diámetro de 3”, sumergidas y a

diferentes alturas con el fin de que el material graso flote para ser retirado periódicamente. Por construcción y facilidad de manteamiento se implementará una trampa de grasas de 0,40m de ancho por 0,80m de largo (Ver Figura 7-25 y Figura 7-26).

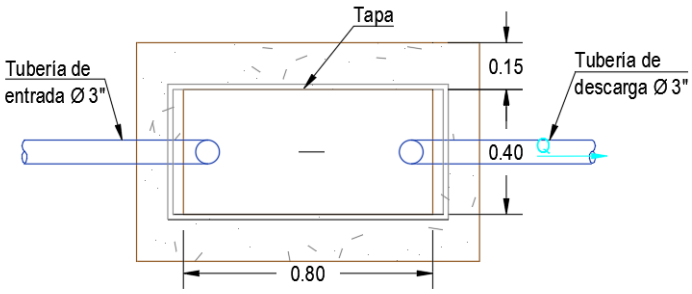


Figura 7-25. Vista en planta trampa de grasas

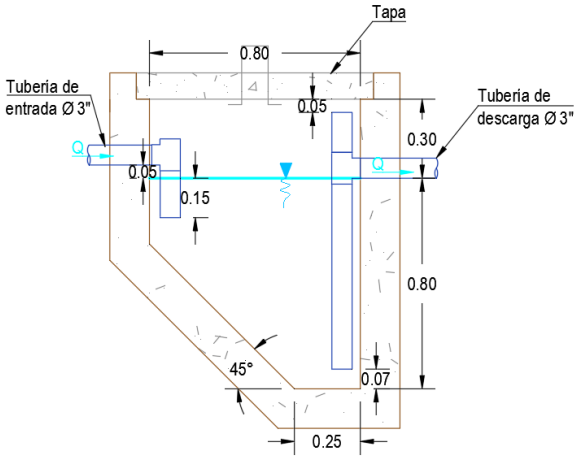


Figura 7-26. Vista en perfil trampa de grasas

A continuación, en la Tabla 7-44 se presenta un resumen con las dimensiones principales del sistema de tratamiento que será implementado para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en etapa de operación, tanto en zona de casa de máquinas como captación. Dicho sistema consiste en una trampa de grasas, y un módulo de tanque séptico más filtro FAFA.

Tabla 7-44. Dimensiones sistema de tratamiento para ARD

Trampa de grasas	Valor
Volumen útil (L)	256
Largo (m)	0,80
Ancho (m)	0,40
Altura (m)	0,80
Tanque séptico + Filtro FAFA	**Valor**
Volumen útil tanque séptico (m^3)	1,59
Volumen útil de FAFA (m^3)	0,53
Volumen total (m^3)	2,12
Altura total (m)	1,40

7.3.3.2.3 Notas y especificaciones para localización del sistema séptico

- 1,50 m distantes de límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.
- 3,00 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- Ubicarse en un sitio que permita su revisión y limpieza periódica y donde la salida del agua quede a un nivel más bajo que la entrada del agua.

Antes de instalar el sistema se reúne separadamente en dos tuberías los desagües baño y los de la cocina y el lavadero. El primero va directamente al pozo mientras los segundos pasan a la trampa de grasas o caja de empalme antes de desembocar la misma tubería que entra al pozo o la conducción.

7.3.3.2.4 Inspección y mantenimiento del sistema séptico

- Forre una vara de dos metros de longitud en estopa o tela blanca, dejando 50 centímetros al descubierto.
- Retire las tapas del pozo séptico y deje que se ventile por media hora. No encienda bajo ninguna circunstancia fósforos o cualquier tipo de fuego cerca de este lugar ya que podría ocasionar una explosión debido al gas allí contenido.
- Inspeccionar los tres (3) compartimientos y medir los niveles de grasas y lodos producidos.
- Introduzca la vara con el extremo forrado hasta que toque el fondo del pozo séptico.
- Deje la vara en esa posición por 5 minutos.
- Retire la vara y mida la parte que sale untada de lodos. Si mide más de 40 centímetros es el momento de hacerle mantenimiento al pozo séptico; si mide

menos de 40 centímetros, puede tapar y en seis meses realizar este mismo procedimiento.
- Las natas se pueden retirar utilizando un recipiente de mango largo; para los lodos hacer uso del sistema de purga con vertido a fosa.

7.3.3.2.5 Conclusiones

Las dimensiones calculadas para los componentes del sistema de tratamiento son las siguientes:

- El tanque séptico tendrá un volumen mínimo útil de 1.59 m^3.
- El Filtro FAFA tendrá un volumen útil de 0,53 m^3.
- La trampa de grasas será de 0,40m de ancho por 0,80m de largo y profundidad útil de 0,80m.
- Los tanques a implementar para el pozo séptico y FAFA serán prefabricados en polietileno.
- Según las fichas técnicas del proveedor el tanque para el pozo séptico será de 2000L y el del FAFA de 1000L (Ver documento MANUAL_SISTEMA_SEPTICO.pdf, dentro del ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO).

De igual manera, dentro del ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en el archivo denominado “Sistema_ARD.xlsx” se pueden encontrar las memorias de cálculo correspondientes al diseño de las unidades del sistema de tratamiento expuesto. Por su parte, en este mismo anexo se pueden revisar los respectivos planos de detalle, en los archivos denominados “Plano_Sistema_ARD_CAP.pdf” y “Plano_Sistema_ARD_CM.pdf”

7.3.3.3 Manejo de residuos asociados a la gestión del vertimiento.

Con relación a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, las trampas de grasas, los sistemas sépticos y los desarenadores tendrán un mantenimiento periódico para garantizar su adecuado funcionamiento.

Las grasas removidas en las trampas de grasas durante su mantenimiento, así como las provenientes del uso de aceites, grasas o lubricantes de las máquinas y equipos empleados, deberán ser dispuestas como residuos peligrosos. Por su parte, para el material removido en los desarenadores en mención, se realizará un análisis fisicoquímico con el fin de determinar si éste es inerte o peligroso, en cualquiera de los dos casos será dispuesto con empresas autorizadas para su tratamiento y disposición final. Al respecto, se deberán enviar a CORNARE los respectivos resultados de las pruebas que se realicen, una vez se lleven a cabo los análisis pertinentes.

La limpieza y mantenimiento de los desarenadores deberá programarse para extraer los sedimentos decantados o para reparar la mampostería. Cuando se realicen estas

actividades, se evacuarán las aguas de la estructura y se procederá a remover los lodos que hayan decantado. Estos lodos se dispondrán en lechos de secado, donde se deshidratarán.

7.3.3.3.1.1 Conformación de los lechos de secado

El funcionamiento de los lechos de secado concebidos para los residuos sólidos (lodos provenientes de desarenadores) de los sistemas de tratamiento de ARnD del lavado de vehículos y de plantas de concreto, fue expuesto de manera respectiva en el numeral 7.3.3.1.1.5 y 7.3.3.1.2.4. Por su parte, en la Tabla 7-45 se presentan las coordenadas de ubicación para cada lecho de secado.

Tabla 7-45. Localización de los lechos de secado.

Origen del agua residual	Zona	Coordenada	
		Este (m)	Norte (m)
Lavado de Vehículo	Captación	874391,790	1160117,967
Lavado de Vehículo	Casa de máquinas	877765,704	1160265,586
Lavado de mezcladoras de concreto	Captación	874389,300	1160101,990
Lavado de mezcladoras de concreto	Casa de máquinas	877769,900	1160311,300

*Coordenadas Magna Colombia Bogotá

Dentro del ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en los archivos denominados “Sistema_ARnD_Vehiculos.xlsx” y “Sistema_ARnD_Concretos” se pueden encontrar las memorias de cálculo correspondientes al diseño de los lechos de secado. Por su parte, en este mismo anexo se pueden revisar los respectivos planos de detalle, en los archivos denominados “Plano_ARnD_Vehiculos_CAP.pdf”, “Plano_ARnD_Vehiculos_CM.pdf”, “DETALLES_ARnD_CAP_y_CM.pdf”, “Plano_ARnD_Concretos_CAP.pdf” y “Plano_ARnD_Concreto_CM.pdf”.

7.3.3.4 Características de los sistemas de tratamiento y descarga

De acuerdo con los lineamientos y formato establecido por CORNARE, a continuación en la Tabla 7-46, Tabla 7-47, Tabla 7-48 y Tabla 7-49 se presenta un resumen de las características tanto de los sistemas de tratamiento propuestos como de sus descargas asociadas y fuentes receptoras, con relación a los permisos de vertimiento a solicitar por parte del proyecto (ver Tabla 7-9).

Tabla 7-46. Sistema de tratamiento y descarga ARnD Lavado de Vehículos – Zona Captación

Cuerpo receptor del vertimiento	Fuente de agua: **X**	Río: **X**	Quebrada:	Arroyo:	Caño:	Datos de caudal (A fuente o a suelo)		
		Lago:_	Laguna:	Ciénaga:	Pantano:	Tipo de vertimiento	Doméstico___ No Doméstico__ **X**_	
		Canal:	Embalse:	Jagüey:__	Otra:_____ Cuál?	Tipo de flujo	Continuo__ Irregular Periódico__ Regular__ Intermitente_**X** Periódico__ Irregular	
		Nombre fuente Receptora:	**Río Cocorná**			Tiempo de descarga (horas/día): **24**	Frecuencia de la descarga (días/mes): **30**	
	Suelo:__	Campo de infiltración:	Zanja de infiltración: _	Pozo de absorción:	Otra: Cuál?			
Nombre Sistema de tratamiento:		**Desarenador + Trampa de grasas**			Caudal de diseño y/o autorizado a verter (L/s): **0,5**	Eficiencia teórica (%) DBO: **60**	Eficiencia teórica (%) SST: **80**	
Tipo de Tratamiento		Preliminar o Pretratamiento:	Primario: **X**		Secundario:	Terciario:	Otros: ¿Cuál?:	
Coordenadas sistema de tratamiento Magna sirgas					Coordenadas de la descarga Magna sirgas			
X: **874397,056**		Y: **1160117,315**	Z:		X: **874736,888**	Y: **1160086,551**	Z:	

Tipo de tratamiento	Unidades	Descripción de la Unidad o Componente					
Preliminar o Pretratamiento	**Trampa de grasas**	**Unidad con un volumen útil de 90L y un tiempo de retención hidráulica de 180s para la remoción de grasas y aceites.**					
Tratamiento Primario	**Desarenador /sedimentador**	**Unidad de 1,8 metros de largo que permitirá la sedimentación de partículas mayores a los 0,05 mm.**					
Tratamiento Secundario	-	-					
Tratamiento Terciario	-	-					
Manejo de Lodos	**Lechos de secado**	**Extracción de aproximadamente un 85% de humedad**					
Características del Vertimiento	Grasas y Aceites(mg/L): **10**	DBO5 (mg/L):__ **50**	Nitrógeno Total (mg/L): **<5,31**	Fosforo Total (mg/L): < **0,05**	pH: **7**	Caudal (L/s):__ **0,5**	
	Colíformes Fecales (NMP/100ml): **200**	SAAM mg/L): **10**	Temperatura ºC):__ **19**	Material Flotante: **Ausente**		SST(mg/L): **50**	
Eficiencia real del sistema (%)	DBO: -	SST: -	DQO: -	Grasas y aceites: -		ST: -	
Nombre fuente abastecimiento:	**Quebrada Sin Nombre N°2**					Caudal otorgado (L/s):	**0,5**

Características de la fuente receptora:	Aguas arriba del vertimiento	OD (mg/L): **6,84**	DBO5 (mg/L):**3,39**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**7,5**
		Grasas y Aceites (mg/L): **<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml): **200**	SAAM (mg/L): **0,067**	T °C: **19,2**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**11530**
	Aguas abajo del vertimiento*	OD (mg/L): **6,84**	DBO5 (mg/L):**3,39**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**7,5**
		Grasas y Aceites (mg/L): **<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml): **200**	SAAM (mg/L): **0,067**	T °C: **19,2**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**11530**

*Los valores de la fuente receptora aguas abajo del vertimiento son proyectados

Tabla 7-47. Sistema de tratamiento y descarga ARD – Zona Captación

Cuerpo receptor del vertimiento	Fuente de agua: **X**	Río: **X**	Quebrada:	Arroyo:	Caño:	Datos de caudal (A fuente o a suelo)		
		Lago:	Laguna:	Ciénaga:	Pantano:	Tipo de vertimiento	Doméstico **X** No Doméstico	
		Canal:	Embalse:	Jagüey:	Otra: ¿Cuál?	Tipo de flujo	Continuo Irregular Periódico Regular Intermitente **X** Periódico Irregular	
		Nombre fuente Receptora:	**Río Cocorná**			Tiempo de descarga (horas/día): **24**	Frecuencia de la descarga (días/mes): **30**	
	Suelo:	Campo de infiltración:	Zanja de infiltración:	Pozo de absorción:	Otra: Cuál?			
Nombre Sistema de tratamiento:		**Trampa de grasas + Tanque séptico + FAFA**			Caudal de diseño y/o autorizado a verter (L/s): **0,003**	Eficiencia teórica (%) DBO: **80 - 90**	Eficiencia teórica (%) SST: **80 - 90**	
Tipo de Tratamiento		Preliminar o Pretratamiento:	Primario:		Secundario: **X**	Terciario:	Otros: ¿Cuál?:	
Coordenadas sistema de tratamiento Magna sirgas					Coordenadas de la descarga Magna sirgas			
X: **874431,858**		Y: **1160116,285**	Z:		X: **874736,888**	Y: **1160086,551**	Z:	

Tipo de tratamiento	Unidades	Descripción de la Unidad o Componente				
Preliminar o Pretratamiento	**Trampa de grasas**	**Unidad con un volumen útil de 162L para la remoción de grasas y aceites.**				
Tratamiento Primario	**Tanque séptico**	**Unidad con un volumen útil de 1,59 m3.**				
Tratamiento Secundario	**FAFA**	**Unidad con un volumen útil de 0,53 m3 para la oxidación de materia orgánica**				
Tratamiento Terciario	-	-				
Manejo de Lodos	**Váctor**	**Extracción con váctor y disposición con gestor autorizado**				
Características del Vertimiento	Grasas y Aceites(mg/L): **20**	DBO5 (mg/L): **90**	Nitrógeno Total (mg/L): **<5.31**	Fosforo Total (mg/L): < **0,05**	pH: **7**	Caudal (L/s): **0,003**
	Colíformes Fecales (NMP/100ml): **200**	SAAM mg/L): **20**	Temperatura ºC): **19**	Material Flotante: **Ausente**		SST(mg/L): **90**
Eficiencia real del sistema (%)	DBO: -	SST: -	DQO: -	Grasas y aceites: -		ST: -

Nombre fuente abastecimiento:	**Quebrada Sin Nombre N°2**					Caudal otorgado (L/s):	**0,003**
Características de la fuente receptora:	Aguas arriba del vertimiento	OD (mg/L): **6,84**	DBO5 (mg/L):**3,39**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**7,5**
		Grasas y Aceites (mg/L): **<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml): **200**	SAAM (mg/L): **0,067**	T °C: **19,2**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**11530**
	Aguas abajo del vertimiento*	OD (mg/L): **6,84**	DBO5 (mg/L):**3,39**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**7,5**
		Grasas y Aceites (mg/L): **<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml): **200**	SAAM (mg/L): **0,067**	T °C: **19,2**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**11530**

*Los valores de la fuente receptora aguas abajo del vertimiento son proyectados

Tabla 7-48. Sistema de tratamiento y descarga ARnD Lavado de vehículos – Zona Casa de máquinas

Cuerpo receptor del vertimiento	Fuente de agua: **X**	Río: **X**	Quebrada:	Arroyo:	Caño:	Datos de caudal (A fuente o a suelo)		
		Lago:	Laguna:	Ciénaga:	Pantano:	Tipo de vertimiento	Doméstico___ No Doméstico__**X**_	
		Canal:	Embalse:	Jagüey:__	Otra:____ ¿Cuál?	Tipo de flujo	Continuo__ Irregular Periódico__ Regular__ Intermitente_**X** Periódico__ Irregular	
		Nombre fuente Receptora:	**Río Cocorná**			Tiempo de descarga (horas/día): **24**	Frecuencia de la descarga (días/mes): **30**	
	Suelo:__	Campo de infiltración:	Zanja de infiltración: _	Pozo de absorción:	Otra: Cuál?			
Nombre Sistema de tratamiento:		**Desarenador + Trampa de grasas + Filtro + Desinfección**			Caudal de diseño y/o autorizado a verter (L/s): **0,5**	Eficiencia teórica (%) DBO: **90**	Eficiencia teórica (%) SST: **95**	
Tipo de Tratamiento		Preliminar o Pretratamiento:	Primario:		Secundario:	Terciario: **X**	Otros: ¿Cual?:	
Coordenadas sistema de tratamiento Magna sirgas					Coordenadas de la descarga Magna sirgas			
X: **877768,259**		Y: **1160273,238**	Z:		X: **877768,278**	Y: **1160187,669**	Z:	

Tipo de tratamiento	Unidades	Descripción de la Unidad o Componente					
Preliminar o Pretratamiento	**Trampa de grasas**	**Unidad con un volumen útil de 90L y un tiempo de retención hidráulica de 180s para la remoción de grasas y aceites.**					
Tratamiento Primario	**Desarenador /sedimentador**	**Unidad de 1,8 metros de largo que permitirá la sedimentación de partículas mayores a los 0,05 mm.**					
Tratamiento Secundario	**Filtro carbón activado**	**Filtro de arena, grava y carbón activado para la remoción de partículas finas.**					
Tratamiento Terciario	**Desinfección**	**Inyección de cloro para la remoción de patógenos**					
Manejo de Lodos	**Lechos de secado**	**Extracción de aproximadamente un 85% de humedad**					
Características del Vertimiento	Grasas y Aceites(mg/L): **10**	DBO5 (mg/L):__**50**	Nitrógeno Total (mg/L): **<5,31**	Fosforo Total (mg/L): < **0,05**	pH: **7**	Caudal (L/s):__**0,5**	
	Colíformes Fecales (NMP/100ml): < **100**	SAAM mg/L): **10**	Temperatura ºC):__**19**	Material Flotante: **Ausente**		SST (mg/L): **50**	
Eficiencia real del sistema (%)	DBO: -	SST: -	DQO: -	Grasas y aceites: -		ST: -	
Nombre fuente abastecimiento:	**Quebrada Sin Nombre N°7**					Caudal otorgado (L/s):	**0,5**

Características de la fuente receptora:	Aguas arriba del vertimiento	OD (mg/L): **7,59**	DBO5 (mg/L): **2,0**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**11,7**
		Grasas y Aceites (mg/L):**<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml):**1000**	SAAM (mg/L):**0,131**	T °C: **19,3**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**12710**
	Aguas abajo del vertimiento*	OD (mg/L): **7,59**	DBO5 (mg/L): **2,0**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**11,7**
		Grasas y Aceites (mg/L):**<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml):**1000**	SAAM (mg/L):**0,131**	T °C: **19,3**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**12710**

*Los valores de la fuente receptora aguas abajo del vertimiento son proyectados

Tabla 7-49. Sistema de tratamiento y descarga ARD – Zona Casa de Máquinas

Cuerpo receptor del vertimiento	Fuente de agua: **X**	Río: **X**	Quebrada:	Arroyo:	Caño:	Datos de caudal (A fuente o a suelo)		
		Lago:_	Laguna:	Ciénaga:	Pantano:	Tipo de vertimiento	Doméstico__**X**_ No Doméstico___	
		Canal:	Embalse:	Jagüey:__	Otra:_____ ¿Cuál?	Tipo de flujo	Continuo__ Irregular Periódico__ Regular__ Intermitente **X** Periódico__ Irregular	
		Nombre fuente Receptora:	**Río Cocorná**			Tiempo de descarga (horas/día): **24**	Frecuencia de la descarga (días/mes): **30**	
	Suelo:__	Campo de infiltración:	Zanja de infiltración: _	Pozo de absorción:	Otra: Cuál?			
Nombre Sistema de tratamiento :		**Trampa de grasas + Tanque séptico + FAFA**			Caudal de diseño y/o autorizado a verter (L/s): **0,021**	Eficiencia teórica (%) DBO: **80 - 90**	Eficiencia teórica (%) SST: **80 - 90**	
Tipo de Tratamiento		Preliminar o Pretratamiento:	Primario:		Secundario: **X**	Terciario:	Otros: ¿Cual?:	
Coordenadas sistema de tratamiento Magna sirgas					Coordenadas de la descarga Magna sirgas			
X: **877750,310**		Y: **1160323,045**	Z:		X: **877768,278**	Y: **1160187,669**	Z:	

Tipo de tratamiento	Unidades	Descripción de la Unidad o Componente					
Preliminar o Pretratamiento	**Trampa de grasas**	**Unidad con un volumen útil de 162L para la remoción de grasas y aceites.**					
Tratamiento Primario	**Tanque séptico**	**Unidad con un volumen útil de 1,59 m3.**					
Tratamiento Secundario	**FAFA**	**Unidad con un volumen útil de 0,53 m3 para la oxidación de materia orgánica**					
Tratamiento Terciario	-	-					
Manejo de Lodos	**Váctor**	**Extracción con váctor y disposición con gestor autorizado**					
Características del Vertimiento	Grasas y Aceites(mg/L): **20**	DBO5 (mg/L): **90**	Nitrógeno Total (mg/L): **<5,31**	Fosforo Total (mg/L): < **0,05**	pH: **7**	Caudal (L/s): **0,021**	
	Colíformes Fecales (NMP/100ml): **1000**	SAAM mg/L): **20**	Temperatura ºC): **19**	Material Flotante: **Ausente**		SST(mg/L): **90**	
Eficiencia real del sistema (%)	DBO: -	SST: -	DQO: -	Grasas y aceites: -		ST: -	
Nombre fuente abastecimiento:	**Quebrada Sin Nombre N°7**					Caudal otorgado (L/s):	**0,021**

Características de la fuente receptora:	Aguas arriba del vertimiento	OD (mg/L): **7,59**	DBO5 (mg/L): **2,0**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**11,7**
		Grasas y Aceites (mg/L):**<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml):**1000**	SAAM (mg/L):**0,131**	T °C: **19,3**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**12710**
	Aguas abajo del vertimiento *	OD (mg/L): **7,59**	DBO5 (mg/L): **2,0**	N total (mg/L):**<5,31**	P total (mg/L):**<0,05**	pH: **6,6**	SST (mg/L):**11,7**
		Grasas y Aceites (mg/L):**<10**	Col..Fecales (NMP/100 ml):**1000**	SAAM (mg/L):**0,131**	T °C: **19,3**	Material Flotante: **Ausente**	Caudal (L/s):**12710**

*Los valores de la fuente receptora aguas abajo del vertimiento son proyectados

7.3.4 Plan de gestión del manejo del riesgo de vertimientos

Los detalles de este ítem se presentan en el Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos – PGRMV – Anexo 7.5.

7.3.5 Evaluación Ambiental del Vertimiento

A continuación, se lleva a cabo la evaluación ambiental del vertimiento a partir de lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.3.3.5.3., así como los términos de referencia dispuestos por CORNARE y el Decreto 050 de 2018.

7.3.5.1 Localización georreferenciada del proyecto, obra o actividad

A continuación, se presenta la georreferenciación del proyecto, así como los sistemas de tratamiento y puntos de descarga de agua residual doméstica y no doméstica sobre el río Cocorná (Figura 7-27).

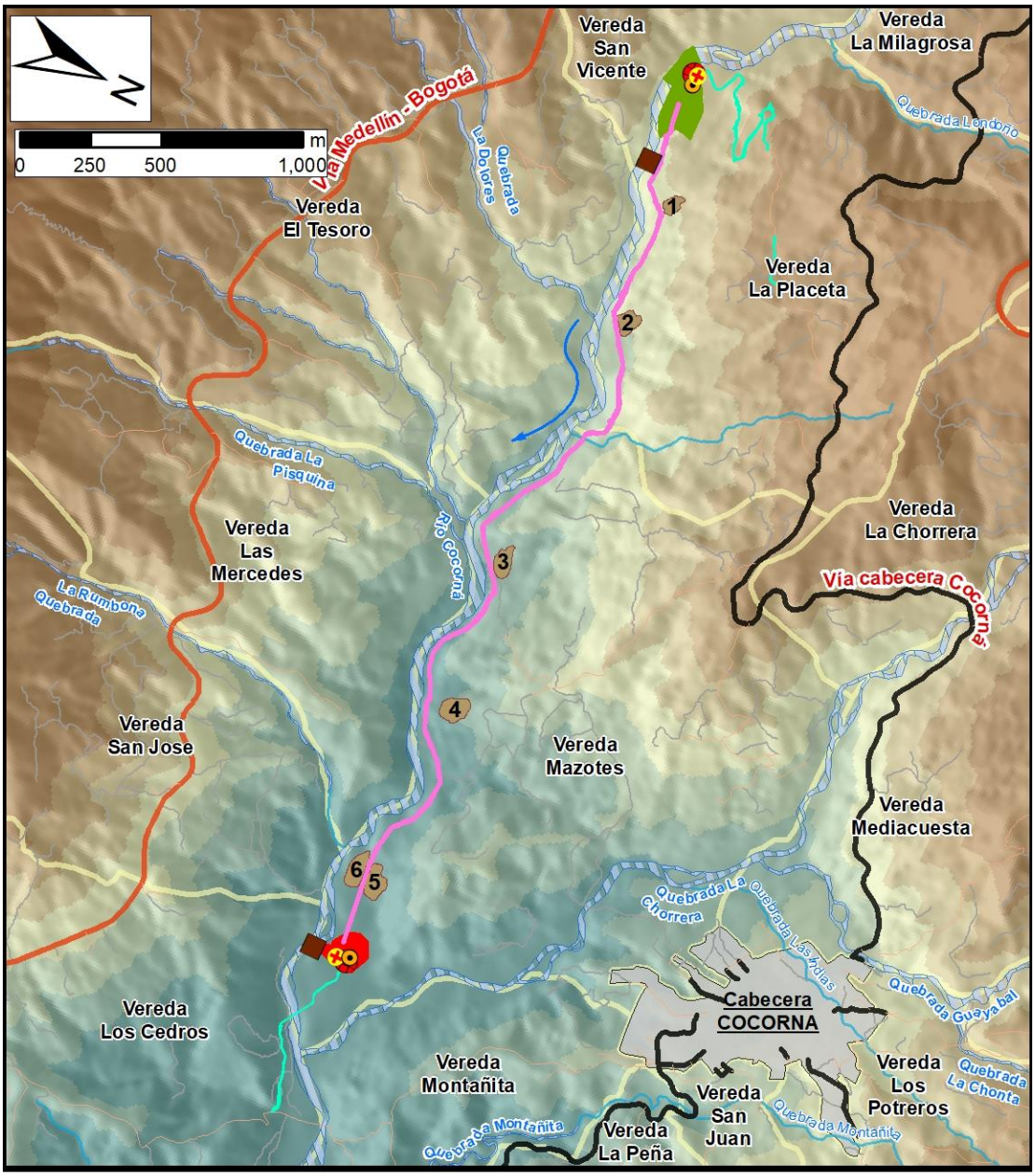


Figura 7-27. Localización georreferenciada del proyecto

7.3.5.2 Memoria detallada del proyecto, obra o actividad que se pretenda realizar, con especificaciones de procesos y tecnologías.

La descripción detallada de la operación y del sistema de tratamiento se presentó en el numeral 7.3.3.

7.3.5.3 Información sobre la naturaleza de los insumos, productos químicos, formas de energía empleados y los procesos químicos y físicos utilizados en el desarrollo del proyecto, obra o actividad que genera vertimientos.

Tanto para el lavado de las baterías sanitarias y cocinetas, así como para el lavado de vehículos y maquinaria, podrían emplearse productos químicos como jabones y detergentes. En la Tabla 7-50 se presenta información sobre la naturaleza de dichos productos:

Tabla 7-50. Productos químicos empleados en la generación de aguas residuales.

Producto **Detergente industrial biodegradable (Sulfonato de sodio)**	**Producto** **Limpiador y desinfectante**
Aplicaciones Dado su carácter anión activo y su gran poder desengrasante, se puede utilizar como detergente industrial para limpieza de equipos, maquinaria, pisos e instalaciones en general en soluciones acuosas de 5kg / 100 L.	Aplicaciones Limpiador líquido espumante desinfectante con fragancia, con pH nivelado, diseñado especialmente para la limpieza de pisos, baños, mesones o cualquier superficie en el hogar y en la industria en general.
Propiedades fisicoquímicas Aspecto: Líquido traslucido pardo. Carácter: Anión activo. pH: 6,0 a 8,5. Solubilidad: Disuelve fácilmente en agua a cualquier temperatura. Reacción: Neutra Compatibilidad: Como producto anión activo es compatible con el jabón y otras sustancias anión activas y no iónicas. Propiedades tensoactivas: Tiene un gran poder desengrasante y no es corrosivo.	Propiedades fisicoquímicas Apariencia a 20°C: Líquido Transparente. Gravedad Especifica g/cc: 1.0 Valor de pH: Neutro (6-7) Composición: Tensoactivos no iónicos, desinfectante de amonio cuaternario, Secuestrantes, Preservante, Fragancia y Agua.

Fuente: Ficha técnica – Detergentes del Valle (DEVA)

7.3.5.4 Predicción y valoración de los impactos que puedan derivarse de los vertimientos generados por el proyecto, obra o actividad sobre el cuerpo de agua y sus usos

En el Capítulo 8 (Evaluación Ambiental) del presente Estudio de Impacto Ambiental, se realiza la descripción y valoración de los impactos que se generarían debido al vertimiento de aguas residuales sobre el río Cocorná (ver Capítulo 8, Ficha correspondiente al impacto: "Cambio de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua").

Los resultados más relevantes indican que en la etapa de operación se presentaría un impacto de naturaleza negativa con importancia ambiental moderada con respecto a la afectación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua. En este sentido, se tendría un impacto de intensidad media, representada principalmente por una disminución en la capacidad de dilución de contaminantes en el tramo de caudal de reducido, y por la descarga de aguas residuales domésticas por parte del personal encargado de la operación del proyecto. Dicho impacto se manifestaría inmediatamente y de manera continua tras el inicio de las actividades operativas, y se extendería durante toda la vida útil del proyecto. Por su parte, tanto en fase de construcción como de desmantelamiento y abandono, también se tendrá un impacto con importancia ambiental moderada, aunque con una valoración menor, dado que los caudales de vertimientos de aguas residuales serían significativamente inferiores al caudal base de la fuente receptora. La afectación sería temporal, el impacto sería reversible y además existe la posibilidad de implementar medidas para lograr una recuperación del recurso.

Así mismo, tal y como se establece en el Decreto 1076 de 2015, a continuación, se realiza la predicción y valoración de los impactos en función de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor.

Durante la fase de construcción se tendrá el vertimiento de ARnD con un caudal de 0,5 L/s en cada una de las zonas de lavado de vehículos, y en etapa de operación se tendrá el vertimiento de ARD con caudales de 0,003 y 0,021 L/s, en zona de captación y casa de máquinas; respectivamente. Teniendo en cuenta que el vertimiento se realizará sobre el río Cocorná, cuyo caudal medio es de 11,53 m^3/s (en el punto seleccionado para la captación del proyecto), se tiene que el factor de dilución en la corriente representa un peso significativo con respecto a los procesos químicos y biológicos, tal y como se expone a continuación.

En un sistema hídrico de régimen permanente, la ecuación general de balance de masa para un contaminante de concentración "C", está dada por:

$$V * \frac{dC}{dt} = (Q_v * C_v) - (Q_c * C_c) - (k * V * C_c) - (v * A_s * C_c)$$

$$Acumulación = Carga - salida - reacción - sedimentación$$

Donde:

V= Volumen del sistema

A_s =Área transversal

C_c = Concentración de contaminante en la fuente hídrica

C_v = Concentración del vertimiento

Q_v = Caudal de vertimiento

Q_c = Caudal fuente hídrica

k = constante cinética de decaimiento del contaminante

v = Tasa de sedimentación del contaminante

Si se considera una condición de estado estable en el sistema, se tiene que:

$$\frac{dC}{dt} = 0 \quad ; \quad V = (Q_v * C_v) - (Q_c * C_c) - (k * V * C_c) - (v * A_s * C_c)$$

$$C_c = \frac{Q_v}{Q_c + k * V + v * A_s} * C_v$$

$$C_c = \beta * C_v$$

Donde:

$$\beta = \frac{Q_v}{Q_c + k * V + v * A_s}$$

Física | Química | Biológica

"β" representa una función de transferencia que indica la capacidad de asimilación del sistema. Así, cuando β <<1 indica que el sistema tiene alta capacidad de asimilación, mientras que cuando β → 1 se tiene que los mecanismos de eliminación son pequeños en relación a los aportes.

Por otra parte; los factores "Q_c", "kV" y "vA_s" representen los componentes de asimilación física, química y biológica, respectivamente.

De esta forma, para el caso de los vertimientos en cuestión (Q_v = 0,5; 0,021 y 0,003 L/s) se tiene que la capacidad de asimilación del sistema es alta (Q_c= 11,53 m^3/s), con factores de dilución o relación de caudales Q_v/Q_c iguales a $4{,}3*10^{-5}$; $1{,}8*10^{-6}$ y

2,6 *10^{-7}, respectivamente; lo que indica un caudal de vertimiento entre 5 y 7 órdenes de magnitud inferior con respecto al caudal de la fuente receptora. Resultados similares se obtienen al considerar el caudal ambiental más bajo (2,2 m^3/s para el mes de agosto), donde los caudales de descarga serían entre 4 y 6 órdenes de magnitud inferiores con relación al del río Cocorná.

En este sentido, se tiene que para este caso en particular el componente físico de asimilación presenta un peso significativo con respecto a los procesos químicos y biológicos, por lo que la modelación de la predicción y valoración de los impactos que puedan derivarse por el vertimiento de aguas residuales generadas por la construcción y operación del proyecto, se realizará por medio de un balance de masas que solo considere el componente físico de dilución.

7.3.5.5 Balance de masas – Estructura conceptual

Dado un tramo de cauce en el que se produce la descarga de vertimientos, puede plantearse un balance de masas con la hipótesis de mezcla completa, cumpliendo para cada parámetro contaminante con la siguiente igualdad:

$$Me + \sum mv = Ms$$

donde:

Me = masa que entra en el tramo del cauce.

mv = masa que se incorpora de cada vertimiento al tramo del cauce.

Ms = masa que sale del tramo del cauce.

La masa por unidad de tiempo o flujo másico, se denomina carga, y la carga contaminante transportada por un cauce, se define como el producto de la concentración por el caudal circulante.

$$K(carga) = Q\ (caudal) * C\ (concentración)$$

En consecuencia, el balance de cargas viene dado por la expresión:

$$Ke + \sum Kv = Ks$$

Donde:

Ke = Carga a la entrada del tramo.

Kv = Carga de cada vertido efectuado en el tramo.

Ks = Carga a la salida del tramo.

$$Qe * Ce + \sum(qv * Cv) = Qs * Cs$$

Qe = Caudal a la entrada del tramo del cauce.

Ce = Concentración a la entrada del tramo del cauce.

qv = Caudal por vertimiento efectuado al tramo del cauce.

Cv = Concentración por vertimiento efectuado al tramo del cauce.

Qs = Caudal a la salida del tramo del cauce.

Cs = Concentración a la salida del tramo del cauce.

Se tiene entonces que:

$$Cs = \frac{Qe * Ce + \sum(qv * Cv)}{Qs}$$

En la Figura 7-28 se presenta de manera esquemática el modelo de balance de masas.

$$Ke + \sum kv = Ks \qquad Qe \cdot Ce + \sum(qv \cdot cv) = Qs \cdot Cs$$

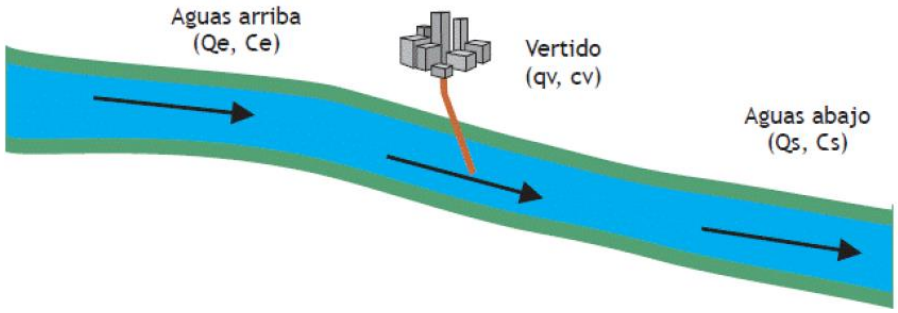


Figura 7-28. Esquema balance de masas

Este modelo parte del supuesto de que la mezcla es completa y que la dilución es el único factor que afecta la concentración en el cauce (se desprecian los fenómenos de precipitación, sedimentación, volatilización, adsorción, etc.).

7.3.5.6 Evaluación ambiental de los vertimientos

En la Tabla 7-51, Tabla 7-52, Tabla 7-53 y Tabla 7-54 se presentan los resultados de la asimilación del río Cocorná frente a los vertimientos de ARnD que se realizarán en las zonas de casa de máquinas y captación durante la etapa de construcción, así como aquellos domésticos que se llevarían a cabo en estas mimas zonas en fase de operación; aplicando la metodología de balance de masas para las variables Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO),

Sólidos Suspendidos Totales (SST), Oxígeno disuelto (OD), Grasas y Aceites (G Y A), Coliformes Fecales (CF) y Coliformes Totales (CT).

El análisis se llevó a cabo considerando los siguientes cinco (5) escenarios:

Etapa de construcción – vertimiento ARnD en zona de captación y de casa de máquinas

Escenario 1: Corresponde a las condiciones del recurso hídrico sin proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización del recurso.

Escenario 2: Se consideró una carga máxima en el vertimiento tratado a partir de los valores máximos permisibles en la Resolución 631 de 2015 (Tabla 7-13), y un caudal característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor, que para este caso corresponde al ambiental.

Escenario 3: En este escenario se consideró una carga promedio en el vertimiento tratado, y un caudal característico de condiciones medias sobre el cuerpo de agua receptor.

Escenario 4: Este escenario corresponde a una carga máxima en el vertimiento tratado y un caudal máximo sobre el cuerpo de agua receptor (tiempo de retorno = 2.33).

Escenario 5: Se consideró una carga máxima en el vertimiento antes del tratamiento (Tabla 7-12), y un caudal característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor, correspondiente al ambiental.

Etapa de operación – vertimiento ARD en zona de captación

Durante la operación del proyecto sólo se tendrán caudales ambientales máximos, mínimos y medios en el tramo de caudal reducido.

Escenario 1: Corresponde a las condiciones del recurso hídrico sin proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización del recurso.

Escenario 2: Se consideró una carga máxima en el vertimiento tratado a partir de los valores máximos permisibles en la Resolución 631 de 2015 (Tabla 7-11), y un caudal característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor, que para este caso corresponde caudal ambiental mensual mínimo.

Escenario 3: En este escenario se consideró una carga promedio en el vertimiento tratado, y un caudal característico de condiciones medias sobre el cuerpo de agua receptor, que para este caso corresponde al caudal ambiental mensual medio.

Escenario 4: Este escenario corresponde a una carga máxima en el vertimiento tratado y un caudal máximo sobre el cuerpo de agua receptor, que para este caso corresponde al caudal ambiental mensual máximo.

Escenario 5: Se consideró una carga máxima en el vertimiento antes del tratamiento (Tabla 7-10), y un caudal característico de condiciones mínimas sobre el cuerpo de agua receptor, que para este caso corresponde caudal ambiental mensual mínimo.

Etapa de operación – vertimiento ARD en zona de casa de máquinas

Debido a que el vertimiento en zona de casa de máquinas se llevaría a cabo aguas abajo de la descarga de caudal turbinado, una vez el río ha recobrado la totalidad de su caudal, se tuvieron en cuenta los mismos escenarios propuesto en la etapa de construcción, pero considerando las caracterizaciones de agua residual doméstica (Tabla 7-10 y Tabla 7-11).

Tabla 7-51. Resultados balance de masas - ARD Operación - Casa de máquinas

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARD Operación		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
DBO_5	1	12,71	5,14	-	-	12,71	5,14
	2	4,33	5,14	0,021	90	4,33	5,14
	3	12,71	5,14	0,021	90	12,71	5,14
	4	307,10	2,00	0,021	90	307,10	2,00
	5	4,33	5,14	0,021	400	4,33	5,14
DQO	1	12,71	14,70	-	-	12,71	14,70
	2	4,33	14,70	0,021	180	4,33	14,70
	3	12,71	14,70	0,021	180	12,71	14,70
	4	307,10	11,90	0,021	180	307,10	11,90
	5	4,33	14,70	0,021	1000	4,33	14,70
SST	1	12,71	2,60	-	-	12,71	2,60
	2	4,33	2,60	0,021	90	4,33	2,60
	3	12,71	2,60	0,021	90	12,71	2,60
	4	307,10	11,70	0,021	90	307,10	11,70
	5	4,33	2,60	0,021	350	4,33	2,60
OD	1	12,71	7,63	-	-	12,71	7,63
	2	4,33	7,63	0,021	5	4,33	7,63

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARD Operación		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
	3	12,71	7,63	0,021	5	12,71	7,63
	4	307,10	7,59	0,021	5	307,10	7,59
	5	4,33	7,63	0,021	3	4,33	7,63
G Y A	1	12,71	1,96	-	-	12,71	1,96
	2	4,33	1,96	0,021	20	4,33	1,96
	3	12,71	1,96	0,021	20	12,71	1,96
	4	307,10	1,96	0,021	20	307,10	1,96
	5	4,33	1,96	0,021	150	4,33	1,96
CT*	1	12,71	129970	-	-	12,71	129970
	2	4,33	129970	0,021	900000	4,33	129974
	3	12,71	129970	0,021	900000	12,71	129971
	4	307,10	81000	0,021	900000	307,10	81000
	5	4,33	129970	0,021	900000	4,33	129974
CF*	1	12,71	15531	-	-	12,71	15531
	2	4,33	15531	0,021	80000	4,33	15531
	3	12,71	15531	0,021	80000	12,71	15531
	4	307,10	1000	0,021	80000	307,10	1000
	5	4,33	15531	0,021	80000	4,33	15531

*Unidades de NMP/100ml

Tabla 7-52. Resultados balance de masas - ARnD Construcción – Casa de Máquinas

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARnD Construcción		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
DBO_5	1	12,71	5,14	-	-	12,71	5,14
	2	4,33	5,14	0,5	50	4,33	5,15
	3	12,71	5,14	0,5	50	12,71	5,14
	4	307,10	2,00	0,5	50	307,10	2,00
	5	4,33	5,14	0,5	441	4,33	5,19
DQO	1	12,71	14,70	-	-	12,71	14,70
	2	4,33	14,70	0,5	150	4,33	14,72
	3	12,71	14,70	0,5	150	12,71	14,71
	4	307,10	11,90	0,5	150	307,10	11,90
	5	4,33	14,70	0,5	1086	4,33	14,82
SST	1	12,71	2,60	-	-	12,71	2,60
	2	4,33	2,60	0,5	50	4,33	2,61
	3	12,71	2,60	0,5	50	12,71	2,60
	4	307,10	11,70	0,5	50	307,10	11,70
	5	4,33	2,60	0,5	2584	4,33	2,90
OD	1	12,71	7,63	-	-	12,71	7,63
	2	4,33	7,63	0,5	5	4,33	7,63
	3	12,71	7,63	0,5	5	12,71	7,63
	4	307,10	7,59	0,5	5	307,10	7,59
	5	4,33	7,63	0,5	5	4,33	7,63
G Y A	1	12,71	1,96	-	-	12,71	1,96
	2	4,33	1,96	0,5	10	4,33	1,96
	3	12,71	1,96	0,5	10	12,71	1,96
	4	307,10	1,96	0,5	10	307,10	1,96
	5	4,33	1,96	0,5	156,15	4,33	1,98

Tabla 7-53. Resultados balance de masas - ARnD Construcción – Zona Captación

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARnD Construcción		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
DBO_5	1	11,53	32,10	-	-	11,53	32,10
	2	2,20	32,10	0,5	50	2,20	32,10
	3	11,53	32,10	0,5	50	11,53	32,10
	4	289,40	3,39	0,5	50	289,40	3,39
	5	2,20	32,10	0,5	116	2,20	32,12
DQO	1	11,53	58,77	-	-	11,53	58,77
	2	2,20	58,77	0,5	150	2,20	58,79
	3	11,53	58,77	0,5	150	11,53	58,77
	4	289,40	19,80	0,5	150	289,40	19,80
	5	2,20	58,77	0,5	223	2,20	58,81
SST	1	11,53	23,60	-	-	11,53	23,60
	2	2,20	23,60	0,5	50	2,20	23,61
	3	11,53	23,60	0,5	50	11,53	23,60
	4	289,40	7,50	0,5	50	289,40	7,50
	5	2,20	23,60	0,5	253	2,20	23,65
OD	1	11,53	7,91	-	-	11,53	7,91
	2	2,20	7,91	0,5	5	2,20	7,91
	3	11,53	7,91	0,5	5	11,53	7,91
	4	289,40	6,84	0,5	5	289,40	6,84
	5	2,20	7,91	0,5	5	2,20	7,91
G Y A	1	11,53	2,30	-	-	11,53	2,30
	2	2,20	2,30	0,5	10	2,20	2,30
	3	11,53	2,30	0,5	10	11,53	2,30
	4	289,40	10	0,5	10	289,40	10
	5	2,20	2,30	0,5	10,30	2,20	2,30

Tabla 7-54. Resultados balance de masas - ARD Operación – Zona Captación

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARD Operación		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
DBO_5	1	11,53	32,10	-	-	11,53	32,10
	2	2,20	32,10	0,003	90	2,20	32,10
	3	3,30	32,10	0,003	90	3,30	32,10
	4	4,50	32,10	0,003	90	4,50	32,10
	5	2,20	32,10	0,003	400	2,20	32,10
DQO	1	11,53	58,77	-	-	11,53	58,77
	2	2,20	58,77	0,003	180	2,20	58,77
	3	3,30	58,77	0,003	180	3,30	58,77
	4	4,50	58,77	0,003	180	4,50	58,77
	5	2,20	58,77	0,003	1000	2,20	58,77
SST	1	11,53	23,60	-	-	11,53	23,60
	2	2,20	23,60	0,003	90	2,20	23,60
	3	3,30	23,60	0,003	90	3,30	23,60
	4	4,50	23,60	0,003	90	4,50	23,60
	5	2,20	23,60	0,003	350	2,20	23,60
OD	1	11,53	7,91	-	-	11,53	7,91
	2	2,20	7,91	0,003	5	2,20	7,91
	3	3,30	7,91	0,003	5	3,30	7,91
	4	4,50	7,91	0,003	5	4,50	7,91
	5	2,20	7,91	0,003	3	2,20	7,91
G Y A	1	11,53	2,30	-	-	11,53	2,30
	2	2,20	2,30	0,003	20	2,20	2,30
	3	3,30	2,30	0,003	20	3,30	2,30
	4	4,50	2,30	0,003	20	4,50	2,30
	5	2,20	2,30	0,003	150	2,20	2,30
CT*	1	11,53	4844	-	-	11,53	4844
	2	2,20	4844	0,003	900000	2,20	4845
	3	3,30	4844	0,003	900000	3,30	4845

Variable	Escenario	Fuente receptora (aguas arriba)		Vertimiento ARD Operación		Fuente receptora (aguas abajo)	
		Caudal m^3/s	Concent. mg/L	Caudal L/s	Concent. mg/L	Caudal m^3/s	Concent. mg/L
	4	4,50	4844	0,003	900000	4,50	4845
	5	2,20	4844	0,003	900000	2,20	4845
CF*	1	11,53	243	-	-	11,53	243
	2	2,20	243	0,003	80000	2,20	243
	3	3,30	243	0,003	80000	3,30	243
	4	4,50	243	0,003	80000	4,50	243
	5	2,20	243	0,003	80000	2,20	243

*Unidades de NMP/100ml

A partir de los resultados presentados en la Tabla 7-51, Tabla 7-52, Tabla 7-53 y Tabla 7-54 se valida la hipótesis expuesta con respecto a que el componente físico de asimilación presenta un peso significativo con respecto a los procesos químicos y biológicos en la fuente hídrica. En este sentido se observa que, para las diferentes condiciones analizadas tanto de los vertimientos como de la fuente hídrica, las características fisicoquímicas y microbiológicas del cuerpo de agua receptor se ven prácticamente inalteradas por el vertimiento de aguas residuales, gracias al alto factor de dilución. Las memorias de cálculo con las simulaciones se pueden revisar dentro el ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en el archivo denominado "Balance_masas.xlsx".

7.3.5.7 Descripción y valoración de los proyectos, obras y actividades para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el cuerpo de agua

Las medidas estructurales y no estructurales planteadas se encuentran en el PGRMV, así como en el programa de manejo de la calidad del agua y el programa de monitoreo y seguimiento de la calidad del agua (Capítulo 10.Planes y Programas).

7.3.5.8 Incidencia del proyecto, obra o actividad en la calidad de vida o en las condiciones económicas, sociales y culturales de los habitantes de la región en donde este pretende desarrollarse

A partir de la evaluación ambiental del vertimiento se tiene que las descargas planteadas no cambiarían significativamente las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del río Cocorná. Así mismo, en la zona de estudio actualmente se realizan vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas con caudales y orígenes semejantes a los planteados por el proyecto. Por tal motivo, no se espera ninguna incidencia sobre las condiciones económicas del sector y no se prevé ningún efecto negativo de orden sociocultural debido a las descargas en mención.

7.3.5.9 Cálculo de la longitud de zona de mezcla para los vertimientos

A partir de lo expuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales, la estimación de la longitud de la zona de mezcla puede realizarse mediante la aplicación de ecuaciones empíricas, y se debe llevar a cabo considerando condiciones correspondientes a caudales bajos en el cuerpo de agua receptor.

De este modo, para el cálculo de la extensión de la zona de mezcla se empleó la ecuación empírica desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA), que puede ser adoptada para descargas superficiales en la orilla o en el centro de un cuerpo de agua lotico. Las respectivas ecuaciones se presentan en la Tabla 7-55.

Tabla 7-55. Metodología longitud de mezcla de vertimientos

VERTIMIENTO DESDE LA ORILLA	VERTIMIENTO DESDE EL CENTRO
$L_{ZdM} = \frac{(W_{min})^2 * u}{2\pi D_y}$	$L_{ZdM} = \frac{(W_{min})^2 * u}{8\pi D_y}$
L_{ZdM}: longitud de la zona de mezcla (m)	
W_{min}: ancho medio del cuerpo de agua en un tramo aproximado de 500 m aguas abajo del vertimiento (m)	
u : velocidad de flujo media del río en el tramo aguas abajo del vertimiento (m/s)	
D_y: coeficiente dispersión lateral aguas abajo del vertimiento (m^2/s): $$\mathrm{D_y = c * d * u'}$$ Donde: c, es el factor de irregularidad del cauce:	

Tipo de cauce	C
Ríos rectos con cauce rectangular.	0,1
Ríos canalizados.	0,3
Cauces naturales con serpentear moderado (moderadamente meándricos).	0,6
Cauces naturales con serpentear significante (significativamente meándricos).	1
Para ríos con cambios de dirección bruscos de 90° o mayores.	>1

d: profundidad media del río aguas abajo del vertimiento (m)
u': velocidad de corte (m/s)

$$u' = \sqrt{g * d * s}$$

g: aceleración de la gravedad (9,80 m/s^2)
s: pendiente del cauce aguas abajo del vertimiento (m/m)

Como se expuso en la Tabla 7-9, el proyecto tendrá dos puntos de vertimiento, uno ubicado en zona de captación y el otro localizado en zona de casa de máquinas, tanto en fase de construcción como de operación. Las variables velocidad media, ancho medio, profundidad media y pendiente fueron obtenidas a partir del modelo hidráulico que se tiene para el río Cocorná, para un tramo entre 400 y 500 metros aguas abajo de los vertimientos. Se consideraron, como lo indica el protocolo, condiciones correspondientes a caudales bajos en el cuerpo de agua receptor.

En este sentido, para etapa de construcción se tuvo en cuenta un caudal bajo de 3,5 m^3/s para el río Cocorná, correspondiente al valor de Q95% para el mes de agosto en condición hidrológica de año medio. Por su parte, para la etapa de operación en zona de captación, dado que el vertimiento se descarga dentro del tramo de caudal reducido, se contempló un caudal ambiental bajo de 2,3 m^3/s, mientras que en zona de casa de máquinas el vertimiento recibe además la influencia de la descarga de caudal turbinado (que en condiciones mínimas de operación es de 1,06 m^3/s), para un caudal total en el cuerpo de agua receptor de 3,36 m^3/s.

Los datos hidráulicos empleados para los cálculos, así como los resultados obtenidos de la longitud de mezcla se exponen en el Tabla 7-56. Por su parte, las respectivas memorias de cálculo pueden revisarse dentro el ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, en el archivo denominado “Longitud_Mezcla.xlsx”.

Tabla 7-56. Cálculo de la longitud de zona de mezcla

Variable	Zona de captación		Zona de casa de máquinas	
	Construcción	Operación	Construcción	Operación
Q: Caudal (m^3/s)	3,5	2,3	3,5	3,36
U: Velocidad media del cuerpo de agua (m/s)	1,91	1,66	1,20	1,12
H: Profundidad promedio (m)	0,27	0,22	0,29	0,28
S: Pendiente promedio del cauce (m/m)	0,08	0,08	0,04	0,04

Variable	Zona de captación		Zona de casa de máquinas	
	Construcción	Operación	Construcción	Operación
A: ancho promedio (m)	13,25	12,18	18,43	18,66
U corte: Velocidad de corte (m/s)	0,457	0,417	0,324	0,322
C	0,6	0,6	0,6	0,6
Dy: Dispersión Lateral (m2/s)	0,073	0,055	0,056	0,055
Longitud mezcla vertimiento desde la orilla del río (m).	730,85	707,54	1157,48	1131,56
Longitud mezcla vertimiento desde el centro del río (m).	**182,71**	**176,89**	**289,37**	**282,89**

A partir de los resultados obtenidos se aprecia que la mezcla transversal de los vertimientos se favorece a partir de descargas en el centro del cauce, por lo cual, si bien para el tramo de estudio no es posible la construcción de una estructura que vierta directamente en el centro del cauce, el diseño de la estructura de descarga se planteó con un ángulo de entrega tal que los vertimientos se direccionan hacia el centro del cauce, por lo que para la etapa de construcción las longitudes de mezcla corresponderían a 182,71m en zona captación y 289,37m en zona de casa de máquinas; mientras que en etapa de operación se tendrían longitudes de 176,89m y 282,89m en zona de captación y de casa de máquinas, respectivamente.

Vale la pena resaltar que las condiciones de turbulencia en el río Cocorná favorecen la dispersión de los contaminantes; así mismo, la descarga del caudal turbinado favorecería significativamente la dispersión del vertimiento ubicado en zona de casa máquinas en etapa de operación.

7.3.5.10 Estructura de descarga de los vertimientos

Los vertimientos de agua residual se realizarán sobre el río Cocorná en los puntos y caudales establecidos en la Tabla 7-9, procurando una adecuada incorporación hidráulica de las descargas al cuerpo de agua receptor, que además minimice la longitud de mezcla de los vertimientos.

Para ello, se propone implementar un canal liso, para la descarga de las aguas residuales tratadas en la zona de captación y de casa de máquinas del proyecto. Con el fin de garantizar mayor resistencia y durabilidad, se dispuso que el material del canal a implementar sea en concreto reforzado (hormigón), con una rugosidad de Manning de 0,014.

Para el diseño de las estructuras se empleó el mayor caudal a descargar en cada punto de vertimiento, el cual corresponde a la descarga de ARnD en etapa de construcción (0,5 L/s), garantizando de esta forma la capacidad hidráulica de la estructura que también será empleada en etapa de operación para caudales inferiores de ARD. Con dicho caudal se realizó el respectivo modelo hidráulico con el método del paso directo para flujo gradualmente variado descrito en el manual de INVIAS.

En el flujo gradualmente variado, la tasa de variación de la profundidad del flujo con la distancia es pequeña, por lo que la curvatura de las líneas de corriente es despreciable y la distribución de presión es hidrostática.

Asumiendo una pequeña pendiente en el canal, un canal prismático sin flujo lateral con presión hidrostática y un cálculo de pérdidas de energía con la expresión de flujo uniforme, las ecuaciones que gobiernan el flujo gradualmente variado se presentan en la Tabla 7-57.

Tabla 7-57. Ecuaciones para flujo gradualmente variado

Ecuación de continuidad	Ecuación de energía
Q = V*A	$dH/dx = -S_f$ $H = Z + Y + \alpha \frac{v^2}{2g}$

Donde:

Q: Caudal transportado, en metros cúbicos por segundo (m^3/s)

V: Velocidad media del flujo, en metros por segundo (m/s)

A: Área, en metros cuadrados (m^2)

H: Elevación de la línea de energía sobre el datum, en metros (m).

x: Distancia positiva hacia aguas abajo, en metros (m).

Sf: Pendiente de la línea de energía o de fricción, en metros por metro (m/m).

Z: Elevación del fondo del canal con respecto al datum, en metros (m).

Y: Profundidad del flujo, en metros (m).

α: Coeficiente de Coriolis.

g: Aceleración de la gravedad, en metros sobre segundo al cuadrado (m/s^2).

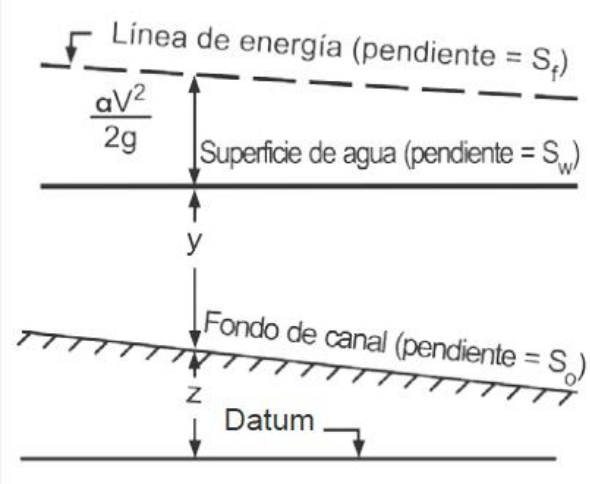


Figura 7-29. Esquema de definición de variables

Ecuación de flujo gradualmente variado

Con las ecuaciones de continuidad y de energía expuestas anteriormente, y bajo las simplificaciones asumidas, se obtiene la siguiente expresión para el flujo gradualmente variado:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{So - sf}{1 - F2}$$

Donde:

y: Profundidad del flujo.

So: Pendiente del fondo del canal, en metros por metro (m/m).

Sf: Pendiente de la línea de energía o de fricción, en metros por metro (m/m).

F: Número de Froude.

Tal y como se presenta en la Tabla 7-57, la ecuación de flujo gradualmente variado es una ecuación diferencial no lineal de primer orden, y para su resolución se requiere de condiciones iniciales y de frontera, denominándose, en el caso de canales, secciones de control a las condiciones de frontera. A continuación, se describe el método de integración utilizado.

7.3.5.10.1 Método del paso directo

Este método consiste en dividir el canal en pequeños tramos y determinar, tramo por tramo, el cambio en la longitud del tramo para un cambio dado en la profundidad. No aplica en cauces naturales, donde se dispone de secciones transversales a distancias determinadas, pero sí aplica muy bien en canales prismáticos sin pérdidas localizadas, en los cuales se dispone de secciones transversales en cualquier punto del canal. En la Figura 7-30 se esquematiza un tramo de canal para la deducción del método de paso, y en la Tabla 7-58 se presentan las ecuaciones empleadas por el método.

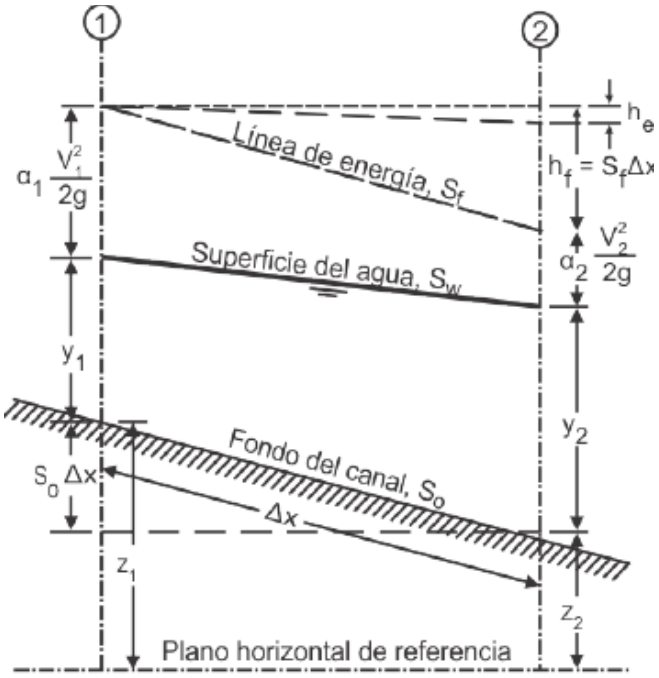


Figura 7-30. Tramo de canal para deducción del método de paso.

Tabla 7-58. Ecuaciones método del paso directo.

Longitud del tramo	Energía específica (E)
$\Delta X = X_2 - X_1 = \frac{E_2 - E_1}{S_o - S_{fm}}$	$E = y + \alpha \frac{v^2}{2g}$
Donde: Los Subíndices 1 y 2 se refieren a las secciones 1 y 2 de la Figura 7-30 ΔX: Longitud del tramo, en metros (m).	Y: Profundidad del flujo, en metros (m). α: Coeficiente de Coriolis. g: Aceleración de la gravedad, en metros sobre segundo al cuadrado (m/s^2).

E: Energía específica, en metros (m) So: Pendiente del canal, en metros por metro (m/m). Sfm: Pendiente promedio de la línea de energía, en metros por metro (m/m). Está pendiente promedio puede ser definida de muchas maneras (promedio aritmético, geométrico, media armónica)	V: Velocidad media del flujo, en metros por segundo (m/s).
Pendiente de la línea de energía en una sección	Pendiente de la línea de energía en un tramo (Sfm)
La pendiente de la línea de energía en una sección puede calcularse según Manning: $\mathrm{Sf} = \left[\frac{\mathrm{n} * \mathrm{Q}}{A * R^{2/3}}\right]^2$	$S_{fm} = \frac{Sf_1 + Sf_2}{2}$
Donde: n: Coeficiente de rugosidad Manning. R: Radio hidráulico, en metros (m) A: Área de la sección del canal, en metros cuadrados (m^2) Q: Caudal, en metros cúbicos por segundo (m^3/s)	Donde: Sfm: Pendiente promedio de la línea de energía, en metros por metro (m/m).

7.3.5.10.1.1 Procedimiento de cálculo

Paso1: Conocidos Q (Caudal), b (ancho), y Y (altura flujo) en la sección de control, se calcula la velocidad v, la cabeza de velocidad y la energía específica.

- Paso 2: Se calcula la pendiente de la línea de energía (Sf).

Paso 3: Se asume una profundidad para la sección siguiente según el perfil de flujo que se presenta; se obtienen los valores de E y S_f para la sección con esta profundidad.

- Paso 4: Se calcula $\Delta E = E_2 - E_1$ entre estas dos secciones, Sfm y ΔX. Así se conoce la localización de la sección a lo largo del canal.

Paso 5: Se vuelve al Paso 3.

Paso 6: El cálculo se prosigue hasta lo primero que ocurra entre agotar o alcanzar la profundidad que delimita el perfil.

7.3.5.10.2 Datos de entrada para el cálculo del canal liso a implementar

Como ya se indicó anteriormente, el dimensionamiento del canal para la descarga de las aguas residuales tratadas se realizó empleando el mayor caudal a descargar en cada punto de vertimiento. La Tabla 7-59 y Figura 7-31 se presentan las dimensiones del canal a implementar en zona de captación y en zona de casa de máquinas.

Tabla 7-59. Dimensiones del canal liso a implementar

Parámetro	Zona captación	Zona casa de máquinas
Caudal (m^3/s)	0,0005	0,0005
Ancho - b (m)	0,30	0,30
Profundidad - H (m)	0,60	0,60
Longitud – L (m)	3,00	1,50

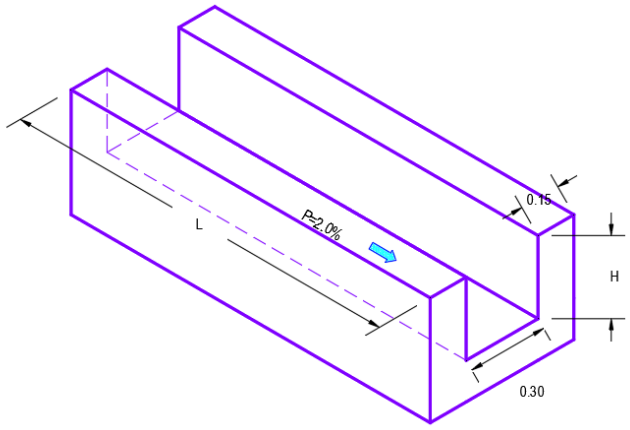


Figura 7-31. Canal liso a implementar

En la Tabla 7-60 se muestran los datos de entrada generales requeridos para hacer el cómputo del diseño de los canales lisos a implementar. En el ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, se encuentran las memorias de cálculo respectivas en el archivo denominado “Canal_LISO.xlsx”, así como planos de detalle en el archivo “DETALLES_ARnD_CAP_y_CM.pdf”.

Tabla 7-60. Datos de entrada al modelo para el canal liso a implementar

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
y inicial (m)	0,007	**Beta**	1,038
y final (m)	0,005	**n**	0,014
Δy (m)	0,001	**g (m/s^2)**	9,80
b (m)	0,30	**Perfil del flujo**	S2
Alfa	1,10	**So (m/m)**	0,020

Dónde:

n: Rugosidad de Manning

Alfa, Beta: Constantes adimensionales

g: Gravedad

7.3.5.10.3 Datos de salida para el canal liso a implementar para el vertimiento en zona de captación y casa de máquinas

Los resultados del análisis realizado por el método del paso directo, se presenta en la Tabla 7-61. En el ANEXO 7.2_PERMISOS_VERTIMIENTO, se encuentran las memorias de cálculo respectivas en el archivo denominado “Canal_LISO.xlsx”.

Tabla 7-61. Datos de salida de la verificación del canal liso a implementar en zona de captación y de casa de máquinas

y	A	P	T	D	Rh	v	hv
m	m^2	m	m	m	m	m/s	m
0,007	0,002	0,313	0,300	0,007	0,006	0,254	0,004
0,006	0,002	0,312	0,300	0,006	0,006	0,275	0,004
0,006	0,002	0,311	0,300	0,006	0,005	0,299	0,005
0,005	0,002	0,310	0,300	0,005	0,005	0,329	0,006
0,005	0,001	0,309	0,300	0,005	0,004	0,365	0,007
E	**E_2-E_1**	**S_f**	**S_{fm}**	**So-S_{fm}**	**Δx**	**ABS**	**Fi**

m	m (+/-)	m/m	m/m	m/m (+/-)	m (+/-)	m	-
0,010	-	0,011	-	-	-	0,000	1,019
0,010	0,000	0,014	0,012	0,008	0,016	0,016	1,147
0,011	0,000	0,019	0,016	0,004	0,081	0,097	1,305
0,011	0,001	0,025	0,022	-0,002	-0,263	-0,166	1,503
0,012	0,001	0,036	0,031	-0,011	-0,085	-0,251	1,756

Donde:

y: Altura del flujo
A: Área
P: Perímetro
T: Tirante
D: Profundidad hidráulica
Rh= Radio hidráulico
v: Velocidad
hv: Cabeza de velocidad
E: Energía
Sf: Pendiente de la línea de energía
Sfm: Pendiente promedio
Fi: Número de froude
ΔX: Longitud del tramo
ABS: Abscisa

Al analizar los resultados se concluye lo siguiente:

- La profundidad de flujo en los canales lisos a implementar para la descarga de las AR tratadas no rebosa la altura máxima de los canales en diseño (0,60m).
- En la descarga de AR tratada en la zona de captación se implementará un canal liso de 0,30m de ancho, 0,60m de alto, una longitud de 3,00m y una pendiente del 2,00%.
- En la descarga de AR tratada en la zona de casa de máquinas se implementará un canal liso de 0,30m de ancho, 0,60m de alto, una longitud de 1,50m y una pendiente del 2,00%.

Así mismo, la entrega por medio de los canales lisos se realizará de manera que se evite la erosión y socavación en la margen del cauce, y formando un ángulo de 45° con la línea de flujo de la corriente, a fin direccionar el vertimiento hacia el centro del canal, y de esta forma minimizar la extensión de la zona de mezcla, en concordancia con los resultados obtenidos en el numeral 7.3.5.9 (cálculo de la longitud de zona de mezcla para los vertimientos). Ver Figura 7-32 y Figura 7-33.

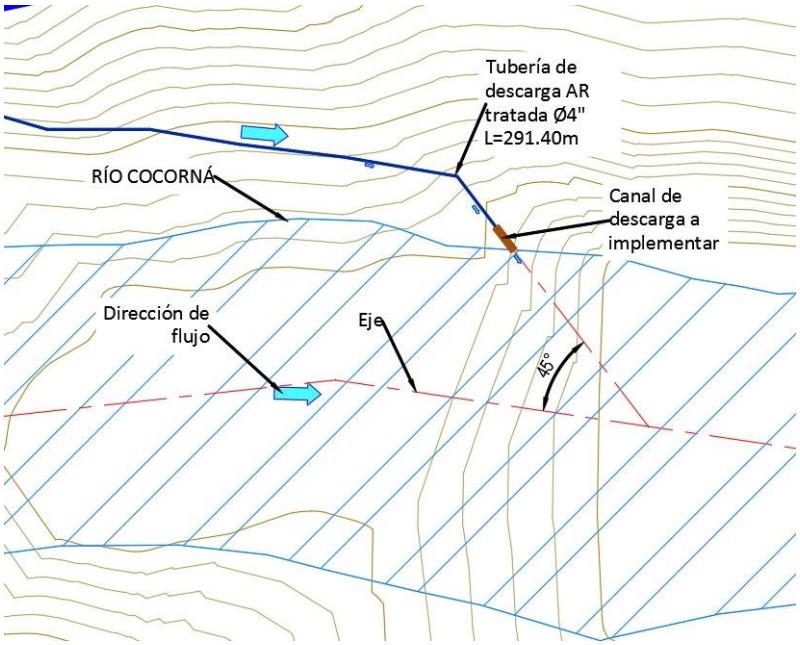


Figura 7-32. Obras proyectadas para la descarga de vertimientos en zona de captación

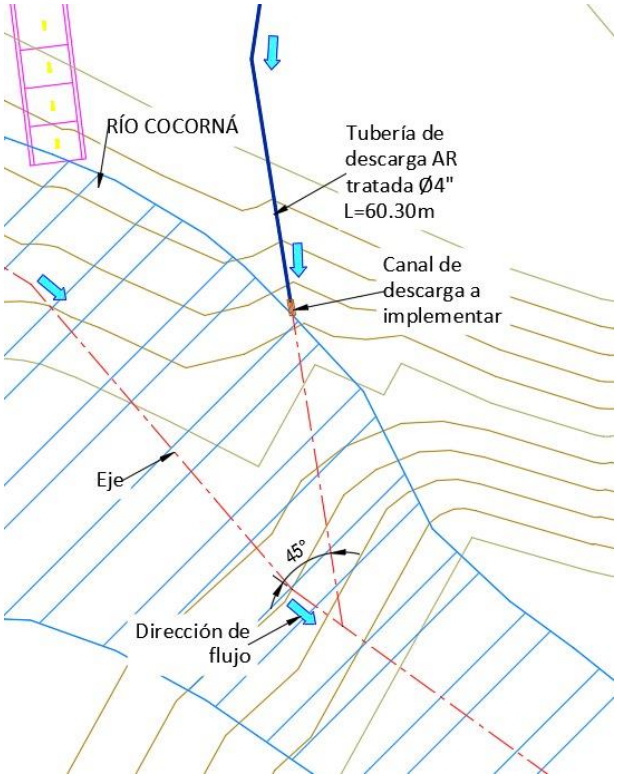


Figura 7-33. Obras proyectadas para la descarga de vertimientos en zona de casa de máquinas

7.4 OCUPACIÓN DE CAUCES

El proyecto hidroeléctrico Cocorná III requiere la solicitud de 37 permisos de ocupación de cauce en las siguientes obras: En el sitio de ubicación de las obras de captación y derivación del caudal, en las vías de acceso a las obras principales, sobre el río Cocorná; en los cruces de la conducción a presión con varias quebradas afluentes del río, todas localizadas por la margen izquierda de éste; en el canal de descarga al río Cocorná del caudal turbinado y, finalmente por la construcción de un puente vehicular sobre el río para el acceso a las obras de generación de energía.

7.4.1 Captación

El sitio de intervención se localiza sobre el río Cocorná, en límites de las veredas San Vicente y La Placeta del municipio de Cocorná en las siguientes coordenadas:

Tabla 7-62. Localización obras de captación

Sitio	Coordenadas planas*		Coordenadas geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Captación	874.391	1.160.076	N006° 02' 33.28"	W075° 12' 43.41"

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

Las obras de derivación constan de un azud de 40 metros de ancho, 15 metros de largo y 4 metros de altura que se localiza sobre el cauce del río en la cota 1.345 msnm. Al lado del azud se tiene una descarga de fondo que consta de una compuerta radial de 4,0 x 4,0 metros que permitirá limpiar la aproximación de la reja de captación del material de fondo que arrastre la corriente hasta ese punto, la cual a su vez será utilizada para la desviación del río durante la etapa de construcción final del azud.

Contiguo a la descarga de fondo, se tiene una compuerta plana de 1,0 x 1,0 m que cumple la función de descargar el caudal ambiental, en este caso variable mes a mes, para lo cual deberá operar de forma continua y con aperturas variables (ver Anexo 2 Planos Técnicos “COC3-PL-DERIV_01” y “COC3-PL-DERIV_02”).

En las obras también se incluye un muro de cierre de 56,0 m de longitud por la margen izquierda y la estructura de captación (ver Figura 7-34). Sobre la derecha se construirá un muro de cierre de 10 m de longitud. Estas obras buscan mantener la estabilidad de la obra ante eventos de gran magnitud como crecientes y posibles sismos. Entre estas se encuentran los enrocados de protección, taludes estables y tratamientos geotécnicos de protección, empradización y engramados.

El diseño hidráulico de las estructuras: azud y sus muros laterales y los muros de cierre con el terreno, se calcularon para una creciente con un período de retorno de 200 años, equivalente a un caudal de 445,0 m^3/s, obtenido del estudio hidrológico

presentado. Ver Capítulo 5. “Caracterización del Área de Influencia” numeral 5.1 Medio Abiótico, sección Hidrología.

En esta zona el río presenta un cauce recto con un ancho aproximado de 41 m (Foto 7-1).

Foto 7-1. Sitio de captación PCH Cocorná III

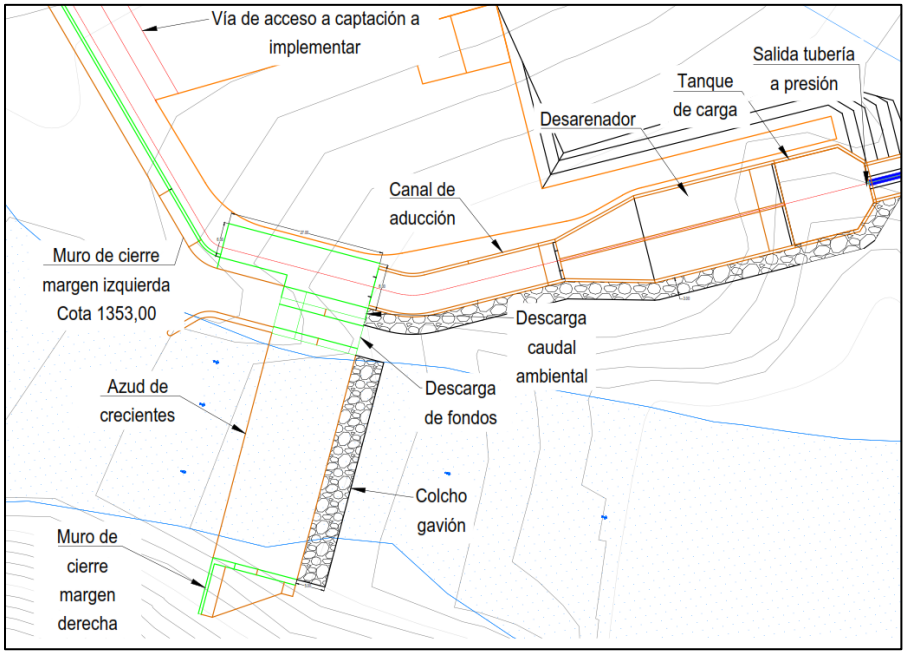


Figura 7-34. Captación PCH Cocorná III – Planta

Para el diseño de la curva de descarga del azud se empleó la metodología propuesta por United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Design of Small Dams.

Una vez determinada la sección óptima del azud se corre un perfil de flujo con la creciente máxima de diseño y se determina la altura de los muros para contener el caudal esperado para un periodo de retorno de 200 años.

Aguas abajo del vertedero de crecientes, en una longitud aproximada de 5,00 m, se perfilará el fondo y se construirá una losa de concreto con piedra pegada en los primeros 5,00 m de longitud. Estas estructuras de protección contra la erosión se extenderán en el ancho hasta la descarga de fondo y la estructura de descarga del caudal ambiental.

Los parámetros más importantes del vertedero de crecientes (azud) se presentan en la Tabla 7-63. En la Figura 7-35 se presenta el esquema en perfil.

Tabla 7-63. Parámetros del Azud

PARÁMETRO	VALOR
Caudal de diseño Tr=200 años (m3/s)	445,00
Cota de la cresta del azud (msnm)	1349,00
Altura del paramento (m)	4,00
Ancho del vertedero (m)	40,00
Longitud del vertedero (m)	15,00

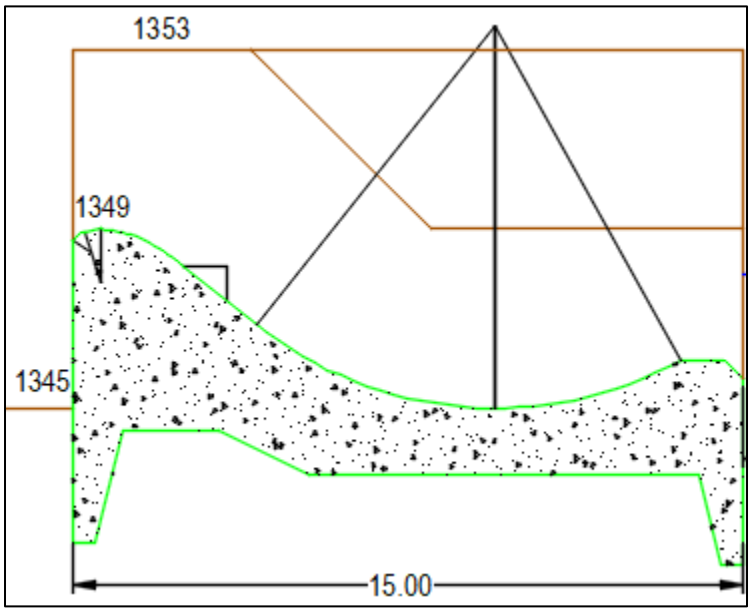


Figura 7-35 Perfil del azud

En el Anexo 7.3 se presenta el formulario para la solicitud de ocupación de cauce, en el cual se incluye la información referente a las obras.

7.4.2 Cruce con cuerpos de agua por la implementación de vías y conducción

Las vías de acceso y La conducción del Proyecto Hidroeléctrico PCH Cocorná III a lo largo de sus recorridos cruza con 22 cuerpos de agua que en su mayoría presentan niveles de intervención antrópicas por la agricultura presente en el lugar y muchos de ellos corresponden a fuentes de orden 1 y 2. Para cada uno de estos cruces, se llevarán a cabo las obras necesarias, que permitan garantizar la mínima intervención sobre las fuentes hídricas. En la Tabla 7-64 se presenta la relación de los cruces con las vías o la conducción que se realizará en el Proyecto con los respectivos cuerpos de agua. En el Anexo 7.3 se presentan los formularios de ocupación de cauce, con el respectivo esquema y su memoria de cálculo.

Tabla 7-64. Relación de cruces de cuerpos de agua

Obra	Abscisa	Corriente de agua	Ficha
Vía acceso a captación	Km 0+014	Quebrada vía captación	18
Vía acceso a captación	Km 0+345	Quebrada vía captación	19
Vía acceso a captación	Km 0+476	Quebrada vía captación	20
Vía acceso a captación	Km 0+717	Quebrada vía captación	21
Vía acceso a captación	Km 0+754	Quebrada vía captación	22

Obra	Abscisa	Corriente de agua	Ficha
Vía acceso a captación	Km 0+8.39	Quebrada vía captación	23
Conducción	Km 0+435	Quebrada Sin nombre 1	5
Conducción	Km 0+510	Quebrada Sin nombre 1.1	6
Vía alterna zona escolar	km 0+125	Quebrada Sin nombre 2.1	7
Conducción	Km 0+621	Quebrada Sin nombre 2	8
Conducción	km 0+934	Quebrada Sin nombre 3	9
Conducción	Km1+005	Quebrada Sin nombre 3.1	10
Conducción	km 1+354	Quebrada Sin nombre 4	11
Conducción	km 1+585	Quebrada Sin nombre 5	12
Conducción	km 2+072	Quebrada Sin nombre 6	13
Conducción	km 2+350	Quebrada Sin nombre 6.1	14
Conducción	km 2+510	Quebrada Sin nombre 6.2	15
Conducción	km 2+887	Quebrada Sin nombre 7	16
Vía de acceso a casa de máquinas	Km 0+010	Quebrada Sin nombre 8	17
Vía de acceso a casa de máquinas	Km 0+390	Río Cocorná	24
Vía de acceso a casa de máquinas	Km 0+614	Quebrada vía casa de máquinas	25
Puente sobre la vía de acceso a casa de máquinas	Km 0+570	Quebrada vía existente casa de máquinas	26

Cruce 1:

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La Placeta	
Coordenadas*	Este: 874.890	Norte: 1.160.200
Descripción del cruce	El cruce se realiza debido al paso de la línea de presión a la altura del Km 0+435 en la vereda La Placeta. La tubería en este tramo pasará sobre silletas apoyadas a una distancia de 6 metros para el cruce del afluente. La cota del nivel inferior de la tubería está en la 1330,95 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1329,67, calculado con un caudal de 1,91 m^3/s. (Figura 7-36 y Figura 7-37)	

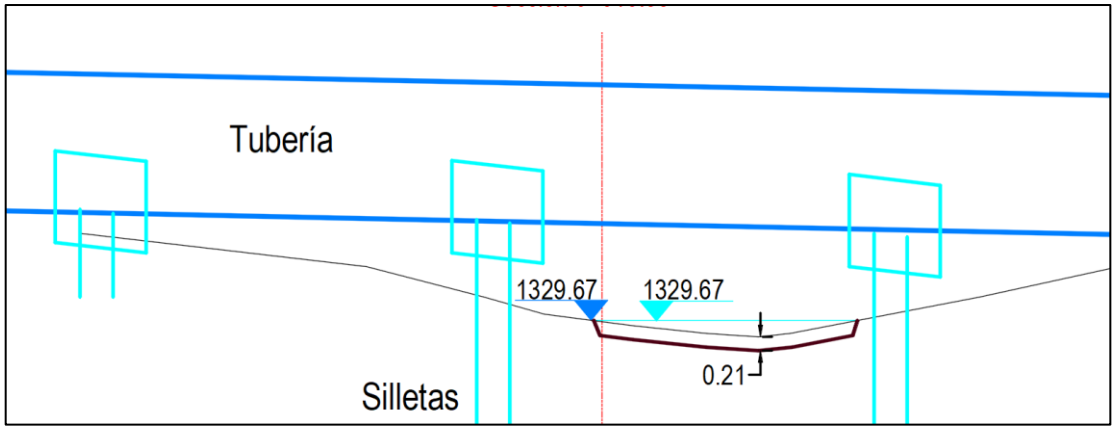


Figura 7-36. Cruce de Quebrada sin nombre Km 0+435 de la conducción- Perfil

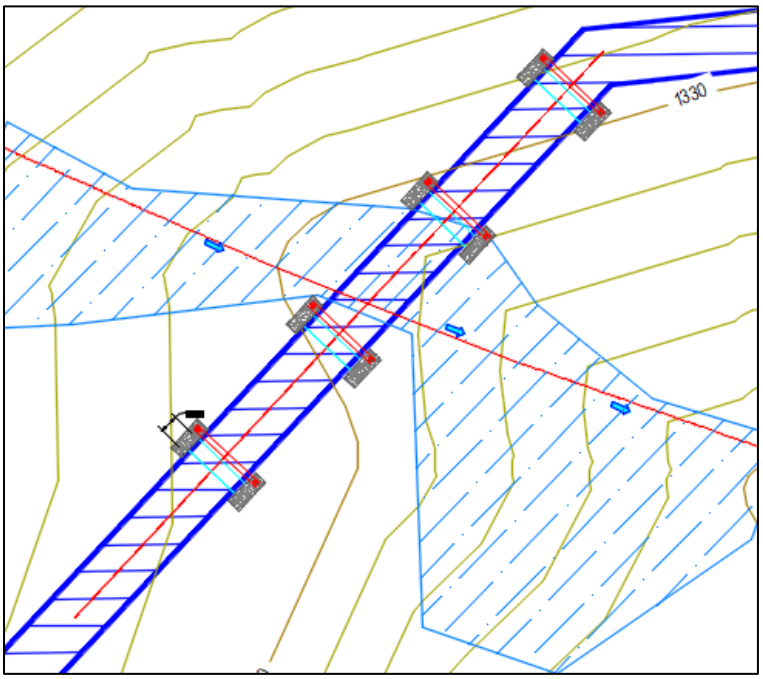


Figura 7-37. Cruce de la tubería a la altura del Km 0+435 de la conducción – Planta

Cruce 2:

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La Placeta	
Coordenadas*	Este: 874.969	Norte: 1.160.214
Descripción del cruce	El cruce se realiza debido al paso de la línea de presión a la altura del Km 0+510 en la vereda La Placeta. La tubería en este tramo pasará sobre silletas apoyadas a una distancia de 6 metros para el cruce del afluente. La cota del nivel inferior de la tubería está en la 1319,24 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1317,18, calculado con un caudal de 1,2 m^3/s. (ver Figura 7-38 y Figura 7-39)	

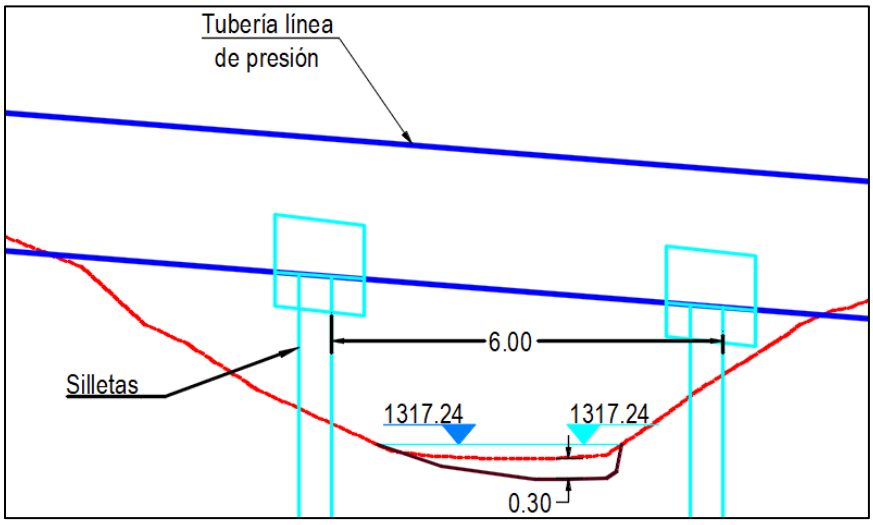


Figura 7-38. Cruce de Quebrada sin nombre Km 0+0510 de la conducción- Perfil

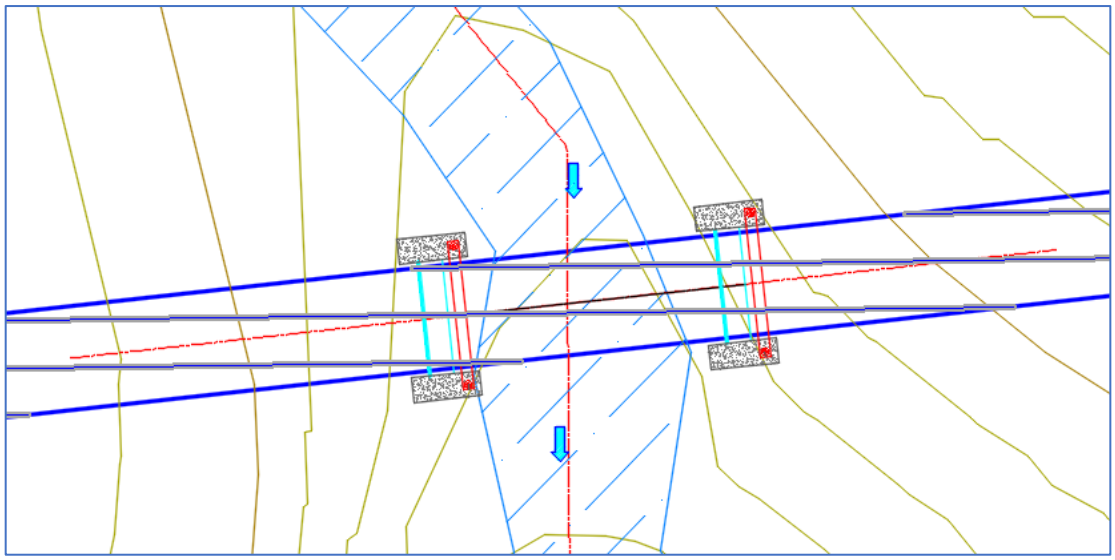


Figura 7-39. Cruce de la tubería a la altura del Km 0+510 de la conducción – Planta

Cruce 3:

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La Placeta	
Coordenadas*	Este: 874.896	Norte: 1.160.652
Descripción del cruce	El cruce se realiza debido a que se debe implementar un tramo de vía paralela a la vía existente en la vereda La Placeta a la altura de la zona escolar. Este tramo nuevo de vía cruza la	

	fuente hídrica por medio de un puente vehicular proyectado. La longitud del cruce es de 30 m. La cota del nivel inferior del puente está a 1474,84 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1471,82, calculado con un caudal de 5,43 m^3/s. (ver Figura 7-40 y Figura 7-41) El puente vehicular se apoya sobre dos columnas
Registro fotográfico	
Foto 7-2. Sitio aguas arriba del cruce (km 0+125).	

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

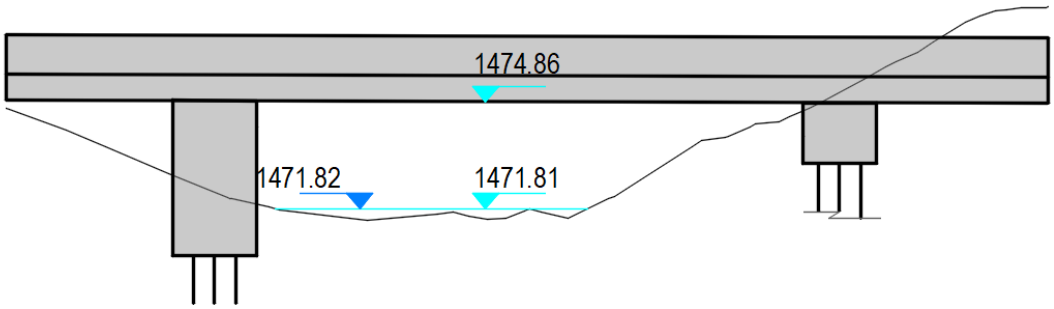


Figura 7-40. Cruce de Quebrada sin nombre sector Escuela La Placeta - Perfil

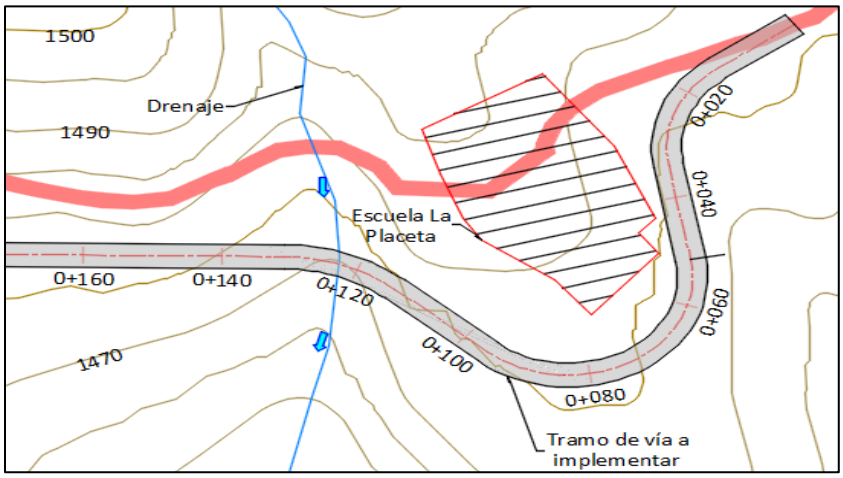


Figura 7-41. Cruce vía en el tramo escolar con quebrada sin nombre cruce 3 – Planta

Cruce 4: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 2	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La Placeta	
Coordenadas*	Este: 875.078	Norte: 1.160.210
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 13,50 m. La cota del nivel inferior del cruce es igual a 1302,62 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1301,26 msnm, calculado para un caudal de 5,43 m^3/s. (ver Figura 7-42 y Figura 7-43). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre puente ducto	
Registro fotográfico		

Foto 7-3. Sitio aguas arriba del cruce (km 0+621).

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

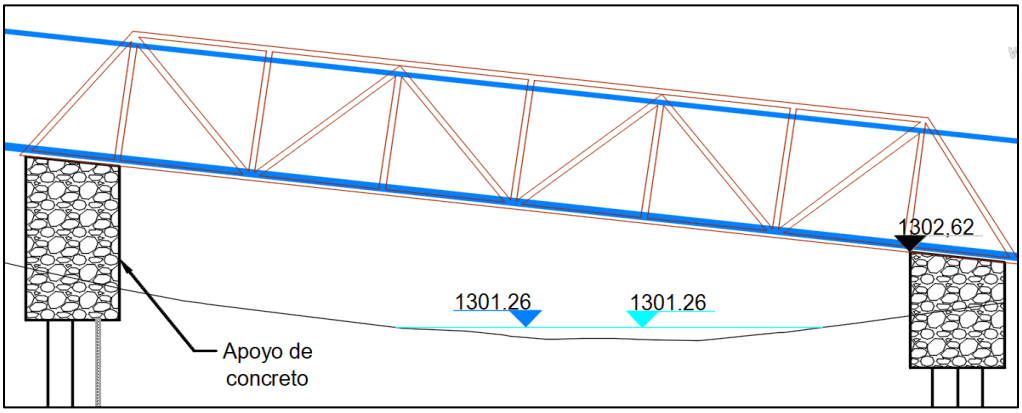


Figura 7-42. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre cruce 4

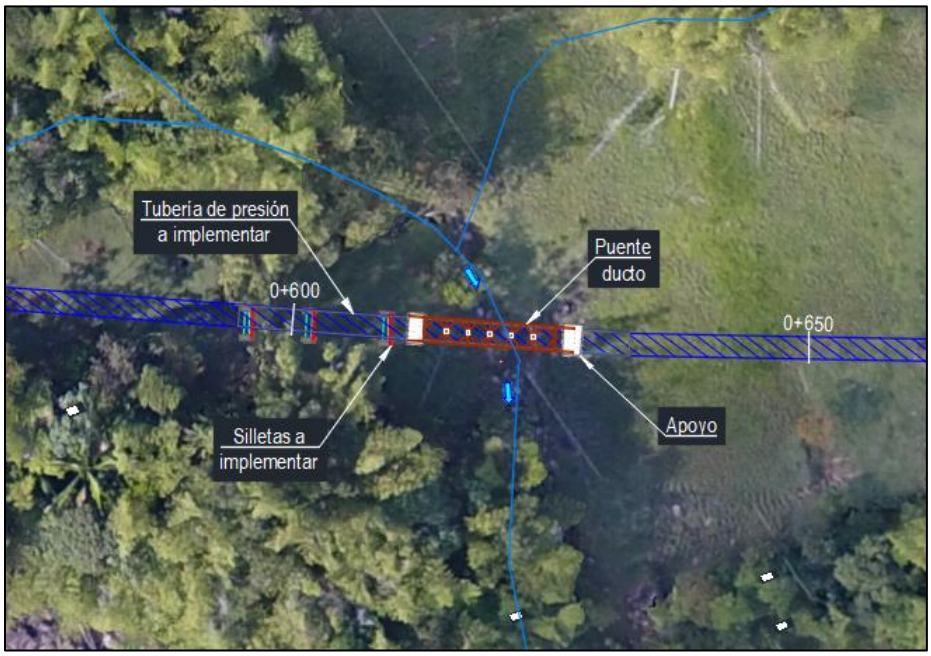


Figura 7-43. Cruce de conducción con quebrada sin nombre cruce 4 – Planta

Cruce 5: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La Placeta	
Coordenadas*	Este: 875432	Norte: 1.160.305
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 20,00 m. La cota del nivel inferior del cruce es igual a 1287.74 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1282,86 msnm, calculado para un caudal de 0,23 m^3/s. (ver Figura 7-44 y Figura 7-45). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre puente ducto apoyado en pilas	

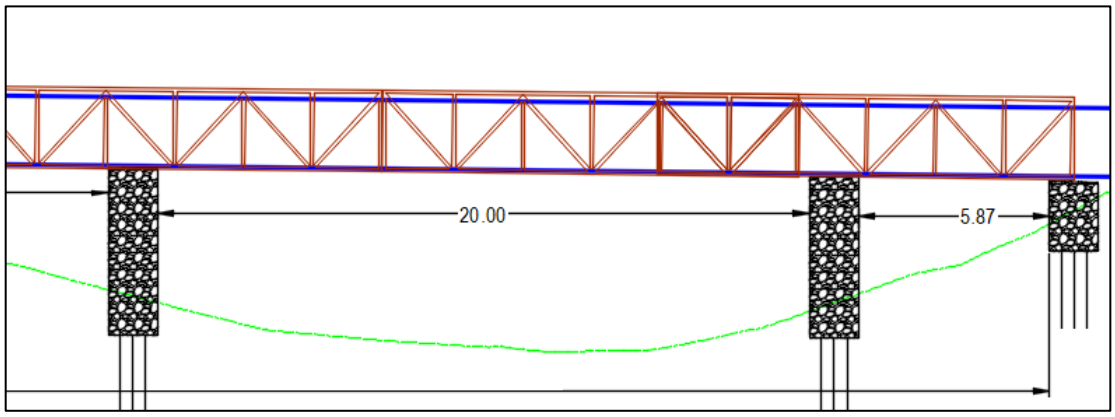


Figura 7-44. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre cruce 5

Figura 7-45. Cruce de conducción con quebrada sin nombre cruce 5 – Planta

Cruce 6: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 2	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 875.372	Norte: 1.160.264
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 16 m. La cota del nivel inferior del cruce es la cota 1288,23, msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce	

	corresponde a la cota 1286,64 msnm, calculado para un caudal de 15,31 m^3/s. (ver Figura 7-46 y Figura 7-47). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre un puente ducto

Registro fotográfico

Foto 7-4. Sitio aguas arriba del cruce de la conducción (Km 0+934).

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

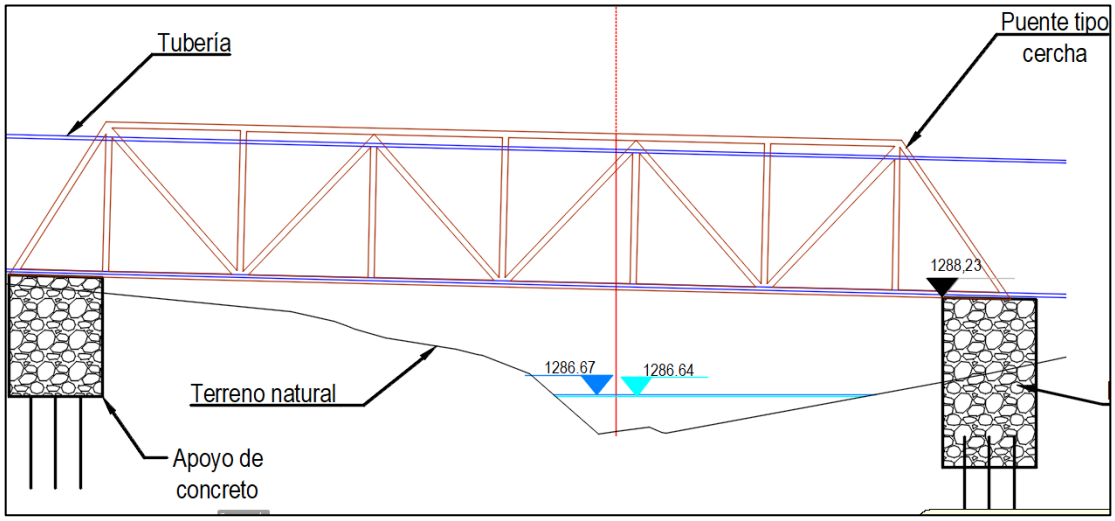


Figura 7-46. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 6

Figura 7-47. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 6

Cruce 7: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 2	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 875.730	Norte: 1.160.284
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 16,0 m. La cota del nivel inferior del cruce es la cota 1254,43msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1253,10 msnm, calculado para un caudal de 16,2 m^3/s. (ver Figura 7-48 y Figura 7-49). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre puente ducto	
Registro fotográfico		

Foto 7-5. Sitio de cruce (km 1+354).

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

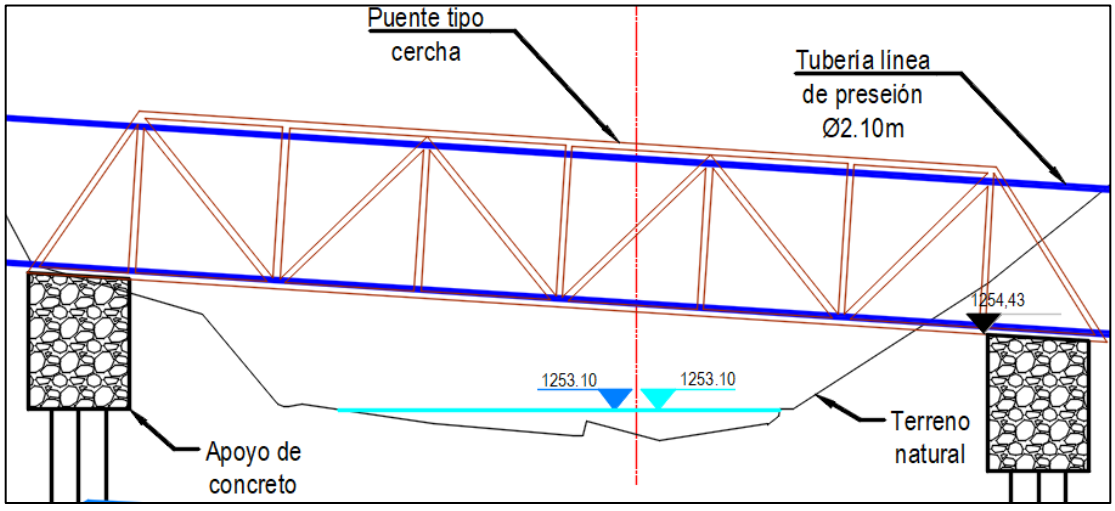


Figura 7-48. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 7

Figura 7-49. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 7

Cruce 8: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenada *	Este: 875.945	Norte: 1.160.213
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 16,0 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1242,39 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1240,80 msnm, calculado para un caudal de 5,50 m^3/s. (ver Figura 7-50 y Figura 7-51). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre puente ducto	
Registro fotográfico		

Foto 7-6. Sitio de cruce (km 1+585).

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

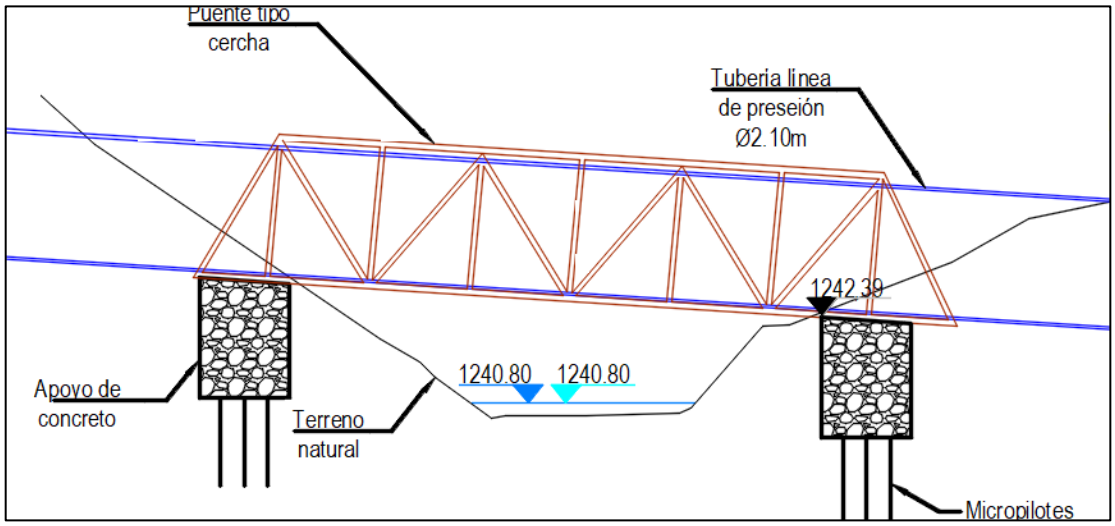


Figura 7-50. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 8

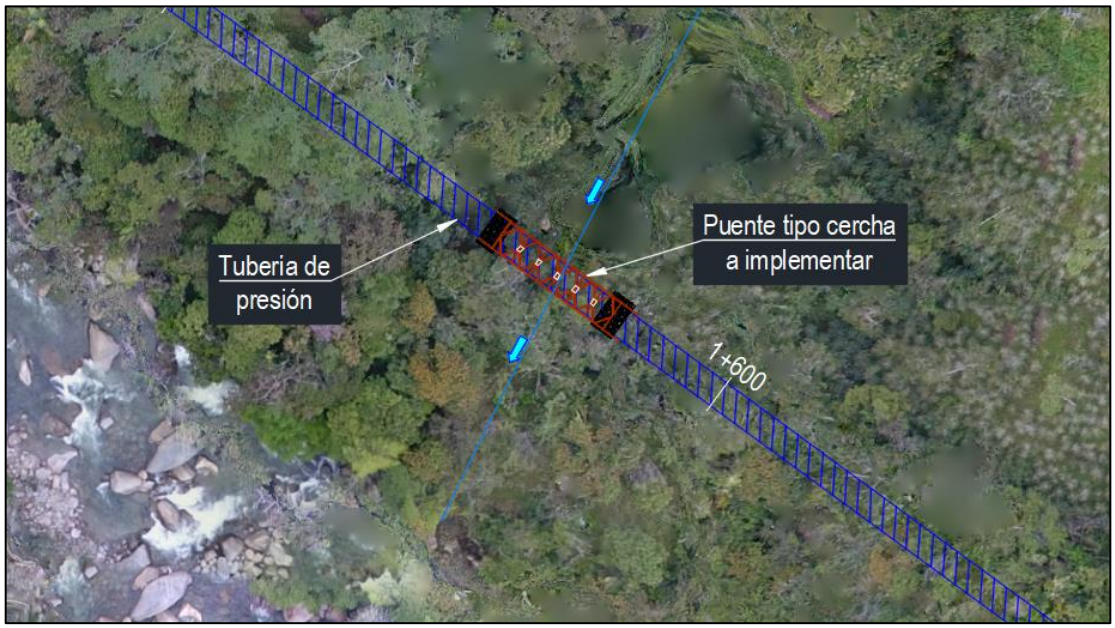


Figura 7-51. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 8

Cruce 9: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 2	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 876.349	Norte: 1.160.233
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 6,00 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1203,72 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1205,18 msnm, calculado para un caudal de 12,07m^3/s. (ver Figura 7-52 y Figura 7-53). Tubería enterrada con empotramiento con protección de la conducción.	
Registro fotográfico		

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

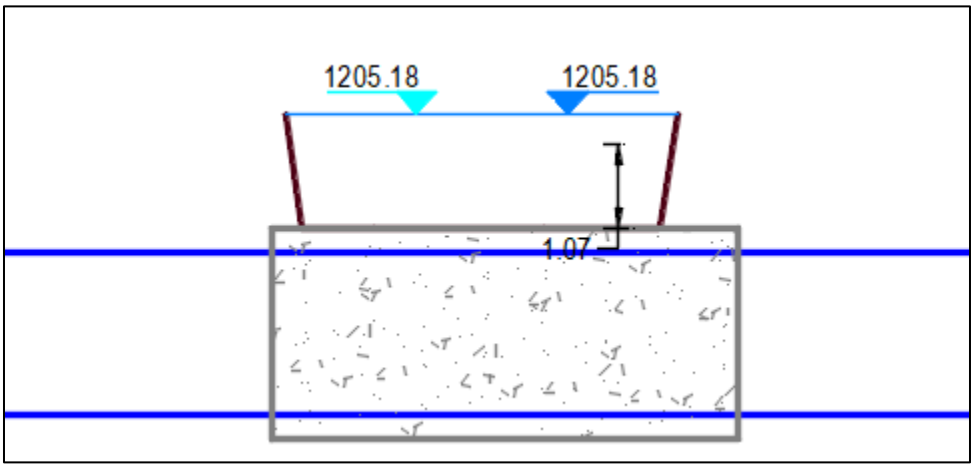


Figura 7-52. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 9

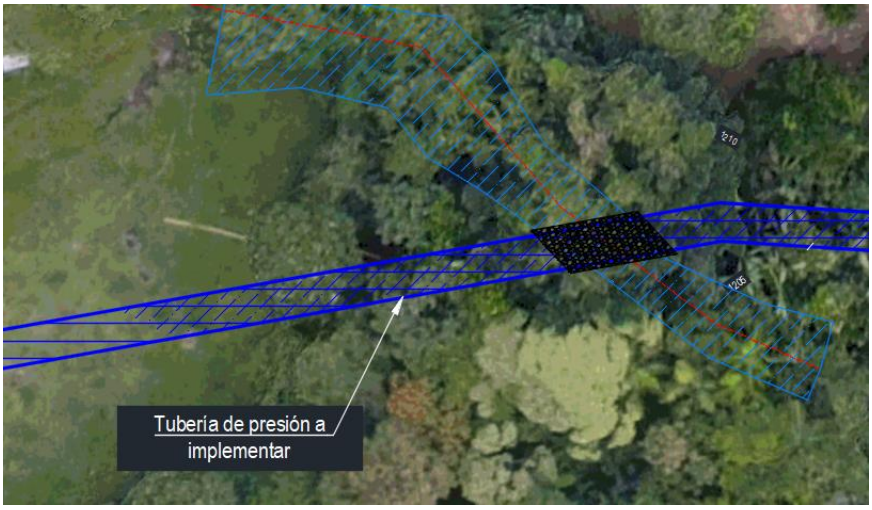


Figura 7-53. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 9

Cruce 10: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 876.581	Norte: 1.160.144
Descripción del cruce	En el cruce de este cauce se pondrá una tubería enterrada y empotrada, la cual consta de una longitud de 15,71 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1183,00 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1184,67 msnm,	

	calculado para un caudal de 0,67m^3/s. (ver Figura 7-54 y Figura 7-55).

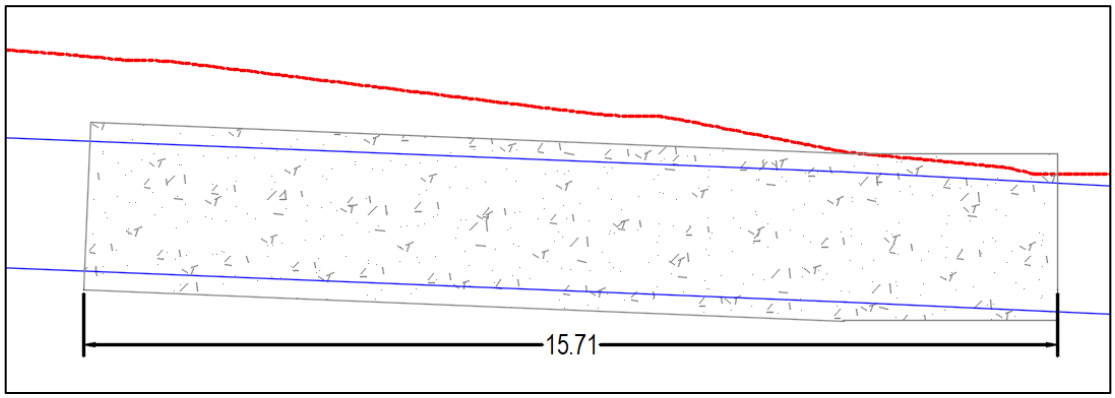


Figura 7-54. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 10

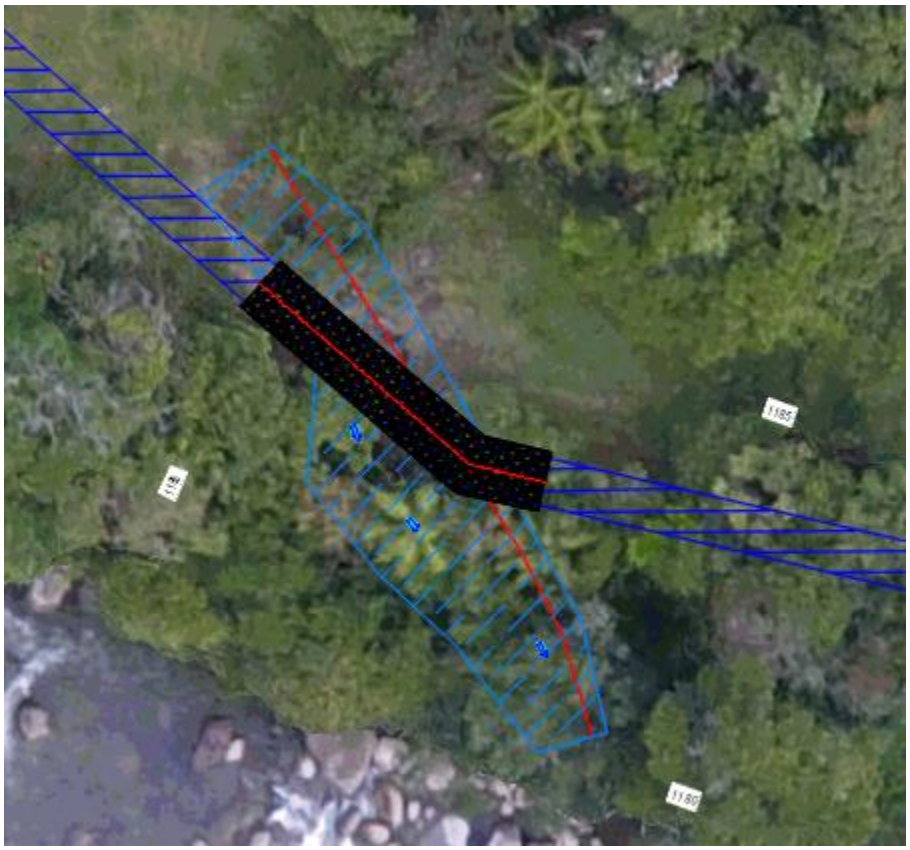


Figura 7-55. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 10

Cruce 11: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 876.755	Norte: 1.160.171
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 12.27 m. La cota clave de la tubería está en la 1173,64 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1174,62 msnm, calculado para un caudal de 0,67m^3/s. (ver Figura 7-56 y Figura 7-57). Tubería enterrada con empotramiento para la protección de la socavación.	

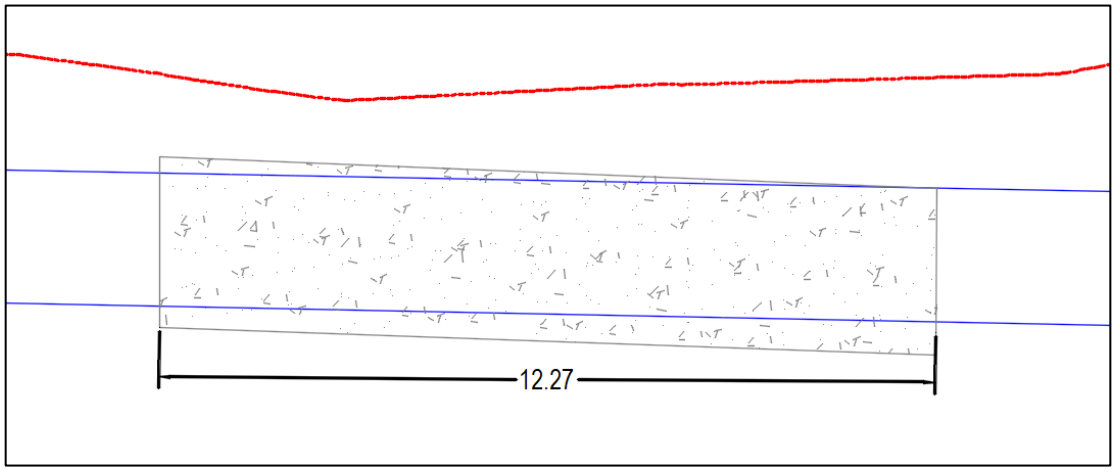


Figura 7-56. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 11

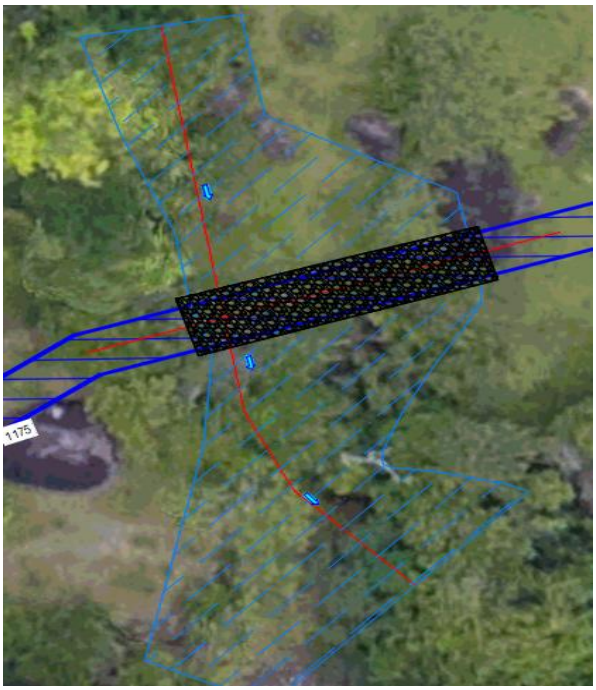


Figura 7-57. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 11

Cruce 12: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 877.070	Norte: 1.160.345
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 16,0 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1165,48 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1164,56 msnm, calculado para un caudal de 14,88 m^3/s. (ver Figura 7-58 y Figura 7-59). El apoyo de la conducción en el cruce se realizará sobre puente ducto	
Registro fotográfico		

Foto 7-7. Sitio de cruce (km 2+887).

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

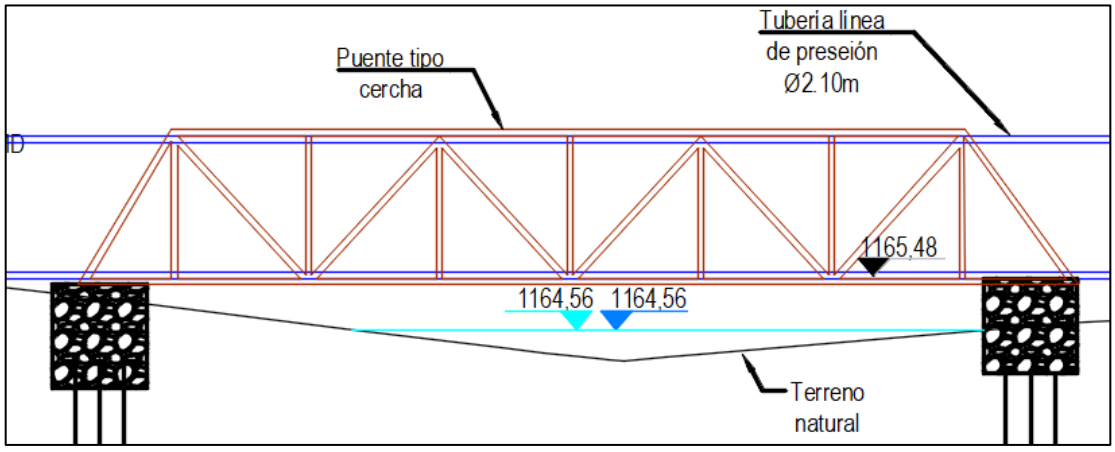


Figura 7-58. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 12

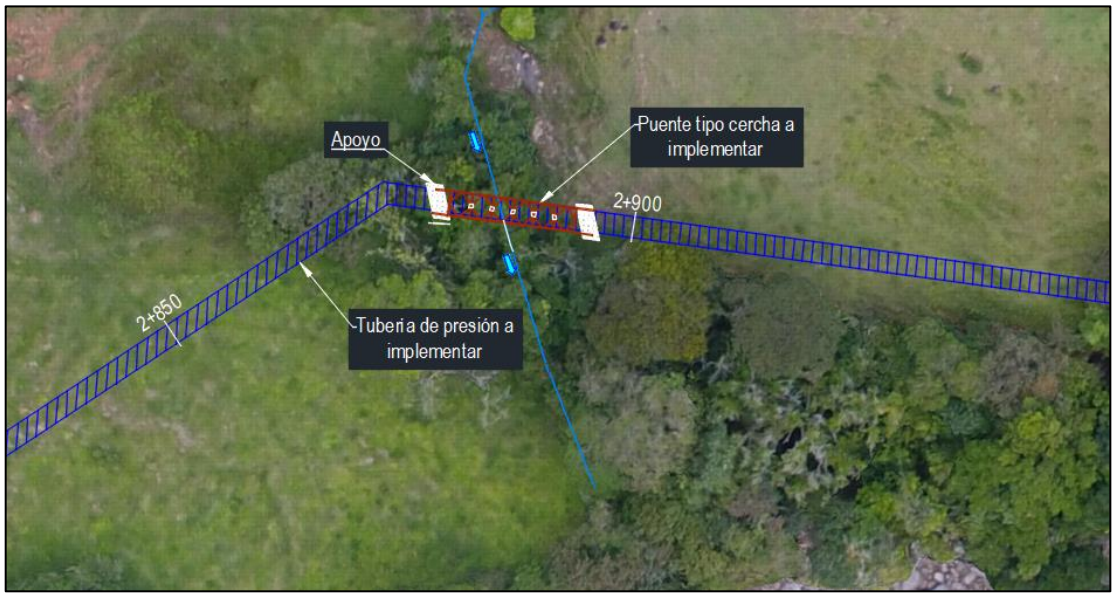


Figura 7-59. Cruce de conducción con quebrada sin nombre - Cruce 12

Cruce 13: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Los Cedros	
Coordenadas*	Este: 878.354	Norte: 1.160.299
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 30 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1100,32 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1100,18 msnm, calculado para un caudal de 12,89 m^3/s. (ver Figura 7-60 y Figura 7-61). Se implementará un box culvert de 13,3 m de largo 2,6 m de ancho y 1,65 de alto, con el fin de la construcción de la vía.	

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

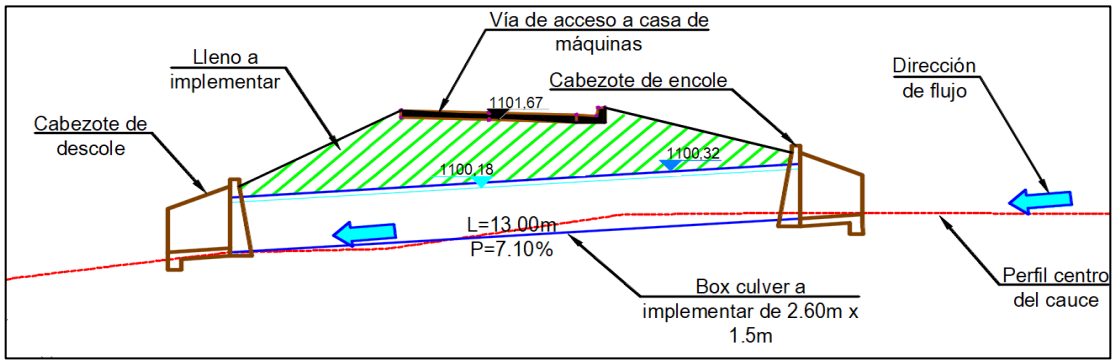


Figura 7-60. Perfil cruce de la vía de acceso a casa de máquinas con la quebrada sin nombre. Cruce 13

Figura 7-61. Cruce de la vía de acceso a casa de máquinas con quebrada sin nombre - Cruce 13

Cruce 14: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Río Cocorná, orden 5	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Los Cedros y Mazotes	
Coordenadas*	Este: 878.011	Norte: 1.160.227
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 125 m. La cota del nivel inferior del cruce es de 1109,84 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años	

	en el sitio del cruce corresponde a la cota 1103,77 msnm, calculado para un caudal de 463,8 m^3/s. (ver Figura 7-62 y Figura 7-63). Se implementará un puente vehicular sobre el río Cocorná que permita la llegada a la zona donde se ubicará la casa de máquinas.
Registro fotográfico	
Foto 7-8. Sitio de cruce (km 0+390).	

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

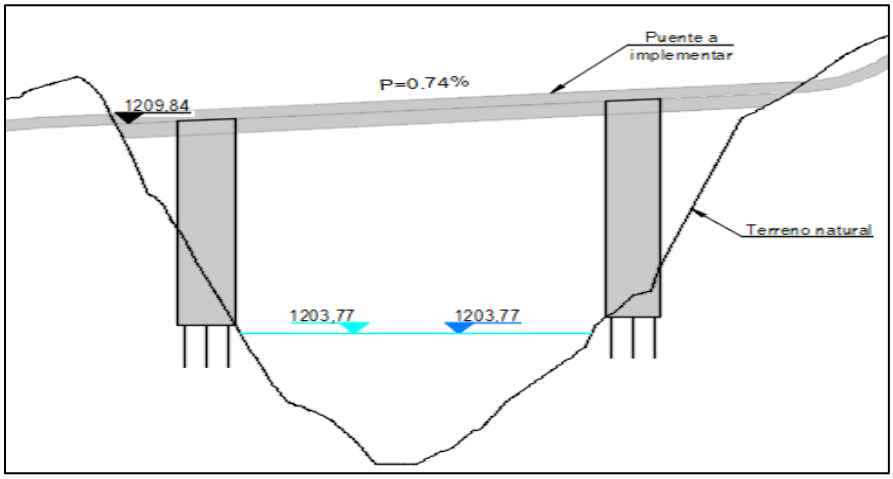


Figura 7-62. Perfil cruce de puente con el río Cocorná en la zona de casa de máquinas. Cruce 14

Figura 7-63. Cruce del puente de la vía de acceso a casa de máquinas con el río Cocorná - Cruce 14

Cruce 15: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874.512	Norte: 1.160.443
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 5.5 m. La cota clave de la tubería es de 1109,84 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1443,17 msnm, calculado para un caudal de 2,13 m^3/s. (ver Figura 7-50Figura 7-64 y Figura 7-65). Se implementará una caja recolectora seguido de una tubería y finalmente un cabezote de descole que permita la implementación de la vía de acceso a captación y el paso al afluente existente.	

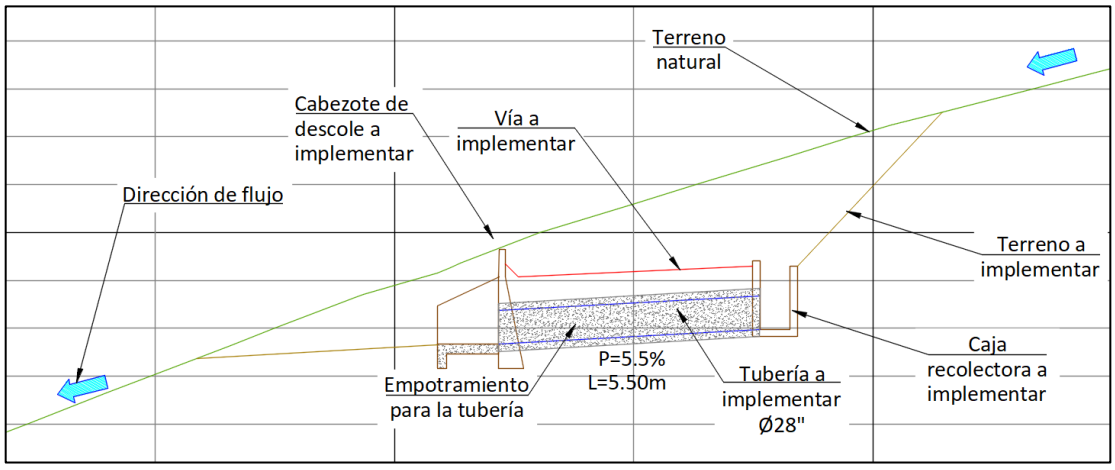


Figura 7-64. Perfil cruce la vía a implementar con la quebrada sin nombre. Cruce 15

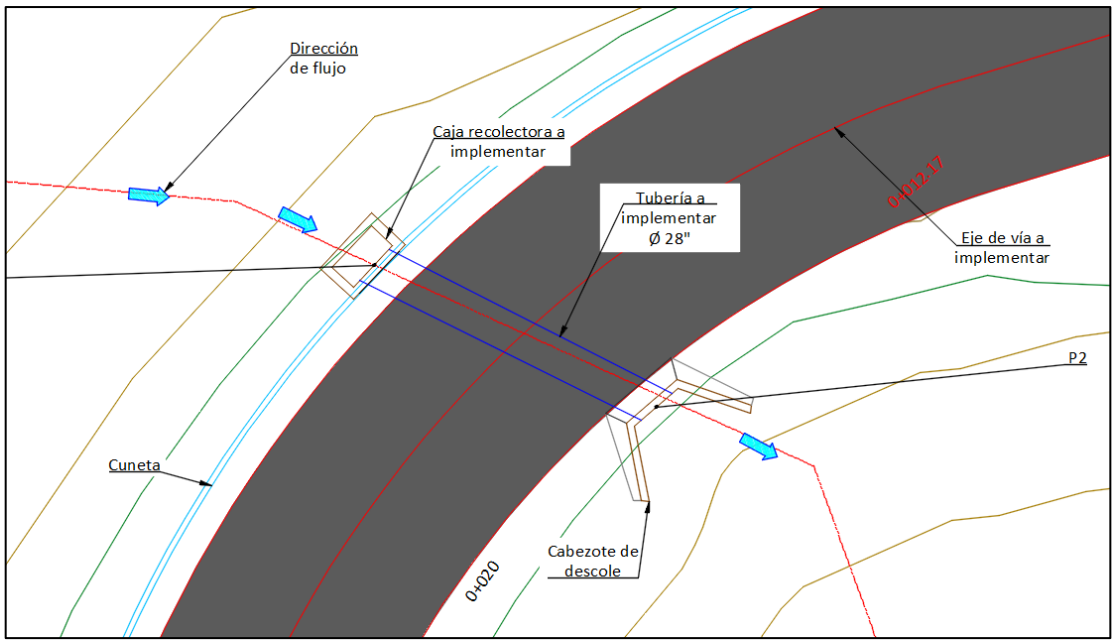


Figura 7-65. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+014 con la quebrada sin nombre - Cruce 15

Cruce 16: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874.554	Norte: 1.160.376
Descripción del cruce	Se instalará una caja recolectora de 1.00m X 0.50 m y un canal paralelo a la vía de acceso a captación	

	desde la abscisa 0+345 hasta 0+476, el calculo de las obras se realizó para un caudal de 2,13 m^3/s, correspondiente al periodo de retorno de 100 años. Figura 7-66 y Figura 7-67). Se implementará una caja recolectora seguido de un canal y finalmente un cabezote que direcciona el flujo al cauce natural.

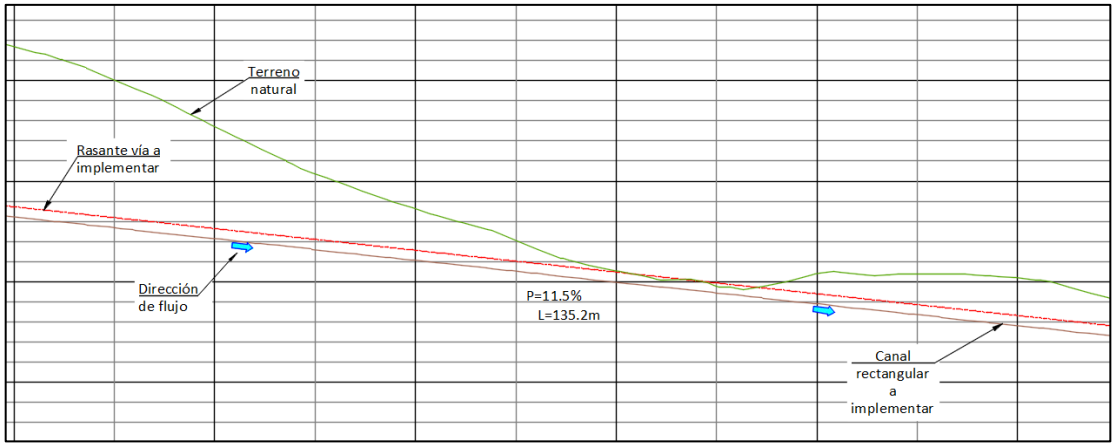


Figura 7-66. Perfil cruce de conducción con la quebrada sin nombre. Cruce 16

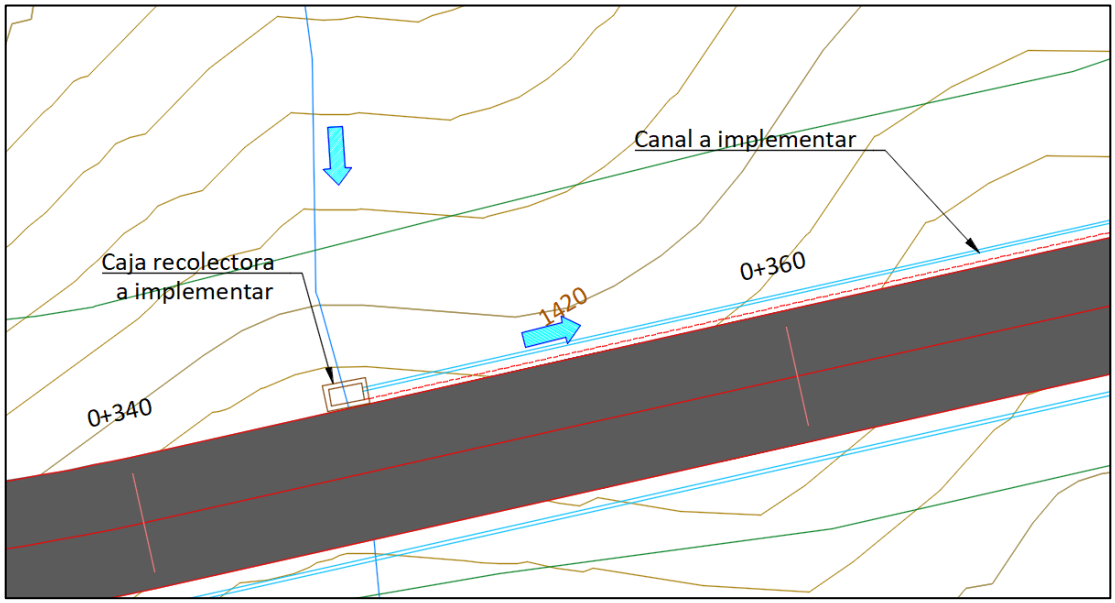


Figura 7-67. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+345 con la quebrada sin nombre - Cruce 16

Cruce 17: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874.539	Norte: 1.160.331
Descripción del cruce	En este sitio se instalará el cabezote que entrega las aguas al cauce natural, el diseño de esta obra se realizó con el caudal de 100 años, calculado en en 2,13 m^3/s (Ver Figura 7-68)	

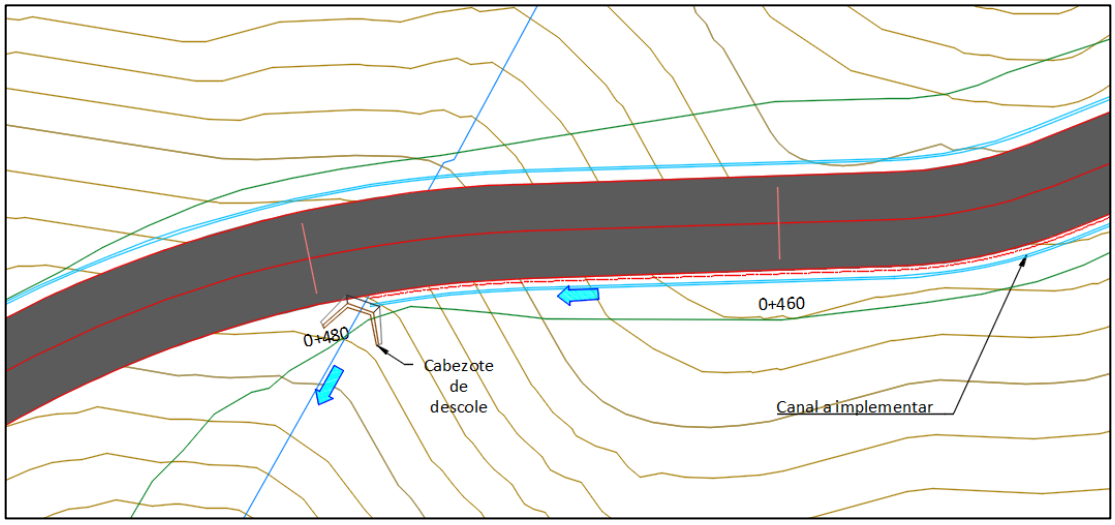


Figura 7-68. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+476 con la quebrada sin nombre - Cruce 17

Cruce 18: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874328	Norte: 1160259
Descripción del cruce	Se instalará una caja recolectora de 1.00m X 0.50 m y un canal paralelo a la vía de acceso a captación desde la abscisa 0+717 hasta 0+754, el cálculo de las obras se realizó para un caudal de 2,13 m^3/s, correspondiente al periodo de retorno de 100 años. Figura 7-69 y Figura 7-70.	

	Se implementará una caja recolectora seguido de un canal liso paralelo a la vía.

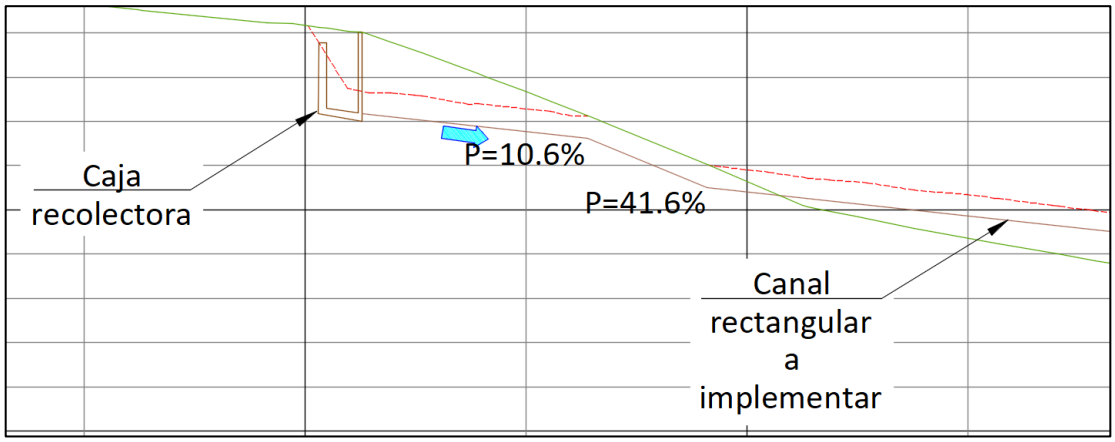


Figura 7-69. Perfil cruce vía de acceso a captación Km 0+717con la quebrada sin nombre. Cruce 18

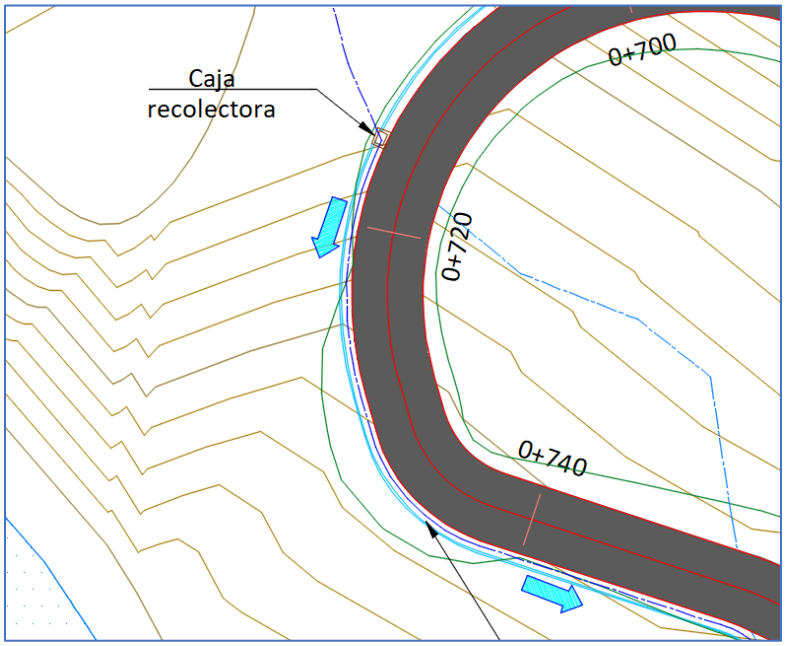


Figura 7-70. Cruce de la vía de acceso a captación Km 0+717 con la quebrada sin nombre - Cruce 18

Cruce 19: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874.350	Norte: 1.160.231
Descripción del cruce	En la abscisa 0+754 de la vía de acceso a captación, termina el canal liso entregando las aguas al cauce natural, el cálculo de las obras se realizó para un caudal de 2,13 m^3/s, correspondiente al periodo de retorno de 100 años. Figura 7-71.	
Registro fotográfico		

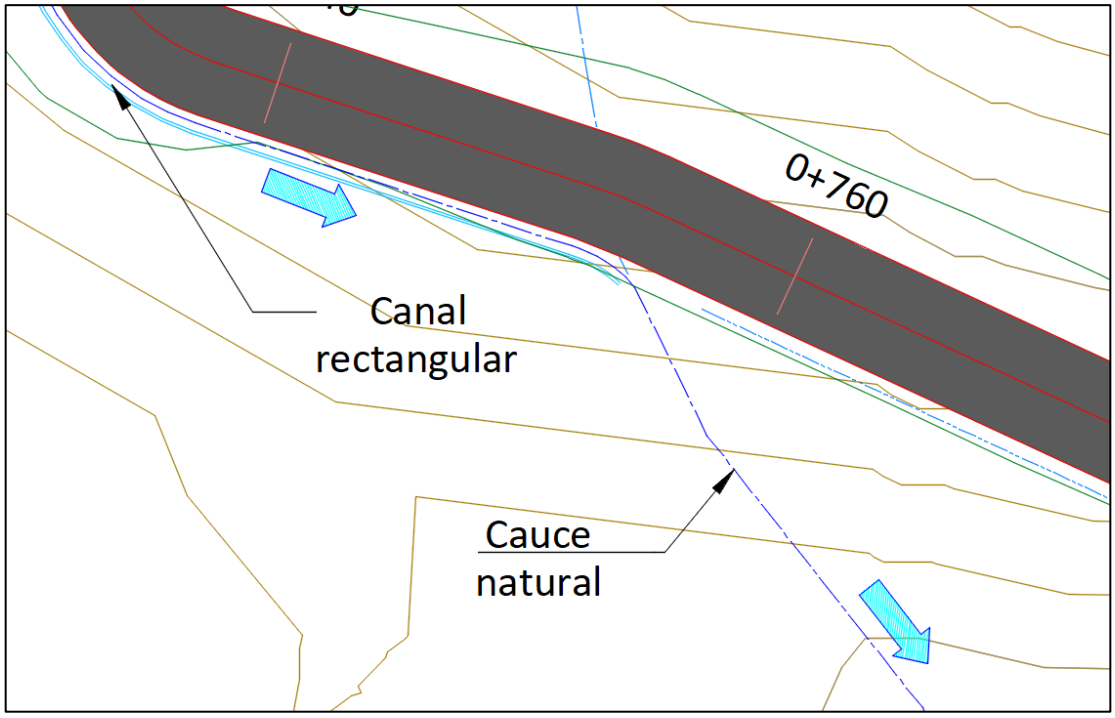


Figura 7-71. Cruce vía de acceso a captación con la quebrada sin nombre - cruce19

Cruce 20: Río Cocorná

Nombre y orden de la fuente	Q sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	La placeta	
Coordenadas*	Este: 874.399	Norte: 1.160.183
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 5.5 m. La cota clave de la tubería es de 1355,23 msnm. Las obras se diseñaron para un caudal de 2,13 m^3/s asociado al periodo de retorno de los 100 años. Se implementará una cabezote de encole seguido por una tubería y finalmente el cabezote de descole. (ver Figura 7-72 y Figura 7-73)	

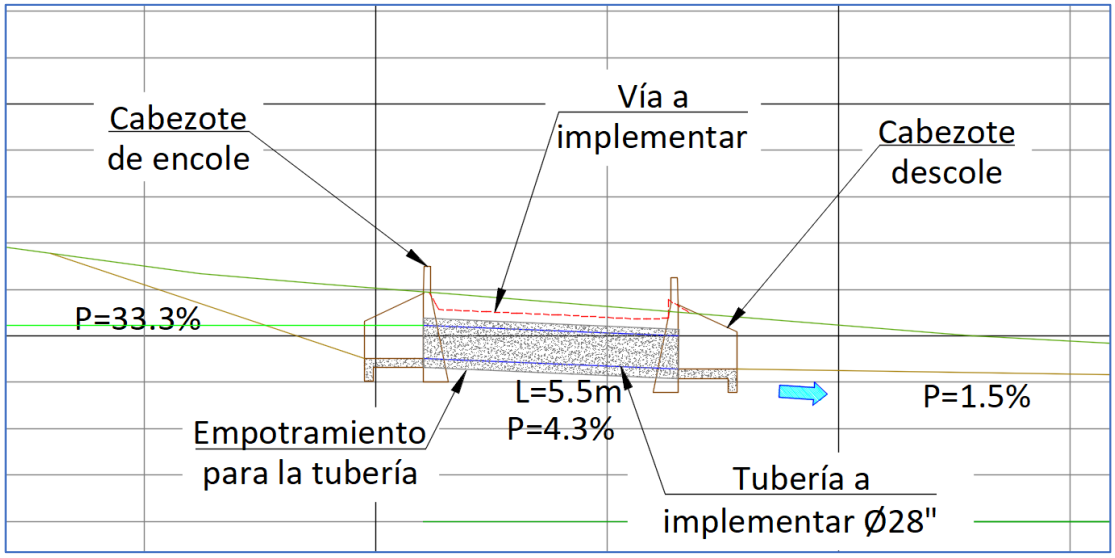


Figura 7-72. Perfil cruce de la vía de acceso a captación Km 0+839 con la quebrada sin nombre. Cruce 20

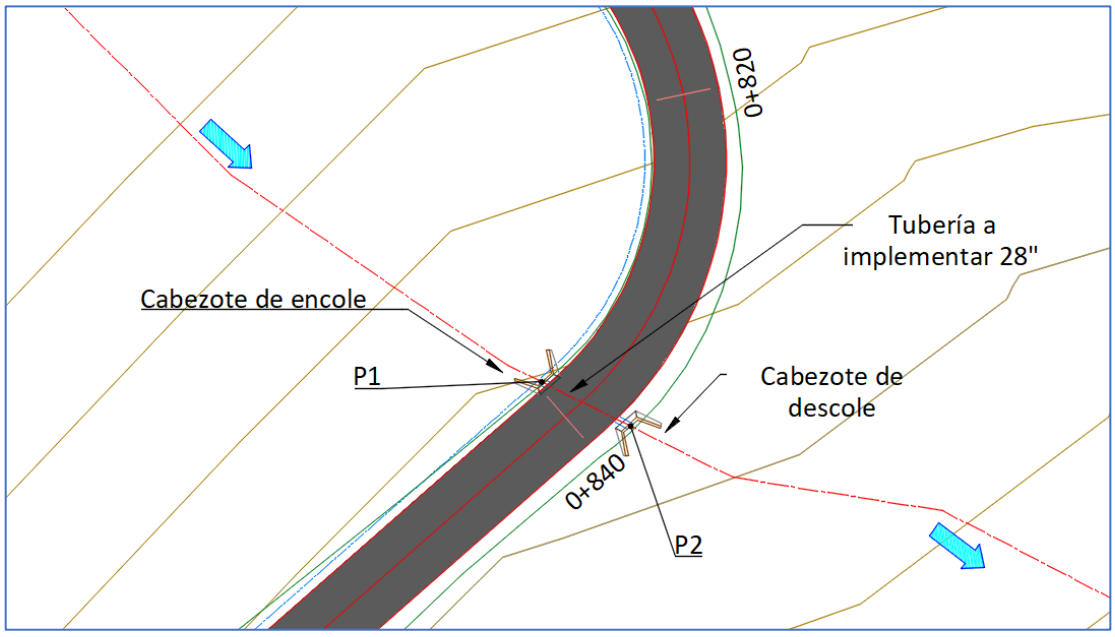


Figura 7-73. Planta del cruce de la vía de acceso a captación Km 0+839 con la quebrada sin nombre. Cruce 20

Cruce 21: Quebrada sin nombre

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 1	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Mazotes	
Coordenadas*	Este: 877.798	Norte: 1.160.304
Descripción del cruce	La longitud del cruce es de 6,70 m. La cota del nivel de la clase de la tubería a implementar es de 1117,82 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1117.14 msnm, calculado para un caudal de 2,17 m^3/s. (ver Figura 7-74 y Figura 7-75). Se implementará cabezote de entrada y salida con una tubería empotrada de 36 pulgadas que permita la continuidad del cauce.	

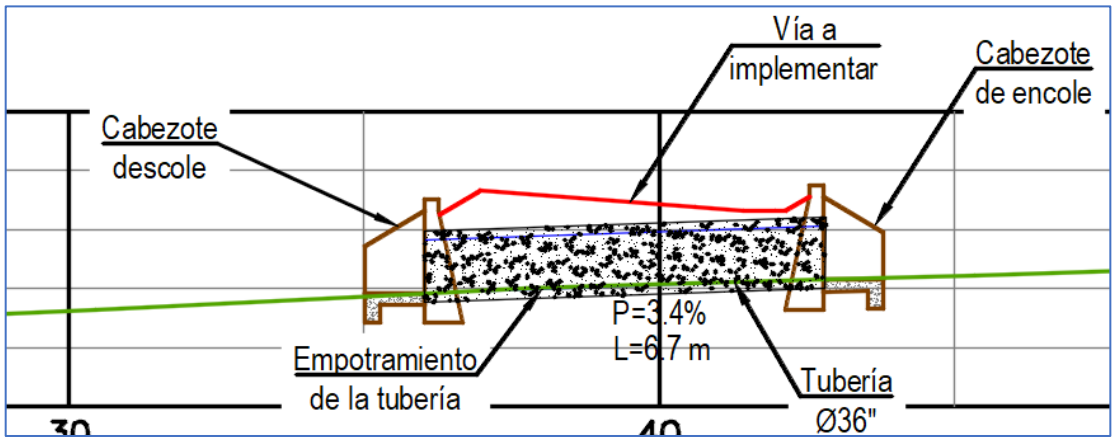


Figura 7-74. Perfil cruce vía casa de máquinas a implementar con la quebrada sin nombre. Cruce 21

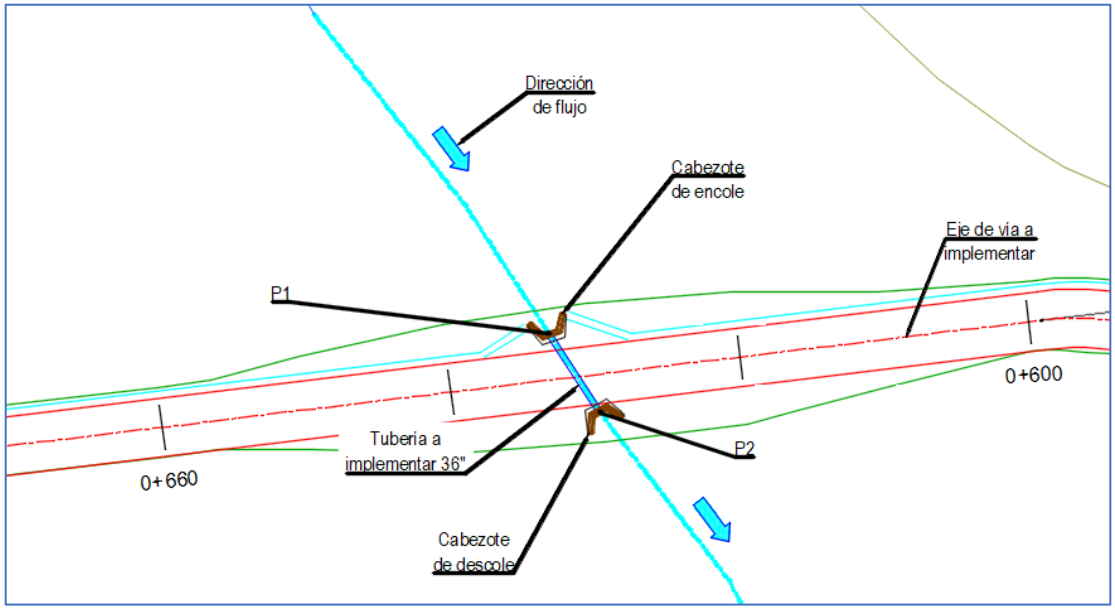


Figura 7-75. Planta del cruce de la vía a casa de máquinas con quebrada sin nombre - Cruce 21

Cruce 22:

Nombre y orden de la fuente	Quebrada sin nombre, orden 2	
Municipio	Cocorná	
Vereda	Los Cedros	
Coordenadas*	Este: 878750	Norte: 1159074
Descripción del cruce	El cruce se realiza debido a que sobre la vía existente de la vereda Los Cedros pasa el afluente, por lo tanto se propone un puente en este tramo con	

	una longitud de 18 metros. La cota del nivel inferior del puente está a 1210,40 msnm. El nivel de la creciente para el periodo de retorno de 100 años en el sitio del cruce corresponde a la cota 1208,49, calculado con un caudal de 36.85 m^3/s. (ver Figura 7-76) El puente vehicular se apoya sobre dos columnas
Registro fotográfico	

Foto 7-9. Afluente sobre la vía de acceso a casa de máquinas.

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

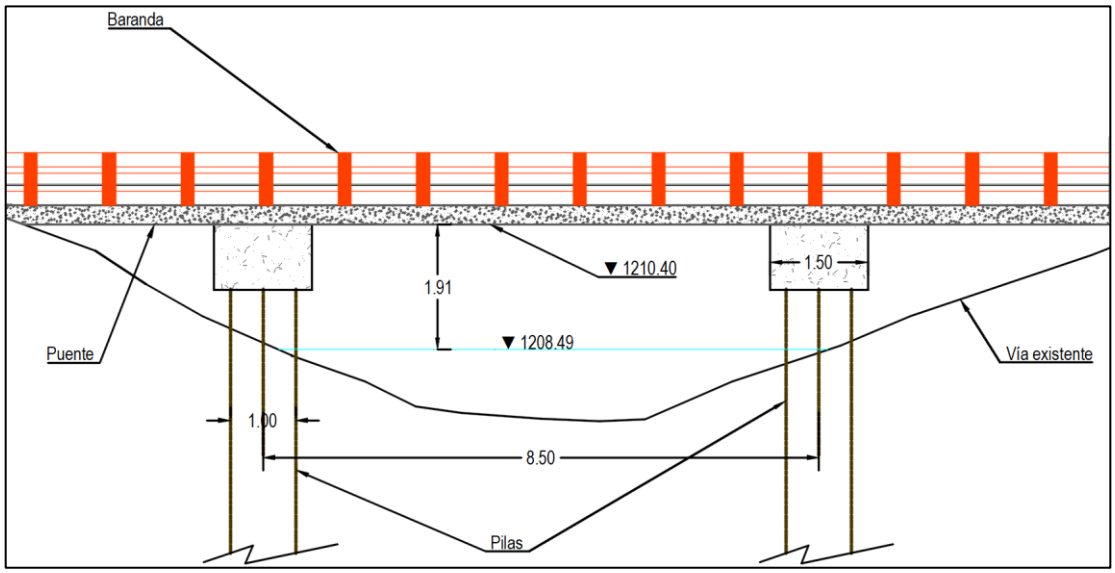


Figura 7-76. Cruce de Quebrada sin nombre sobre la vía existente de la vereda Los Cedros-Perfil

7.4.3 Descarga del caudal turbinado

El sitio de descarga donde se verterán las aguas del proyecto sobre el río Cocorná, en la vereda Mazotes del municipio de Cocorná en las siguientes coordenadas:

Tabla 7-65. Localización obras de descarga

Sitio	Coordenadas planas*		Coordenadas geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Descarga casa de máquinas	877.742	1.160.213	N006° 02' 37.95"	W075° 10' 54.47"

*Sistema de coordenadas Magna-Sirgas origen Bogotá

Donde se ubica casa de máquinas a la orilla del río hay una diferencia de cota de aproximadamente 3m. El río presenta un cambio de dirección en esta zona y tiene un ancho aproximado de 60 m

Luego de turbinado el caudal para la generación de energía (10,60 m^3/s) éste es retornado al Río Cocorná mediante un canal cubierto construido en concreto con un ancho de 5,0 m y una altura de 2,90 m. El canal tiene una longitud 73,9 m y una pendiente longitudinal de 0,5% (ver la Figura 7-77). En la Figura 7-78 se presenta el perfil de casa de máquinas y el canal de descarga.

En el Anexo 7.3 se presentan los formularios de ocupación de cauce, con el respectivo esquema y su memoria de cálculo.

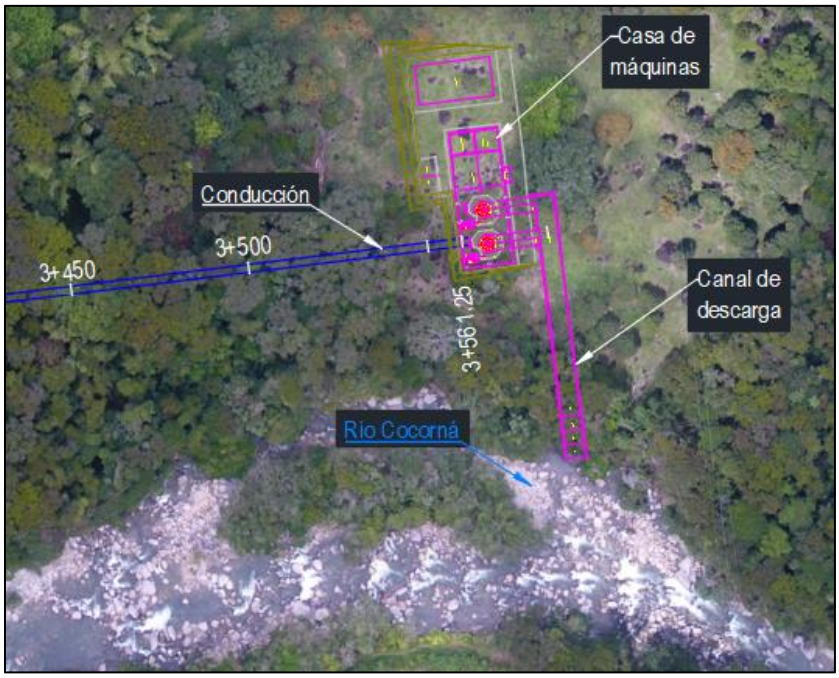


Figura 7-77. Casa de máquinas PCH Cocorná III – Planta

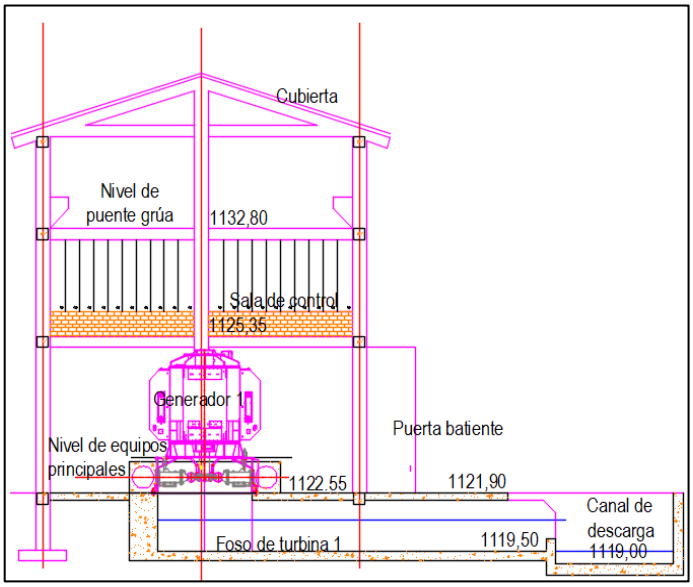


Figura 7-78. Perfil del canal de descarga del caudal turbinado al Río Cocorná

7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Según el Decreto 1791 de 1996, el aprovechamiento forestal único “es la extracción de productos de un bosque por única vez para realizar un cambio del uso de la tierra, este comprende desde la obtención hasta el momento de su transformación”. Según el Art. 10, para su realización se requiere presentar en el plan de manejo forestal y un inventario estadístico de todos los individuos a partir de diez centímetros (10 cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP), con una intensidad de muestreo de forma tal que el error no sea inferior al quince por ciento (15%) y una probabilidad del noventa y cinco por ciento (95%) o la realización del inventario del 100% del área a intervenir.

En este numeral se presenta la descripción de los sistemas, métodos y equipos a utilizar en el aprovechamiento forestal único del área a intervenir en el proyecto PCH Cocorná III y el uso de los productos provenientes de esta actividad. El inventario consistió en un censo del área de intervención directa, además se realizó un muestreo por parcelas para los predios que no se tuvieron autorización.

7.5.1 Objetivo

7.5.1.1 Objetivo general

Solicitar ante la Subdirección de Recursos Naturales de la Corporación Autónoma regional de los Ríos Negro y Nare (CORNARE), el aprovechamiento forestal de los individuos forestales presentes en el área de Intervención del “Proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica Cocorná III”.

7.5.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición florística y la estructura de las especies a aprovechar
- Diseñar medidas de manejo necesarias para mitigar la afectación sobre las áreas donde se desarrollará el aprovechamiento forestal.
- Establecer el uso y disposición final de los productos derivados del aprovechamiento.

7.5.2 Localización de las áreas de aprovechamiento forestal

El área de intervención del proyecto corresponde a 12,84 ha, las cuales estarán destinadas para la construcción e implementación de las obras de captación, casa de máquinas, Zodmes, además de las vías de acceso al proyecto PCH Cocorná III y las obras temporales de corto y mediano plazo como las oficinas. Durante la adecuación y acondicionamiento del terreno en la fase de construcción se requerirá la remoción de la cobertura vegetal y la tala de los árboles presentes. En la Tabla 7-66 se muestra el área de las coberturas de la tierra que van a ser intervenidas en las obras del Proyeto PCH Cocorná III, donde 6,5 ha son territorios agrícolas, 5,8 ha son áreas naturales y seminaturales y 0,6 ha cuerpos de agua.

Tabla 7-66. Coberturas de la tierra a ser intervenidas en la implementación de las obras de PCH Cocorná III.

Cod	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Área Ha
112	Territorios artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido Urbano Discontinuo	0,001
122		Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,014
221	Territorios agrícolas	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes herbáceos	0,159
231		Pastos	Pastos limpios	3,335
232			Pastos arbolados	2,385
233			Pastos enmalezados	0,588
314	Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque de galería y ripario	3,151
323		Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	0,471
332		Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos	2,150
511	Superficies de agua	Aguas continentales	Ríos (50 m)	0,590
Total				**12,843**

El área específica para el aprovechamiento forestal comprende 6,01 ha que se restringen a las coberturas en el área influencia con presencia de individuos arbóreas: Bosque de galería y ripario (3.15 ha), Vegetación secundaria (0,417 ha) y Pastos arbolados (234 ha).

Se realizó la respectiva socialización con los dueños de los predios directamente afectados por el aprovechamiento forestal (ver Tabla 7-67 y Figura 7-79) y se consiguió la autorización para la realizar las actividades del inventario forestal. Los predios con cédula catastral No. **19720010000019001118**, **1972001000001400027**, **1972001000001400009** y **1972001000001400009** no contaron con permisos de ingreso para realizar el inventario forestal y otras actividades relacionadas con el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto hidroeléctrico Cocorná III, a pesar de que se socializó el proyecto y se les explicó que la actividad no implica ninguna intervención o daño en la propiedad (Anexo 7.4.1. Socialización y autorización de los propietarios de los predios para el inventario forestal). Estas áreas corresponden a tramos de vías a construir para acceder a las áreas de captación y casa de máquinas del proyecto.

A continuación, se relaciona la trazabilidad llevada a cabo con los cuatro predios que no autorizaron el desarrollo del inventario forestal:

- **Predio 19720010000019001118 (hacienda Las Arenosas) en la vereda Los Cedros.**

De acuerdo con los diseños presentados el predio se vería modificado por la vía de acceso a la casa de máquinas. Durante el mes de abril de 2019 se realiza visita al predio para realizar la caracterización socio-ambiental y se solicita permiso para realizar actividades en el terreno sin que haya respuesta por parte del propietario.

En enero de 2020 se realiza comunicación telefónica sin respuesta por parte del propietario, el día 27 del mismo mes se realiza visita al predio sin encontrarse personas en el terreno; se hace visita el mes de febrero en la que se socializa el proyecto a uno de los encargados, sin embargo, no hay respuesta positiva por parte del propietario para el ingreso. En marzo de 2020 se invita a reunión con los propietarios de predios que serán afectados por obras, manifiesta no poder asistir al encuentro.

En abril de 2020 el equipo del componente socioeconómico realiza comunicación telefónica para solicitar permiso de ingreso a lo que le propietario responde que debe consultarlo con la familia, no da respuesta positiva a pesar de las reiteradas llamadas.

En el mes de agosto de 2020 se realiza comunicación telefónica con el propietario solicitando ingreso al predio, sin respuesta por parte del propietario, se realiza visita sin encontrarse el propietario. El mismo mes, la gerencia de la consultora ambiental PRAMING S.A.S se comunica con el propietario quien manifiesta no permitir de forma definitiva el permiso de ingreso pues ha recibido la solicitud de miembros de la comunidad y organizaciones ambientales de no otorgar estos permisos como forma de oponerse al proyecto.

- **Predio 1972001000001400027 (Sin Información) en la vereda La Placeta.**

De acuerdo con los diseños presentados el predio se vería modificado por la vía de acceso a la captación, se trata de un área en la que predomina un cultivo de caña y tiene un entable panelero. Durante el mes de enero de 2020 se visita el predio para solicitar permiso, la persona que se encuentra laborando en el terreno manifiesta no estar autorizado para dar información respecto al propietario. Se realiza visita nuevamente el 27 de enero sin que se encuentre ninguna persona en la propiedad. Los vecinos cercanos se niegan a otorgar información de los propietarios.

En el mes de abril de 2020 se realiza visita al predio, nuevamente el encargado se niega a dar información, se visitan predios vecinos sin que den información de los propietarios manifestando estar en contra del proceso de licenciamiento de la Pequeña Central Hidroeléctrica.

El mes de agosto se realiza visita al predio encontrándose uno de los encargados a quien se socializa el proyecto y se deja número de contacto quien realiza comunicación el mes de septiembre de 2020, se socializa el proyecto, sin embargo, no otorga permiso de ingreso.

- **Predio 19720010000001400009 (Sin Información) en la vereda La Placeta**

De acuerdo con los diseños presentados el predio se vería modificado por la vía de acceso a la captación, se trata de un predio dedicado a la ganadería con una vivienda. Durante el mes de enero se visita la vivienda, los ocupantes niegan el permiso de ingreso, se realiza nuevamente visita en el mes de agosto de 2020, uno de los encargados se comunica con el propietario quien niega nuevamente el permiso por encontrarse “en desacuerdo con el proyecto”.

En las visitas, la comunidad se niega a otorgar información respecto al propietario del predio, contacto o sitio de residencia, así mismo, de entregar información y piezas comunicativas del proyecto.

- **Predio 19720010000001400008 (Sin Información) en la vereda La Placeta**

De acuerdo con los diseños presentados el predio se vería modificado por la vía de acceso a la captación, se trata de un predio dedicado a la ganadería, no cuenta con vivienda. Durante el mes de enero se visita el predio sin que se encuentren personas ocupándolo o trabajando en él, los vecinos se niegan a otorgar información de contacto. Se realiza nuevamente visita en el mes de abril sin que se encuentren personas trabajando en la zona.

Se realiza nuevamente visita en el mes de agosto de 2020, se establece contacto telefónico con la persona encargada quien manifiesta estar en desacuerdo con el proyecto y no tener ningún interés en el proceso de licenciamiento. Niega el permiso de ingreso y se niega a realizar un encuentro de forma presencial.

Tabla 7-67. Predios afectados por el aprovechamiento forestal

No catastral	Cédula catastral	Vereda	Nombre del predio	Propietario	Permiso/ inventario
62	19720010000001300062	Mazotes	-	Abelardo Ramírez	SI
1	19720010000001400001	La Placeta	-	Albeiro Mejía	SI
39	19720010000001300039	Mazotes	-	Alexander Mejía	No inventario
40	19720010000001300040	Mazotes	-	Alexander Mejía	SI
41	19720010000001300041	Mazotes	La Piscícola	Ángela Botero	SI
8	19720010000001400008	La Placeta	-	Graciela	No permiso
57	19720010000001300057	Mazotes	-	Javier Álvarez	SI
58	19720010000001300058	Mazotes	-	Javier Álvarez	SI
59	19720010000001300059	Mazotes	-	Javier Álvarez	No inventario
60	19720010000001300060	Mazotes	-	Javier Álvarez	SI
94	19720010000001300094	Mazotes	-	Javier Álvarez	SI
27	19720010000001400027	La Placeta	-	Julio Cesar Mejía	No permiso

No catastral	Cédula catastral	Vereda	Nombre del predio	Propietario	Permiso/ inventario
9	19720010000014000009	La Placeta	-	Leidy López	No permiso
3	19720010000014000003	La Placeta	Finca la Úrsula	Luis Hernando Gómez Giraldo	SI
4	19720010000014000004	La Placeta	Finca la Úrsula	Luis Hernando Gómez Giraldo	SI
14	19720010000014000014	La Placeta	Finca la Úrsula	Luis Hernando Gómez Giraldo	No inventario
15	19720010000014000015	La Placeta	Finca la Úrsula	Luis Hernando Gómez Giraldo	SI
65	19720010000013000065	Mazotes	-	Luz Marina Gómez	SI
61	19720010000013000061	Mazotes	-	Neftalí Gómez	SI
118	19720010000019000118	Los Cedros	Hacienda Las Arenosas	Vicente Pineda	No permiso
35	19720010000013000035	Mazotes	-	Wilson Alarcón	No inventario
36	19720010000013000036	Mazotes	-	Wilson Alarcón	No inventario
5	19720010000013000005	Mazotes	-	Wilson Alarcón-Chequeador	SI

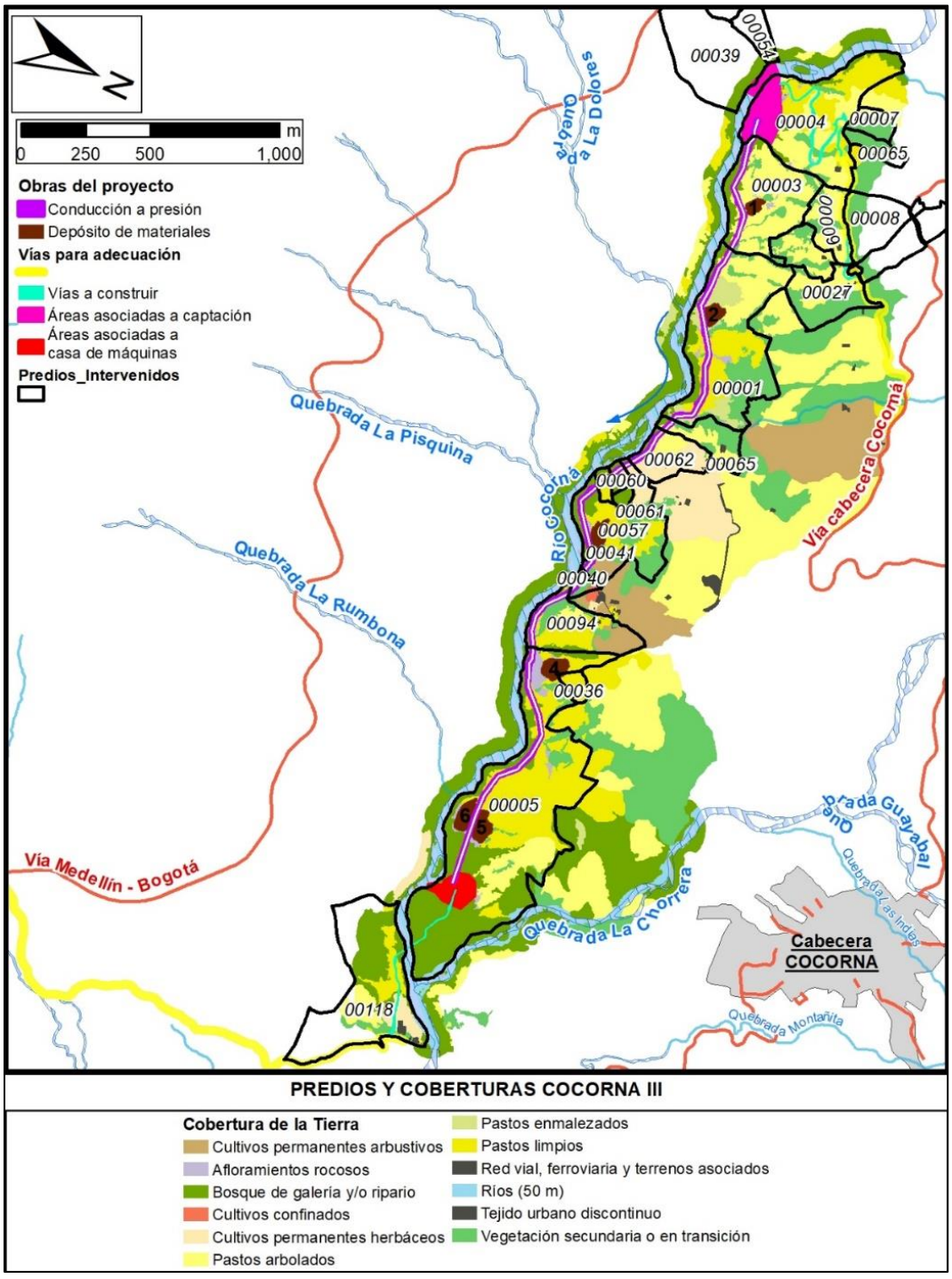


Figura 7-79. Localización de predios y obras del proyecto PCH Cocorná III

7.5.3 Inventario forestal

7.5.3.1 Metodología

Con el propósito de caracterizar los individuos arbóreos y arbustivos a aprovechar se realizó un inventario del 100% en el área de intervención directa del proyecto Cocorná III, además se midieron los individuos ubicados en las áreas circundantes, como margen de error. El inventario consistió del censo y medición de todos los individuos arbóreos, arbustivos, palmas y helechos arbóreos mayores al 10 cm de DAP, los cuales fueron georreferenciados con un receptor - GPS Garmin y marcados con pintura asfáltica amarilla. Las medidas dasométricas tomadas fueron: circunferencia a la altura del pecho (CAP), altura total (HT) y altura comercial (HC).

Para la medición de CAP se tuvo en cuenta las consideraciones mostradas en la Figura 7-80, donde también se indican los casos en que se debe modificar la altura estándar de medición, que consisten en presencia de deformaciones, bifurcaciones, aletones, entre otras, además considera la inclinación del terreno y del individuo. En el caso de que los árboles que se encontrarán bifurcados, pero con troncos fusionados, se tomó un solo CAP abarcando los dos troncos.

Todos los individuos fueron identificados hasta la menor clasificación taxonómica posible. Los individuos que no se pudieron determinar en campo se colectaron para su posterior identificación en el Herbario de Joaquín Antonio Uribe del Jardín Botánico (JAUM). Esto se rige por el permiso de colecta otorgado por CORNARE por medio de la Resolución 112-0273-2020 del 30 de Enero del 2020.

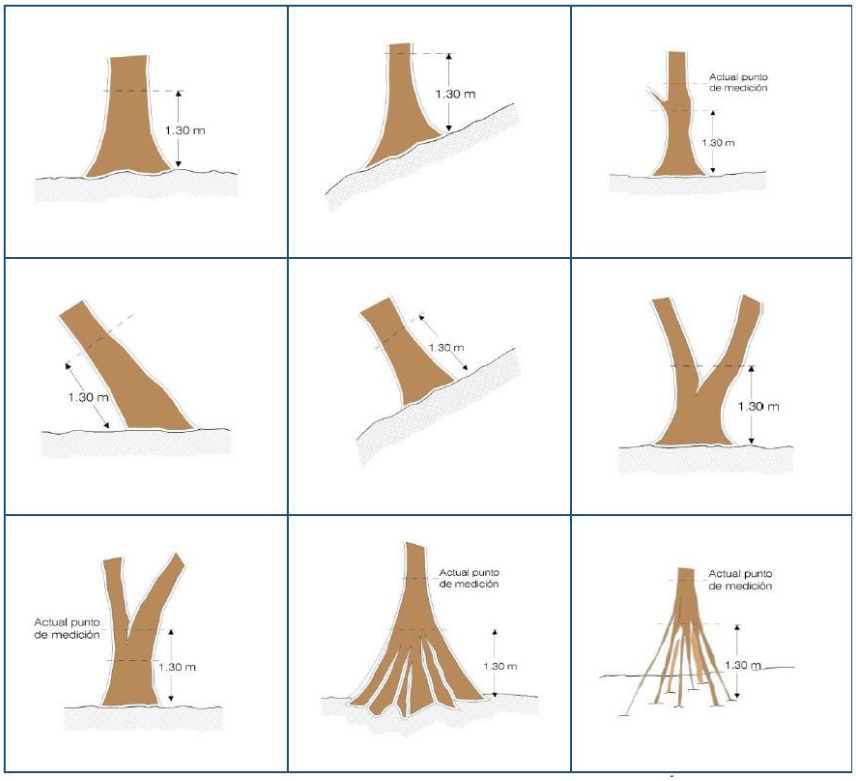


Figura 7-80. Medición de CAP teniendo en cuenta diferentes consideraciones

Fuente: (Dallmeier, 1992)

La estimación de los volúmenes a aprovechar en los predios sin autorización (obras de vías de acceso), fueron estimados con respecto a la información de las parcelas levantadas en la caracterización teniendo en cuenta cada una de las coberturas. El muestreo realizado cumple con el requerimiento de un error menor al 15% con un nivel de confianza del 95%, como se demuestra en los estadísticos de la Tabla 7-68.

Tabla 7-68: estadísticos del cálculo del error.

Estadísticos	Bosque de galería y/o ripario		Territorios agrícolas (Pastos arbolados)		Vegetación secundaria o en transición	
	VT (m^3)	G (m^2)	VT (m^3)	G (m^2)	VT (m^3)	G (m^2)
Promedio	7,15	0,76	0,80	0,13	0,76	0,10
Varianza	6,354	0,069	0,018	0,001	0,009	0,0002
Desviación estándar	2,52	0,26	0,13	0,02	0,10	0,01
Mediana	6,98	0,73	0,77	0,13	0,79	0,10
n	33	33	8	8	6	6
N	1206	1206	346	346	178	178
S(x)	0,43	0,04	0,05	0,01	0,04	0,01
tstud	2,04	2,04	2,36	2,36	2,57	2,57

Estadísticos	Bosque de galería y/o ripario		Territorios agrícolas (Pastos arbolados)		Vegetación secundaria o en transición	
	VT (m^3)	G (m^2)	VT (m^3)	G (m^2)	VT (m^3)	G (m^2)
error	0,88	0,09	0,11	0,02	0,10	0,01
C.V.%	71,44	34,41	16,77	17,86	13,13	14,01
L.C.+	4,15	0,85	0,92	0,15	0,86	0,11
L.C.-	2,47	0,67	0,69	0,11	0,65	0,08
Error%	**12,3**	**12,0**	**13,9**	**14,8**	**13,6**	**14,5**

El muestreo de parcelas consistió en levantamiento de transectos rectangulares de 4 x 50 m, es decir de 200 m^2 (0,02 ha) en las coberturas con individuos arbóreos (bosque ripario, vegetación secundaria y pastos arbolados), con un diseño de muestreo aleatorio e intensidades de muestreo relacionadas en la Tabla 7-69. La metodología se encuentra detallada en el componente Flora del Capítulo 2 - Generalidades.

Tabla 7-69. Estimación de número de parcelas a realizar en el inventario.

Cobertura	Área (ha)	Área (%)	# de parcelas población total	# parcelas Muestreo E<15%
Bosque ripario	24,12	69,7	1206	33
Vegetación secundaria	3,55	10,3	178	6
Pastos arbolados	6,93	20,0	346	8
Total	34,6	100	1730	47

La información levantada en los inventarios se organizó y posteriormente se calculó el volumen comercial y total por individuo, teniendo en cuenta la ecuación estipulada por CORNARE en los términos de referencia para la elaboración de plan aprovechamiento y manejo forestal de bosque natural único:

$$\ln V = -8.342 + 0.9002\ \ln(DAP^2) + 0.626 \ln(H)$$

$$V = e^{\ln (V)1}$$

Donde, V: Volumen con corteza comercial o total (m^3), DAP: Diámetro a la altura del pecho en cm, H: Altura total o altura comercial en m.

La estimación del volumen total y comercial de las áreas no autorizadas se realizó teniendo como referencia el volumen calculado por parcela, el cual fue extrapolado a

[1] Ecuación del Valle de San Nicolás (Bolívar et al., 2004)

hectárea según las coberturas, y por último se extrapoló al área de las vías proyectadas. La memoria de cálculos se presenta en el Anexo 7.4.2. Listado de especies inventariadas y cálculo de volúmenes.

7.5.3.2 Resultados

En el inventario forestal del 100% correspondiente al área de intervención del proyecto Cocorná III, se muestrearon 2.130 individuos de los cuales 2.100 fueron identificados hasta especie, 23 hasta género, 1 hasta familia y 6 no fueron identificados pues se encontraban defoliados en campo. Para los lotes no muestreados se estimaron un total de 120 individuos a aprovechar.

Los individuos que no se identificaron a nivel de especie, corresponden a muestras infértiles que hacen parte de grupos taxonómicos crípticos en donde los caracteres vegetativos no permiten una correcta identificación y para los cuales se requiere necesariamente la presencia de flores o frutos. Como soporte se adjunta el certificado del profesional encargado de la identificación, así como el certificado del herbario JAUM.

7.5.3.2.1 Composición Florística

Los individuos a aprovechar corresponden a 40 familias, 83 géneros y 118 morfo-especies. La familia con mayor importancia en el aprovechamiento forestal es la Melastomataceae por su abundancia con 631 individuos y riqueza con 11 morfo-especies, esta familia está representada principalmente por las especies *Miconia elata* (Sw.) DC. (471 individuos) y *Miconia dolichorrhyncha* Naudin (103 individuos), ver Figura 7-81 y Figura 7-82.

Otras familias de gran importancia por su abundancia son Hypericaceae con 331 individuos viéndose representado por las especies *Vismia macrophylla* Kunth y *Vismia baccifera* (L.) Triana & Planch.; la familia Vochysiaceae con 170 individuos de la especie *Vochysia ferruginea* Mart.; y la familia Urticaceae con 128 individuos de las especies *Pourouma bicolor* Mart. y *Cecropia angustifolia* Trécul. Por otro lado, las familias Fabaceae y Lauraceae, adquieren importancia en aprovechamiento por su riqueza equivalente a 13 y 9 especies respectivamente (Figura 7-81 y Figura 7-82).

De acuerdo con la composición florística, la zona presenta una mayor dominancia de especies de rápido crecimiento o representativas de bosques en sucesión o vegetación secundaria como *Miconia elata* y *Vismia baccifera*, lo que sugiere que esta zona tiene un alto grado de intervención ocasionado por la expansión de la frontera agrícola y por la extracción de especies de importancia maderable como *Jacaranda copaia*, *Hymenaea courbaril*, *Guarea guidonia*, *Andira inermis*, *Virola sebifera,*. *Calophyllum brasiliense* y *Vochysia ferruginea*.

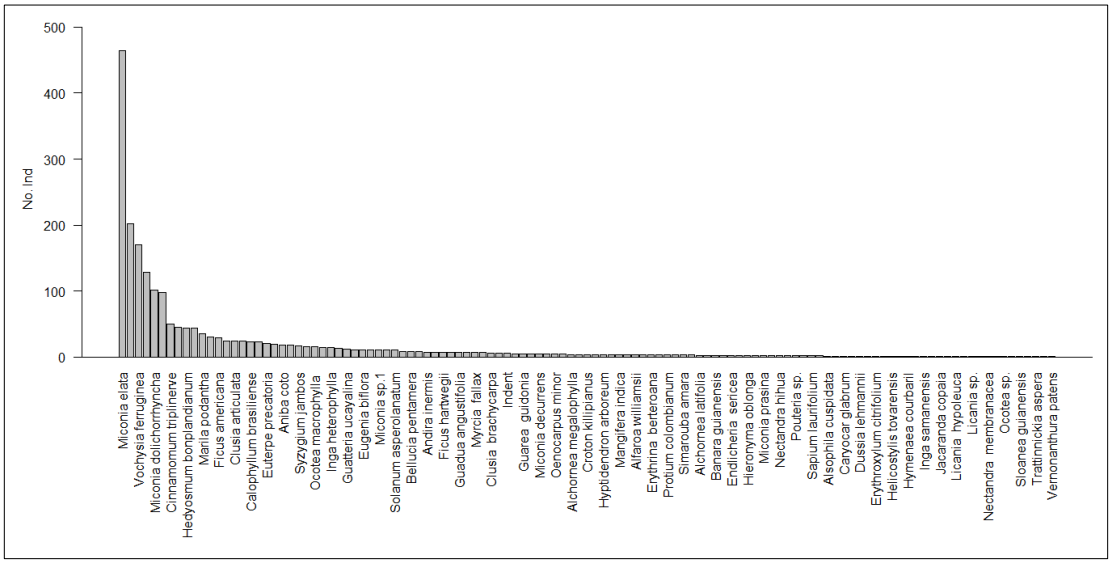


Figura 7-81. Composición florística del Aprovechamiento Forestal

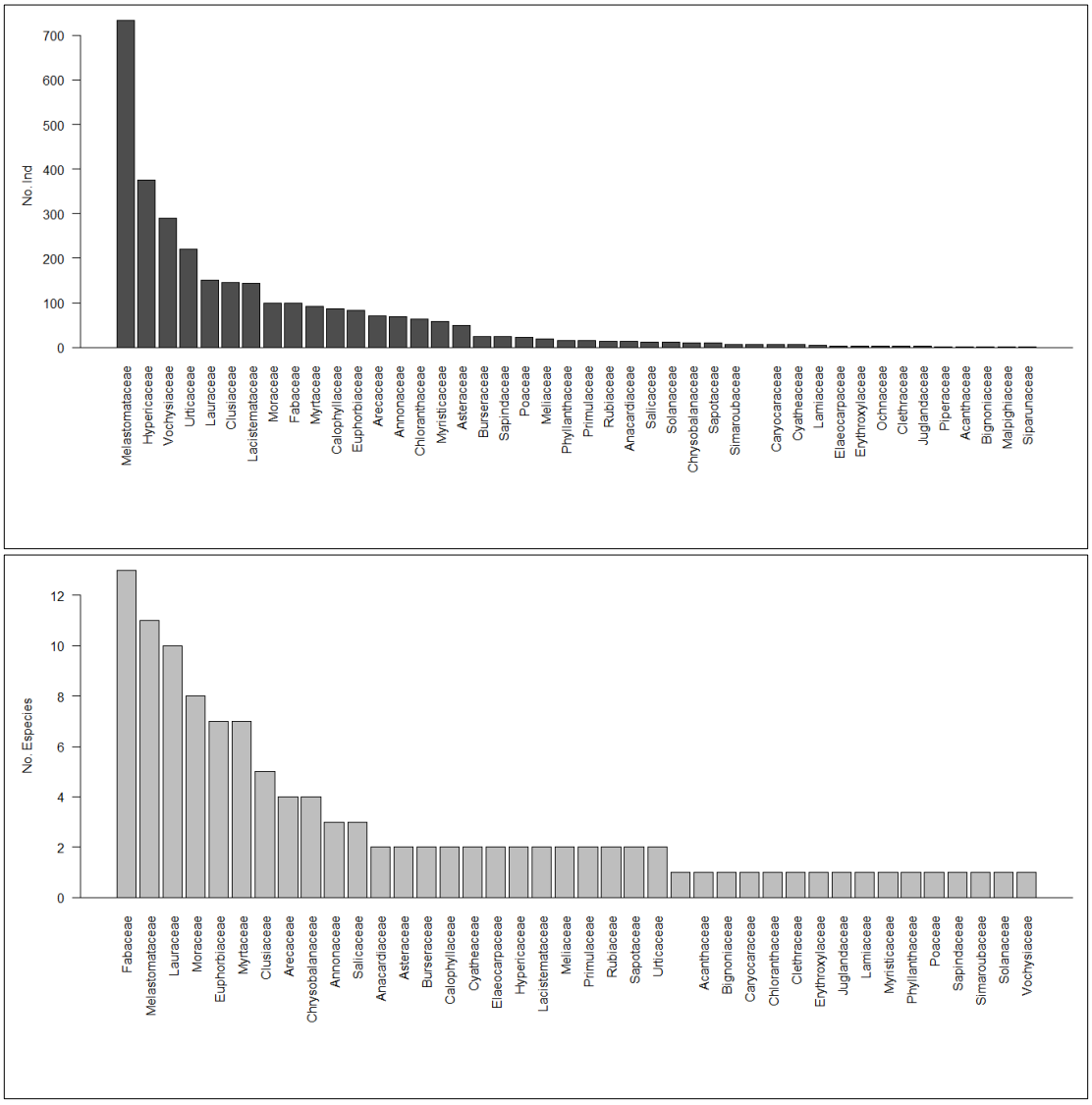


Figura 7-82. Riqueza y abundancia de las especies a Aprovechar

De la composición de especies en el área de intervención del proyecto, se encontraron las siguientes especies de especial importancia para la conservación: *Graffenrieda grandifolia*, por ser endémica para la biorregión de la vertiente oriental de la cordillera central (Idarraga et. al, 2011), y además se encuentra amenazada, en la categoría En Peligro (EN) según la UICN. De otro lado, según la Resolución 1912 del 2017 del MADS, las especies *Hyptidendron arboreum* y *Licania durifolia* se encuentran amenazadas en estado Vulnerable (VU) y En Peligro (EN) respectivamente. *Dussia lehmannii, Alfaroa williamsii* y *Aniba coto* presentan veda a nivel regional según Cornare. Finalmente, *Alsophila cuspidata, Cyathea meridensis,*

Cyathea squamipes, pertenecientes a la familia Cyatheaceae presentan veda a nivel nacional y se encuentran en el Apéndice II del CITES. La caracterización de las poblaciones de estas especies se desarrolla en la sección 7.6.4.

En el Anexo 7.4.2. Listado de especies inventariadas y cálculo de volúmenes, en la hoja de cálculo "Composición Florística", se lista la composición florista de las especies inventariadas ubicadas en el área de intervención directa del proyecto Cocorná III, con su respectivo nivel de amenaza, información de veda y su distribución.

7.5.3.2.2 Estructura Horizontal y vertical

En la Figura 7-83 se observa las distribuciones diamétricas y altimétricas de los individuos medidos en el inventario al 100%, las cuales tienen una distribución unimodal con sesgo positivo, es decir con predominancia de individuos de bajo porte y juveniles y baja presencia de individuos maduros de gran porte, lo que respalda la teoría de que la zona ha sufrido alta intervención por la expansión agrícola y la extracción selectiva de grandes individuos para usos madereros. El diámetro promedio de los individuos inventariados al 100% es de 17,48 ± 10,5 cm, alcanzando un máximo de 133,69 cm; y la altura promedio es de 10,7 ± 4,6m con una altura máxima de 38 m. los individuos que presentaron un mayor porte corresponden a las especies *Ficus americana*, *Albizia carbonaria*, *Cinnamomum triplinerve* y *Miconia tomentosa*.

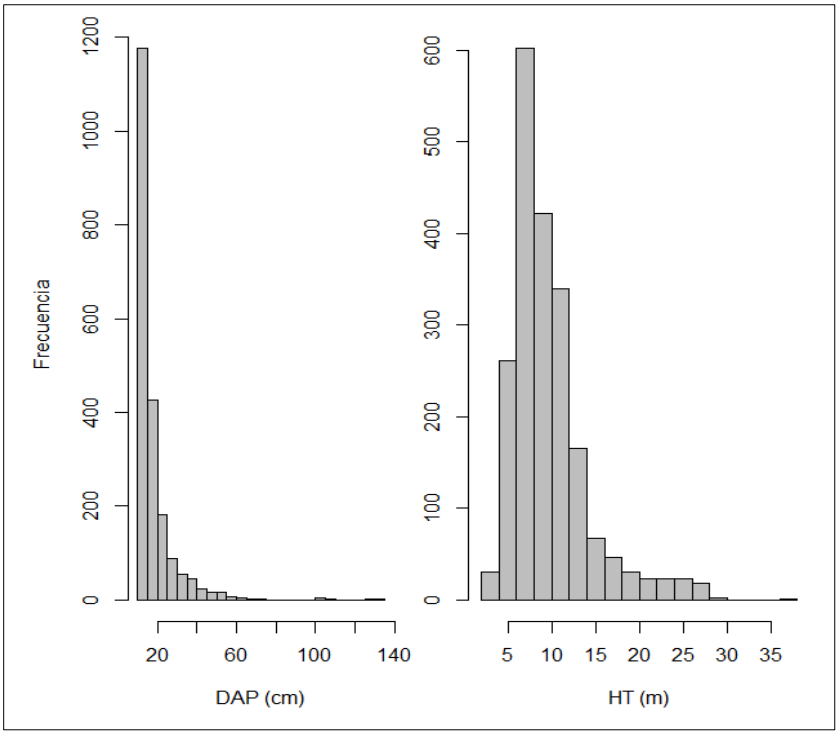


Figura 7-83. Distribuciones diamétricas y altimétricas, inventario 100%

Al evaluar la importancia de las especies por su área basal, es decir que tan dominantes son en un espacio, se puede ver que las especies de mayor importancia son *Vochysia ferruginea* y *Miconia elata* por ser especies con una alta abundancia y tener un porte medio, mientras que la especie *Ficus americana* resalta por los individuos de gran tamaño (Figura 7-84).

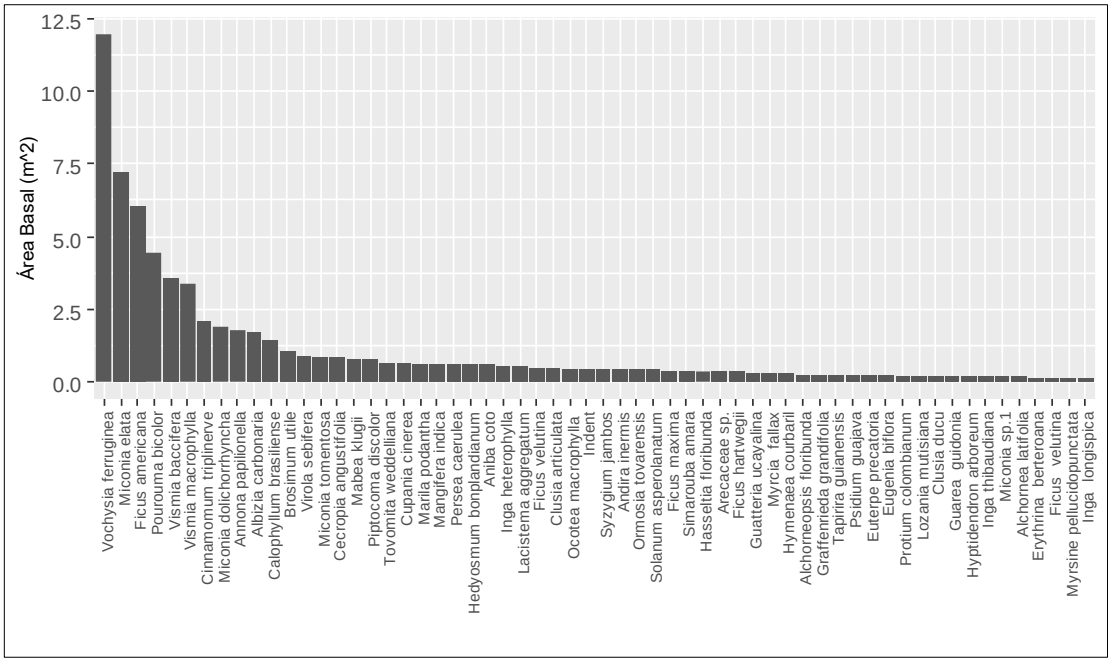


Figura 7-84. Dominancia de las especies por área basal

7.5.3.2.3 Área basal (G) y Volumen (V) total a aprovechar

De acuerdo con los requerimientos de la autoridad ambiental la estimación del área basal y volumen total aprovechar se realizó con el inventario al 100% del área de intervención directa. En las zonas donde no se tuvo acceso se calculó el volumen a explotar con las parcelas levantadas en la caracterización. Los cálculos de los volúmenes se relacionan en el Anexo 7.4.2. “Listado de especies inventariadas y cálculo de volúmenes”, en las hojas de cálculo “Cálculos Inventario 100%” y “Calculo Predios sin permiso”.

En la Tabla 7-70 se referencian los individuos y volúmenes a aprovechar en cada uno de los predios afectados, para las diferentes obras del proyecto. En los predios donde se realizó el inventario, se requiere el aprovechamiento de 2.130 individuos, los cuales tienen un volumen total de 529,01 m^3 y un área basal de 67,4 m^2; para los predios que no se tuvo acceso se estiman 119 individuos, con un volumen de 21,99 m^3 y un área basar de 2,69 m^2. En total se calcula la intervención de 2.229 individuos, con un volumen de 551,0 m^3 y un área basar de 70,09 m^2

Los predios que tendrán una mayor intervención por el aprovechamiento forestal corresponden a los propietarios Wilson Alarcón (1300005) y Luis Hernando Gómez Giraldo (11400004), por su gran extensión y por contener las obras de captación y una gran cantidad de Zodmes, respectivamente.

En el Anexo 7.4.2. Listado de especies inventariadas y cálculo de volúmenes, en las hojas de cálculo “Vol_G x Especie” y “Vol_G x predio” se presenta la información del aprovechamiento forestal detallada por especie y por predios respectivamente, en donde se puede observar que las familias Vochysiaceae, Hypericaceae Melastomataceae, y Urticaceae son más del 50% del volumen aprovechable, siendo las dos primeras de mayor interés por su uso maderable.

Tabla 7-70. Número de individuos, Volumen y Área basal del aprovechamiento forestal

Obra	Predio	No. de individuos	Área Basal (m^2)	Vol. Total (m^3)	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton)
Acceso a obras	1400004	36	0,90	5,16	8,03	4,01
	1400009*	37	0,65	4,53	5,01	2,51
	1400027*	37	0,63	4,41	4,86	2,43
	1300005	127	6,62	59,33	73,48	36,74
	1900118*	45	1,42	13,06	13,38	6,69
	Total Acceso Obras	**282**	**10,22**	**86,48**	**104,75**	**52,37**
Captación	1400003	1	0,03	0,25	0,25	0,13
	1400004	581	12,79	83,91	105,46	52,73
	Total Captación	**582**	**12,82**	**84,16**	**105,72**	**52,86**
Casa de Máquinas	1300005	394	12,10	88,34	124,23	62,12
	Total Casa de Máquinas	**394**	**12,10**	**88,34**	**124,23**	**62,12**
Depósitos	1300005	7	0,41	3,06	3,92	1,96
	Total Depósitos	**7**	**0,41**	**3,06**	**3,92**	**1,96**
Conducción	1300005	331	15,05	143,54	148,17	74,08
	1300040	49	2,34	19,35	28,20	14,10
	1300041	18	0,52	3,99	4,41	2,20
	1300057	291	9,50	72,56	99,82	49,91
	1300058	13	0,61	4,57	5,84	2,92
	1300060	22	0,55	4,03	4,54	2,27
	1300061	9	0,13	0,87	0,91	0,46
	1300062	70	1,43	11,07	12,08	6,04
	1300065	7	0,21	1,59	1,89	0,94
	1300094	11	0,97	6,32	13,37	6,69

Obra	Predio	No. de individuos	Área Basal (m^2)	Vol. Total (m^3)	Biomasa (Ton)	Carbono (Ton)
	1400001	37	0,77	5,22	6,18	3,09
	1400003	126	2,47	15,86	20,46	10,23
	Total Conducción	**984**	**34,54**	**288,97**	**345,88**	**172,94**
Total general		**2249**	**70,09**	**551,00**	**684,49**	**342,25**

* Los valores fueron estimados a partir de la información levantada en las parcelas de caracterización, debido a la falta de permiso para el acceso a estos predios

7.5.4 Solicitud de aprovechamiento

Se solicita ante la autoridad ambiental, CORNARE, el aprovechamiento forestal de los individuos inventariados y estimados para el área de intervención directa del proyecto hidroeléctrico Cocorná III, los cuales corresponden a aproximadamente 2.249 individuos, con un volumen total de 551,0 m^3.

7.5.5 Aprovechamiento

El aprovechamiento forestal se realizará de forma responsable con el medio ambiente buscando disminuir al máximo los impactos ocasionados y respetando las fuentes hídricas.

Previo a la actividad de tala se realizará la capacitación al personal, se rectificará los individuos a intervenir (PMA-MB-01), se rescatará los especímenes de flora sensible (PMA-MB-02), se ahuyentará y reubicará la fauna existente (PMA-MB-04), acorde con lo planteado en los planes de manejo del medio biótico (Ver Capitulo 10. “Planes y Programas”)

7.5.5.1 Tala

El plan del aprovechamiento forestal se describirá de forma detallada en el “Plan de manejo del de la Cobertura vegetal” en el Capítulo 10. A continuación de relaciona el resumen de este procedimiento:

En primera instancia se evaluará el individuo a apear y sus condiciones con el fin de identificar posibles riesgos y la dirección de caída, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Determinar la susceptibilidad a quebraduras de acuerdo al DAP, la altura, la especie y el estado fitosanitario.
- Se debe evaluar si las raíces son superficiales o hay pudriciones que puedan ocasionar la caída inesperada del árbol al momento de la tala.

- Evaluar si la copa esta uniformemente distribuida o si ésta es asimétrica, ya que la descompensación del peso puede afectar la dirección de caída del árbol.
- Evaluar la inclinación y el estado general del fuste, ya que esto puede descompasar el árbol en el momento de la tala.
- Determinar la altura del árbol para ajustar la muesca.
- Para la planeación de la ruta de escape se debe tener en cuenta la presencia de ramas secas y bejucos, ya que las primeras pueden desprenderse en la tala y las segundas pueden impedir la caída libre del árbol.

Para el procedimiento de tala se requerirá del uso de motosierras de espada larga y corta, machetes y juego de cuerdas. El procedimiento de tala se llevará a cabo siguiendo los siguientes pasos:

- El equipamiento del personal con todos los elementos de protección personal (EPPs) y la revisión del adecuado funcionamiento de todas las herramientas.
- Se rectificará la dirección de caída de los árboles, escogiendo aquella que permita una mayor seguridad del personal, la posición del fuste, la ruta de evacuación del personal, la pendiente del terreno y la conservación de las fuentes de agua y de los individuos que no se van a aprovechar.
- En caso de encontrarse individuos con bambas se procederá retirarlas con el árbol en pie, con el fin de facilitar la manipulación de los fustes y maximizar el volumen de madera aprovechado.
- Se procederá a hacer el corte del árbol el cual debe ser lo más cerca posible del suelo, para el caso de las áreas con alta pendiente el corte de los árboles se iniciará en la para alta del terreno. Además, para asegurar un adecuado derribamiento del individuo se realizará los siguientes cortes (ver Figura 7-85):
  - ✓ Con el fin de determinar la dirección de caída se realizará una muesca con una profundidad de al menos una quinta parte del diámetro del árbol, y con una altura aproximadamente a la profundidad, formando un ángulo de 45°
  - ✓ Posteriormente se realizará la bisagra para guiar la caída en dirección de la muesca realizada. Este corte se debe realizar horizontalmente por encima del corte inferior de la muesca, entre 2,5 a 5 cm. Se debe dejar aproximadamente un 10% del diámetro del tronco entre los cortes de la muesca y la bisagra, con el fin de mantener el control del árbol.
  - ✓ Finalmente se realiza el corte de caída, el cual se debe realizar por encima del corte inferior de la muesca permitiendo el desprendimiento de las fibras del tocón en lugar del fuste.
- Se realizará el descope y desrame con motosierra buscando la optimización del fuste.
- El trozado del fuste se realizará en el área con motosierra y este dependerá del uso final y de las características del tronco.

- Finalmente se llevará a cabo el desenraice por medio de forma mecánica o manual, dependiendo de las condiciones de los tocones y del terreno. La disposición final de estos tocones será en los botaderos autorizados por la entidad competente o como abono en las coberturas vegetales o en las compensaciones después de haber sido chipiados.

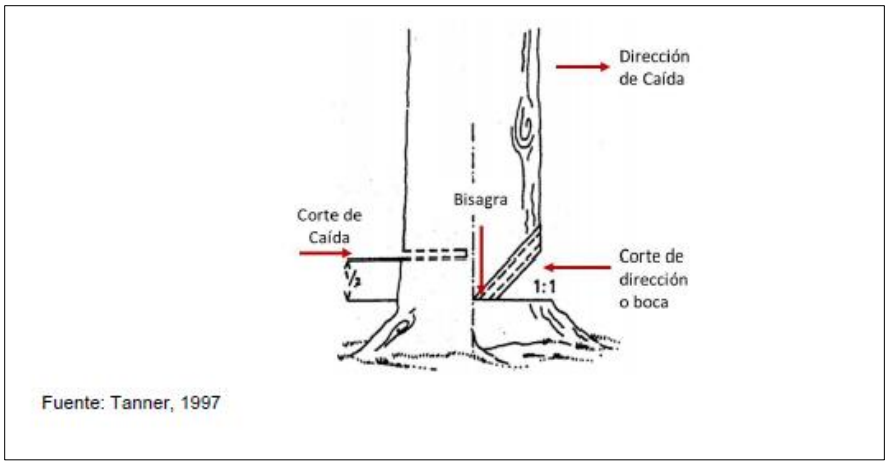


Figura 7-85. Corte del árbol

7.5.5.2 Extracción y acopio del material

El material extraído del aprovechamiento forestal, se dimensionará in situ con el fin de facilitar su transporte al lugar de acopio dentro del área del proyecto. La madera obtenida del aprovechamiento forestal será utilizada con prioridad dentro de las obras del proyecto y para la implementación de obras de compensación o estipuladas en los planes de manejo (Capitulo 10. Planes y Programas). Además, se llevarán registros de aprovechamiento (volumen, especies y disposición) para evitar el desperdicio o la pérdida del recurso forestal.

La madera proveniente de los árboles aprovechados incluye fustes y ramas, será aprovechado de la siguiente manera: Los fustes serán dimensionados en piezas como tablas, tablones, listones, estacones, vigas, cerchas, alfardas, entre otras; estas piezas serán utilizadas según los requerimientos y características de las obras del proyecto:

- Construcción de cercos prediales
- Elaboración de señales informativas y viales
- Construcción de campamentos, bodegas y depósitos
- Construcción trinchos, encofrados, formaletas, teleras

- Construcción obras de control de erosión y manejo hidráulico

Las ramas, hojarasca y palizadas serán trituradas (chipiadas) y se incorporan como sustrato a las actividades de siembra y mantenimiento del programa de manejo de la vegetación; así mismo, este material se podrá disponer en las zonas con vegetación secundaria del área de influencia para que se reincorporen al suelo.

De otra parte, la madera no utilizada en las obras será donada a los habitantes vecinos del proyecto. Dentro de las actividades del proyecto no se tiene contemplado hacer un uso comercial de la madera extraída en las áreas de aprovechamiento ni tampoco su transporte por fuera de la zona, por este motivo no se requerirá Salvoconducto Único de Movilización (SUN).

7.6 LEVANTAMIENTO DE VEDAS

El proyecto hidroeléctrico Cocorná III requiere realizar la solicitud del levantamiento de veda nacional y regional de los individuos sensibles identificados en el área de influencia biótico del proyecto. Para esto a continuación se resume la caracterización de los individuos vedados, al igual que el plan de rescate y de compensación de estos.

En el Capítulo 2 “Generalidades” se explica la metodología empleada en la caracterización de estas especies con más detalle, en el Capítulo 5 “Caracterización del área de influencia” se encuentra la caracterización detallada de las especies sensibles, la cual se retoma en la sección 7.6.4 del presente Capítulo; finalmente, en el Capítulo 10 “Planes y Programas” se detallan los planes de manejo, seguimiento y monitoreo para estas especies afectadas.

7.6.1 Introducción

Para evitar la extinción de especies de flora sensibles, al igual que mejorar su estado de conservación, especialmente de aquellas que tienen una mayor disminución de sus poblaciones, se incluyeron estas especies dentro de la categoría de veda nacional o regional, por lo tanto, en este capítulo se realizará la solicitud de levantamiento de veda de las especies estipuladas en:

- El Acuerdo No 262 del 22 de noviembre de 2011, el cual declara la veda indefinida para algunas especies forestales en la jurisdicción de CORNARE, que prohíbe el uso y aprovechamiento de las especies presentes en dicha resolución.
- La Resolución 0213 de 1977 del INDERENA por la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre
- La Resolución 0801 de 1977 del INDERENA por la cual se declara planta protegida una especie de flora silvestre y se establece una veda a nivel nacional.

7.6.2 Objetivo

7.6.2.1 Objetivo General

Solicitar ante la Subdirección de Recursos Naturales de la Corporación Autónoma regional de los Ríos Negro y Nare (CORNARE), el levantamiento de veda de los individuos de las especies forestales declaradas con veda nacional y regional o restricción de uso y aprovechamiento incluidas en la Resolución 0801 de 1977 del INDERENA y 262 de 2011 de CORNARE, que se encuentran al interior del área de Intervención del "Proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica Cocorná III".

7.6.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las especies vedadas identificadas en el área de intervención del Proyecto.
- Diseñar medidas de manejo necesarias para compensar y mitigar la afectación sobre las especies vedadas presentes en el área de intervención del proyecto.
- Solicitar el Levantamiento parcial de veda de los individuos de especies con declaratoria de veda o con restricciones de uso y aprovechamiento a nivel nacional y regional bajo la Resolución 0801 de 1977 del INDERENA y el acuerdo 262 de 2011 de CORNARE.

7.6.3 Área de intervención

El área de influencia del proyecto hidroeléctrico PCH Cocorná III está compuesta por diez coberturas (ver Tabla 7-66), las cuales se encuentran dentro de la zona de vida bosque pluvial premontano (bp-PM) y del orobioma e hidrobioma subandino del Nechí - San Lucas. El área de intervención tiene una superficie de 12,84 ha y está representado por las distintas obras, instalaciones, vías y zodmes (Zonas de Depósito de Material de Excavación). El proyecto se encuentra distribuido en las áreas de la Tabla 7-71 y localizadas de acuerdo a la Figura 7-86. Para efectos del trámite relacionado con el presente documento, el levantamiento de veda se solicita únicamente para el área de intervención.

Tabla 7-71. Áreas de intervención PCH Cocorná III

Tipo de Obra	Área (Ha)
Área colocación de tubería y obras asociadas	3,04
Área de captación y derivación	3,22
Área de generación y retorno del caudal	1,53
Áreas de acceso a depósitos	0,10
Áreas de acceso a obras	1,41
Depósitos	3,55

Tipo de Obra	Área (Ha)
Total	**12,84**

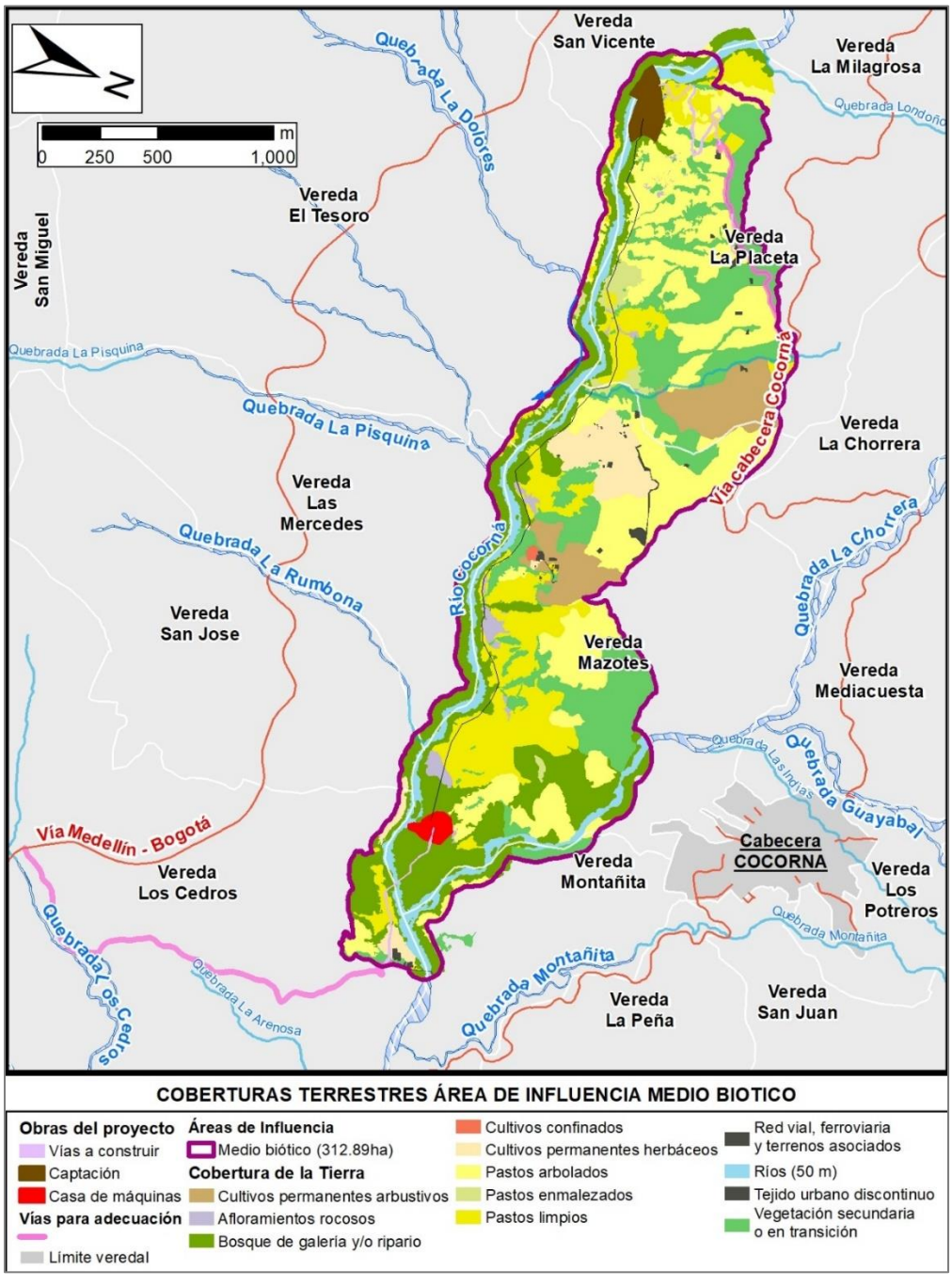


Figura 7-86. Coberturas en el área de intervención del Proyecto

7.6.4 Caracterización de especies arbóreas sensibles

En el área de intervención del proyecto se identificaron 10 especies de importancia para la conservación por ser endémicas, tener algún grado de amenaza o presentar veda. Se catalogaron como endémicas las especies *Pseudoxandra sclerocarpa y Graffenrieda grandifolia*, que además se encuentra en peligro (EN) según la UICN. De otro lado, según la Resolución 1912 del 2017 del MADS, se encontraron 2 especies amenazadas: *Hyptidendron arboreum* en estado vulnerable (VU) y *Licania durifolia* en peligro (EN). *Dussia lehmannii, Alfaroa williamsii* y *Aniba coto* presentan veda a nivel regional según Cornare, Finalmente, las especies *Alsophila cuspidata, Cyathea meridensis, Cyathea squamipes*, pertenecientes a la familia Cyatheaceae presentan veda a nivel nacional y se encuentran en el Apéndice II del CITES. En la Tabla 7-72se presentan las principales características de estas especies; en la Figura 7-87 se presenta la localización de individuos adultos en el área de intervención del proyecto.

Tabla 7-72. Especies arbóreas sensibles en el área de intervención

Familia	Especie	Cites	UICN	Minis	Distribución	Veda	Ent. Veda	Usos
Annonaceae	*Pseudoxandra sclerocarpa*				Endémica			M
Melastomataceae	*Graffenrieda grandifolia*		EN		Endémica			M
Lamiaceae	*Hyptidendron arboreum*			VU	Restringida			M;R
Chrysobalanaceae	*Licania durifolia*			EN	Restringida			M
Fabaceae	*Dussia lehmannii*				Restringida	Regional	CORNARE	M
Juglandaceae	*Alfaroa williamsii*				Restringida	Regional	CORNARE	M; C
Lauraceae	*Aniba coto*				Restringida	Regional	CORNARE	M; AF
Cyatheaceae	*Alsophila cuspidata*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR
Cyatheaceae	*Cyathea meridensis*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR
Cyatheaceae	*Cyathea squamipes*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR

Fuentes: Catálogo de la flora de Antioquia (Idarraga et al., 2020), libros rojos de plantas de Colombia, listados IUCN (2015), Res. 1912/2017 Ministerio del Medio Ambiente, Acuerdo 207/2008 y Acuerdo 262/2011 CORNARE

USOS: M (maderable), C (Combustible), R (Restauración y conservación), Af (Alimento fauna), NR (No reportado)

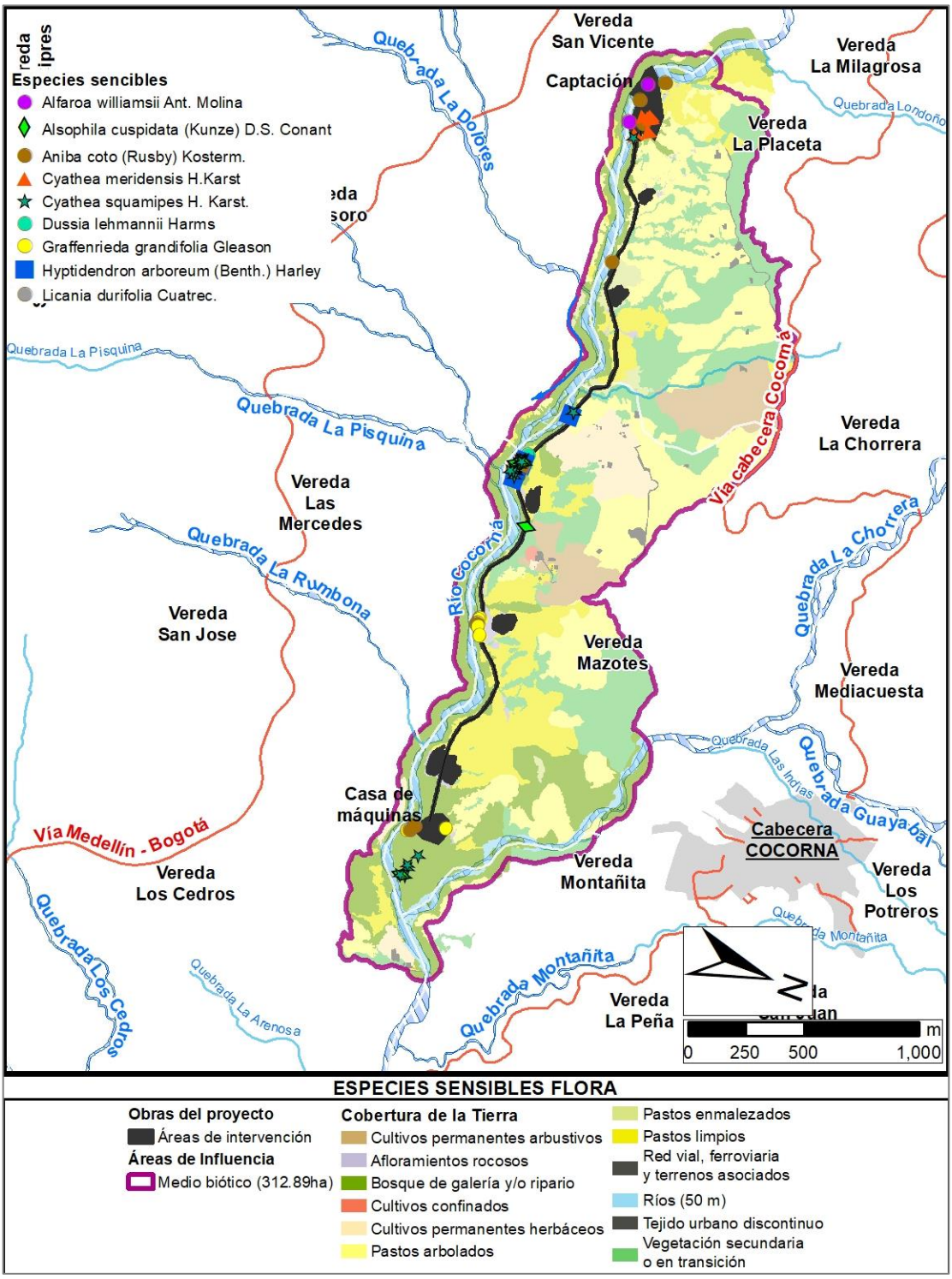


Figura 7-87. Localización de especies arbóreas sensibles en el área de intervención

7.6.4.1 Especies arbóreas endémicas o amenazadas

A partir de la información del censo forestal y las parcelas de caracterización, en el área de influencia del proyecto, se identificaron cuatro especies arbóreas de importancia para la conservación puesto que se encuentran bajo alguna categoría de amenaza o son endémicas (Ver Tabla 7-73). Todos los individuos fueron registrados en la cobertura de Bosque Ripario.

Tabla 7-73. Especies arbóreas endémicas o amenazadas

Familia	Especie	Cites	UICN	Minis	Distribución	Veda	Ent. Veda	Usos
Annonaceae	*Pseudoxandra sclerocarpa*				Endémica			M
Melastomataceae	*Graffenrieda grandifolia*		EN		Endémica			M
Lamiaceae	*Hyptidendron arboreum*			VU	Restringida			M;R
Chrysobalanaceae	*Licania durifolia*			EN	Restringida			M

Fuentes: Catálogo de la flora de Antioquia (Idarraga et al., 2011), libros rojos de plantas de Colombia, listados IUCN (2015), Res. 1912/2017 Ministerio del Medio Ambiente, Acuerdo 207/2008 y Acuerdo 262/2011 CORNARE
USOS: M (maderable), R (Restauración y conservación)

La definición de endemismo se restringió a la biorregión correspondiente a la vertiente oriental de la cordillera central, y de acuerdo con el Catálogo de flora de Antioquia (Idarraga et al., 2011), se catalogaron como endémicas las especies *Pseudoxandra sclerocarpa y Graffenrieda grandifolia*, que además se encuentra en peligro (EN) según la UICN. De otro lado, según la Resolución 1912 del 2017 del MADS, en la zona de influencia del proyecto se encontraron 2 especies amenazadas: *Hyptidendron arboreum* en estado vulnerable (VU) y *Licania durifolia* en peligro (EN).

A continuación, se realiza la caracterización de las especies endémicas o amenazadas en el área de influencia biótica, según lo dispuesto en el numeral 5.2.2 de los Términos de Referencia Sector Energía adaptados por CORNARE.

7.6.4.1.1 Levantamiento de información

Para caracterizar las poblaciones de las especies endémicas o amenazadas en el área de influencia biótica, la información del censo forestal y de las 47 parcelas de caracterización se complementó mediante el establecimiento de 12 nuevas parcelas de regeneración en Bosque ripario y 3 en Vegetación secundaria, en el área de intervención del proyecto (Tabla 7-74 y Figura 7-88). Los registros de las parcelas de regeneración en la zona de intervención del proyecto se reportan de forma detallada en el Anexo 5.2.4. Inventario Forestal PCH Cocorná III, hoja “Regeneración Especies Sensibles”.

Tabla 7-74. Parcelas de regeneración en el área de intervención del proyecto

Parcela	Cobertura	Fecha	Coord X	Coord Y	Cota
P4T3	Bosque de galería y/o ripario	10/10/2020	876113	1160124	1231
P8T2	Bosque de galería y/o ripario	10/10/2020	877606	1160267	1130
RB-01	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	874566	1160056	1380
RB-02	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	874616	1160092	1362
RB-03	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	874634	1160102	1365
RB-04	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	875854	1160255	1282
RB-05	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	875994	1160176	1275
RB-06	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	876094	1160134	1264
RB-07	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	876159	1160100	1256
RB-08	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	876194	1160111	1271
RB-09	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	877555	1160256	1278
RB-10	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	877573	1160257	1129
RB-11	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	877652	1160266	1128
RB-12	Bosque de galería y/o ripario	21/04/2021	877892	1160274	1148
VEG1	Vegetación secundaria o en transición	10/10/2020	876483	1160219	1207
VEG2	Vegetación secundaria o en transición	10/10/2020	876430	1160231	1207
RV-01	Vegetación secundaria o en transición	21/04/2021	876394	1160224	1231
RV-02	Vegetación secundaria o en transición	21/04/2021	876415	1160227	1241
RV-03	Vegetación secundaria o en transición	21/04/2021	876483	1160212	1239

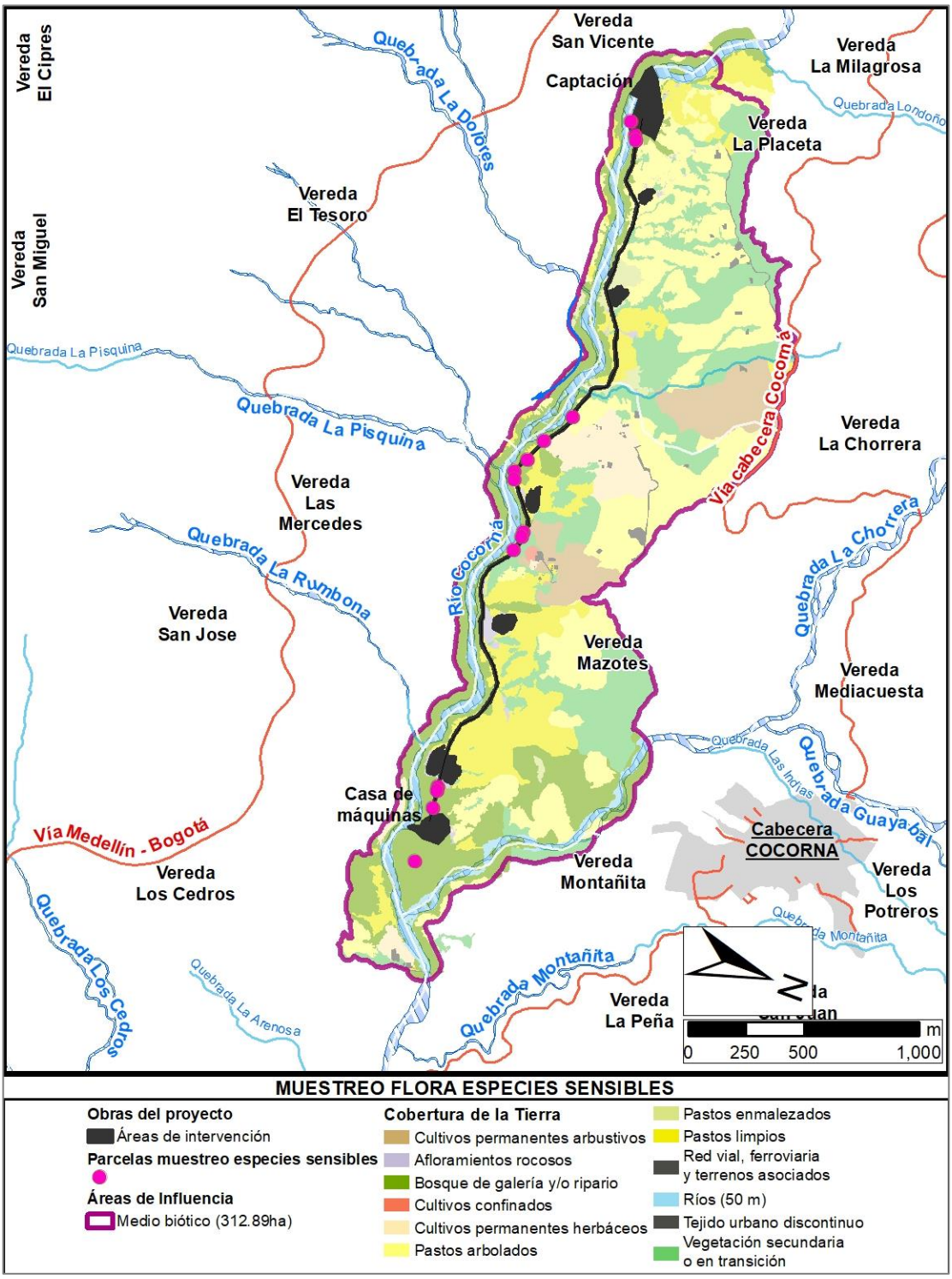


Figura 7-88. Localización de parcelas de regeneración de especies arbóreas sensibles en el área de intervención

De manera complementaria, se realizaron recorridos libres en la zona de influencia con el objetivo de identificar individuos adultos; sin embargo, no fue posible obtener nuevos registros. Se reitera que para el área de influencia se cuenta con un muestro estadístico representativo con un error menor al 15%, mientras que en el área de intervención del proyecto se realizó un censo forestal del 100% de los individuos adultos, concluyendo que la dificultad de encontrar más ejemplares de estas especies radica en su rareza y baja representación en los ecosistemas estudiados.

7.6.4.1.2 Individuos registrados

En la Tabla 7-75 se presenta el registro de especies endémicas y amenazadas en el área de influencia biótica, incluyendo la información del censo forestal, las parcelas de caracterización y las parcelas de regeneración adicionales. Es importante resaltar que todos los registros para estas especies se presentaron en la cobertura de Bosque ripario.

Graffenrieda grandifolia es la especie que presenta mayor abundancia con 32 registros en total, de los cuales 29 son fustales, y los otros 3 hacen parte de la regeneración; para *Hyptidendron arboreum*, se registran 4 fustales y 1 brinzal; para *Licania durifolia* se registran 2 fustales y 2 brinzales, mientras que para *Pseudoxandra sclerocarpa* sólo se registran 2 brinzales.

Tabla 7-75. Registro de especies endémicas y amenazadas en el área de influencia

Especie	No. Fustales	No. Latizales	No. Brinzales	Total
Graffenrieda grandifolia Gleason	29	1	2	32
Hyptidendron arboreum (Benth.) Harley	4		1	5
Licania durifolia Cuatrec.	2		2	4
Pseudoxandra sclerocarpa Maas			2	2

7.6.4.1.3 Clases diamétricas y altimétricas

A continuación, se presenta la distribución diamétrica y altimétrica para las especies endémicas y amenazadas; se exceptúa la especie *Pseudoxandra sclerocarpa* que carece de información para el análisis, pues sólo presenta un registro.

Graffenrieda grandifolia presenta una distribución diamétrica y altimétrica en forma de campana, con predominancia de individuos adultos de porte medio, con diámetros entre 10 cm y 20 cm, y alturas entre 5 m y 10 m. Las poblaciones de esta especie son especialmente vulnerables pues se cuenta con pocos individuos juveniles para el recambio generacional, a la vez que escasean los árboles maduros que podrían servir como semilleros (Figura 7-89).

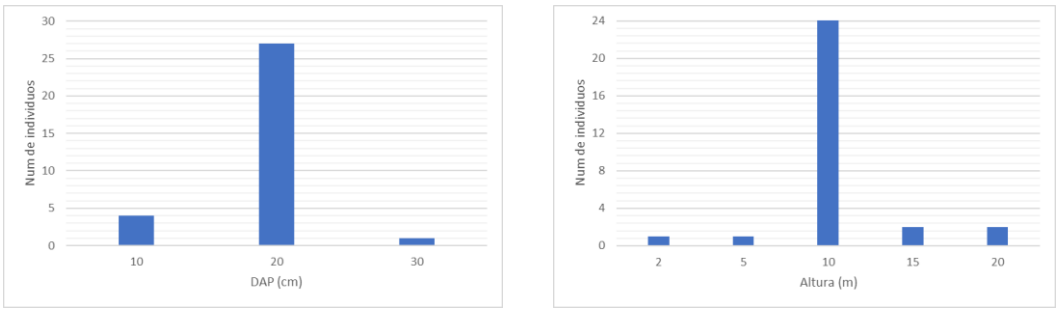


Figura 7-89. Distribución altimétrica y diamétrica de *Graffenrieda grandifolia*

Para *Hyptidendron arboreum* se tiene una predominancia de individuos adultos con diámetros entre 10 cm y 30 cm, y alturas entre 15 m y 30 m. Como en los casos anteriores, la escases de individuos juveniles evidencia una alta vulnerabilidad de las poblaciones de esta especie (Figura 7-90).

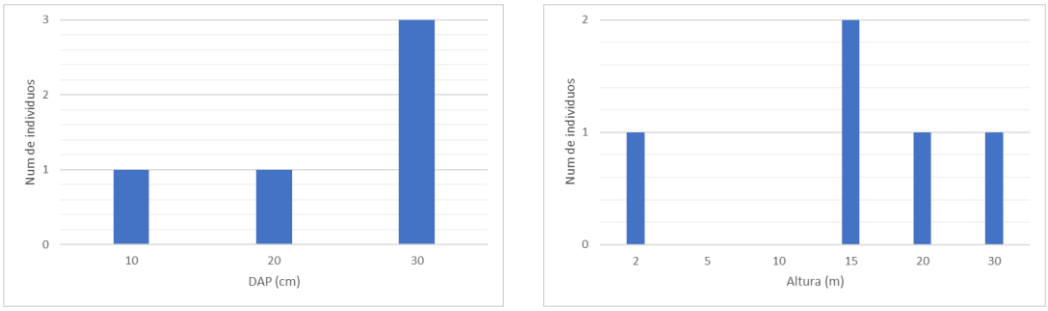


Figura 7-90. Distribución altimétrica y diamétrica de *Hyptidendron arboreum*

Los registros de *Licania durifolia* son muy escasos, y están representados sólo por 2 individuos fustales y 2 individuos de regeneración, los cuales conforman 2 clases tanto en la distribución diamétrica como altimétrica (Figura 7-91).

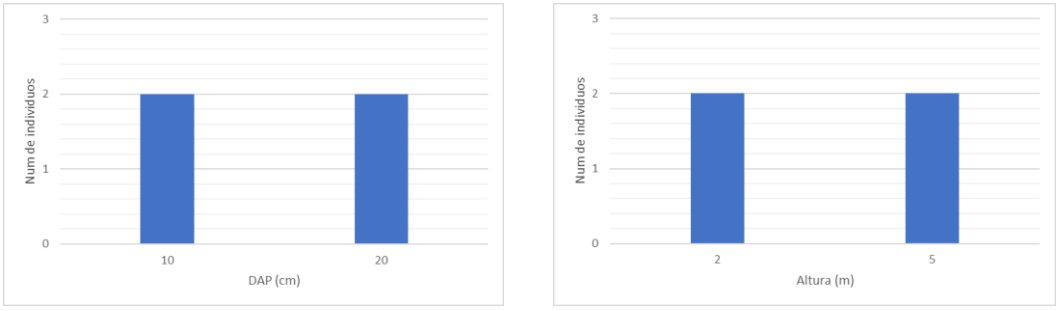


Figura 7-91. Distribución altimétrica y diamétrica de *Licania durifolia*

7.6.4.1.4 Caracterización de la regeneración

En la Tabla 7-76 se presentan la estimación de los individuos de regeneración, para las especies endémicas y amenazadas en el área de influencia biótica. Para la estimación de la densidad de individuos por hectárea, se tuvo en cuenta el área total muestreada en las 33 parcelas de caracterización, más las 12 parcelas de regeneración adicionales, para un total de 0,9 ha muestreadas. La extrapolación de la cantidad de individuos al área de influencia biótica se realizó con base en la extensión del Bosque ripario en esta área, la cual equivale a 24,12 ha. Todos los individuos de regeneración de estas especies que se encuentren en el área de intervención del proyecto serán objeto de traslado para garantizar su conservación, de acuerdo a lo estipulado en el Plan de Manejo PMA-MB-02

Tabla 7-76. Caracterización de la regeneración de las especies endémicas y amenazadas en el área de influencia biótica

Especie	Estimados por Hectárea			Estimado área de influencia		
	Latizales	Brinzales	Total	Latizales	Brinzales	Total
Graffenrieda grandifolia Gleason	1	2	**3**	27	54	**80**
Hyptidendron arboreum (Benth.) Harley	0	1	**1**	0	27	**27**
Licania durifolia Cuatrec.	0	2	**2**	0	54	**54**
Pseudoxandra sclerocarpa Maas	0	2	**2**	0	54	**54**

Se tienen densidades de regeneración entre 3 y 1 individuo por hectárea, lo que demuestra una gran vulnerabilidad de las poblaciones de estas especies, pues la carencia de individuos juveniles dificulta el recambio generacional y la conservación de las especies en el mediano y largo plazo. Para el área de influencia del proyecto se estima una abundancia entre 27 y 80 individuos de regeneración para las especies endémicas y amenazadas.

7.6.4.1.5 Usos y amenazas

Las especies *Pseudoxandra sclerocarpa, Hyptidendron arboreum, Graffenrieda grandifolia* y *Licania durifolia* han sido tradicionalmente usadas en la región para la extracción de madera basta, cuyo destino principal es la elaboración de estacones y otros elementos para las actividades agrícolas. Sin embargo, debido a su escasez, este uso no es muy frecuente en la actualidad.

La principal amenaza de estas especies es la pérdida de hábitat como consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola, así como el aislamiento de sus individuos. por

la fragmentación de los ecosistemas, lo que conduce a una reducción del acervo genético y de las probabilidades de reproducción.

7.6.4.2 Especies arbóreas con veda regional

En el área de influencia del proyecto, se identificaron tres especies arbóreas que presentan veda a nivel regional según Cornare, siendo estas *Dussia lehmannii, Alfaroa williamsii* y *Aniba coto* (Tabla 7-77).

Tabla 7-77. Especies arbóreas con veda

FAMILIA	ESPECIE	CITES	UICN	MINIS	DISTRIBUCIÓN	VEDA	ENT. VEDA	USOS
Fabaceae	*Dussia lehmannii*				Restringida	Regional	CORNARE	M
Juglandaceae	*Alfaroa williamsii*				Restringida	Regional	CORNARE	M; C
Lauraceae	*Aniba coto*				Restringida	Regional	CORNARE	M; AF

Fuentes: Catálogo de la flora de Antioquia (Idarraga et al., 2020), libros rojos de plantas de Colombia, listados IUCN (2015), Res. 1912/2017 Ministerio del Medio Ambiente, Acuerdo 207/2008 y Acuerdo 262/2011 CORNARE
USOS: M (maderable), C (Combustible), R (Restauración y conservación), AF (Alimento fauna),

A continuación, se presenta la caracterización de las especies árboreas con veda regional, en el área de intervención del proyecto, según lo dispuesto en la Circular 8201-02-808 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

7.6.4.2.1 Levantamiento de información

La información de fustales se obutvo del censo forestal en el área de intervención del proyecto. De otro lado los registros de la regeneración se tomaron de las parcelas de caracterización en coberturas naturales, así como de las parcelas de regeneración en el área de intervención del proyecto (ver Tabla 7-74)

De las 33 parcelas establecidas en Bosque ripario, 2 de ellas (P4T3 y P8T2) se encuentran al interior del área de intervención del proyecto; de la misma forma, de las 6 parcelas establecidas en Vegetación secundaria, 2 de ellas (VEG1 y VEG2) se encuentran en la zona de construcción de las obras. Teniendo en cuenta tanto las parcelas de caracterización, así como las parcelas de regeneración, en la zona de intervención del proyecto se tiene un total de 14 parcelas en Bosque ripario y 5 en Vegetación secundaria, lo cual equivale a intensidades de muestreo de 8,9% y 21,2% respectivamente.

Debido a que el área de intervención del proyecto es un subconjunto del área de influencia biótica, se considera que comparten la misma variabilidad. Así, los muestreos de regeneración de especies vedadas en la zona de intervención cumplen

también con un error menor al 15% al presentar intensidades de muestreo incluso mayores a las correspondientes al área de influencia (ver Tabla 7-78). Los registros de las parcelas de regeneración en la zona de intervención del proyecto se reportan de forma detallada en el Anexo 5.2.4. Inventario Forestal PCH Cocorná III, hoja "Regeneracion Especies Sensibles".

Tabla 7-78. Intensidad de muestreo - Regeneración en el área de intervención del proyecto

Cobertura	Área (ha)	Parcelas posibles	Parcelas establecidas	Intensidad muestreo (%)
Bosque de galería y/o ripario	3,15	158	14	8,89
Vegetación secundaria o en transición	0,47	24	5	21,23

7.6.4.2.2 Individuos registrados

En la Tabla 7-79 se presenta el registro de especies árboreas con veda en el área de intervención del proyecto. La información de fustales corresponde a los registros del censo forestal, mientras que los datos de regeneración corresponden a las parcelas de caracterización y las parcelas de regeneración adicionales. Todos los registros para estas especies se presentaron en la cobertura de Bosque ripario.

Tabla 7-79. Registro de especies arbóreas con veda en el área de influencia

Especie	No. Fustales	No. Latizales	No. Brinzales
Alfaroa williamsii Ant. Molina	3	1	4
Aniba coto (Rusby) Kosterm.	18	1	5
Dussia lehmannii Harms	1		

La especie vedada con mayor abundancia es *Aniba Coto* con 18 fustales y 6 individuos de regeneración; a continuación, se encuentra *Alfaroa williamsii* con 3 fustales y 5 individuos de regeneración; *Dussia lehmannii* por su parte sólo registra un individuo adulto.

7.6.4.2.3 Clases diamétricas y altimétricas

A continuación, se presenta la distribución diamétrica y altimétrica para las especies arbóreas con veda regional; se exceptúa la especie *Dussia lehamannii* que carece de información para el análisis, pues sólo presenta un registro.

La distribución diamétrica de *Alfaroa williamsii* presenta una forma de jota invertida, lo que implica una mayor cantidad de individuos de regeneración respecto a la población de individuos adultos. La distribución de alturas por su parte, muestra predominancia de individuos con alturas menores a 2 m, seguido de los individuos

con alturas entre 5 m y 10 m; siendo los individuos de porte medio con alturas entre 2 m y 5 m los de menor representatividad (Figura 7-92).

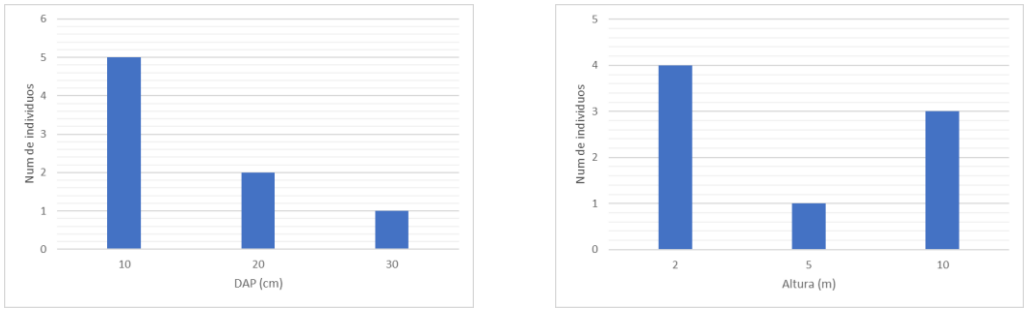


Figura 7-92. Distribución altimétrica y diamétrica de *Alfaroa williamsii*

La distribuciones diamétrica y altimétrica de *Aniba coto* evidencian una predominancia de individuos adultos de porte medio, con diámetros entre 10 cm y 20 cm, y alturas entre 10 m y 15 m (Figura 7-93). La baja representatividad de individuos juveniles es muestra de una alta vulnerabilidad de las poblaciones de esta especie, dado que no se cuenta con individuos que garanticen el recambio generacional tras la muerte o aprovechamiento de los ejemplares adultos.

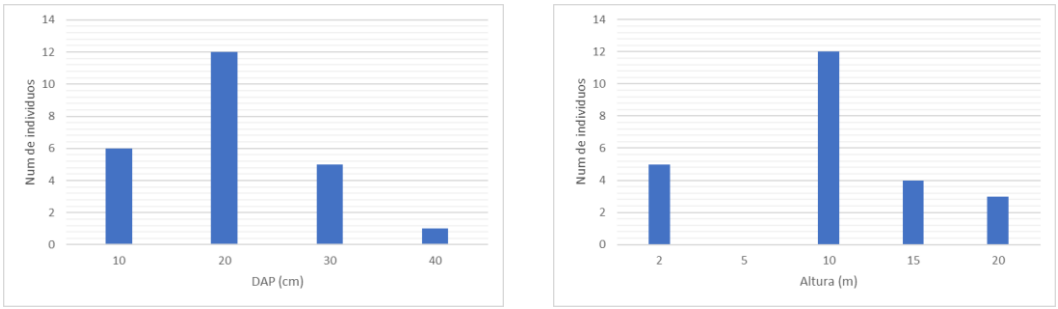


Figura 7-93. Distribución altimétrica y diamétrica de *Aniba coto*

7.6.4.2.4 Caracterización de la regeneración

En la Tabla 7-80 se presenta la estimación de los individuos de regeneración, para las especies con veda regional en el área de intervención del proyecto. Para la estimación de la densidad de individuos por hectarea, se tuvo en cuenta el área total muestreada en las 33 parcelas de caracterización, más las 12 parcelas de regeneración adicionales, para un total de 0,9 ha muestreadas. La extrapolación de la cantidad de indivudos al área de intervención se realizó con base en la extensión del Bosque ripario en esta zona, la cual equivale a 3,15 ha.

Tabla 7-80. Caracterización de la regeneración de las especies arbóreas con veda en el área de intervención

Especie	Estimados por Hectárea			Estimado área de intervención		
	Latizales	Brinzales	Total	Latizales	Brinzales	Total
Alfaroa williamsii Ant. Molina	1	4	**4**	4	14	**14**
Aniba coto (Rusby) Kosterm.	1	6	**6**	4	18	**18**
Dussia lehmannii Harms	0	0	**0**	0	0	**0**

Para *Alfaroa williamsii* y *Aniba coto* se tienen densidades de regeneración de 4 y 6 individuos por hectárea, mientras que para *Dussia lehmannii* no se tienen registros de regeneración. Esta situación demuestra una gran vulnerabilidad de las poblaciones de estas especies, pues la carencia de individuos juveniles dificulta el recambio generacional y la conservación de las especies en el mediano y largo plazo. En el área de intervención se estiman 14 individuos de regeneración para *Alfaroa williamsii* y 18 para *Aniba coto* que serán objeto de trasplante para garantizar la conservación de estas especies, de acuerdo a lo estipulado en el Plan de Manejo PMA-MB-02.

7.6.4.2.5 Usos y amenazas

Las especies *Alfaroa williamsii, Aniba coto* y *Dussia lehmannii* poseen maderas de alto valor comercial, por lo que la tala selectiva de estas especies es una de las mayores amenazas para su conservación. De otro lado, por ser especies primarias, que presentan condiciones de hábitats en buen estado de conservación para su establecimiento y reproducción, la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida de hábitats por la ampliación de la frontera agrícola constituye la principal amenaza para su conservación.

7.6.4.3 Helechos arbóreos con veda nacional

A partir de la información del censo forestal y las parcelas de caracterización, en el área de influencia del proyecto, se identificaron tres especies de helechos arbóreos que presentan veda a nivel regional o nacional (Tabla 7-77).

Tabla 7-81. Especies arbóreas con veda

FAMILIA	ESPECIE	CITES	UICN	MINIS	DISTRIBUCIÓN	VEDA	ENT. VEDA	USOS
Cyatheaceae	*Alsophila cuspidata*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR
Cyatheaceae	*Cyathea meridensis*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR

FAMILIA	ESPECIE	CITES	UICN	MINIS	DISTRIBUCIÓN	VEDA	ENT. VEDA	USOS
Cyatheaceae	*Cyathea squamipes*	Apéndice II			Restringida	Nacional	Inderena	NR
Fuentes: Catálogo de la flora de Antioquia (Idarraga et al., 2020), libros rojos de plantas de Colombia, listados IUCN (2015), Res. 1912/2017 Ministerio del Medio Ambiente, Acuerdo 207/2008 y Acuerdo 262/2011 CORNARE USOS: M (maderable), C (Combustible), R (Restauración y conservación), Af (Alimento fauna), NR (No reportado)								

Las especies *Alsophila cuspidata, Cyathea meridensis, Cyathea squamipes*, pertenecientes a la familia Cyatheaceae presentan veda a nivel nacional y se encuentran en el Apéndice II del CITES.

7.6.4.3.1 Caracterización

Para caracterizar con mayor precisión los individuos de la familia Cyatheaceae con veda nacional en el área de intervención del proyecto, el censo de fustales se complementó con el registro de todos los individuos de regeneración en el área de construcción de las obras. Es importante mencionar, que, para los helechos arbóreos, la categorización de los tamaños se realiza según lo estipulado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Circular 8201-02-808, de forma tal que se consideran fustales (adultos) aquellos con alturas iguales o superiores a 2 m, mientras que los individuos con altura menor a 2 m se consideran como regeneración, sin una distinción entre latizales y brinzales. Los registros de helechos arbóreos en la zona de intervención del proyecto se reportan de forma detallada en el Anexo 5.2.4. Inventario Forestal PCH Cocorná III, hoja “Helechos arbóreos AInt”.

En total se registraron 215 individuos correspondientes a las especies *Alsophila cuspidata* (11 individuos), *Cyathea meridensis* (40 individuos) y *Cyathea quamipes* (164 individuos) (Ver Tabla 7-82). La mayoría de los registros (158 individuos) hacen parte de la regeneración natural, los cuales serán objeto de traslado durante la construcción de la obra

Tabla 7-82. Registro de helechos arbóreos en el área de intervención

Especie	Num Ind Fustales	Num Ind. Reg.	Total
Alsophila cuspidata (Kunze) D.S. Conant	4	7	11
Cyathea meridensis H.Karst	13	27	40
Cyathea squamipes H. Karst.	40	124	164
Total	**57**	**158**	**215**

7.6.4.3.2 Clases diamétricas y altimétricas

De acuerdo con su distribución diamétrica y altimétrica, se observa que los helechos arbóreos tienen una distribución unimodal con sesgo positivo es decir que la mayoría de individuos hacen parte de la regeneración. El diámetro promedio es de 5,2±0,84 cm y la altura promedio de 1,2±1,1 m (Ver Figura 7-94). De acuerdo a estas distribuciones se puede decir que la población de la familia Cyatheaceae no ha alcanzado su estado de madurez, por lo que pueden tener una mayor vulnerabilidad al no tener especímenes maduros que aseguren la reproducción de estas especies.

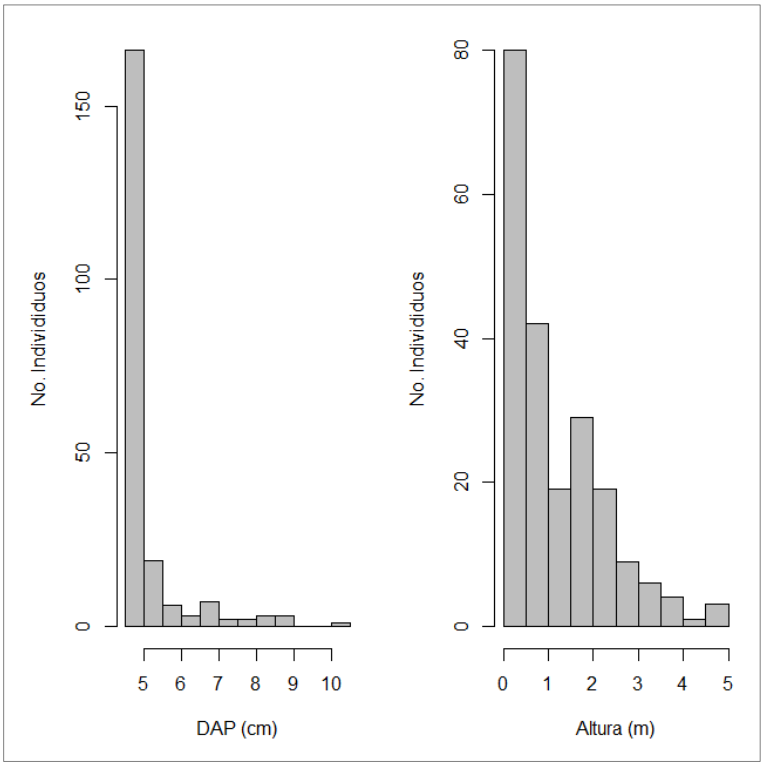


Figura 7-94. Distribución altimétrica y diamétrica de los helechos arbóreos vedados

7.6.4.3.3 Densidades de individuos en el área de intervención

Todos los registros de helechos arbóreos se determinaron sobre la cobertura de Bosque Ripario, que en el área de intervención del proyecto tiene una extensión de 3,15 ha. De acuerdo a esto, se estima una densidad total de 70 individuos por hectarea, correspondientes 5 individuos de *Alsophila cuspidata*, 14 de *Cyathea meridensis* y 53 de *Cyathea quamipes* (ver Tabla 7-83).

Tabla 7-83. Densidad de helechos arbóreos en el área de intervención

Especie	Estimados por hectárea		
	Num Ind Fustales	Num Ind. Reg.	Total
Alsophila cuspidata (Kunze) D.S. Conant	2	3	5
Cyathea meridensis H.Karst	5	9	14
Cyathea squamipes H. Karst.	13	40	53
Total	**19**	**51**	**70**

7.6.4.3.4 Usos y amenazas

Las especies de la familia Cyatheae no presentan un uso particular por parte de las comunidades en la zona de interés; sin embargo, en algunos casos los tallos se usan como sustrato de jardinería. Gracias a las campañas de educación ambiental desarrollados por diferentes entidades, esta actividad se ha reducido en los últimos años, de forma que no representa actualmente una amenaza importante para las poblaciones de helechos arbóreos de la región.

Por ser esciófitas, las especies de helechos arbóreas presentan requerimientos de hábitat específicas para el mantenimiento de sus poblaciones. Actualmente, la fragmentación de los ecosistemas y la perdida de hábitat representa la mayor amenaza para la conservación de estas especies.

7.6.4.4 Cálculo de reposición de especies arbóreas sensibles

La estimación de la cantidad de individuos a compensar, se realizó teniendo en cuenta los lineamientos técnicos para la asignación de medidas de manejo por la afectación de veda de flora silvestre, expedido por el MADS. Dicha estimación, está dada por la siguiente ecuación:

$$Ac = Fr * No.Individuos\ vedados\ aprovechados$$

$$Fr = \text{VCEA} + \text{VRRD} + \text{VDZV}$$

Dónde:

Fr: Factor de reposición por individuo afectado, para especies arbóreas sensibles

VCEA: es el factor dado según la categoría para especies amenazadas según la Resolución No. 01912 del 15 de septiembre de 2017 del MADS o definida en la Lista roja de Especies Amenazadas de la UICN 20177

VRRD: es factor dado según la restricción del rango de distribución, y VDZV: es el factor de distribución en regiones biogeográficas para las especies arbóreas sensibles

Para establecer la proporción de individuos a compensar, se tuvo en cuenta los registros de fustales en el área de intervención del proyecto. Se resalta que no se registraron individuos adultos para la especie *Pseudoxandra sclerocarpa.* Los resultados se presentan en la Tabla 7-84. Las memorias de cálculo se presentan en el Anexo 7.4.2_Listado_especies_inventariadas, hoja "Reposición sp sensibles"

Tabla 7-84. Compensación de individuos de especies sensibles a intervenir

Especie	Individuos a afectar	VCEA	VDZ	VRRD	Factor de reposición	Individuos a Compensar
Alfaroa williamsii Ant. Molina	3	1	1	6	8	24
Aniba coto (Rusby) Kosterm.	18	1	1	2	4	72
Dussia lehmannii Harms	1	1	1	2	4	4
Graffenrieda grandifolia Gleason	14	3	4	2	9	126
Hyptidendron arboreum (Benth.) Harley	4	2	1	2	5	20
Licania durifolia Cuatrec.	1	3	1	4	8	8
Alsophila cuspidata (Kunze) D.S. Conant	4	1	1	2	4	16
Cyathea meridensis H.Karst	13	1	2	1	4	52
Cyathea squamipes H. Karst.	40	1	3	1	5	200

Fuentes: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémico. MADS, 2017. Modificado a partir de información del Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Catálogo de plantas vasculares de Antioquia

Los individuos de regeneración en el área de influencia de estas especies serán rescatados, trasladados y trasplantados como medida de conservación. En la Tabla 7-85 se presenta la cantidad de individuos de regeneración estimados para las especies arbóreas sensibles en el área de intervención del proyecto.

Tabla 7-85. Individuos de regeneración estimados de especies sensibles en el área de intervención

Especie	Brinzales	Latizales	Total
Alfaroa williamsii Ant. Molina	4	1	**5**
Aniba coto (Rusby) Kosterm.	5	1	**6**
Graffenrieda grandifolia Gleason	2	1	**3**
Hyptidendron arboreum (Benth.) Harley	1		**1**
Licania durifolia Cuatrec.	2		**2**
Pseudoxandra sclerocarpa Maas	2		**2**
Alsophila cuspidata (Kunze) D.S. Conant	-	-	**7**
Cyathea meridensis H.Karst	-	-	**27**

Especie	Brinzales	Latizales	Total
Cyathea squamipes H. Karst.	-	-	**124**

7.6.5 Caracterización de Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes

7.6.5.1 Metodología

A continuación, se presenta la caracterización de los grupos biológicos Bromelias, Orquídeas, Briófitos (Musgos, hepáticas, anthocerales) y líquenes, los cuales presentan veda nacional de acuerdo a la resolución 0213 (INDERENA, 1977). Tal caracterización, se realizó en la zona de intervención del proyecto, de acuerdo a lo estipulado en la "METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ESPECIES DE FLORA EN VEDA", elaborada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible en la circular 8201-02-808 del 09 de diciembre de 2019. Esta metodología sigue los lineamientos estipulados en el decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019 del Departamento de la función pública de la república de Colombia. Dichos lineamientos técnicos contienen además las respectivas medidas de manejo y compensación ambiental para estos grupos biológicos, las cuales están orientadas a contribuir a la conservación de estas especies. A continuación, se describen las metodologías empleadas para la caracterización de estos grupos biológicos.

7.6.5.1.1 Fase de pre-campo

Se consultaron fuentes secundarias para verificar la posible presencia de poblaciones de orquídeas y bromelias en el área de intervención del proyecto. Adicionalmente, se revisó la normativa nacional orientadas a la protección de este grupo de plantas y se diseñó un muestreo de caracterización buscando obtener una adecuada representatividad de su riqueza y abundancia.

7.6.5.1.1.1 Consultas de información secundaria.

De acuerdo a la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MADS, 2018), se verificó la presencia de los grupos biológicos de Bromelias, Orquídeas, Briófitos (musgos, hepáticas) y líquenes en el área de intervención del proyecto hidroeléctrico Cocorná III en las siguientes fuentes bibliográficas, además se consultaron en estas fuentes la presencia de especies amenazadas, y endémicas:

- Catálogo de plantas vasculares del departamento de Antioquia (Ortiz & Idárraga Piedrahita, 2020): sirvió para caracterizar la riqueza de especies de bromelias y orquídeas en las zonas de vida y la región biogeográfica del área del proyecto, además se verificaron los endemismos de este grupo de especies en estas áreas.

- Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal, Gradstein, & Celis, 2020): sirvió para caracterizar la riqueza de especies de bromelias, orquídeas y líquenes en las zonas de vida y la región biogeográfica del área del proyecto, además se verificaron endemismos en estas áreas.

- Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 3: Las Bromelias, las labiadas y las pasifloras (García & Galeano, 2006): se verificó las especies de bromelias que se encuentran en alguna categoría de amenaza

- Libro rojo de briófitas de Colombia (Linares & Uribe-Meléndez, 2002)Se verificó las especies de briofitas que se encuentran en alguna categoría de amenaza

- Libro rojo de plantas de Colombia. Volumen 6: orquídeas primera parte (Calderón-Sáenz, 2006): se verificó las especies de orquídeas que se encuentran en alguna categoría de amenaza

- SIB Colombia (MADS, 2020). Versión en línea: sirvió para caracterizar en el área de intervención del proyecto la riqueza de especies de Bromelias, Orquídeas, Briófitos (Musgos, hepáticas, anthocerales) y líquenes

- Resolución 1912 de 2017 de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017): Se verificaron las especies amenazadas en el área del proyecto de los grupos biológicos Bromelias, Orquídeas, Briófitos (Musgos, hepáticas, anthocerales) y líquenes.

7.6.5.1.1.2 Determinación de la intensidad de muestreo:

La determinación de la intensidad del muestreo se realizó con base en el protocolo para el Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (REDD-Analysis); propuesto por Grandstein *et al* (2003) y se modificó a partir de las características propias de cada una de las coberturas de la tierra y de las condiciones del proyecto.

Dicha adaptación, se plantea a partir de la cantidad de unidades de muestreo para alcanzar la representatividad de riqueza y abundancia de estas comunidades analizadas en una fase de premuestreo en cada cobertura del área de intervención del proyecto.

7.6.5.1.2 Fase de Campo y métodos de muestreo.

A continuación, se describen los métodos y protocolos empleados para los muestreos de campo:

7.6.5.1.2.1 Orquídeas y bromelias de hábito epífito

La caracterización de orquídeas y bromelias de hábito epífito consistió en el muestreo de árboles hospederos o forófitos, en las diferentes coberturas vegetales del área de intervención del proyecto. Para su selección se usaron las recomendaciones de Grandstein et al (2003) quienes sugieren el muestreo de individuos maduros, separados entre ellos, que pertenezcan a diferentes géneros o familias botánicas y que presenten una corteza no exfoliable y rugosa.

Los forófitos fueron estratificados de acuerdo con la zonificación propuesta por (Johansson, 1974) y modificada por (Steege & Cormelissen, 1989). Estas zonas corresponden a: zona a) tronco húmedo, b) tronco seco y c) las ramas y follaje (Ver Figura 7-95).

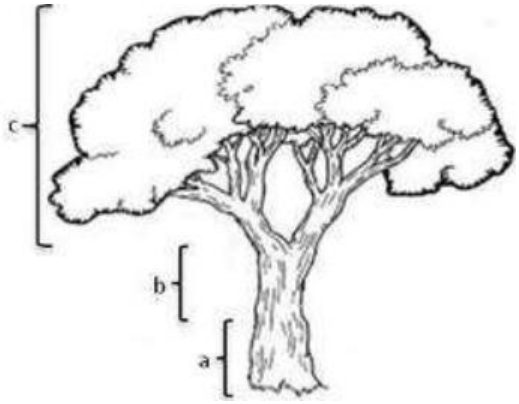


Figura 7-95. Zonificación del Forófito para epifitas vasculares y no vasculares

Fuente: Modificado de Johansson, 1974

Los forófitos muestreados fueron identificados, georeferenciados y marcados en el terreno, a continuación, se registraron y cuantificaron las orquídeas y bromelias en cada uno de los 3 estratos del forófito. Con la ayuda de binoculares se diferenciaron las morfoespecies y se anotaron datos fenológicos, en algunos casos se colectaron y herborizaron muestras botánicas que sirvieron para hacer la homologación de especies (Ver Foto 7-10).

Foto 7-10. Muestreo de orquídeas y bromelias de hábito epífito

7.6.5.1.2.2 Orquídeas y bromelias terrestres

Para caracterizar las poblaciones de orquídeas y bromelias terrestres, se realizó un muestreo al azar y estratificado por coberturas, con parcelas de un metro cuadrado ($1m^2$) dentro de las cuales se realzó un conteo al 100% de los individuos vasculares dentro del cuadrante (Ver Foto 7-11).

Foto 7-11. Muestreo de Orquídeas y bromelias terrestres

7.6.5.1.2.3 Briófitos (musgos, hepáticas, antocerotes) y Líquenes de hábito epífito

Los grupos de briofitos y líquenes de hábito epífito se muestrearon en las zonas 1 y 2 del forófito, en este caso se utilizó una cuadrícula de 600cm^2, la cual se sobrepuso al fuste del árbol, visualmente se estimó el porcentaje de cobertura de las morfoespecies al interior de las cuadrículas, en cada estrato se establecieron dos (2) cuadrículas, una al lado opuesto de la otra, los porcentajes estimados en cada estrato fueron totalizados. Las morfoespecies diferenciadas fueron colectadas y herborizadas para su posterior identificación en el herbario o por un especialista (Ver Foto 7-12).

Foto 7-12. Muestreo de epifitas no vasculares de hábito epífito

7.6.5.1.2.4 Briófitos (musgos, hepáticas, antocerotes) y Líquenes en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición).

Para caracterizar las comunidades de briófitos y líquenes en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición), se emplearon las parcelas dentro de las cuales se realizó el conteo al 100% de orquídeas y bromelias terrestres. Al interior de éstas se estimó el porcentaje de cobertura de las morfoespecies de briófitos (musgos, hepáticas, antocerotes) y líquenes con relación al área total de la parcela (Ver Foto 7-13). Las morfoespecies diferenciadas fueron colectadas y herborizadas para su posterior identificación en el herbario.

Foto 7-13. Muestreo de epifitas no vasculares en otros sustratos

7.6.5.1.3 Análisis de la información

La información de los muestreos de campo fue procesada de la siguiente manera:

7.6.5.1.3.1 Manejo e identificación de especímenes

Las muestras botánicas herborizadas fueron movilizadas y determinadas en herbario de la Universidad de Antioquia (HUA). La identificación de los diferentes grupos biológicos fue hecha y certificada por especialistas, para lo cual emplearon los métodos de comparación con las colecciones de referencia del herbario y la revisión de bibliografía especializada.

7.6.5.1.3.2 Composición, diversidad y estructura de las comunidades

La información de campo fue consolidada en bases de datos tanto de los forófitos, como de las especies de epífitas vasculares y no vasculares; y se elaboraron los listados de composición de especies y se describió la estructura de cada uno de los grupos caracterizados.

Adicionalmente, se consolido información de la georreferenciación de cada punto de muestreo de los grupos caracterizados. Con la información consolidada se definió la riqueza, diversidad, distribución y estructura de las comunidades encontradas y se estimó la representatividad de los muestreos realizados. Las especies amenazadas se verificaron en la Resolución 1912 (MADS, 2017) y las endémicas para la región biogeográfica se consultaron en el Catálogo de plantas vasculares del departamento de Antioquia (Ortiz & Idárraga Piedrahita, 2020).

Para cada una de las coberturas vegetales caracterizadas se desarrolló un análisis de diversidad a partir de la estimación de índices de riqueza de especies, de dominancia y de equidad. Se empleó el índice de Shannon (H'), el cual mide la heterogeneidad de la comunidad, y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5, los valores cercanos a 5 indican que la unidad presenta una diversidad vegetal alta. Se calcula a través de la expresión:

$$H' = -\sum \text{pi Ln(pi)}$$

Dónde:
H´= Diversidad de Shannon
pi = (ni /N) = Abundancia proporcional (relativa)
S = Número total de especies en el muestreo

Como medida de dominancia se estimó el índice de Simpson, el cual se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie. A medida que D incrementa, la diversidad decrece. Por ello el índice se expresa usualmente como 1/D o 1-D, lo que asegura que el valor del índice se incremente con el aumento de la diversidad. El rango de este índice está entre 0 y 1 Para comunidades finitas el índice se calcula mediante la expresión:

$$I_{sp} = \sum \frac{(n_i(n_i - 1))}{(N(N-1))}$$

Donde:
ni es el número de individuos de la i-ésima especie
N es el número total de individuos.

7.6.5.1.3.3 Cantidad de especies esperadas del muestreo (Representatividad).

La completitud del muestreo se verificó de varias maneras: *i*) Con la construcción de una curva de acumulación de especies que combina el registro del número de especies epífitas contra el número de árboles muestreados; *ii*) Con la confrontación de los resultados al alcanzar al menos el 80% de la representatividad de las especies esperas mediante estimadores de riqueza.

Los estimadores se calcularon mediante el uso del software de uso libre EstimateS versión 9.1.0 (*Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*), en el cual se establece una aleatorización de 100 veces para su estimación. A partir de los estimadores de riqueza se construyeron las curvas de acumulación de especies. Se emplearon los siguientes estimadores de riqueza citados por Villareal *et al*. 2004:

CHAO 1, ACE, Bootstrap y Cole: para datos cuantitativos, como es el caso epífitas vasculares y bromelias y orquídeas terrestres.

CHAO 2, ICE, Unique y Bootstrap: para datos de cobertura, como es el caso de las epífitas no vasculares y los briófitos y líquenes en otros sustratos.

7.6.5.2 Resultados: Revisión de información secundaria

De acuerdo con la revisión de información secundaria, las orquídeas y bromelias potencialmente presente en el área de intervención de proyecto hidroeléctrico, se compone 84 especies (Ortiz & Idárraga Piedrahita, 2020). Para los briófitos y líquenes, se encontraron 105 especies en 39 familias (PCHS Los Molinos SAS, 2016).

En la Tabla 7-86 se presenta la composición de especies por familia, el nombre local y el hábito de crecimiento.

Tabla 7-86. Orquídeas, bromelias, briófitos y líquenes potencialmente presentes en el área de intervención del proyecto

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
Orchidaceae	*Acronia bivalvis (Lindl.) Luer*	Orquídea	Hierba epífita
	Acronia discoidea (Lindl.) Luer		Hierba epífita
	Coryanthes panamensis G. Gerlach		Hierba epífita
	Cryptocentrum escobarii Carnevali		Hierba epífita
	Dracula cutis-bufonis Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Dracula platycrater (Rchb. f.) Luer		Hierba epífita
	Dracula wallisii (Rchb. f.) Luer		Hierba epífita
	Dryadella verrucosa Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Elleanthus aurantiacus (Lindl.) Rchb. f.		Hierba epífita
	Epidendrum cocornocturnum Hágsater		Hierba terrestre
	Epidendrum dentiferum Ames & C. Schweinf.		Hierba terrestre
	Epidendrum melinanthum Schltr.		Hierba terrestre
	Epidendrum nocturnum Jacq.		Hierba terrestre
	Epidendrum rigidum Jacq.		Hierba terrestre
	Jacquiniella globosa (Jacq.) Schltr.		Hierba epífita
	Lepanthes agglutinata Luer		Hierba epífita
	Lepanthes cerambyx Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Lepanthes escifera Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Lepanthes pterygion Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Lepanthes viahoensis Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Lepanthopsis pristis Luer & R. Escobar		Hierba epífita

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
	Masdevallia angulifera Rchb. f. ex Kraenzl.		Hierba epífita
	Masdevallia molossus Rchb. f.		Hierba epífita
	Masdevallia pescadoensis Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Masdevallia picturata Rchb. f.		Hierba epífita
	Masdevallia pterygiophora Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Octomeria grandiflora Lindl.		Hierba epífita
	Ornithocephalus gladiatus Hook.		Hierba epífita
	Phragmipedium longifolium (Warsz. & Rchb. f.) Rolfe		Hierba epífita
	Phragmipedium schlimii (Linden ex Rchb. f.) Rolfe		Hierba epífita
	Platystele alucitae Luer		Hierba epífita
	Platystele densiflora P. Ortiz		Hierba epífita
	Platystele umbellata P. Ortiz		Hierba epífita
	Pleurothallis antennifera Lindl.		Hierba epífita
	Pleurothallis penduliflora Kraenzl.		Hierba epífita
	Pleurothallis revoluta (Ruiz & Pav.) Garay		Hierba epífita
	Pleurothallis strobilifera F. Lehm. & Kraenzl.		Hierba epífita
	Porroglossum muscosum (Rchb. f.) Schltr.		Hierba epífita
	Restrepia contorta (Ruiz & Pav.) Luer		Hierba epífita
	Restrepia cuprea Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Restrepia guttulata Lindl.		Hierba epífita
	Rodriguezia lanceolata Ruiz & Pav.		Hierba epífita
	Sigmatostalix cuculligera (Schltr.) Garay		Hierba epífita
	Specklinia calderae (Luer) Luer		Hierba epífita
	Specklinia cocornaensis (Luer & R. Escobar) Luer		Hierba epífita
	Specklinia imrayi (Lindl.) Luer		Hierba epífita
	Stelis alba Kunth		Hierba epífita
	Stelis argentata Lindl.		Hierba epífita
	Stelis bractescens Garay		Hierba epífita
	Stelis comica Ó. Duque		Hierba epífita
	Stelis crassilabia Schltr.		Hierba epífita
	Stelis eugenii Schltr.		Hierba epífita
	Stelis grossilabris Rchb. f.		Hierba epífita
	Stelis inclinata Ó. Duque		Hierba epífita
	Stelis maderoi Schltr.		Hierba epífita
	Stelis muscifera Lindl.		Hierba epífita
	Stelis papiliopsis Ó. Duque		Hierba epífita
	Stelis purpurea (Ruiz & Pav.) Willd.		Hierba epífita
	Stelis spathulata Poepp. & Endl.		Hierba epífita

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
	Stelis superbiens Lindl.		Hierba epífita
	Stelis velutina Lindl.		Hierba epífita
	Stelis wercklei Schltr.		Hierba epífita
	Stenorrhynchos lanceolatum (Aubl.) Rich. ex Spreng.		Hierba epífita
	Trichopilia concepcionis Kraenzl.		Hierba epífita
	Trichosalpinx caudata Luer & R. Escobar		Hierba epífita
	Trichosalpinx pergrata (Ames) Luer		Hierba epífita
	Trichosalpinx semilunata (Luer) Luer		Hierba epífita
	Trisetella triglochin (Rchb. f.) Luer		Hierba epífita
Bromeliaceae	*Aechmea magdalenae (André) André ex Baker*	Cardos	Hierba epífita
	Aechmea penduliflora André		Hierba epífita
	Aechmea tillandsioides (Mart. ex Schult. & Schult. f.) Baker		Hierba epífita
	Ananas lucidus Mill.		Hierba epífita
	Catopsis sessiliflora (Ruiz & Pav.) Mez		Hierba epífita
	Guzmania angustifolia (Baker) Wittm.		Hierba epífita
	Guzmania lingulata (L.) Mez		Hierba epífita
	Guzmania rhonhofiana Harms		Hierba epífita
	Pepinia alborubra (Baker) G.S. Varad. & Gilmartin		Hierba epífita
	Pitcairnia atrorubens (Beer) Baker		Hierba epífita
	Pitcairnia maidifolia (C. Morren) Decne. ex Planch.		Hierba epífita
	Racinaea adpressa (André) J.R. Grant		Hierba epífita
	Streptocalyx poeppigii Beer		Hierba epífita
	Tillandsia fendleri Griseb.		Hierba epífita
	Vriesea elata (Baker) L.B. Sm.		Hierba epífita
	Vriesea rubrobracteata Rauh		Hierba epífita
Aneuraceae	*Riccardia sp*	Musgos	Epifita
Bryaceae	*cf Brachymenium consimile (Mitt.) A.Jaeger*		Epifita
Calymperaceae	*Calymperes sp*		Epifita
	Syrrhopodon circinatus (Brid.) Mitt.		Epifita
	Syrrhopodon incompletus Schwägr.		Epifita
Cryphaceae	*Schoenobryum concavifolium (Griff.) Gangulee*		Epifita
Dicranaceae	*Campylopus pauper (Hampe) Mitt.*		Epifita
Fabroniaceae	*Fabronia ciliaris (Brid.) Brid.*		Epifita
Fissidentaceae	*Fissidens steerei Grout*		Epifita
Fissurinaceae	*Fissurina sp.*		Epifita
Meteoriaceae	*Meteorium nigrescens (Hedw.) Dozy & Molk.*		Epifita
Neckeraceae	*Neckeropsis disticha (Hedw.) Kindb.*		Epifita

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
Octoblepharaceae	*Octoblepharum albidum Hedw.*		Epifita
Pterobryaceae	*Henicodium geniculatum (Mitt.) W.R.Buck*		Epifita
Pyrenulaceae	*Pyrenula sp. 1*		Epifita
	Pyrenula sp. 2		Epifita
	Pyrenula sp. 3		Epifita
Sematophyllaceae	*Acroporium estrellae (Müll.Hal.) W.R.Buck & A.Schäfer-Verwimp*		Epifita
	Sematophyllum subpinnatum (Brid.) E.Britton		Epifita
	Sematophyllum subsimplex (Hedw.) Mitt.		Epifita
Stereophyllaceae	*Pilosium chlorophyllum (Hornsch.) Müll.Hal.*		Epifita
Arthoniaceae	*Arthonia sp.*	Líquen	Epifita
	Cryptothecia sp. 1		Epifita
	Cryptothecia sp. 2		Epifita
	Herpothallon australasicum (Elix) Elix & G. Thor		Epifita
	Herpothallon cinereum G. Thor		Epifita
	Herpothallon echinatum Aptroot, Lücking & Will-Wolf		Epifita
	Herpothallon globosum G. Thor		Epifita
	Herpothallon minimum Aptroot & Lücking		Epifita
	Herpothallon mycelioides (Vain.) Aptroot, Lücking & G. Thor		Epifita
Cladoniaceae	*Cladonia sp.*		Epifita
Coccocarpiaceae	*Coccocarpia sp.*		Epifita
Coenogoniaceae	*Coenogonium sp.*		Epifita
Collemataceae	*Leptogium denticulatum F. Wilson*		Epifita
Graphidaceae	*Chapsa sp.*		Epifita
	Diploschistes sp.		Epifita
	Dyplolabia afzelii (Ach.) A. Massal.		Epifita
	Graphis negrosina (Vain.) Lücking		Epifita
	Graphis phaeospora Vain.		Epifita
	Graphis sp.		Epifita
	Sarcographa sp.		Epifita
Incertae sedis	*Dyctionema sp.*		Epifita
	Eschatogonia sp.		Epifita
	Normandina pulchella (Borrer) Nyl.		Epifita
Lecanoraceae	*Lecanora sp.*		Epifita
Lepidoziaceae	*Bazzania sp*		Epifita
	Telaranea diacantha (Mont.) J.J.Engel & G.L.Merr.		Epifita
Lobariaceae	*Sticta phyllidiofuliginosa Moncada & Lücking*		Epifita

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
Parmeliaceae	*Bulbothrix apophysata (Hale & Kurok.) Hale*		Epifita
	Bulbothrix laevigatula (Nyl.) Hale		Epifita
	Canomaculina leucosemotheta (Hue) Elix		Epifita
	Hypotrachyna sp.		Epifita
	Parmotrema bangii (Vain.) Hale		Epifita
	Parmotrema endosulphureum (Hillm.) Hale		Epifita
	Parmotrema peralbidum (Hale) Hale		Epifita
	Parmotrema peralbidum (Hale) Hale		Epifita
	Parmotrema tinctorum (Nyl.) Hale		Epifita
	Rimelia reticulata (Tayl.) Hale & Fletcher cf. commensurata (Hale) Hale & Fletcher		Epifita
	Usnea rubicunda Stirt.		Epifita
	Usnea sp.		Epifita
Pertusariaceae	*Pertusaria sp. 1*		Epifita
	Pertusaria sp. 2		Epifita
	Pertusaria sp. 3		Epifita
Physciaceae	*Heterodermia sp. 1*		Epifita
	Heterodermia sp. 2		Epifita
Pilocarpaceae	*Malcolmiella sp. 1*		Epifita
	Malcolmiella sp. 2		Epifita
Monoblastiaceae	*Anisomeridium sp.*		Epifita
Porinaceae	*Porina sp. 1*		Epifita
	Porina sp. 2		Epifita
	Porina sp. 3		Epifita
	Trichothelium sp.		Epifita
Ramalinaceae	*Lopezaria versicolor (Flot.) Kalb & Hafellner*		Epifita
Roccellaceae	*Dichosporidium nigrocinctum (Ehrenb.) G. Thor*		Epifita
Stereocaulaceae	*Lepraria sp.*		Epifita
Trypetheliaceae	*Trypethelium eluteriae Spreng.*		Epifita
	Trypethelium sp.		Epifita
Lejeuneaceae	*Ceratolejeunea cornuta (Lindenb.) Schiffner*	Hepática	Epifita
	Ceratolejeunea cubensis (Mont.) Schiffner		Epifita
	Cheilolejeunea holostipa (Spruce) Grolle & R.L.Zhu		Epifita
	Cheilolejeunea rigidula (Mont.) R.M.Schust.		Epifita
	Cheilolejeunea trifaria (Reinw. et al.) Mizut.		Epifita
	Diplasiolejeunea cavifolia Steph.		Epifita
	Drepanolejeunea sp		Epifita
	Frullanoides corticalis (Lehm. & Lindenb.) Slageren		Epifita

Familia	Especie	Nombre común	Hábito
	Harpalejeunea oxyphylla (Nees & Mont.) Steph.		Epifita
	Harpalejeunea tridens (Besch. & Spruce) Steph.		Epifita
	Lejeunea laetevirens Nees & Mont.		Epifita
	Lejeunea pterigonia (Lehm. & Lindenb.) Mont.		Epifita
	Lejeunea sp		Epifita
	Lejeunea sp1		Epifita
	Lejeunea sp2		Epifita
	Lopholejeunea subfusca (Nees) Schiffner		Epifita
	Marchesinia brachiata (Sw.) Schiffner		Epifita
	Microlejeunea acutifolia Steph.		Epifita
	Microlejeunea bullata (Taylor) Steph.		Epifita
	Prionolejeunea aemula (Gottsche) A.Evans		Epifita
	Prionolejeunea sp		Epifita
	Symbiezidium transversale (Sw.) Trevis.		Epifita
Frullaniaceae	*Frullania cf gibbosa Nees*		Epifita
	Frullania sp		Epifita
	Frullania sp1		Epifita
Metzgeriaceae	*Metzgeria sp*		Epifita
Plagiochilaceae	*Plagiochila sp*		Epifita
	Plagiochila sp1		Epifita

7.6.5.2.1 Especies amenazadas, endémicas y con CITES: revisión de información secundaria

En la revisión de información secundaria, para las poblaciones en veda nacional, sólo se registró especie *Pepinia alborubra* en la categoría **En Peligro – EN** de acuerdo con la resolución 1912 de 2017 del MADS.

De otra parte, de acuerdo con el catálogo de las plantas vasculares del departamento de Antioquia (Idarraga, *et. al,* 2011) en los registros se identifican las especies *Trichosalpinx caudata* y *Pepinia alborubra* con distribución endémica para la vertiente oriental de la Cordillera Central en un rango comprendido entre los 1000 y 1500 msnm.

Finalmente, se resalta que las orquídeas se encuentran consideradas en el Apéndice II del convenio CITES

7.6.5.2.2 Resultados información de campo

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización de los grupos biológicos en veda nacional. En el Anexo 5.2.6: Localización de los muestreos de individuos de especies en veda nacional, se presentan las coordenadas de los forófitos y de las parcelas donde se desarrollaron los muestreos en las diferentes coberturas terrestres.

En la Tabla 7-87 se presenta la distribución del muestreo en las coberturas presentes en el área de intervención del proyecto hidroeléctrico Cocorná 3. Para los análisis las coberturas de pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados se trataron como una sola cobertura, denominada pastos.

Los muestreos realizados cumplen con la intensidad definida por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible – MADS en la circular 8201-02-808 del 09 de diciembre de 2019, la cual establece 8 forófitos/ha para los bosques y la vegetación secundaria, y 3 forófitos/ha para los pastos y cultivos.

Tabla 7-87 Distribución de los muestreos para los grupos en veda nacional en las diferentes coberturas de la tierra en proyecto Cocorná 3

Cobertura terrestre	Área intervención flora (ha)	Proporción de muestreo (forófitos/ha)	Nro. Forófitos muestreados	Nro. Parcelas de 1 x 1m para BOT y BLOS
Bosque de galería y/o ripario	3,15	8	25	6
Cultivos permanentes herbáceos	0,15	3	3	6
Pastos (Pastos limpio, Pastos arbolados y Pastos enmalezados)	6,29	3	23	7
Vegetación secundaria o en transición	0,47	8	4	6
Total general	**10,06**		**55**	**25**

7.6.5.2.3 Bromelias, Orquídeas

A continuación, se describen los resultados de la caracterización de estos grupos, para los cuales se muestrearon 57 árboles forófitos en las coberturas presentes en el área de intervención: Bosque de galería y ripario (27), pastos (23), Cultivos permanentes herbáceos (3), Vegetación secundaria alta (4) (Ver Figura 7-96).

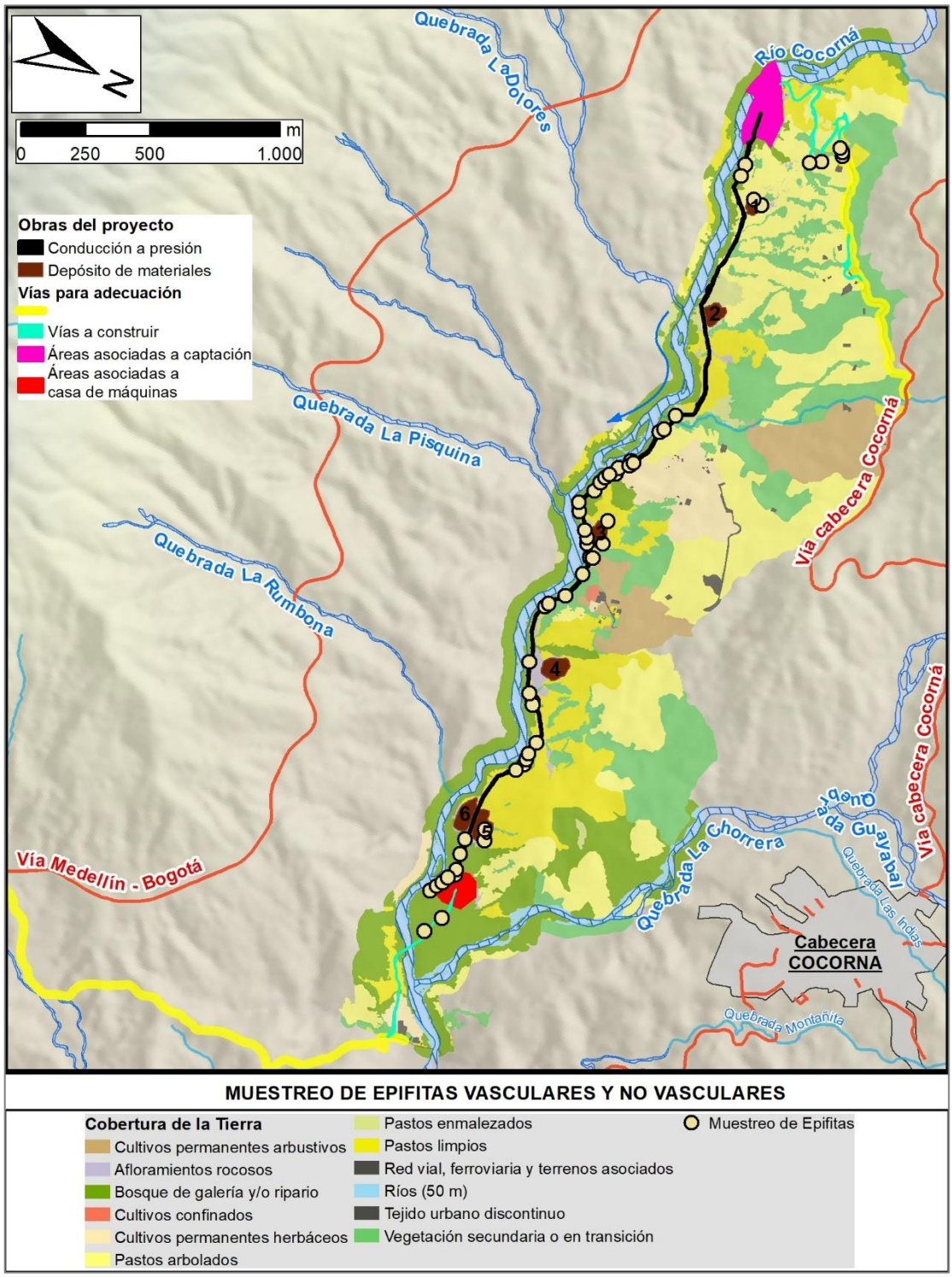


Figura 7-96. Localización del muestreo para las Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes epífitos en el área de intervención

7.6.5.2.3.1 Orquídeas y bromelias de hábito epífito

En el Anexo 5.2.7. se detalla la información de los registros de Orquídeas y bromelias de hábito epífito.

7.6.5.2.3.1.1 Composición y estructura de la comunidad

En el área de intervención del proyecto se registraron 21 especies de epífitas vasculares pertenecientes a las familias Bromeliaceae y Orquidaceae (Ver Tabla 7-88 y Figura 7-97). Los registros más altos se obtuvieron para las coberturas de pastos y bosques de galería y/o ripario y los más bajos para la vegetación secundaria o en transición. Para todas las coberturas, excepto para los territorios agrícolas, las especies más abundantes son *Scaphyglottis longicaulis* (Orquidaceae) y *Werauhia sanguinolenta y* (Bromeliaceae). Las cuales se tratan de especies generalistas y presentes a lo largo de la geografía colombiana. *Tillandsia fendleri* y *Jacquiniella globosa*, dominan en cultivos permanentes arbóreos y herbáceos, propias de zonas abiertas.

Tabla 7-88 Familias y especies de epífitas vasculares presentes en el área de intervención del proyecto

Familia	Cobertura				Total
	BG	CPH	VST	P	
Bromeliaceae	28	2	8	38	76
Aechmea penduliflora	2		1	2	5
Bromeliaceae	2			1	3
Catopsis sessiliflora	6			7	13
Tillandsia fendleri	6	1	6	7	20
Tillandsia fasciculata	3			1	4
Tillandsia polystachia	1			9	10
Werauhia sanguinolenta	8	1	1	11	21
Orchidaceae	21	5	2	36	64
Acronia bivalvis	1				1
Dichaea dammeriana	6				6
Dichaea pendula	1	2			3
Epidendrum sp.1	1			4	5
Epidendrum sp.2				4	4
Epidendrum sp.3				4	4
Jacquiniella globosa		3	1	1	5

Familia	Cobertura				Total
	BG	CPH	VST	P	
Maxillaria porrecta				4	4
Maxillaria parviflora	3				3
Orchidaceae 2				2	2
Psygmorchis pumilio	2			2	4
Scaphyglottis longicaulis	6		1	14	21
Scaphyglottis prolifera				1	1
Stelis sp.	1				1
Total general	49	7	10	74	140

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

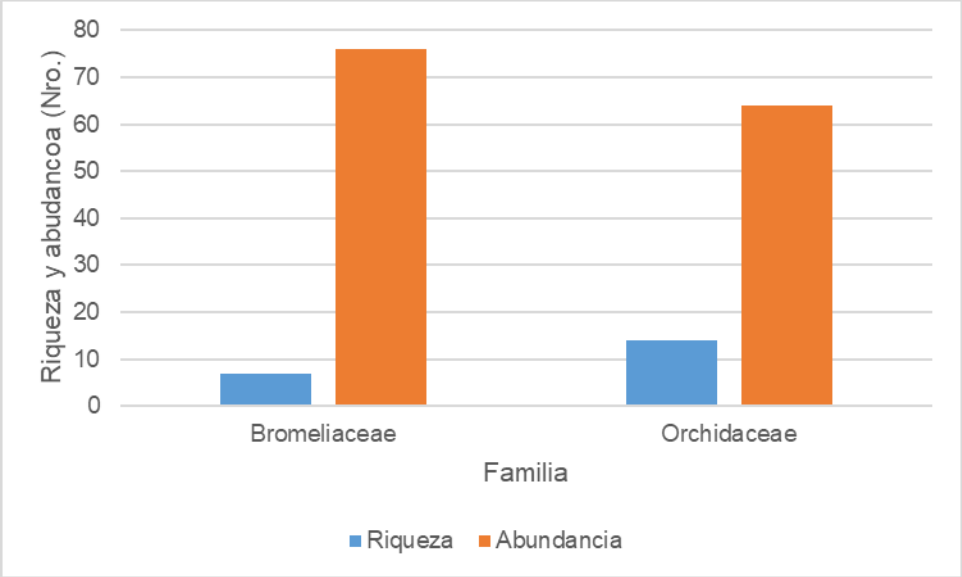


Figura 7-97 Riqueza y abundancia de familias de epífitas vasculares

La cobertura con mayor riqueza de especies es los bosques de galería y/o riparios, las cuales presentaron, también, la mayor abundancia de individuos epífitos registrados (Ver Figura 7-98).

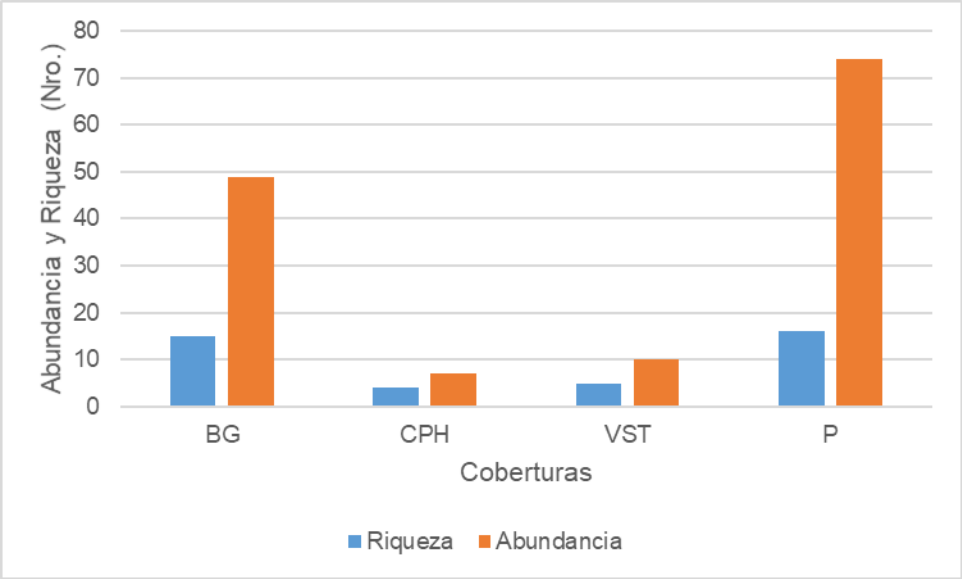


Figura 7-98 Riqueza y abundancia de familias de epífitas vasculares por cobertura vegetal

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.3.1.2 Diversidad

En general se observa una media a baja diversidad de epífitas vasculares en las coberturas en el área de intervención del proyecto. Las áreas de bosque de galería y las pasturas presentan la mayor diversidad (H': 2,46) y menor dominancia de especies (D: 0,09), con respecto a las demás coberturas. Las áreas de territorios agrícolas (Cultivo permanente herbáceo), y la vegetación secundaria o en transición por su parte, son las coberturas con menor riqueza registrada, con tres especies cada una (Ver Tabla 7-89).

Tabla 7-89 Índices de diversidad de especies de epífitas vasculares presentes en el área de intervención del proyecto

Cobertura	Riqueza	Individuos	Dominancia	Simpson_1 -D	Shannon_H
Bosque de galería y/o ripario	15,00	49,00	0,10	0,90	2,46
Cultivos permanentes herbáceos	4,00	7,00	0,31	0,69	1,28
Vegetación secundaria o en transición	5,00	10,00	0,40	0,60	1,23

Cobertura	Riqueza	Individuos	Dominancia	Simpson_1-D	Shannon_H
Pastos	16,00	74,00	0,11	0,89	2,46

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.3.1.3 Distribución vertical en los forófitos

Los individuos epífitos estuvieron presentes en todas las zonas de los forófitos para las diferentes coberturas. Para las coberturas de Cultivos permanentes herbáceos y Vegetación secundaria o en transición, se observó que las plantas epífitas vasculares se distribuyeron de manera homogénea. Para los bosques de galería y/o ripario y los pastos se presentó mayor número de individuos y heterogeneidad, en todos los tres estratos evaluados, con una leve mayoría en el estrato tres (ramas y follaje) (Ver Figura 7-99).

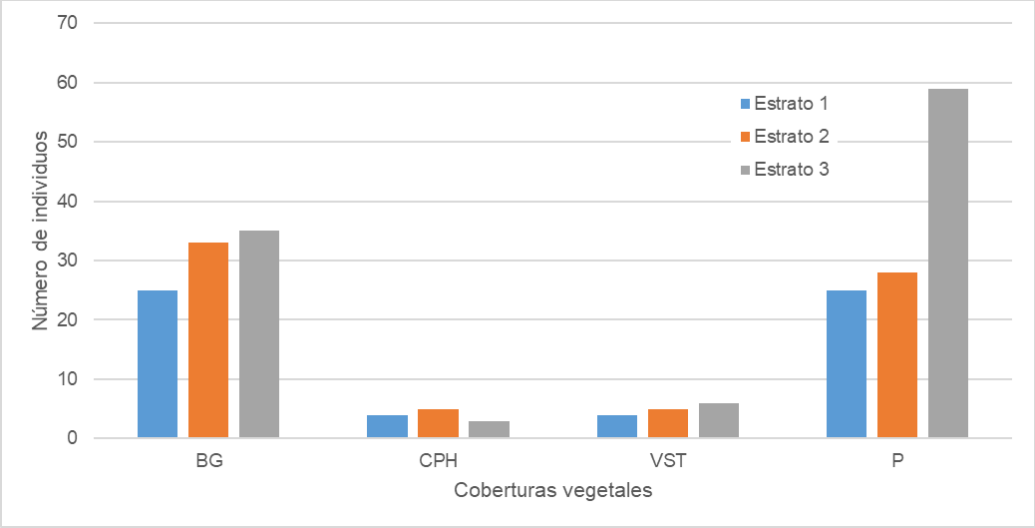


Figura 7-99 Distribución de los individuos por zona evaluada de los forófitos y tipo de cobertura

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

De las 21 especies epífitas vasculares registradas, 17 de ellas están presentes en la zona 3 evidenciando una comunidad de mayor diversidad, con especies resistentes a la sequía y a la radiación solar alta. *Acronia bivalvis* es propia de la zona 1 y *Maxillaria porrecta, Scaphyglottis prolifera y Stelis sp.* son propias de la zona 3 (Ver Tabla 7-90).

Tabla 7-90 Especies y abundancia registrada por estrato del forófito

Estrato	Especie	Abundancia
1	*Acronia bivalvis*	1
	Catopsis sessiliflora	2
	Dichaea dammeriana	2
	Dichaea pendula	1
	Epidendrum sp.1	1
	Epidendrum sp.2	1
	Epidendrum sp.3	1
	Jacquiniella globosa	1
	Scaphyglottis longicaulis	1
	Tillandsia fendleri	3
	Tillandsia fasciculata	1
	Tillandsia polystachia	1
	Werauhia sanguinolenta	1
2	*Aechmea penduliflora*	3
	Bromeliaceae	1
	Catopsis sessiliflora	2
	Dichaea dammeriana	3
	Dichaea pendula	2
	Epidendrum sp.1	1
	Epidendrum sp.2	1
	Epidendrum sp.3	1
	Jacquiniella globosa	1
	Maxillaria parviflora	2
	Orchidaceae 2	1
	Psygmorchis pumilio	1
	Scaphyglottis longicaulis	6
	Tillandsia fendleri	8
	Tillandsia fasciculata	1
	Tillandsia polystachia	2
	Werauhia sanguinolenta	10
3	*Aechmea penduliflora*	2
	Bromeliaceae	2
	Catopsis sessiliflora	9
	Dichaea dammeriana	1
	Epidendrum sp.1	3
	Epidendrum sp.2	2

Estrato	Especie	Abundancia
	Epidendrum sp.3	2
	Jacquiniella globosa	3
	Maxillaria porrecta	4
	Maxillaria parviflora	1
	Orchidaceae 2	1
	Psygmorchis pumilio	3
	Scaphyglottis longicaulis	14
	Scaphyglottis prolifera	1
	Stelis sp.	1
	Tillandsia fendleri	9
	Tillandsia fasciculata	2
	Tillandsia polystachia	7
	Werauhia sanguinolenta	10
Total general		140

7.6.5.2.3.2 Especies hospederas

En total se evaluaron 32 especies de árboles hospederos, de las cuales 24 presentaron especies epífitas en un total de 55 forófitos. A nivel general, de las especies hospederas *Pourouma bicolor* y *Virola sebifera* presentaron mayor abundancia de epífitas vasculares (Ver Tabla 7-91). Esta última especie presentó la mayor riqueza de especies hospederas.

Para el bosque los bosques de galería, la cobertura más diversa, se analizaron 62 especies de hospederos distintos, siendo *Pourouma bicolor* la especie que presentó mayor abundancia de plantas del grupo estudiado; para los cultivos permanentes herbáceos se evaluaron 3 especies, *Cordia alliodora, Inga sp. , Vismia baccifera*, esta última es la especie con mayor cantidad de epífitas vasculares; para los pastos las especies es *Endlicheria sericea,* de ecología heliófita, cortezas rugosas y alto porte constituyó las mejores opciones para la colonización por las bromelias y orquídeas; finalmente, la especie *Pourouma bicolor* presentó la mayor abundancia de epífitas vasculares.

Tabla 7-91. Especies hospederas evaluadas

Especies	Riquezas	Coberturas (Abundancias)				
		BG	CPH	P	VST	Total general
Aniba coto	4	4				4
Bellucia pentamera	1			3		3
Calophyllum brasiliense	3	6		5		11
Cecropia angustifolia	1	6		3	3	12

Especies	Riquezas	Coberturas (Abundancias)				
		BG	CPH	P	VST	Total general
Cinnamomum triplinerve	2	3				3
Clusia articulata	2	3				3
Cordia alliodora	1		3			3
Cupania cinerea	6			12		12
Endlicheria sericea	8			15		15
Ficus americano	5			8		8
Guatteria ucayalina	3	4				4
Heliocarpus sp.	1	3				3
Hymenaea courbaril	3			5		5
Inga sp.	3		6			6
Inga thibaudiana	1	3				3
Lacistema aggregatum	8	10			5	15
Lozania mutisiana	3	3				3
Miconia dolichorrhyncha	2			3	3	6
Miconia elata	2				4	4
Miconia sp.	1			3		3
Nectandra cuspidata	1	3				3
Persea sp.	2			4		4
Piptocoma discolor	4	7				7
Pourouma bicolor	10	17		3		20
Rollinia pittieri	4			5		5
Simarouba amara	1			3		3
Trichanthera gigantea	5			7		7
Virola sebifera	9	7		12		19
Vismia baccifera	5	3	3	11		17
Vochysia ferruginea	4	6				6
Zygia longifolia	8			10		10
Total		49	7	10	74	140

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.3.3 Representatividad del muestreo de epífitas vasculares

El análisis de los resultados del muestreo frente a los distintos estimadores de riqueza, indican que el muestreo de epífitas vasculares es representativo para las coberturas caracterizadas, exhibiendo valores de representatividad por encima o cercana al 80% para los indicadores evaluados (Ver Tabla 7-92 y Figura 7-100).

Tabla 7-92 Representatividad del muestreo de epífitas vasculares

Cobertura	Riqueza de especies			Representatividad (%)
	Muestreo	Estimador		
Bosque de galería y/o ripario	15	ACE	18,23	82
		Chao 1	18,78	80
		Bootstrap	17,86	84
		Cole	15	100
Cultivos permanentes herbáceos	4	ACE	5,24	76
		Chao 1	5,31	75
		Bootstrap	5	80
		Cole	4	100
Pastos	16	ACE	18,82	85
		Chao 1	18,63	86
		Bootstrap	18,4	87
		Cole	16	100
Vegetación secundaria o en transición	6	ACE	7,53	80
		Chao 1	7,21	83
		Bootstrap	7,39	81
		Cole	6	100

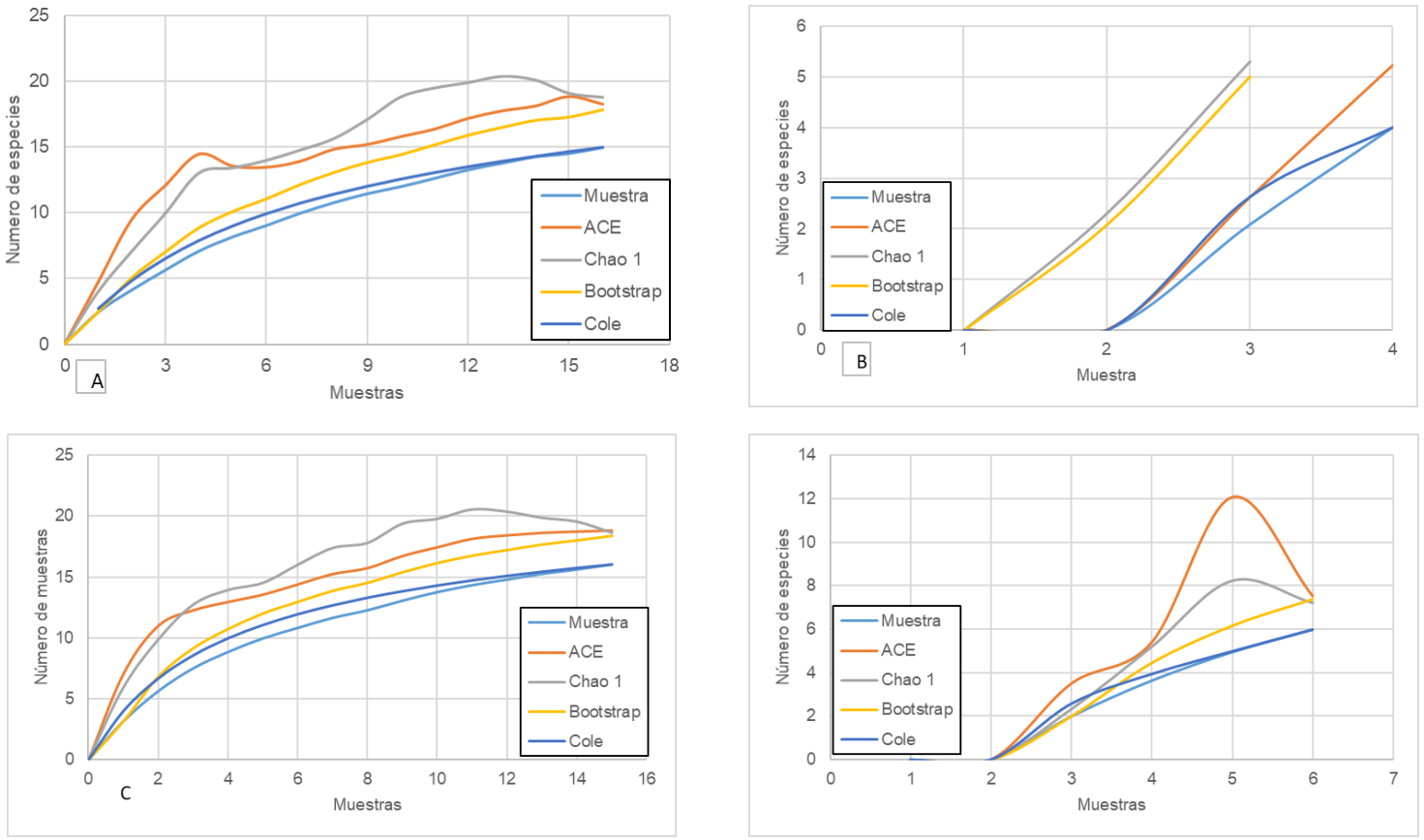


Figura 7-100. Curvas de acumulación de especies para epífitas vasculares

A. Bosque de galería y/o ripario (BG); B. Cultivo permanente herbáceo (CPH); C. Pastos arbolados (P); D. Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.3.4 Orquídeas y bromelias terrestres

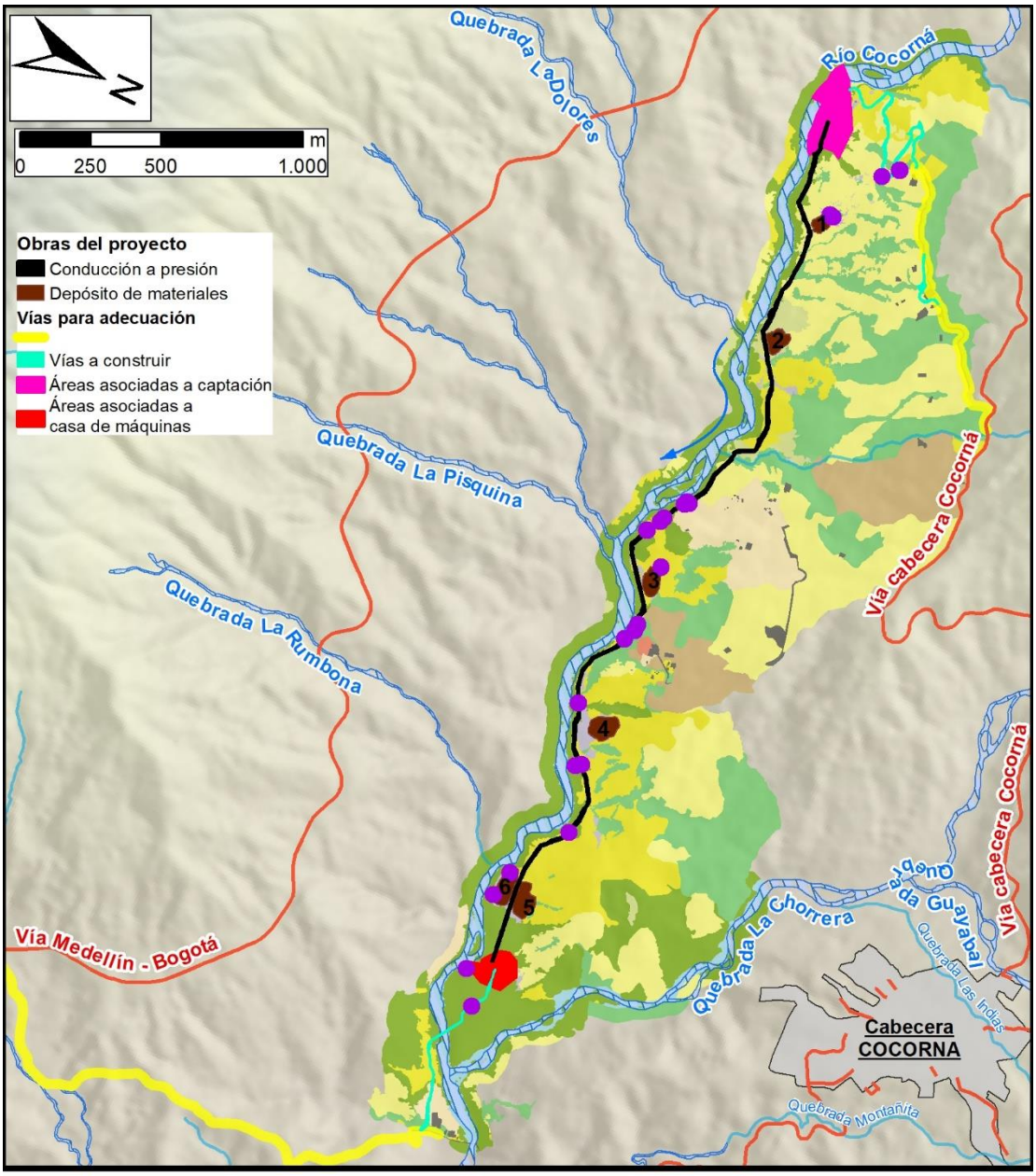
Como resultado de la evaluación de las parcelas establecidas para caracterizar la vegetación terrestre en veda del área de intervención del proyecto, se registraron 6 individuos la misma cantidad de especies de Orquídeas y bromelias terrestres, en las coberturas de bosque de galería, cultivos permanentes herbáceos y vegetación secundaria en transición (Ver Tabla 7-93 y Figura 7-101). En el Anexo 5.2.8. se detalla esta información. En la Tabla 7-94 se encuentran consignadas las especies y su abundancia.

Tabla 7-93. Localización de los individuos de orquídeas y bromelias terrestres en el área de intervención del proyecto

Cobertura	Ubicación	Especie
Bosque de galería y/o ripario	BOT-6	*Neomoorea wallisii*
Cultivos permanentes herbáceos	BOT-34	*Tillandsia fendleri*
Vegetación secundaria o en transición	BOT-16	*Epidendrum sp.2*
		Scaphyglottis longicaulis
	BOT-18	*Bromeliaceae*
		Tillandsia fendleri

Tabla 7-94. Especies de bromelias y orquídeas terrestres en el área de intervención del proyecto

Familia	Especie	Abundancia de individuos
Bromeliaceae	*Bromeliaceae*	1
	Tillandsia fendleri	2
Orchidaceae	*Epidendrum sp.2*	1
	Neomoorea wallisii	1
	Scaphyglottis longicaulis	1
Total		**6**



MUESTREO DE BROMELIAS Y ORQUÍDEAS TERRESTRES

Cobertura de la Tierra

- Cultivos permanentes arbustivos
- Afloramientos rocosos
- Bosque de galería y/o ripario
- Cultivos confinados
- Cultivos permanentes herbáceos
- Pastos arbolados
- Pastos enmalezados
- Pastos limpios
- Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
- Ríos (50 m)
- Tejido urbano discontinuo
- Vegetación secundaria o en transición
- Muestreo Brom y Orq Terr.

Figura 7-101. Localización de individuos de bromelias y orquídeas terrestres en el área de intervención del proyecto

7.6.5.2.3.5 Especies amenazadas, endémicas y con CITES

Ninguna de las especies registradas presenta categoría de amenaza de acuerdo con la Resolución 1912 (MADS, 2017).

De otra parte, en el área de intervención no se localizan poblaciones de especies de bromeliáceas y orquidáceas con distribución endémica para la vertiente oriental de la cordillera central (Idarraga, *et. al,* 2011)

Finalmente, se resalta que las orquídeas se encuentran consideradas en el Apéndice II del convenio CITES

7.6.5.2.4 Briófitos (musgos, hepáticas, antocerotes) y Líquenes de hábito epífito

Para los análisis de las plantas no vasculares se las coberturas de pastos limpios, pastos arbolados y pastos enmalezados se trataron como una sola cobertura, denominada pastos. En el Anexo 5.2.9. se detalla la información de los registros de Briófitos y Líquenes de hábito epífito.

7.6.5.2.4.1 Composición y abundancia

En el área de intervención del proyecto se registraron 54 especies de epífitas no vasculares, con una cobertura total de 90.576 cm^2 y corresponden a 6 especies de musgos, 30 especies de líquenes y 18 especies de hepáticas. La cobertura con mayor número de especies son los pastos y bosques de galería y/o riparios (Ver Tabla 7-95); en esta segunda cobertura vegetal se registró la mayor abundancia en términos de cobertura (cm^2).

Para todas las coberturas las especies más abundantes corresponden con el grupo de los líquenes: para el bosque de galería y/o ripario la especie más abundante corresponde con *Coenogonium sp.,* para los cultivos permanentes herbáceos y los pastos y la vegetación secundaria en transición es *Cryptothecia striata*.

Tabla 7-95. Familias y especies no vasculares de hábito epífito presentes en el área de intervención del proyecto.

Grupo	Familia	Especie	Cobertura				Total general
			BG	CPH	P	VST	
Hepática	Frullaniaceae	*Frullania cf. montagnei*			60		60
	Lejeuneaceae	*Ceratolejeunea cornuta*	3.438	420	726	216	4.800
		Cololejeunea sp.	30		150		180
		Diplasiolejeunea alata	6.732	12	198	150	7.092
		Lejeunea cf. flava	180	6			186
		Lejeunea sp.	1.128	90		6	1.224
		Lejeunea laetevirens		6			6

Grupo	Familia	Especie	Cobertura				Total general
			BG	CPH	P	VST	
		Pycnolejeunea sp.	60		1.080	180	1.320
	Lepidoziaceae	*Bazzania sp.*		132	30	30	192
	Lophocoleaceae	*Lophocolea cf. bidentata*	150		192	270	612
	Metzgeriaceae	*Metzgeria sp.*	1.020	6			1.026
	Noterocladaceae	*Noteroclada confluens*	240				240
	Plagiochilaceae	*Plagiochila aff. aerea*	330		840		1.170
		Plagiochila bifaria	120		360		480
		Plagiochila cf. lingua	180		2.682	180	3.042
		Plagiochila subplana	3.030	336	372	120	3.858
	Pleuroziaceae	*Pleurozia sp.*			540		540
	Radulaceae	*Radula sp.*	240				240
Líquen	Arthoniaceae	*Cryptothecia striata*	7.692	1.062	6.510	1.470	16.734
		Herpothallon rubrocinctum	3.012	426	2.514	630	6.582
	Cladoniaceae	*Cladonia didyma*			570		570
		Cladonia sp.			60		60
	Coccocarpiaceae	*Coccocarpia erythroxyli*			30		30
	Coenogoniaceae	*Coenogonium interplexum*	456	6		180	642
		Coenogonium sp.	7.758	336	132	390	8.616
	Collemataceae	*Leptogium azureum*			546		546
		Leptogium chloromelum		30	192		222
		Leptogium phyllocarpum		180			180
	Graphidaceae	*Fissurina sp.*	180		252	60	492
		Graphis pitmanii			120		120
		Graphis sp.	30				30
		Leucodecton sp.	390				390
		Sarcographa labyrinthica			240		240
	Lepidoziaceae	*Telaranea sp.*	240	30	6		276
	Malmideaceae	*Malcomiella sp.*	300		1.830		2.130
	Parmeliaceae	*Hypotrachyna costaricensis*	120	516	1.452	240	2.328
		Parmelia aff. samöensis	1.800		3.660	570	6.030
		Parmotrema crinitum	60		240	360	660
		Parmotrema tintorum		30	2.460	150	2.640
		Usnea columbiana			1.110		1.110
	Pertusariaceae	*Pertusaria multipunctata*			120		120
	Physciaceae	*Physcia atrostriata*			540	300	840
	Porinaceae	*Porina cf. subnucula*	1.806		660		2.466
	Ramalinaceae	*Phyllopsora corallina*			330		330

Grupo	Familia	Especie	Cobertura				Total general
			BG	CPH	P	VST	
	Rhizocarpaceae	*Rhizocarpon geographicum*	570		252	150	972
	Roccellaceae	*Alyxoria varia*			60		60
	Stereocaulaceae	*Lepraria lobificans*	582	60	60	30	732
	Thelotremataceae	*Ocellularia aff. allosporoides*	30	150	1.920	30	2.130
Musgo	Brachytheciaceae	*Aerolindigia capillacea*	1.284	210	690		2.184
	Daltoniaceae	*Lepidopilum tortifolium*			90		90
	Dicranaceae	*Symblepharis lindigii*			330	60	390
	Grimmiaceae	*Grimmia sp.*	600				600
	Neckeraceae	*Orthosthichella sp.*	30		720	240	990
	Octoblepharaceae	*Octoblepharum albidum*	990		696	90	1.776
Total general			**44.808**	**4.044**	**35.622**	**6.102**	**90.576**

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

A continuación, se describe la composición de especies por grupo y su abundancia en cada cobertura:

- Musgos (Bryophyta)

La composición de musgos de hábito epífito por cobertura vegetal y abundancia registrada expresada en términos de cobertura (cm^2) se presenta en la Tabla 7-96. Se registraron 6 especies pertenecientes a la misma cantidad de familias taxonómicas en todas las coberturas evaluadas. La especie más abundante fue *Aerolindigia capillacea* presente en todas las coberturas excepto en vegetación secundaria en transición *y Octoblepharum albidum* presente en las coberturas naturales y no en las categorías de cultivos.

Tabla 7-96 Familias y especies de musgos epífitos presentes en el área de intervención del proyecto

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Brachytheciaceae	*Aerolindigia capillacea*	1.284	210	690		2.184
Daltoniaceae	*Lepidopilum tortifolium*			90		90
Dicranaceae	*Symblepharis lindigii*			330	60	390
Grimmiaceae	*Grimmia sp.*	600				600
Neckeraceae	*Orthosthichella sp.*	30		720	240	990
Octoblepharaceae	*Octoblepharum albidum*	990		696	90	1.776

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Total general		2.904	210	2.526	390	6.030

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos que comprende: Pastos arbolados (PA), Pastos enmalezados (PE), Pastos limpios (PL) y Vegetación secundaria o en transición (VST)

- Líquenes (Ascomycota)

En total se registraron 30 especies de líquenes epífitos pertenecientes a 17 familias botánicas, siendo *Cryptothecia striata* la especie más abundante, presente en todas las coberturas vegetales (Ver Tabla 7-97). Adicionalmente, se registraron especies específicas para la cobertura de pastos: *Cladonia didyma, Cladonia sp., Coccocarpia erythroxyli, Leptogium azureum, Sarcographa labyrinthica Usnea columbiana Pertusaria multipunctata y Alyxoria varia.* Para las demás coberturas no se reportaron especies específicas

Tabla 7-97 Familias y especies de líquenes epífitos presentes en el área de intervención del proyecto.

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Arthoniaceae	*Cryptothecia striata*	7.692	1.062	6.510	1.470	16.734
	Herpothallon rubrocinctum	3.012	426	2.514	630	6.582
Cladoniaceae	*Cladonia didyma*			570		570
	Cladonia sp.			60		60
Coccocarpiaceae	*Coccocarpia erythroxyli*			30		30
Coenogoniaceae	*Coenogonium interplexum*	456	6		180	642
	Coenogonium sp.	7.758	336	132	390	8.616
Collemataceae	*Leptogium azureum*			546		546
	Leptogium chloromelum		30	192		222
	Leptogium phyllocarpum		180			180
Graphidaceae	*Fissurina sp.*	180		252	60	492
	Graphis pitmanii			120		120
	Graphis sp.	30				30
	Leucodecton sp.	390				390
	Sarcographa labyrinthica			240		240
Lepidoziaceae	*Telaranea sp.*	240	30	6		276
Malmideaceae	*Malcomiella sp.*	300		1.830		2.130
Parmeliaceae	*Hypotrachyna costaricensis*	120	516	1.452	240	2.328
	Parmelia aff. samöensis	1.800		3.660	570	6.030

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
	Parmotrema crinitum	60		240	360	660
	Parmotrema tintorum		30	2.460	150	2.640
	Usnea columbiana			1.110		1.110
Pertusariaceae	*Pertusaria multipunctata*			120		120
Physciaceae	*Physcia atrostriata*			540	300	840
Porinaceae	*Porina cf. subnucula*	1.806		660		2.466
Ramalinaceae	*Phyllopsora corallina*			330		330
Rhizocarpaceae	*Rhizocarpon geographicum*	570		252	150	972
Roccellaceae	*Alyxoria varia*			60		60
Stereocaulaceae	*Lepraria lobificans*	582	60	60	30	732
Thelotremataceae	*Ocellularia aff. allosporoides*	30	150	1.920	30	2.130
Total general		**25.026**	**2.826**	**25.866**	**4.560**	**58.278**

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

- Hepáticas (Marchantiophyta)

En el área de intervención se registraron 18 especies de hepáticas de hábito epífito agrupadas en 9 familias taxonómica, entre las cuales sobresale por su abundancia *Diplasiolejeunea alata*, la cual se registró en todas las coberturas evaluadas. En la Tabla 7-98 se presenta la composición de hepáticas y la cobertura (cm^2) registrada por especie. La especie *Frullania cf. montagnei* y *Pleurozia sp*. se encontró específicamente para la cobertura de pastos; *Lejeunea laetevirens* para los cultivos permanentes herbáceos con la menor abundancia del muestreo; *Noteroclada confluens y Radula sp.* para los pastos. Las demás especies se registraron por lo menos para dos coberturas principalmente para bosques de galería y pastos que alcanzaron los mayores valores muestrales.

Tabla 7-98 Familias y especies de hepáticas epífitos presentes en el área de intervención del proyecto

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Frullaniaceae	*Frullania cf. montagnei*			60		60
Lejeuneaceae	*Ceratolejeunea cornuta*	3.438	420	726	216	4.800
	Cololejeunea sp.	30		150		180
	Diplasiolejeunea alata	6.732	12	198	150	7.092
	Lejeunea cf. flava	180	6			186

Familia	Especie	Abundancia (cm2) por tipo de cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
	Lejeunea sp.	1.128	90		6	1.224
	Lejeunea laetevirens		6			6
	Pycnolejeunea sp.	60		1.080	180	1.320
Lepidoziaceae	*Bazzania sp.*		132	30	30	192
Lophocoleaceae	*Lophocolea cf. bidentata*	150		192	270	612
Metzgeriaceae	*Metzgeria sp.*	1.020	6			1.026
Noterocladaceae	*Noteroclada confluens*	240				240
Plagiochilaceae	*Plagiochila aff. aerea*	330		840		1.170
	Plagiochila bifaria	120		360		480
	Plagiochila cf. lingua	180		2.682	180	3.042
	Plagiochila subplana	3.030	336	372	120	3.858
Pleuroziaceae	*Pleurozia sp.*			540		540
Radulaceae	*Radula sp.*	240				240
Total general		**16.878**	**1.008**	**7.230**	**1.152**	**26.268**

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.4.2 Diversidad

En general se observa una riqueza y diversidad alta de epífitas no vasculares en las diferentes coberturas en el área de intervención del proyecto. Los índices indican una mayor diversidad en los pastos (H': 3,09) seguida por el bosque de galería (H': 2,73); con una homogeneidad en las abundancias de las especies indicando la presencia de pocas especies dominantes para todas las coberturas vegetales (Tabla 7-99).

Tabla 7-99 Diversidad de especies no vasculares de hábito epífito

Índices	Riqueza	Dominancia	Simpson_1-D	Shannon_H
Bosque de galería y/o ripario	34	0,09	0,91	2,73
Cultivos permanentes herbáceos	20	0,10	0,90	2,65
Pastos	43	0,07	0,93	3,09
Vegetación secundaria o en transición	24	0,08	0,92	2,88

7.6.5.2.4.3 Distribución vertical en los forófitos

En la Tabla 7-100 se presentan el número de especies y cobertura registrada por zona analizada de los forófitos muestreados. La distribución de especies y abundancias es similar en los dos estratos para todas las coberturas con presencia

de árboles hospederos. Las coberturas con mayor presencia de especies y cubrimiento de epífitas no vasculares es el bosque de galería, seguido de los pastos.

Tabla 7-100 Distribución de las especies por zona evaluada de los forófitos

Cobertura	Número de especies		Cobertura (cm^2)		Total
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 1	Estrato 2	
Bosque de galería y/o ripario	30	25	21.822	22.986	44.808
Cultivos permanentes herbáceos	12	14	2.286	1.758	4.044
Pastos	37	38	17.874	17.748	35.622
Vegetación secundaria o en transición	22	17	3.492	2.610	6.102

Más del 80 % de las especies epífitas no vasculares registradas se encontraron en ambos estratos de los forófitos. En la Tabla 7-101 se presentan las especies registradas en las dos zonas evaluadas. Para el estrato 1 se encuentran como especies exclusivas de este *Cladonia sp,, Coccocarpia erythroxyli, Graphis sp. y Leptogium phyllocarpum* y para el estrato 2 *Alyxoria varia*, *Frullania cf. Montagnei, Lejeunea laetevirens, Noteroclada confluens y Radula sp.*

Tabla 7-101 Especies registradas en cada estrato de los hospederos o forófitos

Estrato	Especie	Abundancia (cm^2)
1	*Aerolindigia capillacea*	1236
	Bazzania sp.	102
	Ceratolejeunea cornuta	3114
	Cladonia didyma	240
	Cladonia sp.	60
	Coccocarpia erythroxyli	30
	Coenogonium interplexum	402
	Coenogonium sp.	4056
	Cololejeunea sp.	30
	Cryptothecia striata	8562
	Diplasiolejeunea alata	2568
	Fissurina sp.	300
	Graphis pitmanii	60
	Graphis sp.	30
	Grimmia sp.	90
	Herpothallon rubrocinctum	3870
	Hypotrachyna costaricensis	1392
	Lejeunea cf. flava	6

Estrato	Especie	Abundancia (cm^2)
	Lejeunea sp.	786
	Lepidopilum tortifolium	30
	Lepraria lobificans	426
	Leptogium azureum	36
	Leptogium chloromelum	192
	Leptogium phyllocarpum	180
	Leucodecton sp.	90
	Lophocolea cf. bidentata	390
	Malcomiella sp.	1170
	Metzgeria sp.	396
	Ocellularia aff. allosporoides	870
	Octoblepharum albidum	1386
	Orthosthichella sp.	600
	Parmelia aff. samöensis	2610
	Parmotrema crinitum	360
	Parmotrema tintorum	1290
	Pertusaria multipunctata	60
	Phyllopsora corallina	180
	Physcia atrostriata	360
	Plagiochila aff. aerea	660
	Plagiochila bifaria	150
	Plagiochila cf. lingua	1320
	Plagiochila subplana	1812
	Pleurozia sp.	180
	Porina cf. subnucula	1530
	Pycnolejeunea sp.	360
	Rhizocarpon geographicum	672
	Sarcographa labyrinthica	180
	Symblepharis lindigii	360
	Telaranea sp.	240
	Usnea columbiana	450
2	*Aerolindigia capillacea*	948
	Alyxoria varia	60
	Bazzania sp.	90
	Ceratolejeunea cornuta	1686
	Cladonia didyma	330
	Coenogonium interplexum	240
	Coenogonium sp.	4560

Estrato	Especie	Abundancia (cm^2)
	Cololejeunea sp.	150
	Cryptothecia striata	8172
	Diplasiolejeunea alata	4524
	Fissurina sp.	192
	Frullania cf. montagnei	60
	Graphis pitmanii	60
	Grimmia sp.	510
	Herpothallon rubrocinctum	2712
	Hypotrachyna costaricensis	936
	Lejeunea cf. flava	180
	Lejeunea sp.	438
	Lejeunea laetevirens	6
	Lepidopilum tortifolium	60
	Lepraria lobificans	306
	Leptogium azureum	510
	Leptogium chloromelum	30
	Leucodecton sp.	300
	Lophocolea cf. bidentata	222
	Malcomiella sp.	960
	Metzgeria sp.	630
	Noteroclada confluens	240
	Ocellularia aff. allosporoides	1260
	Octoblepharum albidum	390
	Orthosthichella sp.	390
	Parmelia aff. samöensis	3420
	Parmotrema crinitum	300
	Parmotrema tintorum	1350
	Pertusaria multipunctata	60
	Phyllopsora corallina	150
	Physcia atrostriata	480
	Plagiochila aff. aerea	510
	Plagiochila bifaria	330
	Plagiochila cf. lingua	1722
	Plagiochila subplana	2046
	Pleurozia sp.	360
	Porina cf. subnucula	936
	Pycnolejeunea sp.	960
	Radula sp.	240

Estrato	Especie	Abundancia (cm^2)
	Rhizocarpon geographicum	300
	Sarcographa labyrinthica	60
	Symblepharis lindigii	30
	Telaranea sp.	36
	Usnea columbiana	660
Total general		**90576**

7.6.5.2.4.4 Especies hospederas

En total se evaluaron 31 especies de árboles hospederos, de los *cuales Vochysia ferruginea, Vismia baccifera, Miconia elata* y *Cecropia angustifolia* son las más frecuentes (ver la Tabla 7-102). En todas las especies, se obtuvieron registros, mostrando menos preferencia por hospederos de especies como *Inga sp., Zygia longifolia y Bellucia pentamera*, en donde se encontró menor riqueza de especies.

Para el bosque los bosques de galería, se analizaron 16 especies de hospederos distintos, siendo *Pourouma bicolor y Calophyllum brasiliense,* las especie que presentaron mayor abundancia de plantas del grupo estudiado; para los cultivos permanentes herbáceos se evaluaron 3 especies, *Cordia allliodora* es la especie con mayor abundancia de epífitas no vasculares*;* para los pastos, con 17 especies evaluadas, fueron *Cupania cinérea y Vismia baccifera* las mejores opciones para la colonización por briofitos y líquenes hepáticos; finalmente, la especie *Pouruma bicolor* presentó mayor abundancia de epífitas no vasculares.

Tabla 7-102 Especies hospederas por tipo de cobertura

Especie hospedero	Riqueza	Coberturas				Total
		BG	CPH	P	VST	
Aniba coto	6	1.620				1.620
Bellucia pentamera	5			900		900
Calophyllum brasiliense	22	6.966		1.932		8.898
Cecropia angustifolia	24	4.074		1.590	1.890	7.554
Clusia articulata	7	1.278				1.278
Cordia alliodora	11		2.262			2.262
Cupania cinerea	20			4.968		4.968
Endlicheria sericea	7			1.200		1.200
Ficus americana	15			3.540		3.540
Guatteria ucayalina	9	1.284				1.284
Heliocarpus sp.	10	2.232				2.232
Hymenaea courbaril	7			1.800		1.800
Inga sp.	9		378			378

Especie hospedero	Riqueza	Coberturas				Total
		BG	CPH	P	VST	
Inga thibaudiana	7	1.002				1.002
Lacistema aggregatum	21	3.768			1.482	5.250
Lozania mutisiana	7	2.370				2.370
Miconia dolichorrhyncha	16			1.230	1.440	2.670
Miconia elata	10				1.290	1.290
Miconia minutiflora	11	1.644				1.644
Miconia sp.	11			2.340		2.340
Nectandra cuspidata	7	1.056				1.056
Persea sp.	10			1.980		1.980
Piptocoma discolor	8	1.728				1.728
Pourouma bicolor	17	7.158		1.338		8.496
Rollinia pittieri	5			1.020		1.020
Simarouba amara	7			2.076		2.076
Trichanthera gigantea	11			1.542		1.542
Virola sebifera	19	2.172		3.150		5.322
Vismia baccifera	27	1.650	1.404	4.470		7.524
Vochysia ferruginea	15	4.806				4.806
Zygia longifolia	6			546		546
Total general		**44.808**	**4.044**	**35.622**	**6.102**	**90.576**

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.4.5 Representatividad del muestreo de epífitas no vasculares

El análisis de los resultados del muestreo frente a los estimadores de riqueza ICE, Chao 2, Cole, Uniques y Bootstrap, indican que el muestreo de epífitas no vasculares en las diferentes coberturas en el área de intervención del proyecto es representativo, presentando valores de representatividad por cobertura superiores al 80 % (Ver Tabla 7-103). En la Figura 7-102 se presentan las curvas de acumulación de especies obtenidas en el muestreo en cada cobertura comparado con el número de especies esperadas por los estimadores.

Tabla 7-103. Representatividad del muestreo de epífitas no vasculares.

Cobertura	Riqueza de especies			Representatividad (%)
	Muestreo	Estimador		
Bosque de galería y/o ripario	34	ICE	42	81
		Chao 2	40	85

Cobertura	Riqueza de especies			Representatividad (%)
	Muestreo	Estimador		
		Bootstrap	39	88
		Cole	34	100
Cultivos permanentes herbáceos	20	Uniques	16	80
		Bootstrap	24	82
		Cole	20	100
Pastos	43	Chao 2	53	81
		Bootstrap	49	87
		Cole	43	100
Vegetación secundaria o en transición	24	Chao 2	30	80
		Bootstrap	29	83
		Cole	24	100

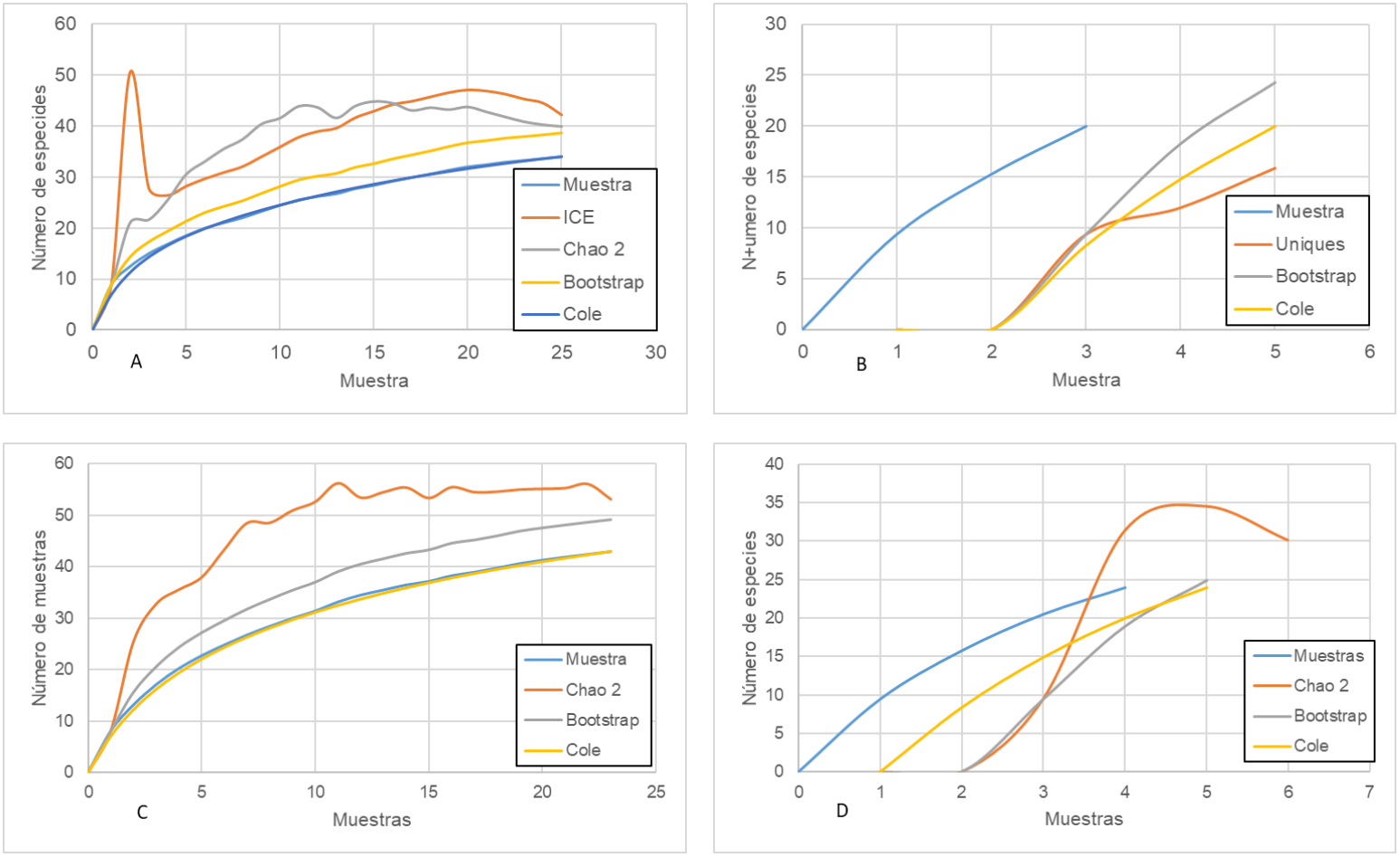
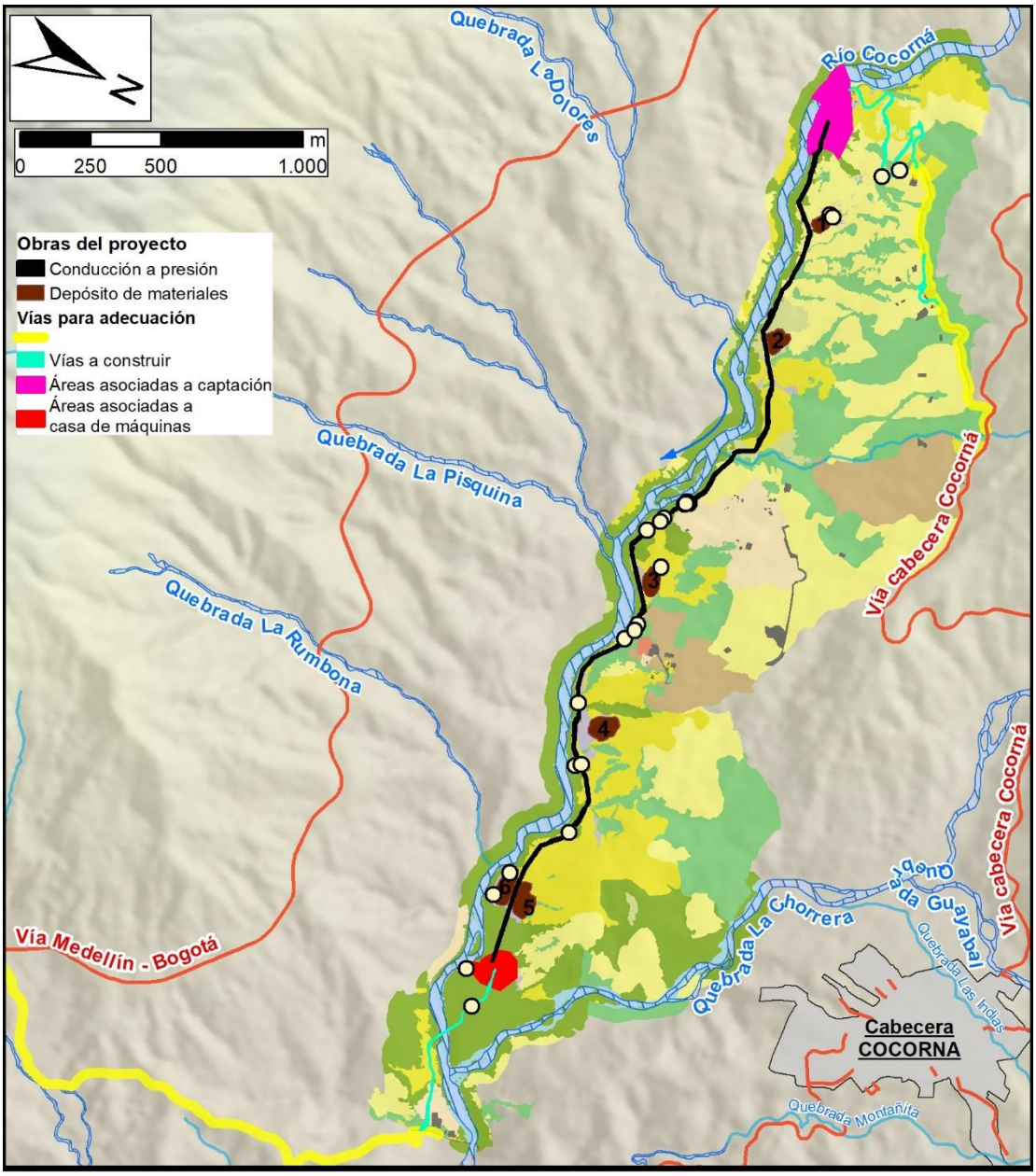


Figura 7-102. Curvas de acumulación de especie de Briófitos y Líquenes de hábito epífito
A. Bosque de galería y/o ripario (BG); B. Cultivo permanente herbáceo (CPH); C. Pastos arbolados (P); D. Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.5 Briófitos (musgos, hepáticas, antocerotes) y Líquenes en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición

A continuación, se describen los resultados de la caracterización de los briófitos y líquenes en otros sustratos, para los cuales se emplearon 25 parcelas en las coberturas presentes en el área de intervención: Bosque de galería y ripario (6), cultivos permanentes herbáceos (6), pastos (7), y Vegetación secundaria en transición (6) (Ver Figura 7-103). En el Anexo 5.2.10. Se presenta la información para Briófitos y Líquenes en otros sustratos.



MUESTREO DE BRIOFITOS Y LIQUENES EN OTROS SUSTRATOS

Cobertura de la Tierra
- Cultivos permanentes arbustivos
- Afloramientos rocosos
- Bosque de galería y/o ripario
- Cultivos confinados
- Cultivos permanentes herbáceos
- Pastos arbolados
- Pastos enmalezados
- Pastos limpios
- Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
- Ríos (50 m)
- Tejido urbano discontinuo
- Vegetación secundaria o en transición

- Muestreo Brio. y Lique. Otros Sustratos

Figura 7-103 Localización de parcelas de muestreo de Briófitos y Líquenes en otros sustratos (suelo, roca y madera en descomposición

7.6.5.2.5.1 Composición y abundancia

En el área de intervención del proyecto se registraron 36 especies de briófitos y líquenes en otros sustratos, con una cobertura total de 108.500 cm^2. La cobertura con mayor número de especies son los pastos y la vegetación secundaria o en transición y la de mayor abundancia, en términos de cobertura son los pastos (Ver Tabla 7-104).

Tabla 7-104 Riqueza y abundancia de epífitas no vasculares en otros sustratos por tipo de cobertura

Cobertura	Número de especies	Cobertura (cm2)
Bosque de galería y/o ripario	11	14.600
Cultivos permanentes herbáceos	10	29.900
Vegetación secundaria o en transición	12	23.400
Pastos	22	40.600
Total		**108.500**

- Musgos (Bryophyta)

En total se registraron 7 especies de musgos en otros sustratos pertenecientes a la misma cantidad de familias botánicas, siendo *Pelekium cf. involvens* la especie más abundante en todas las coberturas en el área de intervención, excepto para los cultivos permanentes arbustivos (Ver Tabla 7-105). Se registraron específicas para la cobertura de vegetación secundaria en transición: *Symblepharis lindigii Fissidens sp. y Rhynchostegiopsis sp.* Esta cobertura presentó la mayor riqueza y abundancia. Adicionalemten, *Meteorium sp* se presenta como especie exclusiva para los cultivos permanentes arbustivos

Tabla 7-105 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto.

Familia	Especie	Cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Dicranaceae	*Symblepharis lindigii*				800	800
Fissidentaceae	*Fissidens sp.*				200	200
Leucomiaceae	*Rhynchostegiopsis sp.*				3.000	3.000
Meteoriaceae	*Meteorium sp.*		500			500
Neckeraceae	*Orthosthichella sp.*	500			300	800
Octoblepharaceae	*Octoblepharum albidum*			2.700	1.000	3.700
Thuidiaceae	*Pelekium cf. involvens*	4.000		3.300	10.000	17.300
Total general		4.500	500	6.000	15.300	26.300

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

- Líquenes (Ascomycota)

En total se registraron 13 especies de líquenes en otros sustratos pertenecientes a 10 familias botánicas, siendo *Cryptothecia striata* la especie más abundante en todas las coberturas en el área de intervención (Ver Tabla 7-106). Adicionalmente, todas las coberturas excepto bosques de galería y/o riparios, presentaron especies específicas, *Cladonia cf. Polydactylia y Cladonia didyma* para los pastos; Malcomiella sp. para la vegetación secundaria o en transición y Lepraria lobificans para los cultivos permanentes herbáceos, la mayoría con baja abundancia.

Tabla 7-106 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto.

Familia	Especie	Cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Arthoniaceae	*Cryptothecia striata*	4.100	11.000	1.000	500	16.600
	Herpothallon rubrocinctum	100	4.000			4.100
Cladoniaceae	*Cladonia cf. polydactylia*			1.000		1.000
	Cladonia didyma			3.000		3.000
Coenogoniaceae	*Coenogonium interplexum*		4.000			4.000
Collemataceae	*Leptogium cf. azureum*		500		3.000	3.500
Graphidaceae	*Fissurina sp.*		1.500	500		2.000
Malmideaceae	*Malcomiella sp.*				400	400
Parmeliaceae	*Parmelia aff. samoensis*			1.500	1.500	3.000
	Usnea columbiana				6.200	6.200
Physciaceae	*Physcia atrostriata*			4.000	3.000	7.000
Porinaceae	*Porina cf. subnucula*	100	1.000			1.100
Stereocaulaceae	*Lepraria lobificans*		200			200
Total general		4.300	22.200	11.000	14.600	52.100

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

- Hepáticas (Marchantiophyta)

En total se registraron 15 especies de hepáticas en otros sustratos pertenecientes a siete (7) familias botánicas, siendo *Lophocolea cf. bidentata* la especie más abundante en todas las coberturas en el área de intervención (Ver Tabla 7-107). Todas las coberturas, presentaron especies específicas. *Ceratolejeunea sp., Telaranea sp., Metzgeria sp.* y *Symphyogyna sp.* para los bosques de galería y/o ripario; *Ceratolejeunea cornuta* para los cultivos permanentes herbáceos; *Cololejeunea sp.* para los pastos y *Lejeunea sp., Lejeunea laetevirens, Plagiochila aff. aerea y Plagiochila cf. lingua* para la vegetación secundaria o en transición.

Tabla 7-107 Familias y especies de musgos en otros sustratos presentes en el área de intervención del proyecto.

Familia	Especie	Cobertura				Total general
		BG	CPH	P	VST	
Lejeuneaceae	*Ceratolejeunea cornuta*		700			700
	Ceratolejeunea sp.	1.000				1.000
	Cololejeunea sp.			2.000		2.000
	Diplasiolejeunea alata	100				100
	Lejeunea sp.				3.000	3.000
	Lejeunea laetevirens				200	200
	Pycnolejeunea sp.			2.700		2.700
Lepidoziaceae	*Bazzania sp.*		4.000			4.000
	Telaranea sp.	100				100
Lophocoleaceae	*Lophocolea cf. bidentata*	2.600	2.500	200	4.000	9.300
Metzgeriaceae	*Metzgeria sp.*	1.500				1.500
Pallaviciniaceae	*Symphyogyna sp.*	500				500
Plagiochilaceae	*Plagiochila aff. aerea*				500	500
	Plagiochila cf. lingua				3.000	3.000
Pleuroziaceae	*Pleurozia sp.*			1.500		1.500
Total general		5.800	7.200	6.400	10.700	30.100

Bosque de galería y/o ripario (BG); Cultivo permanente arbóreo (CPA), Cultivo permanente herbáceo (CPH), Pastos (P), comprende las coberturas de pastos arbolados, enmalezados y limpios; Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.5.2 Diversidad

En general se observa una riqueza y diversidad media de especies no vasculares creciendo en otros sustratos en las diferentes coberturas en el área de intervención del proyecto. Los índices indican una mayor diversidad en la vegetación secundaria o en transición (H': 2,74) seguida por los pastos (H': 2,36); con una homogeneidad en las abundancias de las especies indicando la presencia de pocas especies dominantes (Ver Tabla 7-108).

Tabla 7-108 Diversidad de especies no vasculares creciendo sobre otros sustratos.

Cobertura	Riqueza	Dominancia	Simpson_1-D	Shannon_H
Bosque de galería y/o ripario	11	0,27	0,73	1,74
Cultivos permanentes herbáceos	11	0,18	0,82	2,05
Pastos	13	0,12	0,88	2,36
Vegetación secundaria o en transición	18	0,08	0,92	2,74

7.6.5.2.5.3 Estructura

El sustrato que presentó mayor número de especies no vasculares y cobertura, fue la roca y en general, los líquenes presentaron el mayor número de especies y abundancia en todos los sustratos (Ver la Figura 7-104). Así mismo, las rocas fue un sustrato muy abundante en todas las coberturas; en general, los líquenes son los primeros organismos que colonizan los hábitats y están asociados con algas que tienen una ventaja y es que pueden colonizar espacios abiertos, esto explica su abundancia.

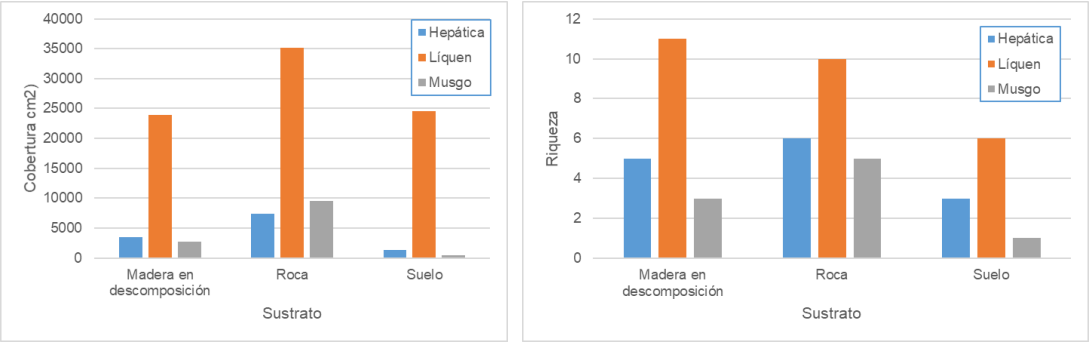


Figura 7-104. Número de especies y cobertura de briófitos y líquenes no vasculares creciendo sobre otros sustratos.

7.6.5.2.5.4 Representatividad del muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos

El análisis de los resultados del muestreo frente al estimador de riqueza Bootstrap, indica que el muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos en las diferentes coberturas en el área de intervención del proyecto es representativo, presentando valores de representatividad por cobertura superiores al 80 % (Ver Tabla 7-109). En la Figura 7-105 se presentan las curvas de acumulación de especies obtenidas en el muestreo en cada cobertura comparado con el número de especies esperadas por los estimadores.

Tabla 7-109 Representatividad del muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos

Cobertura	Riqueza de especies			Representatividad (%)
	Muestreo	Estimador		
Bosque de galería y/o ripario	11	Bootstrap	13,72	80
		Cole	11	100
Cultivos permanentes herbáceos	11	Bootstrap	12,97	85
		Cole	11	100
Pastos	13	Bootstrap	16,19	80
		Cole	13	100
Vegetación secundaria o en transición	18	Bootstrap	21,97	82
		Cole	18	100

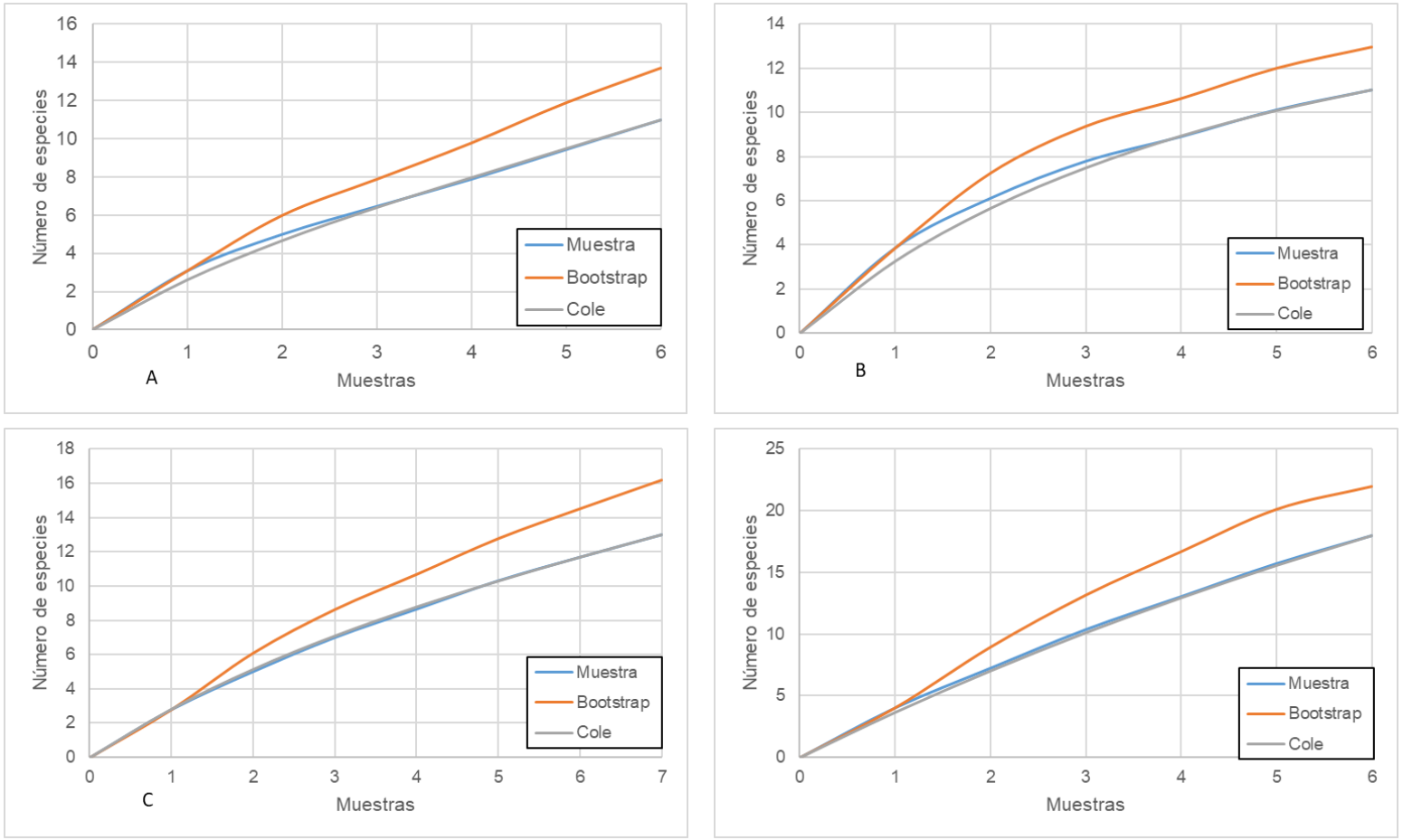


Figura 7-105. Representatividad del muestreo de briófitos y líquenes en otros sustratos

A. Bosque de galería y/o ripario (BG); B. Cultivo permanente herbáceo (CPH); C. Pastos arbolados (P); D. Vegetación secundaria o en transición (VST)

7.6.5.2.6 Especies amenazadas, endémicas y con CITES no vasculares

Ninguna de las especies reportadas en el área de intervención de briofitos y líquenes presenta categoría de amenaza de acuerdo con la Resolución 1912 (MADS, 2017).

De otra parte, en el área de intervención del proyecto no se localizan poblaciones de especies de endémicas de líquenes para la zona (Bernal, Grandstein, & Celis, 2015).

De este grupo de especies no se encuentran reportadas en los apéndices de cites

7.6.6 Programas de manejo de las especies sensibles

El programa de manejo florístico de las especies sensibles se detalla en la ficha PMA-MB 02 en el Capítulo 10. Planes y Programas. A continuación, se retoman los elementos más importantes de dicho programa.

7.6.6.1 Objetivo

Mitigar y compensar la afectación ocasionada por el proyecto sobre las poblaciones de especies de flora importantes para la conservación, registradas en el área del proyecto PCH Cocorná III.

7.6.6.2 Metas

- Rescatar y reubicar individuos de las especies arbóreas sensibles afectadas durante la etapa de construcción del proyecto, de acuerdo con los lineamientos técnicos para asignación de medidas de manejo por la afectación de veda de flora silvestre expedidos por el MADS.
- Rescatar, reubicar, mantener y monitorear el 90% de las poblaciones de orquídeas y Bromelias en sus diferentes hábitos de crecimiento que se verán afectadas por el proyecto en las áreas de intervención.
- Formular medidas para la implementación de un área de rehabilitación de 2,553 ha para generar hábitats potenciales de comunidades de briofitos y líquenes
- Realizar la compensación de los individuos de especies sensibles en las áreas establecidas para los procesos de restauración en el Programa de manejo para la conservación, restauración y compensación de la cobertura vegetal, ficha PMA-MB 03.

7.6.6.3 Actividades

7.6.6.3.1 Compensación, rescate y reubicación de individuos de las especies arbóreas sensibles

Para el manejo de las especies arbóreas sensibles se realizará la compensación de los individuos arbóreos aprovechados en la categoría de fustal acorde con lo estipulado en la Tabla 7-84. Con respecto a la regeneración se realizará el rescate, traslado y reubicación en ambientes aledaños y con características similares a los afectados, de acuerdo con la Tabla 7-85. Para esto se tendrá en cuenta las medidas de manejo por la afectación de veda de flora silvestre, expedido por el MADS y la metodología propuesta por Sierra Giraldo (2020).

La siembra de la compensación y el trasplante de la reposición se realizarán en las áreas estipuladas en la ficha PMA-MB-03 del Programa de manejo para la conservación, restauración y compensación de la cobertura vegetal, en el Capítulo 10. Planes y Programas.

Las actividades de rescate, traslado y reubicación de los individuos constarán de las siguientes actividades:

Capacitación de personal en cuanto a la identificación de las especies en campo, métodos de rescate, traslado y reubicación, además del reconocimiento de especies arbóreas sensibles.

Realizar recorridos en el área de intervención con el objetivo de recolectar el mayor número de plántulas de las especies a afectar. Se deben de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Estado Fitosanitario: Verificar herbívora, plagas o enfermedades causadas por virus, hongos y bacterias, además de clorosis y pudriciones. Sólo se rescatarán individuos en adecuado estado fitosanitario; es decir que su afectación sea menor al 40%
- Tamaño: Se rescatará al menos el 90% de los individuos con altura menor a 2 m para helechos arbóreos, y con DAP menor a 10 cm para las demás especies arbóreas.

Remoción de los individuos por medio de excavaciones en forma de cono invertido, el tamaño y la profundidad variarán en función al diámetro del tallo, evitando lastimar las raíces. Realizada la excavación se envuelve el bloque de tierra con tela fique o lona de polietileno para evitar el derrame; posteriormente se podan las frondas desarrolladas para evitar desecación. Todo el material rescatado debe ser marcado y etiquetado.

El Traslado se realizará en menor tiempo posible y durante los periodos lluviosos; se debe evitar incurrir en daños mecánicos o deformación del bloque, pues esto afectará la supervivencia de la plántula.

La Reubicación se realizará en el sitio previamente escogido, el cual debe contar con condiciones ecológicas similares a las presentes en el sitio de extracción, se procede a realizar una excavación de mayor tamaño que el bloque a trasplantar, posteriormente se compacta con tierra fértil.

Consignación de información del individuo plantado: ID placa, georreferenciación, altura total, estado fitosanitario y número de frondas para los helechos.

El mantenimiento se realizará cada quince días durante los tres primeros meses después de la reubicación durante la fase de construcción del proyecto, posteriormente se realizarán con una periodicidad de tres meses por un periodo de dos años. Estas incluirán: plateo manual de las malezas que puedan afectar el desarrollo de la planta, aplicación de fertilizantes foliares y hormonas radiculares, y reposición del material trasplantado muerto (resiembra), esta última se hará con una periodicidad anual.

En cada jornada de mantenimiento se cuantificará la sobrevivencia de individuos, se evaluará su estado fitosanitario y variables de desarrollo como número de hijuelos, número de frondas nuevas, altura, estado fenológico. Para esto se capacitará al personal encargado.

7.6.6.3.2 Rescate, reubicación y mantenimiento de poblaciones de las familias Bromeliaceae y Orchidaceae en sus diferentes hábitos de crecimiento (Fase de construcción)

El manejo que se le dará al grupo de orquídeas y bromelias consistirá en el rescate del 90% de los individuos encontrados en el área de influencia. El material rescatado seguirá los criterios de diversidad, abundancia, estado fitosanitario y senescencia de las especies. A continuación, se describen las medidas de manejo de los grupos biológicos: Orquídeas y Bromelias:

Rescate

Previo al aprovechamiento forestal se realizará un taller práctico de capacitación, dirigido al personal que participará en la ejecución de los planes de manejo del componente flora. Específicamente se impartirán módulos con las técnicas de rescate, traslado, reubicación, mantenimiento y monitoreo de orquídeas y bromelias en sus diferentes hábitos de crecimiento.

Para los individuos epifitos de orquídeas y bromelias existentes se desarrollará las siguientes actividades

El rescate de las orquídeas y bromelias será realizado por personal capacitado en trabajo en alturas, en algunos casos donde los árboles son muy altos el rescate se hará después de la tala del árbol.

El personal sobre el árbol en pie desprenderá los individuos a rescatar cuidadosamente protegiendo su raíz y follaje, luego los depositará en un canasto y los descenderá.

Luego de la tala de los árboles aprovechados se revisará las ramas de los árboles para desprender individuos que no se pudieron rescatar con el árbol en pie.

En el terreno se cuantificarán y aplicarán las medidas de selección del material vegetal a rescatar, se registrará su estado fitosanitario y fenológico de los individuos; además se anotará la especie del forófito de rescate y su georreferenciación.

Los individuos serán depositados en canastos plásticos y se transportarán rápido y cuidadosamente a los sitios de reubicación, por lo que las jornadas de rescate y reubicación serán programadas para que los individuos rescatados se reubiquen el mismo día o a más tardar al siguiente.

Para el caso de orquídeas y bromelias terrestres se desarrollan las siguientes actividades

Los individuos localizados de orquídeas y bromelias terrestres serán identificados, marcados, georreferenciados y registrados.

Los individuos serán desprendidos del suelo con parte del sustrato (pan de tierra), se tendrá especial cuidado con la protección de las raíces, pivotes o bulbos.

Los individuos rescatados serán llevados en canastas plásticas al área de reubicación y serán sembrados el mismo o a más tardar el día siguiente.

Los individuos reubicados serán sembrados con abundante materia orgánica y se aplicará hidroretenedores al sustrato.

Reubicación del material rescatado:

Las áreas donde se llevará a cabo la reubicación de las orquídeas y bromelias en sus diferentes hábitos de crecimiento se localizarán en los sitios definidos en la ficha PMA-MB-03. Las áreas de reubicación serán señalizadas, mapificadas y tendrán independencia con otras actividades que involucran el manejo de la vegetación.

La reubicación de las epifitas se hará sobre las especies que proporcionen un ambiente similar del que provenía la epífita rescatada (preferiblemente la misma especie forófita y estrato), para el caso de las especies terrestres se ubicarán en sustratos y condiciones parecidas a las encontradas.

Los forófitos donde se hará la reubicación serán identificados (especie, nombre común, altura total, DAP), registrados, marcados y georreferenciados. Para el caso de las vasculares terrestres, los individuos reubicados serán identificados, marcados, georreferenciados.

Las orquídeas y bromelias reubicadas serán codificadas con placas de acrílico o metálicas, este código corresponderá al registro de los formularios de campo para facilitar su posterior mantenimiento y monitoreo. En formatos de campo se anotará la cantidad por especie de las orquídeas y bromelias reubicadas; además se llevará el registro fotográfico.

Se tendrá en cuenta la abundancia de las orquídeas y bromelias que contiene el forófito o el sustrato de reubicación para no sobrecargarlo con los individuos a reubicar.

Las epífitas serán fijadas con abrazaderas plásticas evitando su estrangulación, estas serán desamarradas y dispuestas adecuadamente cuando las epífitas se encuentren bien ancladas al forófito receptor.

Mantenimiento

Se realizarán las jornadas de mantenimiento con la siguiente frecuencia: cada quince días durante los tres (3) primeros meses, luego se continuará cada mes hasta completar el primer año y finalmente cada dos meses hasta el tercer año de mantenimiento. Se desarrollarán las siguientes prácticas agrológicas de mantenimiento:

- Riego abundante
- Fertilización foliar
- Limpieza y poda
- Control fitosanitario
- Manejo de la luz con podas al follaje del forófito

7.6.6.3.3 Establecimiento de un área de rehabilitación de hábitats de comunidades de musgos, líquenes y hepáticas

Para la compensación de los grupos sensibles de musgos líquenes y hepáticas se establecerá un área de rehabilitación ecológica donde se facilite la formación de hábitats para la colonización potencial de comunidades de estos; esta área tendrá una superficie de 2,553 ha. (Ver Tabla 7-110), la cual fue estimada de acuerdo con los lineamientos presentados en la circular 8201-2-808 09 12 2019 del 09 de diciembre de 2019 de la dirección de Bosques, biodiversidad y servicios ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, los cuales soportan lo dispuesto en el Decreto 2106 de 2019 del Departamento Administrativo de la función pública.

Tabla 7-110. Áreas para la Rehabilitación de hábitats de briofitos y líquenes

Cobertura	Área de Intervención (ha)	Factor compensación	Área a compensar (ha)
Tejido urbano discontinuo	0,001	1:0,01	0
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,014	1:0,01	0
Cultivos permanentes herbáceos	0,159	1:0	0
Pastos limpios	3,335	1:0,01	0,033
Pastos arbolados	2,385	1:0,3	0,715
Pastos enmalezados	0,588	1:0,03	0,017
Bosque de galería y ripario	3,151	1:0,5	1,575
Vegetación secundaria o en transición	0,471	1:0,4	0,188
Afloramientos rocosos	2,150	1:0,01	0,021
Ríos (50 m)	0,590	1:0	0
Total	**12,843**		**2,553**

El establecimiento del área de rehabilitación de hábitats propicios para estas especies se realizará en las áreas definidas en el programa de Manejo para la Conservación, Restauración y Compensación de la Cobertura Vegetal (PMA-MB_03, Capitulo 10. Planes y Programas) y además tendrá en cuenta las siguientes medidas:

- Preferiblemente el área de rehabilitación se establecerá para conectar fragmentos boscosos aislados.

- Como ecosistema de referencia para la rehabilitación ecológica se tomará los bosques caracterizados en la línea base del EIA. El ecosistema de referencia servirá para definir las metas e indicadores apropiados que indicarán la ganancia de biodiversidad del plan de rehabilitación.

- El área de rehabilitación se localizará en un ecosistema terrestre igual al de las áreas de intervención.

- Se localizará el polígono del área de rehabilitación con la cartografía base que incluye: coberturas vegetales, curvas de nivel y drenajes. Además, se hará una zonificación del área de rehabilitación de acuerdo a las medidas a implementar.

- Se caracterizará la composición y estructura de las coberturas vegetales del área de rehabilitación: se valorará la oferta de forófitos para la colonización de

comunidades de musgos, líquenes y hepáticas y se caracterizarán estas comunidades.

- Se establecerá una línea base de caracterización de comunidades de musgos, líquenes y hepáticas en el área de rehabilitación.

- Se diseñarán y describirán los arreglos florísticos apropiados para la rehabilitación ecológica, estos estarán orientados a la colonización de comunidades de musgos, líquenes y hepáticas.

- La siembra de material vegetal incluirá también prácticas bajo el esquema de enriquecimiento vegetal.

- Los arreglos florísticos y el esquema de enriquecimiento se establecerán con especies nativas de diferentes grupos ecológicos y hábitos de crecimiento. En caso que se requiera material vegetal de viveros comerciales este contará con el certificado de procedencia.

- La actividad de rehabilitación involucrará también definir áreas de rehabilitación pasiva donde se permita el desarrollo de los procesos de sucesión natural de las comunidades vegetales.

- En el área de rehabilitación se hará el control de agentes tensionantes, tales como actividades agrícolas, ganaderas, control de especies invasoras, etc.

- En el área de rehabilitación se hará el cerramiento y la señalización.

- El área de rehabilitación se podrá definir a partir de acuerdos de conservación con propietarios de la región o con autoridades municipales o ambientales.

- Las áreas de rehabilitación serán presentadas a CORNARE para su evaluación.

La siembra del material vegetal utilizado para los arreglos florísticos seguirá las medidas descritas a continuación:

- Hoyado y plateo: inicialmente se establece el plateo, los cuales tendrán una dimensión de 1 m de diámetro en cuya área se elimina toda la vegetación existente. En el centro del plato se hará un repique de 30 x 30 x 30 cm, destruyendo los terrones grandes y en él se ubicará el hoyo, el cual se efectúa con herramienta manual.
- Fertilización: se hace la preparación del hoyo con un fertilizante compuesto. Se aplica en cada hoyo la cantidad requerida del producto, distribuyéndolo uniformemente. También se aplicará hidroretenedores.
- Siembra: luego de la fertilización se distribuye el material vegetal en cada hoyo, teniendo en cuenta que al sembrarlo no se cubra el cuello de la raíz del árbol, que quede recto y se apisona el suelo para eliminar el aire de éste. Se evitarán

las bateas y depresiones en el área del hoyo a fin de que no se formen encharcamientos.
- Registro de la actividad: este registro servirá como la línea base de la restauración ecológica, se hará registro de los individuos, el nombre de las especies sembradas, altura de los individuos, estado fitosanitario, estado fenológico y observaciones de la siembra.

Las jornadas de mantenimiento tendrán una frecuencia de dos meses durante tres años y constarán de: Las actividades de mantenimiento constarán de:

- Plateo: se realizará con el fin de disminuir la competencia con plantas invasoras y se deberá mantener el plateo inicial, al mismo tiempo se aplicará chipiado con el fin de mantener la humedad, aporte de nutrientes y disminuir el establecimiento de plantas invasoras.
- Fertilidad: se aplicarán fertilizantes con el fin de asegurar la supervivencia de las especies.
- Instalación o mantenimiento de tutores para asegurar el adecuado crecimiento de las plántulas y evitar daños mecánicos.
- Realizar podas de corregimiento si se considera necesario según la especie.
- Evaluación fitosanitaria y mortalidad: se evaluará el estado de las plántulas y sus posibles afectaciones con el fin de tomar las medidas pertinentes a tiempo, o la reposición de los individuos en caso de muerte. La evaluación fitosanitaria se realizará anual por los 5 años del programa.

7.7 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

7.7.1 Justificación

Durante la ejecución de las medidas de manejo y monitoreo ambiental será necesario realizar la manipulación de especímenes, debido a que se requiere de la actualización del inventario forestal previo al inicio de las labores de tala y una vez se tenga el diseño a detalle, además se requiere manipular especímenes de fauna terrestre e hidrobiológicos durante las actividades de los planes de manejo y seguimiento propuestas. De otro lado se requiere realizar la caracterización de los ecosistemas de referencia que serán empleados como línea base en la ejecución del plan de manejo ambiental de hábitat, las acciones de rehabilitación ecológica contempladas en el plan de compensación por pérdida de biodiversidad, la evaluación de las áreas receptoras de fauna durante el ahuyentamiento y rescate y la complementación de los estudios de fauna terrestre y acuática como un insumo para el seguimiento de los impactos que el proyecto pueda generar sobre éstos.

Los planes de manejo que requieren del “Permiso recolección de especímenes de la diversidad biológica con fines no comerciales” debido a que es necesaria la manipulación de especies se presentan a continuación:

- Programa de Manejo de la Cobertura Vegetal
- Programa de manejo florístico de especies sensibles
- Programa de Manejo para la Conservación, Restauración y Compensación de la Cobertura Vegetal
- Seguimiento a las especies de fauna terrestre y especies de fauna con algún grado de amenaza y a las comunidades hidrobiológicas
    - Subprograma de seguimiento de especies fauna terrestre
    - Subprograma de seguimiento de comunidades hidrobiológicas
- Programa de Ahuyentamiento, Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre
- Programa de Rescate Contingente de Ictiofauna

Las metodologías que a continuación se describen hacen referencia a la colecta de los siguientes grupos taxonómicos: flora vascular, flora epífita, herpetos (anfibios y reptiles), aves, mamíferos, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y peces.

De acuerdo a la caracterización se encontraron especies endémicas y/o en veda a las cuales, dentro de los planes de manejo y monitoreo se propuso hacerles seguimiento dado su importancia ecológica o su alta probabilidad de ser encontrada durante los muestreos, para lo cual se requiere del permiso de colecta de especímenes. Las especies de interés que serán monitoreadas, se presentan en la Tabla 7-111.

Tabla 7-111. Especies con veda o endémicas que requieren seguimiento en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico Cocorná III

Estatus de conservación / Acto administrativo	Estatus de conservación	Especie	Nombre común
Resolución 213 de 1977 del INDERENA	Veda Nacional	Bromelias, Orquídeas, Briófitos y Líquenes	
Resolución 0801 de 1977 del INDERENA	Veda Nacional	*Alsophila cuspidata* *Cyathea meridensis* *Cyathea squamipes*	Helechos arbóreos
Acuerdo No 262 del 22 de noviembre de 2011 de CORNARE	Veda regional	*Aniba coto*	Laurel comino
	Veda regional	*Dussia lehmannii*	Fruta de sábalo, embagado
	Veda regional	*Alfaroa williamsii*	N/A
UICN	En peligro (EN)	*Graffenrieda grandifolia*	Sanantonio

Estatus de conservación / Acto administrativo	Estatus de conservación	Especie	Nombre común
Resolución 1912 de 2017 del MADS	En peligro (EN)	*Licania durifolia*	N/A
	Vulnerable (VU)	*Hyptidendron arboreum*	N/A
	Vulnerable (VU)	*Saguinus leucopus*	Titi
	Vulnerable (VU)	*Lontra longicaudis*	Nutria
	En Peligro (EN)	*Capito hypoleucus*	Torito dorsiblanco

7.7.2 Descripción de las metodologías de colecta temporal y/o definitiva

Se seguirán metodologías estandarizadas para el muestreo procurando colectar el menor número de individuos posibles. En caso de ser necesaria la colecta debido a incertidumbres taxonómicas se realizará el adecuado protocolo de eutanasia y los especímenes serán depositados en colecciones avaladas por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Si las colecciones no están interesadas en los especímenes colectados, se elevará la respectiva consulta con respecto a la disposición final de éstos, ante dicho Instituto.

7.7.2.1 Ecosistemas terrestres

7.7.2.1.1 Vegetación Terrestre

Se utilizarán metodologías cualitativas para la descripción de los diferentes ecosistemas y cuantitativas para la caracterización vegetal realizando dicho análisis por parcelas o inventario forestal al 100% dependiendo del tipo de cobertura y el tamaño de las áreas de interés.

- Parcelas Gentry

Se establecen parcelas de 200m^2 (Gentry, 1982), cada Parcela es marcada y georreferenciadas en la parcela se hace el registro, se miden (DAP, altura total y altura fustal) e identifican los árboles fustales (mayores de 10 cm de DAP), en cada parcela se delimita una subparcela de 100m^2 donde se hace el registro de individuos en la categoría de latizal (DAP entre 5, 0 a 9,9 cm), además se establece una subparcela de 4m^2 donde se registra la regeneración natural y especies con otros hábitos de crecimiento.

- Inventario forestal al 100% en un área determinada

En un área determinada se hace el registro al 100% de los individuos fustales (mayores de 10 cm de DAP), los árboles son marcados, georeferenciados, medidos (DAP, altura total y altura fustal) e identificados.

- Parcelas permanentes para el monitoreo de coberturas vegetales

Se sigue la metodología para el establecimiento de parcelas permanentes del Programa Biotrop (Duellman, W. E. 1989). Al interior de una cobertura vegetal determinada se delimitan parcelas de 2000m^2, en ellas se marcan de forma permanente los individuos fustales y su DAP; estos se mapifican, además se les miden variables de DAP altura fustal, altura total y diámetros de copa. Los árboles registrados son identificados.

- Recolección y procesamiento del material biológico

Para la colecta de muestras, se realizará un corte limpio con la ayuda de unas tijeras podadoras y se colectará una rama con varias hojas. Cuando las hojas sean compuestas y ocupen mucho espacio se dejarán una o pocas hojas y se cortarán los foliolos dejando las bases. Estas colectas se harán por duplicados. Las etiquetas de cada muestra contendrán información de la localidad, fecha, el número de colección de la muestra y las iniciales del colector. Se tomarán todos los duplicados de la colección y se pondrán dentro de una bolsa plástica de aproximadamente 30 X 40 cm, luego se introduce la etiqueta respectiva, la bolsa no se anudará evitando aumentar la temperatura y la deshidratación de la muestra. Las muestras colectadas por día serán depositadas en una lona de Nylon.

Se mantendrá la muestra botánica prensada en papel periódico y cada paquete de muestras por sitio se empaca en bolsas plásticas marcadas y se alcoholizan las muestras hasta llevarlas en las bolsas selladas a los herbarios a los hornos de secado en herbario.

Una vez debidamente empacadas, alcoholizadas y selladas las bolsas con las muestras, se llevarán a hornos de secado de material vegetal para su posterior identificación en herbario certificado.

- Registro de la información

La información recogida en campo se registra en tablas de formularios diseñados para tal fin. Luego de la realización del censo o inventario es necesario completar el procesamiento de los datos para cálculo de variables del rodal, tales como área basal y volumen, así como índices de diversidad y composición florística del área a intervenir.

7.7.2.1.2 Muestreo de Epífitas

Para la evaluación de la representatividad de las epífitas en las diferentes coberturas vegetales y en el sector en general, se establece un inventario de especies presentes en el área de muestreo. Esto se hace a partir de la evaluación del porcentaje de cobertura de las especies de epífitas sobre los forofitos escogidos, evaluados y marcados. Distinguiendo el porcentaje que ocupan las epífitas vasculares y las no

vasculares quienes, por sus hábitos de crecimiento, determinan una ocupación diferencial del nicho.

7.7.2.1.2.1 Epífitas vasculares

Metodología de Grandstein et al (2003). El cual se trata de un protocolo llamado Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Especies (Rapid and Representative Analysis of Epiphyte Diversity (RRED). Es una técnica que consiste en la construcción de una curva de acumulación de especies que combina el registro del número de especies epífitas contra el número de árboles muestreados y plantea que el tamaño mínimo de muestra para las epífitas vasculares es relativamente pequeño. Para el trabajo de campo y muestreos de epífitas vasculares se asumirá en el área a caracterizar una densidad de muestreo que corresponde a la selección de ocho (8) árboles de dosel maduros (forófitos), por cada hectárea de cada cobertura vegetal. Los forofitos son marcados, identificados, medidos y georeferenciados. El árbol forófito se estratifica en seis (6) zonas (Johansson, 1974), En cada zona se cuantifica el número de individuos por morfoespecie de hábito epífito

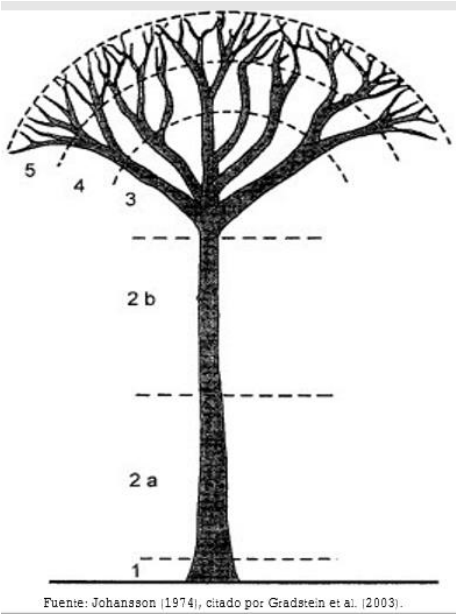


Figura 7-106. Estratificación de forófitos para el muestreo de epífitas vasculares y epífitas no vasculares

Fuente: Johansson (1974), citado por Gradstein et al. (2003).

Si no es posible su identificación en campo se procederá con la toma de la muestra para su posterior identificación en herbario.

Cada ejemplar colectado se coloca en una hoja de periódico y otro papel absorbente, donde a cada ejemplar colectado se le asigna un número que debe inscribirse

claramente sobre la parte externa del folder de periódico. Luego de organizar el material dentro de cada periódico se harán paquetes de todo el material entrecruzando periódicos y amarrándolos con cabuya para prensarlos; y así producir material que sea fácil de montar en las hojas de herbario para su preservación (Frank y Perkins 2004). Estas muestras se alcoholizarán hasta uno o máximo dos días después de haberlas colectado, para así evitar su deterioro. El alcohol será etanol diluido al 70%.

Los paquetes de muestras se trasladarán en bolsas plásticas transparentes, debidamente marcadas y los paquetes de estas bolsas finalmente pueden depositarse dentro de un costal para su movilización hasta el laboratorio para su secado en horno e identificación en herbario.

7.7.2.1.2.2 Epífitas no vasculares

Para el muestreo de briofitos y líquenes de hábito epífito se seleccionan cinco árboles por hectárea de los evaluados en las epífitas vasculares (Grandstein et. al. 2003). Se hace un muestreo por plantillas tres zonas (1, 2 y 3), cada plantilla tiene un área de 600cm^2, aquí se estima el porcentaje de cobertura de cada morfoespecie de briofitos y líquenes dentro de la plantilla.

Los ejemplares colectados se preservan en bolsas o envolturas de papel, pues mantienen una mejor calidad cuando se secan en las bolsas donde se van a almacenar. El secado es crucial, sin él los ejemplares pueden podrirse o volverse quebradizos si no se secan adecuadamente, el uso de un pequeño marco de madera, inserto dentro de la envoltura, ayuda a proteger ejemplares delicados y a mantener su forma tridimensional.

Las muestras de epífitas no vasculares envueltas en bolsas de papel y debidamente marcadas serán trasladadas en cajas de cartón o madera para que no pierdan su forma tridimensional.

7.7.2.1.2.3 Briofitos y líquenes terrestres, lignícolas y rupícolas

Se sigue la metodología de Braun-Blanquet, J. (1979), donde se delimita una parcela de 1 m^2, al interior de ella se estima el porcentaje de cobertura de cada mosfoespecies de briofitos y líquenes que se desarrollan en los sustratos de suelo, madera en descomposición y rocas.

En cada parcela se diferenciará cada morfoespecie y se estimará el porcentaje de cobertura de cada una de ellas en el sustrato donde crecen (roca, madera en descomposición y suelo) con relación al área total de la subparcela.

Las especies inicialmente serán identificadas en campo por parte de un especialista, para aquellas que no se logre su identificación se colectarán muestras botánicas en bolsa de papel kraft, en la cual se anota el código del forófito, y el número consecutivo

de la muestra; las muestras serán secadas a temperatura ambiente y luego se identificarán en el herbario por parte de un especialista.

7.7.2.1.3 Fauna Terrestre

7.7.2.1.3.1 Herpetos

- Inventario completo de especies (búsqueda libre y sin restricciones)

Esta metodología ayuda a inferir la composición, riqueza y abundancia relativa de los anfibios y reptiles presentes en diferentes tipos de hábitat (bosque en diferentes estadios, rastrojos y pastizales).

Los datos se tomarán mediante registro visual y/o a lo largo de todos los hábitats presentes en el área de influencia directa, buscando activamente en todos los microhábitats disponibles como troncos, bajo la hojarasca, arroyos, troncos de árboles, entre otros, para aumentar la probabilidad de detección.

Se realizará búsqueda por 8 horas hasta un máximo de 5 días por cobertura vegetal, hasta completar las curvas de acumulación de especies. Los recorridos serán realizados por dos personas (un biólogo herpetólogo y un guía de la zona), en horario diurno y nocturno, entre las 08:00 y 12:00 horas y entre las 18:00 y 22:00 horas.

Para que las comparaciones resulten válidas se medirá el nivel de esfuerzo mediante la curva de acumulación de especies, en donde la frecuencia de adicionar una especie, no avistada previamente, decrece con el tiempo. Las curvas de acumulación de especies muestran que tan rápidamente aumenta el número de especies registradas en cierta localidad con relación al aumento en el esfuerzo de muestreo y son útiles para contrastar la riqueza de especies en varias localidades, aun cuando el esfuerzo de muestreo haya sido distinto.

Los animales se capturarán directamente con la mano y con la ayuda de ganchos herpetológicos, posteriormente serán almacenados en bolsas plásticas en el caso de los anfibios o en bolsas de tela en el caso de los reptiles. Para evitar la deshidratación de los individuos, se almacenarán junto con hojarasca húmeda. Además, se registrarán datos geoespaciales, ecológicos, climáticos y de localidad como información complementaria. Después de obtener estos datos, cada individuo será liberado en el mismo punto en el cual fue capturado.

Para el sacrificio de herpetos se contempla la Xilocaína inyectada al corazón, por tratarse de un método rápido y efectivo, generando el menor estrés posible en esta situación. Los anfibios se anestesian previamente con pomada de Lidocaína o Benzocaína en la cabeza o el vientre; una vez sedados se inyecta una solución de Xilocaína al 10% en el corazón. Los reptiles se anestesian inyectando una solución de Xilocaína al 10% en la cavidad peritoneal; una vez sedados se inyectará el anestesiante en el corazón del individuo. Estas inyecciones se hacen con agujas hipodérmicas de 25g para minimizar el traumatismo en el animal.

Una vez sacrificados, estos ejemplares se fijan con formol al 10%, inyectándolo en la cavidad del cuerpo, tejidos y músculos blandos, incluyendo la cola para especímenes pequeños. Los especímenes grandes deben abrirse por el lado izquierdo ventral a fin de asegurar una adecuada fijación. Pasadas 24 horas, los ejemplares se lavan con abundante agua para extraer el formol y luego se preservan en concentraciones preparadas de alcohol etílico libre de aditivos al 30, 50 o 70%, envueltos en gasa o papel absorbente para su movilización.

La movilización de los ejemplares colectados se llevará a cabo en recipientes plásticos apilados que se ingresarán dentro de una cava de icopor o, en su defecto, caja de cartón sellada y asegurada.

Adicionalmente se buscará complementar la caracterización de los herpetos presentes en la zona con métodos indirectos como la grabación de vocalizaciones que ayuden a la identificación de especies crípticas. También se realizarán entrevistas no estructuradas a pobladores de la zona en las que se les presentarán guías fotográficas de especies características de la región y se buscará su identificación y la toponimia vernacular local de las mismas.

7.7.2.1.3.2 Aves

Las metodologías utilizadas para los muestreos ornitológicos incluyen el registro y obtención de evidencia que permita documentar la avifauna dentro de la zona (Ralph et al., 1996; Stiles y Rosselli, 1998; Bibby et al., 2000; Villareal et al., 2006). Para la identificación taxonómica de los individuos registrados se usan guías especializadas e ilustradas para las aves reportadas en Colombia (Hilty y Brown, 1986; Restall et al., 2006; McMullan et al., 2011) y de especies migratorias (Dunn y Alderfer, 2006; Griggs, 1997). La taxonomía de las especies sigue la propuesta de Remsen et al. (2013) del Comité para las Aves de Suramérica (SACC).

Se instalarán 60 metros lineales de redes de niebla estándar (12m x 2,5m, ojo de malla 16 x 16 mm) por 10 horas hasta por 5 días por tipo de cobertura vegetal presente en el punto de muestreo, dependiendo de las características de cada sitio. Las redes se ubicarán en los hábitats más representativos y sitios estratégicos, donde las aves regularmente se mueven dentro de cada hábitat (quebradas, sotobosque denso, bordes, vegetación fructificada o florecida, etc.). El set de redes será operado por el ornitólogo y un asistente entre las 7:00 h y las 17:00 h (Bibby et al., 2000; Villareal et al., 2006). Las redes serán revisadas cada 20 minutos para evitar que los individuos capturados mueran por calor o frío.

Cada individuo capturado será extraído de la red, implementando las técnicas y cuidados necesarios para evitar lastimar los individuos, luego serán dispuestos en bolsas de tela para su identificación taxonómica mediante claves especializadas, toma de medidas biométricas y registro fotográfico (McMullan, Donegan, & Quevedo, 2014). Todos los individuos capturados serán posteriormente liberados en la misma área donde sean capturados.

En caso de dudas taxonómicas los individuos serán sacrificados y depositados en una colección de referencia, sin embargo se espera que la colecta definitiva no sea necesaria. Además, se colectarán de manera definitiva los individuos que por razones ajenas al profesional encargado fallezcan durante su permanencia en la red de niebla (aunque se reitera que esta será revisada mínimo cada 20 minutos y se cerrará en condiciones adversas para las aves como excesiva radiación y lluvias fuertes). Para ello se tendrán en cuenta los protocolos de sacrificio, fijación, preservación y movilización descritos a continuación. Los especímenes colectados serán debidamente conservados y depositados en una colección biológica registrada ante el Instituto Alexander von Humboldt.

El sacrificio de los individuos, previa sedación, se realiza mediante la opresión de los sacos pulmonares. Este es un método poco traumático, que evita el sufrimiento de los especímenes y con el que se da muerte en menos tiempo. En algunos casos, por medio de este procedimiento, la muerte puede darse en cuestión de segundos. Sin embargo, en casos de estrés extremo del ave el sacrificio se realizará por solución eutanásica (Pentobarbital sódico 390 mg, Difenilhidantoína sódica 50 mg, excipientes c.s.p. 1 ml) de manera intraperitoneal, cuando se encuentre sedado después de administrarle Xilocaína o Ketamina al 10% por vía oral. Si el espécimen no reacciona al anestésico por vía oral se le inyectará el mismo vía intramuscular con aguja hipodérmica de 25 g para minimizar el traumatismo del animal. Estos métodos siempre serán llevados a cabo por profesionales idóneos y con experiencia en la elaboración de los mismos.

Antes de proceder con los procedimientos para la preservación del ejemplar, se registran los colores de las partes suaves del ave (iris, pico, patas, partes de piel desnudas), estado de osificación del cráneo, parches de anidación, porcentaje de grasa, estado de salud en general y medidas morfométricas de interés.

- La preservación de los individuos colectados se hará en seco o en líquido.

Para la preservación de ejemplares en seco: Se le ubica un trozo de algodón por el pico hasta llegar a la garganta, luego se realiza una incisión desde la base de la quilla hasta la cloaca. Separando la piel cuidadosamente, luego se corta los tibio-tarsos. Se continúa con el desprendimiento de la piel llegando hasta el pigostilo; se corta con tijeras la parte muscular y vértebras desde adentro del cuerpo, justo arriba de la cloaca. A continuación, se libera el resto del cuerpo de la piel de la espalda en dirección a los hombros, luego se cortan las alas en los húmeros y se separa la piel hasta la base del cráneo, en este punto se continúa con su liberación hasta la unión de la mandíbula con el cráneo. En este proceso cuando se encuentren con las membranas timpánicas y oculares se cortan dejando estas en la piel, ya libre se corta el cráneo por la base de los oídos, el cual se corta para liberar el contenido cerebral para evitar su pudrición. Durante todo el proceso se usa secante como bórax o aserrín. La etiqueta se coloca en el tarso derecho, con hilo de algodón. La preservación de la piel en campo se realizará con la ayuda de algodón papel periódico y naftalina.

Para la preservación en líquido se le inyecta formol al 10% al ejemplar directamente en la cavidad abdominal, los músculos de mayor tamaño, cavidad peritoneal y en la cavidad cerebral. Seguidamente, se sumerge en formol por 24 horas, después de ello se lava con abundante agua y se coloca en alcohol al 70%. Por último, se recubre el ejemplar con gasa humedecida con el conservante para evitar así el daño por roce y se colocará la etiqueta con hilo de algodón en el tarso derecho.

Los ejemplares preservados en seco se sujetarán a cartones y se dispondrán idealmente en una cava de icopor, o en su defecto en cajas de cartón, para su transporte, en las cuales se introducirá naftalina y sílica para mantener el medio en las condiciones de mayor sequedad posible para evitar así el posible crecimiento de microorganismos.

Los ejemplares conservados en líquido se colocan individualmente en frascos plásticos o de vidrio con tapa aseguradora y serán transportados idealmente en cajas plásticas herméticas o en su defecto de cartón.

- Muestreo por recorridos

Además de las redes de niebla se realizarán recorridos por transectos a lo largo de las coberturas en los que se buscará la observación de especímenes por medio de binoculares. Estos se llevarán a cabo en los picos de actividad de las aves, es decir, en las horas de la mañana de 5:30 a.m. a 8:00 a.m. y en las horas de la tarde de 5:00 p.m. a 6:30 p.m. aproximadamente. A lo largo de este muestreo también se efectuarán grabaciones y audiciones de especies no tan conspicuas pero identificables por sus características vocalizaciones.

7.7.2.1.3.3 Mamíferos

El muestreo de mamíferos se realizará preferiblemente con captura viva. Los mamíferos terrestres por medio de trampas, descritas a continuación, las cuales generalmente se colocarán alineadas, a la misma distancia y mantenidas en condiciones aptas de funcionar. Por otra parte, para mamíferos voladores por medio de redes de niebla.

Las trampas se revisarán y cebarán (si es necesario) dos veces al día (noche y mañana), registrando los siguientes datos: No. de trampas utilizadas, superficie o longitud cubierta; No. de animales capturados, identificación de las especies, sexo, etapa de crecimiento. Características del suelo, flora, clima de la región.

El muestreo se plantea de forma que los diferentes métodos no se superpongan. El profesional a cargo y su auxiliar distribuyen funciones para que la disposición (así como el proceso de cebado) de trampas, redes y los recorridos no interfieran unos con otros.

- Trampas Sherman

Se emplearán este tipo de trampas, que consisten en cajas rectangulares de aluminio galvanizado; poseen un sistema de gatillo que permite su cierre, el cual se activa en el momento en que el animal entra en la trampa atraído por un cebo.

Las trampas Sherman tienen la ventaja de tener poco peso y ser plegables. En este sistema, la puerta de entrada se mantiene sujeta en un doble piso, sobre el cual se coloca el cebo. Al pisar el animal sobre éste, se dispara la puerta accionada por un resorte. Se presentan en 2 tamaños: 7,6 x 8,9 x 22,5 cm (pequeña) y 10,2 x 11,4 x 38 cm (grande). Estas trampas son útiles para capturar pequeños mamíferos terrestres y arborícolas tales como cricétidos y marsupiales pequeños (ratones, marmosas, chuchas o faras) (Ministerio del Medio Ambiente, 2000).

Para este caso, se propone la utilización de hasta 20 trampas de este tipo por cobertura vegetal, generalmente alineadas y colocadas a una distancia mínima de 10 m entre ellas. Para efectos de los estudios a realizar, las trampas permanecerán expuestas por 3 días por cobertura, siendo revisadas y cebadas (de ser necesario) dos veces al día, esto es, en las horas de la mañana y en la noche.

- Trampas Tomahawk

Trampas plegables en malla de acero galvanizado, livianas; existen 2 tamaños. Se arman rápidamente, ideales para mamíferos entre 6 y 12 kg.

Se emplearán 10 trampas de este tipo por cobertura vegetal, generalmente alineadas a no menos de 20 m de distancia entre ellas

- Trampas-cámara

A la fecha es la técnica más recomendable para obtener registros de mamíferos medianos y grandes en los inventarios y monitoréos de biodiversidad. Las trampas de cámara constan de un sensor de movimiento y/o calor que se activa por la cercanía o paso de los especímenes, tomando así varias fotografías o un video del animal.

Se utilizarán cuatro trampas-cámara por cobertura, un total de tres días por cobertura. Estas se situarán en lugares donde se hayan encontrado rastros de actividad de algunas especies y en lugares particulares del paisaje característico de la ecología de estas especies como son cañadas, crestas de cerros, encrucijadas de senderos, así como las bases de árboles y rocas de gran tamaño. Las trampas-cámara se fijan a un árbol a una altura 50 cm a 1 m del suelo, para permitir la mejor panorámica y optimizar el registro de individuos.

Estas trampas-cámara serán cebadas en el campo de captura con alimentos de olores fuertes como sardinas, o con orina humana para atraer a diferentes carnívoros.

- Redes de niebla.

Para el muestreo de murciélagos, se emplearán redes de niebla dispuestas a nivel del suelo de dimensiones 12 m de largo x 2 m de alto, utilizando hasta 60 m lineales de redes de niebla por cobertura vegetal, que permanecerán extendidas durante 4 horas al día, por tres días, entre las 6:00 p.m. y las 10:00 p.m. donde se presentan los picos de actividad de murciélagos frugívoros (Moura y Marinho, 2004), las redes serán revisadas cada 20 minutos y los individuos capturados serán dispuestos en bolsas de tela momentáneamente para su inmediata identificación, caracterización y medición con un calibrador, se identificará taxonómicamente utilizando claves para tal fin de Gardner (2007), Albuja (1999), Tirira (1998), entre otras opciones a juicio del profesional encargado).

Se deberá tener especial cuidado al retirar los murciélagos de las redes, de manera similar al procedimiento llevado a cabo con las aves. Los individuos capturados serán liberados al final del muestreo para no incurrir en capturas recurrentes.

- Métodos indirectos de muestreo

Adicional a los métodos mencionados anteriormente se complementará la caracterización de la zona de estudio por métodos indirectos. Estos comprenden la búsqueda de rastros, evidencias de actividad, restos y heces en recorridos libres realizados por la zona de estudio. Las huellas observadas se identificarán comparando con literatura de referencia (Navarro et al., 2005; Navarro & Muñoz, 2000).

Además, se realizarán entrevistas no estructuradas a pobladores de la zona en las que se les presentarán guías pictóricas y fotografías (Eisenberg, 1989; Emmons & Feer, 1997) de especies características de la región y se buscará su identificará y la toponimia vernacular local de las mismas.

- Sacrificio y preservación de especímenes

Inicialmente no se pretende realizar el sacrificio de ninguno de los individuos; esto será una situación que se presentará únicamente en caso de que su identificación en campo no sea posible y el profesional encargado así lo requiera o por efectos de los requerimientos especiales a que tuviera lugar el estudio donde se esté realizando, esto es, aquellos especímenes que representen rarezas taxonómicas y contribuyan al avance del conocimiento científico de la fauna. Además, se colectarán de manera definitiva los individuos que por razones ajenas al profesional encargado fallezcan durante su permanencia en la red de niebla o en las trampas, aunque se reitera que serán revisadas constantemente, mínimo cada 20 minutos y se cerrarán en condiciones adversas como excesiva radiación y lluvias fuertes. Se tendrán en cuenta los protocolos de sacrificio, preservación y movilización descritos más adelante.

Para el sacrificio se sedarán primero los individuos con Xilocaína o ketamina al 10% por vía oral y una vez comprobado su estado de sedación, se inyecta una solución eutanásica (Pentobarbital sódico 390 mg, Difenilhidantoína sódica 50 mg, excipientes c.s.p. 1 ml) vía intraperitoneal. Si el espécimen no reacciona al anestésico por vía oral

se le inyectará el mismo vía intramuscular con aguja hipodérmica de 25 g para minimizar el traumatismo del animal. Los ejemplares se preservarán según el caso en seco o en líquido.

Para la preservación en líquido de mamíferos inicialmente se empleará el formol comercial diluido al 10%, conservante tradicionalmente usado para la fijación inyectado en los costados de la cavidad abdominal, los músculos más grandes, cola, cavidad celómica y cavidad cerebral del ejemplar. Pasadas 24 horas se lava para luego colocarlo en alcohol al 70% y posterior a esto cada ejemplar se envuelve en gasa o papel absorbente para protegerlo.

Para la preservación en seco de mamíferos medianos, que debido a los métodos de captura no se obtendrán a no ser por aportes de la comunidad o cadáveres que se encuentren en los muestreos, se coloca la piel sobre una superficie plana y se aplica cloruro de sodio con una brocha suave, repitiendo varias veces el procedimiento hasta que quede totalmente curtida. En los casos en que transcurre mucho tiempo entre el desprendimiento de la piel y el proceso de curtida, se debe realizar el proceso cada hora con mayor proporción de sal. Posterior a esto, se deben eliminar los tejidos y restos de sal con polvo de alumbre y sal de potasio, y de inmediato se lava la piel con ácido fórmico. Se remueven los restos de tejido y se adelgaza la piel con un cuchillo o empleando piedra pómez. El ácido se neutraliza con una solución de bicarbonato de sodio diluido y luego se dobla la piel de modo que el pelaje quede hacia la parte exterior. Las pieles solo pueden ser empacadas al cabo de mínimo 4 días y el embalado se deberá realizar con materiales secos y estériles.

Para mamíferos pequeños, se realiza una incisión medioventral al nivel de la última costilla hasta cerca del ano. Siempre se deberá cortar en un lado del pene o la vagina para que la genitalia externa permanezca visible. Para mantener la piel limpia y seca se puede usar bórax, harina de maíz o polvo de carbonato de magnesio, los cuales absorben sangre y fluidos. También se puede realizar una primera incisión en el bajo abdomen a través de la pierna hasta el talón, dejando la genitalia intacta realizando este corte entre el ano y la genitalia. Se desprende la piel del cuerpo a partir de la primera incisión y se empuja la pata trasera hasta que sobresalga la rodilla y se corta con tijeras. Al llegar a la cola, esta se desliza y luego se reemplaza con un alambre envuelto de algodón. Se desprende la piel hacia arriba, se desprende del tórax y el cráneo, ayudándose con un bisturí para no dañar la piel. Se doble la piel con el pelaje hacia adentro y se empieza a rellenar con algodón para darle forma. Por último, se sutura y se arregla el pelaje.

Para la preparación de cráneos y esqueletos, se realiza un corte entre el atlas y el foramen magno, posteriormente se insertará un alambre por dicho foramen con el fin de macerar el cerebro y tratar de extraer el tejido. Luego se procede a cortar los músculos, con el bisturí o escalpelo. En los cuerpos se tiende a cercenar la musculatura y tendones, conservando los ligamentos, se raspa en dirección de los huesos, y luego se procede con el secado expuesto al sol.

Los ejemplares preservados en líquido se depositarán individualmente en recipientes plásticos o de vidrio con tapa sellada y serán transportados en una cava de icopor. Los ejemplares preservados en seco serán transportados sobre un cartón, fijados para el caso de los murciélagos y sujetados perimetralmente sin atravesar la piel de mamíferos pequeños; esto se introducirá dentro de una cava de icopor idealmente o, en su defecto, una caja de cartón en la cual se depositarán naftalina y silica para mantener el medio en las condiciones de mayor sequedad posible para evitar así el posible crecimiento de microorganismos. Las cavas o cajas se sellarán con cinta para su movilización en el menor tiempo posible. Los huesos se ingresarán en bolsas de papel que se almacenarán en cajas de cartón o madera o cavas de icopor amortiguando el contacto entre ellos con materiales como el algodón, y están cajas se movilizarán con suma delicadeza.

7.7.2.2 Ecosistemas Acuáticos

Para llevar a cabo un manejo integrado de las técnicas de muestreo o protocolos en los diferentes cuerpos de agua lóticos, se propone una estandarización por medio de propiedades morfométricas de la red de drenaje en ríos. A continuación, se presentan las técnicas de muestreo en:

7.7.2.2.1 Perifiton

El perifiton representa a las algas que viven adheridas o fijadas a diferentes sustratos, formando un tapete o una cubierta mucilaginosa, se puede clasificar de acuerdo al hábitat en que se desarrolla (Rossell et al. 1982, Darley 1987 y Wetz 2001). Las microalgas que lo conforman son sensibles a las fluctuaciones del cuerpo de agua y a las condiciones ambientales que prevalecen, viéndose afectada su distribución (Margalef 1983). Esta cualidad ha adquirido un valor importante en el estudio de los ríos, ya que se utilizan como bioindicadores debido a que miden y cuantifican la magnitud del estrés, las características del hábitat y la respuesta ecológica al daño de un ecosistema (De la Lanza et al. 2000).

Para la colecta de las muestras perifíticas se realiza una remoción del material adherido que se encuentra en sustratos naturales parcial o totalmente sumergido (troncos, rocas, hojas) realizando raspados con cepillos plásticos. Se realizan 10 puntos de raspado, utilizando un cuadrante de 9 cm^2 (cuadrante de 3x3cm), por cada sustrato encontrado en cada estación de muestreo (transecto de 100 m) hasta completar un total de 90 cm^2 de área raspada.

Las estaciones de muestreo son descritas lo más específicamente posible. Se registra por GPS siguiendo el sistema global WGS84, con coordenadas geográficas o planas (proyección UTM), con el municipio al que hace parte, el número de réplicas efectivas realizadas. Luego se rotula la única muestra integrada y se le adiciona lugol al 10% (0,5 ml por cada 100 ml de muestra) con el fin de prevenir su deterioro. Posteriormente, son almacenados protegiéndolas de la luz en bolsas plásticas herméticas opacas donde se rotula con el sitio, época climática, descripción de hábitat (profundidad, sustrato, velocidad del agua si es posible), nivel del río y pluviosidad de

la región, fecha (día, mes, año) y hora. Luego son transportados en neveras de icopor o canecas herméticas plásticas para ser llevadas hasta el laboratorio.

7.7.2.2.2 Bentos (macroinvertebrados acuáticos)

Los bentos representan a una biocenosis (conjunto de organismos, vegetales o animales, que viven y se reproducen en determinadas condiciones de un medio) compleja formada por organismos que viven sobre el fondo o enterrados en él.

El estudio de estos organismos tiene gran interés y se realiza en ambientes muy variados, de acuerdo con la naturaleza del sustrato.

Las estaciones de muestreo serán descritas lo más específicamente posible. Se registra la estación por GPS siguiendo el sistema global WGS84, con coordenadas geográficas o planas (proyección UTM), con el municipio al que hace parte, el número de réplicas realizadas.

Las técnicas de muestreo a usar son las siguientes:

- Red Surber

Uno de los procedimientos de colecta cuantitativa en aguas someras de 30 cm de profundidad o menos es mediante una red Surber, el cual tiene un área de 0,09 m2 y un ojo de malla 500 µm.

En cada punto de muestreo (a lo largo de un transecto de 100 m) se realizarán 10 barridos (replicas). Los barridos se realizarán de la siguiente manera: se colocará la red surber en el fondo o lecho del río con la apertura de la red en contra corriente, sobre el cuadrante se generarán remoción manual del material rocoso y/o vegetal, cuidando que todo ingrese a la red. Se tendrán en cuenta todos los tipos de sustrato posibles para tener una representatividad del muestreo. Luego el material colectado se transferirá a una bolsa plástica transparente de calibre 2 (17*30 cm), se anudará, se rotulará y se guardará en otra bolsa plástica transparente de igual medida con la respectiva etiqueta (nombre del cuerpo de agua, fecha, colector, fijación, etc.).

- Red triangular

Este es un procedimiento cualitativo que se practica en aguas someras (hasta 0,5 m de profundidad) realizando barridos en cada sustrato encontrado, por medio de una red de forma triangular (triángulo equilátero de 25 cm de lado). Los barridos se realizarán por las riberas del cuerpo de agua, debajo de piedras y entre ellas, levantando todo el sustrato, cuidando que todo ingrese a la red, hasta un minuto por sustrato en contracorriente o en orillas desde la parte inferior hasta la parte superior. El material colectado se transferirá a una bolsa plástica transparente de calibre 2 (17*30 cm), se anudará, se rotulará y se guardará en otra bolsa plástica transparente de igual medida con la respectiva etiqueta (nombre del cuerpo de agua, fecha, colector, fijación, etc.).

- Colecta Manual

El muestreo de bentos en aguas someras es una búsqueda selectiva de piedras, troncos, hojarasca, remoción y lavado de sustratos realizada en un periodo de 5 minutos, los materiales son transportados hasta la orilla, donde posteriormente se les realiza limpieza depositando el material colectado en un frasco plástico transparente de 100 ml con alcohol al 96%, en una única muestra integrada por recolección manual, sin delimitación de áreas.

- Tratamiento de las muestras:

Las muestras son rotuladas con el sitio y se debe llevar un registro de época climática, descripción de hábitat (profundidad, sustrato, velocidad del agua si es posible), nivel del río y pluviosidad de la región, fecha (día, mes, año) y hora. Luego son transportados en neveras o canecas herméticas plásticas para ser llevadas hasta el laboratorio para su posterior limpieza de materiales orgánicos e inorgánicos e identificación taxonómica.

7.7.2.2.3 Peces

Se estima que entre el 80% y el 90% de especies suramericanas de peces habitan aguas colombianas, lo que ha despertado el interés de numerosos investigadores, así como la necesidad de explorar el territorio colombiano con el fin de conocer la composición y dinámica de las comunidades acuáticas con el fin de desarrollar medidas de manejo y/o conservación adecuadas.

Para la caracterización de los ensambles ícticos existentes y determinar la presencia de peces que realicen la actividad de migración dentro del sector donde se realizará la intervención se implementan métodos de muestreo de la corriente hídrica a caracterizar pudiendo utilizar diferentes aparejos de pesca.

Cada estación de muestreo será descrita lo más específicamente posible, registrando las condiciones del sitio de muestreo, municipio, condiciones climáticas, aspecto organoléptico del agua, sustrato, coordenadas de la estación por GPS siguiendo el sistema global WGS84, número de ejemplares capturados, etc.

- Electropesca

Se utiliza Electropesca con longitud del impulso 0,05 y frecuencia de 60-80 Hz. Se realizará un barrido con la pesca eléctrica en un transecto de 100 m (por un punto de muestreo). Se intentará muestrear la mayor cantidad de hábitats posibles torrenciales y baja turbulencia, se escoge en cada punto de muestreo subpuntos representativos de la heterogeneidad espacial asegurando la mayor cantidad de ambientes acuáticos posibles.

La electropesca convencional es un aparejo diseñado para máxima eficiencia con mínima letalidad para los grandes ejemplares, y en ejemplares de pequeño porte (<20

mm) dichos equipos no proveen la suficiente densidad de corriente debido al bajo umbral de voltaje del cuerpo.

Se propone el uso de la electropesca, como instrumento de investigación científica, por ser uno de los aparejos de pesca mayor empleados en todo el mundo, tanto en sistemas lóticos como lénticos. El campo eléctrico generado a partir de pulsos con diferentes frecuencias y voltajes produce principalmente en los peces un efecto denominado galvanotaxis (nado dirigido hacia uno de los polos eléctricos) y narcosis profunda (estado de inconciencia), que una vez se ha interrumpido el circuito, los peces tardan poco menos de tres minutos para recuperar su locomoción activa. No es mucho menos desconocido que este método potencialmente causa injuria, y en extremas circunstancias la muerte del pez. Sin embargo esta desventaja puede ser reducida a niveles mínimos por la elección de un método apropiado (plantas eléctricas, baterías) y en donde las especificaciones técnicas del equipo pueden ser graduadas de acuerdo a la conductividad del cuerpo de agua al momento del muestreo, así como un personal experimentado en el uso de la electropesca. También recambio de agua constantes y disposición de los capturados en recipientes grandes, ayuda a la pronta recuperación de los ejemplares mientras estos son procesados. Los especímenes se almacenarán en una bolsa ziploc, para su posterior identificación y toma de medidas biométricas: longitud estándar (mm) y peso (g).

Adicionalmente, serán fotografiados en vivo con la ayuda de una cámara semiprofesional o profesional y serán liberados nuevamente.

- Atarraya

Estas redes se arrojan desde la orilla del río o desde la embarcación. Generalmente se emplean en aguas poco profundas. La captura de peces con atarraya causa pocas lesiones en los mismos, permitiendo la liberación de aquellos individuos que no cumplan con las tallas mínimas de captura o que no sean de interés para el proyecto Se utilizarán atarrayas con diferentes ojos de malla dependiendo del ecosistema y los especímenes potenciales (ojo de maya de 0,5, 1cm, 2cm y 5 cm).

Se realizarán en 30 lances por un punto de muestreo (a lo largo de un transecto 100 m). Los individuos colectados serán depositados en bolsas ziploc, con recambios de agua regulados, mientras el procesamiento de las muestras se lleva a cabo. Una vez identificados en campo se procede a tomar las principales medidas biométricas longitud estándar (Ls) con la ayuda de un calibrador (+ 1 mm) y pesados individualmente (peso total) con una balanza digital (+ 0.1 gramos).

Adicionalmente, serán fotografiados en vivo con la ayuda de una cámara semiprofesional o profesional y serán liberados nuevamente.

- Protocolo de sacrificio – fijación - preservación:

Inicialmente no se pretende realizar el sacrificio de ninguno de los individuos; esto será una situación que se presentará únicamente en caso de que su identificación en

campo no sea posible y el profesional encargado así lo requiera o por efectos de los requerimientos especiales a que tuviera lugar el estudio donde se esté realizando, esto es, aquellos especímenes que representen rarezas taxonómicas y contribuyan al avance del conocimiento científico de la fauna. Debido a que hay especies de complejidad taxonómica que requieren la ayuda de aparatos ópticos para la observación de algunos caracteres taxonómicos (conteo de escamas, de dientes, de radios, etc.), como es el caso de algunas especies de la familia Characidae y Loricariidae y de los géneros Astroblepus y Trichomycterus, se deberá proceder al sacrificio de individuos, siguiendo el protocolo descrito más adelante; y serán recolectados algunos ejemplares (1 o 3) de taxones con incertidumbre taxonómica. Además, se recolectarán de manera definitiva a los individuos que por razones ajenas al profesional encargado fallezcan durante su captura por atarraya o por pesca eléctrica, aunque se reitera que todo procedimiento será llevado a cabo por profesionales idóneos buscando garantizar el mínimo daño a los especímenes a capturar.

Los individuos que cumplan con las condiciones mencionadas y se deban sacrificar, para su colecta serán anestesiados empleando solución de Eugenol (aceite de clavo) a un rango de concentraciones entre 50 y 80 ppm, hasta llegar al grado de narcosis temporal (Neiff y Stamper 2009); o solución de eugenol disuelto al 10% en etanol. Se aplican entre 1 a 5 gotas de acuerdo al tamaño de los individuos. Para peces pequeños la solución es más o menos de 20 mg / L y en adultos 40-60 mg/L (Anderson et al. 1997; Keene et al. 1998). No obstante, los diferentes efectos del anestésico estarán dados por las concentraciones del compuesto en función del tamaño, el peso corporal y la especie.

Luego de la sedación completa, serán fijados con solución de formol al 10% de concentración y guardados en bolsas plásticas herméticas para su transporte al laboratorio. Los ejemplares de gran tamaño (mayores a 200 mm), serán inyectados con formol al 10% directamente en la cavidad visceral, en las branquias y en las masas musculares o realizando incisión a la derecha de la línea ventral del cuerpo y en los músculos mayores para permitir la penetración del fijador y facilitar la preservación de los órganos y tejidos internos.

Posteriormente, serán almacenados en bolsas plásticas herméticas donde se rotula con el sitio, época climática, descripción de hábitat (profundidad, sustrato, velocidad del agua si es posible), nivel del río y pluviosidad de la región, fecha (día, mes, año) y hora. Luego son transportados en neveras de icopor o canecas plásticas de cierre hermético, depositados de tal forma que los pescados no sufran la pérdida o deformación de algunas partes del cuerpo especialmente de las aletas caudales, las canecas son debidamente rotuladas para ser llevadas hasta el laboratorio.

En el laboratorio, los ejemplares recolectados serán lavados con agua y almacenados en alcohol al 70%. Posteriormente, se realizará la identificación taxonómica con la ayuda de instrumentos ópticos óptimos y literatura especializada.

7.7.1 Metodología de manejo de especímenes ex - situ

Para la recepción de animales rescatados se presenta la siguiente propuesta técnica de manejo que incluye los siguientes pasos:

Ingreso de los animales: En esta etapa los animales son valorados mediante un examen físico, donde se evalúa el estado y condición corporal.

Manejo de animales sanos: Se les hace una valoración médica y posteriormente son liberados en las zonas de recepción de fauna.

Animales lesionados: Se les hará una valoración médica, luego, se determinará si es internado temporalmente hasta que pueda ser liberado o si la afectación es irrecuperable en cuyo caso se procederá a la eutanasia.

Neonatos y juveniles: En el caso de que lleguen neonatos y juveniles se procederá a la valoración clínica, luego se proveerá una alimentación forzada. Si el neonato se desarrolla y se considera listo para la reubicación se liberará en la zona de recepción de fauna, sin embargo, si no logra desarrollarse se procederá con la eutanasia.

Animales muertos: Los animales muertos deben ser llevados al hogar de paso provisional para ejecutar la necropsia, donde se les realiza un registro fotográfico y evaluación de los hallazgos anatomopatológicos que ocasionaron su muerte. Por último, su disposición final se hace según las normas de bioseguridad establecidas. Alternativamente, algunos especímenes se prepararán para su posterior preservación en colecciones biológicas avaladas por el Instituto Alexander von Humboldt.

Este protocolo será el que deberá seguir el veterinario encargado en el momento de las labores de ahuyentamiento y rescate, ya sea si se adecua un centro de atención temporal de fauna en el proyecto o si se concreta un convenio con una clínica veterinaria del sector.

Durante las labores constructivas posteriores al aprovechamiento forestal y considerando que los individuos lesionados podrán ser de aparición ocasional, se propone que el gestor ambiental de planta sea el encargado de recibir estos animales, para tal fin deberá contar con una capacitación previa dictada por un veterinario, acerca de los protocolos a seguir en el momento de aparecer un animal lesionado, sobre el embalaje de los animales y su transporte a la clínica veterinaria con la cual se tenga convenio. Para esto, dentro del proyecto se deberá contar con un espacio adecuado para la manipulación previa del animal y los equipos e insumos como guacales, jaulas, recipientes plásticos, guantes y demás equipos de bioseguridad. En caso de que no se lleve a cabo un convenio con alguna clínica veterinaria, el proyecto deberá contar con los servicios de un veterinario.

7.7.2 Perfiles profesionales del encargado de los muestreos

Los muestreos de los diferentes grupos animales se llevarán a cabo por biólogos y/o afines, especializados o enfocados en cada grupo, (mastozoólogo, ornitólogo, herpetólogo, ictiólogo), los cuales deberán cumplir con lo siguiente:

7.7.2.1 Vegetación Terrestre

7.7.2.1.1 Vegetación Arbórea

- Formación Académica

Biólogo(a) o Ingeniero(a) forestal

- Experiencia específica

Profesional en biología o ingeniería forestal con mínimo 1 año de experiencia específica en el manejo de grupos de trabajo, planeación y diseño de muestreo e inventarios forestales, preparación de equipos y materiales, medición de variables dendrométricas, identificación preliminar de especies en campo, dominio en la colecta de muestras botánicas y organización de dichas colecciones (prensado y etiquetado de muestras botánicas y depósito de las mismas en colecciones registradas cuando aplique), alimentación y análisis de bases de datos de campo y métodos de preservación y traslado de especies vegetales.

7.7.2.1.2 Epífitas

- Formación Académica

Biólogo(a) o Ingeniero(a) forestal

- Experiencia específica

Profesional en biología con 1 año de experiencia específica en estudios de epífitas vasculares y no vasculares, experiencia específica o capacitación en manipulación, preservación y transporte de este grupo. Participación y/o desarrollo en la elaboración de al menos un estudio para solicitud de trámite de levantamiento de veda, Conocimientos y experiencia demostrable en identificación taxonómica de epífitas vasculares y no vasculares, manejo de guías, diseño y ejecución de muestreos para este grupo y toma de datos y medidas.

7.7.2.2 Fauna Terrestre

7.7.2.2.1 Herpetos

- Formación Académica

Biólogo, ecólogo, ingeniero forestal, agrónomo o zootecnista con conocimientos y competencias específicas en herpetología.

- Experiencia específica

Profesional en biología, ecología, ingeniería forestal, agrónomo o zootecnista con mínimo 1 año de experiencia específica en estudios de herpetos, diseño de muestreo, preparación de equipos y materiales e identificación visual, acústica (cantos y/o llamados) y taxonómica de las diferentes especies de anfibios y reptiles silvestres. Experiencia en técnicas de colecta y técnicas de sacrificio, preservación, conservación y transporte de especímenes. Experiencia en el manejo de accidentes ofídicos

7.7.2.2.2 Aves

- Formación Académica

Biólogo, ecólogo, ingeniero forestal, agrónomo o zootecnista con conocimientos y competencias específicas en ornitología.

- Experiencia específica

Profesional en biología, ecología, ingenie ría forestal, agrónomo o zootecnista con mínimo 1 año de experiencia específica en estudios de aves, diseño de muestreo, preparación de equipos y materiales e identificación visual, acústica (cantos y/o llamados) y taxonómica de las diferentes especies de aves silvestres. Experiencia en técnicas de sacrificio, preservación en líquido y en seco, conservación y transporte de especímenes de aves (manejo y/o manipulación de líquidos preservantes) y toma de datos y medidas y análisis de los mismos. Se requiere además dominio en el montaje y manejo de redes de niebla y extracción de individuos de las mismas.

7.7.2.2.3 Mamíferos

- Formación Académica

Biólogo, ecólogo, ingeniero forestal, agrónomo o zootecnista con conocimientos y competencias específicas en mastozoología

- Experiencia específica

Profesional en biología con mínimo 1 año de experiencia específica en estudios de mamíferos, diseño de muestreo, preparación de equipos y materiales e identificación visual, acústica (cantos y/o llamados) y taxonómica de las diferentes especies de mamíferos silvestres. Experiencia en técnicas de colecta y técnicas de sacrificio, preservación, conservación y transporte de especímenes de este grupo de fauna. Se requiere además dominio en el montaje y manejo de redes de niebla y extracción de individuos de las mismas s.

7.7.2.3 Ecosistemas acuáticos

7.7.2.3.1 Perifiton

- Formación Académica

Biólogo, zootecnista, ingeniero ambiental, pesquero y/o acuícola.

- Experiencia específica

Profesional en biología, zootecnia, ingeniería ambiental, pesquera y/o acuícola con mínimo 1 año de experiencia específica en el manejo de grupos de trabajo, diseño, planeación y ejecución de muestreos de fitoplancton, utilizando metodologías adecuadas para los diferentes ambientes de muestreo. Experiencia en la utilización de redes de fitoperifiton, en la preservación y transporte de muestras. Experiencia en identificación de muestras colectadas, análisis de calidad ambiental y bioindicadores. Además de manejo de protocolos de preservación de especímenes.

7.7.2.3.2 Bentos

- Formación Académica

Biólogo, zootecnista, ingeniero ambiental, pesquero y/o acuícola.

- Experiencia específica

Profesional en biología, zootecnia, ingeniería ambiental, pesquera y/o acuícola con mínimo 1 año de experiencia específica en diseño, planeación y ejecución de los muestreos de comunidades de microinvertebrados, utilizando las metodologías apropiadas de acuerdo a cada ambiente. Experiencia en la utilización de métodos de colecta, tales como red triangular, red Surber, draga Ekman y colección manual. Experiencia en el procesamiento de la información, taxonomía, manejo de datos, índices de calidad ambiental y el uso de los macroinvertebrados como indicadores biológicos. Además, en manejo de protocolos de preservación de especímenes.

7.7.2.3.3 Peces

- Formación Académica

Biólogos, ictiólogos, biólogos marinos, ecólogos de zonas costeras, ecólogos con conocimientos en ictiología, ingenieros acuícolas, ingeniero pesquero.

- Experiencia específica

Profesional en biología, biólogo marino, ecólogo de zonas costeras, ecólogos con conocimientos en íctiología y/o ingenieros acuícolas, con mínimo 1 año de experiencia específica en estudio ictiológicos, o acuícolas. Experiencia en técnicas de colecta, sacrificio, preservación, conservación y transporte de especímenes ícticos.

Se requiere además dominio en taxonomía de peces, capacidad para la toma y procesamiento de muestras de tejido biológico, manejo de aparejos de pesca.

7.8 EMISIONES ATMOSFÉRCICAS

Durante la construcción y operación del Proyecto Cocorná III, no se requiere el uso de equipos o procesos que generen emisiones de gases y partículas a la atmósfera, aumentando las concentraciones de gases como NOx, SOx y CO, material particulado y/o ruido que requieran el permiso de emisiones atmosféricas de fuentes fijas.

Por esta razón no es necesario tramitar ningún tipo de permiso de emisiones atmosféricas.

7.9 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El material que demandará la construcción de las diferentes obras que conforman el proyecto provendrá principalmente de canteras y sitios de explotaciones legalmente constituidos en la zona, los cuales deben contar con licencias y permisos mineros y ambientales vigentes. Adicionalmente, se aprovechará parte del material obtenido en las excavaciones del proyecto que cumpla con los requerimientos técnicos para su uso.

Se identificaron 7 títulos que cumplen con los requerimientos principales:

- Estar dentro de un radio no mayor a 20 km del proyecto.
- Su explotación minera corresponde a los materiales de construcción de interés para el proyecto (principalmente gravas y arenas).
- Su fecha de terminación o vigencia le da la cobertura necesaria al proyecto.

De esta manera, los títulos seleccionados se detallan en la Tabla 7-112 y posteriormente se muestran en Figura 7-107.

Tabla 7-112. Títulos seleccionados para suministro de material

Título	Razón Social / Titular	Minerales de explotación	Municipios asociados	Vigencia (año)
C4035005	Cantera La Ceja S.A.	Minerales de construcción	La Unión y La Ceja	2035
HHVD-01	José F Jiménez, Víctor Hugo Jiménez y Diego Javier Jiménez	Arenas y gravas silíceas, basaltos y arenas y gravas naturales	Marinilla	2037
ICQ-14451X	Ingetierras de Colombia S.A.	Arenas y gravas naturales y silíceas	San Francisco, Cocorná y San Luis	2040

Título	Razón Social / Titular	Minerales de explotación	Municipios asociados	Vigencia (año)
IE7-11131	Ingetierras de Colombia S.A.	Granito, basalto pórfido y otras piedras de talla o de construcción en bruto	Cocorná	2040
G6425005	Jesús María Pavas Rivera	Arenas y gravas silíceas	La Unión	2041
LLA-08471	Tomás Camilo Nieto Giraldo	Arenas y gravas naturales y silíceas	Granada y El Santuario	2041
B7164005	TRITCON S.A.S.	Gravas naturales	Carmen de Viboral	2040

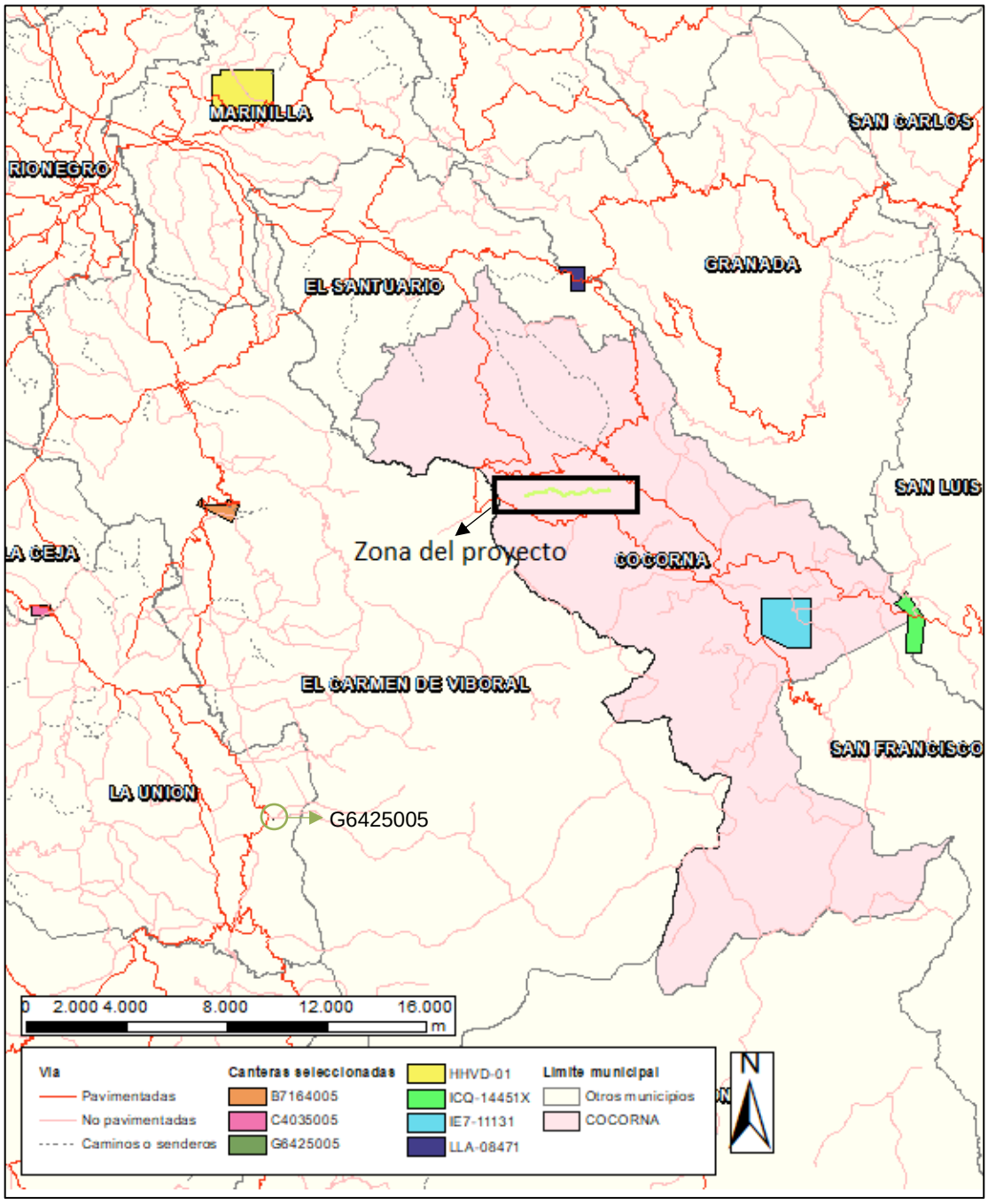


Figura 7-107. Localización canteras seleccionadas

Es importante resaltar que, como se presenta en la Figura 7-107, los 7 títulos seleccionados como alternativas para el suministro de material están cercanos a una vía pavimentada que provee una adecuada articulación entre el proyecto y la

respectiva cantera, siendo éste otro factor relevante a la hora de elegir la fuente de materiales.

7.10 RESIDUOS SÓLIDOS

Los procesos involucrados en las actividades de construcción del proyecto hidroeléctrico generan una cantidad de residuos de diferente tipo y origen que deben ser dispuestos de forma adecuada con el fin de disminuir los efectos negativos al medio ambiente y a la salud humana. Teniendo en cuenta la clasificación general, se describe a continuación el tipo de residuos que se generarán (domésticos, peligrosos y de construcción), estimando así los volúmenes y las alternativas de tratamiento, manejo y disposición de cada uno de ellos.

7.10.1 Residuos domésticos

7.10.1.1 Tipología de residuos

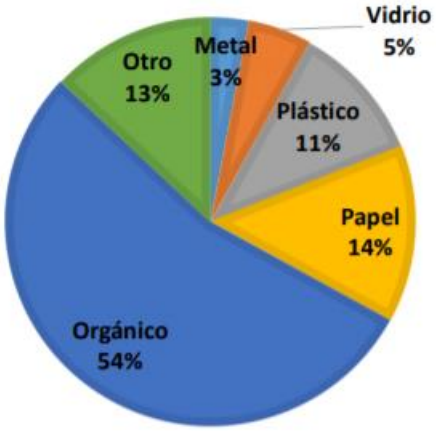
Para el proyecto hidroeléctrico Cocorná III, los residuos domésticos se generarán principalmente en lugares destinados como oficinas y talleres. La tipología de residuos domésticos corresponde a:

- Orgánicos: Son desechos biodegradables que se originan principalmente en actividades de consumo de alimentos. Consisten en cáscaras de frutas y verduras, restos de café, residuos de alimentos, entre otros.
- Reciclables: Son materiales que se pueden recuperar, reutilizar o reciclar, y que se generan principalmente en oficinas y talleres. Son residuos como papel, cartón, plástico, metales, vidrio.
- Ordinarios e inertes: Son residuos que no tienen ningún uso potencial y que no representan peligros o riesgos. Se generan en baños, oficinas y talleres. Son residuos como colillas, servilletas, residuos de barrido, espumas, poliestireno expandido (Icopor), residuos contaminados con materia orgánica, entre otros.

De acuerdo con la demanda de recipientes para la disposición de residuos, el tipo de residuo y el volumen generado, se analizará posteriormente la necesidad de instalar recipientes adicionales en determinados espacios o de ser necesario cambiar la ubicación de algunos de ellos.

La caracterización para los residuos generados en los frentes de trabajo se estimó asumiendo una generación per cápita de 0,45 kg/hab-día, correspondiente a un valor promedio considerando un nivel de complejidad medio, a partir de lo recomendado por el RAS Titulo F (Sistemas de Aseo Urbano). En los frentes de obra se tendrá un total de 120 trabajadores, por lo que la generación diaria de residuos domésticos corresponderá a 54 Kg/día, y teniendo en cuenta que la recolección de residuos por parte de la empresa de aseo se realiza con una frecuencia semanal, se requiere

entonces una capacidad de almacenamiento mínima para 378 Kg. Por su parte, la generación por tipo de residuo se muestra en la Figura 7-108.



Fuente: (Corporación Ruta N, 2016)

Figura 7-108. Distribución de los residuos domésticos

Teniendo en cuenta el peso específico por tipo de residuo a partir del RAS Titulo F (Sistemas de Aseo Urbano), es decir, el peso de los residuos sólidos por unidad de volumen, se estima la capacidad mínima del sistema en términos volumétricos. Ver Tabla 7-113.

Tabla 7-113. Capacidad volumétrica almacenamiento residuos sólidos

Tipo de residuo	Peso Unitario RAS (Kg/m^3)	Distribución (%)	Peso (Kg)	Volumen (m^3)
Orgánico	291	54	204,12	0,70
Papel	89	14	52.92	0,59
Plástico	65	11	41,58	0,64
Vidrio	196	5	18,9	0,10
Metal	320	3	11,34	0,04
Otro	131	13	49,14	0,38
Total			378	2,45

7.10.1.2 Manejo de los residuos sólidos en frentes de obra

Los residuos sólidos se separarán desde su generación de acuerdo con sus características, en orgánicos, reciclables y ordinarios, con el objetivo de aprovechar

al máximo los materiales que puedan ser reciclados o reutilizados, y de enviar la menor cantidad de residuos a disposición final. Se dispondrá de los recipientes necesarios para la separación, así como de la señalización correspondiente y los espacios adecuados para el almacenamiento y acopio de los residuos.

Los recipientes en los cuales se depositarán los residuos al momento de ser generados, serán de materiales plásticos, sin agujeros, rotos o grietas. Además, permanecerán cubiertos para proteger su contenido de la lluvia y de animales. Cada uno de los recipientes contará con una bolsa plástica que corresponda en color con el contenido que debe depositarse en la caneca, esto facilita el reconocimiento visual y la adecuada separación en el centro de acopio temporal de residuos.

Se dispondrá de recipientes para residuos en las áreas de reunión, talleres, oficinas y plantas de concreto. El código de colores empleado para la disposición de residuos se muestra en la Tabla 7-114 El color del recipiente que sea ubicado en cada zona, depende del tipo de residuos que generen las actividades realizadas en cada proceso.

Para la recolección interna, se sugiere una frecuencia de dos (2) veces a la semana, con el fin de disminuir los riesgos a la salud que podrían asociarse al almacenamiento de residuos. Posteriormente estos residuos deben ser llevados al sitio de almacenamiento temporal, donde deben almacenarse, por tipo de residuo, en recipientes de mayor tamaño con referencia a lo estipulado en la Tabla 7-113, que permitan su permanencia en el área del proyecto hasta que sean recolectados por el camión autorizado. El personal encargado del manejo de los residuos sólidos debe utilizar guantes, tapabocas y demás implementos de seguridad; además, deben recibir capacitaciones sobre separación, recolección, almacenamiento, entre otros.

La disposición final de los residuos biodegradables y ordinarios se realizará en el relleno sanitario que cubre la demanda del municipio.

El proyecto se deberá acoger al siguiente código de colores para la adecuada separación de los residuos, establecido en la resolución 2184 de 2019 de MinAmbiente y MinVivienda, adicionando el color indicativo de RESPEL. Ver Tabla 7-114.

Tabla 7-114. Código de colores empleado para la disposición de residuos

Blanco	Verde	Negro	Rojo
Para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, papel y cartón	Para depositar residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida, desechos agrícolas etc.	Para depositar residuos no aprovechables como el papel higiénico; servilletas, papeles y cartones contaminados con comida; papeles metalizados, entre otros.	Para depositar RESPEL como estopas o paños contaminados, envases o sobrantes de pintura, solventes sucios, residuos o envases de químicos, residuos o envases de combustibles.

7.10.2 Residuos peligrosos

Es importante tener en cuenta que un residuo es considerado peligroso si cumple con alguna de las características CRETIIR. Es decir, si es Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Infeccioso y Radioactivo. Este tipo de residuos son generados principalmente en la zona de talleres, producto del mantenimiento de los vehículos, equipos y maquinaria, también del área destinada a la atención de primeros auxilios.

Estos residuos ya sean de tipo líquido o sólido deberán, en lo posible empacarse en los mismos recipientes en los que se recibieron, y estar debidamente marcados e identificados (Figura 7-109).

Figura 7-109. Recipiente para disponer los residuos peligrosos

Los residuos conocidos como infecciosos, tales como tapabocas, agujas y otros objetos cortopunzantes, algodones y gasas impregnados de fluidos corporales, jeringas, etc., que se generan en la prestación de primeros auxilios, serán dispuestos en recipientes de color rojo (guardianes), como el mostrado en la Figura 7-110.

Figura 7-110. Ejemplo de guardián de seguridad para disponer agujas y elementos cortopunzantes

Los residuos peligrosos serán transportados por un gestor externo, quien se encargará de realizar el respectivo tratamiento y disposición final. Se debe llevar un registro de la cantidad entregada y verificar que el gestor externo tenga autorización para el manejo y disposición de este tipo de residuos.

En la Tabla 7-115 se muestra la cantidad estimada de residuos peligrosos.

Tabla 7-115. Estimación de residuos peligrosos que serán generados en el proyecto

Residuos peligrosos	kg/año
Aceite usado, además de las estopas, filtros y materiales (absorbentes y adsorbentes) contaminados con éstos.	58
Desechos de mezclas de agua y aceite o de hidrocarburos y agua.	40
Residuos de pinturas, solventes, aerosoles.	15
Baterías de mantenimiento eléctrico, pilas, entre otros.	5
Baterías y pilas y acumuladores de plomo o restos de éstos contaminados (baterías plomo-ácido)	20
Lámparas fluorescentes	6
Envases y contenedores (plásticos y metálicos) que contienen residuos de sustancias peligrosas como aceites, gasolina, pinturas, lubricantes, grasas, desengrasantes.	20
Material de embalaje especial: poliestireno expandido y espumas.	30
Toners de cartucho, faxes, impresoras.	8

Residuos peligrosos	kg/año
Residuos infecciosos como agujas y otros objetos cortopunzantes, algodones y gasas impregnados de fluidos corporales, etc.	5

7.10.3 Residuos de las actividades de construcción y demolición (RCD)

Anteriormente conocidos como residuos especiales (escombros). La mayoría proviene de los residuos de la demolición, excesos en materiales de construcción y materiales de embalaje. Su disposición se realizará de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 0472 de 2017.

Entre los primeros se encuentran los escombros, los excesos de materiales de construcción como concretos y madera y los materiales de embalaje como madera y cartón.

Entre los segundos, aquellos que requieren de una disposición especial, son básicamente materiales de embalaje especiales: poliestireno expandido y espumas. Estos materiales se manejarán como materiales peligrosos, tal como se explicó en el numeral anterior.

7.10.4 Localización de las Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (ZODME)

A continuación, se presenta la localización y capacidad de las ZODMES que se emplearán en el proyecto.

Tabla 7-116. Localización Zodmes

Zodme	Área (m^2)	Capacidad aproximada (m^3)	Coordenada* este	Coordenada* norte
1	3.391	11.330	874843	1160231
2	5.136	20.170	875289	1160263
3	5.656	27.130	876254	1160221
4	7.282	34.780	876803	1160272
5	7.246	37.400	877479	1160284
6	6.785	20.600	877470	1160208

*Sistema de coordenadas Magna Sirgas origen: central

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (2018). *Guía para la Definición, Identificación y Delimitación del área de Influencia.* Santa Fé de Bogotá: ANLA.

Aguilo. (1992). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico.* Madrid: MOPT.

AMVA. (2010). *Guía Metodológica para Determinar Módulos de Consumo y Factores de Vertimiento de Agua.* Medellín.

Bernal, R., Gradstein, S., & Celis, M. (2020). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia.* Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universida Nacional de Colombia. Recuperado el 2020, de htpp://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co

Bernal, R., Grandstein, S., & Celis, M. (2015). *Catálogo de plantas de y líquenes de Colombia.* Obtenido de Catálogo de plantas y líquenes de Colombia: http://cataloplantasdecolombia.unal.edu.co

Calderón-Sáenz, E. (2006). *Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 6: Orquídeas, Primera parte. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia.* (Vol. 6). (C. -S. E, Ed.) Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Corcho, F. y. (1997). *Acueductos, Teoría y Diseño. Segunda Edición.* Medellín: Departamento de Publicaciones, Universidad de Medellín.

Cornare. (2017). *Términos de Referencia Estudio de Impacto Ambiental Construcción y Operación de Centrales Hidroeléctricas Generadoras TdR-014.* Santuario.

CORNARE-UdeA. (2011). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) en los tramos receptores de vertimientos líquidos de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro y Nare.* El Santuario.

Corporación Ruta N. (2016). *Observatorio CT+i.* Obtenido de Área de oportunidad Waste-to-Energy-Resiudos Sólidos Urbanos: www.brainbookn.com

Dearman, W. R. (1991). *Engineering Geological Mapping. Butterworth– Heinemann.* Oxford.

Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Energy Suplay Situation in Colombia.*

Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo.* México D.F.: Mc Graw Hill.

Etter. (1990). *ntroducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. .* Bogotá: Instituto Geográfico Agustin Codazzi - IGAC.

García, N., & Galeano. (2006). *Libro rojo de plantas de Colombia* (Vol. 3). Bogotá: Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias naturales de la Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

Helios. (2011). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Vial Ruta del Sol - Secto I: Villeta-El Korán.* Bogotá.

INDERENA. (1977). Resolución Nro. 231 de 1977 (01 febrero), por la cual se establece veda para alguns especies y productos de la flora silvestre.

IUGS Subcommission on the systematics of metamorphic rock. (2007). *A systematic nomenclature for metamorphic rocks. 1. How to name a metamorphic rock. Recommendations by the IUGS Subcommission on the systematics of metamorphic rocks.* Obtenido de www.bgs.ac.uk/SCMRH

Johansson, D. (1974). Ecology od vascular epiphytes in West African rin forest. *Acta Phytogeograghica Suecica, 59, 1-139*.

Linares, E., & Uribe-Meléndez, J. (2002). *Libro rojo de briófitas de Colombia. Libros rojos de especies amenazadas de Colombia.* Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Ambiente.

MADS. (2017). *Resolución 1912. .*

MADS. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales.* Bogotá D.C.

MADS. (2020). *Sib Colombia. Plantilla de registros biológicos - colecciones (2016-12). Versión 4.0 .* Bogotá D.C. Recuperado el 2020

MinAmbiente & ANLA. (2017). *Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA en proyectos de construcción y operación de centrales generadoras de enrgía hidroeléctrica.* Bogotá.

MinAmbiente & ANLA. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales.* Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2007). *Decreto 3600, capitulo II, artículo 4.* Santa Fé de Bobotá: Minambiente.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Guia Técnica para la Formulación de los POMCAS.* Santa Fé de Bogotá: Minambiente.

Ortiz, R., & Idárraga Piedrahita, A. (2020). *Catálogo de las plantas vasculares del departamento de Antioquia.* Recuperado el 2018, de http://www.tropicos.org/Project/Catalogo-de-Antioquia

Ramírez, A., Restrepo, R., & Cardeñosa, M. (1999). Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. *Ciencia, Tecnología y Futuro, 1*(5), 89-99.

Ramírez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. *Ciencia, Tecnología y Futuro, 1*(3), 135-153. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf

Salud, O. P. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* Lima.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Esc. 1:25.000.* Bogotá: Servicio Geológico Colombiano .

Steege, H., & Cormelissen, J. (1989). Distribution and ecology of vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana. . *Biotropica*, 331-339.

Streckeisen, A. (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geologische Rundschau*, 773-786.

Torres, H. (2010). *Tratamiento de aguas servidas para reutilización en la actividad económica.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico Mecánicas.

UICN. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. doi:https://www.iucnredlist.org

Unidad de Planeación Minero Energética. (2017). *Proyección Regional de Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia.* Recuperado el Marzo de 2019

UPME. (2013). *Estudio de generación eléctrica bajo escenario de cambio climático.* Obtenido de http://www1.upme.gov.co/Documents/generacion_electrica_bajo_escenarios_cambio_climatico.pdf