ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1



Elaborado para:

Devimar

Elaborado por:

Consultoría Colombiana S.A.

Bogotá D.C.
Mayo de 2017

ANI Agencia Nacional de Infraestructura

VIGILADO SUPERTRANSPORTE

MinTransporte Ministerio de Transporte

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

TABLA DE CONTENIDO

PÁG

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 18
5.1 MEDIO ABIÓTICO 18
5.1.1 Geología 18
5.1.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos 18
5.1.1.1.1 Recopilación, análisis y procesamiento de información secundaria 18
5.1.1.1.2 Generación de cartografía temática 22
5.1.1.1.3 Trabajo de campo 22
5.1.1.2 Caracterización geológica regional 23
5.1.1.2.1 Unidades Litológicas 23
5.1.1.2.2 Geología estructural 32
5.1.1.3 Caracterización geológica Unidad Funcional 2.1 37
5.1.1.3.1 Diorita de Pueblito (Tdp) 37
5.1.1.3.2 Complejo Quebradagrande (KvQG) 40
5.1.1.3.3 Formación Amagá (Ngas, Pgam, Pgai) 45
5.1.1.3.4 Depósitos aluviales 58
5.1.1.3.5 Terrazas aluviales (Qt0, Qt1) 59
5.1.1.4 Caracterización geológica Fuente de materiales y acceso 60
5.1.1.4.1 Formación Amagá (Pgai, Pgam) 60
5.1.1.4.2 Depósitos aluviales (cauce activo) 64
5.1.1.5 Sectorización geológica y geomorfológica del área de influencia puntual 66
5.1.1.5.1 K0+000 – K0+451 Formación Amagá (Ngas). Relieve de lomerío en paisaje de piedemonte 67
5.1.1.5.2 K0+460 – K1+710. Depósitos aluviales del río Aurrá (Qal) 68
5.1.1.5.3 K1+710 – K4+300. Cruce por rocas volcánicas de Complejo Quebradagrande (KvQG) 68
5.1.1.5.4 K4+300 – K15+00. Formación Amagá y depósitos cuaternarios, paisaje de piedemonte 69

5.1.1.5.5 Fuente de materiales y acceso 71
5.1.2 Geomorfología 73
5.1.2.1 Aspectos conceptuales y metodológicos 73
5.1.2.1.1 Recopilación de información secundaria y cartografía temática 75
5.1.2.1.2 Geoformas asociadas a unidades geomorfológicas 76
5.1.2.1.3 Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos en el área de influencia 85
5.1.3 Paisaje 90
5.1.3.1 Unidades de paisaje local 91
5.1.3.2 Descripción del proyecto frente al componente paisajístico 91
5.1.3.2.1 Unidades de paisaje fisiográfico 91
5.1.3.2.2 Coberturas 96
5.1.3.2.3 Determinación de unidades de paisaje 97
5.1.3.2.4 Descripción de las unidades de paisaje 98
5.1.3.3 Calidad Visual del Paisaje 100
5.1.3.4 Calidad Visual del Paisaje Urbano 105
5.1.3.5 Análisis de la Visibilidad 108
5.1.3.6 Sitios de Interés Paisajístico 111
5.1.3.7 Percepción de la Comunidad Como referente de su Entorno Físico 111
5.1.4 Suelos y uso de la tierra 112
5.1.4.1 Análisis Fisiográfico 114
5.1.4.1.1 Provincia Fisiográfica 114
5.1.4.1.2 Unidad Climática 114
5.1.4.1.3 Gran Paisaje 114
5.1.4.1.4 Paisaje 115
5.1.4.1.5 Sub-paisaje 115
5.1.4.2 Suelos del Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional 118
5.1.4.2.1 Asociación A5 (Peñitas) 119
5.1.4.2.2 Asociación A7 Amaga 120
5.1.4.3 Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá 120
5.1.4.3.1 Asociación B1 (Santafé) 120
5.1.4.3.2 Asociación B2 (Sopetrán) 121
5.1.4.3.3 Asociación B3 (Olaya) 122
5.1.4.4 Capacidad de Uso del Suelo 123
5.1.4.4.1 Vocación de uso del suelo 125

5.1.4.5 Uso Actual del Suelo 127
5.1.4.6 Uso Reglamentado del Suelo 129
5.1.4.7 Conflictos de uso del Suelo 135
5.1.5 Hidrología 139
5.1.5.1 Introduccion 139
5.1.5.2 Alcance de los Estudios 140
5.1.5.3 Fuentes de Informacion 140
5.1.5.4 Área de Influencia 146
5.1.5.4.1 Sistemas Lenticos y Loticos Identificados 146
5.1.5.4.2 Cuencas Hidrograficas, de acuerdo a la clasificación IDEAM 169
5.1.5.4.3 Descripcion y Localizacion de Red Hidrologica 172
5.1.5.4.4 Patrones de Drenaje – Regimen Hidrologico – Caudales Caracteristicos 175
5.1.5.4.5 Identificacion Dinamica Fluvial – Relacion Espacial y Temporal de las Inundaciones 199
5.1.5.4.6 Características Morfométricas de puntos de interés 201
5.1.6 Calidad del agua 203
5.1.6.1 Cuerpos de Agua Continentales 203
5.1.6.1.1 Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica cuerpos de agua a lo largo del corredor vial 203
5.1.6.1.2 Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica quebrada La Seca –Fuente de materiales 235
5.1.6.1.3 Estimación de valores Índice de Calidad Característicos 240
5.1.6.1.4 Índice de Langelier 243
5.1.6.1.5 Capacidad buffer o tampón 245
5.1.6.1.6 Índice de calidad de aguas superficiales ICA 246
5.1.6.1.7 Índice de afectación de calidad del agua (IACAL) 248
5.1.6.1.8 Estimaciones para otra temporalidad climatologica 251
5.1.7 Usos del agua 257
5.1.7.1 Identificación de Usos Actuales y Proyectados 259
5.1.7.1.1 Usos potenciales 261
5.1.7.2 Inventario de todos los usos y usuarios y sus demandas hídricas 264
5.1.7.2.1 Ganadería 265
5.1.7.2.2 Consumo Humano 265
5.1.7.2.3 Uso recreativo y turístico 267
5.1.7.2.4 Uso industrial 268

5.1.7.3 Usuarios aprobados por CORANTIOQUIA 283
5.1.7.3.1 Concesiones zona de interés cuenca Quebradas La Seca y La Sucia 283
5.1.7.3.2 Vertimientos zona de interés cuenca Quebrada La Sucia – La Seca 285
5.1.7.3.3 Concesiones zona de interés cuenca del río Aurrá 286
5.1.7.3.4 Concesiones zona de interés cuenca Quebrada La Sopetrana 302
5.1.7.3.5 Vertimientos zona de interés cuenca Quebrada La Sopetrana 317
5.1.7.3.6 Concesiones zona de interés cuenca Rio Tonusco 318
5.1.7.3.7 Vertimientos zona de interés cuenca Rio Tonusco 327
5.1.7.3.8 Concesiones zona de interés cuenca Afluentes Directos 328
5.1.7.3.9 Vertimientos zona de interés cuenca Afluentes Directos 328
5.1.7.4 Conflictos Disponibilidad y Uso del agua 329
5.1.8 Hidrogeología 330
5.1.8.1 Información Secundaria 330
5.1.8.2 Inventario de puntos de agua subterráneas. 333
5.1.8.3 Unidades Hidrogeológicas 340
5.1.8.4 Direcciones de flujo del agua subterránea 346
5.1.8.5 Zonas de recarga y descarga 349
5.1.8.6 Evaluación y clasificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación 353
5.1.8.7 Modelo Hidrogeologico Conceptual 360
5.1.9 Geotecnia 363
5.1.9.1 Modelación de Variables 365
5.1.9.1.1 Litología (SL) 365
5.1.9.1.2 Geomorfología (SG) 369
5.1.9.1.3 Hidrogeología (SH) 373
5.1.9.1.4 Cobertura de la tierra (SC) 375
5.1.9.1.5 Densidad de drenajes (SD) 379
5.1.9.1.6 Densidad de Fallas (SF) 380
5.1.9.1.7 Pendientes (SP) 383
5.1.9.1.8 Morfodinámica (SE) 385
5.1.9.1.9 Susceptibilidad General del Terreno (ST) 388
5.1.9.2 Factores detonantes 391
5.1.9.2.1 Precipitación (FP) 391
5.1.9.2.2 Sismicidad (FS) 393

5.1.9.3 Amenaza geotécnica del terreno (ZG) 396
5.1.10 Amenazas Naturales 400
5.1.10.1 Aspectos básicos a tener en cuenta en la zonificación de las amenazas naturales 400
5.1.10.2 Tecnicas utilizadas para la zonificación de amenazas naturales 401
5.1.10.3 Metodo de trabajo utilizado para la zonificación de las amenazas naturales 405
5.1.10.4 Amenaza Sismica 405
5.1.10.5 Amenaza por Licuación 407
5.1.10.5.1 Conceptos básicos 407
5.1.10.5.2 Evaluación de la amenaza por licuación 408
5.1.10.6 Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa 414
5.1.10.7 Amenaza por avenidas torrenciales 415
5.1.10.7.1 Precipitación 415
5.1.10.7.2 Densidad de drenaje 418
5.1.10.7.3 Tiempos de Concentración, Tc 421
5.1.10.7.4 Categorización de la amenaza por avenidas torrenciales 424
5.1.10.8 Amenaza por inundaciones 427
5.1.10.8.1 Metodología 428
5.1.10.8.2 Evaluación de amenaza por inundación 429
5.1.10.9 Amenaza volcánica 433
5.1.11 Atmósfera 435
5.1.11.2 Identificación de Fuentes de Emisión 456
5.1.11.2.1 Fuentes Fijas 456
5.1.11.2.2 Fuente Móvil 460
5.1.11.2.3 Potenciales receptores en el área de influencia 461
5.1.11.3 Calidad del Aire 462
5.1.11.3.1 Inventario de fuentes generadoras de emisiones atmosféricas 462
5.1.11.3.2 Análisis y evaluación de la Calidad del Aire 462
5.1.11.3.3 Resultados 466
5.1.11.4 Ruido 477
5.1.11.4.1 Identificacion de Fuentes generadoras de ruido 478
5.1.11.4.2 Monitoreo de Generación de Ruido 481

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE TABLAS

PÁG.

Tabla 5-1 Información geológica disponible 19
Tabla 5-2 Fotografías aéreas interpretadas 22
Tabla 5-3 Unidades litológicas 24
Tabla 5-4 K7+400 Afloramiento rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam?) 49
Tabla 5-5 Afloramiento Formación amagá (Pgam?) 51
Tabla 5-6 Áreas inestables en acceso a fuente de materiales 71
Tabla 5-7 Fotografías aéreas interpretadas 75
Tabla 5-8 Unidades Geomorfológicas 77
Tabla 5-9 Leyenda fisiográfica de paisaje 95
Tabla 5-10 Zonas Homogéneas para la Unidad Funcional 2.1 96
Tabla 5-11 Unidades de Paisaje Natural 97
Tabla 5-12 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje BLM (1980) 101
Tabla 5-13 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje 102
Tabla 5-14 Evaluación de la calidad visual para cada unidad de paisaje 103
Tabla 5-15 Distribución Espacial de la Calidad Paisajística 105
Tabla 5-16 Homologación para paisaje urbano del método indirecto (BLM, 1980) 106
Tabla 5-17 Escala de notación para clasificación de la calidad visual urbana 107
Tabla 5-18 Evaluación de la Calidad Visual de las Unidades de Paisaje Urbano 107
Tabla 5-19 Leyenda Fisiográfica de Suelos 116
Tabla 5-20 clases y sub-clases agrológicas en el área de influencia indirecta 125
Tabla 5-21 Vocación de Uso del Suelo en el Área de influencia del Proyecto 126
Tabla 5-22 Uso Actual del Suelo en el Área de influencia del Proyecto 128
Tabla 5-23 Uso reglamentado del suelo en el área de influencia 131
Tabla 5-24 Codificación de los Grados de Conflictos de Usos del Suelo 136
Tabla 5-25 Matriz de determinación de Conflicto de Uso del Suelo 137
Tabla 5-26 Conflictos de Uso del Suelo 137
Tabla 5-27. Estaciones utilizadas en el análisis hidrológico 142
Tabla 5-28. Relación de las estaciones utilizadas en el análisis climatológico para caudales 144
Tabla 5-29. Cuerpos loticos identificados en el proyecto vial 149
Tabla 5-30. Localización cuerpos lenticos 167
Tabla 5-31. Cuencas hidrográficas en la zona de estudio 169
Tabla 5-32. Cuencas menores zona de estudio 171

Tabla 5-33. Frecuencia de Caudales Máximos Estación La Galera 177
Tabla 5-34. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto 178
Tabla 5-35. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Penalta 180
Tabla 5-36. Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método Racional 186
Tabla 5-37. Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método SCS 186
Tabla 5-38 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Tonusco- Estación La Galera 189
Tabla 5-39 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto 191
Tabla 5-40 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Aurrá– Estación Penalta 193
Tabla 5-41. Balance Hídrico a nivel mensual de largo plazo – estación Cañafisto 194
Tabla 5-42. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de cruce (l/s) 195
Tabla 5-43. Caudales mínimos estimados en cuencas de sitio de cruce (m^3/s) 198
Tabla 5-44. Características morfométricas de las principales cuencas menores 202
Tabla 5-45. Principales parámetros morfométricos de las cuencas menores 202
Tabla 5-46. Georreferenciación de las estaciones de muestreo Unidad Funcional 2.1 204
Tabla 5-47. Métodos y parámetros evaluados 207
Tabla 5-48. Descripción de puntos de monitoreo UF 2.1 208
Tabla 5-49. Descripción de los puntos considerados en el plan de monitoreo que se encontraban secos 212
Tabla 5-50. Resultados In situ y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial 220
Tabla 5-51 Resultdos In situ y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial 221
Tabla 5-52. Resultados caracterización fisicoquímica y bacteriológica Quebrada La Seca – Fuente de materiales 236
Tabla 5-53. Índices de contaminación ICO's de los cuerpos de agua superficial 241
Tabla 5-54. Cálculo del índice de Langelier 244
Tabla 5-55 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados 246
Tabla 5-56. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas 247
Tabla 5-57. Resultados índices de calidad de agua ICA 247
Tabla 5-58 Categoría y descriptor del IACAL 249
Tabla 5-59 Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia 256
Tabla 5-60. Demanda de agua en la cuenca de las quebrada La Clara y La Sucia 260
Tabla 5-61. Demanda total de agua en la cuenca del río Aurrá 261
Tabla 5-62. Unidades de manejo para la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia 262
Tabla 5-63. Usuarios identificados en el trabajo de campo – cuerpos loticos 271
Tabla 5-64 Usuarios identificados en el trabajo de campo cuerpos lénticos 282
Tabla 5-65. Concesiones otorgadas en la cuenca de las quebradas La Seca 283
Tabla 5-66 Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca de la quebrada La Sucia – La Seca 285
Tabla 5-67. Concesiones otorgadas en la cuenca del río Aurrá 286
Tabla 5-68. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca del río Aurrá 301
Tabla 5-69. Concesiones otorgadas en la cuenca Quebrada La Sopetrana 302
Tabla 5-70. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca Quebrada La Sopetrana 318
Tabla 5-71. Concesiones otorgadas en la cuenca Rio Tonusco 318

Tabla 5-72. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca del Rio Tonusco 327
Tabla 5-73. Permisos de vertimientos otorgados en los Afluentes Directos 328
Tabla 5-74 Inventario de aguas Subterráneas en el Valle de Aburra 332
Tabla 5-75 Puntos de agua subterránea inventariados para el Estudio de Impacto Ambiental 335
Tabla 5-76 Puntos de agua subterránea en el área de influencia 335
Tabla 5-77 Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de influencia 341
Tabla 5-78 Relación de áreas de las unidades hidrogeológicas para el área de influencia 345
Tabla 5-79 Variables y evaluación de zonas de recarga 349
Tabla 5-80 Valoraciones parámetros método GOD 353
Tabla 5-81 Distribución del Parámetro “G” en el área de estudio 355
Tabla 5-82 Valores de parámetro “O” asignados 355
Tabla 5-83 Valores del parámetro “D” asignados 357
Tabla 5-84 Vulnerabilidad a la contaminación de sistemas Acuíferos “GOD” 358
Tabla 5-85 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables 365
Tabla 5-86 Valores de susceptibilidad por litología 366
Tabla 5-87 Valores de susceptibilidad por geomorfología 370
Tabla 5-88. Valores de susceptibilidad por hidrogeología 373
Tabla 5-89 Valores de susceptibilidad por cobertura de la tierra 376
Tabla 5-90 Valores de susceptibilidad por densidad de drenajes 379
Tabla 5-91 Ponderación de fallas según su tipo 381
Tabla 5-92 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas 381
Tabla 5-93 Valores de susceptibilidad por pendientes 383
Tabla 5-94 Susceptibilidad de procesos morfodinámicos 386
Tabla 5-95 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno 389
Tabla 5-96 Intervalos de categoría de precipitación 392
Tabla 5-97 Intervalos de categorías de sismicidad 394
Tabla 5-98 Categorías para la zonificación geotécnica 396
Tabla 5-99 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica 399
Tabla 5-100. Rangos de valoración de amenaza por licuación 409
Tabla 5-101. Valores de susceptibilidad por características litológicas 409
Tabla 5-102. Valores de susceptibilidad por características geomorfológicas 410
Tabla 5-103. Intervalos y categorías de la amenaza por licuación 411
Tabla 5-104. Categorías de evaluación para la precipitación total anual el área de influencia del proyecto 416
Tabla 5-105. Categorías de evaluación para la Densidad de drenaje en el área de influencia del Proyecto 419
Tabla 5-106. Categorías de evaluación para el tiempo de concentración en el área de influencia del Proyecto 422
Tabla 5-107. Intervalos y categorías de la amenaza por avenidas torrenciales 424
Tabla 5-108.Tipos de amenaza por avenidas torrenciales en las cuencas del área de influencia del Proyecto 425
Tabla 5-109. Intervalos y categorías de amenaza por inundaciones 429
Tabla 5-110. Valores de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas

.....430
Tabla 5-111. Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio 430
Tabla 5-112 Estaciones climatológicas seleccionadas en la zona de estudio.....435
Tabla 5-113. Periodo de reporte de estaciones IDEAM para análisis de temperatura 438
Tabla 5-114 Valores de presión atmosférica 442
Tabla 5-115. Periodo de reporte de estaciones IDEAM para análisis de precipitación 444
Tabla 5-116. Valores de precipitación total mensual multianual (mm) 444
Tabla 5-117. Valores de humedad relativa (%).....447
Tabla 5-118 Valores de humedad relativa media, máxima y mínima mensual multianual (%) 448
Tabla 5-119. Valores medios mensuales de velocidad del viento (m/s) 449
Tabla 5-120. Valores medios mensuales de brillo solar.....451
Tabla 5-121. Valores medios mensuales de nubosidad.....452
Tabla 5-122. Valores medios mensuales multianuales de evaporación 453
Tabla 5-123. Potenciales receptores en el área de influencia -UF 2.1.....461
Tabla 5-124. Puntos de monitoreo de calidad del aire 464
Tabla 5-125 Media geométrica, Máximo y mínimo, PST.....467
Tabla 5-126 Resultados NO_2 y SO_2.....470
Tabla 5-127 Concentración de CO, en ppm 474
Tabla 5-128. Índices de calidad del aire diarios estación 1 476
Tabla 5-129. Índices de calidad del aire diarios estación 2 476
Tabla 5-130 Índices de calidad del aire diarios estación 3 476
Tabla 5-131 Índices de calidad de Aire acumulados en los puntos evaluados.....477
Tabla 5-132. Asentamientos identificados 480
Tabla 5-133. Puntos de medición de ruido ambiental 482
Tabla 5-134. Datos generales de la medición.....484
Tabla 5-135. Equipos utilizados para la medición 485
Tabla 5-136. Principales variables meteorológicas – Tiempo ejecución estudio.....487
Tabla 5-137. Principales variables meteorológicas – Tiempo ejecución estudio.....487

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁG.

Figura 5-1. Geología Unidad Funcional 2.1 23
Figura 5-2 Vertiente occidental de Cordillera Central, en el área de influencia del proyecto vial 33
Figura 5-3 Sistema de fallas que afectan área de estudio 34
Figura 5-4 Pliegues en el área de estudio 37
Figura 5-5 Sondeo de exploración de suelos en KvQG 42
Figura 5-6 Influencia estructural en rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande (KvQG) 43
Figura 5-7 Sondeo de exploración de suelos, K0+900, Formación Amagá (Ngas?) 47
Figura 5-8 Lineamientos fotogeológicos en rocas de la Formación Amagá (Pgai, Pgam, Ngas) 57
Figura 5-9 Columna estratigráfica rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam) 63
Figura 5-10 Mapa geomorfológico Unidas Funcional 2.1 76
Figura 5-11 Panorámica de Montañas denudativas, límite occidental de área de influencia en fuente materiales 82
Figura 5-12 Morfodinámica en tramo K0+00 – K4+300 86
Figura 5-13 Morfodinámica en K4+300 – K15+000 87
Figura 5-14 Morfodinámica tramo K0+00 – K4+300 88
Figura 5-15 Morfodinámica tramo K4+300 – K15+000 89
Figura 5-16. Unidad B1-Conservación 99
Figura 5-17. Unidad B3-Conservación 99
Figura 5-18. Unidad A5-Conservación 100
Figura 5-19. Distribución espacial de la calidad visual del paisaje 104
Figura 5-20. Visibilidad de la zona de extracción de materiales 109
Figura 5-21. Visibilidad del área de influencia del corredor vial 110
Figura 5-22. Imagen Palsar Alos 1 113
Figura 5-23 Distribución de tipo de suelos en el AI 118
Figura 5-24. Estructura de la nomenclatura de las Clases Agrologicas 124
Figura 5-25. Distribución espacial de la vocación de uso del suelo 127
Figura 5-26.Uso actual del suelo 129
Figura 5-27. Conflicto de uso del suelo 138
Figura 5-28. Localización estaciones hidrométricas - zona de estudio 143
Figura 5-29. Localización estaciones climatológicas - zona de estudio. 145

Figura 5-30. Red de drenaje en el área de estudio 147
Figura 5-31. Localización cuencas menores en sitios de cruce de la zona de estudio 170
Figura 5-32. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco) 176
Figura 5-33. Análisis Caudales Máximos Estación La Galera 177
Figura 5-34. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca) 178
Figura 5-35. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto 179
Figura 5-36. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá) 179
Figura 5-37. Análisis Caudales Máximos Estación Penalta 180
Figura 5-38. Hidrograma Unitario Adimensional del U.S.S.C.S. 184
Figura 5-39. Curva de duración de Caudales de corrientes 187
Figura 5-40. Caudales medios mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco) 188
Figura 5-41. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Tonusco - Estación La Galera 189
Figura 5-42. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca) 190
Figura 5-43. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto 191
Figura 5-44. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá) ... 192
Figura 5-45. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Aurrá – Estación Penalta ... 192
Figura 5-46. Balance Hídrico mensual – estación Cañafisto 194
Figura 5-47. Caudales mínimos mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco) 196
Figura 5-48. Caudales mínimos mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca) 197
Figura 5-49. Caudales medios mensuales multianuales- Estación Penalta (Río Aurrá) 197
Figura 5-50. Mapa de zonas susceptibles a la inundación (IDEAM, 2012) 200
Figura 5-51. Estaciones de muestreo UF 2.1 205
Figura 5-52. Temperatura de los cuerpos de agua superficial 222
Figura 5-53. pH de los cuerpos de agua superficial 223
Figura 5-54.Oxígeno disuelto, DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial 224
Figura 5-55. Conductividad de los cuerpos de agua superficial 224
Figura 5-56. Tipos de sólidos presentes en los cuerpos de agua superficial 225
Figura 5-57. Turbiedad de los cuerpos de agua superficial 226
Figura 5-58. Color verdadero de los cuerpos de agua superficial 227
Figura 5-59. Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial 228
Figura 5-60. Fósforo total de los cuerpos de agua superficial 229
Figura 5-61. Fenoles totales de los cuerpos de agua superficial 230
Figura 5-62. Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial 230
Figura 5-63. Metales de los cuerpos de agua superficial 233
Figura 5-64. Metales de los cuerpos de agua superficial 233
Figura 5-65. Bario de los cuerpos de agua superficial 234
Figura 5-66. Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial 234

Figura 5-67. Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial 235
Figura 5-68. IACAL en condiciones de año medio para la UF 2 250
Figura 5-69. Relación precipitación vs caudales, (variables climatológicas vs 254
Figura 5-70. Comportamiento estacional de los sólidos suspendidos totales en series de tiempo, (valores promedio mensuales - multianuales) 255
Figura 5-71. Red de drenaje en el área del proyecto 258
Figura 5-72. Áreas Ocupadas 259
Figura 5-73. Distribución espacial del inventario de puntos de agua 334
Figura 5-74. Provincias Hidrogeológicas de Colombia 341
Figura 5-75. Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia 343
Figura 5-76. Porcentaje de ocupación de las unidades hidrogeológicas 346
Figura 5-77. Definición de las direcciones de flujo 347
Figura 5-78. Direcciones de flujo para el área de influencia 348
Figura 5-79. Zonas de recarga y descarga para el AII 352
Figura 5-80. Vulnerabilidad a la contaminación de Acuíferos 358
Figura 5-81. Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos 359
Figura 5-82. Modelo hideogeológico UF 2.1 (primera parte) 361
Figura 5-83. Modelo hideogeológico UF 2.1 (Segunda parte). 362
Figura 5-84. Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica 364
Figura 5-90 Susceptibilidad por litología 367
Figura 5-91. Susceptibilidad por litología 368
Figura 5-92. Susceptibilidad por geomorfologia 371
Figura 5-93. Susceptibilidad por geomorfología 371
Figura 5-94. Susceptibilidad por hidrogeología 373
Figura 5-95. Susceptibilidad por hidrogeología 374
Figura 5-96. Susceptibilidad por cobertura de la tierra 377
Figura 5-97. Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra 377
Figura 5-98. Susceptibilidad por densidad de drenajes 379
Figura 5-99. Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes 380
Figura 5-100. Susceptibilidad por densidad fallas 382
Figura 5-101. Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas 382
Figura 5-102. Susceptibilidad por pendientes 384
Figura 5-103. Mapa de susceptibilidad por pendientes 384
Figura 5-104. Susceptibilidad por morfodinámica 386
Figura 5-105. Mapa de susceptibilidad por morfodinámica 387
Figura 5-106. Susceptibilidad general del terreno 389
Figura 5-107. Mapa de Susceptibilidad General del Terreno 390
Figura 5-108. Factor detonante por precipitación 392
Figura 5-109. Factor detonante por sismicidad 394
Figura 5-110. Mapa de factor detonante por sismicidad 394
Figura 5-111. Distribución de la zonificación geotécnica 397
Figura 5-112. Mapa zonificación geotecnica 398
Figura 5-108 Mapa de factor detonante por sismicidad 406

Figura 5-109. Porcentaje de amenaza por licuación en la zona de interes 412
Figura 5-110. Amenaza por licuación 413
Figura 5-111. Mapa de Amenaza geotécnica 414
Figura 5-112. Mapa de categorización de la Precipitación como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto 417
Figura 5-113. Mapa de categorización de la Densidad de Drenajes (Dd) como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto 420
Figura 5-114. Mapa de categorización de tiempo de concentración como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto 423
Figura 5-115. Amenaza por avenidas torrenciales 426
Figura 5-116. Proporción de área amenaza torrencialidad 427
Figura 5-117. Sistema de Transferencia 428
Figura 5-118 Amenaza por inundación 431
Figura 5-119. Amenaza por inundación en el área de influencia del proyecto 432
Figura 5-120. Mapa de Amenaza volcánica por Volcán Nevado del Ruiz 433
Figura 5-121. Amenaza volcánica Volcán Nevado del Tolima 434
Figura 5-122. Amenaza volcánica Volcán Nevado Santa Isabel 434
Figura 5-123. Localización de las estaciones IDEAM con información histórica de variables climatológicas 437
Figura 5-124. Temperatura Media, Máxima y Mínima mensual multianual 439
Figura 5-125. Temperatura media mensual multianual 440
Figura 5-126. Isotermas en el área de estudio 441
Figura 5-127. Presión Atmosférica 443
Figura 5-128. Precipitación total mensual multianual (mm) 445
Figura 5-129. Isoyetas en el área de estudio 446
Figura 5-130. Humedad relativa mensual multianual 447
Figura 5-131. Humedad relativa media, máxima y mínima mensual multianual 448
Figura 5-132. Velocidad del viento media mensual multianual 449
Figura 5-133. Rosa del viento estación Aeropuerto Olaya Herrera 450
Figura 5-134. Brillo Solar medio mensual multianual 451
Figura 5-135. Nubosidad media mensual multianual 452
Figura 5-136. Valores medios de evaporación mensual multianual (mm) 454
Figura 5-137. Zonificación climática en el área de influencia del proyecto 455
Figura 5-138. Puntos de muestreo de calidad de aire UF2.1 465
Figura 5-139. Valores diarios de PST Estación 1, en función de la precipitación. 467
Figura 5-140. Valores diarios de PST Estación 2, en función de la precipitación. 467
Figura 5-141. Valores diarios de PST Estación 3, en función de la precipitación. 468
Figura 5-142. Valores medios de PST en estaciones 1, 2, y 3 469
Figura 5-143. Valores diarios de NO2 Estación 1 470
Figura 5-144. Valores diarios de NO2 Estación 2 471
Figura 5-145. Valores diarios de NO2 Estación 3 471
Figura 5-146. Valores diarios de SO2 Estación 1 471
Figura 5-147. Valores diarios de SO2 Estación 2 472
Figura 5-148. Valores diarios de SO2 Estación 3 472

Figura 5-149. Valores Medios NO2 estaciones 1, 2 y 3. 473
Figura 5-150. Valores Medios SO2 estaciones 1, 2 y 3 473
Figura 5-151. Localización cartográfica de los puntos de medición de ruido ambiental UF 2.1 484
Figura 5-152. Resultados para horario diurno hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido, Zona Con Otros Usos Relacionados Como Vías Principales 488
Figura 5-153. Resultados para horario nocturno hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales 489
Figura 5-154. Resultados para horario diurno No hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales 490
Figura 5-155. Resultados para horario nocturno no hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales 490

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

PÁG.

Fotografía 5-43 Unidad CA-Conservación 100
Fotografía 5-44 Vista Aérea de Complejo Recreacional. San Jerónimo 111
Fotografía 5-45 Ecoparque El Gaitero 111
Fotografía 5-46 Suelos típicos de la Asociación B1 121
Fotografía 5-47 Suelos típicos de la asociación B3 123
Fotografía 5-48. Margen izquierda del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia 173
Fotografía 5-49. Panorámica del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia 173
Fotografía 5-50. Panorámica del río Aurrá a la altura del municipio de Sopetrán 174
Fotografía 5-51. Panorámica de la Quebrada La Seca o Clara a la altura del municipio de Sopetrán 175
Fotografía 5-52. Presencia de ganado en las fincas a lo largo de la vía entre San Jeronimo y Santa Fe de Antioquia 265
Fotografía 5-53. Tubería para conducción de agua, vereda La Puerta, municipio de Sopetrán 266
Fotografía 5-54. Tubería para conducción de agua, sector vereda Loma Hermosa, municipio de Sopetrán 266
Fotografía 5-55. Pozo profundo en la parcelación Tierra Mitica, vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán 266
Fotografía 5-56. Acueducto veredal San Nicolás 267
Fotografía 5-57. Condominio a la altura de la vereda Guaymaral del municipio de Sopetrán en la cual se evidencia la presencia de piscinas en cada unidad 267
Fotografía 5-58. Tanques de almacenamiento de agua en finca de recreo, vereda La Puerta, Sopetrán 268
Fotografía 5-59. Zona recreativa en el Rio Cauca 268
Fotografía 5-60 Piscícola del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid 269
Fotografía 5-61. Extracción de Material 269
Fotografía 5-62. Lago para criadero de babillas, vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán 269
Fotografía 5-63. Pesca por parte de los habitantes – Rio Cauca 270
Fotografía 5-64. Manantial 339
Fotografía 5-65. Aljibe 339

Fotografía 5-66. Cabecera urbana del Municipio de San Jerónimo 457
Fotografía 5-67. Asentamiento existente sobre la vía a la altura de la vereda La Puerta, Sopetrán 457
Fotografía 5-68. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán 458
Fotografía 5-69. Acceso a urbanización en vereda La Puerta, municipio de Sopetrán 458
Fotografía 5-70. Punto de control de vehículos, municipio de Sopetrán 459
Fotografía 5-71. Quema de residuos vereda El Rodeo, municipio de Sopetrán 459
Fotografía 5-72. Zona de actividades industriales y comerciales 460
Fotografía 5-73. Aserradero de la vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán 460
Fotografía 5-74. Tráfico vehicular sobre vía existente 461
Fotografía 5-75. Cabecera urbana del Municipio de San Jerónimo – Restaurantes sobre la vía 478
Fotografía 5-76. Fuentes Móviles en el Área 479
Fotografía 5-77 Zona de actividades industriales y comerciales 480

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

A continuación se presenta la caracterización de los componentes que conforman el medio abiótico para el área de influencia definida para el proyecto.

5.1 MEDIO ABIÓTICO

Dentro del medio abiótico se abordaran los componentes de geología, geomorfología, paisaje, suelos, hidrología, hidrogeología y atmósfera, entre otros aspectos.

5.1.1 Geología

5.1.1.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

La Geología estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre[1]. El análisis de las características litológicas y estructurales del terreno sobre el cual se proyecta desarrollar este proyecto, es necesario para prever problemas de estabilidad y erosión, que puedan afectar no solo el proyecto y su vida útil, sino también terrenos aledaños e infraestructura y población cercana.

Este documento cumple con los requerimientos de los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en resolución 751 de 2015, "Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos", y para ello se ha llevado la metodología que se explica a continuación.

En la caracterización del componente geología, se describen las condiciones físicas del entorno regional y local del área de influencia del proyecto, desde el punto de vista de su composición litológica, rasgos estructurales, identificación y descripción de zonas de amenazas naturales: sísmica, volcánica, por erosión y movimientos en masa. A continuación se presenta la metodología implementada en la caracterización geológica.

5.1.1.1.1 Recopilación, análisis y procesamiento de información secundaria

Consistió en la recopilación y análisis de la información geológica reportada en diferentes entidades, como INGEOMINAS hoy servicio Geológico Colombiano y otros estudios geológicos y geotécnicos realizados en el área del proyecto, los cuales se relacionan en la Tabla 5-1.

[1] TARBUCK, Edwards y LUTGENS, Frederic. Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología Física. Prentice Hall. Edición 8ª, España.

Tabla 5-1 Información geológica disponible

Documento	Autor	Fecha
Plancha 130, Santa Fe de Antioquia. Escala 1:100.000	INGEOMINAS	1983, versión digital 2009
Geología del departamento de Antioquia. Escala 1:400.000	INGEOMINAS	1999
Estudios y Diseños para el Puente sobre la Quebrada La Arenera – Conexión Vial Aburrá Río Cauca	O.F.B. y Compañía Ltda. Consultores	Agosto de 2012
Diseño de Muro en PR 40+000 Sector El Guaico, en la Vía Antigua de la Conexión Vial Aburrá - Río cauca	O.F.B. y Compañía Ltda. Consultores	Julio de 2012
Diseño de Estructura en PR 17+200 Sector Meloneras en Conexión Vial Aburrá - Río Cauca	O.F.B. y Compañía Ltda. Consultores	Julio de 2012
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 01. Deslizamiento Los Restrepo km 08+000 - PR 46A+300	INTEINSA	Marzo de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 02 Puente Quebrada La Negra y Depósito El Galpón.	INTEINSA	Marzo de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 03. Proceso Erosivo La Nuez km 16+900 (PR37A+000).	INTEINSA	Enero de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 04. Proceso Erosivo El 19. km 19+000.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 05. Procesos Erosivos El 20. km 20+00 (PR 34A+000 INVIAS).	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 06 Puente Saltos y Pisquines.	INTEINSA	Marzo de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo	INTEINSA	Mayo de 2013

Documento	Autor	Fecha
Mejía. Sitio Crítico 07 Puente Quebrada La Seca.		
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 08 Meloneras.	INTEINSA	Agosto de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 09. Puente en Arco Río Aurrá. PR 16+000 INVIAS.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 10 Proceso morfodinámico El Yolombo.	INTEINSA	Mayo de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 11. Proceso Morfodinámico Boquerón Sector La Legumbrera (PR 60+000 INVÍAS)	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 12. La Truchera. PR 46+000 INVIAS	INTEINSA	Agosto de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 14. Quebrada La Guamala PR 40+200 INVIAS	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 15 Puente Quebrada La Grande.	INTEINSA	Marzo de 2014
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 16 Depósito La San Francisca	INTEINSA	Marzo de 2014
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial	INTEINSA	Octubre de 2013

Documento	Autor	Fecha
Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 18 Depósito El Hormiguero.		
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 19. Zona Box Culvert Quebrada La García.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 22. La Causala. PR 48+000 INVIAS.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 23. La Londoño. PR 39+300 del INVIAS.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 29 Depósito Palma 3.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 30. Diseño hidráulico Depósitos La Palma.	INTEINSA	Agosto de 2013
Consultoría para la realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería necesarios para las Obras de Mitigación y Estabilización de Puntos Críticos en la Conexión Vial Guillermo Gaviria Correa y la Antigua Vía al Mar Gonzalo Mejía. Sitio Crítico 31 Descargas Depósitos La Palma.	INTEINSA	Octubre de 2013
Consultoría para la Realización de los Estudios Geotécnicos y Diseños de Ingeniería requeridos para la Construcción de un Viaducto en el Sector conocido como Urquita Ubicado en la Antigua vía al mar. Volumen III. Geología para ingeniería. Informe v5	O.F.B. y Compañía Ltda. Consultores	Junio de 2015
Conexión vial Guillermo Gaviria Correa. Depósitos el hormiguero y casino - Topco	SOLINGRAL	
Interventoría y Apoyo Gerencial de la Construcción y Pavimentación de la Carretera Medellín - Santa Fé de Antioquia. Anexo geológico-geotécnico del túnel de occidente	INTEGRAL S.A.	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Finalmente, se tomó una fuente bibliográfica fundamental en este proyecto, que corresponde a los estudios de diseño actualizados de la vía:

"Consorcio Mar 1 – DEVIMAR. Estudios y Diseños Definitivos Fase III de la Unidad Funcional 3 (Túnel de Occidente), Contrato 014 de 2015, suscrito entre la ANI y la Concesionaria Desarrollo Vial al Mar S.A.S. Volumen III. Geología para Ingeniería, versión 01. Mayo de 2016".

5.1.1.1.2 Generación de cartografía temática

Se trabajó con base en la plancha geológica 130 de INGEOMINAS, escala 1:100.000, con una cobertura del 100% del área de estudio y se acogieron los símbolos cartográficos de este mapa; también comprendió la captura de rasgos estructurales y convenciones.

Una segunda etapa en la elaboración de la cartografía geológica y estructural, consistió en la fotointerpretación geológica del área de influencia del proyecto, la cual permitió mejorar los contactos litológicos y lineamientos estructurales, a una escala promedio 1:25.000. Para esta labor se trabajó con la siguiente información:

- Ortofotomapa, 2015
- Fotografías aéreas obtenidas del Convenio Gobernación de Antioquia – EPM – ISAGEN – IGAC, 2010 - 2011, escala aproximada 1:10.000 – 1:15.000.

Tabla 5-2 Fotografías aéreas interpretadas

Vuelo	Faja	Fotos	Fecha	Nº fotos
13003015032010	18	1845-1852	05/03/2010	8
13003015032010	19	1744-1748	05/03/2010	5
13003015032010	17	1858-1861	15/03/2010	4
13003007022010	16	737-740	07/02/2010	4
13003007022010	15	719-723	07/02/2010	5
13003007022010	14	625-630	07/02/2010	6
13003007022010	13	601-605	07/02/2010	5
13003007022010	12	513-517	07/02/2010	5
Total fotos				42

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.1.3 Trabajo de campo

El trabajo de campo también comprendió un recorrido detallado del área de influencia puntual del proyecto, para complementar la caracterización litológica y condiciones de estabilidad geotécnica del terreno.

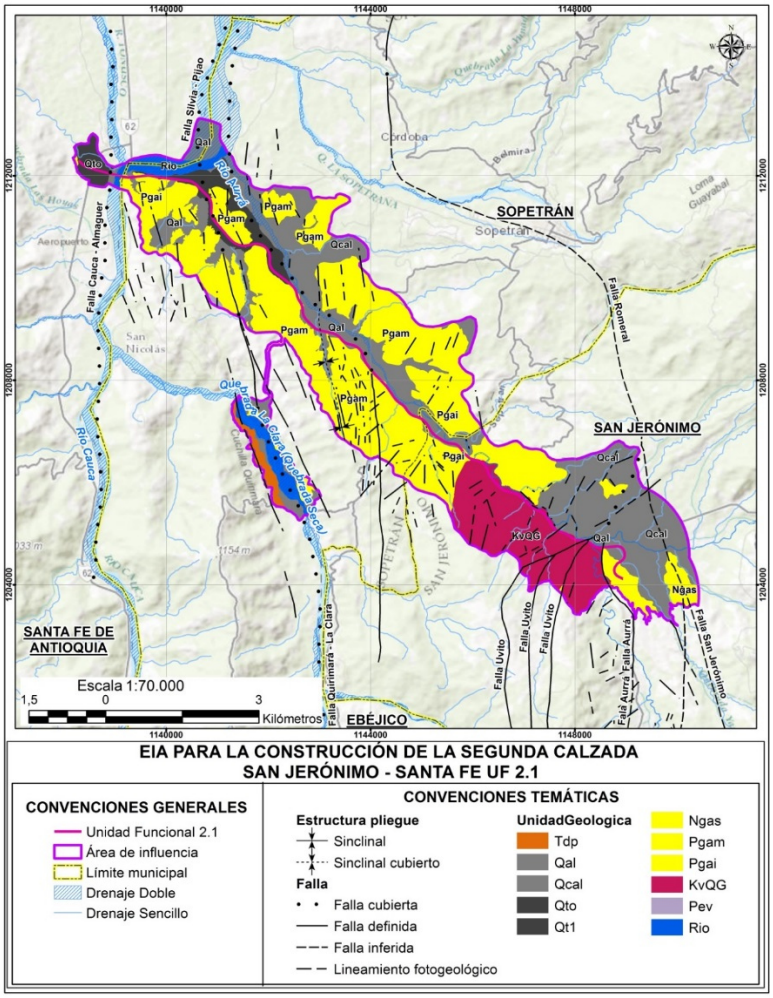
5.1.1.2 Caracterización geológica regional

Se describen aspectos litológicos, grados meteorización, caracterización de depósitos cuaternarios, condiciones de estabilidad del terreno, presencia de discontinuidades estructurales en macizos rocosos, tanto a nivel regional como de detalle.

5.1.1.2.1 Unidades Litológicas

Las unidades litológicas que afloran en el área de influencia se describen a continuación desde la más antigua a la más reciente, de acuerdo con la leyenda del Mapa Geológico (ver Figura 5-1 y Tabla 5-3), con el fin de tener una relación estratigráfica y cronológica de su génesis.

Figura 5-1. Geología Unidad Funcional 2.1



Fuente: INGEOMINAS (1983), modificacado por Consultoría Colombiana S.A., 2017

Tabla 5-3 Unidades litológicas

EDAD				SÍMB.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Área	
EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA				ha	%
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO		Qal	Depósitos Aluviales	Se encuentran en los valles de todos los ríos y algunas quebradas que por su morfología permiten acumulación de estos sedimentos. Predominan gravas gruesas con intercalaciones ocasionales de grava guijosa.	561,21	16,4
				Qcal	Depósitos coluvio aluviales	Depósitos producto de desprendimientos del terreno asociados a la influencia de drenajes ubicados en fuertes pendientes, en un relieve de montañas. Materiales sueltos de composición variable, de acuerdo al material parental; en el piedemonte se identifican como abanicos aluviales resultantes de flujos provenientes de las partes altas de la Cordillera.	555,47	16,2
				Qt0 Qt1	Terrazas aluviales	Niveles de terrazas aluviales del río Cauca y río Aurrá. Materiales sueltos a medianamente sueltos, de composición variable desde gravas a arenas medias y finas.	156,75	4,6
		NEÓGENO	Plioceno					
			Mioceno	Ngas	Formación Amagá[2]	Ngas. Miembro superior. Areniscas bien cementadas, color crema arcillas pizarrosas gris verdosas y ocres. Localmente bancos delgados de conglomerados y carbón. Oligoceno tardía – Mioceno Temprano.	120,09	3,5
				Pgam		Pgam. Miembro Medio. Arcillas pizarrosas grises, areniscas claras y grises, localmente conglomeráticas, mantos de carbón hasta 2m de espesor. Oligoceno medio.	794,54	23,2
		PALEÓGENO	Olig.	Pgai		Pgai. Miembro Inferior. Conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas crema y grises, arcillolitas arenosas, arcillolitas pizarrosas grises y gris verdosas.	672,88	19,6
	MESOZOICO	CRETÁCEO	Sup.					
			Inferior	KvQg	Complejo Quebradagrande Miembro volcánico	Capas delgadas estratificadas formando bancos mayores de 2 metros de liditas, lodolitas, grauvacas, intercaladas ocasionalmente por bancos de tobas silicificadas y conglomerados finos, localmente es bastante rica en materia orgánica.	414,30	12,1
		JURÁSICO						
		TRIÁSICO		Tdp	Diorita de Pueblito	Gabros y dioritas hornbléndicas, localmente piroxénicos[3].	36,15	1,1

[2] INGEOMINAS. Geología de la Plancha 130 Santa fe de Antioquia. Escala 1:100.000. 1983.
[3] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Mapa Geológico Plancha 130 Santa fé de Antioquia. INGEOMINAS, 2005.

EDAD				SÍMB.	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	Área	
EÓN	ERA	PERIODO	ÉPOCA				ha	%
	PALEOZOICO			**Pev**	Grupo Ayurá Montebello	Pev. Esquistos verdes compuestos por alicita, epidota, clorita y actinolita. Metamorfismo regional de grado bajo a medio[4]	4,26	0,1
Cuerpos de agua							109,64	3,2
TOTAL AII							**3.425,29**	**100**

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

[4] INGEOMINAS. Geología de la Plancha 130. Santa Fe de Antioquia. Escala 1:100.000. 1983 (versión digital 2009).

Las siguientes descripciones son tomadas principalmente de las memorias de la plancha 130 del Servicio Geológico colombiano relacionadas en la Tabla 5-1.

5.1.1.2.1.1 Unidades del Paleozoico. Grupo Ayurá Montebello

La Cordillera Central está constituida por un conjunto de rocas poli metamórficas con dataciones desde Precámbricas a Mesozoicas (Willward y Verdugo, 1981). El Grupo Ayurá Montebello está constituido por anfibolitas, neises, cuarcitas y esquistos de composición diversa.

El Grupo Ayurá Montebello ha sido también denominado Complejo Arquía[5], en el cual se han definido Anfibolitas de Sucre (PRas), Esquistos Verdes (PZav) y Esquistos Negros (PZan). En este informe se ha acogido la terminología y cartografía establecida por INGEOMINAS en el Mapa Geológico de la Plancha 146 Medellín Occidental, escala 1:100.000 (1983).

En el área de estudio solamente aflora un pequeño cuerpo de Esquistos verdes al NW y no tienen mayor afectación con el proyecto vial.

5.1.1.2.1.2 Unidades del Mesozoico

5.1.1.2.1.2.1 Periodo Triásico. Diorita de Pueblito (Tdp)[6]

Descrita por Grosse (1926) como “Diorita Anfibólica” y González (1976) introduce el término de Diorita de Pueblito para describir la prolongación de este cuerpo hacia el sur. Es un cuerpo alargado en dirección general N10°W, con una extensión de 47 km, pasando sobre la margen izquierda de la quebrada Seca, cerca del confluencia de esta con el río Cauca.

Consiste principalmente de dioritas (75%) y en menor proporción gabros hornbléndicos. La roca presenta generalmente estructura maciza, con colores gris verdosos (5GY4/1- 6/1), el grano generalmente es fino, localmente medio. La unidad hacia los flancos pasa gradualmente a gabros hornbléndicos foliados de grano medio a grueso de la unidad Gabros de Romeral; en esta unidad es mayor el contenido de minerales máficos, los cristales son de mayor tamaño y la foliación alcanza un mejor desarrollo.

Según González & Londoño (2002b), las rocas dioríticas forman más del 90% del cuerpo intrusivo, donde los componentes principales son plagioclasa, hornblenda, piroxenos y en

[5] GEOESTUDIOS - INGEOMINAS. Complementación Geológica, Geoquimica y Geofisica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellin Occidental. Escala: 1:100.000.
[6] GEOESTUDIOS - INGEOMINAS. Complementación Geológica, Geoquimica y Geofisica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellin Occidental. Escala: 1:100.000.

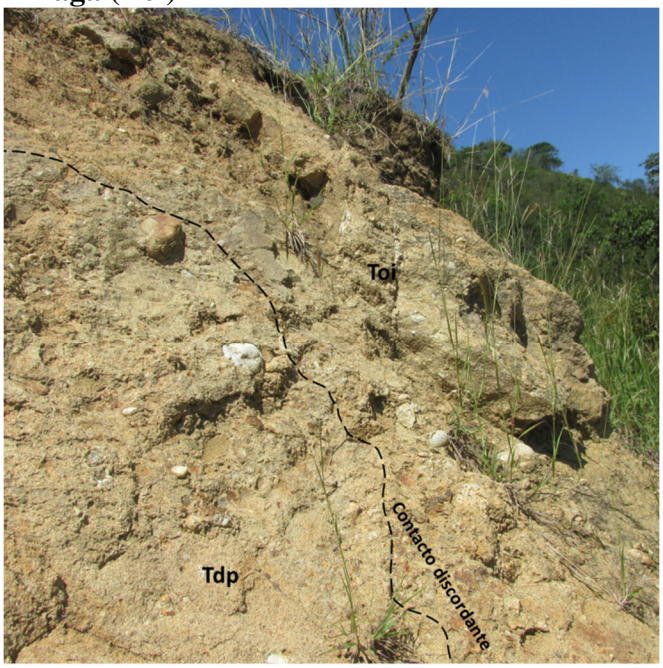
menor proporción cuarzo y biotita, ver Fotografía 5-1. Las relaciones de contacto con las rocas adyacentes son complejas, el límite con el Complejo Arquía se considera intrusivo; cerca del contacto es común encontrar diques de diorita atravesando esquistos. De otro lado, la Diorita de Pueblito presenta contactos graduales con cuerpos de gabros que están ubicados hacia los flancos del cuerpo. La Formación Amagá, al oriente de la quebrada La Clara, reposa discordantemente sobre la Diorita de Pueblito, Fotografía 5-2. En la mitad sur del área, los contactos son generalmente fallados.

Fotografía 5-1 Muestra de mano de Dioritas en margen izquierda de Quebrada Seca



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

Fotografía 5-2 Contacto discordante entre Diorita de Pueblito (Tdp) y Formación Amagá (Toi)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

Las edades isotópicas reportadas para este cuerpo fluctúan entre 102 Ma a 580 Ma (González & Londoño, 2002b). Recientemente, Vinasco (2001) presenta resultados de dataciones Ar-Ar en muestras de la Diorita colectadas cerca de Amagá indican edades de 230 Ma a 238 Ma y que son interpretadas como las edades de cristalización de este plutón.

5.1.1.2.1.2.2 Periodo Cretácico. Complejo Quebradagrande (KvQG)

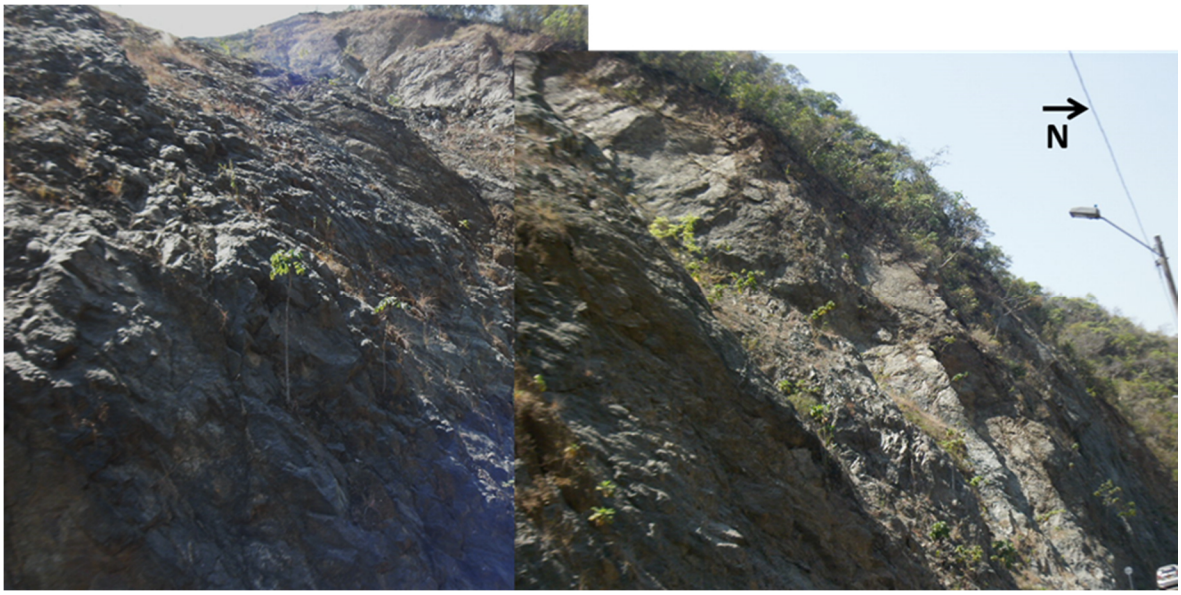
El Complejo Quebradagrande fue descrito y nombrado inicialmente por Botero (1963) como Formación Quebradagrande. Esta unidad está conformada por un miembro volcánico y un miembro volcano sedimentario que se encuentran entre mezclados, e impiden una separación definida entre las dos unidades. En el I Simposio de Geología Regional del INGEOMINAS se propuso el nombre de Complejo Quebradagrande como reemplazo a la Formación Quebradagrande (Álvarez, 1995, Maya y González, 1995), debido a las variaciones litoestratigráficas del miembro sedimentario y del miembro volcánico[7]. El Miembro Volcanosedimentario no aflora en el área de influencia.

El Miembro Volcánico (KvQG) es de composición toleítica y está conformado por espilitas, diabasas y basaltos, y en menor proporción andesitas, brechas y tobas, ver

[7] Consorcio Microzonificación 2006 – Área Metropolitana. Microzonificación Sísmica Detallada de los Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado. Medellín, 2007

afloramiento en Fotografía 5-3. En general son rocas máficas con coloraciones verde oscura producida por la intensa alteración de los minerales máficos que las constituyen. En cercanías a las zonas de fallas se encuentran estructuras esquistosas por efectos dinámicos y donde se dificulta la separación con la unidad de esquistos verdes[8].

Fotografía 5-3 Afloramiento de basaltos del Complejo Quebradagrande en alrededores de K4+000



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

5.1.1.2.1.3 Unidades del Cenozoico. Periodos Paleógeno – Neógeno: Formación Amagá (Pgai, Pgam, Ngas)

Rocas Sedimentarias continentales de origen fluvio lacustre, compuestas por conglomerados, areniscas, arcillolitas y mantos de carbón. Aflora en K0+000 – K0+450, K4+308 – K4+734, K6+400 – K6+872, K7+553 – K7+635, K9+065 – K9+585, K10+881 – K10+956, K13+585 – K13+793; entre K10+995 – K12+150 la vía cruza sedimentos de la Formación Amagá y depósitos aluviales. La Formación Amagá está divida en tres miembros.

5.1.1.2.1.3.1 Miembro inferior (Pgai)

El Miembro Inferior es un conglomerado basal polimíctico de cantos gruesos y fábrica

[8] Consorcio Microzonificación 2006 – Área Metropolitana. Microzonificación Sísmica Detallada de los Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado. Medellín, 2007

clasto soportada que se interdigita con litoarenitas, arenitas arcillosas y arenitas conglomeráticas en una sucesión con tendencia grano decreciente; en menor proporción se interponen arcillolitas y lodolitas a veces carbonosas de color negro a rojizo. Los clastos de los conglomerados son predominantemente de esquistos verdes, esquistos negros, cuarzo y cuarcitas. Las areniscas son líticas a subarcósicas, por lo general con matriz arcillosa llegando a ser hasta grauvacas[9]. Frecuentemente conglomeráticas, grano decrecientes hacia el techo y constituyen cuerpos lenticulares, de elevada persistencia lateral y base erosiva, es frecuente la estratificación cruzada; hacia el techo se hace mención de la existencia de delgadas capas de carbón de 0,1 – 0,5 m de espesor. Los contactos con las demás unidades son tajantes a transicicionales (tomado de Ingeominas, 1.984). Grosse (1.926), le asigna un espesor de 220 m[10]. Ver afloramiento de esta unidad litológica en Fotografía 5-4.

Fotografía 5-4 Afloramiento de conglomerados interestratificados con areniscas conglomeráticas, de la Formación Amagá (Pgai); acceso a quebrada Seca



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

[9] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005

[10] CONSORCIO MAR 1 – DEVIMAR. Estudios y Diseños Definitivos Fase III de la Unidad Funcional 3, Contrato 014 de 2015 Suscrito entre la ANI y la Concesionaria Desarrollo Vial al Mar S.A.S.

5.1.1.2.1.3.2 Miembro Medio (Pgam)

Se caracteriza por la presencia de mantos de carbón intercalados, en una secuencia predominantemente formada por areniscas y lutitas hojosas negruzcas a grises, con ausencia de conglomerados, ver Fotografía 5-5. Los bancos de arenisca son similares a los descritos para el Miembro inferior, con un tamaño de grano desde grueso a fino, cemento silíceo y una matriz arcillosa. Los estratos lutíticos se presentan estratificados en bancos de espesor fino a medio, con estratificaciones claras y persistentes. Su color varía desde tonos negruzcos o grises a verdosos. Pueden aparecer concreciones de siderita y bancos con estructura nodular. Son frecuentes los restos fósiles vegetales. El signo distintivo de este miembro es la presencia de estratos de carbón; existen mantos de carbón que llegan a tener espesores hasta de 4 m. Algunos sectores de la formación fueron intruídos por masas ígneas porfídicas. El espesor de este miembro puede llegar a los 200m. (tomado de ECOCARBON, 1995).

Fotografía 5-5 Afloramiento de intercalaciones de estratos gruesos de areniscas y arcillolitas de la Formación Amagá (Pgam); acceso a quebrada Seca



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

5.1.1.2.1.3.3 Miembro Superior (Ngas)

Conformado principalmente por areniscas arcósicas y líticas, localmente con cemento calcáreo, color amarillo claro y blanco, con interposiciones delgadas de carbón y arcillolitas

de color rojo y gris con lentes, capas lenticulares y nódulos sideríticos y ferruginosos[11].

Conforma una secuencia monótona y alternante de areniscas y lutitas pizarrosas negras a grises y se caracteriza por la ausencia de mantos potentes de carbón y carencia de conglomerados. Son características la presencia de concreciones calcáreas. El espesor total de este miembro es mayor de 1.000 m (Grosse, 1.926). Las capas de areniscas son de color gris, grano medio a fino, pueden incluir fragmentos de cuarzo y líticos (incluso pequeños fragmentos de carbón) y matriz arcillosa con algo de cemento silíceo, o ferruginoso en algún caso. Las lutitas son hojosas o pizarrosas con coloraciones desde negras o grises en la base, a ocres hacia techo. Fuera de la zona de estudio, está cubierto discordantemente por la Formación Combia y localmente está intruída por cuerpos de pórfidos andesíticos que producen débiles efectos de contacto en las lutitas y areniscas. El contacto con el miembro medio es normal y está marcado por capas de areniscas grises localmente conglomeráticas (Ingeominas 1.980)[12].

Van Der Hammen (1958) asignó el rango de edad para esta formación desde el Oligoceno tardío para el Miembro Inferior hasta Mioceno temprano para el Miembro Superior[13].

5.1.1.2.1.4 Periodo Cuaternario. Depósitos Aluviales (Qal)

Los depósitos aluviales se encuentran en los valles de ríos y quebradas que por su morfología permiten la acumulación de estos sedimentos, donde las pendientes de las corrientes disminuyen y contribuyen a la formación y preservación de amplias llanuras aluviales.

5.1.1.2.1.5 Depósitos coluvio aluviales (Qcal)

Corresponden principalmente a abanicos aluviales y abanicos terraza, que hacen parte del piedemonte de la vertiente occidental de la Cordillera Central. Estos depósitos se cruzan en K1+969 – K2+088.

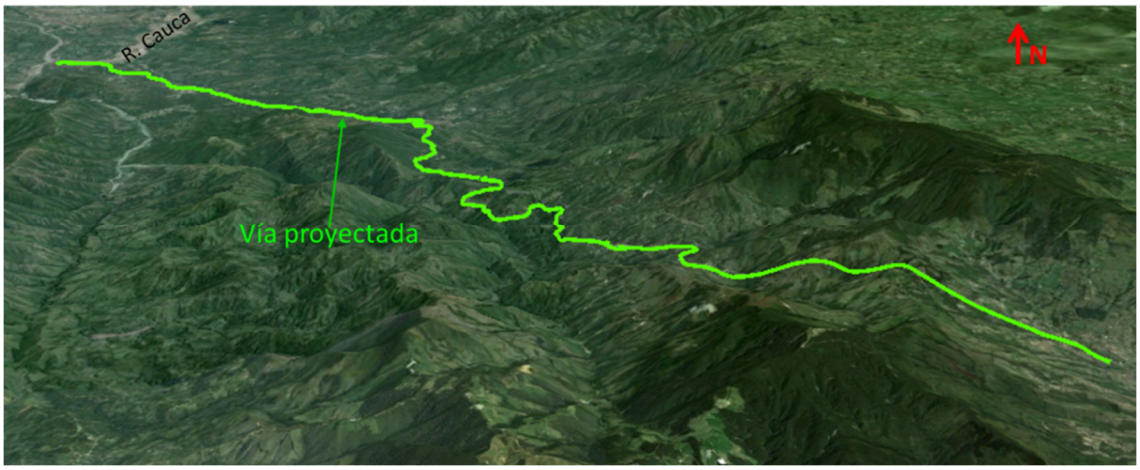
5.1.1.2.2 Geología estructural

El área de estudio se localiza en el departamento de Antioquia al noroccidente del país, en la cordillera Central, en donde se encuentran desde rocas sedimentarias hasta ígneas y metamórficas de edades desde el Paleozoico hasta el Neógeno. La cordillera Central colombiana comprendida entre el cañón del río Cauca y el valle del río Magdalena,

[11] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005.
[12] CONSORCIO MAR 1 – DEVIMAR. Estudios y Diseños Definitivos Fase III de la Unidad Funcional 3, Contrato 014 de 2015 Suscrito entre la ANI y la Concesionaria Desarrollo Vial al Mar S.A.S.
[13] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005.

presenta características morfológicas y litológicas variadas. El área de estudio se ubica entre la margen derecha del río Cauca y el costado noroccidental del Valle de Aburrá, en la vertiente occidental y piedemonte de la Cordillera Central (Figura 5-2).

Figura 5-2 Vertiente occidental de Cordillera Central, en el área de influencia del proyecto vial



Fuente: Google Earth, Imagen Landsat, 2016

Colombia es un país de alta actividad sísmica generada por un complejo marco geodinámico de convergencia de las placas: Nazca, Caribe y Sur América, y dos micro placas: Panamá y el Bloque Andino. Este ambiente tectónico complejo genera una estructura cortical con un complejo sistema de fallas regionales. Estas estructuras, en el departamento de Antioquia, están enmarcadas dentro de dos grandes sistemas de fallas aproximadamente paralelas entre sí, donde el primer sistema lo conforman la zona de fallas Palestina y el segundo sistema corresponde a Cauca-Romeral (Ingeominas, 2001)[14].

"La Cordillera Central se caracteriza por ser una cadena que ha sufrido intensos plegamientos, fallamientos e intrusiones batolíticas de gran magnitud, que han oscurecido las relaciones estratigráficas y estructurales originales entre las diferentes unidades litológicas que la constituyen"[15]. El área de estudio ubicado en la Cordillera Central, en el departamento de Antioquia, tiene influencia directa del sistema de fallas Cauca – Romeral, con dirección NE – SW; en particular, en el área de estudio su dirección regional es N-S.

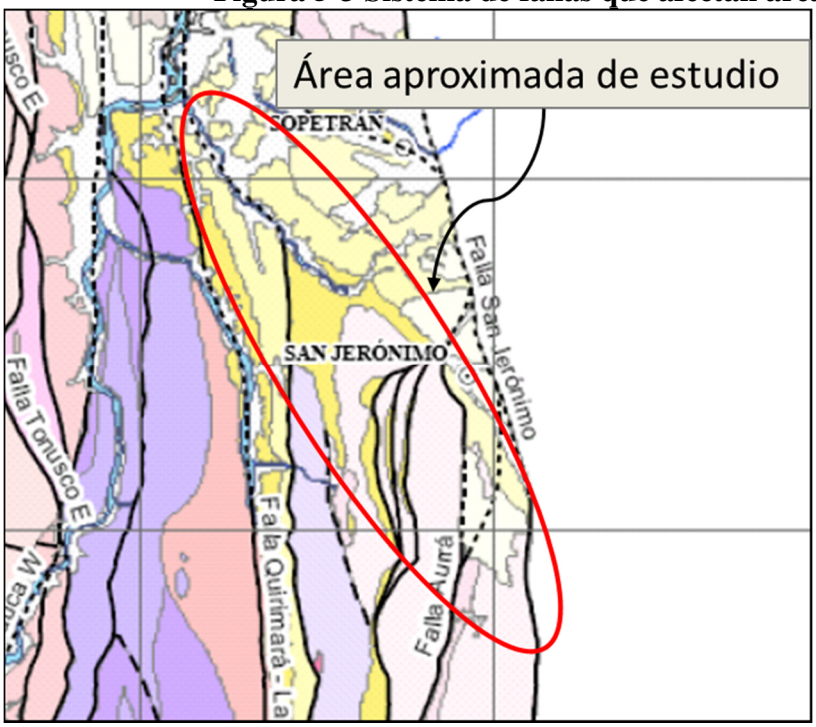
El sistema de fallas Cauca-Romeral, se extiende a través de Colombia por más de 800 km, de norte a sur, con prolongación hacia Ecuador. Su traza más oriental es la Falla San Jerónimo y la más occidental la Falla Cauca, con una complejidad de estructuras graben, horts, sinclinales y anticlinales, entre ambas. Asociado a este sistema de fallas se han

[14] Consorcio Microzonificación 2006 – Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Microzonificación Sísmica Detallada de los Municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado.
[15] INGEOMINAS. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia. Memoria Explicativa. Bogotá, 2001.

identificado anomalías gravimétricas y magnéticas (Case et al., 1971), concentración de focos de actividad sísmica, alineamiento de deslizamientos, cárcavas y bifurcaciones de quebradas; pone en contacto unidades muy diversas en edad (Paleozoico hasta Terciario) y composición (intrusivas, efusivas, sedimentarias y metamórficas). La actividad Terciaria es este sistema de esfuerzos tensionantes y descompresivos, con origen de grabenes y sinclinales en el Oligoceno – Mioceno que generaron la Formación Amagá (González, 1976). La actividad cuaternaria originó gruesos depósitos aluviales, flujos de roca, escombros y terrazas escalonadas[16].

El área de estudio hace parte de un esquema estructural definido por tres grandes bloques tectónicos alargados N-S, limitados por fallas de carácter regional (Figura 5-3), y se ubica en el bloque más oriental que corresponde al Complejo Quebradagrande, cuyo límite al oriente es la Falla San Jerónimo, y al occidente la Falla Silvia-Pijao. Dentro de estos bloques se presentan fallas de gran extensión y que afectan el área de estudio como la falla Uvito.

Figura 5-3 Sistema de fallas que afectan área de estudio



Fuente: IINGEOMINAS – GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santafé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Figura 81.

Las siguientes son las fallas y características principales, que afectan a las diferentes unidades litológicas del área de estudio.

[16] MEJÍA N., Mario. Reseña Explicativa del Mapa Geológico Preliminar 146 Medellín.

5.1.1.2.2.1 Falla San Jerónimo

La Falla de San Jerónimo representa la traza más oriental del Sistema de Fallas de Romeral. Con base en estudios de gravedad (Case et al., 1971) y gradientes de velocidad sísmica (Meissner et al., 1976), afirman que la Falla Romeral marca el límite entre la corteza oceánica al occidente, conformada por las rocas de la Cordillera Occidental, y la corteza continental al oriente, constituida por las rocas intrusivas y metamórficas de la Cordillera Central. González (1977) denomina el sistema de Fallas Romeral al conjunto de estructuras anastomosadas, limitadas por las fallas Sabanalarga al occidente y San Jerónimo al oriente. Woodward Clyde Consultants-WCC (1979), considera que este sistema representa una zona de subducción cretácea, conformada por fallas anastomosadas de dirección predominante NNW. Finalmente, González y Maya (1995) definen la Falla San Jerónimo, como la estructura más oriental del sistema de Fallas Romeral y la cual debe corresponder al límite occidental del material de afinidad continental[17].

La traza principal de la zona de falla San Jerónimo es de tipo inverso, de dirección N-S a N20W, con un buzamiento de alto ángulo al E, y un gran componente sinestro lateral que separa las rocas metamórficas del Grupo Ayurá Montebello de las rocas que conforman el Complejo Quebradagrande[18].

Cruza el sur del área de influencia del proyecto, junto con la falla Sucia y otras fallas regionales de dirección N-S.

5.1.1.2.2.2 Falla Silvia – Pijao

Estructura regional definida por Maya & González (1995). En la depresión de Santa Fé de Antioquia la falla presenta un cambio de rumbo NW a NE, parcialmente cubierta cuando cruza por depósitos cuaternarios. Se infiere su continuidad hacia el norte del lado del río Cauca, hasta la quebrada Seca, en cercanías de la localidad de Sucre. Tiene comportamiento de carácter inverso y vergencia al oriente. Asociadas a la Falla Silvia-Pijao, se presentan fallas secundarias con trazos subparalelos, de forma anastomosada[19].

5.1.1.2.2.3 Falla de Uvito

Denominada por Grosse (1926) como “Sobrescurrimiento de Uvito”. Pasa al norte de la población de San Jerónimo, aproximadamente entre K1+400 – K1+800 del proyecto vial.

[17] Ordóñez Carmona, Oswaldo, y otros. Generalidades del Sistema de Fallas de Romeral en las cercanías a Medellín. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/266854403
[18] INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.
[19] INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

Este sistema de fallas es de carácter inverso, con vergencia al oriente y dirección N-S.

5.1.1.2.2.4 Falla Aurrá

Denominada por Grosse (1926) como "Sobrescurrimiento de Aurrá", está relacionada con las Fallas de Uvito. De carácter inverso y bajo ángulo de inclinación con vergencia al occidente, en su trazo más sur enmascara la Falla Romeral[20]. Afecta rocas del Complejo Quebradagrande. En su paso por el área de influencia y trazado de la vía, está identificada con dirección NE – SW a NS, y es cruzada por el proyecto vial entre K1+100 – K1+200, cartografiada como falla cubierta al pasar por depósitos aluviales y coluvio aluviales.

5.1.1.2.2.5 Falla Quirimará – La Clara

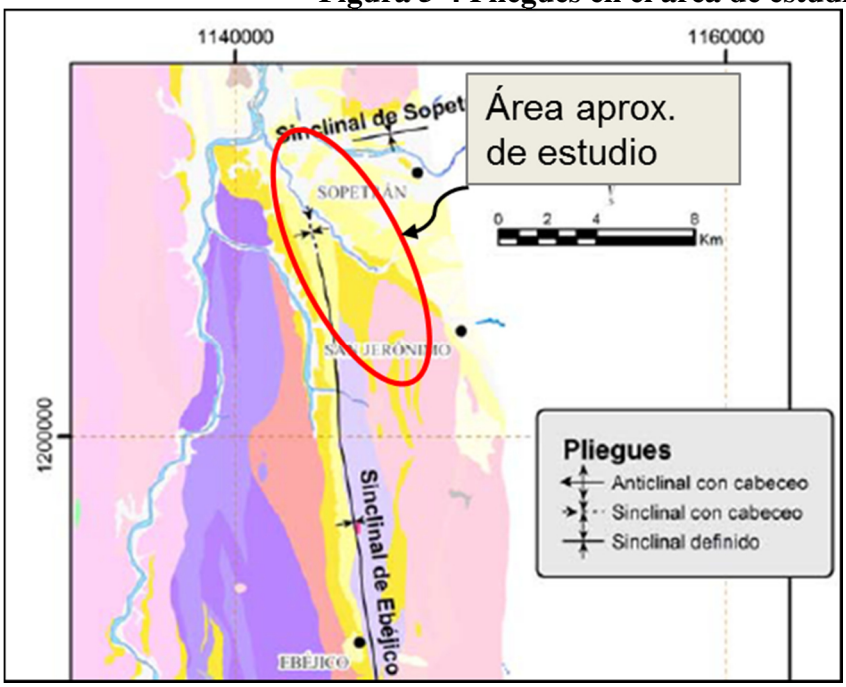
El trazo de la falla tiene una dirección N-S y se puede seguir al menos una distancia de 70 km hasta ser capturada por la Falla Silvia – Pijao; afecta rocas de la Formación Amagá. Su comportamiento es de carácter inverso con vergencia al oriente[21]. Tiene influencia en el área de estudio, entre K11+500 – K12+700, donde se define como falla cubierta hasta encontrarse con la Falla Silvia – Pijao y cruza por depósitos cuaternarios que la enmascaran.

5.1.1.2.2.6 Plegamientos

En cuanto a pliegues, en el área de estudio solamente se cruza por el denominado Sinclinal de Ebéjico, con eje de rumbo NS a N15°W. Se puede seguir por 24,5 km desde 6 km al S de Ebéjico hasta el río Aurrá. Se trata de una estructura simétrica apretada, con rocas de la Formación Amagá (miembro medio) en el núcleo de la estructura, delimitada por la Falla de Quirimará – La Clara al occidente, su eje tiene dirección N10ºW, con cabeceo al noroeste (Figura 5-4)[22].

[20] INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.
[21] INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.
[22] INGEOMINAS. Complementación geológica, geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Bogotá, 2005.

Figura 5-4 Pliegues en el área de estudio



Fuente: IINGEOMINAS – GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santafé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000. Figura 82.

5.1.1.3 Caracterización geológica Unidad Funcional 2.1

5.1.1.3.1 Diorita de Pueblito (Tdp)

Esta unidad litológica es observada localmente, sobre la margen izquierda de la quebrada Seca, que corresponde al límite occidental del área de influencia, en el área destinada como fuente de materiales.

En el costado occidental de la quebrada seca pudo identificarse este cuerpo ígneo en contacto con la Formación Amagá. La roca observada corresponde a una diorita completamente meteorizada (grado V), con una cobertura de sedimentos de la Formación Amagá, correspondientes a conglomerados completamente meteorizados y entremezclados con el cuerpo ígneo, Fotografía 5-6.

Fotografía 5-6 Zona de contacto fallado Diorita de Pueblito con Formación Amagá, ver entremezcla de clastos sedimentarios en la roca ígnea



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

La diorita en esta zona se encuentra en un grado de meteorización grado V, completamente meteorizada; se observa la textura original de la roca, de grano medio a fino, color pardo rojizo oscuro, con abundantes minerales de cuarzo, Fotografía 5-7. En esta zona de contacto se observa variación composicional a rocas máficas tipo gabro, de grano fino, con orientación de minerales oscuros (biotitas de diámetro <1mm). Este intrusivo presenta cambio textural a un gabro microcristalino, con orientación de minerales oscuros y pátina de cloritización, Fotografía 5-8.

Fotografía 5-7 Diorita de Pueblito completamente meteorizada (grado V)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

Fotografía 5-8 Variación composicional y textural de la diorita a gabros micro cristalinos, con orientación de minerales oscuros



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

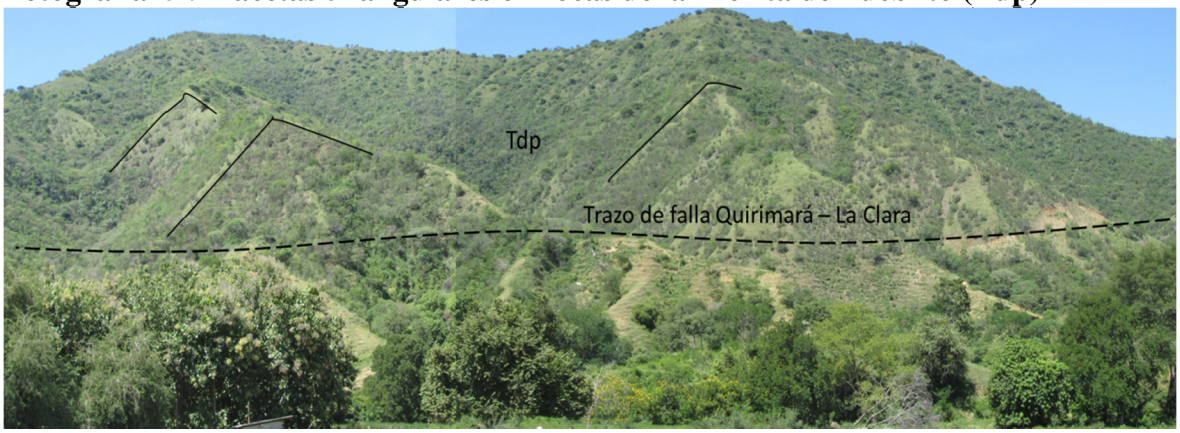
5.1.1.3.1.1 Aspectos estructurales

Esta unidad litológica presenta evidencias de fallamiento asociado a la Falla Quirimará – La Clara, de dirección dominante N-S, y en el área de estudio NNW y se une hacia el norte

a la Falla Silvia-Pijao; es de tipo inverso con vergencia al oriente[23].

En afloramientos de campo se identificaron evidencias de fallamiento, como estrías de falla y a nivel regional se observan facetas triangulares que marcan un cambio morfológico en el relieve, Fotografía 5-9.

Fotografía 5-9 Facetas triangulares en rocas de la Diorita de Pueblito (Tdp)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

Se identificaron dos sitemas de diaclasas en estas rocas:

- N50E/39NW, poco continua (<5m), distancia cada 5-10cm, cerrada (1-2cm) con relleno de arenas y fragmentos de roca.
- N45W/69NE, continuidad media (>5m), distancia cada 20cm, muy cerrada (0,5cm), sin relleno.
- N70E/40NW, poco continua (<5m), cada 20cm, moderadamente cerradas (2-3cm), con relleno de materia orgánica, textura limosa, blanda.

5.1.1.3.2 Complejo Quebradagrande (KvQG)

Esta unidad litológica aflora al sur del área de influencia, en contacto con rocas sedimentarias de la Formación Amagá y depósitos coluvio aluviales, en inmediaciones de la cabecera municipal de San Jerónimo; en el trazado de la vía se identificó en contacto con depósitos coluvio aluviales, en K1+223 – K2+090, K2+090 – K4+300. En la Fotografía 5-10 se observa afloramiento de basaltos color verde oscuro, ligeramente meteorizados pero con alto grado de fracturamiento.

[23] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental. INGEOMINAS. Escala: 1:100.000. Bogotá, octubre de 2005.

Fotografía 5-10 Afloramiento en Complejo Quebradagrande (KvQG), K3+800

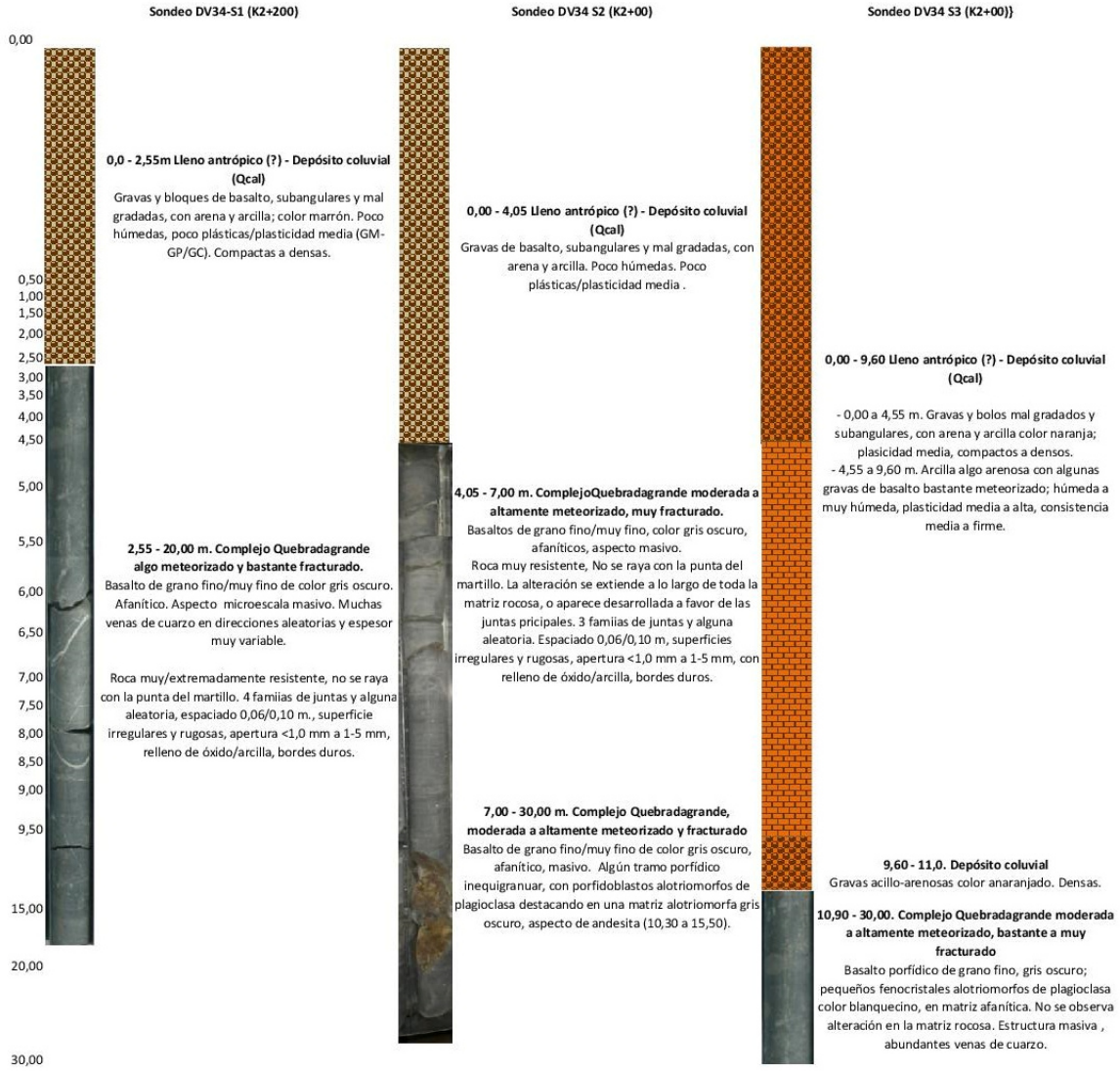


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

5.1.1.3.2.1 Perfil de meteorización

En la Figura 5-5 se presenta un perfil de suelos realizado sobre rocas basálticas del Complejo Quebradagrande; este corresponde a sondeos de exploración de suelos realizados para los estudios de Diseño de la empresa Devimar 1, entre K2+00 - K2+200 aproximadamente. La roca se presenta a profundidades enter 2,5 – 11,0 m, con meteorización desde débilmente meteorizado a altamente meteorizada, y muy resistente.

Figura 5-5 Sondeo de exploración de suelos en KvQG

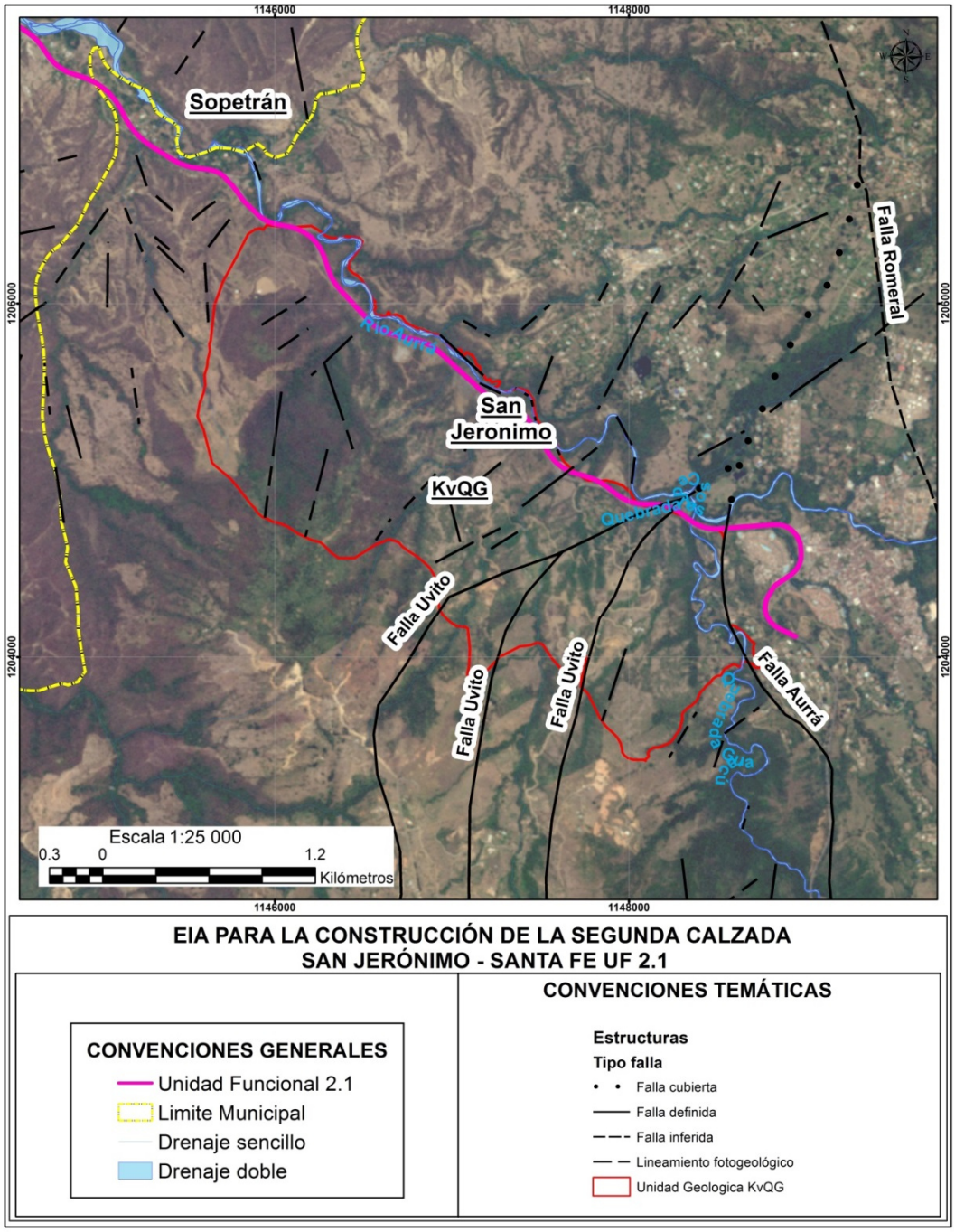


Fuente: EUROCONSULT, Ingenieros Consultores. Sondeos DV 34 S1, DV34 S2, DV34 S3

5.1.1.3.2.2 Aspectos estructurales

Sobre esta unidad litológica tiene influencia el sistema de fallas Uvito, con dirección NS y NE-SW hacia la cabecera municipal de San Jerónimo, cruzando entre K1+400 – K1+700. La falla Aurrá corresponde al límite oriental de esta unidad litológica, con dirección NS y cruza paralela a la vía hacia el sur del área de estudio, Figura 5-6.

Figura 5-6 Influencia estructural en rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande (KvQG)



Fuente: INGEOMINAS, Geología de la Plancha 146. Modificado por Consultoría Colombiana S.A., 2016

En K3+800, sobre afloramiento en la carretera se identificaron dos sistemas de diaclasas:

N5°E/42°NW (continuas (>10m), abiertas (5-10 cm, secas) y N55W/70N (continuas (>10m), extremadamente cerradas a muy cerradas (1-4mm), secas, sin relleno).

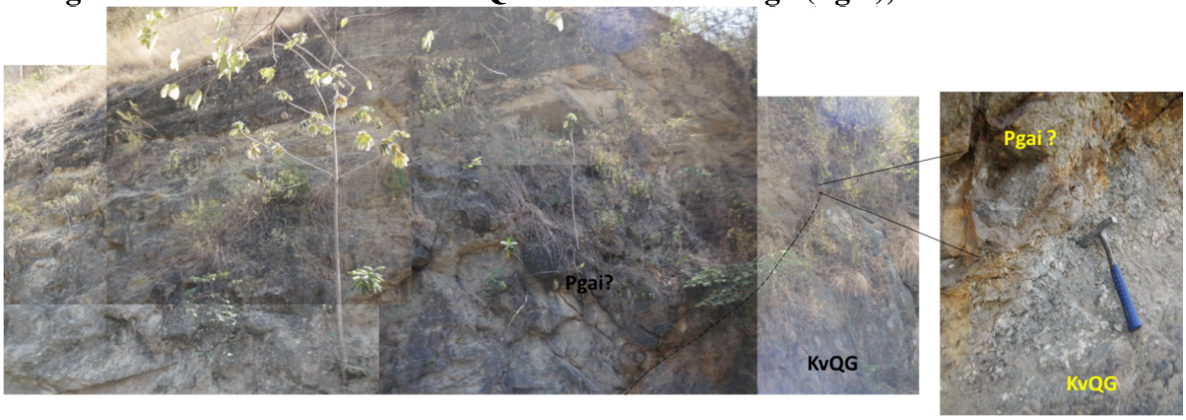
Fotografía 5-11 Afloramiento en Complejo Quebradagrande (KvQG), K3+800



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

En el K4+300 se observó contacto entre las rocas volcánicas y sedimentos de la Formación Amagá (Fotografía 5-12); afloran pórfidos color verde oscuro con cristales redondeados de cuarzo en contacto con sedimentos de la Formación Amagá; en el contacto se observa harina de roca y presenta una orientación N36°W/40°NE.

Fotografía 5-12 Contacto entre KvQG/Formación Amagá (Pgai), K4+300



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016

- Lineamientos fotogeológicos

Esta unidad litológica se encuentra afectada por el sistema de fallas Uvito, de dirección dominante NS, pero al acercarse a la cabecera municipal de San Jerónimo, presenta un cambio de dirección NE – SW; los lineamientos fotogeológicos identificados en este sector, son principalmente paralelos a la dirección NE – SW de la falla Uvito.

5.1.1.3.3 Formación Amagá (Ngas, Pgam, Pgai)

Esta unidad litológica tiene un gran cubrimiento en el área de influencia, donde se observan los tres miembros sedimentarios que la conforman: Ngas en (K0+000 – K0+451), Pgam (K7+553 – K7+635, K9+063 – K9+585, K10+881 – K10+955, K10+994 – K11+064, K11+155 – K11+267, K11+300 – K11+364, K11+391 – K11+425, K12+008 – K12+035, K12+048 – K12+079, K12+139 – K12+152), Pgai (K4+300 – K4+734, K6+400 – K6+873, K13+590 – K13+794, K13+942 – K14+059).

Aproximadamente 400m al sur del área de influencia, se observaron rocas sedimentarias de la Formación Amagá, que se caracterizan por conglomerados, con un 60% de matriz arenosa media, suelta, color café claro, clastos redondeados a subredondeados de cuarzo, liditas y fragmentos de roca, de diámetro promedio 1-4cm, leve orientación de clastos, Fotografía 5-13.

Fotografía 5-13 Afloramiento de rocas sedimentarias Formación Amagá (Ngas?), aproximadamente 400m al sur del área de influencia



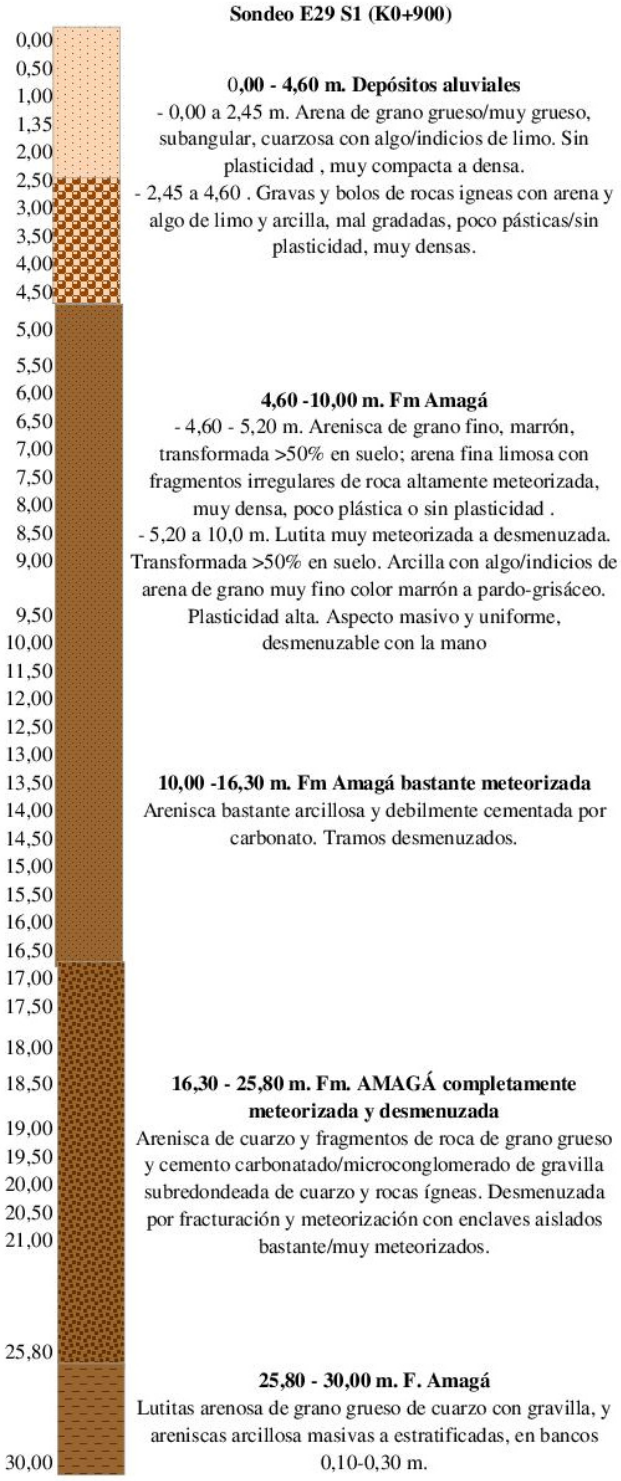
Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

5.1.1.3.3.1 Perfil de meteorización

En K0+900, se realizó sondeo de suelos para los Estudios y Diseños de la vía[24], donde se identifió un perfil de meteorización en rocas de la Formación Amagá (Ngas), ver Figura 5-7. Se caracteriza por predominio de areniscas de grano fino a areniscas limosas hasta cuarzosas, bastante a completamente meteorizadas, de aspecto masivo y uniforme, desmenuzable.

[24] EUROCONSULT, Ingenieros Consultores. Sondeos E29 S1.

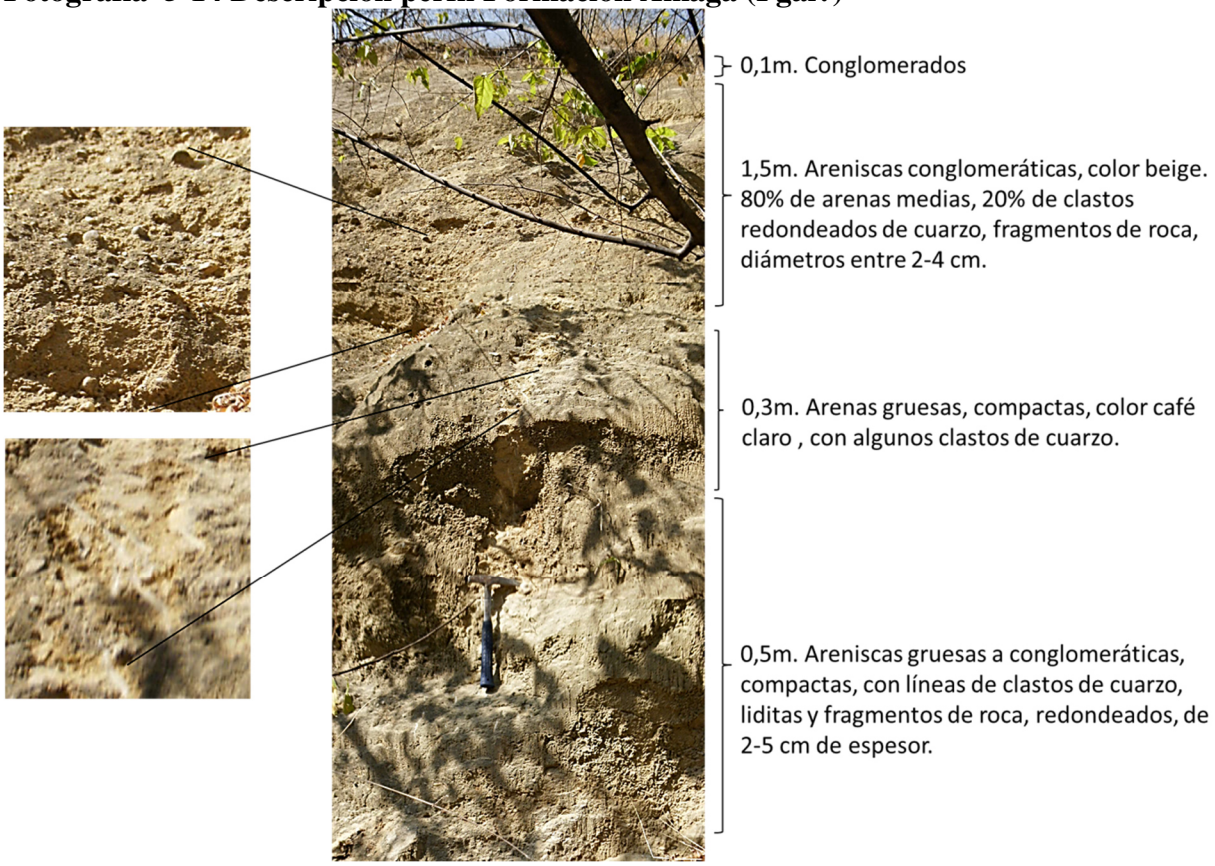
Figura 5-7 Sondeo de exploración de suelos, K0+900, Formación Amagá (Ngas?)



EUROCONSULT, Ingenieros Consultores. Sondeos E29 S1

En K4+300 (Fotografía 5-14) se muestra una descripción de un perfil de afloramiento de estas rocas sedimentarias, caracterizado por predominio de areniscas gruesas a conglomeráticas, compactas, compuestas de clastos de redondeados de cuarzo y fragmentos de roca y de estratos gruesos entre 0,3 – 1,5 m.

Fotografía 5-14 Descripción perfil Formación Amagá (Pgai?)



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

En Fotografía 5-15 se muestra la descripción de afloramiento de areniscas y conglomerados de la Formación Amagá, a lo largo de la actual vía Medellín – Santa Fe de Antioquia.

Fotografía 5-15 Afloramiento de estratos de areniscas y conglomerados de la Formación Amagá



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

En alrededores del K7+400 se identificaron rocas sedimentarias de la Formación Amagá, con estratificación N72°E/10°NW, cuya descripción de afloramiento se observa en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 K7+400 Afloramiento rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam?)

Foto	Espesor aprox.	Descripción

Foto	Espesor aprox.	Descripción
	3 m	Areniscas de grano grueso, grado de compactación medio, color pardo amarillo
	0,3 m	Areniscas de grano fino a lodolita, gris azulosas bandeadas con café verdosos, compactas; fractura concoidea.
	0,6 m	Areniscas compactas de grano medio, color café claro
	0,2 m	Areniscas de grano medio, color grisáceo, bandeado, con algo de mineral oscuro que puede ser carbón muy fino.

Foto	Espesor aprox.	Descripción
	1,2 m	Intercalaciones de capas de 15 cm aproximadamente de areniscas gruesas a conglomeráticas con delgadas capas de 5 cm de conglomerado cuarzoso, con clastos redondeados de 3-4 cm de diámetro; compactos, color amarillo a pardo claro
	>5m	Areniscas de grano grueso a areniscas conglomeráticas, cuarzosas, compactas, color amarillo pálido

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Entre el K11+000 – K12+300 se identificó afloramiento de areniscas y lodolitas de la Formación Amagá (Fotografía 5-16), cuya descripción se presenta en la Tabla 5-5. En este afloramiento se pudo medir la estratificación NS/40°W

Fotografía 5-16 Afloramiento de Formación Amagá (Pgam?)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Tabla 5-5 Afloramiento Formación amagá (Pgam?)

	Espesor aproximado	Descripción
	0,5 m	Areniscas color crema, moteadas con minerales oscuros, deleznable
	1 m	Lodolitas color gris claro, muy fracturadas, físiles y erodables

	Espesor aproximado	Descripción
	2,5 m	Areniscas color crema a rosa pálido, compactas, forma bancos de espesor promedio 1m.
	3 m	Intercalaciones de areniscas de grano medio, compactas, color pardo amarillo, con capas de areniscas de grano grueso de espesor 1m y capas de lodolitas gris verdosas, frágiles y muy fracturadas, de espesor 0,3m
	2 m	Lodolitas color gris verdoso, frágiles y muy fracturadas
	1,5 m	Areniscas
	1,0 m	Lodolitas
	1,0 m	Areniscas

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.3.3.2 Aspectos estructurales

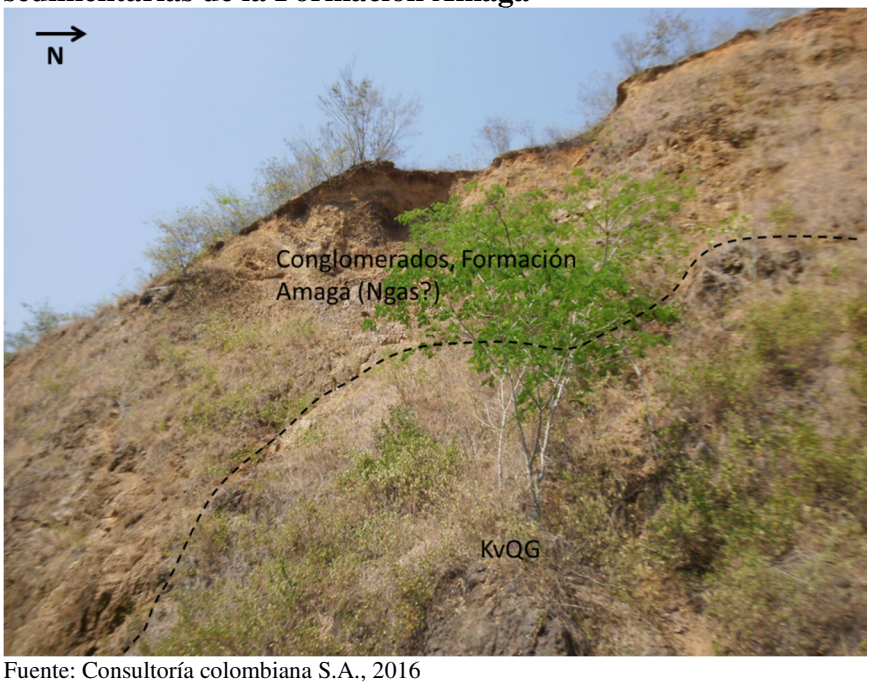
Esta unidad litológica tiene influencia estructural de la falla Quirimará – La Clara, la cual cruza entre el K11+000 – K12+800, con una dirección NNW-SSE. Paralelo a este sistema de fallas, sobre esta unidad litológica se presenta el sinclinal Ebéjico de dirección NS a N15°W.

El sinclinal Ebéjico cruza por el K7+000 de la vía, pasa paralelo a esta hasta el K10+500, con una dirección NW y a partir de allí, toma un nuevo rumbo hacia NS, hasta encontrarse con la Falla Silvia – Pijao, en la margen izquierda del río Cauca. La falla Ebéjico "*es una estructura simétrica apretada, con rocas de la Formación Amagá (Ngam) en el núcleo de la estructura, delimitada por la Falla Silvia-Pijao al oriente y la Falla de Quirimará-La Clara al occidente, cuyo eje tiene una dirección N10ºW, con cabeceo al noroeste; su eje se encuentra recostado contra el limite oriental de la estructura*"[25].

A lo largo de la vía existente, aproximadamente 600m al sur del área de influencia, en contacto discordante con las rocas basálticas del Complejo Quebradagrande, ver Fotografía 5-17, se observó afloramiento de conglomerados, con un espesor aproximado de 25-30m. En este sector se observaron dos sistemas de diaclasas en basaltos, color verde claro:

N15°E/55°W, continuas (>10m), cerradas (6-20 mm), secas.
N22°E/48°SE, discontinua (<2m), cerradas (6-20 mm), secas.
N84°W/85°N, continuidad media (5-8m), cerradas (6-20 mm), secas.

Fotografía 5-17 Contacto rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande con rocas sedimentarias de la Formación Amagá



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

En alrededodres del K4+300, sobre el costado occidental de la vía actual, se observó afloramiento de rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande (KvQG) en contacto con

[25] IINGEOMINAS – GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica y Geofísica de la parte Occidental de las Planchas 130 Santafé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala: 1:100.000.

sedimentos de la Formación Amagá. En reportes bibliográficos se habla de un contacto discordante entre estas dos unidades: "El contacto inferior de la Formación Amagá es discordante sobre la mayoría de las rocas precenozoicas que se encuentran al oriente del río Cauca: Complejo Arquía, Metasedimentitas de Sinifaná, Monzogranito de Amagá, Diorita de Pueblito, Complejo Quebradagrande y Formación Barroso"[26]. El contacto identificado en este sector entre Complejo Quebradagrande y Formación Amagá, está asociado a un plano de falla de dirección N36W/40NE, se caracteriza por la presencia de harina de roca (Fotografía 5-3 y Fotografía 5-18). En el afloramiento de rocas volcánicas, pórfidos color verde oscuro con cristales redondeados de cuarzo, se identificaron dos sistemas de diaclasas dominantes de dirección N60E/76NW y N5E/50E; son estructuras continuas (>10m), moderadamente cerradas (20-6 mm), secas y sin relleno.

Fotografía 5-18 Harina de roca en plano de falla



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

En K4+300 (Fotografía 5-19) se pudo medir estratificación N60°W/32°NE en afloramiento de areniscas conglomeráticas duras, grises, con bandas negras muy delgadas de carbón.

[26] GEOESTUDIOS. Complementación Geológica, Geoquímica Y Geofísica De La Parte Occidental De Las Planchas 130 Santa fe De Antioquia Y 146 Medellín Occidental. Bogotá, octubre de 2005.

Fotografía 5-19 Areniscas conglomeráticas con hilitos de carbón fino

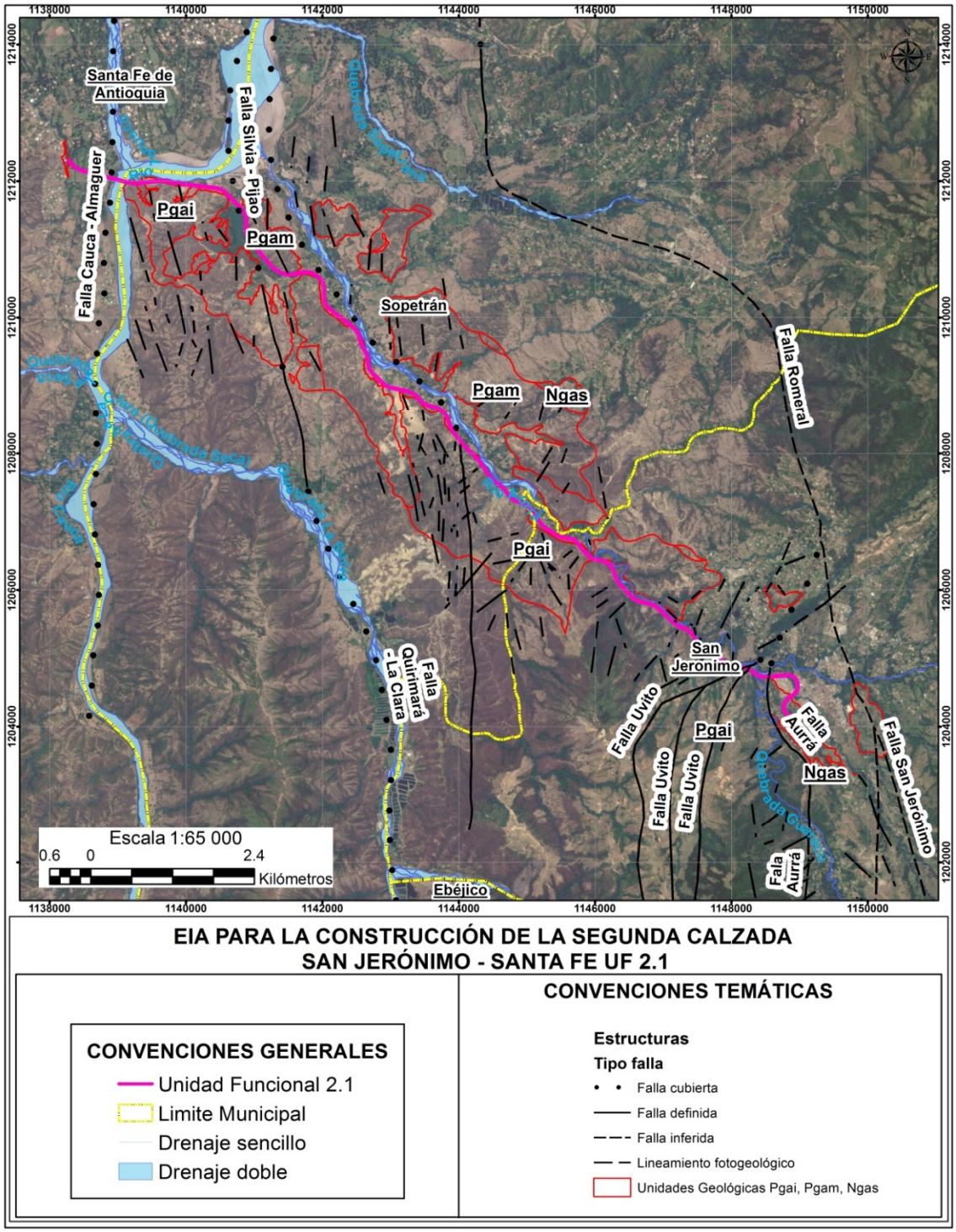


Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

- Lineamientos fotogeológicos

Los lineamientos fotogeológicos dominantes, son paralelos a las estructuras regionales de la Falla Quirimará – La Clara y Sinclinal Ebéjico, de dirección NS a N15°W. En menor proporción se observaron lineamientos de dirección NE – SW en Formación Amagá y Complejo Quebradagrande, aproximadamente entre K2+000 – K6+600; estos lineamientos son paralelos al sistema de fallas Uvito, cerca de la cabecera municipal de San Jerónimo, Figura 5-8.

Figura 5-8 Lineamientos fotogeológicos en rocas de la Formación Amagá (Pgai, Pgam, Ngas)



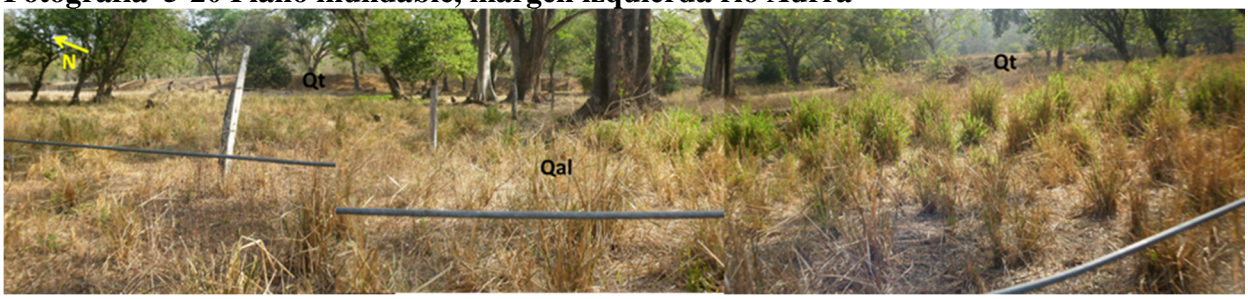
Fuente: INGEOMINAS, Geología de la Plancha 130. Modificado por Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.3.4 Depósitos aluviales

Los depósitos cuaternarios se identificaron en toda el área de influencia del proyecto, destacándose depósitos aluviales, coluvio aluviales y terrazas aluviales, los cuales se relacionan a continuación.

Los depósitos aluviales más representativos son los del río Cauca y río Aurrá, cruzados en los K0+451 – K1+700, K4+734 – K6+398, K6+865 – K7+553, K7+635 – K9+065, K11+065 – K11+148, K11+365 – K12+512, K14+059 – K14+082, K14+193 – K14+315, ver Fotografía 5-20

Fotografía 5-20 Plano inundable, margen izquierda río Aurrá



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

En Fotografía 5-21 se presenta descripción de un perfil de suelos correspondiente a depósitos aluviales del río Aurrá.

Fotografía 5-21 Descripción general de Qal, río Aurrá

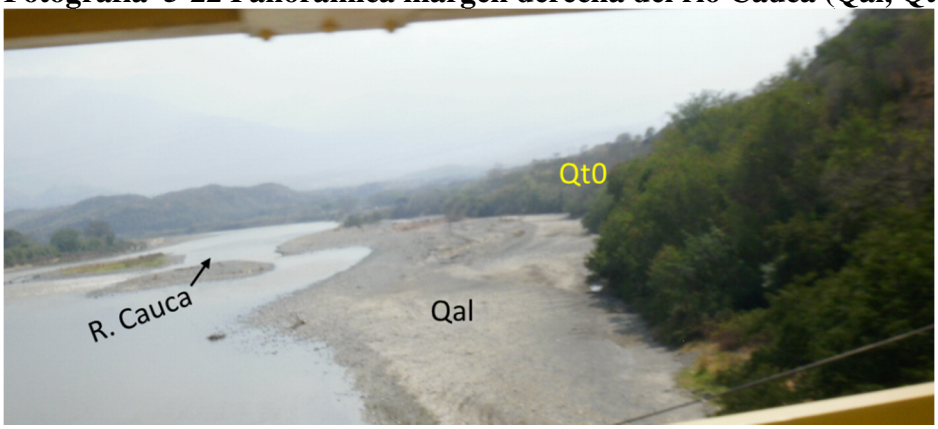


Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

5.1.1.3.5 Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)

En el área de influencia se identificaron dos niveles de terrazas aluviales, asociadas a los ríos Cauca y Aurrá. El nivel de terrazas más bajo (Qt0) se cartografió con base en fotografías aéreas, desde el K13+065 – K13+590, K13+795 – K13+942, K14+316 – K15+000; de forma elongada paralela a la margen derecha del río Cauca (Fotografía 5-22); el segundo nivel de terrazas (Qt1), es identificado en K9+585 – K10+881, K10+956 – K11+065, K12+515 – K13+065.

Fotografía 5-22 Panorámica margen derecha del río Cauca (Qal, Qt0)



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

5.1.1.4 Caracterización geológica Fuente de materiales y acceso

El área que comprende el acceso y la fuente de materiales sobre la quebrada Seca, comprende el paso por rocas sedimentarias de la Formación Amagá, e involucra el aprovechamiento de depósitos aluviales del cauce activo de la quebrada Seca; limita al occidente con la margen izlquierda de la quebrada, cuya unidad litológica es la Diorita de Pueblito. A continuación se presenta una descripción de las características litológicas de los materiales identificados en este tramo del área de influencia.

5.1.1.4.1 Formación Amagá (Pgai, Pgam)

- Formación Amagá, Miembro inferior (Pgai)

Sobre el acceso a la fuente de materiales, aproximadamente a 580m de esta, se identificó afloramiento de rocas sedimentarias de la Formación Amagá, con las siguientes características.

Afloramiento de aproximadamente 5m de altura; capas gruesas de areniscas de grano grueso a conglomeráticas polimícticas, con clastos subangulares a rubredondeados de cuarzo y rocas tipo esquistos, basaltos; espesor estimado de las capas de 1-1,2m (Fotografía 5-23). Con interestratificaciones de areniscas gruesas, textura moteada, color pardo amarillo a pardo claro y capas delgadas de arcillas, de espesor 50cm, muy fracturadas y blandas, color gris claro (Fotografía 5-24). Estratificación NS/54E

Fotografía 5-23 Afloramiento de areniscas, formación Amagá (Pgai)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-24 Capas gruesas de areniscas de grano grueso, con intercalaciones de arcillolitas grises muy fracturadas, formación Amagá



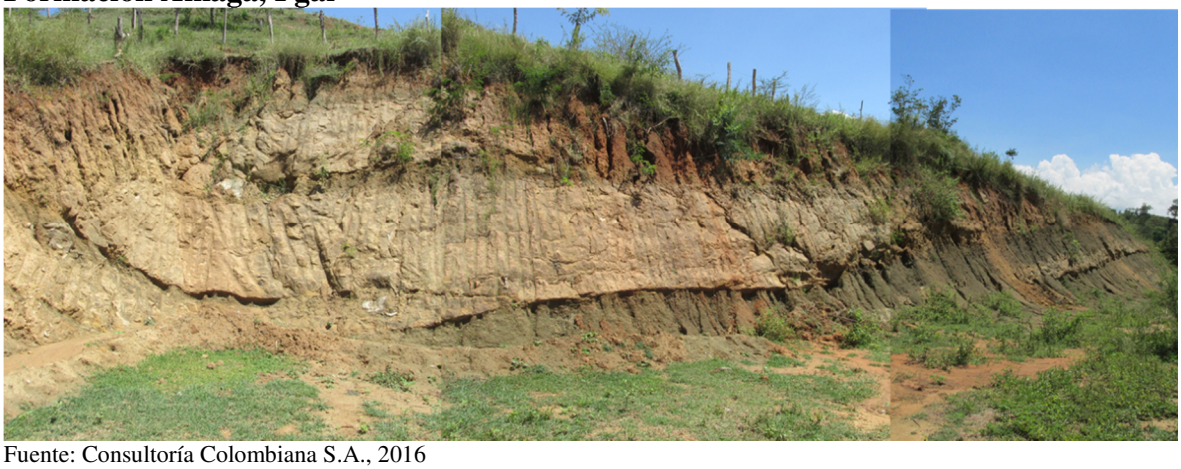


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Esta unidad litológica presenta variaciones composicionales, donde puede predominar estratos arcillosos, como se observa en la Fotografía 5-25. Son estratos gruesos de 1-1,5m de espesor, compuestos de areniscas de grano medio, con alto grado de meteorización, color pardo oscuro, deleznables, interestratificadas con lodolitas grises, altamente

fracturadas, de espesor estimado 1m; sobre los estratos de areniscas se desarrolla erosión en surcos.

Fotografía 5-25 Afloramiento de areniscas interestratificadas con lodolitas grises, Formación Amagá, Pgai



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

También se observan afloramientos con predominio de estratos de 30-60cm de espesor, de conglomerados de cuarzo, liditas, redondeados, de diámetro promedio 3cm; matriz de arena gruesa, suelta, cuando se observa completamente meteorizada (grado de meteorización V)[27] y en estado fresco es una matriz compacta. Presenta ocasionales estratos de areniscas conglomeráticas, color crema, deleznable y frágil (Fotografía 5-26). Estratificación N25W/40NE.

[27] Clasificación de Perfil de meteorización según metodología Dearman (1974 – 1991).

Fotografía 5-26 Afloramiento de conglomerados polimícticos con intercalaciones de areniscas, Formación Amgá (Pgai)

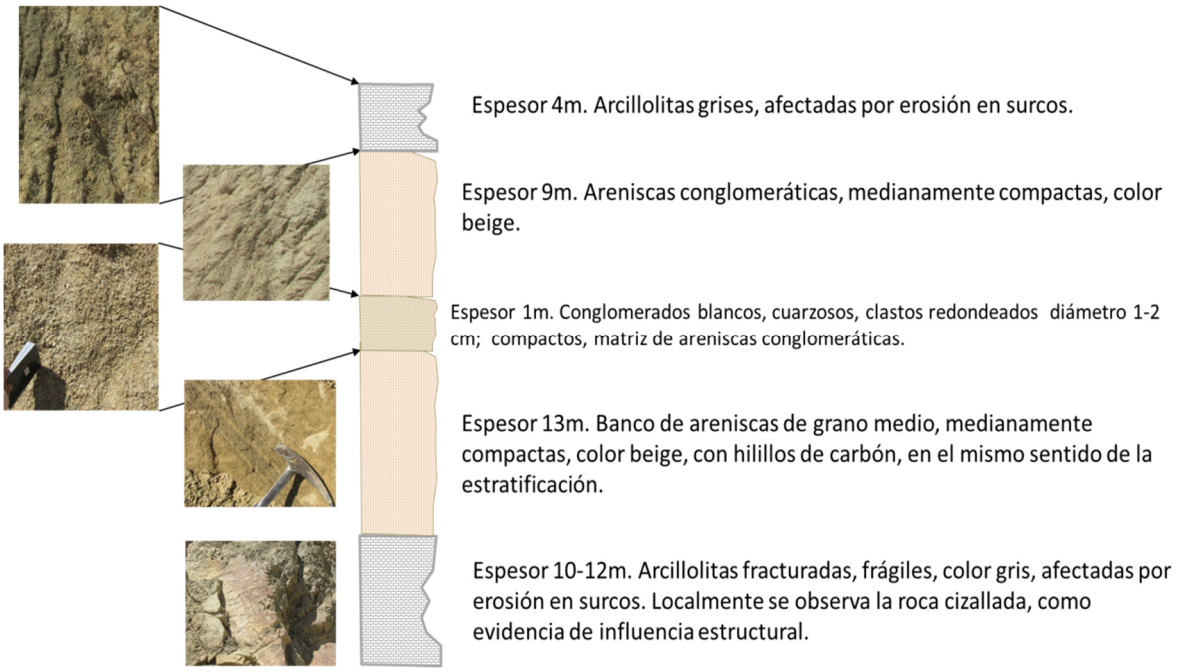


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- Formación Amagá, Miembro medio (Pgam)

En Figura 5-9 se muestra la columna estratigráfica identificada en explanación reciente hecha sobre esta unidad litológica; se midió estratificación N10W/65SEE.

Figura 5-9 Columna estratigráfica rocas sedimentarias Formación Amagá (Pgam)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.4.2 Depósitos aluviales (cauce activo)

Los depósitos aluviales están asociados a la quebrada Seca y sus afluentes. El cauce activo de la quebrada Seca, corresponde al lecho mayor y se caracteriza por un drenaje trenzado, conformado por canales fluviales que se entrecruzan y conforman playones, islas y barras de cauce, activos (Fotografía 5-27) y zonas inundadas, como el área que comprende el Humedal La Bramadora.

Están conformadas por material de lecho, que corresponde a cantos subredondeados de roca fresca, dura de composición pórfidos grises oscuros con cristales anhedrales de cuarzo de diámetro 2-3mm y matriz afanítica, diorita beige a verde claro, con cristales de grano fino, gabros con cristales de diámetro variable entre 3-15cm y algunos bloques de roca hasta de 30cm de diámetro, Fotografía 5-28.

Fotografía 5-27 Cauce activo de quebrada Seca, panorámica aguas arriba



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-28 Clastos que conforman lecho de quebrada Seca





Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Los depósitos aluviales (Qal) asociados a esta quebrada corresponden principalmente a depósitos de arenas sueltas, de grano medio y depósitos conglomeráticos, con 60% de esquistos verdes, pórfidos, gabros de grano medio, rubredondeados, muy duras; 40% matriz arenosa gruesa, suelta, café clara, Fotografía 5-29.

Fotografía 5-29 Depósitos aluviales (Qal) asociados a quebrada Seca



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.5 Sectorización geológica y geomorfológica del área de influencia puntual

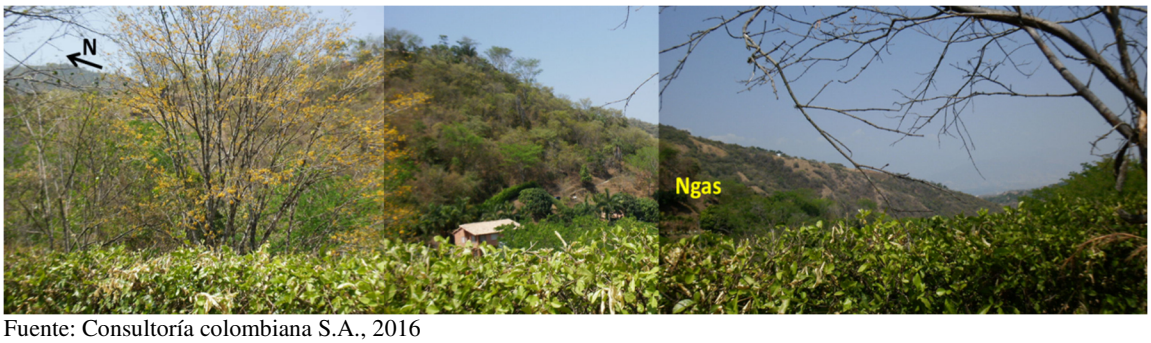
En este numeral se presenta una descripción de características geológicas y geomorfológicas del área de influencia puntual del proyecto, en tramos que inician el

K0+000 - K15+000. Esta región corresponde a un paisaje de piedemonte hasta llegar al cruce del río Cauca, con la presencia de abundantes depósitos aluviales.

5.1.1.5.1 K0+000 – K0+451 Formación Amagá (Ngas). Relieve de lomerío en paisaje de piedemonte

Este tramo se ubica al este de la zona de contacto entre rocas del Complejo Quebradagrande (KvQG) con rocas sedimentarias de la Formación Amagá. Las rocas volcáncias presentan un relieve de montañas fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%) y en los terrenos sedimentarios la pendiente es fuertemente inclinada (12-25%) a moderadamente inclinada (7-12%). La Formación Amagá presenta un relieve de lomas y colinas de altura media 40-50m, cimas subangulares, medianamente angostas, pendientes escarpadas (30º), afectadas por sobrepastoreo; susceptible a erosión en surcos y cárcavas.

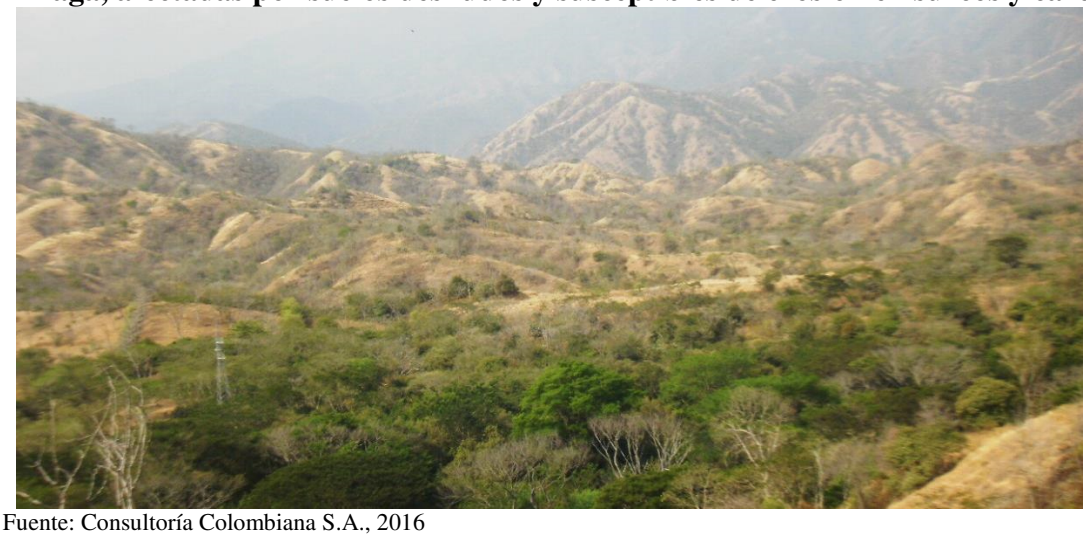
Fotografía 5-30 Panorámica de relieve de lomerío asociado a rocas sedimentarias de la Formación Amagá (Ngas)



Fuente: Consultoría colombiana S.A., 2016

La actividad erosiva que caracteriza esta región es el sobrepastoreo en grado moderado a severo, y suelos desnudos. Son suelos susceptibles al desarrollo de erosión en surcos y cárcavas, Fotografía 5-31.

Fotografía 5-31 Panorámica de relieve de lomas y colinas en rocas de la formación Amagá, afectadas por suelos desnudos y susceptibles de erosión en surcos y cárcavas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.5.2 K0+460 – K1+710. Depósitos aluviales del río Aurrá (Qal)

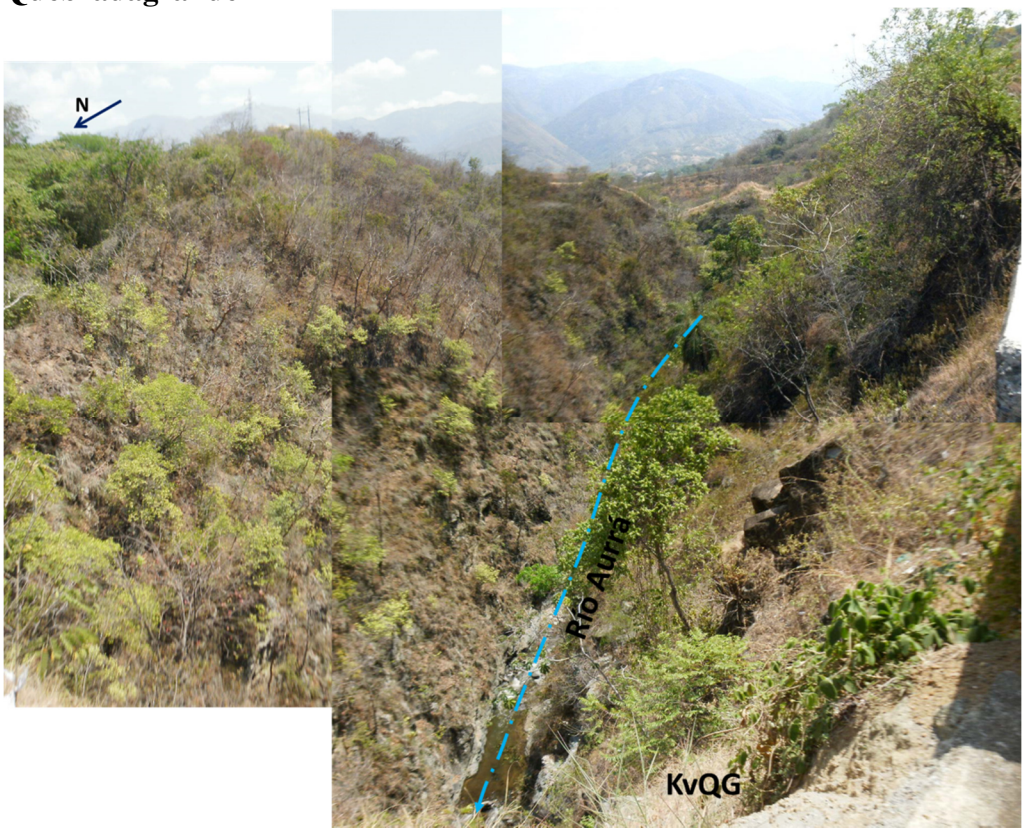
Son terrenos de relieve ligeramente inclinado (3-7%) a plano, de apariencia estable, pero susceptibles de erosión en surcos y cárcavas.

5.1.1.5.3 K1+710 – K4+300. Cruce por rocas volcánicas de Complejo Quebradagrande (KvQG)

La vía cruzará en la base de un paisaje de montañas estructurales conformadas por rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande, cerca del contacto con rocas sedimentarias de la Formación Amagá y depósitos coluvio aluviales, y cortadas por el río Aurrá. A lo largo del río Aurrá afloran las rocas basálticas. El río desarrolla un cañón en roca con pendientes verticales en ambas márgenes, Fotografía 5-32

A lo largo de la vía actual, se han desarrollado taludes en roca débilmente meteorizada, altamente fracturados y susceptibles de caídas de roca (Fotografía 5-33); el trazo de la nueva vía es paralelo a la vía actual y está sujeto a idénticas condiciones de susceptibilidad del terreno a caídas de roca, en caso que sea necesaria la ejecución de cortes en este tipo de roca.

Fotografía 5-32 Paso del río Aurrá por rocas volcánicas de Complejo Quebradagrande



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-33 Base de paisaje de montañas que conforma taludes de corte sobre vía actual y cercanos al trazo de la nueva vía



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.5.4 K4+300 – K15+00. Formación Amagá y depósitos cuaternarios, paisaje de piedemonte

5.1.1.5.4.1 Depósitos aluviales del río Aurrá y río Cauca

Son identificados en las abscisas K4+730 – K6+400, K6+865 – K7+550, K7+635 – K9+065, K11+065 – K12+512, K14+060 – K14+082, K14+0192 – K14+316. Este tramo corresponde a una zona de depósitos aluviales, y terrazas aluviales de los ríos Aurrá y Cauca; son terrenos planos a ligeramente planos (0-3%) y estables, Fotografía 5-34.

En K9+585 – K10+881, K10+955 – K10+991, K12+512 – K13+590, K13+795 – K13+942, K14+316 – KK15+000, se cruza por niveles de terrazas Tt0 y Qt1. Son terrenos planos a ligeramente planos, de apariencia estable.

Fotografía 5-34 Depósitos aluviales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.5.4.2 Rocas sedimentarias de la Formación Amagá

K4+300 – K+735, K9+065 – K9+585, K13+590 – K13+794, K13+943 – K14+060. El paso por este tramo se realiza en paisaje de lomerío, cimas redondeadas, angostas, pendientes escarpadas (30º), afectadas por erosión en patas de vaca, grado moderado, Fotografía 5-35. Son terrenos de pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%); la vía cruzará principalmente por la base de las lomas y colinas, en el límite con los depósitos cuaternarios aluviales, de pendientes planas a ligeramente planas (0-3%). Son terrenos de apariencia estable, pero susceptibles de procesos erosivos como surcos y cárcavas; es común también el sobrepastoreo en esta región.

Fotografía 5-35 Panorámica de relieve de lomas y colinas de la Formación Amagá



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

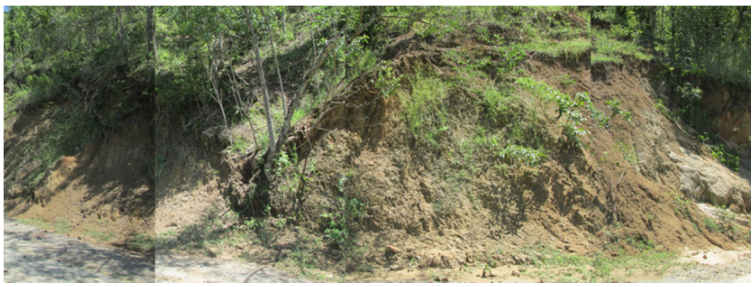
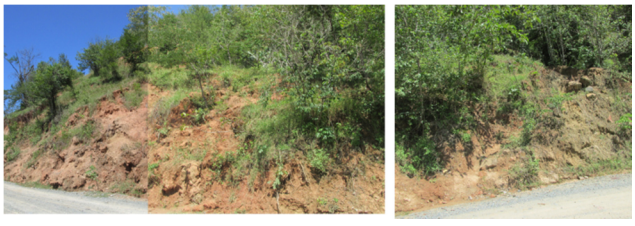
5.1.1.5.5 Fuente de materiales y acceso

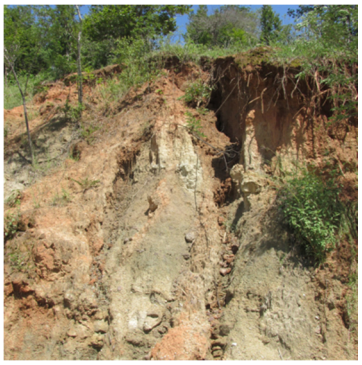
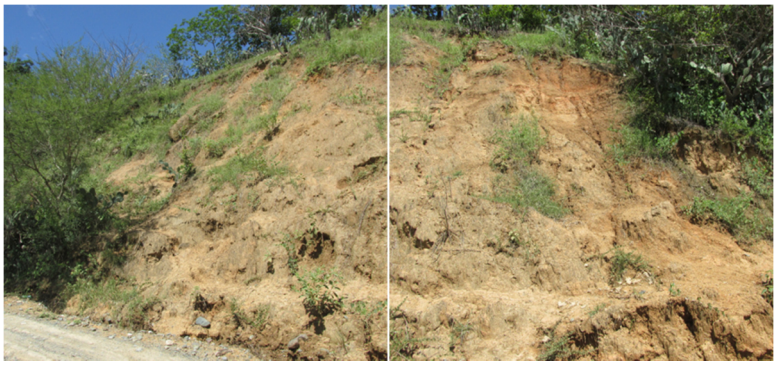
5.1.1.5.5.1 Acceso a fuente de materiales (Título minero HFDA-05)

Se proyecta el uso de un acceso que parte aproximadamente en el K9+000 de la vía, el cual cruza á través de las rocas sedimentarias de la Formación Amagá, miembros Medio e Inferior (Pgam, Pgai).

Los primeros 1.000m desde el desvío de la vía hacia la quebrada Seca, se caracterizan por la presencia de deslizamientos asociados al corte de la carretera. Este tramo se localiza en areniscas conglomeráticas interestratificadas con arcillolitas altamente fracturadas, del Miembro medio de la Formación Amagá (Pgam); en Tabla 5-6 se presenta un resumen de los movimientos en masa identificados.

Tabla 5-6 Áreas inestables en acceso a fuente de materiales

UBICACIÓN/DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
Deslizamiento activo aproximadamente a 1.180m del K9+000 de la vía Altura 10m, longitud 80m Se desarrolla en areniscas conglomeráticas, rosáceas, con algunos clastos subangulares de cuarzo, liditas y fragmentos de roca; desarrolla estratos gruesos (espesor 1-1,2m); estratificación N15E/30NW. Roca completamente meteorizadas (grado V)	
Aproximadamente a 1.100m del K9+000 de la vía. Deslizamiento activo, escalonado. Altura 20m, pendiente 25°, afectado por erosión en surcos (profundidad de surcos 20-30cm, longitud 5-7m, ancho 10 cm.	

UBICACIÓN/DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
	
A 950m del K9+000 de la vía. Deslizamiento activo. Altura 10m, longitud 85m	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.1.5.5.2 Fuente de materiales (Título minero HFDA-05)

El cauce de la quebrada Seca es de tipo trenzado, cuenta con un fuerte caudal y se caracteriza por su continuo desarrollo de islotes y barras de cauce. En las márgenes de la quebrada, es posible observar pequeños tramos afectados socavación de orillas, donde se acentúa la actividad erosiva de la quebrada, ver Fotografía 5-36.

Fotografía 5-36 Margen izquierda quebrada Seca, afectada por socavación de orillas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2 Geomorfología

5.1.2.1 Aspectos conceptuales y metodológicos

De acuerdo con INGEOMINAS[28], la expresión morfológica del terreno depende de los tipos de materiales, la disposición estructural, los procesos naturales que interactúan de acuerdo con el ambiente o condiciones externas e internas dominantes y el tiempo de duración de los mismos (Gregori, 1978 en Kéller y Rockwell, 1984; Roberston, 1990, Carvajal, 2002). Lo anterior permite determinar la siguiente concepción geomorfológica:

GEOFORMA/ PAISAJE =ΣFACTORES INTERNOS +ΣFACTORES EXTERNOS

La interpretación de la geomorfología tiene por finalidad la descripción de las formas del terreno, y la explicación de su génesis (origen), evolución a través del tiempo geológico, la definición de la naturaleza de los materiales, la clasificación de los paisajes según el proceso o agente natural dominante, composición, edad y explicación de la magnitud de los

[28] INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Proyecto Compilación y Levantamiento de la Información Geomecánica. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la cartografía Geomorfológica a para la Zonificación Geomecánica. Volumen I. Bogotá, 2004.

agentes y procesos geomorfológicos modeladores.

"*Al comprender cada uno de los elementos y procesos naturales que le dan origen al paisaje, es posible deducir o pronosticar el comportamiento del terreno con relación a diversos procesos naturales y antrópicos. De igual manera se puede lograr reconocer y deducir la resistencia de los materiales litológicos relacionados a los procesos y a las condiciones degradacionales y denudacionales. El análisis de las condiciones geomorfológicas conduce a:*

- *Entender la influencia y control de las estructuras geológicas regionales sobre las geoformas (Ej.: escarpes y drenajes asociados).*
- *La génesis de las geoformas, que reflejan la dinámica de los procesos naturales actuales: endógenos y exógenos (denudación, acumulación).*
- *Relacionar la geometría de los terrenos (las formas de las laderas) a tipos de movimientos antiguos o activos de remoción en masa. En algunos casos permite deducir situaciones críticas o potenciales.*
- *Establecer la magnitud de la dinámica de los procesos denudativos que están actuando sobre una geoforma en particular.*
- *Las relaciones espaciales de las geoformas, debido a que determinan zonas homogéneas con características litológicas y geomecánicas similares".*

Este documento cumple con los requerimientos de los términos de referencia establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en resolución 751 de 2015, "Términos de Referencia para la elaboración del EIA, requerido para el trámite de licencia ambiental de los proyectos de construcción de carreteras y/o túneles con sus accesos", y para ello se ha llevado la metodología propuesta por INGEOMINAS (2004), que se explica a continuación.

La propuesta metodológica de cartografía geomorfológica de INGEOMINAS (2004), aplica los principios generales y métodos de análisis de los sistemas de clasificación y evaluación de terrenos P.U.C.E (provincia, patrón, unidad y componente de terreno), desarrollado con fines ingenieriles por Grant, (1967 y 1978 en Ferrero y García, 1987), Cortés (1989), y Carvajal (2002, propuesta para INGEOMINAS).

El análisis geomorfológico utilizado en este proyecto es concordante con la jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2002). Las categorías utilizadas de mayor a menor son: zona geoestructural, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico.

Para llevar a cabo la cartografía geomorfológica requerida, se cumplieron las siguientes etapas de trabajo.

5.1.2.1.1 Recopilación de información secundaria y cartografía temática

Consulta, evaluación y análisis de los estudios del medio físico por medio de los cuales se rea<lizó la caracterización de las unidades geomorfológicas; corresponden a estudios de suelos de tipo general, en razón a la relación suelo-paisaje establecida en la prospección pedológica, la cual es desarrollada sobre unidades geomorfológicas identificadas, acordes con el sistema solicitado en los términos de referencia de Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de carreteras y/o túneles (resolución 751 de 2015).

5.1.2.1.1.1 Interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas

A partir de ortofotomapa (2015) del área de estudio y fotografías aéreas relacionadas en la Tabla 5-7, se realizó fotointerpretación geomorfológica, que junto con el trabajo de campo, permitió mejorar el nivel de detalle de la cartografía a escala 1:10.000.

Tabla 5-7 Fotografías aéreas interpretadas

Vuelo	Faja	Fotos	Fecha	Nº fotos
13003015032010	18	1845-1852	05/03/2010	8
13003015032010	19	1744-1748	05/03/2010	5
13003015032010	17	1858-1861	15/03/2010	4
13003007022010	16	737-740	07/02/2010	4
13003007022010	15	719-723	07/02/2010	5
13003007022010	14	625-630	07/02/2010	6
13003007022010	13	601-605	07/02/2010	5
13003007022010	12	513-517	07/02/2010	5
Total fotos				**42**

5.1.2.1.1.2 Trabajo de campo

Consistió en el reconocimiento geomorfológico del área de influencia puntual, donde se corroboraron y complementaron las características de las diferentes unidades geomorfológicas delimitadas en la fotointerpretación; también se complementó la información de la morfodinámica en el área de influencia puntual.

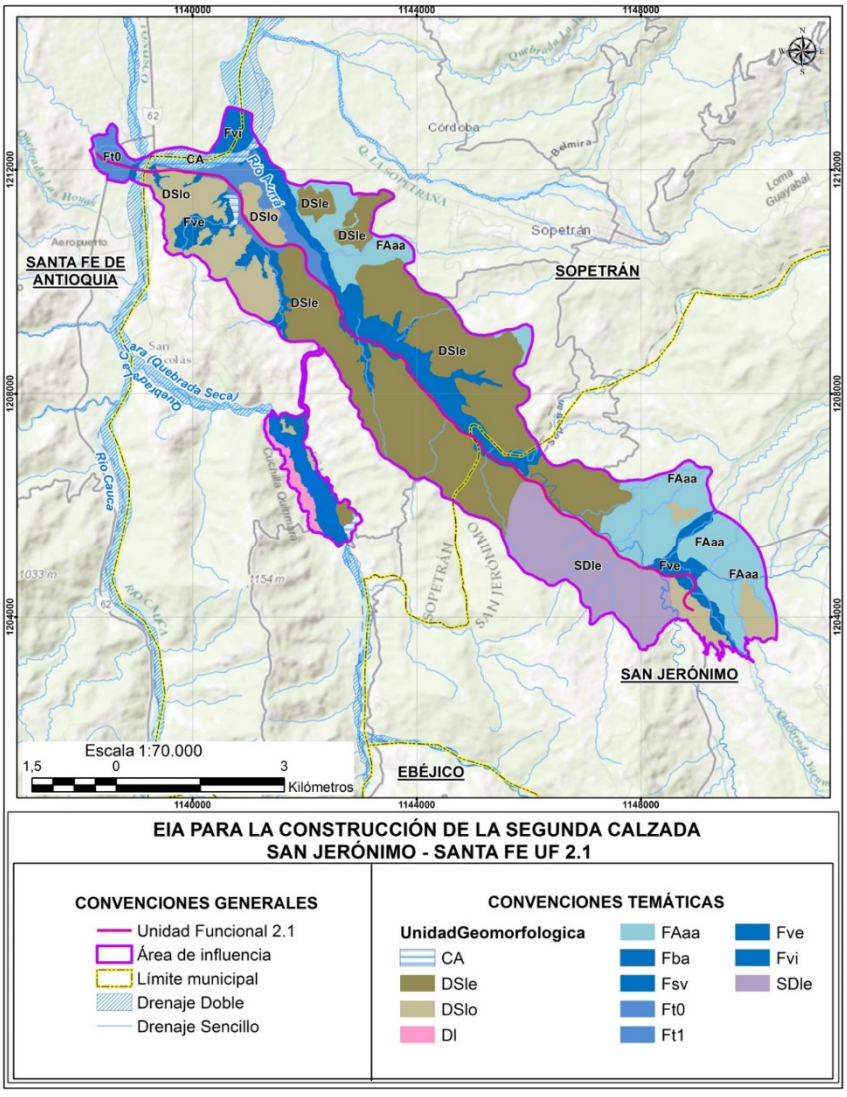
5.1.2.1.1.3 Informe

El informe de geonorfología comprende la descripción características morfológicas, morfométricas y morfodinámicas del área de influencia indirecta del proyecto. Como parte del informe de caracterización se realizó el mapa de Geomorfología, escala 1:10.000.

5.1.2.1.2 Geoformas asociadas a unidades geomorfológicas

El área de influencia del proyecto se localiza en la vertiente occidental de la Cordillera Central, desde la parte media con un relieve predominante de piedemonte con alturas desde 1.000 msnm hasta la margen derecha del río Cauca con alturas hasta 500 msnm. El área de estudio está conformada por dos unidades geomorfológicas: Montañas y Piedemonte, que conforman la vertiente occidental de la Cordillera Central, entre las poblaciones San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. La Figura 5-10 y Tabla 5-8 presentan las unidades geomorfológicas que comprende el área de estudio, su génesis y características morfográficas y morfodinámicas.

Figura 5-10 Mapa geomorfológico Unidas Funcional 2.1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

Tabla 5-8 Unidades Geomorfológicas

Z. Geoestruct	Prov. Geom	Región	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfológica	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símbolo	Área	
											ha	%
Cordillera	Cordillera Central	Denudativa	Montañas	Estructurales denudativas (SD)	Espinazo	Esquistos cuarzo sericíticos, esquistos verdes, y rocas volcano sedimentarias, estratificadas de liditas, lodolitas, grauvacas, tobas silicificadas y conglomerados.	Ladera estructural (le)	Relieve de laderas largas y rectas, con predominio de pendientes moderadamente escarpadas (50-75%) a fuertemente escarpadas (75-100%)	Morfodinámica alta, susceptible a deslizamientos planares. Con abundantes deslizamientos activos, afectados por carcavamiento y erosión en surcos	**SDle**	403,33	11,8
				Denudativo (D)	Laderas	Rocas ígneas intrusivas, tipo diorita, gabros hornbléndicos, grano fino a medio, con alta influencia estructural, por el trazo de la falla Quirimará – La clara.	Ladera (l)	Relieve de lomerío orientado en dirección NS a NW-SE, con pendientes desde ligeramente escarpadas (25-50%) hasta totalmente escarpadas (>100%). Longitud de laderas 200-300m, convexas, cimas redondeadas y angostas.	Influencia estructural con presencia de facetas triangulares. Afectada por sobrepastoreo, en grado moderado a severo.	**Dl**	33,15	1,1

Z. Geoestruct	Prov. Geom	Región	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfológica	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símbolo	Área	
											ha	%
		Deposicional	Piedemonte	Denudativa estructural (DS)	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias clásticas Conformadas por areniscas bien cementadas, areniscas conglomeráticas, arcillas pizarrosas.	Lomerío (lo)	Relieve de lomas y colinas asociado a rocas sedimentarias de la formación Amagá; altura media 40-50m, cimas subangulares, medianamente angostas, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%),	Áreas afectadas principalmente por sobrepastoreo grado moderado alto; susceptible a erosión en surcos y cárcavas	**DSlo**	405,66	11,8
						Rocas sedimentarias clásticas Conformadas por areniscas bien cementadas, areniscas conglomeráticas, arcillas pizarrosas.	Laderas estructurales (le)	Relieve de laderas cortas, rectas, de pendientes predominantes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%).	Áreas afectadas principalmente por sobrepastoreo grado moderado alto; susceptible a erosión en surcos y cárcavas	**DSle**	1.167,47	35,0
				Aluvio diluvial (FA)	Abanicos aluviales	Sedimentos no consolidados provenientes del piedemonte de la cordillera Central	Cuerpo y base de abanico aluvial (aa)	Poco disectado, de pendientes planas a ligeramente planas (0-3%).	Morfodinámica baja.	**FAaa**	555,90	16,2
				Aluvial (F)	Terrazas aluviales	Depósitos no consolidados de origen aluvial, provenientes del río Cauca y desembocadura del río	Nivel de terraza 0 (t0)	Depósitos aluviales asociados al río Cauca, elongados en dirección EW y angostos, de	Suelos susceptibles a erosión en surcos y cárcavas.	**Ft0**	68,45	2,0

Z. Geostruct	Prov. Geom	Región	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfológica	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símbolo	Área	
											ha	%
						Aurrá en el río Cauca.		pendientes planas a ligeramente planas (0-3%).				
						Depósitos no consolidados de origen aluvial, provenientes del río Cauca y desembocadura del río Aurrá en el río Cauca.	Nivel de terraza 1 (t1)	Depósitos aluviales asociados al río Cauca y río Aurrá, de pendientes planas a ligeramente planas (0-3%).	Suelos susceptibles a erosión en surcos y cárcavas.	**Ft1**	88,34	2,6
					Valle aluvial	Depósitos aluviales no consolidados	Valle estrecho aluvial (ve)	Relieve de formas alargadas y angostas, con pendientes planas a ligeramente planas (0-3%) y en menor proporción fuertemente inclinadas (12-25%).		**Fve**	210,38	6,1
							Vega inundable (vi)	Terreno periódicamente inundable del río Cauca y afluentes, que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (cantos, gravas, arenas).	Socavación de orillas	**Fvi**	182,29	5,3

Z. Geoestruct	Prov. Geom	Región	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfológica	Litología dominante	Componente geomorfológico	Morfografía	Morfodinámica	Símbolo	Área	
											ha	%
							Basines (ba)	Terreno de forma plano cóncava que favorece el estancamiento de aguas y formación de lagos y lagunas. Sobre esta geoforma es conocida como Humedal La Bramadora		**Fba**	6,37	0,2
Cordillera	Cordillera Central	Deposicional	Piedemonte	Aluvial (F)	Valle aluvial	Depósitos aluviales no consolidados	Sobre vega (sv)	Terrenos planos a ligeramente planos, asociados a depósitos del río Aurrá y quebrada Seca	Apariencia estable	**Fsv**	198,83	5,8
			Cuerpos de agua							**CA**	72,11	2,1

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.2.1.2.1 Unidad geomorfológica: Montañas

5.1.2.1.2.1.1 Montañas estructurales denudativas (SD)

Corresponde a un paisaje de montañas que se desarrollan sobre rocas volcano sedimentarias del Complejo Quebradagrande (KvQGq), las cuales presentan una morfología de montañas altas, laderas largas, rectas, patrón de drenaje paralelo y disectado, pendientes desde fuertemente inclinadas (12-25%) hasta totalmente escarpadas (>100%), ver Fotografía 5-37. Esta unidad geomorfológica es observada en K01+708 – K01+963, K2+089 – K3+620, K4+200 – K4+300.

Fotografía 5-37 Alrededores de K04+200. Panorámica de montañas estructurales denudativas (SD) en rocas volcánica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La subunidad geomorfológica que caracteriza las montañas estructurales denudativas, son los Espinazos que desarrollan laderas estructurales (SDle).

5.1.2.1.2.1.2 Montañas denudativas (D)

Corresponde a un relieve de montañas de apariencia masiva, que se desarrollan sobre rocas intrusivas de la Diorita de Pueblito (Tdp), con alta influencia estructural por efecto de la falla regional Quirimará – La Clara (Figura 5-11). La vertiente oriental de esta geoforma, sobre la cual se localiza el límite del área de influencia en la fuente de materiales sobre la quebrada Seca, corresponde a laderas convexas, de pendientes ligeramente escarpadas (25-50%) a fuertemente escarpadas (75-100%); se caracteriza por el desarrollo de facetas triangulares (Fotografía 5-9). Estas laderas están protegidas por vegetación, localmente con presencia de sobrepastoreo grado moderado, Fotografía 5-38.

Figura 5-11 Panorámica de Montañas denudativas, límite occidental de área de influencia en fuente materiales



Fuente: Imagen Google Earth, 2014

Fotografía 5-38 Sobrepastoreo focalizado en laderas denudativas de Diorita de Pueblito (Dl)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.1.2.2 Unidad geomorfológica: Piedemonte

Esta unidad geomorfológica se subdivide, de acuerdo con su génesis en tres tipos: Piedemonte denudativo – estructural (DS), Piedemonte aluvio – diluvial (FA) y Piedemonte aluvial (F).

5.1.2.1.2.3 Piedemonte denudativo estructural (DS)

Compuesto de lomas y colinas de rocas sedimentarias clásticas de la Formación Amagá, y hace parte de la vertiente occidental de la Cordillera Central, hasta llegar al cauce del río Cauca. En el trazado de la vía se identificó en las abscisas K0+00 – K0+451, K3+613 – K4+200, K4+308 – K4+737, K5+725 – K5+773, K6+400 – K6+872, K7+553 – K7+634, K9+065 – K9+585.

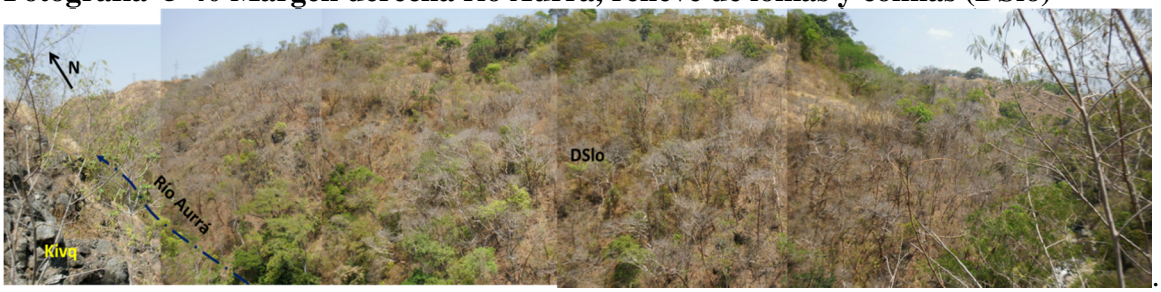
Se identificaron en esta unidad geomorfológica, las subunidades Lomerío (DSlo) y laderas estructurales (DSle), que corresponden a un relieve de colinas de 40-50m de altura, pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) a ligeramente escarpadas (25-50%), cimas redondeadas a aubangulares, angostas a medianamente amplias, afectadas por sobrepastoreo, ver ejemplos en Fotografía 5-39 y Fotografía 5-40.

Fotografía 5-39 Panorámica de laderas estructurales en lomas y colinas de piedemonte (DSle), alrededores de K4+200



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-40 Margen derecha río Aurrá, relieve de lomas y colinas (DSlo)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Estos terrenos se encuentran afectados por sobrepastoreo en grado moderado a severo y son

susceptibles a erosión en surcos y cárcavas, Fotografía 5-41.

Fotografía 5-41 Panorámica hacia el NW de lomas y colinas de piedemonte



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.1.2.4 Piedemonte aluvio – diluvial (FA)

Conformado por abanicos aluviales y abanicos terraza, disectados por el río Aurrá. Esta unidad geomorfológica será cruzada por la vía en K1+963 – K2+088. Corresponde a depósitos no consolidados de origen coluvio aluvial, con pendientes desde ligeramente plana (1-3%) a fuertemente inclinadas (12-25%).

5.1.2.1.2.5 Piedemonte aluvial (F)

Unidad geomorfológica de origen aluvial, asociada a terrazas aluviales y valles aluviales del río Cauca y río Aurrá. Será cruzada por el proyecto vial en K0+451 – K1+708, K4+734 – K6+400, K6+872 – K7+553, K7+634 – K9+065, K9+585 – K10+881, K10+956 – K10+991, K11+064 – K11+0169, K11+300 – K12+008, K12+034 – K12+047, K12+078 – K13+589, K13+795 – K13+943, K14+318 – K15+000. Predomina un relieve plano a ligeramente plano (0-3%) (Fotografía 5-42) y en la quebrada Santa Juana, el relieve de esta unidad geomorfológica es fuertemente inclinado (12-25%) a moderadamente inclinado (7-125%).

Fotografía 5-42 Alrededores de K5+200, plano aluvial del río Aurrá



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.1.3 Análisis multitemporal de procesos morfodinámicos en el área de influencia

Para evaluar la evolución morfodinámica de la región, se tuvieron en cuenta dos periodos de análisis. El primero de ellos corresponde a la interpretación de procesos morfodinámicos sobre fotografías aéreas de un periodo 2010 - 2011 (ver Tabla 5-7) y el segundo periodo corresponde a la interpretación de la imagen Ortofotomapa (2015) del área de estudio.

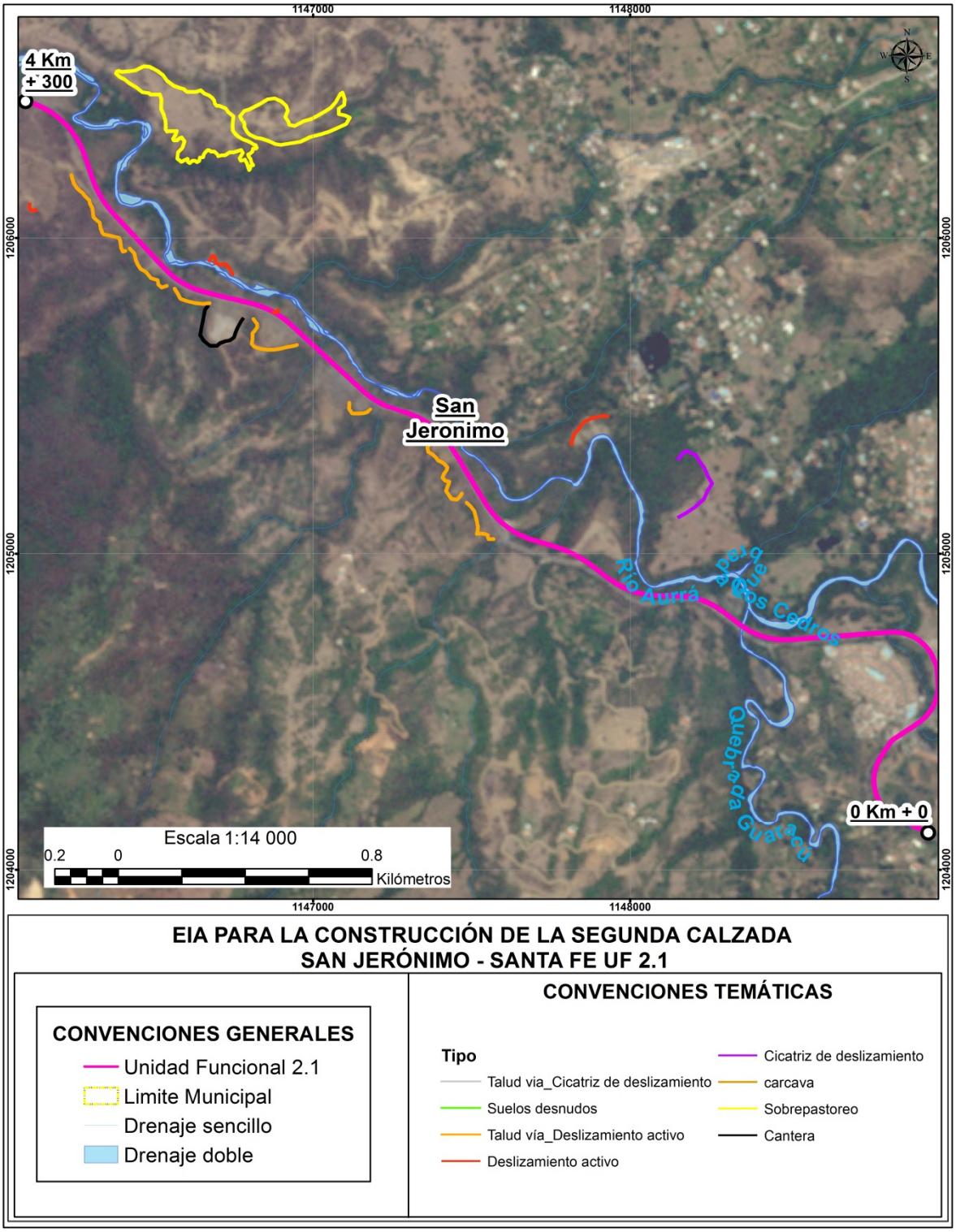
El análisis de esta morfodinámica se trabajó con base en la sectorización geológica – geomorfológica realizada en el numeral 5.1.1.5.

5.1.2.2.1.1 Morfodinámica Periodo 2.010 – 2.011

5.1.2.2.1.1.1 Tramo K0+00 – K4+300

Parte de este tramo será cruzado por la vía paralelo al contacto entre rocas volcánicas del complejo Quebradagrande (KvQG) y rocas sedimentarias de la Formación Amagá (Ngas, Pgam, Pgai). Los procesos erosivos más significativos de identificaron en los taludes en rocas volcánicas, de grandes dimensiones y alta susceptibilidad a caídas de roca; se identificaron 12 deslizamientos activos y una cantera que generan alta inestabilidad sobre la vía actual, Figura 5-12. Localmente, sobre rocas de la Formación Amagá se pudo cartografiar erosión por sobrepastoreo.

Figura 5-12 Morfodinámica en tramo K0+00 – K4+300

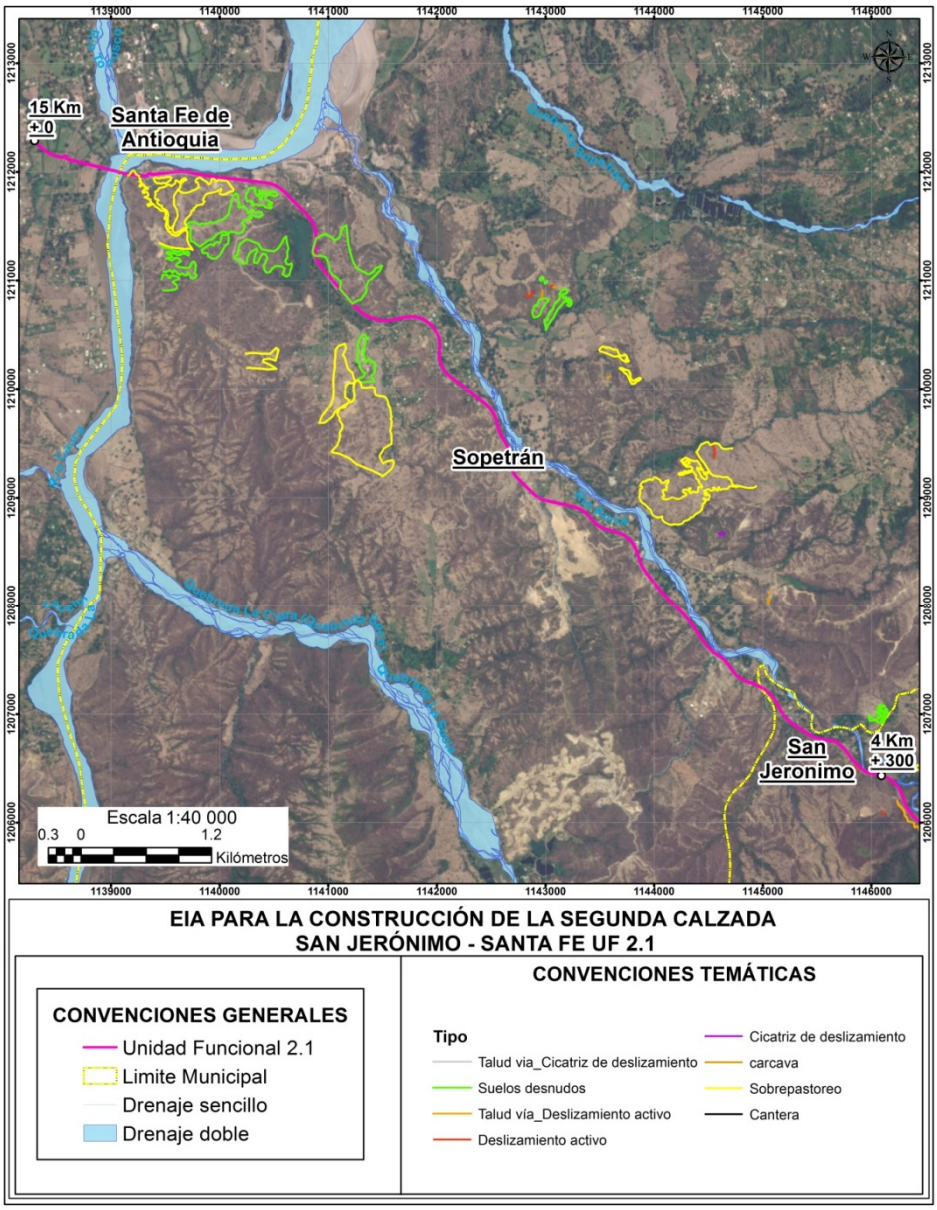


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.1.1.2 Tramo K4+300 – K15+00

Este tramo presenta baja densidad de movimientos en masa, tanto en la región como a lo largo de la vía a Santa Fe de Antioquia. Predominan rocas sedimentarias de la Formación Amagá, caracterizadas por desarrollo de suelos superficiales y susceptibles a erosión en surcos y cárcavas; esta zona se caracteriza por erosión en patas de vaca en grado moderado a severo y presencia de suelos desnudos expuestos a la acción erosiva, Figura 5-13.

Figura 5-13 Morfodinámica en K4+300 – K15+000



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

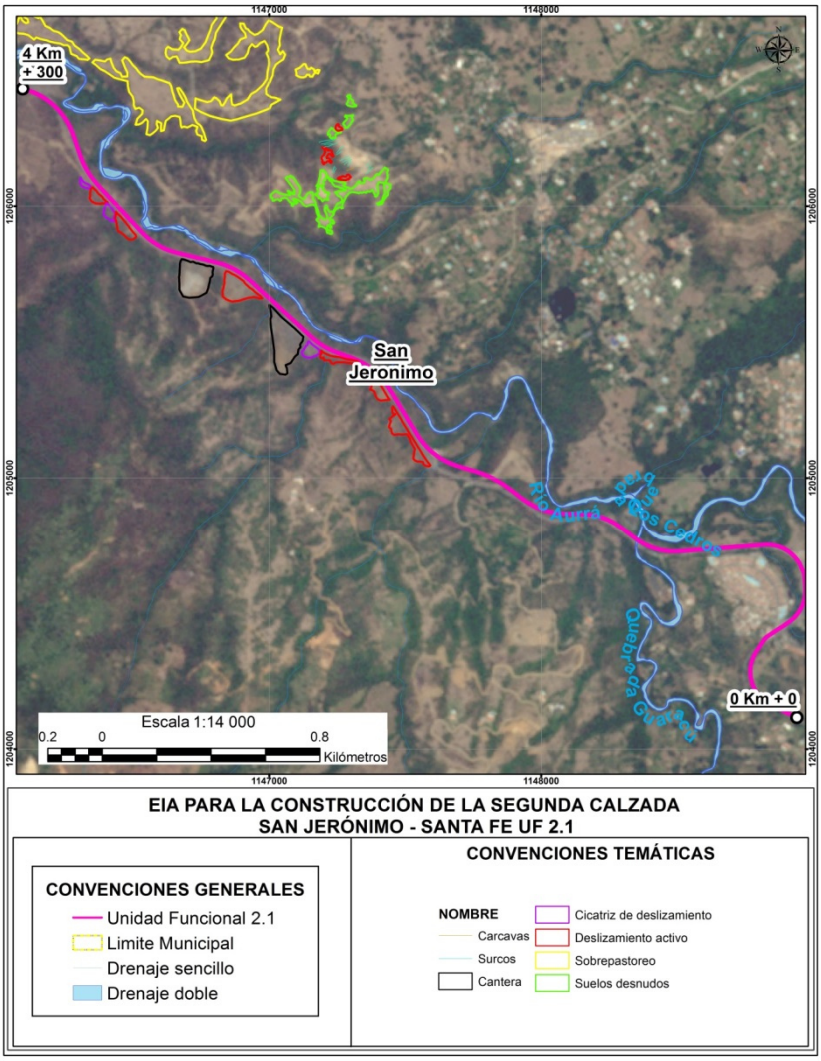
5.1.2.2.1.2 Morfodinámica 2015 (Ortofotomapa)

La imagen ortofotomapa de 2015 aporta información reciente del estado de evolución de los procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa identificados en el periodo 2010 – 2015.

5.1.2.2.1.2.1 Tramo K0+000 – K4+300

Para este periodo, el comportamiento del terreno es muy similar al identificado en 2010 – 2011; se identificaron nueve deslizamientos activos, tres cicatrices de deslizamientos, y dos canteras, asociados a taludes de la vía, en rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande, de alta susceptibilidad a caídas de roca (Figura 5-14).

Figura 5-14 Morfodinámica tramo K0+00 – K4+300

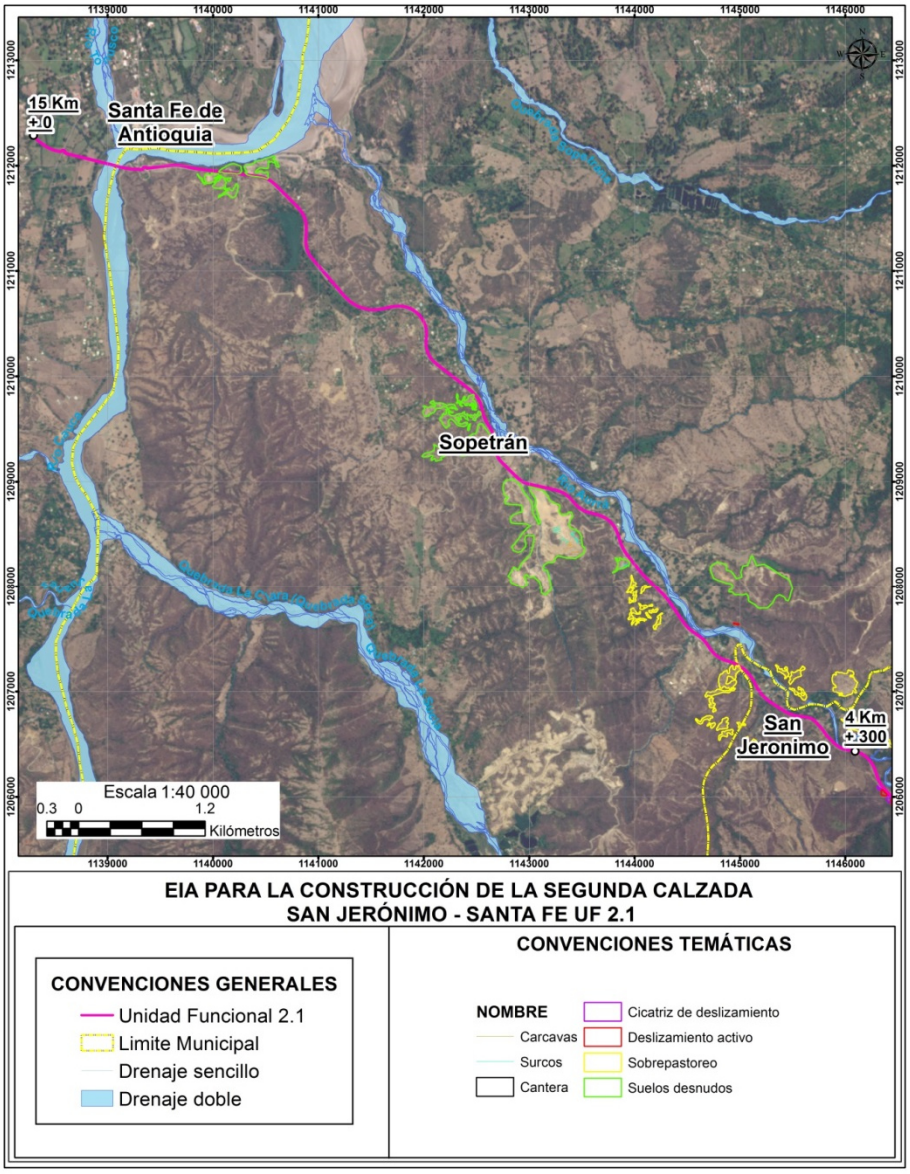


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.1.2.2 Tramo K4+300 – K15+000

Tramo con predominio de rocas sedimentarias de la Formación Amagá y depósitos cuaternarios aluviales de los ríos cauca y Aurrá, susceptibles a erosión en surcos y cárcavas; esta zona se caracteriza por erosión en patas de vaca en grado moderado a severo y presenta una tendencia estable de estos fenómenos erosivos, ver Figura 5-15.

Figura 5-15 Morfodinámica tramo K4+300 – K15+000



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.2.2.1.3 Conclusiones

Entre el tramo K0+000 – K4+300, se cruzará por deslizamientos en roca, de alta susceptibilidad a caída de rocas, cuando la vía cruce por rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande.

El tramo entre K4+300 – K15+000, se caracteriza por erosión por sobrepastoreo y suelos desnudos, con tendencia a permanecer estable en los dos periodos evaluados.

5.1.3 Paisaje

La caracterización del paisaje tiene como objetivo determinar las unidades de paisaje regional en el área de influencia y su interacción con el proyecto. Se analizan las características generales del territorio con el objetivo de proporcionar un nivel de entendimiento del lugar y de la forma como los habitantes lo han transformado, que permita y facilite la toma de decisiones a escala territorial, en las que sean consideradas también las calidades del paisaje.

La gestión del paisaje, a escala territorial, es importante en el sentido que busca asegurar una alta calidad escénica, generalmente con predominio del paisaje natural, lo que enriquece y mejora la calidad de vida de las personas y beneficia a la sociedad (USDA, 1995). En consecuencia el paisaje se considera dentro de la escala de la ecología, y su análisis se realiza teniendo en cuenta elementos tanto biofísicos como antrópicos.

La Ecología del Paisaje es una disciplina que estudia la estructura, funcionamiento y cambios en el mosaico paisajístico, desde un área silvestre hasta un área urbana, visto desde una perspectiva ecológica, focalizada en el componente territorial (Forman & Godron, 1986). El territorio sufre continuamente modificaciones resultado de dinámicas como la presión urbana sobre áreas rurales, la simplificación de la matriz productiva, el avance de las áreas agrícolas sobre las áreas naturales, la adopción de lo urbano cada vez con mayor frecuencia como modalidad de vida, el aumento de la huella ecológica de las ciudades, la degradación de valores patrimoniales, etc. (Soba, 2012). Es por ello que se hace necesario caracterizar las dinámicas que influencian la transformación del paisaje de una forma integral, haciendo posible la evaluación de los componentes tanto naturales como culturales del territorio.

El paisaje se define como la apariencia general de un lugar incluyendo los atributos y particularidades de sus diferentes escenarios y perspectivas visuales (Galliano & Loeffler, 2000). Desde la Ecología del Paisaje, este se entiende como el escenario físico de un lugar producto de procesos naturales y/o antrópicos, que interactúan a diferentes escalas y proporciones (Eckbo, 1969). Por ende el paisaje se compone de elementos biofísicos (relieve, agua y vegetación) y elementos culturales (también llamados antrópicos) que,

dependiendo de la escala de análisis, pueden ser desde edificaciones hasta centros poblados, o desde pequeñas plantaciones hasta grandes áreas agroindustriales (Magill, 1992).

La caracterización del paisaje busca dar una impresión general del escenario resultante de la interacción entre los procesos naturales y las influencias humanas, por lo que se analizan principalmente dos elementos: las geoformas y las coberturas (Galliano & Loeffler, 2000). El primer elemento del paisaje es definido como las formas de la superficie terrestre y el segundo se entiende como la oferta ambiental y el uso que el hombre da a las mismas. De esta manera es posible analizar la apariencia biofísica del área geográfica en estudio y su relación con un contexto cultural.

La unidad fundamental para dicho análisis se denomina "unidad de paisaje local" y surge del cruce entre la información referente a geomorfología y coberturas. Por ende la unidad de paisaje local se define como una porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, conformada por un conjunto complejo de sistemas, producto de la actividad biofísica (de las rocas, agua, aire, biota) y de un contexto cultural (actividad del hombre), que por su fisionomía es reconocible y diferenciable de otras vecinas (Zonneveld, 1989).

5.1.3.1 Unidades de paisaje local

Para determinar las unidades de paisaje regional, se parte del análisis del levantamiento fisiográfico y el de cobertura. La fisiografía se determina de acuerdo con el sistema de clasificación fisiográfica CIAF, 1997 (Villota H., 1997), y las coberturas por medio de la metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia. La escala de análisis es 1:25.000.

La caracterización fisiográfica presenta la clasificación de las geoformas en el contexto ambiental y su unidad fundamental lo constituye el paisaje fisiográfico y la caracterización de coberturas de la tierra relaciona las coberturas tanto antrópicas como naturales.

5.1.3.2 Descripción del proyecto frente al componente paisajístico

El paisaje del área de influencia se clasifica dentro de la segunda categoría definida por la UNESCO como "paisajes evolucionados orgánicamente". Es decir que su forma y apariencia actual es resultado de la interacción de procesos sociales, económicos y político/administrativos junto con el ambiente natural (UNESCO, 2008). Dichos paisajes reflejan claramente su evolución al analizar la interacción entre sus sistemas naturales y antrópicos (también llamados culturales). En este sentido la caracterización del paisaje busca comprender la estructura, funcionamiento y evolución del paisaje, teniendo en cuenta dichos sistemas.

5.1.3.2.1 Unidades de paisaje fisiográfico

El modelo fisiográfico integra múltiples elementos de análisis de la dimensión espacial y

temporal relacionados con las geoformas, hidrología, litología, relieve, clima, flora, fauna y la acción antrópica.

En la Clasificación Fisiográfica del Terreno, la unidad de paisaje constituye el elemento fundamental de análisis que permite ordenar la investigación física y biótica, gracias a que varios factores responsables de la morfogénesis, son los mismos que originaron la diferenciación de los perfiles edáficos y la distribución de la vegetación (Villota H. , 1997).

Por lo tanto, cuando se comprende la relación que existe entre la ocurrencia de un tipo determinado de comunidad biótica y el paisaje donde sucede, es posible hacer generalizaciones y extrapolaciones válidas de los resultados con relativa seguridad (Villota, 1992).

La información fisiográfica suministrada permite tener una comprensión integral de los aspectos físicos y bióticos en las áreas de influencia ya que sirve de base para realizar los muestreos del componente biótico y facilita las labores del diseño de estratificación para el inventario forestal y es la base objetiva para la calificación del paisaje en cuanto a calidad y fragilidad visual.

Se efectúa el Análisis Fisiográfico de la zona de estudio conforme al Sistema CIAF-1997 de Clasificación Fisiográfica del Terreno el cual permite jerarquizar una zona, de lo general a lo particular, en cinco categorías como son:

- Provincia fisiográfica
- Unidad climática
- Gran Paisaje
- Paisaje
- Subpaisaje

Se realizó la interpretación digital en pantalla con Arcgis 10.1, haciendo uso de imágenes de radar en banda L denominado Palsar_Alos1, superior a la resolución de los modelos SRTM y Aster-GDEM 2, las cuales tienen cubrimiento sobre todo el territorio. También se realizó interpretación con imágenes Rapideye y ortofotos.

5.1.3.2.1.1 Provincias Fisiográficas

Es la primera categoría del sistema equivalente a una región morfológica que permite al usuario ubicarse espacialmente dentro de la región. En esta categoría pueden prevalecer una o más unidades climáticas, estando constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial (Villota, 1992).

Las relaciones de parentesco geológico se refieren a la litología y estructuras predominantes

en los relieves iniciales, ligadas a procesos endógenos (tectodinámicos) que los originaron. Las relaciones topográficas se consideran a nivel de macrorrelieve, o sea, a nivel regional, y las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición de la unidad en el contexto medioambiental.

Para el área de influencia del proyecto comprende una única provincia fisiográfica y esta corresponde a la Cordillera Central Vertiente Occidental.

5.1.3.2.1.2 Unidad Climática

La unidad climática es una división de la provincia fisiográfica caracterizada por una temperatura promedio anual y una condición de humedad lo suficientemente homogéneas como para reflejarse en la evolución del relieve y de sus suelos, así como una cobertura vegetal y/o uso de la tierra específicos ((Villota, 1992), (Villota H., 1997) y (Villota H., 2005)).

Para el área de influencia del proyecto se identificaron 2 unidades climáticas representativas; la unidad templado seco se ubica entre los 1000 y los 2000 msnm, con precipitaciones entre de 500 a 1000 mm y temperaturas que oscilan entre 18 y 24 ºC; la unidad cálido seco, se presenta en alturas entre los 500 y los 1100 msnm, con temperaturas mayores a los 24 °C y precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm.

5.1.3.2.1.3 Gran Paisaje

La unidad de Gran Paisaje corresponde al tercer nivel de la clasificación fisiográfica la cual debe estar asociada a una unidad climática. Comprende complejos de paisaje con relaciones de afinidad de tipo climático, geo genético, litológico y topográfico (Villota H., 1997).

Para el área de influencia del proyecto se identificaron dos unidades de Gran Paisaje; Relieve Montañoso Fluvio-Gravitacional, asociado a material proveniente de erupciones volcánicas y otros, como rocas ígneas y metamórficas, que dada la actividad volcánica presentan complejos asociados a cenizas, también se evidencian depósitos aluviales y coluviales mixtos; Relieve montañoso estructural plegado el cual está asociado a Colinas en Rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas); Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá, cuyo material parental está asociado principalmente al depósito de sedimentos aluviales y rocas sedimentarias, como resultado de la dinámica de las aguas y el arrastre de diferentes materiales por parte de los ríos Cauca y Aurrá (IGAC, 2007).

5.1.3.2.1.4 Paisajes y Subpaisajes

El paisaje constituye la unidad fisiográfica más homogénea en cuanto a su origen, composición, edad y características climáticas, morfológicas y edáficas. El subpaisaje es una subdivisión del paisaje establecida con criterios prácticos, relacionados con el uso y manejo potencial de los suelos (Villota H., 1997).

El paisaje fisiográfico comprende porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica, que puede describirse en términos de unas mismas características mesoclimáticas, morfológicas, de material litológico y/o edad, dentro del cual se espera una alta homogeneidad (Villota H., 1997).

El subpaisaje, última categoría del sistema constituye una división del paisaje, establecida según la posición dentro del mismo (ladera, plano superior, talud, etc.), y caracterizada por uno o más atributos morfométricos: v gr. forma y grado de la pendiente, tipo y grado de remoción en masa, grado de disección, clase de condición de drenaje, entre otros aspectos (Villota H., 1997).

Para el área de influencia se identificaron diferentes tipos de unidades fisiográficas, las cuales se describen en la Tabla 5-9 junto con su porcentaje de participación.

Tabla 5-9 Leyenda fisiográfica de paisaje

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Cordillera Central Vertiente Occidental	Templado Seco	Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	A5.2	363,59	10,61%
	Cálido seco		Crestas ramificadas en Rocas ígneas plutónicas modificadas (gabros)	A7.1	45,19	1,32%
		Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá.	Colinas	B1.1	651,00	19,01%
				B1.2	275,80	8,05%
				B1.3	549,48	16,04%
			Abanicos de terraza en sedimentos aluviales	B2.1	142,18	4,15%
				B2.2	39,57	1,16%
				B2.3	7,30	0,21%
				B2.4	280,89	8,20%
				B2.5	21,99	0,64%
				B2.6	1,34	0,04%
			Valle aluvial de los ríos Cauca y Aurra	B3.1	584,93	17,08%
Cuerpos de Agua				CA	173,27	5,06%
Zonas Urbanas				ZU	288,75	8,43%
				Total	**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.2 Coberturas

Las coberturas identificadas por el componente biótico, con base en la metodología de Corine Land Cover, adaptado para Colombia, se agruparon de acuerdo a su funcionalidad y características morfológicas, obteniendo como resultado cuatro categorías diferenciables por sus dinámicas, que nos permitirán delimitar zonas homogéneas.

En la Tabla 5-10 se presenta la clasificación de las coberturas dentro de estas categorías de zonas homogéneas.

Tabla 5-10 Zonas Homogéneas para la Unidad Funcional 2.1

Zonas Homogéneas	Uso	Uso Actual	Cobertura
Conservación	Forestal-Protectora	CFP	Bosque de galería
			Bosque denso bajo de tierra firme
			Bosque fragmentado con vegetación secundaria
	Recuperación	CRE	Arenales
			Playas
			Remoción en masa
	Recursos Hídricos	CRH	Cuerpos de agua artificiales
			Ríos
Agrícola	Cultivos Transitorios Semintensivos	CTS	Mosaico de cultivos
			Mosaico de pastos con espacios naturales
			Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos
			Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos
			Mosaico de pastos y cultivos
Ganadería	Pastoreo Extensivo	PEX	Pastos arbolados
			Pastos enmalezados
			Pastos limpios
Zonas Urbanas	Zonas Urbanas	ZU	Explotación de materias de construcción
			Tejido urbano continuo
			Tejido urbano discontinuo
			Vía pavimentada
			Vivienda rural dispersa
			Vivienda rural nucleada
			Zonas de extracción minera
Agroforestal	Silvopastoril	SPA	Pastos arbolados
	Silvoagrícola	SAG	Mosaico de pastos limpios y cultivos
	Agrosilvopastoril	SAP	Mosaico de pastos arbolados y cultivos

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Las zonas correspondientes a la categoría forestal-protectora, son áreas que no han sufrido gran intervención humana y las zonas referentes a Zonas Urbanas, Pastoreo Extensivo, Cultivos Transitorios Semintensivos y Agroforestales son referentes a zonas donde las transformaciones humanas han estado en función de las dinámicas socio-ambientales; por otro lado, las zonas categorizadas como Recuperación y Recursos Hídricos corresponden a zonas que son sensibles ante la intervención humana, ya sea porque han sido altamente degradadas (por minería por ejemplo) o que representan un gran valor ecosistémico (fuentes de agua naturales).

5.1.3.2.3 Determinación de unidades de paisaje

Como resultado de la confrontación de las unidades fisiográficas de paisaje y de las coberturas clasificadas en usos, se obtuvieron 26 unidades de paisaje para el área de influencia. En laTabla 5-11 se presentan las unidades de paisaje natural identificadas en el área de influencia de la unidad funcional 2.1, en función de la Fisiografía y el Uso Actual.

Tabla 5-11 Unidades de Paisaje Natural

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Cordillera Central Vertiente Occidental	Templado Seco	Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	A5-Agroforestal	12,33	0,36%
				A5-Conservación	334,61	9,77%
				A5-Ganadera	13,37	0,39%
				A5-Urbano	3,28	0,10%
			Crestas ramificadas en Rocas ígneas plutónicas modificadas (gabros)	A7-Agroforestal	1,60	0,05%
	Cálido seco			A7-Conservación	41,68	1,22%
				A7-Ganadera	1,91	0,06%
		Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá.	Colinas	B1-Agrícola	1,67	0,05%
				B1-Agroforestal	27,74	0,81%
				B1-Conservación	1.316,04	38,42%
				B1-Ganadera	43,44	1,27%
				B1-Urbano	87,40	2,55%
			Abanicos de terraza en sedimentos aluviales	B2-Agroforestal	71,80	2,10%
				B2-Conservación	316,73	9,25%
				B2-Ganadera	64,12	1,87%
				B2-Urbano	40,62	1,19%
			Valle aluvial de los ríos Cauca y Aurrá	B3-Agroforestal	60,19	1,76%
				B3-Conservación	396,28	11,57%
				B3-Ganadera	73,87	2,16%
				B3-Urbano	54,60	1,59%

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
			CA-Agroforestal		0,07	0,00%
			CA-Conservación		173,17	5,06%
			CA-Ganadera		0,03	0,00%
			ZU-Conservación		0,00	0,00%
			ZU-Ganadera		0,01	0,00%
			ZU-Urbano		288,75	8,43%
			Total general		**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Las unidades de paisaje más representativas en el área de influencia corresponden a B1-Conservación con un porcentaje de cobertura de 38,42%, en orden le sigue la Unidad B3-conservación con un cobertura del 11,57% le siguen las unidades de paisaje A5-Conservación y B2-Conservación con porcentajes de participación cercanos 9,77 y 9,25% respectivamente seguido encontramos la unidad CA-Conservación con un 5,06%, mientras que las unidades restantes presentan porcentajes de cobertura menores o iguales al 5%.

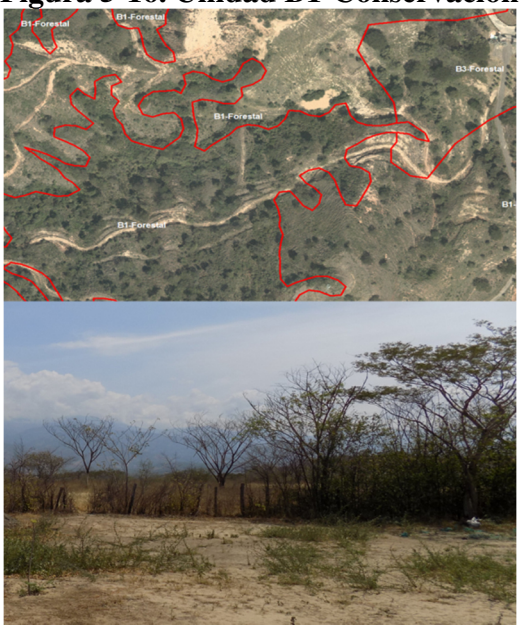
5.1.3.2.4 Descripción de las unidades de paisaje

Con el fin de realizar la caracterización de las unidades de paisaje se tuvo en cuenta dos grandes clasificaciones o tipo de paisaje: el paisaje Natural y/o Rural y el paisaje Urbano. A continuación se realiza la descripción de las unidades con mayor representatividad en el área de influencia.

5.1.3.2.4.1 Unidad B1-Conservación

Esta unidad de paisaje se ubica en las colinas del valle aluvial intramontano del río Aurrá, cubriendo el 38,42% del área de influencia del proyecto. Está asociado a las coberturas de Bosque denso bajo de tierra firme, arbustales abiertos, arbustales densos altos, herbazales densos de tierra firme con arbustos y vegetación secundaria alta y baja. En la Figura 5-16 se observa la vista aérea y panorámica de la unidad descrita.

Figura 5-16. Unidad B1-Conservación

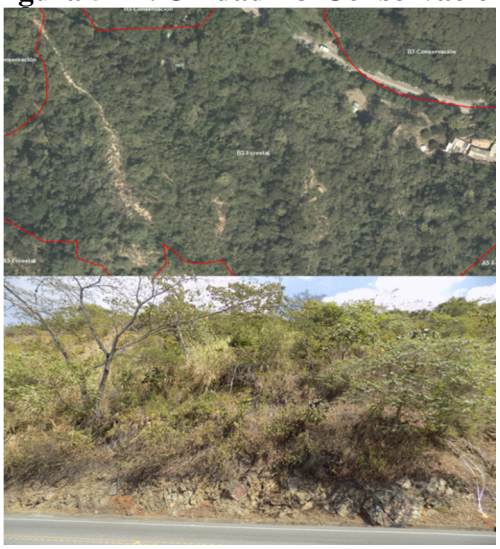


Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.2 Unidad B3-Conservación

Esta unidad se ubica principalmente en el valle aluvial intramontano del río Cauca y Aurrá y en áreas cercanas a la quebrada la clara, ocupando un 11,57% del área de influencia. Está asociada a las coberturas de arbustales densos, herbazal, vegetación secundaria alta y baja. En la Figura 5-17 se observa la vista aérea y panorámica de la unidad.

Figura 5-17. Unidad B3-Conservación



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.3 Unidad A5-Conservación

Esta unidad de encuentra dentro del relieve montañoso estructural plegado conformado por colinas en rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas). Los recursos hídricos en esta unidad se encuentran presentes y dominantes.

Figura 5-18. Unidad A5-Conservación



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.2.4.4 Unidad CA-Conservación

Se encuentra dentro del paisaje crestas ramificadas en rocas ígneas plutónicas modificadas (gabros), con un área de 173,17 Ha., está configurada por los ríos cauca Aurrá, por la quebrada La Clara, caracterizado por gran variedad de vegetación.

Fotografía 5-1 Unidad CA-Conservación



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.3.3 Calidad Visual del Paisaje

La evaluación del paisaje tiene como marco de referencia las unidades de paisaje fisiográfico, las cuales son valoradas considerando atributos claramente visibles en

imágenes de sensores remotos y en terreno como son las geoformas y la cobertura.

Se hace uso de las ventajas que ofrece la identificación de unidades de paisaje ya que tienen una alta homogeneidad hacia su interior en cuanto a sus características climáticas, morfológicas, de material litológico, edad, dentro de las cuales puede esperarse una alta homogeneidad pedológica, así como una cobertura vegetal o un uso de la tierra similares.
El paisaje evaluado aquí, se refiere a un escenario natural constituido tanto por la geoforma como por la cobertura asociada ya sea natural o antrópica.

De esta forma se precisa una unidad espacial claramente visible en terreno y en imágenes de sensores remotos y se evita las dificultades que han existido en los estudios ambientales con una definición vaga del concepto de paisaje.

Para la evaluación de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto del Bureau of Land Management (Bureau of Land Management, 1980). Este método se basa en la evaluación de las características visuales básicas de los componentes del paisaje. Se asigna un puntaje a cada componente según los criterios de valoración, y la suma total de los puntajes parciales determina la clase de calidad visual, por comparación con una escala de referencia. En la Tabla 5-12 se presentan los criterios y puntuaciones que fueron identificados para cada componente del paisaje.

Tabla 5-12 Criterios de valoración y puntuación para evaluar la calidad visual del paisaje BLM (1980)

Componente	Criterios de valoración y puntuación		
Morfología	Relieve montañoso, marcado y prominente o bien releve de gran variedad superficial o muy erosionado, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominante	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales	Colinas suevas, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular
	6	3	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación con formas, texturas y distribución interesante	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos.	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.
	5	3	1
Agua	Factor dominante en el paisaje, limpio y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje	Ausente o inapreciable
	5	3	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados

Componente	Criterios de valoración y puntuación		
		actúa como elemento dominante	
	5	3	1
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	3	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región.
	6	2	1
Actuación humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas que reducen o anulan la calidad escénica
	2	0	

Fuente: (Bureau of Land Management, 1980)

En la Tabla 5-13 se presentan las clases utilizadas para evaluar la calidad visual.

Tabla 5-13 Clases utilizadas para evaluar la calidad visual y puntaje

Clase	Descripción	Puntaje
Clase A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes.	19-33
Clase B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	12-18
Clase C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poco variedad en la forma, color, línea y textura.	0-11

Fuente: Land Management (BLM, 1980)

La evaluación se realizó en campo para cada una de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia. Los resultados indican que la calidad visual en el área es calidad media (B) y alta (A) para las unidades de paisajes, cuyos rasgos poseen cierta variedad, pero resultan comunes en la región estudiada, pero no son excepcionales y otros que poseen rasgos singulares y sobresalientes.

En la Tabla 5-14 se presenta la evaluación para cada una de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia.

Tabla 5-14 Evaluación de la calidad visual para cada unidad de paisaje

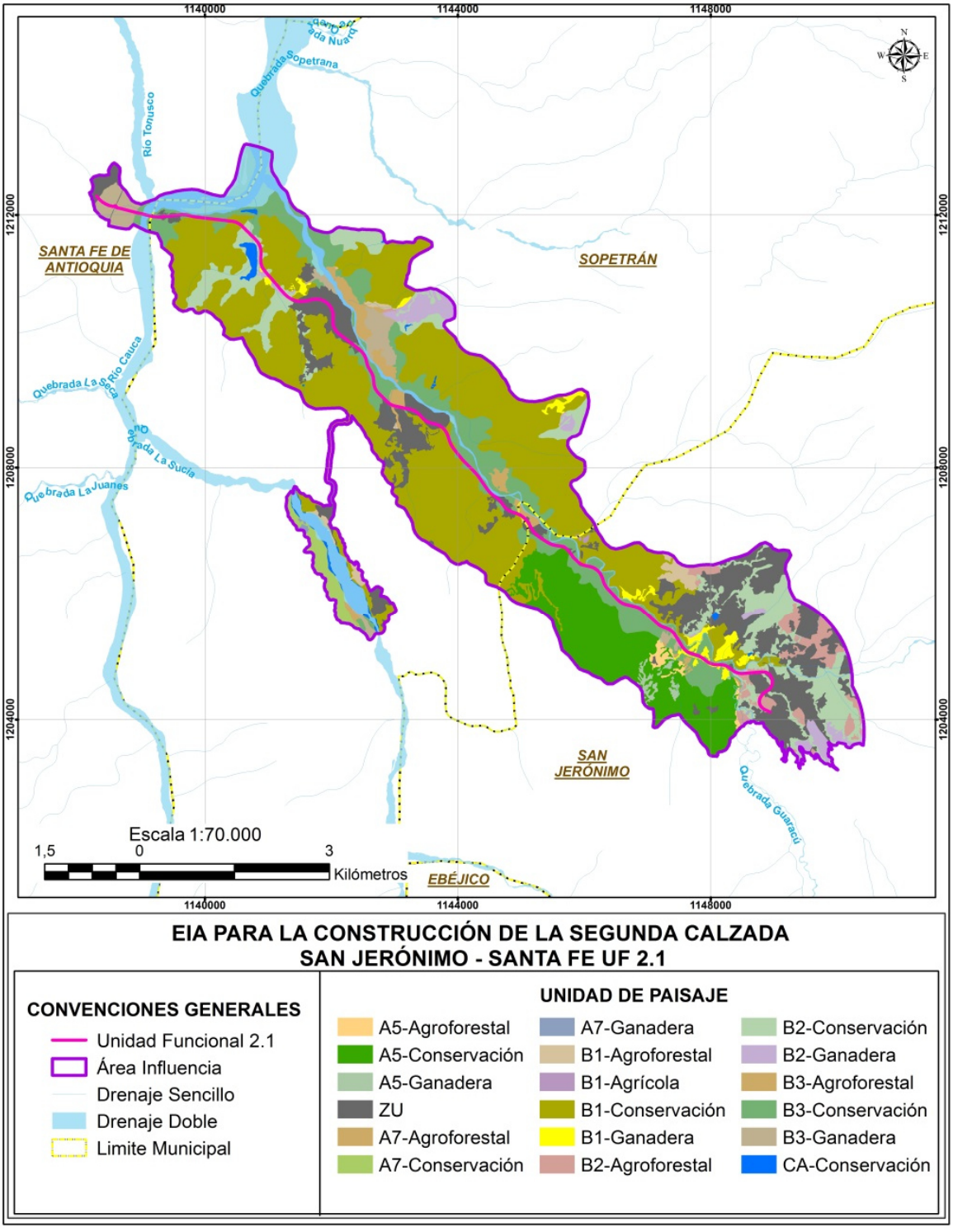
Unidad paisaje	Geomorfología	Fauna	Vegetación	Agua	Color	Fondo Escénico	Rareza	Actuación Humana	Total	Calidad Visual
A5-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
A5-Conservación	5	1	5	3	5	3	2	0	24	Clase A
A5-Ganadera	3	1	1	3	3	5	1	0	17	Clase B
A7-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
A7-Conservación	5	1	5	3	5	3	2	0	24	Clase A
A7-Ganadera	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
B1-Agrícola	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
B1-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
B1-Conservación	3	1	3	3	3	5	1	0	19	Clase A
B1-Ganadera	5	1	1	3	5	5	2	0	22	Clase A
B2-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
B2-Conservación	3	1	3	3	5	3	2	0	20	Clase A
B2-Ganadera	5	1	1	3	3	3	2	0	18	Clase B
B3-Agroforestal	3	1	3	3	3	3	2	0	18	Clase B
B3-Conservación	5	1	3	3	5	3	2	0	22	Clase A
B3-Ganadera	3	1	1	3	3	3	1	0	15	Clase B
CA-Agroforestal	3	2	3	5	5	5	2	0	25	Clase A
CA-Conservación	5	1	5	5	5	5	2	0	28	Clase A
CA-Ganadera	3	2	3	5	3	3	2	0	21	Clase A

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

La calidad visual del área de influencia presenta como categoría predominante las áreas con calidad alta con una participación del 76,50% que equivale a 2.615,19 Ha, el 75,23% del paisaje natural corresponde a unidades de Conservación.

Un 9,61% corresponde a la calidad visual Media que equivale a 328,60 Ha representadas primordialmente por zonas o paisajes ganaderos. El 13,89% restante pertenece a paisajes urbanos que serán descritos más adelante. La distribución espacial de la calidad paisajística se muestra en la Figura 5-19 y la Tabla 5-15.

Figura 5-19. Distribución espacial de la calidad visual del paisaje



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Tabla 5-15 Distribución Espacial de la Calidad Paisajística

Tipo de paisaje	Calidad visual	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Natural y rural	Clase A	A5-Conservación	334,61	9,77%
		A7-Conservación	41,68	1,22%
		B1-Conservación	1.316,04	38,42%
		B1-Ganadera	43,44	1,27%
		B2-Conservación	316,73	9,25%
		B3-Conservación	396,28	11,57%
		CA-Agroforestal	0,07	0,00%
		CA-Conservación	173,17	5,06%
		CA-Ganadera	0,03	0,00%
	Clase B	A5-Agroforestal	12,33	0,36%
		A5-Ganadera	13,37	0,39%
		A7-Agroforestal	1,60	0,05%
		A7-Ganadera	1,91	0,06%
		B1-Agrícola	1,67	0,05%
		B1-Agroforestal	27,74	0,81%
		B2-Agroforestal	71,80	2,10%
		B2-Ganadera	64,12	1,87%
		B3-Agroforestal	60,19	1,76%
		B3-Ganadera	73,87	2,16%
Urbano	Clase B	ZU-Conservación	0,00	0,00%
		ZU-Ganadera	0,01	0,00%
		ZU-Urbano	288,75	8,43%
		B1-Urbano	87,40	2,55%
		A5-Urbano	3,28	0,10%
		B2-Urbano	40,62	1,19%
	Clase C	B3-Urbano	54,60	1,59%
Total			**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.4 Calidad Visual del Paisaje Urbano

La calidad vidual se determina a partir de la calificación de los parámetros que conforman el paisaje urbano, en este caso se hizo una homologación del método indirecto del Bureau of Land Management (Bureau of Land Management, 1980). El objetivo es analizar la presencia de valores estéticos en el medio, tales como, geoformas (o morfología urbana en el caso de la unidad de paisaje urbano), presencia de vegetación, cuerpos de agua, contraste de color, fondo escénico, rareza, actuación humana (infraestructuras, edificaciones patrimoniales etc.). La Tabla 5-16 describe los parámetros para la evaluación de la calidad visual del paisaje urbano.

Tabla 5-16 Homologación para paisaje urbano del método indirecto (BLM, 1980)

CALIDAD VISUAL			
Componente	**Criterios de valoración y puntuación**		
Edificaciones (E)	Construcciones homogéneas, con materialidad, textura y escala similares y en buen estado. Construcciones o intervenciones puntuales que se adaptan al entorno	Construcciones homogéneas en sitios puntuales, buen estado de construcciones con conservación parcial de estructura, forma y materialidad. Deterioro moderado de algunas de ellas	Construcciones heterogéneas, con diferencia de escala, materialidad y composición entre ellas, deterioro notable en algunas de ellas
	5	3	1
Elementos históricos y culturales (HC)	Presencia de intervenciones o construcciones de carácter patrimonial o de conservación, destacados por su arquitectura y legado cultural en la zona. Reconocimiento por parte de la sociedad	Elementos culturales puntuales, pero no especialmente reconocido por sus habitantes. Mantenimiento moderado a bajo de dichos monumentos	Ausencia total de monumentos, o monumentos en estado de deterioro considerable
	5	**3**	**1**
Espacio público (EP)	Intervenciones arquitectónicas de espacio público notables, con formas y escalas que se adaptan a las zonas circundantes con reconocimiento por parte de los habitantes	Algunas intervenciones funcionales que no exaltan visualmente	Ausencia de intervenciones necesarias, espacio público deteriorado y con funcionalidad ajena a su objetivo
	5	3	1
Vías e infraestructura (V)	Vías en buen estado, con iluminación y señalización adecuada. Redes de servicio público funcionales	Vías con algún deterioro parcial moderado. Iluminación adecuada pero parcializada.	Vías deterioradas, infraestructura con falta de mantenimiento y sin funcionalidad
	5	**3**	**1**
Arborización y zonas verdes (ZV)	Alta presencia de arborización urbana en andenes, alamedas y espacio público en general, armonizado con su contexto. Mantenimiento constante.	Presencia moderada de zonas verdes y parques, generalmente con un mantenimiento moderado a bajo y arborización escasa en espacio público	Ausencia de espacios públicos de recreación, arborización ausente o escasa en estado de deterioro notable
	5	**3**	**1**
Agua (A)	Factor importante en el paisaje, limpia y clara, presente en el espacio público ya sea en movimiento o reposo.	Factor sin mucha importancia en el paisaje, con alguna presencia en el espacio público.	Ausente o inapreciable
	5	**3**	**0**
Color (C)	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados
	5	**3**	**1**

CALIDAD VISUAL			
Componente	**Criterios de valoración y puntuación**		
Fondo escénico (F)	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto
	5	**3**	**0**
Residuos (R)	Ausencia de residuos, existencia de sitios especializados para su disposición y manejo	Presencia parcial de residuos en zonas visibles de la ciudad, zonas de disposición habilitadas	Presencia notoria de residuos, sin espacios o mobiliario para su disposición. Grandes acopios de basura visibles y cerca de zonas residenciales
	5	**1**	**0**
Singularidad o Rareza (SR)	Único, poco corriente o muy raro en la región	Característico, aunque similar a otros en la región	Bastante común en la región
	6	**2**	**1**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

La Tabla 5-17 muestra los rangos de puntuación y las clases de calidad visual que pueden obtenerse.

Tabla 5-17 Escala de notación para clasificación de la calidad visual urbana

Clase	Descripción	Puntaje
A	Áreas de calidad alta, áreas con rasgos singulares y sobresalientes	De 39 a 51
B	Áreas de calidad media, áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	De 17 a 39
C	Áreas de calidad baja, áreas con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura.	De 0 a 17

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

La Tabla 5-18 muestra los resultados de la evaluación de la calidad visual para las 6 unidades de paisaje urbano definidas en el área de influencia de la unidad funcional 2.1 del proyecto Vía al Mar 1. Todas las unidades presentan una calidad visual clase B, a excepción de la unidad B3-Urbano, la cual presentó una calidad clase C.

Tabla 5-18 Evaluación de la Calidad Visual de las Unidades de Paisaje Urbano

Unidad de Paisaje	E	V	ZV	A	C	F	SR	R	HC	EP	Puntaje	Clase
ZU-Conservación	1	1	3	1	3	3	3	3	3	2	23	Clase B
ZU-Ganadera	1	1	3	1	3	3	1	3	1	2	19	Clase B
ZU-Urbano	1	1	3	3	3	3	3	3	1	2	23	Clase B

Unidad de Paisaje	E	V	ZV	A	C	F	SR	R	HC	EP	Puntaje	Clase
B1-Urbano	1	1	1	3	3	3	3	3	1	2	21	Clase B
B2-Urbano	1	1	3	1	3	3	1	3	1	1	18	Clase B
B3-Urbano	1	1	1	1	3	3	1	3	1	1	16	Clase C

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.5 Análisis de la Visibilidad

El análisis visual del paisaje tiene como objetivo determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, simultáneamente o en secuencia (Otero, 2009), que para el caso se define como el eje de la vía.

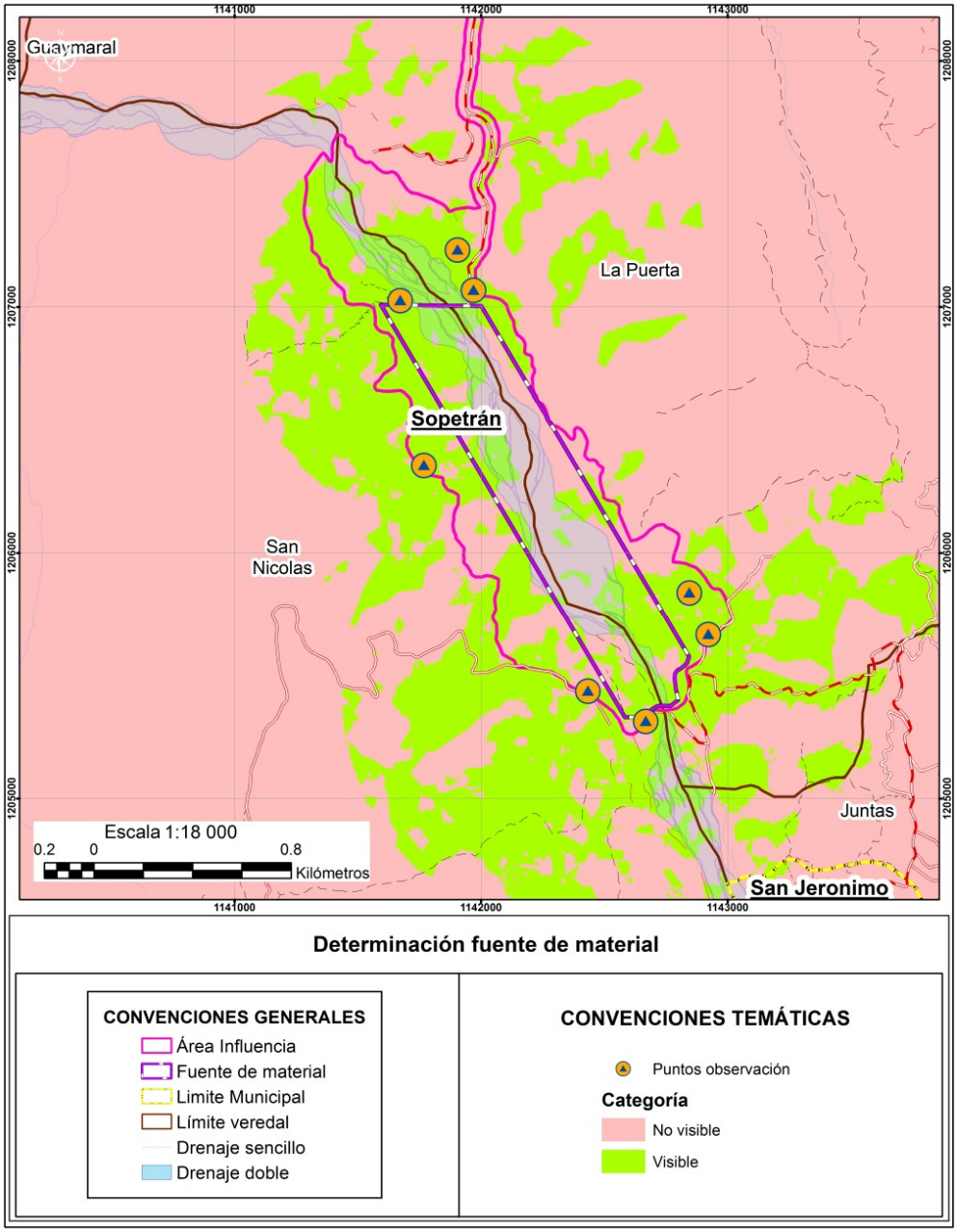
El análisis de visibilidad se realizó mediante el sofware Arc-gis 10.3.1, a través de la extensión Spatial Analyst y la orden Viewshed 2. Para tal fin, se usó el modelo digital del terreno (DTM), obtenido del satélite japonés Alos a través del sensor Palsar, además del conjunto de puntos desde los cuales se requiere realizar el cálculo de la visibilidad, que para el caso del proyecto fueron las intercepciones del trazado de la vía nueva con las vías secundarias y centros poblados.

Para el caso del proyecto se realizaron dos análisis de visibilidad del área de influencia donde uno de los análisis corresponde a la zona de extracción de materiales, este procedimiento se realizó ya que esta zona específica será fuente de obtención de material de arrastre proveniente de un cuerpo de agua y como tal sufrirá una afectación mayor y gradual cambiando factores tanto ambientales como culturales mediante la alteración del uso del suelo, presenta también vía de acceso directa y se encuentra se encuentra rodada por un sitio de interés paisajístico (ecoparque el gaitero) y la zona urbana ubicada en el municipio de sopetran vereda La Puerta, ver Figura 5-20.

El procedimiento que realiza la herramienta Viewshed, es referenciar cada píxel que forma la vía en el trazo dentro del shape y empezar a simular la observación desde los puntos de los observadores en todas las direcciones teniendo en cuenta la morfología del terreno, esto para determinar la visibilidad desde cada píxel. Este proceso se repite para todas las celdas que forman el eje vial, dando lugar al mapa representado en la Figura 5-21.

La visibilidad de la vía se categorizó en tres clases de acuerdo a la frecuencia de observación determinada por el software. Estas clases son visibilidad alta, media y baja. Observando la Figura 5-21 se puede evidenciar que las áreas con visibilidad alta son las que corresponden a centros urbanos o a vivienda rural nucleada, dispuesta sobre la vía, en donde hay presencia de paraderos y viviendas a borde de carretera

Figura 5-20. Visibilidad de la zona de extracción de materiales

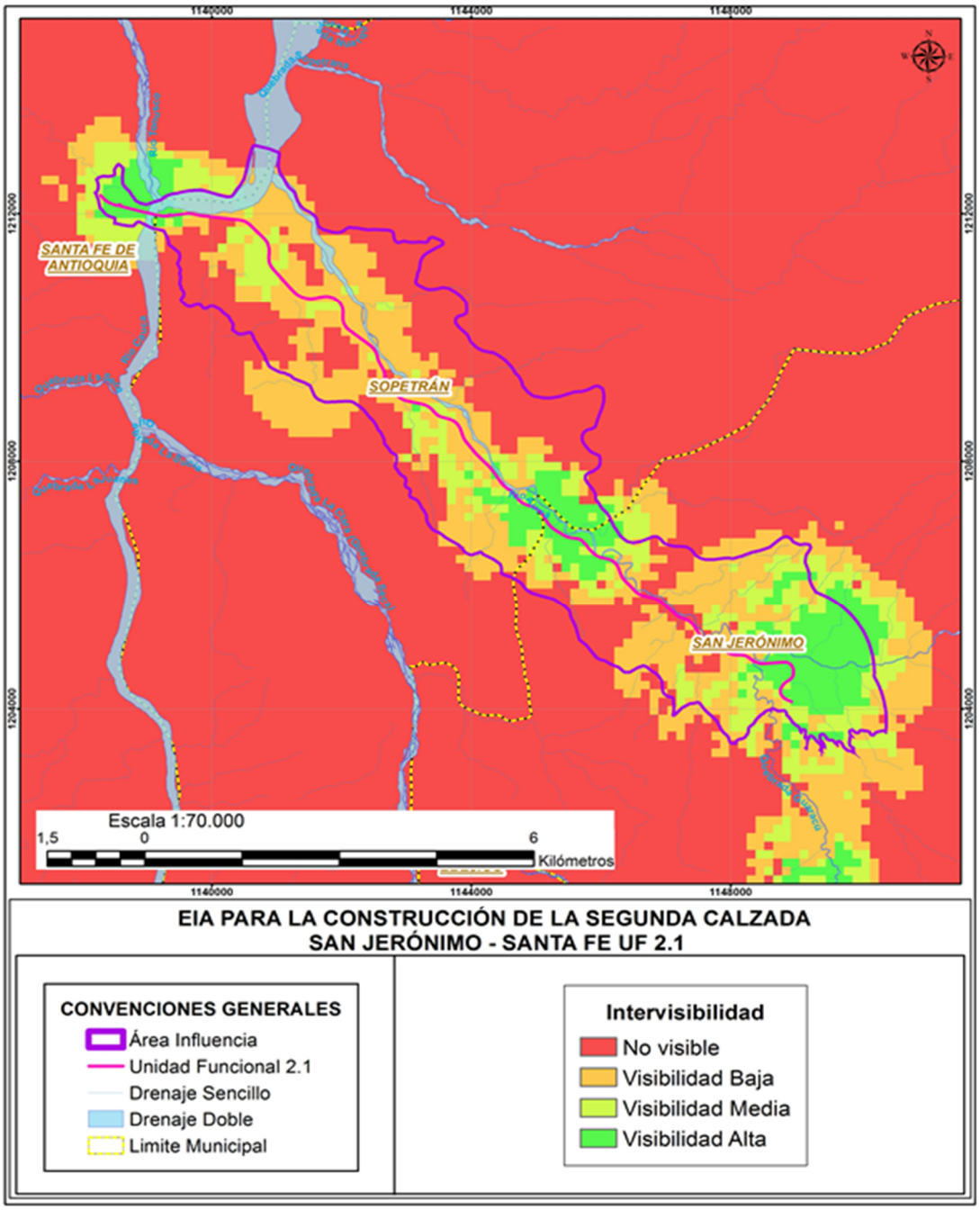


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

Para el área de influencia correspondiente a la zona de extracción de materiales se identificaron dos categorías de visibilidad Visible y no visible, como vemos en la Figura 5-20, la categoría visible presenta dos zonas de concentración las cuales corresponden a un primer sector donde se encuentra un centro poblado o vivienda rural nucleada localizada muy cerca de la vía de acceso (sector norte), se caracteriza por presentar vía tipo 4 y estar ubicado al margen oriental de la quebrada La Clara que al mismo tiempo es conocido como

sitio de interés paisajístico y un sector dos correspondiente a la parte final del polígono de explotación (al sur del polígono) conformados por vías tipo 5, 6 y 7 y por un sitio de interés paisajístico denominado Ecoparque El Gaitero. De acuerdo a estas características presentadas el sector 2 se define con una magnitud de impacto muy Alto.

Figura 5-21. Visibilidad del área de influencia del corredor vial



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.3.6 Sitios de Interés Paisajístico

Los sitios de interés paisajístico se determinaron teniendo en cuenta la calidad visual y las encuestas realizadas a los habitantes de la región. Dentro de estos resaltan la aglomeración de centros recreacionales en el municipio de San Jerónimo y el Ecoparque El Gaitero reconocido por su vegetación e infraestructura.

Por otro lado está el conjunto de los centros recreacionales ubicados en torno a San Jerónimo, que debido a su apariencia agradable e infraestructura llamativa son referidos por los habitantes de la región como sitios de interés paisajístico.

5.1.3.7 Percepción de la Comunidad Como referente de su Entorno Físico

Para la evaluación de la percepción de la comunidad respecto al paisaje se realizaron encuestas a personas residentes en el área.

Se entrevistó al señor Carlos Giraldo quien comentaba que de por sí el paisaje antioqueño está muy arraigado a los sistemas montañosos y quebrados, pero que sin embargo, debido a la deforestación y la minería se ha perdido mucho de la calidad visual de las montañas.

Comentan también que el paisaje urbano del área de influencia esta beneficiado por la presencia de vegetación y de agua, sin embargo hay preocupación por el efecto del aumento demográfico en la zona rural, debido a que consideran que ha aumentado la deforestación y la presencia de basuras en la región.

Fotografía 5-2 Vista Aérea de Complejo Recreacional. San Jerónimo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Fotografía 5-3 Ecoparque El Gaitero



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.4 Suelos y uso de la tierra

Se realiza la caracterización del componente suelos teniendo como base el Análisis Fisiográfico, que consiste en la interpretación de imágenes de la superficie terrestre que se basa en la relación paisaje-suelo. Se asume, tal como lo hace el Manual de levantamientos de suelos (USDA, 1951), que los suelos son perfiles tanto como paisajes.

El sistema de clasificación fisiográfica del terreno permite jerarquizar una zona de lo general a lo particular, en diferentes categorías. Al ser un método multicategórico de clasificación del terreno, involucra la mayoría de los elementos medioambientales comprometidos en la génesis de las geoformas y sirve de base para la realización de los diferentes niveles de levantamientos de suelos, así como la zonificación física de tierras y caracterización ecológica, ya que permite visualizar en forma clara la relación clima - paisaje - suelo – vegetación- uso de la tierra.

En la Clasificación Fisiográfica del Terreno, la unidad de paisaje constituye el elemento fundamental de análisis que permite ordenar la investigación física y biótica, gracias a que varios factores responsables de la morfogénesis, son los mismos que originaron la diferenciación de los perfiles edáficos y la distribución de la vegetación

Según Villota (1997), el suelo es un componente del paisaje fisiográfico pero sus características morfológicas, físicas, químicas, mineralogías resultan de la interacción de los restantes componentes de ese paisaje como son: relieve, material litológico y cobertura vegetal; todos actuando bajo un mismo clima, en un lapso de tiempo determinado.

El sistema tiene una estructura piramidal cuyo vértice lo constituyen las Estructuras geológicas a nivel continental, a saber:

- Cordilleras de plegamiento
- Escudos o cratones
- Geosinclinales o grandes cuencas de sedimentación.

A partir de las anteriores unidades, surgen cinco categorías o niveles de generalización fisiográfica; que de lo general a lo particular son:

- Provincia fisiográfica.
- Unidad climática.
- Gran paisaje o Unidad Genética del relieve
- Paisaje
- Subpaisaje

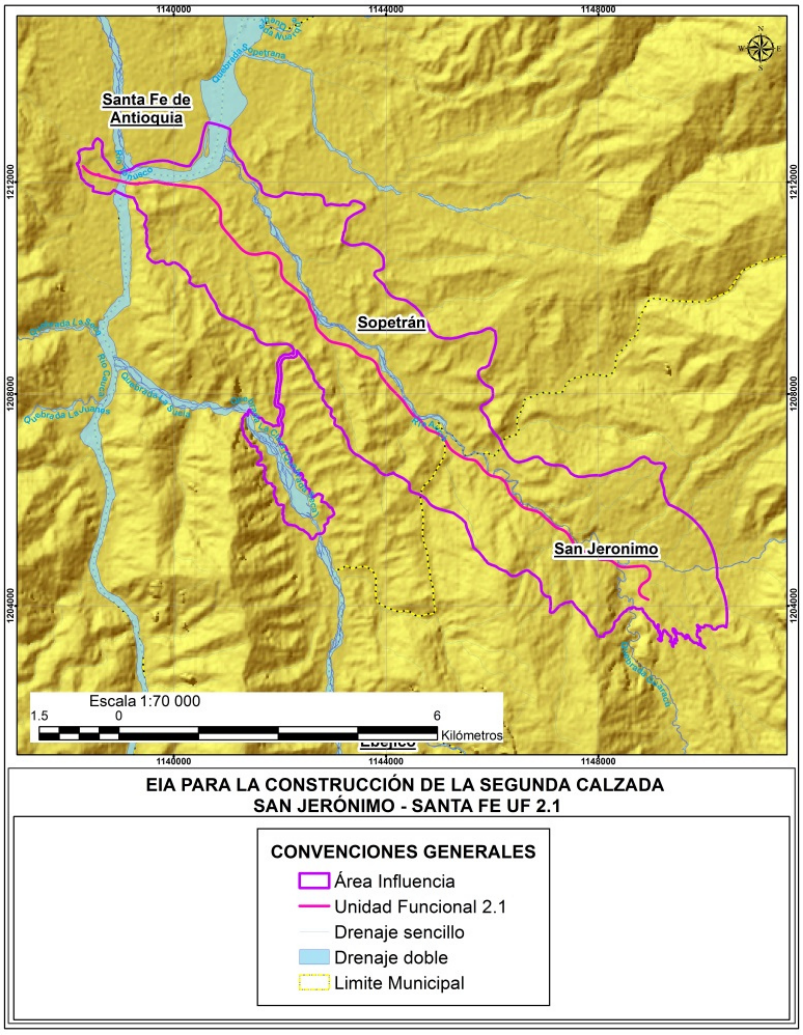
La determinación de las unidades de paisaje se realiza mediante la interpretación fisiográfica del terreno del área de influencia a nivel de subpaisaje, con base en el sistema

de Clasificación CIAF, 1997 (Villota H., 1997)

Se realizó la interpretación digital en pantalla con Arcgis 10.1, haciendo uso de imágenes de radar en banda L denominado Palsar_Alos1, superior a la resolución de los modelos SRTM y Aster-GDEM 2, las cuales tienen cubrimiento sobre todo el territorio nacional (Figura 5-22). También se realizó interpretación con imágenes Rapideye y ortofotos.

Para el área de influencia, la caracterización taxonómica de las unidades de paisaje, tienen como fuente principal el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, publicado en el año 2007 y verificaciones de campo que permitieron la definición de unidades fisiográficas interpretadas y la comprensión de los patrones de distribución de los suelos.

Figura 5-22. Imagen Palsar Alos 1



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.1 Análisis Fisiográfico

Como resultado de la interpretación fisiográfica del área de influencia, se obtiene la Leyenda en la cual se identifican categorías que van de lo regional a lo local y se definen a continuación.

5.1.4.1.1 Provincia Fisiográfica

Es la primera categoría del sistema equivalente a una región morfológica que permite al usuario ubicarse espacialmente dentro de la región. En esta categoría pueden prevalecer una o más unidades climáticas, estando constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, topográfico y espacial (VILLOTA, 1992)

Las relaciones de parentesco geológico se refieren a la litología y estructuras predominantes en los relieves iniciales, ligados a procesos endógenos (tecto-dinámicos) que los originaron. Las relaciones topográficas se consideran a nivel de macro-relieve, o sea, a nivel regional, y las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición de la unidad en el contexto medioambiental

Por su ubicación espacial y procesos geomorfoestructurales que le han dado origen, el área de influencia del proyecto comprende una provincia fisiográfica denominada Cordillera Central Vertiente Occidental, sobre la cual domina un relieve montañoso fluvio-gravitacional, aunque también están presentes los valles aluviales intramontanos de los ríos Cauca y Aurrá.

5.1.4.1.2 Unidad Climática

Para el área de influencia se identificaron cuatro unidades climáticas dentro de las cuales predomina con una presencia de 76% el clima Cálido Seco, que corresponde a altitudes entre los 0 y 1000 m, con precipitaciones entre 1000 y 2000 mm y temperaturas mayores a los 24ºC. En extensión le sigue el clima templado seco con una extensión de 11%, se ubica en altitudes entre 1000 y 1050 m, con temperaturas de 18 a 24ºC y precipitaciones anuales de 500 a 1000 mm.

5.1.4.1.3 Gran Paisaje

La unidad de Gran Paisaje corresponde al tercer nivel de la clasificación fisiográfica la cual debe estar asociada a una o varias unidades climáticas. Comprende complejos de paisaje con relaciones de afinidad de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico (Villota, 1997).

Para el área de estudio se identificaron dos grandes unidades genéticas de relieve o grandes paisajes de naturaleza contrastante. El primero es el Relieve Montañoso Fluvio-

gravitacional, en el que están presentes elevaciones que hacen parte de la cordillera central, cuya altura y morfología actuales no están en función del plegamiento de las rocas de la corteza, ni de actividad volcánica, sino exclusivamente de procesos exógenos degradacionales activados por la dinámica de las aguas y el viento con fuerte incidencia de la gravedad. Dentro de los materiales parentales de esta unidad genética se encuentran las rocas ígneas intrusivas, rocas metamórficas intrusivas, algunas rocas extrusivas muy antiguas y rocas sedimentarias consolidadas.

También están presentes los Valles Aluviales de los ríos Cauca y Aurrá, los cuales obedecen a áreas influenciadas por aportes longitudinales de sedimentos acarreados por los ríos mencionados, pueden encontrarse dispuestos en un solo plano o en varios niveles de terraza, cuyos escarpes y taludes están dispuestos en paralelo al valle.

5.1.4.1.4 Paisaje

El paisaje fisiográfico comprende porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultante de una geogénesis específica, que puede describirse en términos de unas mismas características mesoclimáticas, morfológicas, de material litológico y/o edad, dentro del cual se espera una alta homogeneidad (VILLOTA, 1992). Para el área de influencia se identificaron 5 paisajes asociados a las 2 unidades de gran paisaje anteriormente descritas.

Para el caso del relieve montañoso fluvio-gravitacional se encontraron diferentes tipos de crestas ramificadas en diversos materiales, dentro de los que predominan los granitos y los cuarzos, con presencia de cenizas volcánicas en algunas unidades de suelos, en esta también se encuentran glacis y coluvios de remoción.

Dentro de los valles aluviales se encuentran colinas, abanicos de terrazas en sedientos aluviales y valles con depósitos mixtos aluviales con aportes de sedimentos coluviales.

5.1.4.1.5 Sub-paisaje

Constituye la última categoría de clasificación del sistema, configurada con propósitos prácticos relacionado con el uso y manejo de los suelos (VILLOTA, 1992).

En la Tabla 5 11 se presenta la leyenda de las unidades fisiográficas identificadas en el área de influencia y en la Figura 5-23 se presenta la distribución de suelos en el AI.

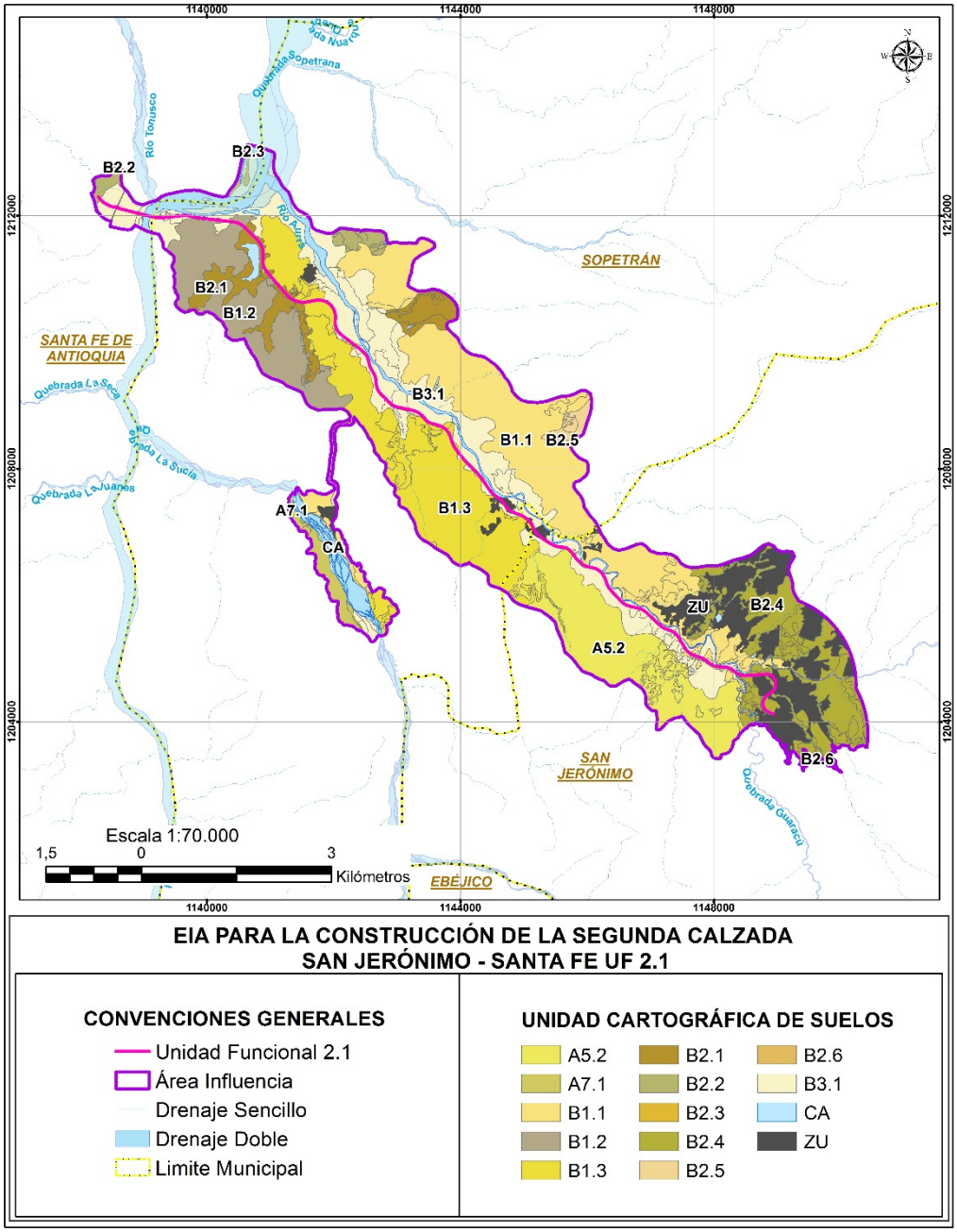
Tabla 5-19 Leyenda Fisiográfica de Suelos

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Unidad Cartográfica	Componente Taxonómico	%	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
Cordillera Central Vertiente Occidental	Templado Seco	Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional	Crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de ceniza volcánica	Laderas empinadas con erosión moderada	Asociación	Typic Hapludands Humic Dystrudepts Typic Dystrudepts Hydric Hapludands	50 20 20 10	A5.2	363,59	10,61%
	Cálido seco		Crestas ramificadas en Rocas ígneas plutónicas modificadas (gabros)	Ladera ligeramente escarpada, severamente erosionada	Asociación	Typic Udorthents, Typic Dystrudepts, Entic Hapludolls	50 40 5 5	A7.1	45,19	1,32%
		Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá.	Colinas	Colinas moderadamente empinadas severamente erosionadas	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B1.1	651,01	19,01%
				Colinas moderadamente empinadas muy severamente erosionadas	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B1.2	275,80	8,05%
				Colinas empinadas severamente erosionadas	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B1.3	549,48	16,04%
			Abanicos de terraza en sedimentos aluviales	Superficie ligeramente inclinada	Asociación	Typic Haplustepts Typic Haplustalfs Typic Ustifluvents Typic Haplusterts	50 20 20 10	B2.1	142,18	4,15%

Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje y Litología	Subpaisaje y Pendientes	Unidad Cartográfica	Componente Taxonómico	%	Unidad de Paisaje	Área (Ha)	Área (%)
				Superficie ligeramente inclinada, ligeramente erosionada	Asociación	Typic Haplustepts Typic Haplustalfs Typic Ustifluvents Typic Haplusterts	50 20 20 10	B2.2	39,57	1,16%
				Superficie ligeramente inclinada moderadamente erosionada	Asociación	Typic Haplustepts Typic Haplustalfs Typic Ustifluvents Typic Haplusterts	50 20 20 10	B2.3	7,30	0,21%
				Superficie ligeramente inclinada con pedregosidad superficial	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B2.4	280,89	8,20%
				Superficie moderadamente inclinada	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B2.5	21,99	0,64%
				Superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada	Asociación	Typic Haplustepts Lithic Ustorthents Typic Ustorthents Oxic Haplustepts Lithic Haplustepts	40 20 20 10 10	B2.6	1,34	0,04%
			Valle aluvial de los ríos Cauca y Aurra	Plano de inundación de los ríos Cauca y Aurrá	Asociación	Typic Ustorthents Typic Haplustepts Misceláneo de playas	80 20	B3.1	584,93	17,08%
Cuerpos de Agua								CA	173,27	5,06%
Zonas Urbanas								ZU	288,75	8,43%
Total									**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: Consultoría Colombiana 2016.

Figura 5-23 Distribución de tipo de suelos en el AI



Fuente: Consultoría Colombiana 2016.

5.1.4.2 Suelos del Relieve Montañoso Fluvio-gravitacional

A continuación se presentan las diferentes unidades de suelos con su respectiva descripción identificadas en el área de influencia ubicadas dentro del relieve montañoso fluvio-gravitacional.

5.1.4.2.1 Asociación A5 (Peñitas)

Son suelos localizados en el municipio de Sopetrán. Corresponden a zonas de vida de bosque húmedo premontano. Está presente en las crestas ramificadas en esquistos con capas discontinuas de cenizas volcánicas. Se ubican en los relieves fuertemente ondulados a moderadamente escarpados, entre pendientes del 12 y 75%. Presenta erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetas. Son desarrollados a partir de rocas metamórficas con recubrimientos discontinuos de cenizas volcánicas, con buen drenaje, profundos y de fertilidad baja a moderada.

La asociación está compuesta por suelos Typic Hapludands (50%); Humic Dystrudepts (20%), Typic Dystrudepts (20%), e inclusiones de Hydric Hapludands (10%).

Dentro de del área de influencia están presentes en las laderas moderadamente empinadas ligeramente erosionadas y laderas empinadas con erosión moderada con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.2.1.1 Humic Dystrudepts

Estos suelos se encuentran ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas, donde predominan los relieves moderadamente escarpados de pendientes entre 50 y 75%. Son suelos profundos desarrollados a partir de cuarzodioritas (IGAC, 2007).

5.1.4.2.1.2 Typic Distrudepts

Son suelos ubicados en las partes altas e intermedias de las laderas en donde predominan los relieves moderadamente escarpados con pendientes entre el 50 y 75%. Son desarrollados a partir de cuarzodioritas, profundos y con saturaciones altas de aluminio, generalmente presentan buen drenaje (IGAC, 2007).

5.1.4.2.1.3 Typic Hapludands

Se ubican en las laderas más elevadas donde el relieve es menos pendiente. Son derivados a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas metamórficas, principalmente esquistos, profundos, bien drenados y de texturas medias (IGAC, 2007).

5.1.4.2.2 Asociación A7 Amaga

Suelos derivados de rocas ígneas plutónicas máficas del tipo garbos; bien drenados, profundos a moderadamente profundos; texturas moderadamente gruesas a finas y fertilidad baja a moderada, limitados principalmente por piedra y cascajo, saturación de aluminio alta a muy alta, fertilidad muy baja a moderada. Conformada por la asociación de suelos Typic Udorthents (50%), Typic Dystrudepts (40%) e inclusiones de Entic Hapludolls (5%) y Acrudoxic Kanhapludults (5%).

5.1.4.2.2.1 Typic Udorthents

Están ubicados en cualquier posición de las laderas, especialmente en las zonas altas e intermedias. Se han desarrollado a partir de rocas ígneas (garbos), bien drenados; moderadamente profundos. Los principales limitantes son debidos a la poca profundidad, bajo contenidos de bases totales y susceptibilidad a la erosión por pendientes elevadas.

5.1.4.2.2.2 Typic Dystrudepts

Están ubicados en zonas intermedias y altas de las laderas, se han desarrollado a partir de rocas ígneas, presentan buen drenaje, texturas medias a finas. Los principales limitantes están relacionados con las pendientes fuertes que generan procesos erosivos y con las cantidades de aluminio contenidas.

5.1.4.2.2.3 Entic Hapludolls

Están ubicados en zonas bajas y secas, se han desarrollado a partir de rocas ígneas básicas. Son moderadamente profundos de texturas moderadamente finas y finas. Los principales limitantes son debidos a la presencia de piedras y gravilla y débil desarrollo estructural en el primer horizonte.

5.1.4.2.2.4 Acrudoxic Kanhapludults

Estos suelos están limitados principalmente por gravilla o piedra, presentan texturas medias a finas, estructura en bloques subangulares finos, fertilidad muy baja, sales totales bajas, bajo contenido de fósforo y alta la saturación de aluminio.

5.1.4.3 Valle Aluvial Intramontano de los Ríos Cauca y Aurrá

5.1.4.3.1 Asociación B1 (Santafé)

Está ubicada en los municipios de Sopetrán, San jerónimo y Santafé de Antioquia. Corresponden a la forma de vida de bosque seco tropical. Están ubicados en las colinas fuertemente disectadas en relieve fuertemente ondulado a moderadamente escarpado. Presenta erosión laminar en surcos moderada a severa. Algunos sectores presentan afección

por pedregosidad superficial. Se han desarrollado a partir de rocas sedimentarias y metamórficas, son bien drenados con texturas medias a finas y limitados por fragmentos de roca (Fotografía 5-4) (IGAC, 2007).

Fotografía 5-4 Suelos típicos de la Asociación B1



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

La asociación Santafé está formada por los suelos Typic Haplustepts (40%), Lithic Ustorthents (20%), Typic Ustorthents (20%), e inclusiones de Oxic Haplustepts (10%) y Lithic Haplustepts (10%) (IGAC, 2007). Dentro del área de influencia están presentes en las colinas moderadamente empinadas severamente erosionadas, colinas moderadamente empinadas muy severamente erosionadas y colinas empinadas severamente erosionadas con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.1.1 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.3.1.2 Lithic Ustorthents

Están ubicados en las colinas con pendientes entre 7 y 12%. Son derivados de rocas metamórficas. Son suelos superficiales limitados por rocas, bien drenados y de texturas medias, algunos sectores presentan pedregosidad en superficie y otros están afectados por erosión laminar severa (IGAC, 2007).

5.1.4.3.2 Asociación B2 (Sopetrán)

Está ubicada en los municipios de Sopetrán, Santafé de Antioquia y San Jerónimo. Corresponde a la forma de vida de bosque seco tropical. Corresponde a las geoformas

asociadas al paisaje de abanicos de terraza en sedimentos aluviales, en relieves plano a fuertemente quebrado, con pendientes entre 1 y 25%. Presentan erosión laminar ligera y severa en algunos sectores (IGAC, 2007).

La asociación Sopetrán está compuesta por los suelos Typic Haplustepts en un 50%, Typic Ustifluvents 20%, Typic Haplustalfs 20% e inclusiones de Typic Haplusterts, 10% (IGAC, 2007)

Dentro del área de influencia están presentes en la superficie ligeramente inclinada, ligeramente erosionada, superficie ligeramente inclinada moderadamente erosionada, superficie ligeramente inclinada con pedregosidad superficial, superficie moderadamente inclinada, superficie moderadamente inclinada ligeramente erosionada con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.2.1 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.3.2.2 Typic Haplustalfs

Se localiza en terrazas antiguas fuertemente disectadas, en relieve ligeramente empinado. Son suelos derivados de depósitos aluviales, moderadamente profundos, bien drenados y con texturas moderadamente finas (IGAC, 2007).

5.1.4.3.2.3 Typic Haplusterts

Se localiza en el relieve moderadamente inclinado con pendientes del 12%. Son derivados de sedimentos finos, profundos, bien drenados y texturas finas (IGAC, 2007).

5.1.4.3.3 Asociación B3 (Olaya)

Esta unidad se localiza en los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia. Corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical. Se ubica en el relieve plano a ligeramente inclinado, con pendientes entre 1 y 7%. Son afectados por pedregosidad superficial muy localizada (IGAC, 2007). Ver Fotografía 5-5.

La asociación Olaya se compone de los suelos Typic Ustorthents (45%), Typic Haplustepts (45%) y misceláneo de playas en un 10% (IGAC, 2007).

Fotografía 5-5 Suelos típicos de la asociación B3



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Dentro de del área de influencia están presentes en el Plano de inundación de los ríos Cauca y Aurrá con la siguiente composición pedológica:

5.1.4.3.3.1 Typic Haplustepts

Están ubicados en el piedemonte con relieve fuertemente inclinado con pendientes entre 12 y 25%. Son derivados de materiales finos, profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente finas a muy fina (IGAC, 2007).

5.1.4.4 Capacidad de Uso del Suelo

La clasificación del suelo por capacidad de uso se definió para el área de influencia a partir del Estudio General de suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia, publicado en el año 2007 (IGAC, 2007).

La Clasificación de Capacidad de Uso del suelo permite agrupar suelos que presentan el mismo nivel o grado relativo de limitación y/o riesgo de degradación. Para Colombia se ha realizado la clasificación de la capacidad de uso de la Tierra a través del Método de Clasificación de Capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, conocido comúnmente como Clasificación Agrologica, el cual se ha estructurado para clases de usos y sistemas de manejo propios del país (IGAC y CORPOICA, 2002). La estructura del Sistema de Clasificación de las Tierras por su Capacidad de Uso se compone de ocho categorías, que principalmente agrupan las tierras según sus características en:

• Grupo de tierras arables con capacidad para cualquier tipo de cultivo, con pocas prácticas de conservación de suelo (**Clase Agrologica 1 y 2**).
• Grupo de tierras arables con restricciones en la selección de cultivos, con prácticas intensivas de conservación de suelos (**Clases Agrologicas 3 y 4**).

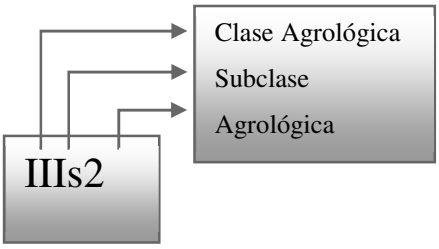
• Grupo de tierras para ganadería con praderas mejoradas, cultivos permanentes y/o reforestación (**Clase Agrologica 6**).
• Grupo de tierras forestales con posibilidad de uso sostenible del bosque (**Clase Agrologica 7**)
• Grupo de tierras destinadas a la conservación y la protección de la naturaleza. Generalmente constituyen ecosistemas estratégicos para el abastecimiento de agua y de alto grado de vulnerabilidad (**Clase Agrologica 8**).

Dentro de las categorías de clasificación de Clases Agrológicas, los suelos se clasifican de acuerdo a factores limitantes generales o específicos, generando Subclases Agrologicas que poseen los mismos factores y grado de limitación. A continuación se presentan las definiciones de dichas limitantes y el orden en que deben aparecer en el símbolo cartográfico en el caso de presentarse más de un limitante.

• **Subclase de limitación por pendiente (p):** se refiere al grado de inclinación de la pendiente expresada en porcentaje.
• **Subclase por limitación de erosión (e):** esta subclase la conforman los suelos que se encuentran afectados por pérdida acelerada del suelo, causada por prácticas de manejo inadecuadas o por fenómenos de remoción o movimientos en masa.
• **Subclase por limitación de humedad (h):** está formada por los suelos sobresaturados con agua, bien sea por exceso de precipitaciones, inundaciones generadas por el desbordamiento de las corrientes de agua, encharcamiento debido al escurrimiento de aguas superficiales.
• **Subclase por limitación de suelo (s):** ser clasifica de acuerdo a las limitaciones físicas y químicas, que dificultan e impiden el libre desarrollo de las raíces de las plantas y las prácticas de labranza del suelo.

En la Figura 5-24 se presenta la estructura de la nomenclatura de las Clases Agrológicas identificadas en el área de influencia.

Figura 5-24. Estructura de la nomenclatura de las Clases Agrologicas



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En la Tabla 5-20 se presentan las clases y subclases agrológicas identificadas dentro del área de estudio, así como su distribución en cuanto a cubrimiento de área y porcentaje de la misma.

En esta se aprecia que predomina la clase agrológica VII 7 con un porcentaje de cobertura de 46,99%, seguido de las clases 4 y 8, las cuales presentan valores de 31,48 y 8,05%, respectivamente.

Tabla 5-20 clases y sub-clases agrológicas en el área de influencia indirecta

Clase	Subclase	Área(Ha)	Área (%)
Clase agrológica VII	7	621,60	18,15%
	7e	74,60	2,18%
	7p-7	363,59	10,61%
	7pe	21,12	0,62%
	7pe-1	528,37	15,43%
Clase agrológica IV	4c-1	205,08	5,99%
	4ec-1	7,30	0,21%
	4s	16,33	0,48%
	4sc-1	849,49	24,80%
Clase agrológica VIII	8	275,80	8,05%
CA		173,27	5,06%
ZU		288,75	8,43%
Total		**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En síntesis, el área de influencia del proyecto presenta una alta aptitud para la conservación, bajo sistemas forestales de protección o de protección-producción, aunque se precisa de la implementación de prácticas que permitan aprovechar de manera sostenible ambientalmente el suelo. En general los suelos del área de influencia del proyecto presentan fertilidad baja, con altas saturaciones de aluminio, y dentro de sus características físicas cabe resaltar la pedregosidad y las altas pendientes.

5.1.4.4.1 Vocación de uso del suelo

Las categorías de vocación de uso o uso potencial, corresponden a la principal capacidad de uso establecida para cada una de las clases agrologicas, teniendo en cuenta sus limitantes y características de sostenibilidad. Cada una de las vocaciones de uso se homologaron a las categorías establecidas por la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia (IGAC y CORPOICA, 2002).

Los Grupos de Manejo, son agrupados en un sistema jerárquico de dos niveles que relaciona la vocación actual de uso de las tierras y el uso principal recomendado. La vocación actual de uso de las tierras, constituye la clase mayor de uso que una unidad de tierra está en capacidad natural de soportar con características de sostenibilidad, evaluadas

sobre una base biofísica, sin tener en cuenta circunstancias económicas actuales, propias de cada clase de manejo.

En el área de influencia se identificaron seis vocaciones de uso del suelo, presentadas en la Tabla 5-21

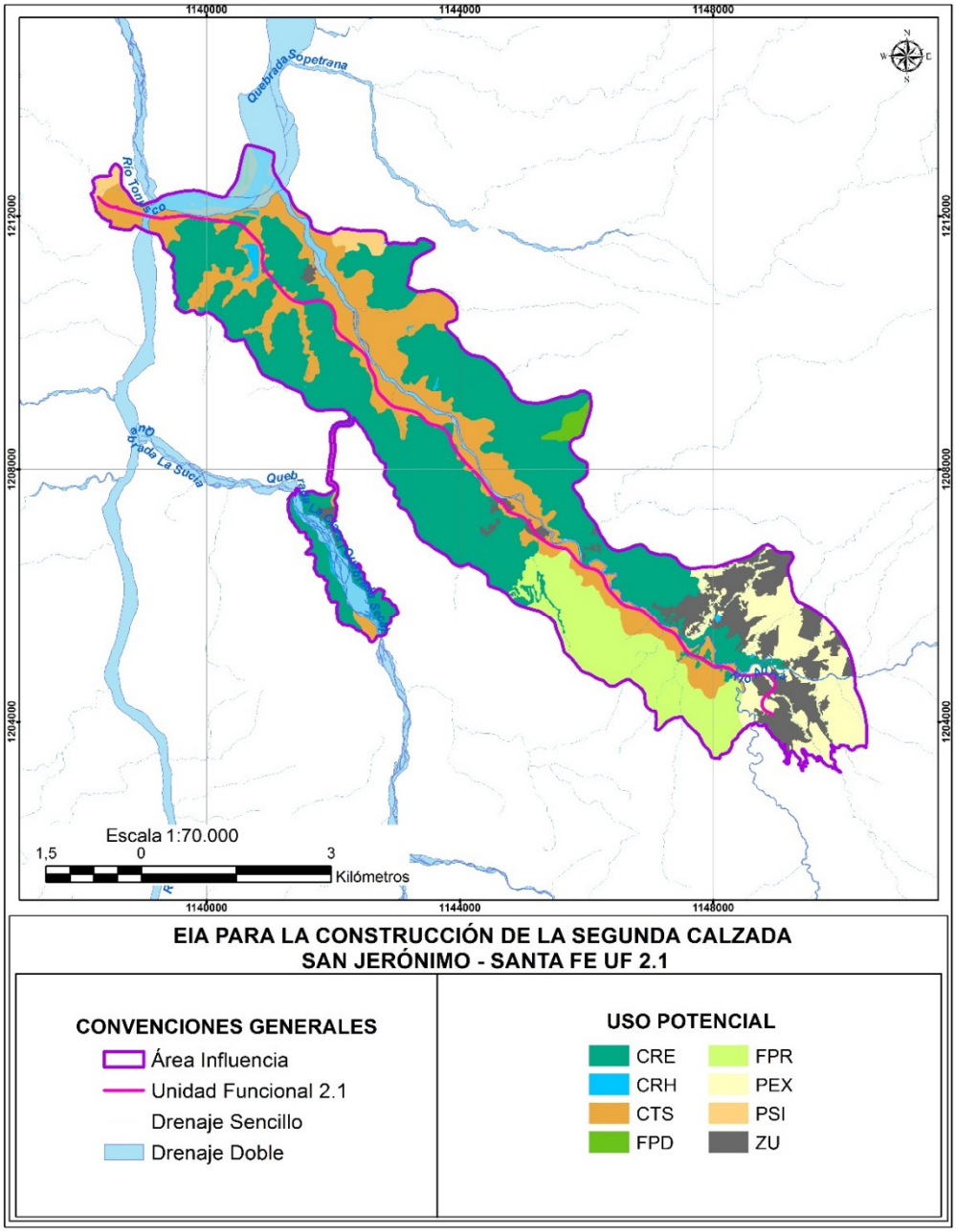
Tabla 5-21 Vocación de Uso del Suelo en el Área de influencia del Proyecto

Vocación de uso	Tipo de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Conservación	Conservación Recursos Hídricos	CRH	173,27	5,06%
	Forestal productora	FPD	29,29	0,86%
	Forestal protectora	CFP	363,59	10,61%
	Recuperación	CRE	1.521,48	44,42%
Agrícola	Cultivos transitorios semiintensivos	CTS	727,11	21,23%
Ganadera	Pastoreo extensivo	PEX	280,89	8,20%
	Pastoreo intensivo y semiintensivo	PSI	40,92	1,19%
Urbano	Zona Urbana	ZU	288,75	8,43%
Total			**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En el área de estudio predominan los suelos cuya vocación de uso es Conservación (60,95%), predominando el tipo Recuperación con un porcentaje de 44,42%, le siguen la vocación de uso agrícola predominando los sistemas productivos de cultivos transitorios semiintensivos con un porcentaje de 21,23%. En tercer lugar con un porcentaje de participación del 9,39% se encuentran los suelos cuyo uso está relacionado con la ganadería. En la Figura 5-25 se puede apreciar la distribución espacial de estos.

Figura 5-25. Distribución espacial de la vocación de uso del suelo



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.5 Uso Actual del Suelo

El Uso actual del Suelos se define como aquel uso que se le atribuye a la cobertura del suelo ya sea en actividades productivas con un beneficio económico o aquellas que no lo generan, éstas últimas asociadas a las tierras con usos de conservación y/o protección. Adicionalmente, es el resultado de la interacción de aspectos como el tiempo y el espacio

resumidos en lo que conocemos como evolución humana, la cual define si el uso se mantiene o cambia en función de las necesidades económicas, sociales y/o culturales de la población.

El Uso Actual del Suelo se determina a partir del mapa de las Coberturas de la Tierra realizado por el consultor a escala 1:25:000, mediante la agrupación de coberturas con similares funcionalidades, permitiendo la identificación de áreas que presentan los mismos patrones de explotación y uso de los recursos naturales asociados al suelo; en términos de las categorías del Uso del Suelo, establecidas por el IGAC y CORPOICA, 2002.

Adicionalmente, para la determinación de uso actual se tuvo en cuenta el uso reglamentado del suelo a través de la consulta de los instrumentos de ordenamiento territorial (EOT´s, PBOT´s y POT´s) identificados en el área de influencia, específicamente las categorías de agropecuario, protección, reserva, suburbano, entre otros, áreas a las cuales se les respetó el uso especificado por los instrumentos de ordenamiento, descripción que se desarrolla en el aparte de Uso Reglamentado.

Como resultado se obtuvo el uso actual del suelo en cinco categorías, teniendo en cuenta las áreas protegidas a las cuales se les conservó el uso definido por norma. En la Tabla 5-22 se presenta el uso actual, el tipo de uso, símbolo, áreas y porcentaje de cubrimiento

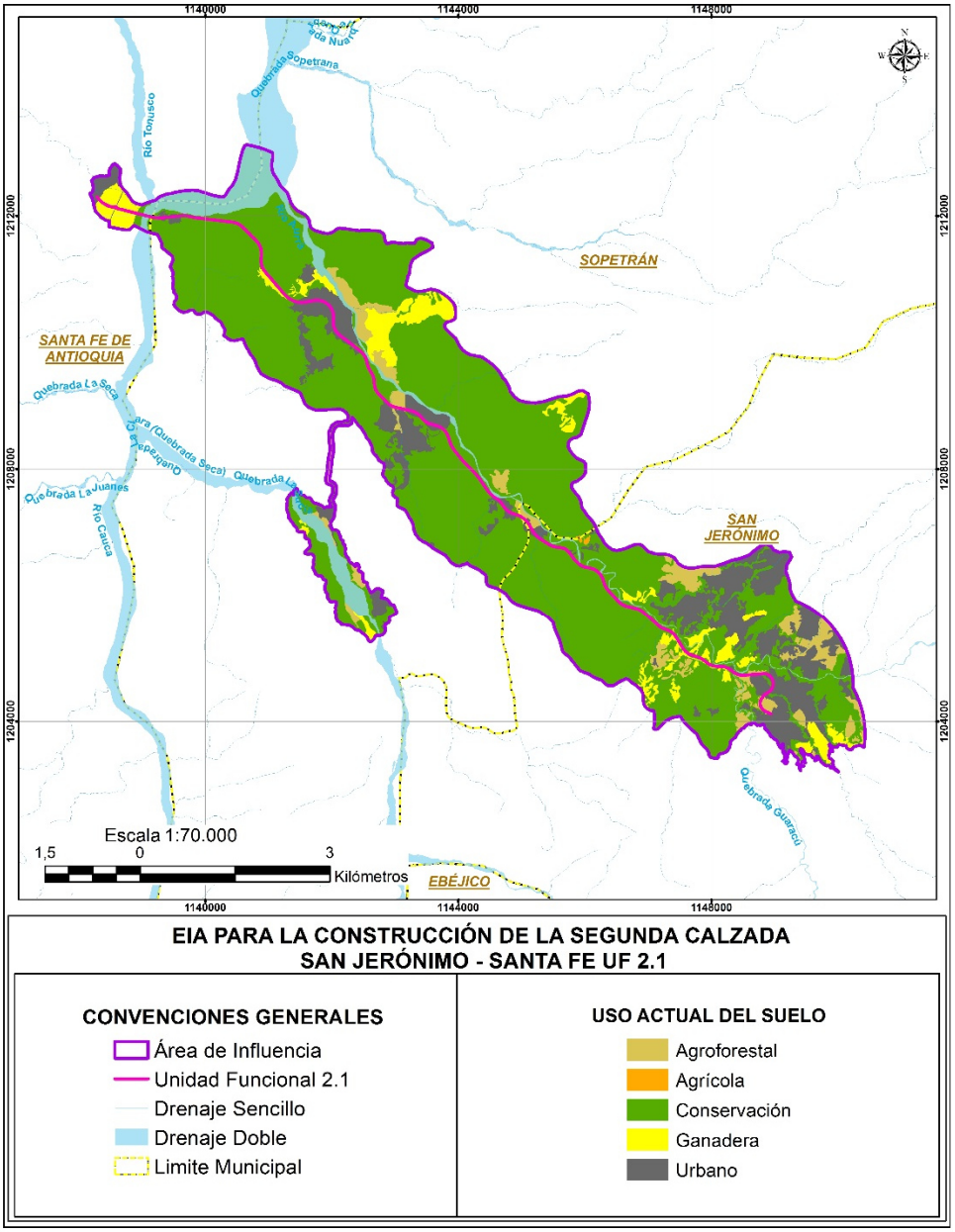
Tabla 5-22 Uso Actual del Suelo en el Área de influencia del Proyecto

Uso actual	Tipo de uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Conservación	Forestal protectora	CFP	2.355,49	68,77%
	Recuperación	CRE	47,58	1,39%
	Recursos hídricos	CRH	175,43	5,12%
Urbano	Red vial	ZU	0,73	0,02%
	Urbano	ZU	473,91	13,84%
Ganadera	Pastoreo extensivo	PEX	30,98	0,90%
	Pastoreo intensivo y semi-intensivo	PSI	165,77	4,84%
Agroforestal	Agrosilvopastoril	SAP	4,80	0,14%
	Silvoagrícola	SAG	8,91	0,26%
	Silvopastoril	SPA	160,02	4,67%
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos	CSS	1,67	0,05%
Total			**3.425,29**	**100,00%**

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En el área de influencia del proyecto predominan los suelos aprovechados bajo uso de conservación (75.28), predominando la explotación de tipo Forestal protectora con un total de 68,77% del total del área. En orden le sigue el uso urbano con un 13,86% el cual está distribuido entre la explotación de asentamientos urbanos y la red vial. Los usos restantes presentan valores que no superan el 6%. En la Figura 5-26 se presenta la distribución espacial de los usos.

Figura 5-26.Uso actual del suelo



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.6 Uso Reglamentado del Suelo

Para la UF2.1 se tuvieron en cuenta los elementos de ordenamiento territorial de los municipios de Santafé de Antioquia, San Jerónimo y Sopetrán, identificando los diferentes usos del suelo establecidos por dichos instrumentos de ordenamiento dentro del área de influencia del proyecto. En la Tabla 5-23 se muestra la información relacionada con los

usos del suelo presentados en los instrumentos de ordenamiento territorial de los municipios anteriormente mencionados.

En cuanto al municipio de San Jerónimo se tomó como referencia el esquema de ordenamiento territorial, con el cual se identificaron los usos que corresponden a reserva, rural a urbano, agropecuario, suburbano, de protección, agrícola y mixto (agropecuario). En la caracterización de usos prohibidos no se hace referencia específica a que alguna de las actividades del proyecto Vía al Mar 1 pueda ir en contra de lo estipulado en el citado esquema de ordenamiento territorial. Sin embargo, en las áreas de reserva natural y protección se pueden presentar incompatibilidades de uso debido a que dentro de los usos prohibidos se contempla que:

"Cualquier actividad diferente a la conservación, protección y perpetuación de los recursos naturales o que vaya en contra del uso principal."

Por ello se deben tomar las medidas de precaución y tener en cuenta para no afectar de manera significativa dichas áreas, ya que si bien ya se encuentran intervenidas por la vía existente con manejo adecuado se puede mitigar su impacto sobre estas áreas de conservación y protección natural.

Según el esquema de ordenamiento territorial, para el municipio de Sopetrán se identificaron los usos de suburbano, bosque protector, bosque productor-protector, bosque productor y parcelación. Aunque ya hay una vía existente que interviene estas áreas, dentro de los usos prohibidos del uso principal de conservación se hace referencia a la incompatibilidad de la construcción de infraestructura vial con respecto a estas áreas.

Para el municipio de Santa Fe de Antioquia se identificaron los usos forestales y parcelaciones/recreación. Para estos según lo estipulado en el esquema de ordenamiento territorial, no hay dentro de los usos prohibidos ninguna incompatibilidad con la ejecución del proyecto, sin embargo si se presentan incompatibilidades con actividades de tala de árboles, razón por la cual se debe realizar un manejo adecuado de las especies forestal que se puedan ver afectadas por las actividades del proyecto.

Tabla 5-23 Uso reglamentado del suelo en el área de influencia

Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
				POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
Forestal protector	Actividades de educación, investigación científica y de conservación ambiental	Obras de infraestructura.	Cualquier actividad diferente a la conservación, protección y perpetuación de los recursos naturales o que vaya en contra del uso principal.			X	Acuerdo municipal No. 003	4 de mayo de 2012		2024
Parcelaciones de vivienda campestre y fincas de recreo, infraestructura física para la recreación y el ocio.	Cultivos permanentes, agricultura de "Pan coger", comercio, silvicultura con fines protectores, ecoturismo, vivienda campesina.	Cultivos limpios, central de abastos, infraestructura de alto impacto.	Pecuarios, vivienda de alta densidad, actividades de silvicultura y extracción de madera; otros usos que atenten contra los valores ambientales.							
Infraestructura de comercio y servicios; infraestructura física para la recreación y el ocio, parcelaciones de vivienda campestre y fincas de recreo, parcelaciones para vivienda y fincas de recreo	Silvicultura con especies nativas para fines protectores, infraestructura física para la recreación y el ocio (hostales, parques recreativos, zonas de camping, entre otros)	Agrícola y pecuario	Vivienda de alta densidad, silvicultura y extracción de la madera, otros usos que atenten contra los valores ambientales.							

Municipio		Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
							POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
		Agropecuario	Pecuario	Vivienda rural campesina de baja densidad, actividades agrícolas de pequeña producción.	Pecuarios en cercanías a viviendas, ganadería extensiva, actividades de servicios relacionadas con la silvicultura y la extracción de la madera, obras de infraestructura.	Parcelaciones y viviendas de recreo, ganadería sobre retiros a fuentes hídricas, vivienda de alta densidad y cultivos erosivos.							
		Protección	Forestal-protector	Actividades de educación, investigación científica y de conservación ambiental.	Vivienda rural (cumpliendo con la densidad establecida por CORANTIOQUIA), actividades ecoturísticas.	Cualquier actividad diferente a la conservación y protección que implique la ocupación de los retiros a fuentes hídricas.							
		Agrícola	Agricultura	Vivienda rural campesina de baja densidad, comercial asociado a centros de distribución de alimentos, trapiches.	Pecuarios, obras de infraestructura.	Parcelaciones, ganadería con fines comerciales a gran escala, vivienda de alta densidad, actividades silvicultura y la extracción de madera.							

Municipio		Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
							POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
		Mixto (Agrícola y pecuaria)	Vivienda rural campesina de baja densidad, silvicultura con fines protectores, infraestructura de alto impacto.	Vivienda rural campesina de baja densidad, silvicultura con fines protectores, infraestructura de alto impacto.	Agricultura	Parcelaciones y fincas de recreo, ganadería con fines comerciales a gran escala, vivienda de alta densidad, actividades de silvicultura y extracción de madera.							
Sopetrán		Suburbano	Residencial de baja densidad.	Industria liviana, servicios, equipamientos colectivos.	Ganadería y agricultura	Actividad pecuaria, minera e industrial contaminante.			X	Acuerdo municipal No. 12	19 de diciembre de 2007	Decreto 932 de 2002	2019
		Bosque protector	Cobertura vegetal nativa, protectora y silvicultura.	Senderos peatonales, recreación pasiva, cables aéreos.	Sistemas agrícolas sostenibles, construcción vivienda.	Agricultura y ganadería intensiva, actividades mineras e industriales.							
		Bosque productor-protector	Viveros de árboles forestales, plantaciones y repoblamiento.	Producción de productos forestales cortados en bruto, resinas y gomas.	Agricultura de subsistencia, producción pecuaria menor.	Producción pecuaria mayor, vías, actividades mineras e industriales.							

Municipio		Usos en área de influencia	Usos principales	Usos compatibles	Usos Restringidos	Usos prohibidos	Documento			Acuerdo		Decretos	Vigencia
							POT	PBOT	EOT	Número	Fecha		
		Bosque-productor	Silvicultura	Huertos leñeros y frutales	Agricultura extensiva, silvopastoril, construcción de vivienda.	Producción pecuaria mayor, vías, actividades mineras e industriales.							
		Parcelación	Parcelaciones y recreación	Comercio y de servicios equipamientos colectivos.	Industrial.	Actividad pecuaria, minera e industria contaminante.							
Santafé de Antioquia		Forestal	Forestal	Recreación	Ganadería con índice de carga 0,7 Ha y construcción de vivienda.	Tala de árboles, quema, agropecuaria intensiva, parcelaciones.			X	Acuerdo municipal No 10	No especifica	Decreto Ley 1333 de 1986 y las leyes 136 de 1994 Artículos 32 y 33 y 152 de 1994, Ley 388 de 1997 y sus Decretos Reglamentarios	No especifica
		Parcelaciones y recreación	Parcelaciones y recreación	Comercio y de servicios	Industrial.	Tala de árboles y quema.							

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.4.7 Conflictos de uso del Suelo

Los Conflictos de Uso de la Tierra son el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace actualmente del medio natural y aquel que debería tener de acuerdo con la oferta ambiental (IGAC, CORPOICA, 2001). El conflicto de Uso se presenta cuando las tierras son utilizadas inadecuadamente ya sea por sobreutilización o subutilización (IGAC, 1988)

El proceso de análisis para la definición de áreas de Conflictos de Uso tiene como elementos básicos la Vocación de Uso de las tierras y la información de Cobertura y Uso actual que representa la demanda actual. De la confrontación crítica de estos dos elementos surgen las clases de Conflictos y sus grados de intensidad, las necesidades de conservación y recuperación de tierras.

Para evaluar la concordancia, compatibilidad o discrepancia en el uso, se elaboró una matriz de decisión que permite confrontar las unidades de Vocación Actual de Uso vs el Uso Actual.

Cada una de las unidades de Cobertura y Uso actual se valoró en relación con la Vocación Actual de Uso, para lo cual a cada clase de Cobertura Actual se asignó el uso actual en términos de la Vocación de Uso Principal, para comparar niveles similares dentro de la matriz.

Las coberturas localizadas en áreas protegidas tienen la asignación principal de uso como conservación. A continuación se presenta la descripción de los niveles de Conflicto de Uso del Suelos que se evaluará para el área de influencia y en la Tabla 5-24 se presenta la codificación utilizada para cada nivel de conflicto.

• **Tierras sin Conflicto de Uso o uso adecuado (A):** son aquellas tierras donde hay correspondencia entre la vocación de uso y el uso actual, o en su defecto, se encuentra en usos que no ocasionen deterioro del suelo y el medio ambiente.

• **Conflicto por Subutilización:** se denomina en conflicto por subutilización a los suelos donde el uso dominante presenta un nivel inferior de intensidad de uso en comparación con la capacidad productiva del mismo de acuerdo a las características agrologicas, lo cual afecta los niveles productivos del mismo, sin que eso ocasiones pérdida del recurso.

- **Subutilización ligera (S1)**: suelo cuyo uso principal está muy cercano al uso compatible, pero que se ha evaluado de menor intensidad.
- **Subutilización moderada (S2):** suelos cuyo uso actual está por debajo, dos niveles de la capacidad productiva definida.
- **Subutilización severa (S3):** suelos cuyo uso principal está por debajo tres o más niveles de su capacidad de uso.

• **Conflicto por sobreutilización**: ésta categoría se le asigna a aquellos suelos donde el uso actual dominante en comparación con la vocación de uso, de acuerdo con las clases agrologicas, es más intenso.
- **Sobreutilización ligera (O1):** suelos cuyo uso actual se encuentra muy cercano a la vocación de uso.
- **Sobreutilización moderada (O2)**: suelos cuyo uso actual se encuentra por encima dos niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Es común encontrar en esta categoría tierras con signos de deterioro de los recursos naturales y el suelo, en especial procesos erosivos activos.
- **Sobreutilización severa (O3)**: suelos cuyo uso actual se encuentra por encima tres niveles, con respecto a la vocación de uso recomendada. Son suelos con signos de degradación avanzada de los recursos como procesos erosivos severos y baja productividad de las tierras.

Tabla 5-24 Codificación de los Grados de Conflictos de Usos del Suelo

Nomenclatura	Tipo de Conflicto
A	Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado
S1	Conflicto por subutilización ligera
S2	Conflicto por subutilización moderada
S3	Conflicto por subutilización severa
O1	Conflicto por sobreutilización ligera
O2	Conflicto por sobreutilización moderada
O3	Conflicto por sobreutilización severa
NA	No aplica

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

En la Tabla 5-25 se establece la matriz para la determinación del conflicto de uso de acuerdo con los usos definidos, especificando las posibles combinaciones que se pueden presentar. La matriz hace confrontación de 12 tipos de usos actuales y 5 usos potenciales, lo cual implica 60 combinaciones posibles de conflicto de usos del suelo.

Tabla 5-25 Matriz de determinación de Conflicto de Uso del Suelo

Uso Potencial/ Uso Actual		USO	Agrícola	Agroforestal			Ganadero		Conservación			Urbano	
		TIPO DE USO	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos	Agrosilvopastoril	Silvopastoril	Silvoagrícola	Pastoreo semiintensivo	Pastoreo extensivo	Protección	Recuperación	Recursos Hídricos	Comunicación	Urbano
USO	TIPO DE USO		CSS	SAP	SPA	SAG	PSI	PEX	CFP	CRE	CRH	UC	UR
Agrícola	Cultivos transitorios semiintensivos	CTS	S1	S3	S3	S2	S1	S3	S3	S3	S3	NA	NA
Ganadero	Pastoreo semiintensivo	PSI	O1	S1	S1	O1	A	S2	S3	S3	S3	NA	NA
	Pastoreo extensivo	PEX	O2	S1	S1	O2	O1	A	S3	S3	S3	NA	NA
Forestal	Forestal productora	FPR	O3	O1	O1	S1	O3	S2	S3	S3	S3	NA	NA
	Forestal protectora	CFP	O3	O3	O3	O2	O3	O2	A	A	A	NA	NA
Conservación	Recursos hídricos	CRH	O2	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A	NA	NA
	Recuperación	CRE	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A	NA	NA

Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Como resultado de la confrontación simultanea del uso potencial y el uso actual del suelo, se obtuvieron los conflictos de uso del suelo presentes en el área de influencia, los cuales se relacionan en la Tabla 5-26.

Tabla 5-26 Conflictos de Uso del Suelo

Conflicto de Uso	Símbolo	Área (Ha)	Área (%)
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A	1.866,37	54,49%
Conflicto por subutilización severa	S3	784,06	22,89%
No aplica	N/A	474,65	13,86%
Conflicto por subutilización ligera	S1	159,88	4,67%
Conflicto por sobreutilización severa	O3	105,84	3,09%
Conflicto por sobreutilización ligera	O1	24,84	0,73%
Conflicto por sobreutilización moderada	O2	9,66	0,28%
Total		**3.425,29**	**100,00%**

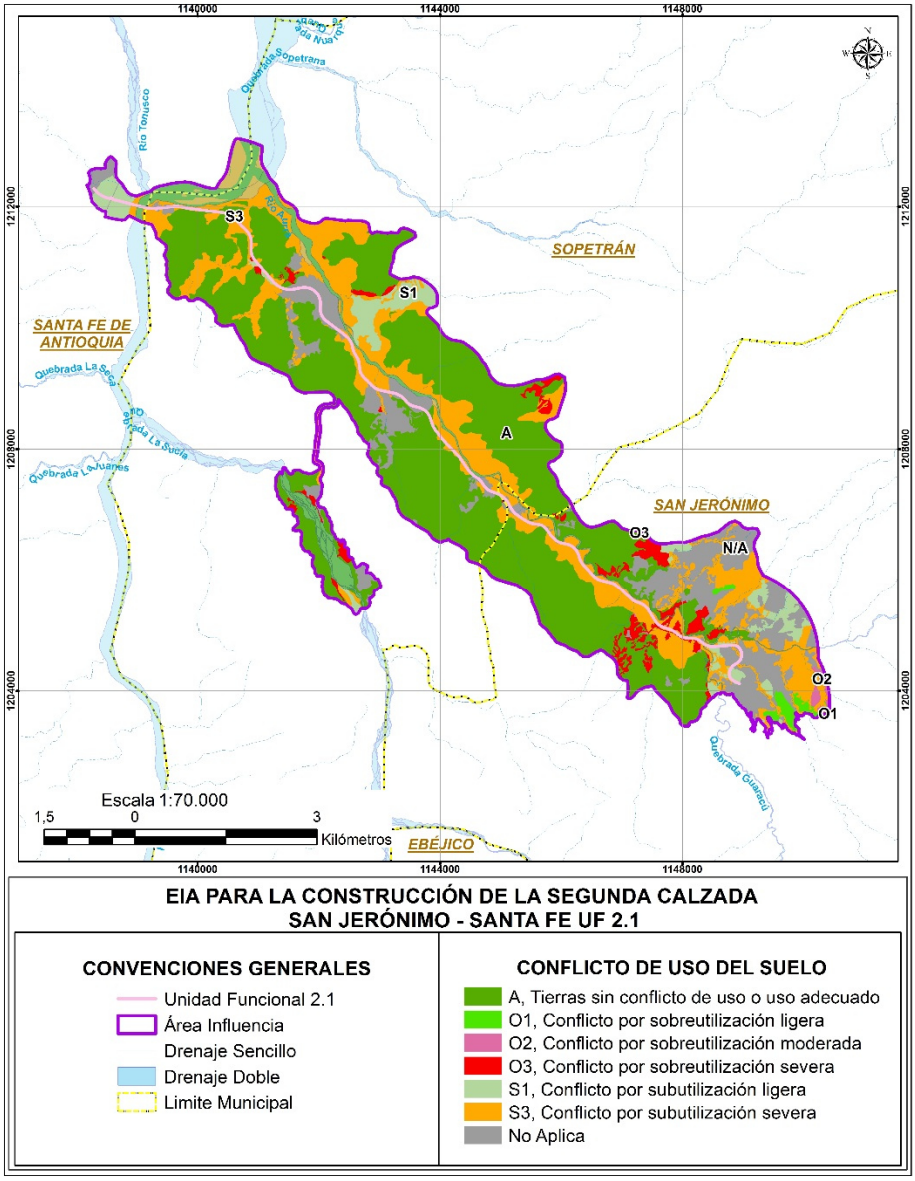
Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

De acuerdo a lo anterior, el porcentaje más representativo en el área de influencia corresponde al de tierras sin conflicto de uso con un porcentaje de 54,40% equivalente a 1.859,52 Ha del total del Proyecto, esto se debe en gran porcentaje a que el uso actual del suelo corresponde al uso potencial que en el caso del Proyecto son usos de conservación.

En orden se encuentra el conflicto por subutilización severa con un porcentaje de 22,94% el cual corresponde a tierras que están siendo explotadas bajo sistemas de conservación y cuya vocación es agrícola. Con un 13,89% se encuentras tierras que están siendo explotadas bajo usos Urbanos correspondientes a redes y zonas de asentamientos humanos.

En orden continua el conflicto por subutilización ligera con un 4,68% de participación equivalente a 159,88 Ha las cuales actualmente están siendo explotadas bajo sistemas ganaderos y coya vocación de uso es agrícola. En la Figura 5-27 se presenta la distribución espacial de los diferentes tipos de conflicto dentro del área de influencia del proyecto.

Figura 5-27. Conflicto de uso del suelo



Fuente: (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

5.1.5 Hidrología

La variada orografía de los corredores de los trazados viales, constituye el escenario de una gran red hídrica, cuya abundancia se sustenta en la existencia de gran vegetación, conformada por recursos lóticos especialmente; donde se presenta una topografía, montañosa con colinas (cordillera central) y zonas de valles y planicies (valle del río Cauca). La red de drenajes de dicha área pertenece al área hidrográfica Magdalena - Cauca, Zona hidrográfica Cauca, subzonas Directos Río Cauca (MD y MI), las cuales se describen de manera general en el presente documento.

5.1.5.1 Introduccion

De manera general cabe anotar que la hidrología se encarga de estudiar la dinámica del agua, su circulación y distribución en un área específica, así como su interacción con el medio ambiente. Dicha área está compuesta por cuencas, las cuales se pueden definir como unidades territoriales delimitadas por los filos de las montañas, por donde escurren naturalmente las aguas lluvias (escorrentía) y manantiales que afloran de las aguas subterráneas, para drenar a los arroyos, quebradas, ríos, entregar caudales a cauces más grandes, lagos o al mar, conformando un sistema interconectado[29].

Las cuencas hidrográficas se han constituido como unidades de planificación en el país, teniendo como finalidad mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de los recursos y la conservación de su estructura físico biótica, particularmente del recurso hídrico[30]; estas unidades territoriales generan bienes y servicios ambientales que son demandados principalmente para poblaciones localizadas en el área de estudio. En lo anterior radica la importancia de definir las cuencas que se superponen con el área de influencia, así como los procesos biofísicos y antrópicos que tienen lugar, de tal manera que el desarrollo de éste, se realice bajo los principios de sostenibilidad ambiental, con el objetivo de no interferir en procesos de captación, regulación y descarga de agua y garantizar la cantidad, calidad y disponibilidad de agua, para los habitantes de las cuencas.

Relacionado con lo anterior, en los numerales siguientes se presenta información de las cuencas presentes en el área de influencia, así como las características de los sistemas lénticos y lóticos, los caudales característicos de los principales cuerpos de agua, red de drenaje y demás aspectos que permiten caracterizar las condiciones hidrológicas del área de influencia del proyecto vial, dando cumplimiento a lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – EIA – en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, establecidos por el MADS mediante Resolución 751 de marzo de 2015.

[29] IDEAM, 2010
[30] Presidencia de la República de Colombia. (06/08/2002). Decreto 1729 de 2002. DO: 44.893

5.1.5.2 Alcance de los Estudios

El alcance técnico del análisis hidrológico, teniendo en cuenta la información y disponible y el cronograma de tiempo programado para la realización de los mismos incluye:

- Revisión de la documentación disponible.
- Complementación de la información hidrológica y cartográfica.
- Realización de visitas técnicas de inspección de reconocimiento y detallada en campo a cada uno de los sitios de posible intervención (cauces), con el fin de definir y establecer aspectos técnicos tales como: condiciones de los sitios, estimación de los parámetros de cobertura vegetal, evaluación de la incidencia de las estructuras de control hidráulico cercanas al sitio de emplazamiento, establecer los coeficientes de rugosidad del lecho y orillas de los cauces.
- Análisis hidrológico para determinar los caudales medios, máximos y mínimos esperados para determinados períodos de retorno, en las subcuencas hidrográficas aferentes a los sitios previstos para las estructuras de control proyectadas.
- Caracterización del área de influencia.

5.1.5.3 Fuentes de Informacion

Los objetivos que cumplen los estudios hidrológicos en proyectos que impactan los recursos hidráulicos de una cuenca son los mismos en un desarrollo pequeño que en uno de tamaño considerable. En ambos casos se debe utilizar al máximo la información disponible y aplicar las técnicas más apropiadas para obtener los mejores resultados posibles.

Por regla general muchos proyectos relacionados con recursos hídricos están localizados en zonas donde el cubrimiento de la red hidrometereológica es deficiente, o donde la cartografía no existe a la escala adecuada. Por esta razón, los proyectos que se desarrollan en esas zonas están casi siempre asociados con el problema de la información escasa.

En cuanto a la información importante que se requiere para iniciar el estudio hidrológico se consultó en las entidades oficiales y particulares que tienen relación con la zona de influencia del proyecto. Así se obtiene información referente a cartografía y aerofotogrametría, hidrometeorología, uso de la tierra, monografías y estudios regionales.

Dentro de los insumos para determinar los patrones de drenaje a nivel regional, se empleó la siguiente información:

- ✓ Cartografía

La información cartográfica para los análisis de hidrología empleó información en escala 1:25.000 y 1:100.000 y específicamente la que se lista a continuación:

- Carta Topográfica Nacional - Escala 1: 25.000 Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

- Información hidrológica con base en los planes de ordenamiento territorial de los municipios del Corredor.

  ✓ Información de fuentes oficiales

Como fuente de información se identificaron y consultaron las siguientes entidades:

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC),
- Corporación Autónoma Regional de Antioquia (CORANTIOQUIA)
- Gobernación de Antioquia,
- Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Jerónimo,
- EOT del municipio de Santafe de Antioquia,
- EOT del municipio de Sopetrán,
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM),

  ✓ Información Hidrológica

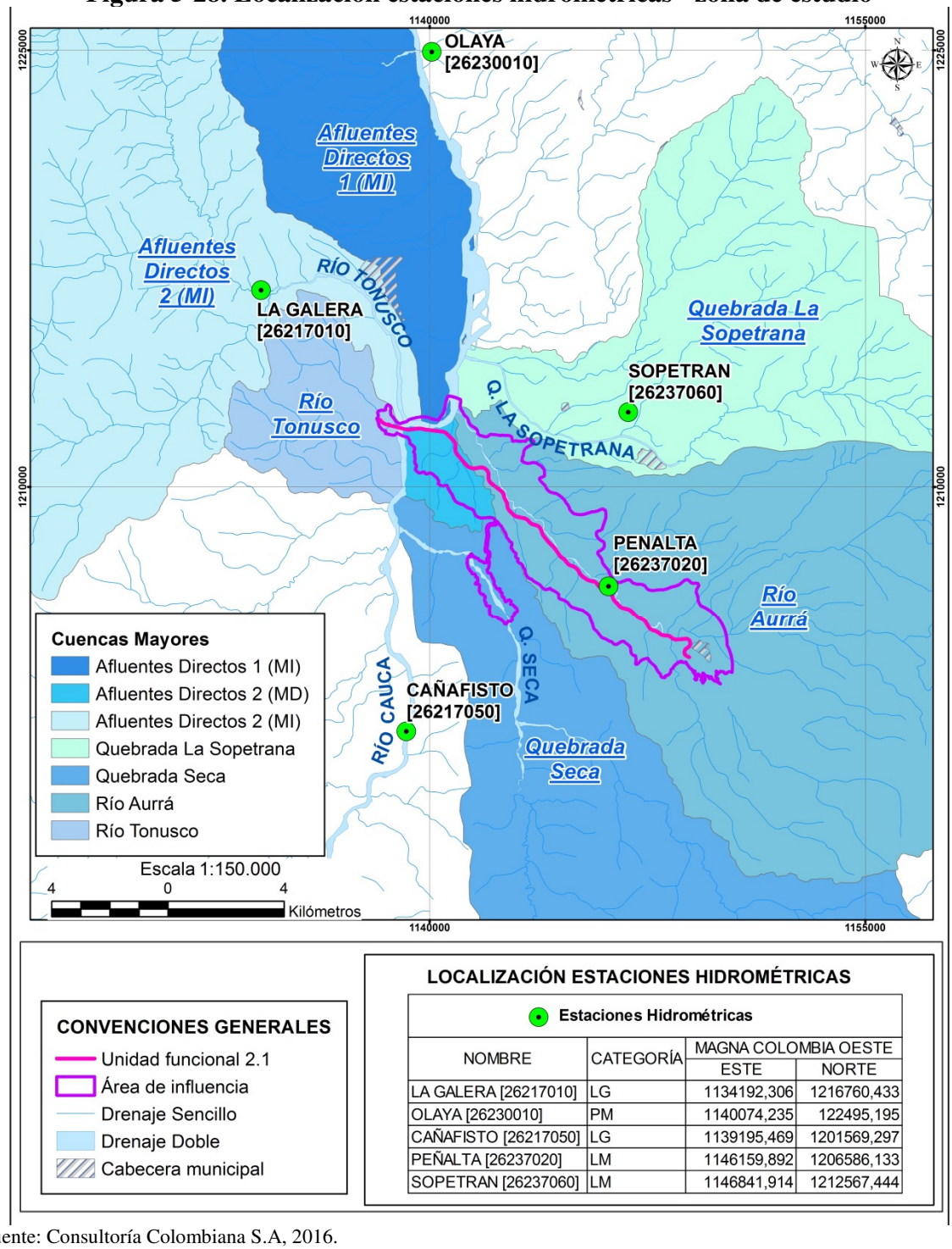
A fin de realizar la descripción hidrológica del área de influencia del corredor, se utilizó información hidrométrica actualizada suministrada por el IDEAM y EPM y que, en su mayoría, cuentan con información para el periodo comprendido entre los años de 1971 a 2014. Los registros se encuentran relacionados en el **Anexo A - Datos Caudales y Niveles**, Los registros de estaciones de corrientes principales de la zona de estudio se presentan en la Tabla 5-27 y su localización en la Figura 5-28.

Tabla 5-27. Estaciones utilizadas en el análisis hidrológico

NOMBRE Y CÓDIGO	TIPO	ESTADO	ENTIDAD	DEPTO	MUNICIPIO	CORRIENTE	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTIT.	FECHA		PERÍODO ANALIZADO
							N	W		INSTALAC.	SUSPENS.	
GALERA LA [26217010]	LG	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	SANTA FE DE ANTIOQUIA	TONUSCO	6º33'17,9"	75º51'51,1"	538	1970-11-15	–	1971 – 2014
CAÑAFISTO [26217050]	LG	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	SANTA FE DE ANTIOQUIA	CAUCA	6º25'4,7"	75º49'9,3"	2100	1978-11-15	–	1979 – 2010
OLAYA [26237100]	LG	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	OLAYA	CAUCA	6º38'41,8"	75º49'34,2"	175	1981-10-15	–	1984 – 1999
SOPETRAN [26237060]	L M	SUS	IDEAM	ANTIOQUIA	SOPETRÁN	QDA LA SOPETRANA	6º31'0"	75º45'0"	680	1980-03-15	1996-04-15	1980 – 1996
PENALTA [26237020]	L M	ACT	IDEAM	ANTIOQUIA	SAN JERÓNIMO	AURRÁ	6º27'45,4"	75º45'22,7"	480	1971-04-15	–	1971 – 2014
LM = Limnométrica. LM=Limnográfica												

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-28. Localización estaciones hidrométricas - zona de estudio



NOMBRE	CATEGORÍA	MAGNA COLOMBIA OESTE	
		ESTE	NORTE
LA GALERA [26217010]	LG	1134192,306	1216760,433
OLAYA [26230010]	PM	1140074,235	122495,195
CAÑAFISTO [26217050]	LG	1139195,469	1201569,297
PEÑALTA [26237020]	LM	1146159,892	1206586,133
SOPETRAN [26237060]	LM	1146841,914	1212567,444

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Debido a la poca información hidrométrica disponible de las corrientes del corredor vial, se debe recurrir a métodos indirectos de lluvia escorrentía, por lo que es necesario contar con información de estaciones climatológicas de la zona, las cuales se muestran en la Tabla 5-28 y Figura 5-29.

Tabla 5-28. Relación de las estaciones utilizadas en el análisis climatológico para caudales

Código	Nombre	Corriente	Municipio	Cat.	Est.	Altitud (msnm)	Coordenadas	
							Este	Norte
26215020	Cañafisto	Cauca	Santa Fe de Antioquia	CO	S	500	1139493,82	1201487,07
26205080	La Aldea	La Frisola	Medellín	ME	A	1638	1152330,70	1193149,84
27011120	La Iguana	Quebrada La Iguana	Medellín	PG	A	2300	1157134,10	1190427,97
26230180	Llanos de San Juan	Quebrada La Muñoz	San Jerónimo	PM	A	1600	1150436,43	1202658,11

Categoría (Cat):

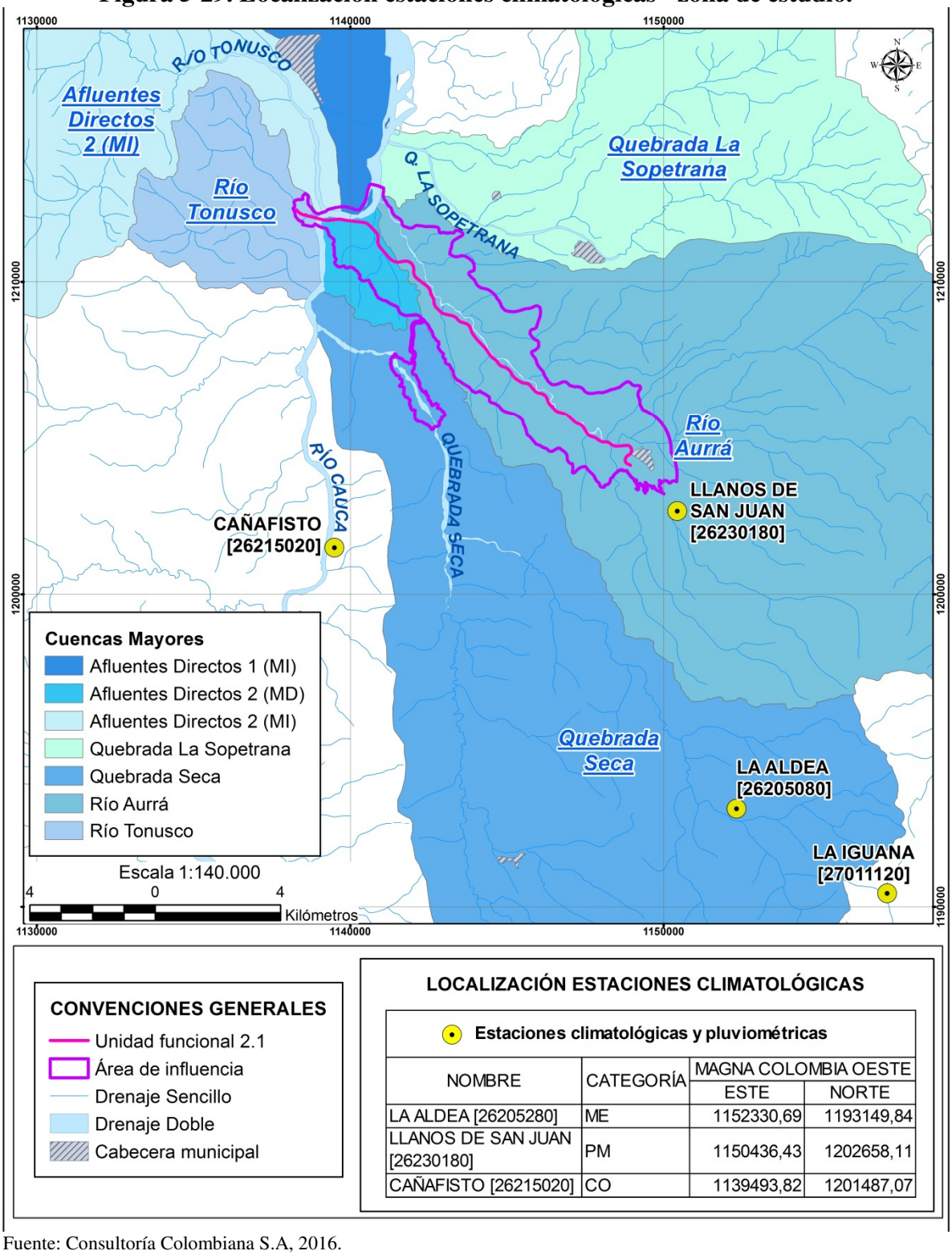
PM= Pluviométrica
CO= Climatológica Ordinaria
ME= Meteorológica
PG= Pluviográfica
SP= Sinóptica Principal
CP= Climatológica Principal

Estado (Est):

A= Activa
S=Suspendida con registros iguales o superiores a 15 años.

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-29. Localización estaciones climatológicas - zona de estudio.



NOMBRE	CATEGORÍA	MAGNA COLOMBIA OESTE	
		ESTE	NORTE
LA ALDEA [26205280]	ME	1152330,69	1193149,84
LLANOS DE SAN JUAN [26230180]	PM	1150436,43	1202658,11
CAÑAFISTO [26215020]	CO	1139493,82	1201487,07

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4 Área de Influencia

Para el área de influencia definida para el proyecto se determinaron entre otros aspectos los sitemas lenticos y loticos, las cuencas hidrográficas existentes y la red de drenajes , información que se presenta a continuación:

5.1.5.4.1 Sistemas Lenticos y Loticos Identificados

Dentro del área de influencia definida se identificaron los sistemas lenticos y loticos presentes, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

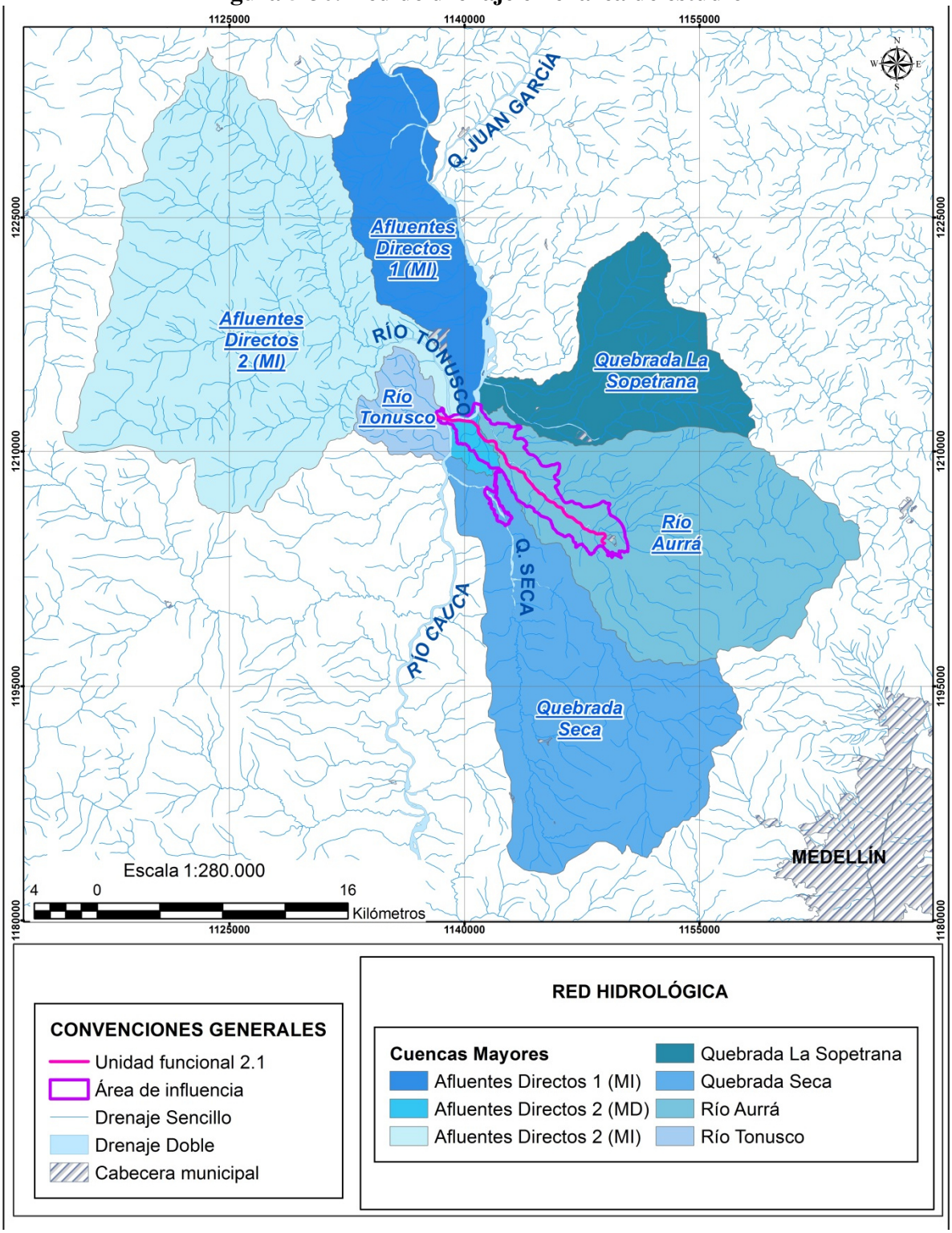
5.1.5.4.1.1 Sistemas Loticos

La identificación de la red hidrográfica del área del proyecto, se realizó a partir de la cartografía IGAC escala 1:25000 y 1:100.000, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lótico, que de acuerdo a la clasificación de Horton corresponden a orden entre 1 a 4 (ver Figura 5-30).

El área de estudio se encuentra, según la clasificación de cuencas de IDEAM, dentro del área hidrográfica Magdalena - Cauca, específicamente en las zonas hidrográficas de Afluentes directos al río Cauca, margen derecha (MD) y margen izquierda (MI) (esta información se amplía en el numeral (5.1.5.4.3)

El área hidrográfica Magdalena – Cauca abarca aproximadamente 257,440 km^2, 23% de la superficie total del país, contiene 722 municipios, se asienta más del 80% de la población y de las actividades productivas del país. Vierte sus aguas en el mar Caribe después de recorrer 1540 Km, con un caudal medido de 7,100 m^3/s a la altura de Calamar, antes de la bifurcación con el Canal del Dique.

Figura 5-30. Red de drenaje en el área de estudio

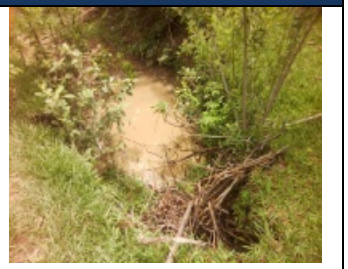
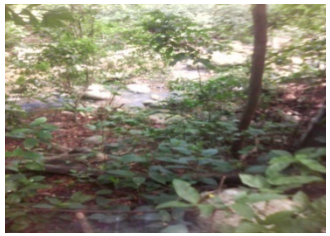


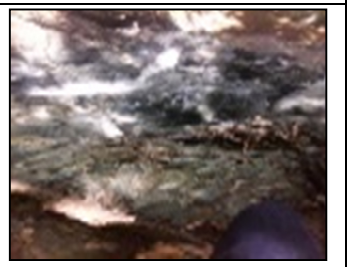
Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A., 2016.

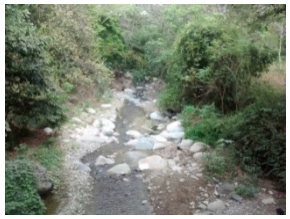
- **Identificación de corrientes que interceptan el proyecto**

En la Tabla 5-29 se hace un resumen de los cuerpos de agua loticos identificados en la zona de influencia del proyecto vial. Dentro de éstos se han incluido tanto los de tipo estacional como perenne y en general se trata de cuencas con pendientes medias, de forma ovalada alargada, lo cual indica que son menos susceptibles a presentar crecientes.

Tabla 5-29. Cuerpos loticos identificados en el proyecto vial

ı o iento	Fuente hídrica	Ancho (m)	Profunda (m)	Coordenadas Norte (Y)	Coordenadas Este (X)	Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
ario	Drenaje NN 101	0,4	0,2	1203173,56	1149330,64	Flujo tranquilo de color amarillento con presencia de pastizales y vegetación arbustivo encontró un nacedero de agua dentro del predio, con árboles menores a 5 metros de altura alrededor.	Plana o suave	
de	Drenaje NN 102	0,5	0,3	1205316,99	1148669,23	Flujo tranquilo con vegetación arbustiva en su alrededor y presencia de residuos sólidos.	Plana o suave	
de	Quebrada Los Cerros	0,8	0,3	1205345,10	1148343,75	Flujo tranquilo con poca vegetación, sin embargo se observó presencia de residuos, con espuma eso puede ser debido a la químicos que utilizan las personas que habitan cerca a este punto, y con ello la generación de malos olores	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
250	San Jerónimo	Rio verde	Quebrada Agua Blanca	1	0,5	1206031,03	1147727,15	Flujo tranquilo de color amarillento y vegetación arbustiva	Plana o suave	
253	San Jerónimo	Rio verde	Drenaje NN 103	0,4	0,3	1205874,13	1146979,55	Flujo turbulento y pendiente alta, con presencia de material rocoso grande	Ondulada a Media	
243	San Jerónimo	Tafetanes	Drenaje NN 104	0,3	0,3	1206707,57	1145957,94	Flujo pequeño y tranquilo con poca presencia de vegetación	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
241	San Jerónimo	Tafetanes	Drenaje NN 105	0,3	0,2	1206937,57	1145788,61	Flujo tranquilo y pequeño con vegetación arbustiva y arbórea abundante	Plana o suave	
48	San Jerónimo	El Rincón	Quebrada La Muñoz	8	1,5	1204747,11	1148814,23	Flujo tranquilo con presencia de vegetación arbórea con densidad media, lecho con presencia de material grueso	Plana o suave	
47	San Jerónimo	Loma Hermosa	Q. La Guaracu	8	1	1204744,20	1148349,22	Flujo Tranquilo, con abundante presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material mediano	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
46	San Jerónimo	Loma Hermosa	Quebrada El Sable	4	2	1204853,64	1148092,64	Seca, con presencia de residuos sólidos, vegetación tipo arbustiva, lecho con presencia de material fino	Ondulada a Media	
44	San Jerónimo	Loma Hermosa	Quebrada La Espada	5	1	1205040,53	1147599,67	Flujo tranquilo con escasa presencia de vegetación tipo arbustiva, lecho con de material grueso	Ondulada a Media	
45	San Jerónimo	Loma Hermosa	Q. La Espalda II	4	2	1204996,07	1147756,96	Sin flujo de agua, con presencia de residuos sólidos, vegetación arbustiva con baja densidad, lecho con presencia de material grueso	Ondulada a Media	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
43	San Jerónimo	Loma Hermosa	Quebrada La Guaira	2	1	1205468,97	1147197,52	Seca, con presencia media de vegetación tipo arbustiva, lecho con presencia de material grueso	Escarpada o Fuerte	
42	San Jerónimo	Loma Hermosa	Quebrada El Sapo	4	1	1205650,4	1147014,72	Seca, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material mediano	Ondulada a Media	
41	San Jerónimo	Loma Hermosa	Drenaje NN 08	5	1	1206012,13	1146439,69	Seca, con presencia media de vegetación tipo arbustiva, lecho con material fino	Ondulada a Media	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
40	San Jerónimo	Loma Hermosa	Drenaje NN 09	2	1	1206628,03	1145797,844	Seca, con escasa presencia de herbáceas y pastizales, lecho con material fino	Plana o Suave	
17	San Jerónimo	Loma Hermosa	Quebrada El Cangrejo	4	2	1206917,03	1145287,95	Seca, con escasa presencia de herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
18	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 10	1	3	1207324,19	1144794,22	Seca, con presencia media de herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
157	Sopetrán	Tafetanes	Río Aurrá	6	0,6	1207948,02	1144336,28	Flujo turbulento, sin vegetación de fondo, con rocas de diferentes diámetros (grandes y pequeñas) en su lecho. Vegetación alrededor del río tipo arbustiva	Plana o suave	
161	Sopetrán	Tafetanes	Drenaje NN 106	1	0	1207135,31	1145375,39	Seca con vegetación de fondo y presencia de rocas muy grandes en su lecho	Plana o suave	
108	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 107	1	0	1208469,63	1143122,71	Seca con presencia de vegetación tipo arbustiva, el flujo es intermitente dependiendo del clima	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
170	Sopetrán	Los almendros	Río Cauca	150	2,5	1211989,0	1139121,4	Flujo abundante y tranquilo, con presencia de vegetación arbórea y arbustiva a así alrededor	Plana o suave	
90	Sopetrán	Tafetanes	Drenaje NN 108	0,5	0	1207606,46	1144911,93	Acequia seca construida desde el costado derecho de del afluente con poca presencia de vegetación	Plana o suave	
194	Sopetran	Tafetanes	Quebrada Tafetanes	4	0,5	12069863,84	1145794,34	Flujo tranquilo, con presencia de material fino, vegetación arbórea abundante.	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
203	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 109	1	0	120885575	1143006,30	Seca con presencia de material en el fondo, con vegetación arbórea y arbustiva	Ondulada a media	
181	Sopetrán	El Espinal	Drenaje NN 110	0	0	1212047,12	1.138.527,43	Acequia con flujo tranquilo, con presencia de tubería para captación, la acequia atraviesa la vía.	Plana o suave	
183	Sopetrán	El Espinal	Drenaje NN 111	0	0	1211999,21	1138501,04	Acequia con presencia de vegetación con pastizales, flujo tranquilo y transparente.	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
19	Sopetrán	La Puerta	Cañada El Oro	1	1	1207523,2	1144568,45	Flujo mínimo, con abundante presencia de vegetación de tipo herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
20	Sopetrán	La Puerta	Quebrada NN 11	2	1	1207700,4	1144432,15	Seca, con presencia media de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material fino	Ondulada a Media	
21	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 12	1	1	1207739,58	1144401,56	Seca, con presencia media de vegetación de tipo herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
22	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 13	2	1	1207833,46	1144317,68	Seca, con presencia de vegetación arbórea (5-15m), lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
23	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 14	2	1	1208011,72	1144177,63	Seca, con escasa presencia de vegetación de tipo herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Ondulada a Media	
24	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 15	2	1	1208257,9	1143966,1	Seca, con presencia de vegetación arbórea (5-15m), lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
26	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 16	1	0,5	1208435,22	1143814,22	Seca, con escasa presencia de vegetación de tipo herbáceas y pastizales, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
28	Sopetrán	La Puerta	Quebrada Ahuyamal	3	2	1208974,52	1142959,57	Seca, con presencia de vegetación arbórea (5-15m), lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
29	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 17	2	1	1142810,16	1209112,27	Seca, con presencia de herbáceas y pastizales con densidad media	Plana o Suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
30	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN 18	1	2	1209412,12	1142665,81	Seca, con presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
				1	0,5	1209242,60	1142312,54	Presenta alcantarilla colmatada, cuerpo de agua altamente intervenido con escasa presencia de vegetación, sector de cruce de la vía hacia la fuente de materiales	Ondulada Media	
31	Sopetrán	Guaymaral	Drenaje NN 19	1	1	1209563,61	1142572,92	Seca, con presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material fino, terreno un poco inestable	Ondulada Media	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
32	Sopetrán	Guaymaral	Drenaje NN 20	3	2	1209649,59	1142575,04	Seca, con presencia de vegetación arbustiva, lecho con presencia de material fino	Plana o Suave	
33	Sopetrán	Guaymaral	Drenaje NN 21	2	1	1209699,04	1142554,04	Seca, con presencia de vegetación arbórea (5-15m), lecho con presencia de material fino	Plana o suave	
37	Sopetrán	Los Almendros	Drenaje NN 22	1	1	1211912,91	1140288,83	Seca, con presencia de vegetación media de tipo arbustiva	Plana o suave	

ID	Municipio	Vereda o Corregimiento	Fuente hídrica	Ancho	Profunda	Coordenadas		Características en el sector de cruce	Pendiente	Registro Fotográfico
				(m)	(m)	Norte (Y)	Este (X)			
91	Santa Fe de Antioquia	El Espinal	Drenaje NN 112	0,4	0,4	1212141,89	1138812,25	Presencia de acequias para un sistema de riego con aguas provenientes del rio Tonusco.	Plana o suave	
88	Santa Fe de Antioquia	El Espinal	Drenaje NN 113	0,5	0,4	1212040,54	1138541,95	Canaleta que transporta el agua de acequias de un lado de la vía a otro, con flujo tranquilo y presencia de vegetación alrededor	Ondulada a Media	
90	Santa Fe de Antioquia	El Espinal	Drenaje NN 114	0,5	0,4	1212062,32	1138704,25	Acequia con flujo tranquilo y presencia de pastizales, además se observa vegetación en el fondo.	Ondulada a Media	

Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.1.2 Sistemas Lenticos

Corresponden a todas las aguas interiores que no presentan corrientes continuas, sin flujos, tales como *humedales*, que corresponden a ecosistemas intermedios con ambientes permanentemente inundados y de ambiente normalmente secos; *lagunas,* las cuales representan geoformas de especial importancia desde el punto de vista ecológico de la región.

Dentro del área de influencia de influencia del proyecto para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, UF 2.1. Se identificaron varios cuerpos lénticos los cuales se detallan en la Tabla 5-30.

Tabla 5-30. Localización cuerpos lenticos

ID	Municipio	Vereda o corregimiento	Tipo cuerpo lentico	Coordenadas		Registro Fotográfico	Origen
				Norte (Y)	Este (X)		
94	Sopetrán	Los Almendros	Léntico 01	1211776,51	1140056,92		Natural
97	Sopetrán	Los Almendros	Léntico 03	1211875,83	1140136,65		Natural
189	Sopetrán	Los Almendros - Sopetran	Laguna	1211819,16	1140108,85		Natural
184	Sopetrán	El Espinal - Sopetran	Laguna	1211913,56	1138480,43		Natural

ID	Municipio	Vereda o corregimiento	Tipo cuerpo lentico	Coordenadas		Registro Fotográfico	Origen
				Norte (Y)	Este (X)		
1	Sopetrán	Los Almendros	Laguna	1211372,20	1140844,50		Natural
379	Sopetrán	La Puerta	Humedal La Bramadora	1207423,30	1142014,24		Natural

Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.2 Cuencas Hidrograficas, de acuerdo a la clasificación IDEAM

Según la clasificación de cuencas establecida por el IDEAM y ratificada por el Decreto 1640 de agosto de 2012 por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, el área de estudio se encuentra dentro de la denominada área hidrográfica 2. Magdalena - Cauca, en la Zona Hidrográfica 26. Cauca. La clasificación de cuencas mayores se detalla en la Tabla 5-31.

El área hidrográfica Magdalena – Cauca abarca aproximadamente 257,440 km^2, 23% de la superficie total del país. La cuenca del río Cauca tiene un área aproximada de 63,300 Km^2 y el cauce principal 1350 Km de longitud.

Tabla 5-31. Cuencas hidrográficas en la zona de estudio

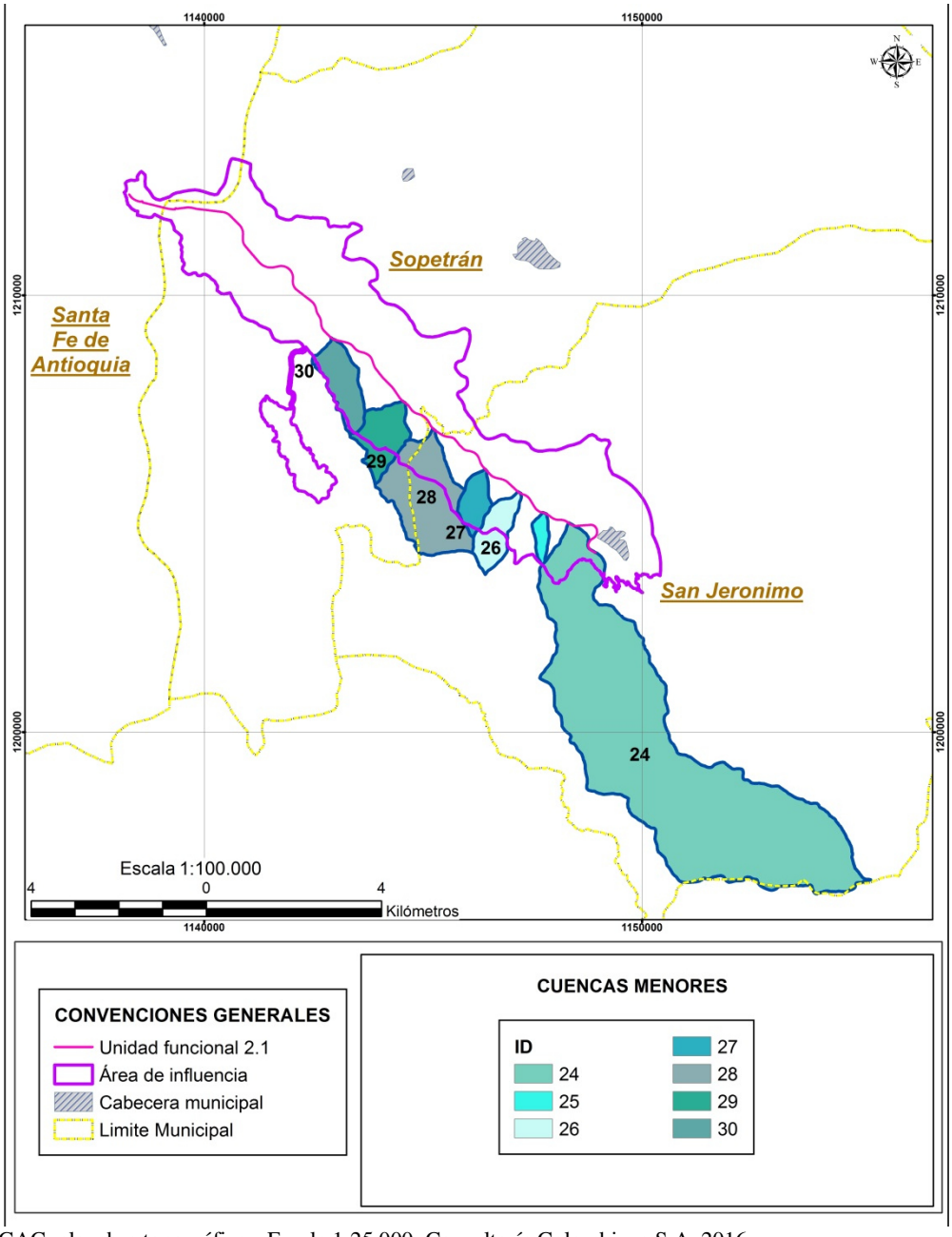
AH		ZH		SZH		CUENCA	SUBCUENCA
CÓDIGO IDEAM	ÁREA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM	ZONA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM	SUBZONA HIDROGRÁFICA		
2	MAGDALENA CAUCA	26	CAUCA	2620	Directos Río Cauca (MD)	Quebrada Seca	
						Río Aurrá	
						Quebrada La Sopetrana	
						Afluentes Directos 1 (MD)	
						Afluentes Directos 2 (MD)	
		26	CAUCA	2621	Directos Río Cauca (MI)	Afluentes Directos 1 (MI)	
						Afluentes Directos 2 (MI)	
						Río Tonusco	

Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

- **Clasificación de corrientes que interceptan el proyecto**

En la Tabla 5-32 se muestra la clasificación de cuencas según el IDEAM de las principales corrientes que cruzan el proyecto, llegando a nivel de jerarquía 6 (VerFigura 5-31).

Figura 5-31. Localización cuencas menores en sitios de cruce de la zona de estudio



Fuente: IGAC, planchas topográficas. Escala 1:25.000; Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Tabla 5-32. Cuencas menores zona de estudio

AH		ZH		SZH		CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	ID
CÓDIGO IDEAM	AREA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM	ZONA HIDROGRÁFICA	CÓDIGO IDEAM	SUBZONA HIDROGRÁFICA				
2	**MAGDALENA CAUCA**	26	CAUCA	2620	Directos Río Cauca (MD)	Río Aurrá	Quebrada Guaracú	Quebrada Guaracú 2	24
									25
							Quebrada La Guaira		26
							Sin nombre (MI)		27
							Sin nombre 2 (MI)		28
							Cañada El Oro		29
							Sin nombre (MI)		30

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.3 Descripcion y Localizacion de Red Hidrologica

A continuación se presenta la descripción general de las cuencas identificadas en el área de influencia del proyecto, de acuerdo con la información registrada en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas respectivos y en los planes y esquemas de ordenamiento territorial de los municipios del área de interés.

- **Área hidrográfica Magdalena-Cauca (2)**

Es este el sistema fluvial de mayor importancia en Colombia, no sólo por su gran extensión, sino también y, especialmente, por la riqueza económica de las tierras que comprende. Su longitud total, desarrollada de sur a norte, entre las cordilleras Central y Oriental, es de 1,558 km, de los cuales son navegables 1,290 Km, interrumpidos en el salto de Honda.

El Magdalena es el río interandino de mayor extensión en Suramérica, arrojando al mar 8,000 m3/seg. Su cuenca tiene una extensión de 256,622 km^2, y recibe las aguas de cerca de 500 afluentes por ambas orillas, así como, más de 5000 arroyos y quebradas. Sirve de lazo de unión entre los diversos pueblos de los territorios que recorre, desde su nacimiento en la laguna de la Magdalena, en el páramo de las Papas (Macizo Colombiano) a 3685 m de altura, hasta su desembocadura, en las Bocas de Ceniza en el mar Caribe.

Por su parte, el río Cauca es el más importante entre los muchos afluentes del Magdalena, el Cauca nace también en el Macizo Colombiano, corre entre las cordilleras Central y Occidental y tributa sus aguas en el Magdalena, a la altura del departamento de Bolívar, después de regar una hoya hidrográfica cercana a los 63,300 km^2 de superficie, en la cual se destaca su parte media como una de las zonas más fértiles del país.

- **Zona hidrográfica Río Cauca (26)**

El río Cauca, nace en el Macizo Colombiano, al sur del país, cerca al Páramo de Sotará, en la laguna del Buey, ubicada en el departamento del Cauca. Posee una dirección general sur – norte y tiene una longitud de 1350 km, de los cuales son navegables un poco más de 620 km y desemboca al Magdalena, en el departamento de Bolívar, constituyéndose en su principal afluente. Su caudal medio es de 2400 m^3/s.

La cuenca del río Cauca, suele dividirse en tres sectores con características geomorfológicas diferentes: Cauca Superior, Cauca Medio y Bajo Cauca; la zona de interés del proyecto se localiza en el denominado Cauca Medio, el cual abarca desde la desembocadura del río Cañaveral hasta arriba de la confluencia con el río Nechí con un área aproximada de 21,300 km^2.

El río Cauca atraviesa el departamento de Antioquia de sur a norte por su parte central, conformando un estrecho valle al cual convergen afluentes de la vertiente oriental de la cordillera occidental y de la vertiente occidental de la cordillera central. Sus tributarios

principales con los ríos San Juan, Caramanta, Arma, Ituango, Tarazá, Man y Nechí. La cuenca del Cauca cubre un 46% del departamento, ocupando un área aproximada de 15810 km^2; su recorrido en la mayor parte del territorio, se manifiesta como un cañón profundo con ligeros ensanchamientos en las regiones de La Pintada y Santa Fe de Antioquia, éstos se constituyen en los límites sur y norte de la Gran Región Metropolitana. El grado diferente de dureza de los materiales por donde atraviesa el río, ha dado lugar a que se presenten sectores más estrechos que otros; adicionalmente la velocidad de excavación de su valle ha sido mayor que la de sus tributarios, como se deduce de las grandes diferencias de nivel que deben salvar en sus cortos recorridos desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Fotografía 5-6. Margen izquierda del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Fotografía 5-7. Panorámica del río Cauca a la altura del municipio de Santa Fe de Antioquia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

- **Subcuenca río Aurrá**

La cuenca del río Aurrá se encuentra al noroccidente del departamento, en jurisdicción de los municipios de Bello, San Pedro de los Milagros, San Jerónimo, Sopetrán y Medellín.

El río Aurrá nace en lo alto de la cordillera de Ovejas, al suroeste del municipio de San Pedro de los Milagros, en límites con Bello, a una altura aproximada de 3.000 msnm; corre en la parte alta de suroeste a nordeste, casi paralelo a la vía San Pedro–Medellín, y luego continúa al occidente formando el límite de las veredas Llano de Ovejas, parte de La Cuchilla, La Empalizada y La Clarita con Pantanillo; después de recorrer buena parte del municipio de San Jerónimo, desemboca en el río Cauca, en jurisdicción de Sopetrán, a una altura de 450 msnm. El río Aurrá tiene una longitud total de aproximadamente 39.25 km, entre sus afluentes se encuentran corrientes como La Chuchita, La Grande, La Arracachala, La Clara, La Espada, La Muñoz, La Sucia, Los Cedros, San Juana y Tafetanes.

Para el municipio de San Jerónimo, al cual pertenece la mayor parte del área de su cuenca,

el río Aurrá es la corriente más caudalosa, pero no para el abastecimiento de acueductos, ya que el río se encañona y por localizarse en una cota baja, su uso se hace restringido.

Fotografía 5-8. Panorámica del río Aurrá a la altura del municipio de Sopetrán



Fuente: Google earth, 2016

- **Subcuenca Quebrada La Seca**

La quebrada La Seca se conforma a una altura de 650 msnm con la unión de la quebrada La Clara y la quebrada La Sucia, en dirección sur – norte, entregando sus aguas al río Cauca en su margen derecha a la altura del corregimiento de San Nicolás del municipio de Sopetrán.

La cuenca hidrográfica definida por las quebradas La Clara y La Sucia, se localiza en el flanco occidental de la Cordillera Central del departamento de Antioquia, Colombia, irrigando territorio de los municipios de Medellín, Ebéjico, San Jerónimo y Sopetrán. Comprende un área de 23.798 ha, de las cuales 5.735 ha pertenecen al municipio de Medellín que representan el 24.1 % del área de la cuenca; 13.378 ha corresponden al municipio de Ebéjico (56.2 %); 1.476 ha a San Jerónimo (6.2 %) y las restantes 3.209 ha al municipio de Sopetrán (13.5 %)

La quebrada La Sucia tiene su origen al occidente del cerro del Padre Amaya, transcurre en su tramo inicial por terrenos con pendientes largas y fuertes, presentando encañonamiento, recibe aguas de tributarios de corto recorrido, donde se destacan las quebradas El Caimo y Avagamiento, en su margen izquierda y la quebrada La Frisola, en su margen derecha.

La quebrada La Clara presenta la mayor parte de su recorrido en terrenos del municipio de Ebéjico, con sus principales tributarios localizados en su margen derecha, debido al encañonamiento de su margen izquierda que sirve de divisoria de aguas con las fuentes que drenan al río Cauca. La Clara recibe en su tramo alto las aguas de las quebradas Chuscala, Dos Quebradas, Piritu, para continuar recibiendo, en orden descendente las aguas de

quebradas como La Honda, La Sopera, Juan Ramos, Juan Baquero, Saladito, La Cucaracha, La Balsala, entre otras, para encontrarse luego con la quebrada La Sucia y formar la quebrada Seca.

Fotografía 5-9. Panorámica de la Quebrada La Seca o Clara a la altura del municipio de Sopetrán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016.

5.1.5.4.4 Patrones de Drenaje – Regimen Hidrologico – Caudales Caracteristicos

La red hidrográfica en la zona de estudio presenta un patrón de drenaje dendrítico, con dominio de los sistemas lóticos como se puede observar en la Figura 5-30. Se destaca en la red hidrográfica, los sistemas quebrada Guaracú - río Aurrá, quebrada La Sucia – quebrada Seca, pertenecientes a la subzona hidrográfica Cauca. En la zona de interés, los grandes aportes al sistema hídrico provienen de la precipitación y la escorrentía superficial, indicando que el caudal varía en función de los períodos lluviosos.

5.1.5.4.4.1 Caudales Maximos

Los caudales de un río son completamente aleatorios, dependen de ciertos factores tales como precipitación, geología, vegetación, topografía, temperatura, entre otros. Sin embargo los factores que tienen una mayor influencia son las precipitaciones y las condiciones geológicas.

Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística.

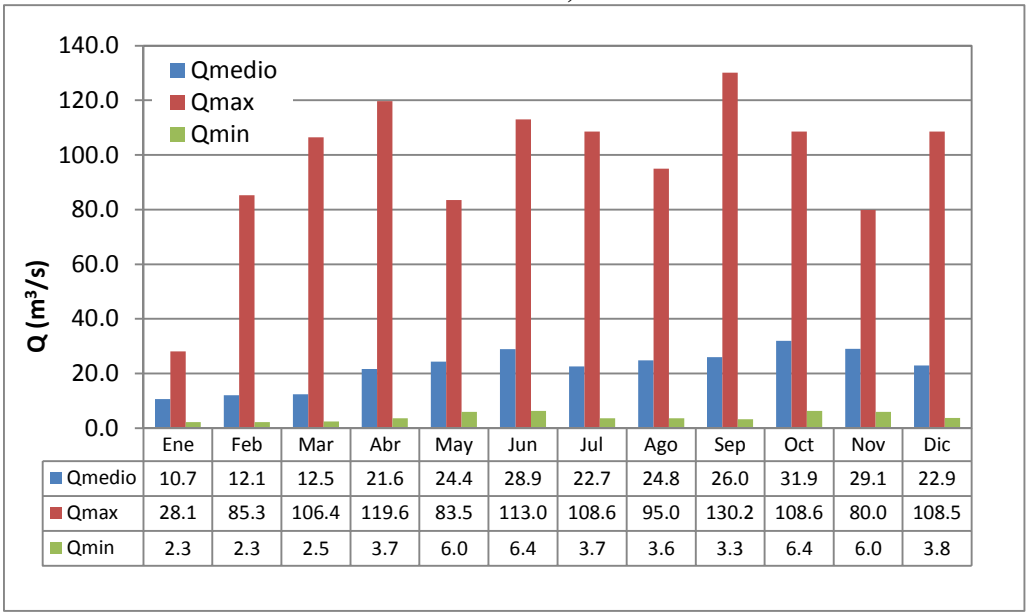
La información de caudales máximos anuales de cada estación fue procesada y ajustada mediante software a funciones probabilísticas.

A continuación se presenta, en primera medida, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores máximos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM o EPM.

5.1.5.4.4.1.1 Estacion La Galera (Rios Tonusco)

La Estación La Galera registra un caudal máximo medio anual de 22.3 m^3/s, en un registro de 44 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 2.3 m^3/s y máximo de 130.2 m^3/s. (VerFigura 5-32).

Figura 5-32. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	10.7	12.1	12.5	21.6	24.4	28.9	22.7	24.8	26.0	31.9	29.1	22.9
Qmax	28.1	85.3	106.4	119.6	83.5	113.0	108.6	95.0	130.2	108.6	80.0	108.5
Qmin	2.3	2.3	2.5	3.7	6.0	6.4	3.7	3.6	3.3	6.4	6.0	3.8

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- **Análisis de Frecuencia**

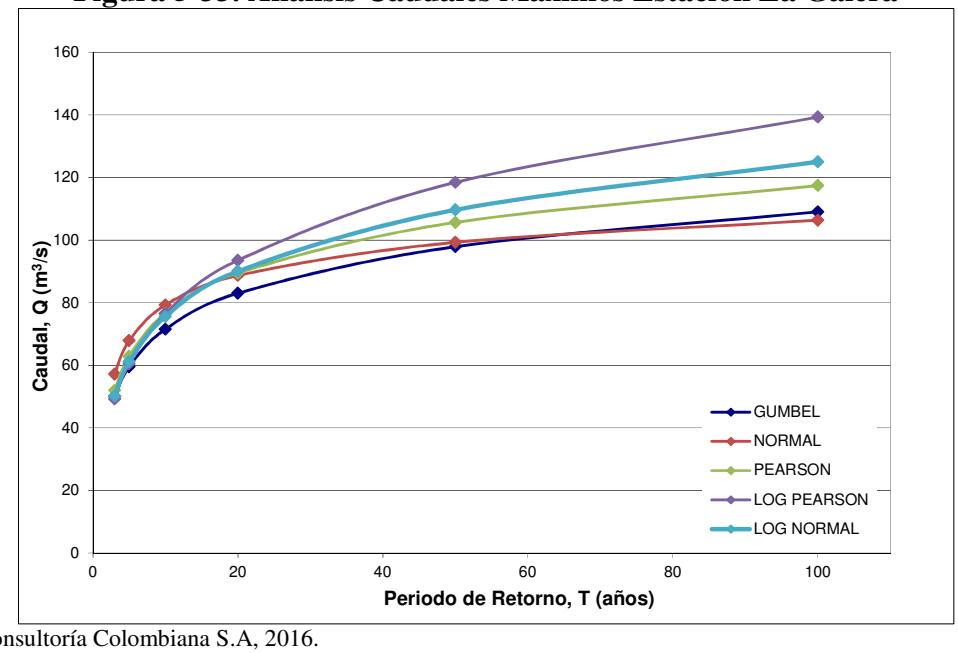
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación La Galera en el río Tonusco indican 49.25 m^3/s para un periodo de retorno de 2.33 años, y 139.30 m^3/s para 100 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 5-33 y en la Figura 5-33.

Tabla 5-33. Frecuencia de Caudales Máximos Estación La Galera

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
3	50.01	57.19	52.00	49.25	50.17	49.25
5	59.54	67.85	62.81	60.48	61.15	60.48
10	71.52	79.26	76.59	76.47	75.59	76.47
20	83.01	88.68	89.46	93.56	90.04	93.56
50	97.88	99.28	105.63	118.43	109.64	118.43
100	109.03	106.34	117.42	139.30	125.01	139.30
PRUEBA CHI CUADRADO	19.00 0.004	37.00 0.000	16.95 0.005	9.18 0.102	17.77 0.007	9.18 0.10

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

Figura 5-33. Análisis Caudales Máximos Estación La Galera

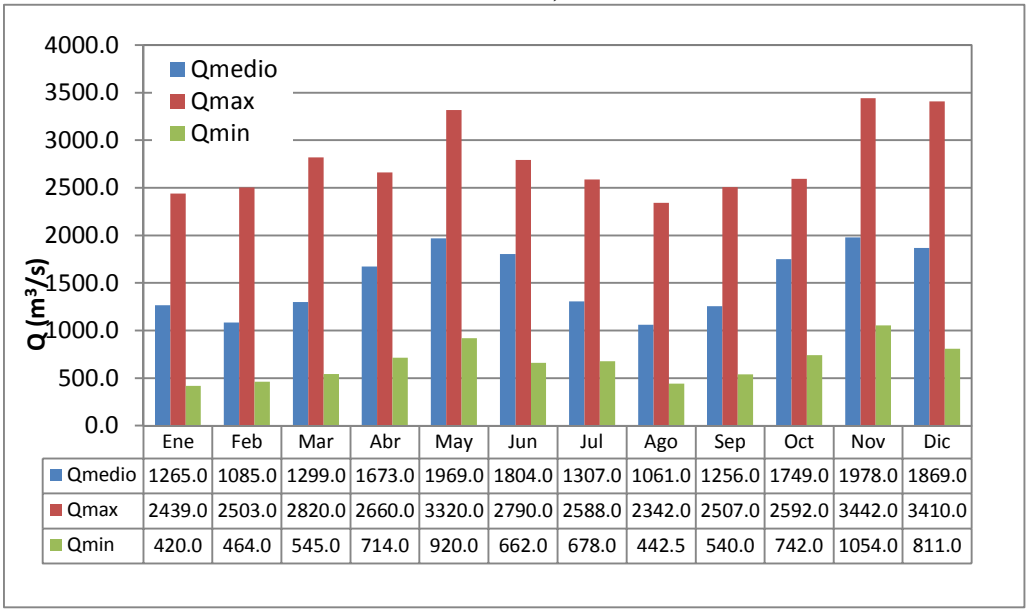


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.4.1.2 Estacion Cañafisto (Rios Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal máximo medio anual de 1526.3m³/s, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 420 m³/s y máximo de 3442 m³/s. (Ver Figura 5-34).

Figura 5-34. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	1265.0	1085.0	1299.0	1673.0	1969.0	1804.0	1307.0	1061.0	1256.0	1749.0	1978.0	1869.0
Qmax	2439.0	2503.0	2820.0	2660.0	3320.0	2790.0	2588.0	2342.0	2507.0	2592.0	3442.0	3410.0
Qmin	420.0	464.0	545.0	714.0	920.0	662.0	678.0	442.5	540.0	742.0	1054.0	811.0

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- Análisis de Frecuencia

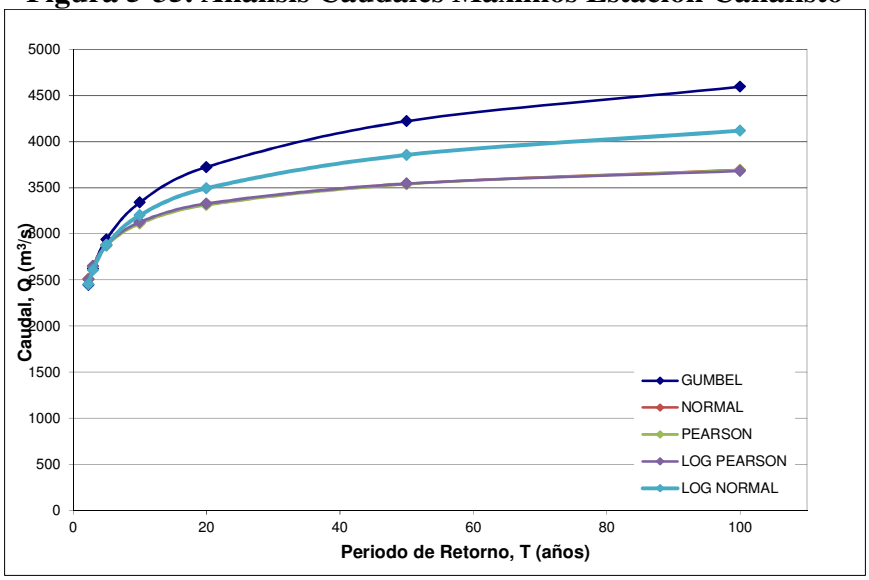
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Cañafisto en el río Cauca indican 2511.90 m^3/s para un periodo de retorno de 2.33 años, y 2694.0 m^3/s para 100 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 5-34 y en la Figura 5-35 .

Tabla 5-34. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
2.3	2447.70	2511.90	2507.70	2504.70	2453.00	2511.90
3	2620.90	2650.70	2647.20	2648.30	2606.90	2650.70
5	2939.90	2876.90	2868.40	2880.10	2878.70	2876.90
10	3340.70	3119.10	3110.40	3127.80	3201.30	3119.10
20	3725.20	3319.00	3311.40	3327.80	3494.70	3319.00
50	4222.90	3544.00	3539.00	3544.30	3857.10	3544.00
100	4595.90	3694.00	3691.40	3682.10	4119.30	3694.00
PRUEBA CHI CUADRADO	4.00 0.549	2.50 0.777	4.50 0.343	4.50 0.343	4.50 0.480	2.50 0.78

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-35. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto

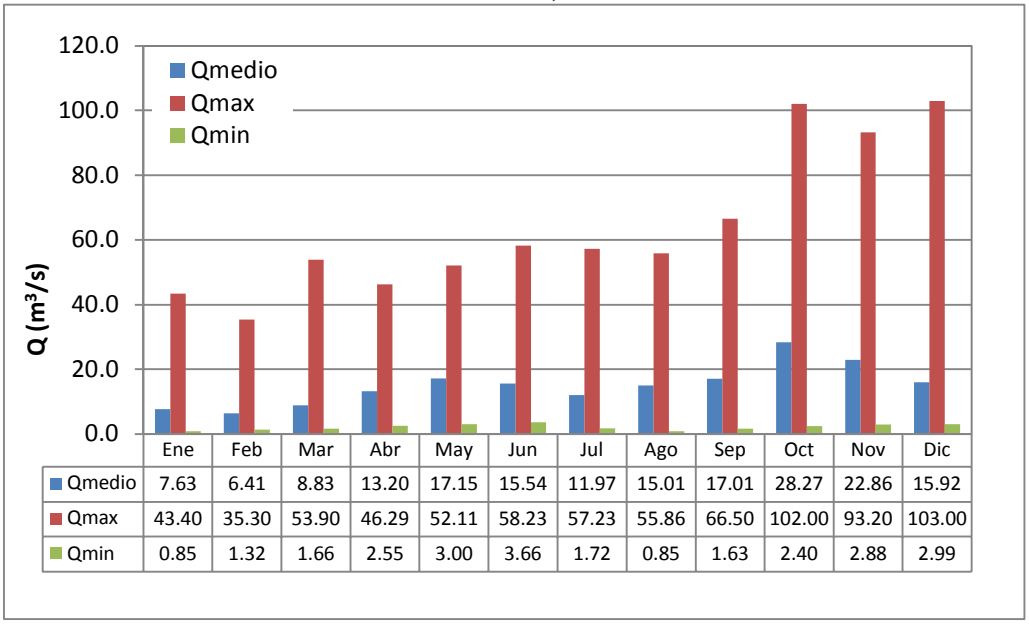


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.4.1.3 Estacion Penalta (Rio Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal máximo medio anual de 14.98 m^3/s, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 0.85 m^3/s y máximo de 103 m^3/s. (Ver Figura 5-36).

Figura 5-36. Caudales máximos mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	7.63	6.41	8.83	13.20	17.15	15.54	11.97	15.01	17.01	28.27	22.86	15.92
Qmax	43.40	35.30	53.90	46.29	52.11	58.23	57.23	55.86	66.50	102.00	93.20	103.00
Qmin	0.85	1.32	1.66	2.55	3.00	3.66	1.72	0.85	1.63	2.40	2.88	2.99

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- Análisis de Frecuencia

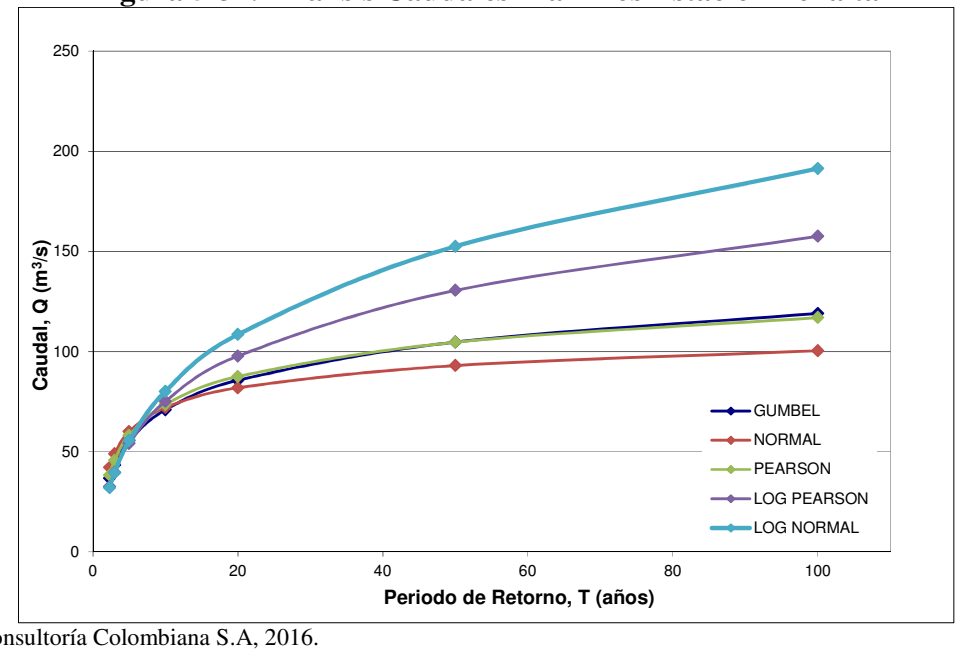
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Penalta en el río Aurrá indica 36.71m^3/s para un periodo de retorno de 2.33 años, y 119.08 m^3/s para 100 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 5-35 y en la Figura 5-37.

Tabla 5-35. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Penalta

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
2.3	36.71	42.12	38.33	32.59	31.98	36.71
3	43.35	48.97	45.74	39.75	39.46	43.35
5	55.59	60.13	58.26	54.19	55.57	55.59
10	70.95	72.08	73.61	75.16	80.18	70.95
20	85.70	81.94	87.57	97.80	108.53	85.70
50	104.78	93.04	104.71	130.56	152.56	104.78
100	119.08	100.44	116.99	157.58	191.44	119.08
PRUEBA CHI CUADRADO	16.55 0.011	37.41 0.000	31.68 0.000	23.09 0.000	20.64 0.002	16.55 0.01

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-37. Análisis Caudales Máximos Estación Penalta



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.5.4.4.1.4 Caudales Maximos Cuencas Menores hasta el Sitio del Cruce

A fin de calcular caudales máximos para diferentes periodos de retorno, se utiliza la metodología del hidrograma unitario recomendada por "The Soil Conservation Service. SCS" para cuencas mayores a 2.50 km^2 y el método racional para cuencas con superficies menores a este valor.

Estos modelos lluvia – escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en las cuencas hidrográficas, y son modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

- **Parámetros Morfométricos**

Para las cuencas en estudio se han evaluado los parámetros de: pendiente media y tiempo de concentración, según la siguiente metodología:

- **Pendiente media del cauce (S)**

Es la variación de inclinación del cauce. Determina la velocidad de escurrimiento del agua. A mayor pendiente, mayor velocidad.

La pendiente media del cauce se realizó por el método de Taylor - Schwarz, que ajusta una rasante al perfil de la corriente.

$$S = \left[\frac{Lt}{\sum_{I=1}^{n} \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

Donde:

Lt: Longitud total del cauce principal en (Km)
Li: Longitud en que se divide el cauce principal (Km)
Si: Pendiente de cada uno de los tramos

- **Tiempo de concentración (Tc)**

Tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca.

Las expresiones más utilizadas son las de:

- Kirpich

$$Tc = 0.06628 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Desarrollada a partir de información del SCS, recomendada para cuencas rurales en zonas montañosas.

- Temez

$$Tc = 0.30 \cdot \frac{L^{0.75}}{S^{0.19}}$$

- U.S. Corps of Engineers

$$Tc = 0.0882 \cdot \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- Chow

$$Tc = 0.0197 \cdot \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

L: Longitud total del cauce principal en (Km)
S: Pendiente Promedio en (m/m)
Tc: Tiempo de Concentración en (min)

- **Cálculo de caudales para cuencas menores mediante el método racional**

Este método estima el caudal en función de la intensidad de la precipitación, el área de drenaje y el coeficiente de escorrentía, mediante la fórmula:

$$Q = 0.278 C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m^3/s)
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad de lluvia de duración igual al Tc de la cuenca (mm/hr)
A: Superficie de la subcuenca en proyección horizontal (Km^2)

- **Método del Hidrograma unitario del SCS**

Este método de cálculo de la escorrentía máxima, utiliza como información básica, el área de drenaje, la longitud del cauce principal, la pendiente del cauce, la precipitación bruta caída en la cuenca en estudio, su duración y el valor característico del suelo CN, de acuerdo con la clasificación definida por el U.S. S.C.S. Para cuencas sin medición de caudales y con áreas mayores a 2.5 km^2, se empleó el método del hidrograma unitario de SCS.

En esencia se pretende determinar un caudal pico específico o por unidad de lluvia neta qp en (m^3/s-cm de lluvia neta). Para este fin, se utilizó la metodología del Hidrograma Unitario, el cual, a través de un proceso lineal como lo es la convolución, se hace la transformación de lluvia efectiva a escorrentía directa por el cauce. Uno de los métodos más utilizados para cuencas con tamaños similares a la de los ríos de la zona del proyecto, es el Método Triangular, desarrollado por el SCS de los Estados Unidos.

Se utilizó el hidrograma triangular desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service que a partir de su forma se obtiene las siguientes relaciones:

$$T_c = L^{0.77} S^{-0.385}$$

L: Longitud del cauce principal desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km
S: Pendiente promedio del cauce, en m/m
Tp: Tiempo al pico, se mide desde el comienzo del hidrograma unitario en horas y está dado por la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6T_c$$

Donde D es el exceso de precipitación unitaria en horas y Tc es el tiempo de concentración en horas

Ahora:

Qp: Caudal unitario máximo en m^3/s y está dado por la expresión:

$$Q_p = 0.2083A\frac{E}{T_p}$$

Donde:
A: Área de la cuenca en Km^2
E: Escurrimiento medio en mm
Tp: Tiempo al pico en horas

De la misma manera:

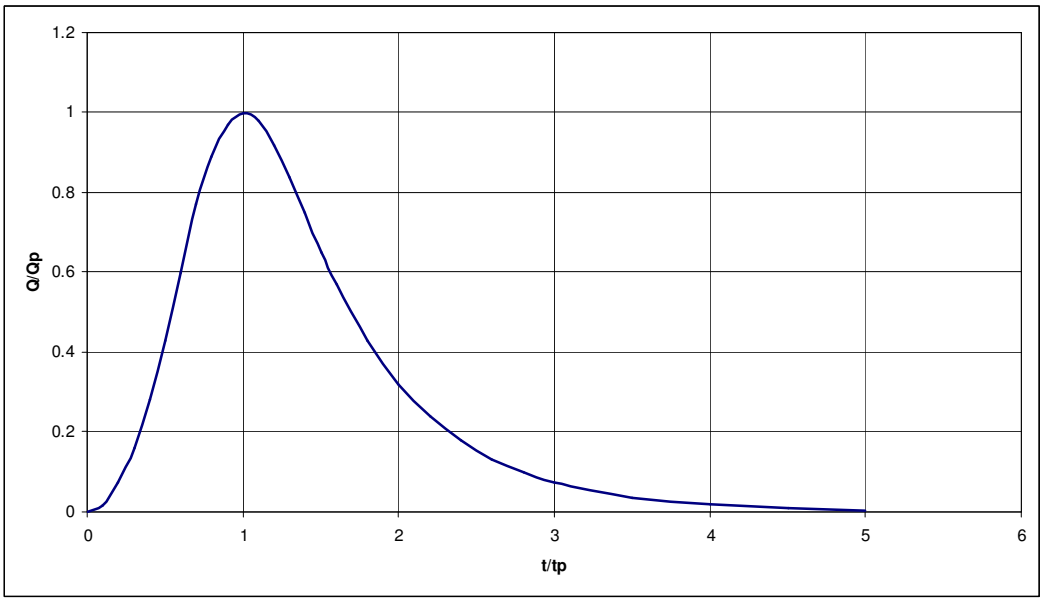
$$T_b = \frac{8}{3} T_p$$

Para convertir el hidrograma unitario triangular en curvilíneo se utilizó el hidrograma unitario adimensional desarrollado por el U. S. Soil Conservation Service.

Ahora, para la determinación del hietograma sintético de la lluvia de diseño o sea la distribución de la profundidad de la lluvia en el tiempo. Se obtuvieron las profundidades totales para diferentes períodos de retorno en las estaciones más representativas de los sitios de interés.

En el presente estudio se obtuvo el valor de la profundidad de la lluvia para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 50 y 100 años, a partir de los análisis de precipitación realizados para las estaciones de registro de lluvias de la zona.

Figura 5-38. Hidrograma Unitario Adimensional del U.S.S.C.S.



Fuente: Ven te Chow, 1994

La precipitación efectiva (Pe), fue estimada utilizando el método del Soil Conservation Service de los EEUU, el cual se puede expresar de la siguiente manera:

$$P_e = \frac{\left(P - \frac{5080}{CN} + 50.8\right)^2}{P + \frac{20320}{CN} - 203.2}$$

Donde:

Pe: precipitación efectiva en mm.
P: precipitación de tormenta de diseño en mm.
CN: número de curva.

La determinación del número de curva de las cuencas se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de las cuencas.

- **Resultados Caudales máximos**

Con base en datos de precipitación efectiva, tiempo de concentración y área aferente de las cuencas, se calcularon los caudales máximos en condiciones de lluvia asociadas a diferentes periodos de retorno (Tabla 5-36 yTabla 5-37).

Tabla 5-36. Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método Racional

Id	Nombre	Área	Longitud de Cauce	Cota Superior	Cota Inferior	Dif. de altura	So	Tc Ec. U.S. Corps Engineers		Caudales a diferentes periodos de retorno (m3/s)					
										2.33	5	10	25	50	100
		(Km2)	(m)	msnm	msnm	(m)	(%)	horas	min						
25	Sin nombre (MI)	0.2991	1103	984	671	313	28.36	0.38	22.99	4.04	4.67	5.33	6.35	7.24	8.26
26	Quebrada La Guaira	1.0841	1418	1151	645	506	35.65	0.44	26.65	13.31	15.39	17.55	20.89	23.83	27.18
27	Sin nombre (MI)	0.7390	1451	1071	621	450	31.02	0.46	27.85	8.82	10.19	11.63	13.84	15.79	18.01
29	Cañada El Oro	1.3736	2270	686	511	175	7.71	0.85	50.98	11.06	12.79	14.59	17.37	19.81	22.60
30	Sin nombre 3 (MI)	1.3310	2447	681	488	194	7.92	0.89	53.69	10.37	11.98	13.67	16.27	18.56	21.17

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Tabla 5-37. Caudales Máximos hasta sitio de cruce – Método SCS

ID	Cuenca	Características de la Cuenca						Tc Kirpich		T retardo	Tpico		P neta (mm)			
		Área	Longitud de Cauce	Cota Mayor	Cota Menor	Dif. de altura	Pendiente media					2.33	5	20	50	100
		(Km2)	(Km)	(m)	(m)	(m)	(%)	(horas)	(min)	(horas)	(horas)					
24	Quebrada Guaracú 2	21.66	13.37	2,834	662	2,171	16.24	0.98	58.95	0.59	1.09	22.07	25.52	34.64	39.52	45.08
28	Sin nombre 2 (MI)	3.65	2.10	1,103	521	582	27.65	0.25	15.00	0.15	0.65	58.75	67.92	92.21	105.19	119.99

ID	Cuenca	Área	S (mm)		P efectiva (mm)				Qpico (m3/s/mm)	Caudales (m3/s)				
				2.33	5	20	50	100		2.33	5	20	50	100
		(Km2)												
24	Quebrada Guaracú 2	21.66	169.3333	0.88	0.43	0.00	0.18	0.70	4.14	3.65	1.79	0.01	0.75	2.88
28	Sin nombre 2 (MI)	3.65	108.8571	9.38	13.74	27.67	36.19	46.59	1.17	10.96	16.06	32.35	42.30	54.46

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2 Caudales Medios

En este numeral se presenta la información de cada estación hidrométrica correspondiente a los valores medios mensuales de caudales reportados por el IDEAM, además de las curvas de duración de caudales respectivas.

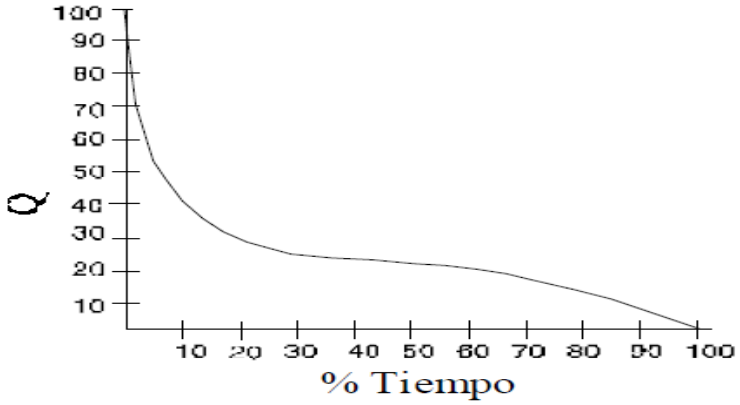
- Curva de Duración de Caudales (CDC)

La curva de duración (CDC) es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P, del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva. Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga (o valor de clase), Q es:
$P = N/m$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la Figura 5-39.

Figura 5-39. Curva de duración de Caudales de corrientes

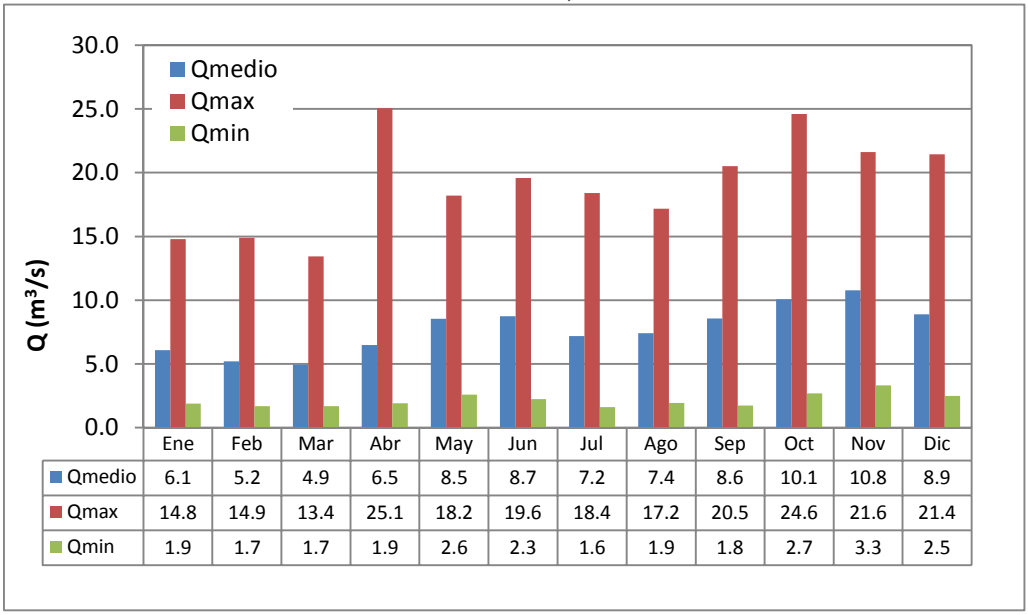


Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

5.1.5.4.4.2.1 Estación La Galera (Río Tonusco)

La Estación La Galera registra un caudal medio anual de 7.7m^3/s, en un registro de 44 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 1.6 m^3/s y máximo de 25.1 m^3/s. (Ver Figura 5-40).

Figura 5-40. Caudales medios mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco)



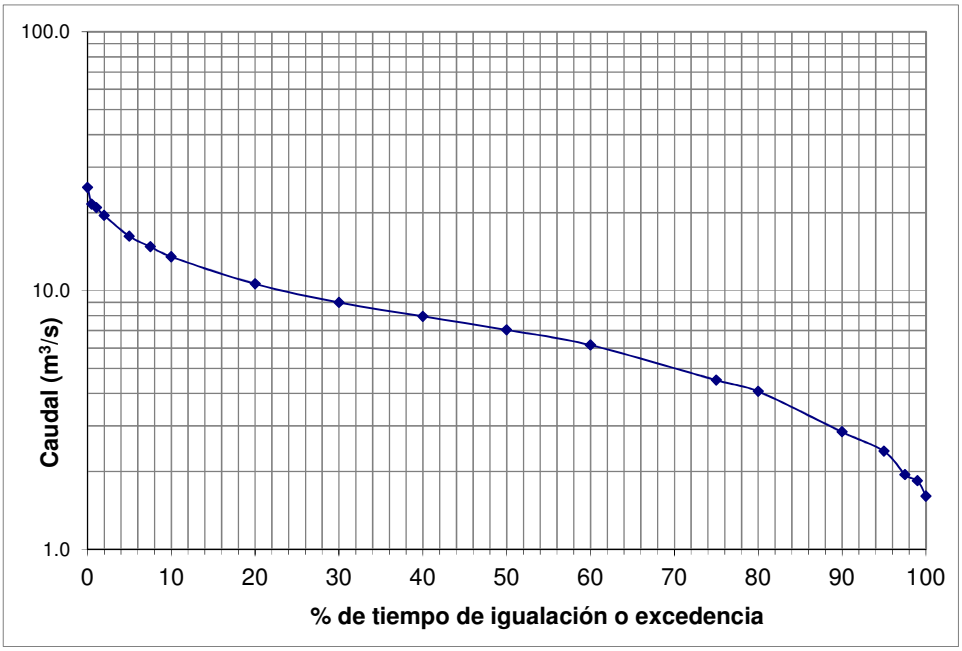
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	6.1	5.2	4.9	6.5	8.5	8.7	7.2	7.4	8.6	10.1	10.8	8.9
Qmax	14.8	14.9	13.4	25.1	18.2	19.6	18.4	17.2	20.5	24.6	21.6	21.4
Qmin	1.9	1.7	1.7	1.9	2.6	2.3	1.6	1.9	1.8	2.7	3.3	2.5

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- Curva de duración de caudales

En la Figura 5-41 se presenta la CDC para el río Tonusco en la estación de registro respectiva.

Figura 5-41. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Tonusco - Estación La Galera



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Tonusco a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 5-38.

Tabla 5-38 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Tonusco- Estación La Galera

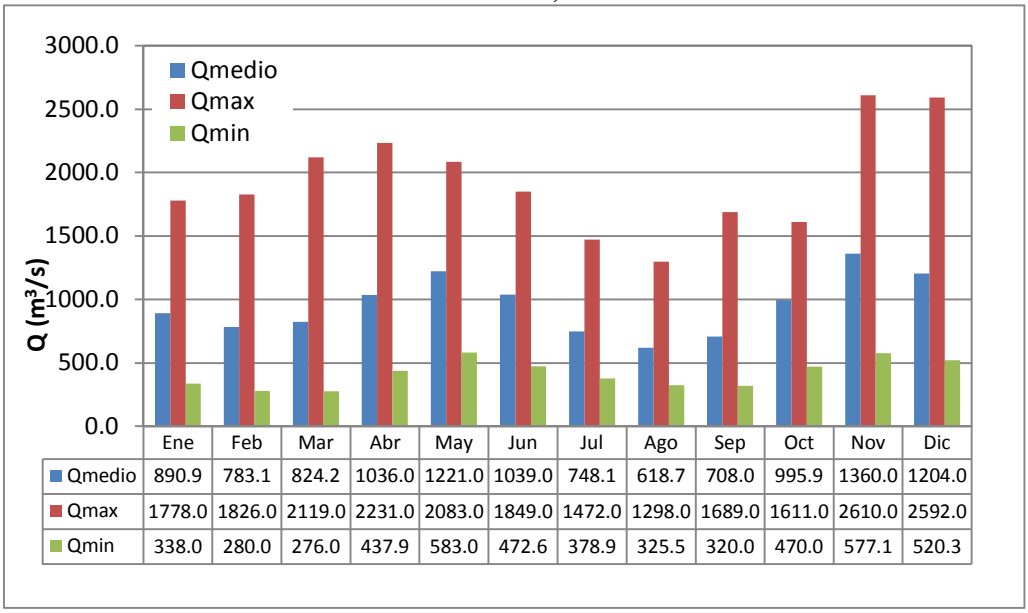
Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m^3/s Galera (Río Tonusco)
1	20.89
5	15.73
10	13.18
25	9.74
50	7.09
75	4.47
90	2.76
95	2.28
97.5	1.95
100	1.60

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santafé de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal medio anual de 952.4/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 276 m^3/s y máximo de 2610 m^3/s. (Ver Figura 5-42).

Figura 5-42. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)



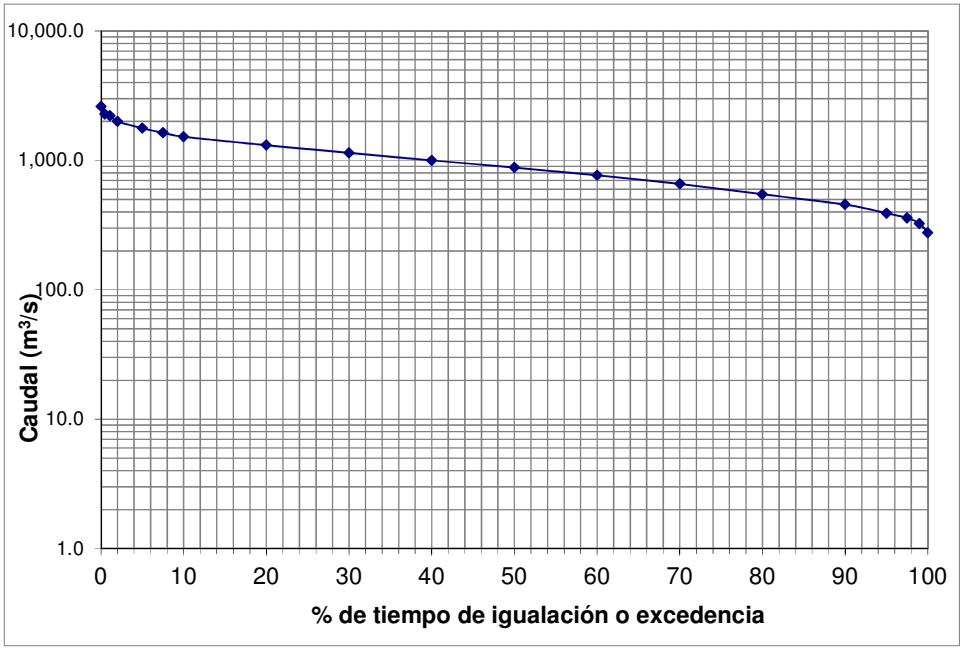
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	890.9	783.1	824.2	1036.0	1221.0	1039.0	748.1	618.7	708.0	995.9	1360.0	1204.0
Qmax	1778.0	1826.0	2119.0	2231.0	2083.0	1849.0	1472.0	1298.0	1689.0	1611.0	2610.0	2592.0
Qmin	338.0	280.0	276.0	437.9	583.0	472.6	378.9	325.5	320.0	470.0	577.1	520.3

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- Curva de duración de caudales

En la Figura 5-43 se presenta la CDC para el río Cauca en la estación de registro respectiva.

Figura 5-43. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Cauca a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 5-39.

Tabla 5-39 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto

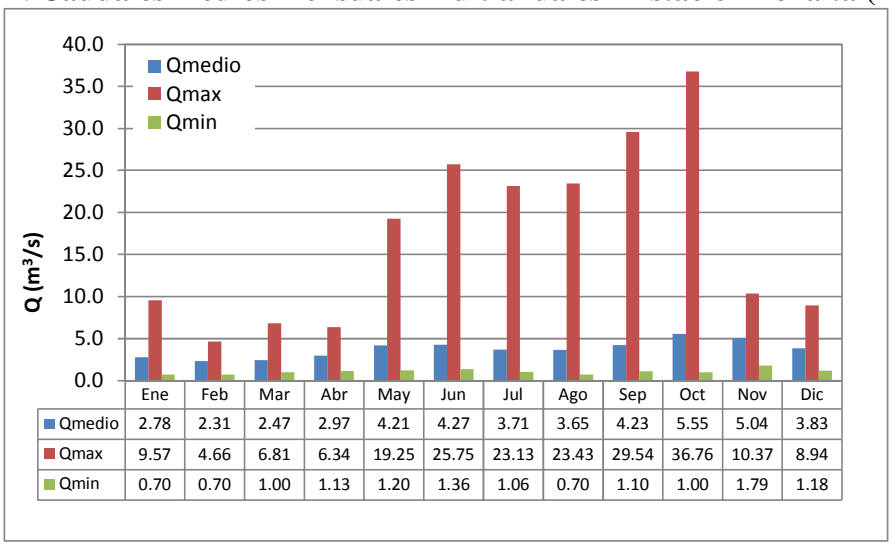
Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m^3/s Cañafisto (Río Cauca)
1	2,230.44
5	1,821.20
10	1,552.20
25	1,218.00
50	904.00
75	638.00
90	445.16
95	394.38
97.5	363.54
100	276.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2.3 Estación Penalta (Río Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal medio anual de 3.75 m^3/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 0.70 m^3/s y máximo de 36.76 m^3/s. (Ver Figura 5-44).

Figura 5-44. Caudales medios mensuales multianuales - Estación Penalta (Río Aurrá)



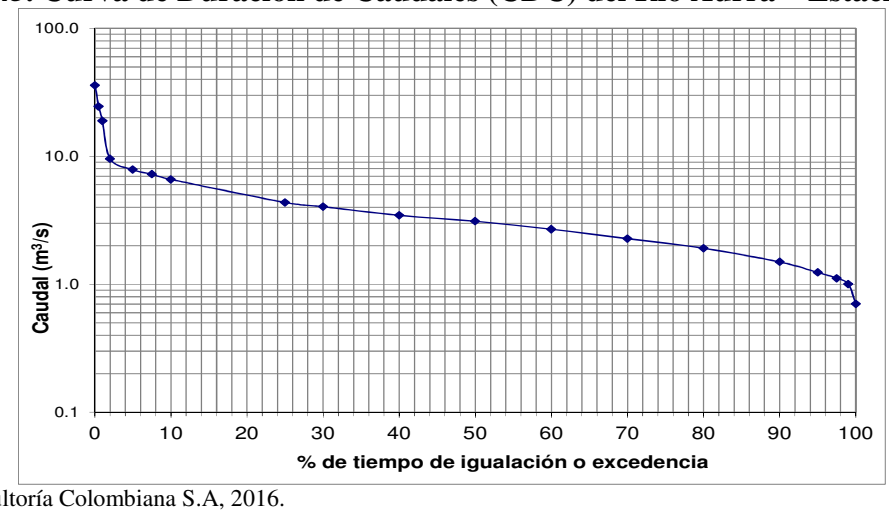
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	2.78	2.31	2.47	2.97	4.21	4.27	3.71	3.65	4.23	5.55	5.04	3.83
Qmax	9.57	4.66	6.81	6.34	19.25	25.75	23.13	23.43	29.54	36.76	10.37	8.94
Qmin	0.70	0.70	1.00	1.13	1.20	1.36	1.06	0.70	1.10	1.00	1.79	1.18

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

- Curva de duración de caudales

En la Figura 5-45 se presenta la CDC para el río Cauca en la estación de registro respectiva.

Figura 5-45. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Aurrá – Estación Penalta



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Aurrá a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 5-40.

Tabla 5-40 Caudales característicos (m^3/s) en la cuenca del río Aurrá– Estación Penalta

Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m^3/s Estación Penalta (Río Aurrá)
1	9.75
5	8.02
10	6.85
25	4.35
50	3.00
75	1.95
90	1.47
95	1.21
97.5	1.10
100	1.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.5.4.4.2.4 Caudales medios cuencas menores hasta sitio de cruce

Siguiendo la metodología del balance hídrico de Thorntwaite, a nivel de discretización mensual (Largo Plazo), y teniendo en cuenta los valores de precipitación y los valores de evapotranspiración potencial, se calculó tanto la reserva de humedad del suelo como el déficit y el excedente de la misma humedad, teniendo en cuenta una capacidad de almacenamiento de humedad del suelo de 100 mm.

Thornthwaite propuso que el 50 % del excedente de agua de un mes específico se escurre hacia los ríos durante el mes de cuestión y el resto se infiltra hacia las capas profunda. De esta manera la escorrentía superficial en (mm) mes a mes se estima a partir de la siguiente expresión:

$$Escorr_{(i)} = 0.5 \times \left[Escorr_{(i-1)} + Exc_{(i)} \right]$$

Dónde:

$Escorr_{(i)}$: escorrentía del mes (i), mm
$Escorr_{(-1i)}$: escorrentía del mes (i-1), mm
$Exc_{(i)}$: Es el agua que excede de la reserva máxima, mm.

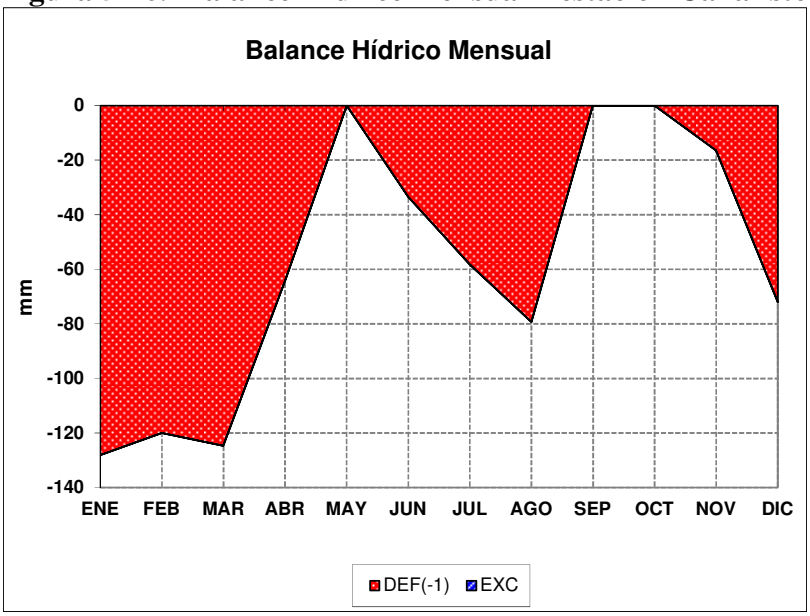
De acuerdo con el análisis climatológico, la estación con mayor influencia en la zona de estudio es la estación Cañafisto. Los resultados del balance hídrico se muestran en la Tabla 5-41 y en la Figura 5-46.

Tabla 5-41. Balance Hídrico a nivel mensual de largo plazo – estación Cañafisto

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P (mm)	30.70	48.40	66.20	105.90	149.20	111.80	101.50	89.20	154.20	167.10	98.70	46.10	1169.00
T (°c)	28.20	28.90	28.90	28.20	26.90	27.00	27.40	27.80	26.90	26.40	26.40	26.90	27.49
ETP (mm)	169.81	170.96	191.64	170.36	147.11	145.94	160.40	168.97	141.01	132.93	126.78	140.13	1866.05
P - ETP (mm)	-139.11	-122.56	-125.44	-64.46	2.09	-34.14	-58.90	-79.77	13.19	34.17	-28.08	-94.03	-697.05
RHS (mm)	3.63	1.07	0.30	0.16	2.25	1.60	0.89	0.40	13.59	47.76	36.07	14.08	121.79
VR	-10.96	-2.56	-0.76	-0.14	2.09	-0.65	-0.71	-0.49	13.19	34.17	-11.69	-21.98	
ETR	41.66	50.96	66.96	106.04	147.11	112.45	102.21	89.69	141.01	132.93	110.39	68.08	1169.51
Déficit (mm)	128.14	120.00	124.68	64.32	0.00	33.49	58.19	79.28	0.00	0.00	16.39	72.05	696.54
Exc. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Escorr. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 5-46. Balance Hídrico mensual – estación Cañafisto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Como se puede observar en los resultados de balance hídrico y según las características propias de las cuencas – verificadas en campo-, en general el área de estudio se trata de una zona seca con poca disponibilidad de agua. Las corrientes más representativas son las que tienen agua permanentemente, y por tanto, en las que se puede cuantificar un caudal medio. Así, a partir del área de la cuenca hasta el sitio de cruce, y con el dato de rendimientos hídricos calculados en la estación La Pestana sobre el río Aurrá, se obtiene el caudal medio en cada sitio. En la Tabla 5-42 se puede observar los caudales medios estimados.

medios estimados en cuencas de sitio de cruce (l/s)

	Area (Km^2)	Caudal Medio (m^3/s)												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio
	21.660	313.36	260.97	278.36	335.33	474.34	481.09	418.63	411.47	476.90	626.20	568.72	431.81	423.10
	0.299	4.33	3.60	3.84	4.63	6.55	6.64	5.78	5.68	6.59	8.65	7.85	5.96	5.84
	1.084	15.68	13.06	13.93	16.78	23.74	24.08	20.95	20.59	23.87	31.34	28.46	21.61	21.18
	0.739	10.69	8.90	9.50	11.44	16.18	16.41	14.28	14.04	16.27	21.36	19.40	14.73	14.43
	3.653	52.84	44.01	46.94	56.55	79.99	81.13	70.59	69.39	80.42	105.60	95.90	72.82	71.35
	1.374	19.87	16.55	17.65	21.27	30.08	30.51	26.55	26.09	30.24	39.71	36.07	27.38	26.83
	1.331	19.26	16.04	17.10	20.61	29.15	29.56	25.72	25.28	29.31	38.48	34.95	26.53	26.00

biana S.A, 2016.

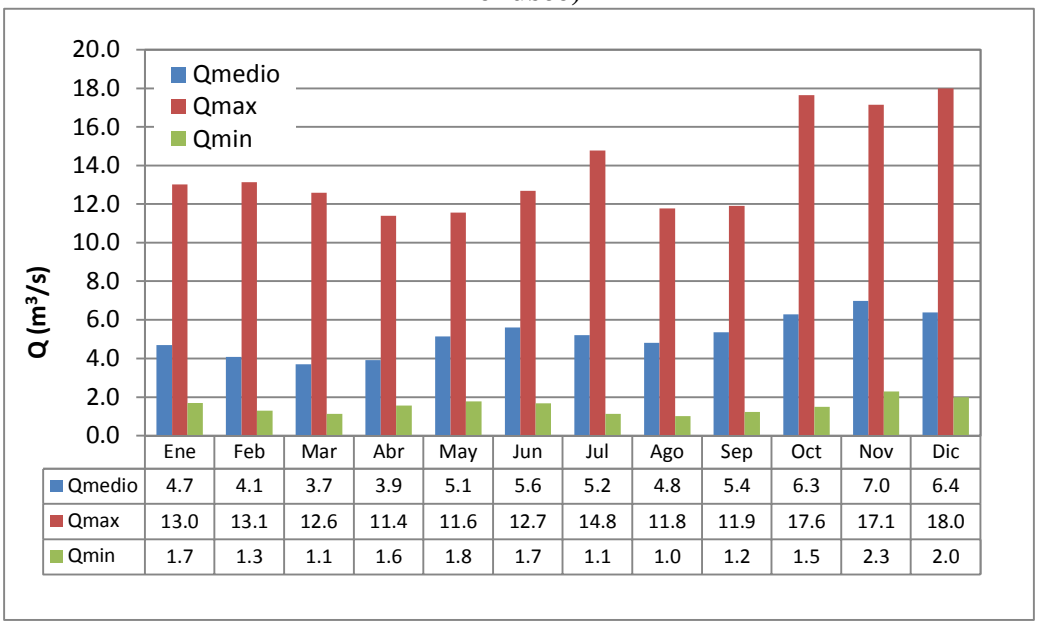
5.1.5.4.4.3 Caudales Minimos

Se presenta, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores mínimos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM.

5.1.5.4.4.3.1 Estación La Galera (Río Tonusco)

La Estación La Galera registra un caudal mínimo medio anual de 5.2 m^3/s, en un registro de 44 años. La serie de mínimos muestra un caudal mínimo de 1.0 m^3/s y máximo de 18.0 m^3/s. (Ver Figura 5-47).

Figura 5-47. Caudales mínimos mensuales multianuales - Estación La Galera (Río Tonusco)



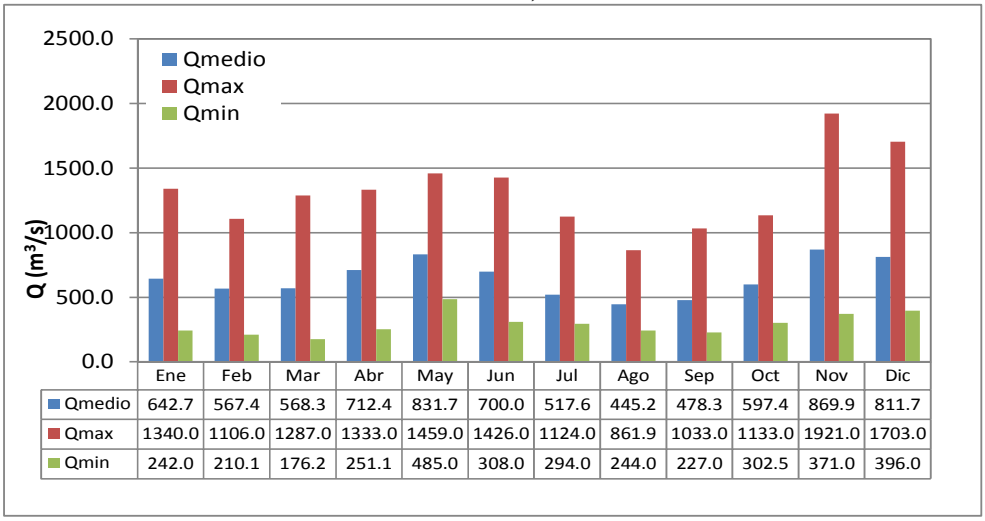
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	4.7	4.1	3.7	3.9	5.1	5.6	5.2	4.8	5.4	6.3	7.0	6.4
Qmax	13.0	13.1	12.6	11.4	11.6	12.7	14.8	11.8	11.9	17.6	17.1	18.0
Qmin	1.7	1.3	1.1	1.6	1.8	1.7	1.1	1.0	1.2	1.5	2.3	2.0

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.4.3.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santafé de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal mínimo medio anual de 645.2 m^3/s, en un registro de 32 años. La serie de mínimos muestra un caudal mínimo de 176.2 m^3/s y máximo de 1921 m^3/s. (Ver Figura 5-48).

Figura 5-48. Caudales mínimos mensuales multianuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)



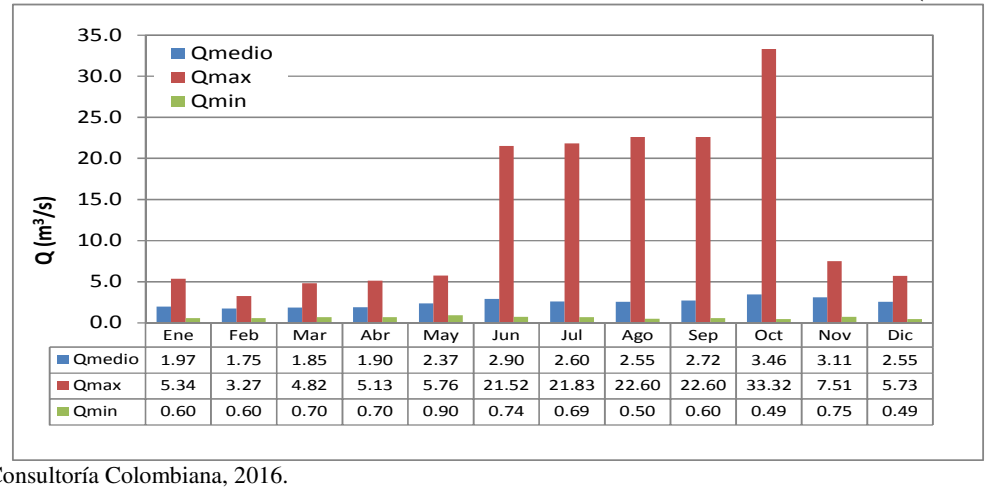
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	642.7	567.4	568.3	712.4	831.7	700.0	517.6	445.2	478.3	597.4	869.9	811.7
Qmax	1340.0	1106.0	1287.0	1333.0	1459.0	1426.0	1124.0	861.9	1033.0	1133.0	1921.0	1703.0
Qmin	242.0	210.1	176.2	251.1	485.0	308.0	294.0	244.0	227.0	302.5	371.0	396.0

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.4.3.3 Estación Penalta (Río Aurrá)

La Estación Penalta registra un caudal mínimo medio anual de 2.48 m^3/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 0.49 m^3/s y máximo de 33.32 m^3/s. (Ver Figura 5-49).

Figura 5-49. Caudales medios mensuales multianuales- Estación Penalta (Río Aurrá)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmedio	1.97	1.75	1.85	1.90	2.37	2.90	2.60	2.55	2.72	3.46	3.11	2.55
Qmax	5.34	3.27	4.82	5.13	5.76	21.52	21.83	22.60	22.60	33.32	7.51	5.73
Qmin	0.60	0.60	0.70	0.70	0.90	0.74	0.69	0.50	0.60	0.49	0.75	0.49

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.4.3.4 Caudales mínimos mensuales de las cuencas menores hasta sitio de cruce

Se calcula el caudal mínimo de las cuencas representativas a partir de rendimientos hídricos de la estación La Penalta sobre el río Aurrá, los resultados se muestran en la Tabla 5-43.

Tabla 5-43. Caudales mínimos estimados en cuencas de sitio de cruce (m^3/s)

ID	Nombre	Area (Km^2)	Caudal Mínimo (m^3/s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mínimo
24	Quebrada Guaracú 2	21.660	78.34	65.24	69.59	83.83	118.58	120.27	104.66	102.87	119.23	156.55	142.18	107.95	105.77
25	Sin nombre (MI)	0.299	1.08	0.90	0.96	1.16	1.64	1.66	1.45	1.42	1.65	2.16	1.96	1.49	1.46
26	Quebrada La Guaira	1.084	3.92	3.27	3.48	4.20	5.93	6.02	5.24	5.15	5.97	7.84	7.12	5.40	5.29
27	Sin nombre (MI)	0.739	2.67	2.23	2.37	2.86	4.05	4.10	3.57	3.51	4.07	5.34	4.85	3.68	3.61
28	Sin nombre 2 (MI)	3.653	13.21	11.00	11.73	14.14	20.00	20.28	17.65	17.35	20.11	26.40	23.98	18.20	17.84
29	Cañada El Oro	1.374	4.97	4.14	4.41	5.32	7.52	7.63	6.64	6.52	7.56	9.93	9.02	6.85	6.71
30	Sin nombre 3 (MI)	1.331	4.81	4.01	4.28	5.15	7.29	7.39	6.43	6.32	7.33	9.62	8.74	6.63	6.50

Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

5.1.5.4.5 Identificacion Dinamica Fluvial – Relacion Espacial y Temporal de las Inundaciones

Las principales corrientes de la zona son quebrada Guaracú - río Aurrá, quebrada La Sucia – quebrada Seca, pertenecientes a la subzona hidrográfica Cauca.

La dinámica fluvial en la mayor parte de la zona de influencia, corresponde a ríos de transición caracterizados por su torrencialidad.

5.1.5.4.5.1 Relación Espacial y Temporal de las Inundaciones

La definición más elemental de una inundación corresponde al evento en el cual el agua ocupa lugares en donde normalmente no está. Según lo establecido por el IDEAM dentro del Comité Nacional de Conocimiento para la Gestión del Riesgo de Desastres, inundación es la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje (naturales y construidas). Se presentan debido a que los cauces de escorrentía superan la capacidad de retención e infiltración del suelo y/o capacidad de transporte de los canales. Las inundaciones son eventos propios y periódicos de la dinámica natural de las cuencas hidrográficas. La lluvia es el factor amenazante más importante en la generación de inundaciones. El agua de los ríos proviene en principio de la escorrentía proveniente de la parte alta de la cuenca, la cual depende del relieve, de la vegetación, del uso del suelo y en general de las condiciones en las que se encuentre la cuenca. Además, estos cuerpos de agua se mantienen con s flujos subsuperficiales que a su vez dependen de las condiciones hidrogeológicas y de los niveles freáticos de la zona (Adaptado González, 2014).

Teniendo en cuenta las características de las cuencas y la rapidez con la cual se producen los desbordamientos, las inundaciones se pueden clasificar en:

- Inundación rápida (Denominada en el documento Avenida Torrencial): Se refiere a crecientes que ocurren de manera repentina debido a la alta pendiente del río o de la quebrada y su cuenca. En ocasiones se produce el arrastre de una gran cantidad de material como detritos (lodos, piedras y árboles). Es característica de ríos de montaña y en transición. El tiempo de reacción ante un evento de esta naturaleza es corto.
- Inundación lenta (Denominada en el documento Inundación): Se produce cuando hay un aumento gradual del nivel del río hasta superar su capacidad máxima. El río se sale de su cauce, inundando las áreas planas cercanas al mismo.

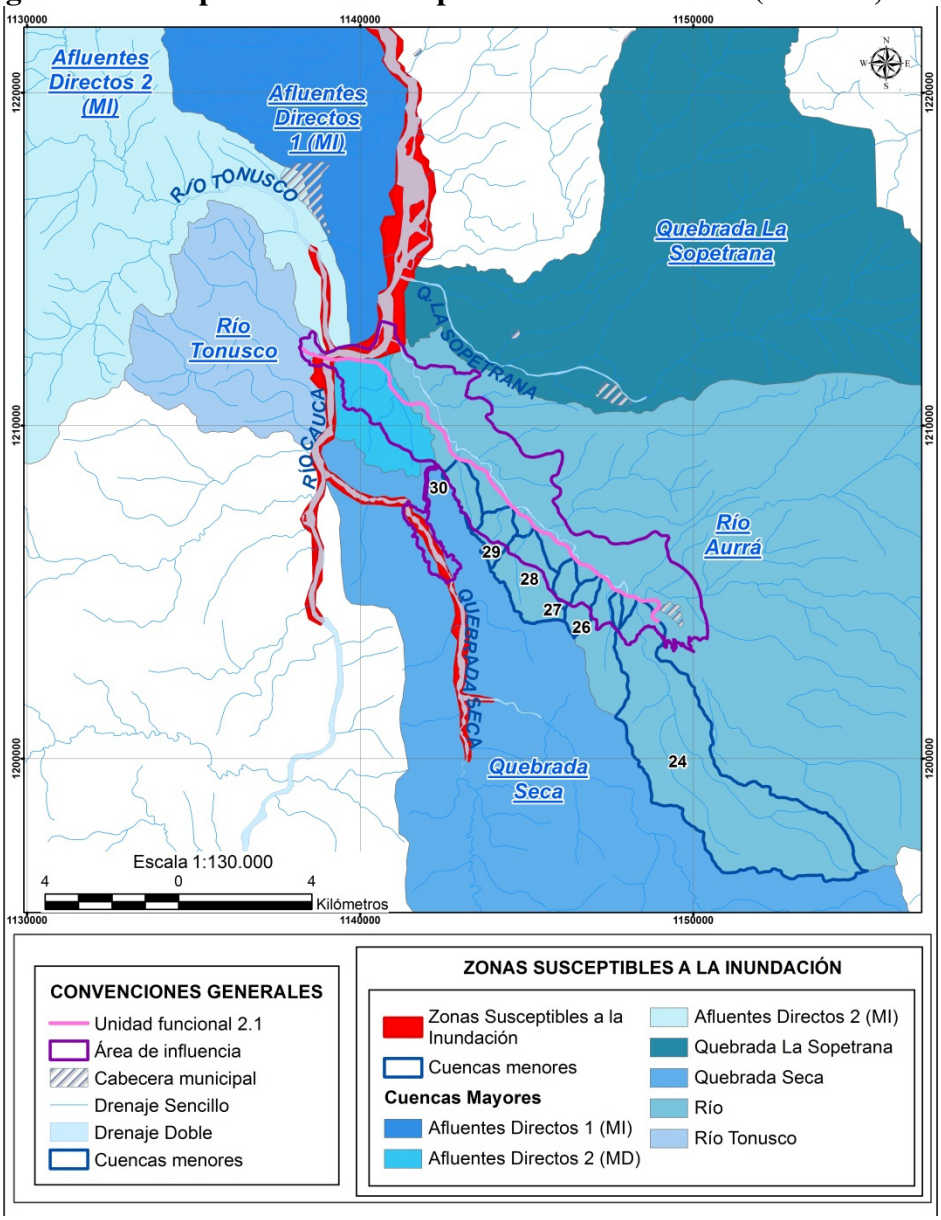
5.1.5.4.5.1.1 Inundaciones

La susceptibilidad de inundaciones lentas está íntimamente asociada a relieves bajos con

paisajes de planicie aluvial, debido a un predominio de topografía plana, e influenciada por las precipitaciones en el área y en las zonas altas de la región.

Para establecer la relación espacio temporal asociada a áreas inundables por la dinámica fluvial de las corrientes, se tuvo en cuenta la cartografía del Sistema de Información Ambiental de Colombia-SIAC-, donde se especifican las áreas susceptibles de inundación y las inundadas por el evento meteorológico extraordinario de la Niña 2010-2011.Ver Figura 5-50.

Figura 5-50. Mapa de zonas susceptibles a la inundación (IDEAM, 2012)



Fuente: IDEAM, 2012. Modificado por Consultoría Colombiana, 2016.

Así, teniendo en cuenta las características morfométricas de las cuencas, éste tipo de inundaciones se presentan en zonas bajas, cercanas al río Cauca.

5.1.5.4.5.1.2 Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales que poseen un gran potencial destructivo, dado que transportan volúmenes importantes de sedimentos y escombros. Aunque tienen una ocurrencia relativamente baja son de gran interés para evaluar los riesgos naturales a los que está sometida una determinada zona. Son diversos los factores que influyen en la ocurrencia de las avenidas torrenciales, tales como: topografía, las características y uso del suelo, precipitación, estabilidad del terreno y los sismos.

Una avenida torrencial puede ser considerada además como un fenómeno de erosión en masa que incluye el desprendimiento, transporte y depositación de grandes masas de suelo, por acción del agua. Las masas en movimiento se comportan como un fluido pero su comportamiento es diferente al de los flujos de sedimentos, especialmente debido a la alta concentración de sólidos (Suárez, 2001)

Las avenidas torrenciales son fenómenos muy dañinos debido a su naturaleza impredecible y la rapidez con la que ocurre que da poco espacio para generar alertas a las comunidades.

Teniendo en cuenta las características morfométricas de las cuencas del área de estudio que corresponden a cuencas con áreas pequeñas, de corta longitud y tiempos de concentración pequeños, además del régimen bimodoal de precipitaciones, con mayores lluvias en los periodos de Abril-Junio y Septiembre-Noviembre, se evidencia que las cuencas del área de influencia son susceptibles a eventos torrenciales. En el numeral 5.1.11.7, se explica con detalle la metodología para evaluar este tipo de amenazas.

5.1.5.4.6 Características Morfométricas de puntos de interés

Las características de las principales microcuencas del área de estudio denotan cuencas con pendiente media a moderada, de forma oval alargada y que tienden a ser menos susceptibles a crecientes esporádicas en comparación con cuencas achatadas.
En la Tabla 5-44 y Tabla 5-45 se presentan las principales características morfométricas de las cuencas menores que hacen parte del área de estudio del proyecto.

Tabla 5-44. Características morfométricas de las principales cuencas menores

ID	Nombre	Área	Perímetro	Lb	Lmáx	Bmáx	Lc	Li	Cota superior	Cota salida	Pendiente media
		(Km²)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(m)	(m)	%
24	Quebrada Guaracú 2	21.660	27.644	12.299	15.374	2.308	13.368	133.216	2833.59	662.16	45.65
25	Sin nombre (MI)	0.299	2.662	1.014	1.268	0.337	1.103	2.410	983.84	671.16	31.53
26	Quebrada La Guaira	1.084	4.758	1.305	1.631	0.790	1.418	7.415	1150.83	645.16	32.12
27	Sin nombre (MI)	0.739	3.732	1.335	1.669	0.759	1.451	4.066	1071.36	621.16	35.47
28	Sin nombre 2 (MI)	3.653	8.660	1.936	2.420	2.059	2.104	26.915	1103.16	521.36	31.61
29	Cañada El Oro	1.374	5.458	2.089	2.611	1.096	2.270	7.802	686.36	511.36	33.04
30	Sin nombre 3 (MI)	1.331	5.515	2.251	2.814	0.786	2.447	6.930	681.36	487.54	34.64

Donde,
Lb: Longitud desde el punto más alejado a la salida
Lmáx: Longitud máxima en sentido del cauce principal
Lc: Longitud del cauce principal
Li: Longitud de drenaje

Tabla 5-45. Principales parámetros morfométricos de las cuencas menores

ID	Nombre	Área	h med	Ancho Promedio	Factor de Forma Kf	Coeficiente de compacidad Kc	Índice de alargamiento Ia	Pendiente	Relación de elongación Re	Coeficiente de masividad Km	Densidad de Drenaje Dd
		(Km²)	(msnm)	(m)				%		m/Km2	(Km/Km2)
24	Quebrada Guaracú 2	21.660	1747.88	1761.17	0.14	1.68	6.66	16.24	0.43	0.08	6.15
25	Sin nombre (MI)	0.299	827.50	294.85	0.29	1.37	3.76	28.36	0.61	2.77	8.06
26	Quebrada La Guaira	1.084	898.00	830.76	0.64	1.29	2.07	35.65	0.90	0.83	6.84
27	Sin nombre (MI)	0.739	846.26	553.45	0.41	1.22	2.20	31.02	0.73	1.15	5.50
28	Sin nombre 2 (MI)	3.653	812.26	1886.87	0.97	1.28	1.18	27.65	1.11	0.22	7.37
29	Cañada El Oro	1.374	598.86	657.69	0.31	1.31	2.38	7.71	0.63	0.44	5.68
30	Sin nombre 3 (MI)	1.331	584.45	591.24	0.26	1.35	3.58	7.92	0.58	0.44	5.21

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.6 Calidad del agua

Las condiciones físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas del recurso hídrico, permiten establecer el tipo de uso que se le puede dar a este bajo ciertos estándares de calidad, que de no ser cumplidos, requerirían de tratamientos específicos para su posterior aprovechamiento. Estos estándares de calidad, pueden ser alterados de diferente forma, tanto directa como indirectamente, por aporte de diferentes agentes provenientes de la dinámica natural del entorno (aportes de materia orgánica, arrastre de sedimentos, etc.), o por actividades antrópicas que modifican las condiciones normales del recurso por lo cual resulta importante conocer las condiciones de calidad antes de la ejecución del proyecto.

5.1.6.1 Cuerpos de Agua Continentales

La evaluación de la calidad del agua (fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica) de los sistemas hídricos susceptibles de afectación por el proyecto, se realizó con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales sobre la responsabilidad de conservar y proteger el recurso hídrico, y como herramienta fundamental para establecer una línea base ambiental del proyecto.

Como se indicó anteriormente, los cuerpos de agua monitoreados corresponden a aquellos que posiblemente se pueden ver afectados con el desarrollo del proyecto, entendidos como aquellos que serán objeto de cruce y/o que serán objeto de concesión y/o vertimientos. Para la ejecución de los monitores, se tuvo en cuenta los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental –EIA en proyectos de construcción de carreteras y/o túneles, así como lo establecido en la resolución 631 de 2015 para el caso de las fuentes de agua que se prevé emplear como punto de vertimientos.

5.1.6.1.1 Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica cuerpos de agua a lo largo del corredor vial

Para la Unidad funcional 2.1 los muestreos se realizaron en jurisdicción de los municipios de San Jerónimo y Sopetran en el departamento Antioquia, se tenía como como propósito la caracterización fisicoquímica, hidrobiológica (Ver ecosistemas acuáticos) y bacteriológica de 30 cuerpos de agua, sin embargo, durante la ejecución de las actividades de muestreo fueron catalogados como puntos secos un total de 22 cuerpos de agua superficiales, por lo cual, se desarrollaron las actividades en 8 puntos de muestreo. Los muestreos fueron realizados entre el 13 y el 14 de marzo y entre el 13 y 15 de abril del año 2016.

Los resultados obtenidos en el muestreo fueron comparados con los límites establecidos la *Sección 9 "Disposiciones Transitorias"* establecida en el Decreto 1076 del 26 mayo de 2015. A continuación en la Tabla 5-46 se presenta la georreferenciación de todos los cuerpos de agua muestreados para la UF 2.1 y en la Figura 5-51 se muestra la ubicación espacial.

Tabla 5-46. Georreferenciación de las estaciones de muestreo Unidad Funcional 2.1

Id	Nombre Fuente Hídrica	Coordenadas planas		Observaciones
		NORTE	ESTE	
44	Quebrada La Espalda	1155736,79	1138716,82	Presencia de lámina de agua (monitoreo de calidad de agua e hidrobiología)
47	Quebrada La Guaracú	1204650,12	1148439,40	
48	Quebrada La Muñoz II	1204434,86	1149197,21	
49	Quebrada La Muñoz I	1204454,75	1148925,55	
Río Aurrá		1204836,16	1149075,15	
Río Aurrá (Captación 2)		1204524,67	1149458,24	
Río Cauca (Captación 5)		1211994,64	1139138,96	
6	Río Tonusco	1212369,29	1139055,05	
46	Q. El Sable	1204853,64	1148092,64	Puntos catalogados como secos (ausencia de lámina de agua)
45	Q. La Espalda	1204996,07	1147756,96	
43	Q. La Guaira	1205468,97	1147197,52	
42	Q. El Sapo	1205650,40	1147014,72	
41	Drenaje NN 08	1206012,13	1146439,69	
40	Drenaje NN 09	1206628,03	1145797,84	
17	Q. Cangrejo	1206917,03	1145287,95	
18	Drenaje NN 10	1207324,19	1144794,22	
19	Cañada El Oro	1207523,20	1144568,45	
20	Quebrada NN 11	1207700,40	1144432,15	
21	Drenaje NN 12	1207739,58	1144401,56	
22	Drenaje NN 13	1207833,46	1144317,68	
23	Drenaje NN 14	1208011,72	1144177,63	
24	Drenaje NN 15	1208257,90	1143966,10	
26	Drenaje NN 16	1208435,22	1143814,22	
28	Q. Ahuyamal	1208974,52	1142959,57	
29	Drenaje NN 17	1209112,27	1142810,16	
30	Drenaje NN 18	1209412,12	1142665,81	
31	Drenaje NN 19	1209563,61	1142572,92	
32	Drenaje NN 20	1209649,59	1142575,04	
33	Drenaje NN 21	1209699,04	1142554,04	
37	Drenaje NN 22	1211912,91	1140288,83	

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-51. Estaciones de muestreo UF 2.1



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos medidos en los cuerpos de agua monitoreados se listan a continuación. Estos se desarrollaron entre el 13 y 14 de marzo y el 13 y 15 de abril de 2016, días en los cuales predominó el tiempo seco con mucha nubosidad.

Parámetros *In situ*:

- Temperatura muestra
- Conductividad
- Oxígeno Disuelto
- Sólidos sedimentables
- Sólidos disueltos totales
- pH

Otros

- Acidez total
- Alcalinidad total
- Dureza cálcica

- Dureza total
- Color
- DBO_5 (demanda bioquímica de oxígeno)
- DQO (demanda química de oxígeno)
- Fenoles totales
- Fósforo total
- Grasas y aceites
- Nitrógeno total
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos totales
- Turbiedad
- Mercurio
- Níquel
- Zinc
- Plata
- Plomo
- Selenio
- Arsénico
- Bario
- Cadmio
- Cobre
- Cromo total
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

Los muestreos se llevaron a cabo de acuerdo al Plan de muestreo del laboratorio, siguiendo los procedimientos estipulados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 22, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, AWWA (American Water Works Association y WPCF (Water Pollution Control Federation), Standard Methods Edición 22 (2012) y la metodología aprobada a C.I.M.A. por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA en la resolución de 1431 del 10 de noviembre de 2015, para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios Ambientales. A continuación en la Tabla 5-47 se presentan los métodos utilizados para el análisis de cada uno de los parámetros analizados.

Tabla 5-47. Métodos y parámetros evaluados

Análisis	Unidad	Método Analítico
Acídez total	Mg/L	SM 2310 B
Alcalinidad total	mg/L	SM 2320 B
Arsénico total	mg/L	S.M 3500 - As B
Bario	mg/L	SM 3111 D
Cadmio	mg/L	SM 3111 B
Cobre	Mg/L	SM 3111 B
Coliformes fecales	NMP/100mL	S.M 9221 E
Coliformes totales	NMP/100mL	S.M 9223 B
Color verdadero	UPC	SM 2120 C
Conductividad (*In Situ)*	uS/cm	SM 2510 B
Cromo total	mg/L	SM 3111 B
DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno)	mg/L	SM 5210 B - 4500 - OG
DQO (Demanda Química de Oxígeno)	mg/L	SM 5220 D
Dureza cálcica	mg/L	SM 3500 - CA B
Dureza total	mg/L	SM 2340 C
Fenoles totales	mg/L	SM 5530 B – D
Fósforo total	mg/L	SM 4500 P B - D
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 B
Mercurio total	mg/L	SM 3112 B
Níquel total	mg/L	SM 3111 B
Nitrógeno total	mg/L	SM 4500-NORG B
Oxígeno disuelto (*In situ*)	mg/L	SM 4500 O G
pH (*In situ)*	Unidad	SM 4500 H+ B
Plata total	mg/L	SM 3111 B
Plomo total	mg/L	SM 3111 B
Selenio total	mg/L	SM 3114 B
Sólidos disueltos totales (*In situ*)	mg/L	SM 2510 B
Sólidos sedimentables (*In situ*)	ml/L-h	SM 2540 F
Sólidos totales	Mg/L	SM 2540 B
Temperatura (*In situ*)	°C	SM 2550 B
Turbiedad	NTU	SM 2130 B
Zinc	mg/L	SM 3111 B

Fuente: Standard Methods for examination of water and wastewater. 22st edition. 2012.

En el Anexo E3_Calidad de Agua se presenta el informe detallado de los resultados y los soportes correspondientes.

5.1.6.1.1.1 Resultados

A continuación en la Tabla 5-48 se presenta la descripción de las condiciones climáticas y generales de cada punto donde se realizó la toma de muestra, en cuanto a los cuerpos de agua que se encontraron secos, estos se describen en la Tabla 5-49. Posteriormente, se presenta el análisis de cada una de las variables estudiadas.

Tabla 5-48. Descripción de puntos de monitoreo UF 2.1

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
44 Quebrada La Espalda	N:	1155736,786	Climático	Día Nublado con una temperatura ambiente de 29°C	
	E:	1138716,822	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque con fuertes alteraciones, cuya continuidad es esporádica, la cobertura es principalmente herbácea y arbustiva.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente verdosa. SUSTRATO: Rocoso. OLOR: Fuerte olor descomposición.	
Observaciones: Se realiza una observación en un tramo de 100 m de longitud, en el cual se aprecia que el cuerpo de agua lótico presenta un ancho aproximado de 1m y una profundidad máxima de 1,5 m, en la zona más profunda, tipología sinuosa, corriente lenta donde existe flujo se presenta una lámina delgada, como estructuras artificiales se encuentra un puente vehicular que pasa sobre el cuerpo de agua. Como coriotopo presente se encuentra piedra en corriente lenta, no se observan macrófitas ni peces; como actividades antrópicas en esta zona rural se encuentra la agricultura.					
47 Quebrada La Guaracú	N:	1204650,12	Climático	Día Despejado con una temperatura ambiente de 30°C	
	E:	1148439,398	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida, vegetación riparia principalmente herbácea y arbustiva.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua transparente SUSTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: Fuerte olor por descargas de aguas negras.	
Observaciones: Se hace observación sobre un tramo de 100 m de longitud sobre el cuerpo de agua lótico, el cual presenta un ancho aproximado de 3 m y una profundidad máxima de 0,2 m, la tipología del cuerpo de agua es sinuosa, no se encuentran estructuras artificiales presentes. Como coriotopos se encuentra piedra en corriente rápida y piedra en corriente lenta. Se observan descargas de aguas negras sobre el cuerpo de agua. En la zona rural como actividades antrópicas presentes en la zona se destaca la agricultura y la ganadería.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
48 Quebrada La Muñoz II	N:	1204434,864	Climático	Día despejado con una temperatura ambiente de 29°C	
	E:	1149197,206	Paisajístico	Geomorfología: montañosa Cobertura: Franja de bosque secundario con fuertes alteraciones en algunos tramos en otros la degradación es extrema, la continuidad es esporádica en algunos puntos y en otros nula, vegetación riparia, herbácea y arbórea principalmente.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua semitransparente, algo turbia visiblemente. SUSTRATO: Arcilloso rocoso OLOR: debido a las descargas de aguas negras se perciben olores fuertes.	
Observaciones: sobre una longitud de 100 m se observa que el cuerpo de agua lótico presenta un ancho de 6 m, y una profundidad máxima de 0,4m, cuerpo de tipología sinuosa, donde se observan como coriotopos representativos piedra en corriente lenta y fondos blandos, el cuerpo de agua se ve fuertemente influenciado por descargas de viviendas cercanas ya que se encuentra en una zona de transición entre lo rural y lo urbano.					
49 Quebrada La Muñoz I	N:	1204454,75	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 30°C.	
	E:	1148925,549	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Bosque secundario con fuertes alteraciones, cuya continuidad es esporádica, la vegetación riparia es de tipo herbáceo u arbustivo principalmente.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: Agua parda SUSTRATO: Arenoso-Rocoso OLOR: desagradable	
Observaciones: Sobre una longitud de 100 m sobre el cuerpo de agua se encuentra que este presenta un ancho de 6 m y una profundidad máxima de 0,5 m, tipología sinuosa donde se encuentra como estructura artificial un puente vehicular que pasa sobre el ecosistema. Como coriotopos en la zona se observa piedra en corriente rápida y fondos blandos. Como actividades antrópicas se encuentra una zona de transición entre lo urbano y lo rural.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
Río Aurrá	N:	1204836,16	Climático	Día, soleado con una temperatura ambiente de 28°C	
	E:	1149075,15	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: Franja de bosque secundario con inicio de alteración importante cuya continuidad se ve frecuentemente interrumpida.	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: color pardo claro, ligeramente turbia SUSTRATO: Rocoso arenoso OLOR: Desagradable	
Observaciones: Sobre un tramo de 100 se observa que el cuerpo de agua lótico presenta 30 m de ancho, y una profundidad máxima de 0,5 m, la tipología del cuerpo de agua es sinuosa No se observan estructuras artificiales presentes. Como coriotopos se encuentra hojarasca, piedra en corriente rápida y arena. El sitio se encuentra en una zona de transición rural a urbana donde se generan como actividades antrópicas, la agricultura principalmente y la ganadería en menor proporción.					
Rio Aurrá (Captación 2)	N:	1204524,66	Climático	Día, nublado con una temperatura ambiente de 30°C.	
	E:	1149458,24	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Cobertura: zona en la cual el bosque original se perdió totalmente degradación extrema y continuidad nula	
			Del Cuerpo de agua	COLOR: pardo verdosa SUSTRATO: Rocoso-arenoso OLOR: desagradable (orina de ganado)	
Observaciones: Se hace una evaluación del punto en un tramo de 100 m, en los que se encuentra que el cuerpo de agua posee un ancho de 8 m y una profundidad máxima de 0,5 m, de tipología sinuosa, no se observan estructuras artificiales. Como coriotopos presentes se encuentra piedra en corriente rápida y arena. El sitio es una zona rural donde se desarrollan como actividades antrópicas la extracción de material para la construcción, arena y piedra.					

<table>
<tr><th>Puntos de monitoreo</th><th colspan="2">Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste</th><th colspan="2">Aspectos</th><th>Registro fotográfico</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Río Cauca (Captación 5)</td><td>N:</td><td>1211994,64</td><td>Climático</td><td>Día despejado, T° ambiente 25,5°C</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>E:</td><td>1139138,96</td><td>Paisajístico</td><td>Geomorfología: Zona montañosa
Cobertura: vegetación arbustiva, en cada una de las orillas en la ladera de la montaña se observa un sustrato arbóreo, zonas de remansos.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Del cuerpo de agua</td><td>COLOR: Amarillento
SUSTRATO: Arenoso</td></tr>
<tr><td colspan="6">Observaciones: se encontró un sistema con un ancho aproximado de 150m, en el que fue posible observar actividades de agricultura y ganadería.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">6. Río Tonusco</td><td>N:</td><td>1204836,162</td><td>Climático</td><td>Día despejado, T° ambiente 28 °C, sin precipitaciones</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>E:</td><td>1149075,151</td><td>Paisajístico</td><td>Geomorfología: Zona montañosa Lecho rocoso.
Cobertura: Parches de vegetación boscosa.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>Del Cuerpo de agua</td><td>COLOR: Pardo, oscuro ligeramente turbio.
SUSTRATO: Rocoso-Arenoso.
OLOR: fuerte</td></tr>
<tr><td colspan="5">Observaciones: este sistema lotico presentó un ancho aproximado de 15m y una profundidad del 0,5m en la zona de muestreo existen actividades de ganadería, agricultura y asentamientos humanos; finalmente el espejo de agua no presentó ningún tipo de iridiscencias, ni olores.</td></tr>
</table>

Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tabla 5-49. Descripción de los puntos considerados en el plan de monitoreo que se encontraban secos

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
17. Quebrada Cangrejo	N:	1206917,03	Climático	Día soleado.	
	E:	1145287,95	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Estructura con influencia urbana, asentamientos humanos alrededor.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: Únicamente se encuentran restos de hojarasca y material vegetal en general.					
18. Drenaje NN 10. Cañada Honda	N:	1200398,48	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 23°C.	
	E:	1148957,51	Paisajístico	Del mismo modo que en el caso anteriormente descrito se evidencia un sistema artificial tipo box culvert en el que no hay espejo de agua	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: El sistema se encuentra cercano a la vía, por otro lado no se identificó espejo de agua.					
19. Cañada El Oro	N:	1200657,88	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 24 °C.	
	E:	1148965,19	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Se encuentra una estructura artificial tipo box culvert, en el que no se encontró espejo de agua para realizar la toma de la muestra	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: Sobre el lecho únicamente se observan restos de hojarasca y material vegetal, el sistema artificial se encuentra en la zona cerca a la vía.					

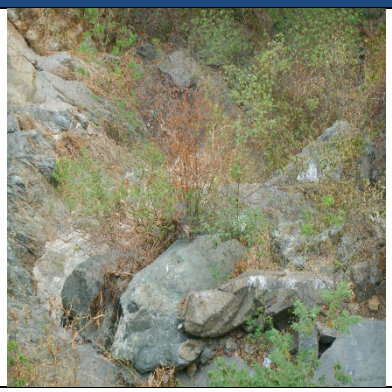
Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
20 Quebrada NN 11	N:	1207700,40	Climático	Día soleado sin nubosidad.	
	E:	1144432,15	Paisajístico	Se encuentra un sistema sin lámina de agua, en el que únicamente se evidencian rastros de desechos sólidos en el cauce.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: En cada una de las orillas del sistema se encontraron formaciones vegetales de tipo rastrojo.					
21. Drenaje NN 12	N:	1207739,58	Climático	Día soleado con una temperatura ambiente de 24 °C.	
	E:	1144401,56	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Se encuentra una estructura artificial tipo box culvert, en el que no se encontró espejo de agua para realizar la toma de la muestra	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: Sobre el lecho únicamente se observan restos de hojarasca y material vegetal, el sistema se encuentra en la zona cerca a la vía.					
22. Drenaje NN 13	N:	1200398,48	Climático	Día soleado	
	E:	1148957,51	Paisajístico	En este caso se encuentra una estructura artificial tipo box culvert responsable del drenaje de este cuerpo de agua, en cada una de las orillas se observa vegetación tipo rastrojo y algunas tuberías y mangueras.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua	
Observaciones: El box culvert en este caso no presentó ningún curso de agua.					

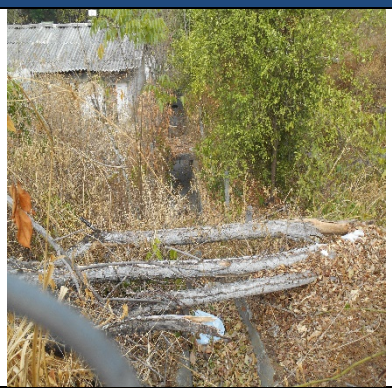
Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
23. Drenaje NN 14	N:	1208011,72	Climático	Día soleado.	
	E:	1144177,63	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Se encuentra una estructura artificial tipo box culvert, en el que no se encontró espejo de agua para realizar la toma de la muestra	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: en el lecho artificial se observa acumulación de restos vegetales.					
24. Drenaje NN 15	N:	1208257,90	Climático	Día soleado.	
	E:	1143966,10	Paisajístico	Se encuentra una estructura artificial tipo box culvert, el cual presenta una tubería atravesando el caudal	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: El sistema se encuentra cercano a la vía con vegetación arbustiva.					
26. Drenaje NN 16	N:	1208435,22	Climático	Día soleado.	
	E:	1143814,22	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa El punto de muestreo se encuentra a un lado de la vía, a lo largo del mismo se encontraron restos de basuras y desechos.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua.	
Observaciones: Ubicado a un lado de la vía, el punto no presentó agua para realizar la toma de muestras.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
28. Quebrada Ahuyamal	N:	1208974,52	Climático	Día soleado.	
	E:	1142959,57	Paisajístico	En el punto de muestreo se evidenciaron rastros de un cauce, sin embargo en este caso no existió lámina de agua para la toma de muestras	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: El cuerpo se ubica en una pendiente de baja inclinación cercana a la vía, se alcanzan a identificar parches de vegetación arbórea de mediano porte.					
29. Drenaje NN 17	N:	1209112,27	Climático	Día soleado.	
	E:	1142810,16	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa El cuerpo de agua estaba ubicado en un barranco de inclinación baja, el cual está interrumpido por una cerca.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: en el lecho del sistema se observan restos de material vegetal y hojarasca.					
30. Drenaje NN 18	N:	1209412,12	Climático	Día soleado.	
	E:	1142665,81	Paisajístico	En este caso el sistema se ubica en un lecho rocoso en medio de un parche de vegetación arbustiva de bajo porte.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: A lo largo del cauce se encontraron restos de desechos y basuras.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
31. Drenaje NN 19	N:	1209563,61	Climático	Día soleado.	
	E:	1142572,92	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa A lo largo del sistema se encontraron rastros de tuberías y sistemas de recolección de agua, adicionalmente una cerca atraviesa el lugar.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua.	
Observaciones: a lo largo del punto visitado se encuentran restos de basura y desechos.					
32. Drenaje NN 20	N:	1209649,59	Climático	Día soleado.	
	E:	1142575,04	Paisajístico	Existe en el punto de muestreo una estructura tipo box culvert en la que no hay lámina de agua; en este caso se ubica en una zona por debajo de la vía.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua.	
Observaciones: En este caso se encontró vegetación arbustiva de bajo porte.					
33. Drenaje NN 21	N:	1209699,04	Climático	Día soleado.	
	E:	1142554,04	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa El punto se encuentra en una depresión cercano a la vía; en el recorrido del mismo se encontraron tuberías posiblemente para recolección de agua, también hay arbustos y árboles de bajo porte.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: en el lecho del sistema se observan restos de material vegetal y hojarasca.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
Drenaje NN 22	N:	1211912,91	Climático	Día soleado.	
	E:	1140288,83	Paisajístico	En el lecho del cuerpo de agua únicamente se observan restos de basuras y materiales de desecho, del mismo modo hay un amplio parche de vegetación arbustiva, lo que indica que posiblemente el tiempo de sequía en este lugar es largo.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: existen tuberías y mangueras en este punto.					
46. Quebrada El Sable.	N:	1204853,64	Climático	Día soleado.	
	E:	1148092,64	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa A lo largo de un amplio parche de vegetación herbácea típica de sumideros de agua.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: al no encontrarse lámina de agua en los alrededores del cuerpo visitado, se cataloga como un punto seco.					
45. Quebrada La Espalda	N:	1204996,07	Climático	Día soleado.	
	E:	1147756,96	Paisajístico	Este cuerpo de agua se ubica en una estructura artificial tipo box culvert, el cual se encuentra a un lado de la vía en un pequeño barranco de baja elevación. Hay vegetación riparia de mediano porte así como arbustos.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: A lo largo del cauce se encontraron depósitos de desechos y basuras.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
43. Quebrada La Guaira	N:	1205468,97	Climático	Día soleado.	
	E:	1147197,52	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa Se observa un lecho rocoso con cantos de mediano tamaño, en un paisaje de vegetación de rastrojo y amplias zonas de arbustos de mediano porte.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: en el lecho del sistema se observan restos de material vegetal y hojarasca.					
42. Quebrada El Sapo	N:	1205650,40	Climático	Día soleado.	
	E:	1147014,72	Paisajístico	El punto de monitoreo está ubicado en un terreno plano con bastante vegetación herbácea, lo que indica que el paso del agua está interrumpido hace algún tiempo.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua.	
Observaciones: el punto de muestreo está ubicado a un lado de la vía y presenta cierto grado de inclinación.					
41. Drenaje NN 08	N:	1206012,13	Climático	Día soleado.	
	E:	1146439,69	Paisajístico	Geomorfología: Montañosa El punto de monitoreo está ubicado a un lado de la vía en una semi pendiente; en este caso a lo largo del recorrido de la zona se encontraron desechos de neumáticos y basuras en general.	
			Del Cuerpo de agua	Cuerpo de agua seco	
Observaciones: se encontrar tuberías y mangueras a lo largo de la zona; el punto se encuentra lleno de basuras en el lecho del sistema se observan restos de material vegetal y hojarasca, la vegetación aledaña presenta signos de marchitamiento por falta de agua y exceso de luminosidad.					

Puntos de monitoreo	Coordenadas: Gauss Krüger, Datum Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
40. Drenaje NN 09	N:	1206628,03	Climático	Día soleado.	
	E:	1145797,84	Paisajístico	La estación de muestreo está ubicada en la parte posterior de una vivienda, adicionalmente se encontraron estructuras artificiales de paso como palos y canales hechos en madera, finalmente se observan desechos en cada uno de las orillas.	
			Del Cuerpo de agua	No se encontró lámina de agua.	
Observaciones: no se encontró lámina de agua en los alrededores.					

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de la Unidad Funcional 2.1 obtenidos por el laboratorio, se presentan de forma resumida en la Tabla 5-50 y Tabla 5-51 el detalle de los análisis de variación se presentan en el Anexo E_Calidad de agua en el cual se incluye el informe completo de laboratorio

Tabla 5-50. Resultados In situ y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial.

RO	UNIDADES	RESULTADOS				NORMA, DEC. 1076/15					
		44 Q. La espalda	47 Q. La guaracú	48 Q. La muñoz II	49 Q. La muñoz I	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
		53612	53613	53614	53617						
		2850	2851	2852	2855						
	A-M-D	2016-03-13	2016-03-13	2016-03-13	2016-03-14						
	h:min	9:05	11:10	13:00	14:35						
	ºC	29	29	29	30	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
STRA	ºC	27,39	27,55	26,50	24,83	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	Unidades	8,16	8,46	7,46	7,64	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
	µS/cm	324	288	132	83	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
LES	mg/L	202	179	83	54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mL/L	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	4,38	7,03	5,88	8,09	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L $CaCO_3$	36,93	21,54	21,54	21,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L $CaCO_3$	36,46	20,15	14,39	26,87	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	mg/L	<1	<1	<1	<1	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	NMP/100 mL	10	310	1700	1600	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	NMP/100 mL	150	2909	15220	18350	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
M)	1/m	0,6	0,5	1,1	1,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
M)	1/m	<0,2	<0,2	0,6	0,5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
M)	1/m	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L Cr^{+6}	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
	mg/L O_2	20,6	24,3	33,9	29,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L O_2	46,5	54,7	76,5	65,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L $CaCO_3$	<2,5	113,49	21,06	5,85	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L $CaCO_3$	<6	146,25	22,23	8,19	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
	mg/L P	0,05	0,07	3,05	0,07	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<5	<5	<5	<5	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
HL	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54	<0,54	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,009	<0,009	0,034	0,036	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
OTALES	mg/L	<20	<20	<20	160,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	280,0	248,0	128,0	304,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NTU	87,4	<1	2,7	12,6	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	15	15	2	25	N.E.	N.E.

ido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Tabla 5-51 Resultdos In situ y de laboratorio de los cuerpos de agua superficial

	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADOS				NORMA, DEC. 1076/15					
			Rio Aurra	Captación 2 (Rio Aurra)	CAPTACIÓN 5 RIO CAUCA	RIO TONUSCO	Art 2.2.3.3.9.3 Cons. Hum.Trat.	Art. 2.2.3.3.9.4 Cons. Hum.Des	Art 2.2.3.3.9.5 Uso Agr.	Art 2.2.3.3.9.6 Uso Pec.	Art 2.2.3.3.9.7 Fines Recr. 1	Art 2.2.3.3.9.8 Fines Recr. 2
	No. LABORATORIO IHA		54966-54890	54969-54890								
	No. LABORATORIO CIAN		3581	3584	2744	2745						
	No. CIMA		2727	2730	2728	2729						
	FECHA	A-M-D	2016-04-13	2016-04-15	2016-04-14	2016-04-14						
IN SITUS	HORA	h:min	16:03	10:00	12:30	16:10						
IN SITUS	TEMPERATURA AMBIENTE	ºC	28	30	28	34	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
IN SITUS	TEMPERATURA DE LA MUESTRA	ºC	23,93	26,68	25,57	32,28	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
IN SITUS	pH	Unidades	7,48	7,81	7,3	8,29	5 - 9	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	N.E.	5 - 9	5 - 9
IN SITUS	CONDUCTIVIDAD	µS/cm	75	131	123	276	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
IN SITUS	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	35	65	79	157	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
IN SITUS	SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L	0,1	0,30	1,8	<0,1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
IN SITUS	OXÍGENO DISUELTO	mg/L	8,23	7,23	6,99	6,74	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ACIDEZ TOTAL	mg/L $CaCO_3$	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ALCALINIDAD TOTAL	mg/L $CaCO_3$	30	55	36	94	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ARSÉNICO	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	BARIO	mg/L	0,6	0,7	0,7	0,6	1	1	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	CADMIO	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	COBRE	mg/L	<0,03	<0,03	0,04	<0,03	1	1	0,2	0,5	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	124	141	345	136	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	136	146	461	141	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
ANÁLISIS DE LABORATORIO	COLOR REAL	UPC	65	65	441	74	N.E.	20	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	CROMO TOTAL	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,1	1	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	DBO5	mg/L O_2	10	5	14	6	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	DQO	mg/L O_2	55	124	59	78	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	DUREZA CALCICA	mg/L $CaCO_3$	16	37	32	83	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	DUREZA TOTAL	mg/L $CaCO_3$	24	51	48	120	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	FENOLES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,002	N.E.	N.E.	0,002	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	FÓSFORO TOTAL	mg/L P	1,98	0,8	0,87	1,46	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	GRASAS Y ACEITES	mg/L	1	<0,5	1	1	S.P.V	S.P.V	N.E.	N.E.	S.P.V.	S.P.V.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	MERCURIO	mg/L	<0,0019	<0,0019	<0,0019	<0,0019	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	NÍQUEL	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL	mg/L	7,84	10,1	12,3	9,52	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	PLATA	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	PLOMO	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	5	0,1	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	SELENIO	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	34	73	823	69	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	SÓLIDOS TOTALES	mg/L	74	143	894	202	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	TURBIEDAD	NTU	33	33	800	87	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
ANÁLISIS DE LABORATORIO	ZINC	mg/L	0,01	0,01	0,12	<0,01	15	15	2	25	N.E.	N.E.

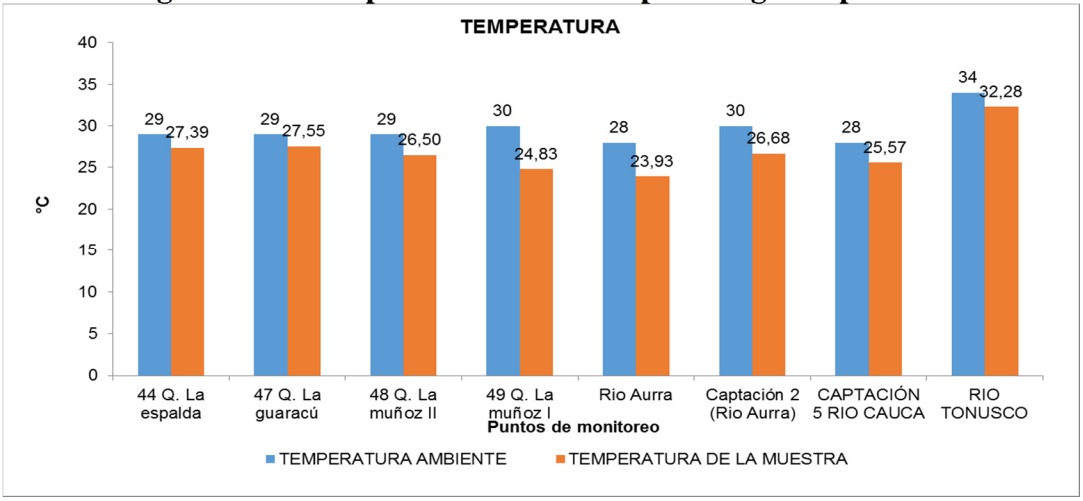
NE: No Establecido; valores en color verde indican que se encuentran cumpliendo con los límites permisibles; valores en color rojo están por fuera de estos límites.

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Temperatura

La temperatura es un parámetro de gran relevancia en los análisis de calidad del agua, debido a que influye en el grado de saturación del oxígeno disuelto y en la solubilidad de gases (Rodier et al., 2010). En relación a este parámetro se reportaron valores acordes a las condiciones climatológicas de la zona, presentando un comportamiento similar en los ocho puntos de monitoreo con temperaturas entre los 23,93 °C y los 32,28 °C, siempre por debajo de la temperatura ambiente (Ver Figura 5-52)

Figura 5-52. Temperatura de los cuerpos de agua superficial



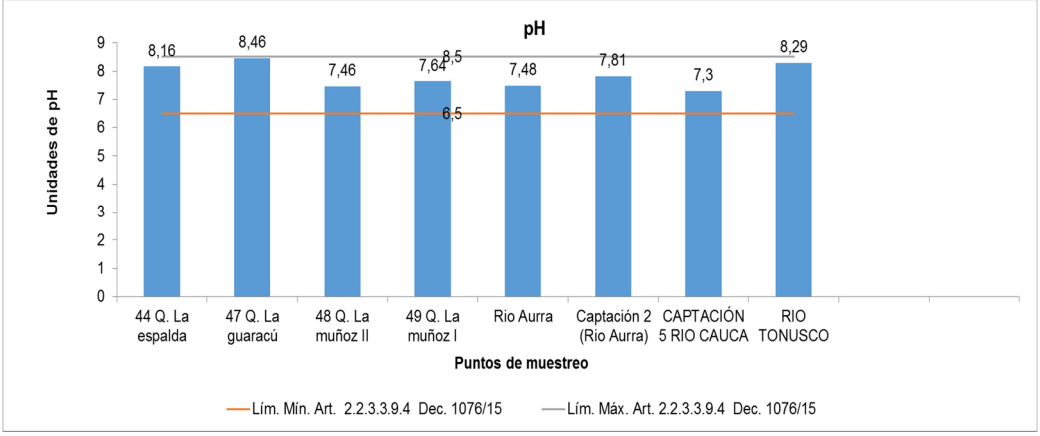
Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

pH

El potencial de hidrogeno (pH) permite determinar las características básicas o alcalinas del agua, condición que influye en el desarrollo de la vida acuática y en la solubilidad de sustancias en el recurso hídrico (Rodier et al., 2010).

En relación a este parámetro en la Figura 5-53 es posible evidenciar un comportamiento similar en los ocho (8) puntos de monitoreo con valores entre 7,3 y 8,46, valores que permiten concluir que los cuerpos de agua presentan características neutras. En cuanto al cumplimiento de la normatividad aplicable, es posible afirmar que los valores de pH obtenidos en los puntos se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.8 del Decreto 1076 de 2015 (minimo 6,5 y máximo 8,5), lo que permite afirmar que en relación con los valores de pH encontrados, el agua seria apta para consumo humano (tratamiento previo), uso agrícola y con fines recreativos.

Figura 5-53. pH de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

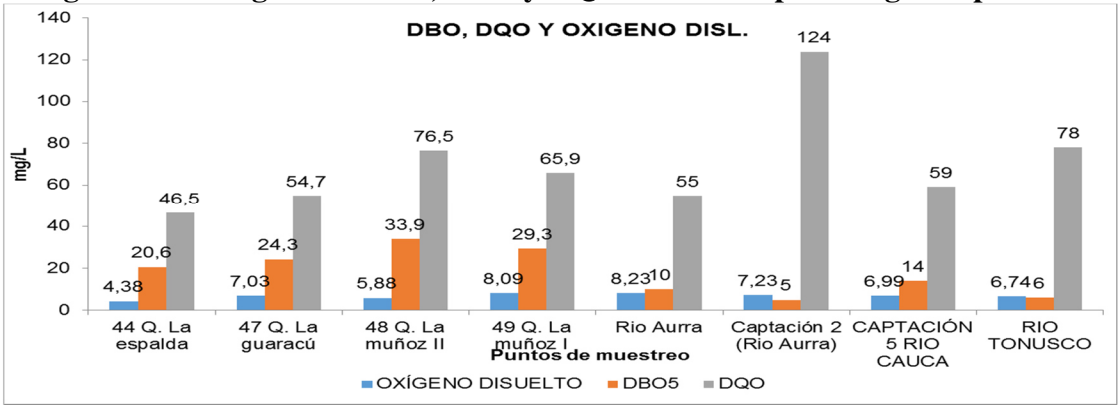
Oxígeno Disuelto, DBO y DQO

El oxígeno disuelto es un indicador de gran importancia en la evaluación de la calidad del recurso hídrico, debido a que permite determinar el grado de contaminación y las condiciones aerobias o anaerobias del cuerpo de agua evaluado (Rodier et al., 2010). En relación a este parámetro es posible evidenciar valores menores a 10 mg/L en todas las estaciones de muestreo (Figura 5-54).

En relación a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) se debe mencionar que estos parámetros permiten determinar el consumo de oxígeno durante la degradación de materia orgánica en el agua (Rodier et al., 2010); teniendo en cuenta lo anterior, para el primer parámetro se registraron valores cercanos a 20 mg/L O_2 evidenciando mayor carga orgánica en la Quebrada La Muñoz II, en cuanto al punto con menor concentración corresponde al Río Aurrá en donde se prevé la captación No. 2, con una concentración de 5 mg/L O_2 resultados directamente asociados a la presencia de material orgánico.

En relación a la demanda química de oxígeno (DQO), se reportaron valores importantes en cada una de las estaciones de monitoreo, en las que fue posible observar el valor más alto en el punto Captación 2 (Rio Aurrá) con un valor de 124 mg/L; en contraste con el anterior valor es posible mencionar que en el caso de los puntos restantes este valor no superó un total de 78 mg/L. Estos valores permiten indicar que se requiere mayor cantidad de oxigeno para la degradación de la materia organica presente en los cuerpos de agua, a través de procesos químicos.

Figura 5-54.Oxígeno disuelto, DBO y DQO de los cuerpos de agua superficial



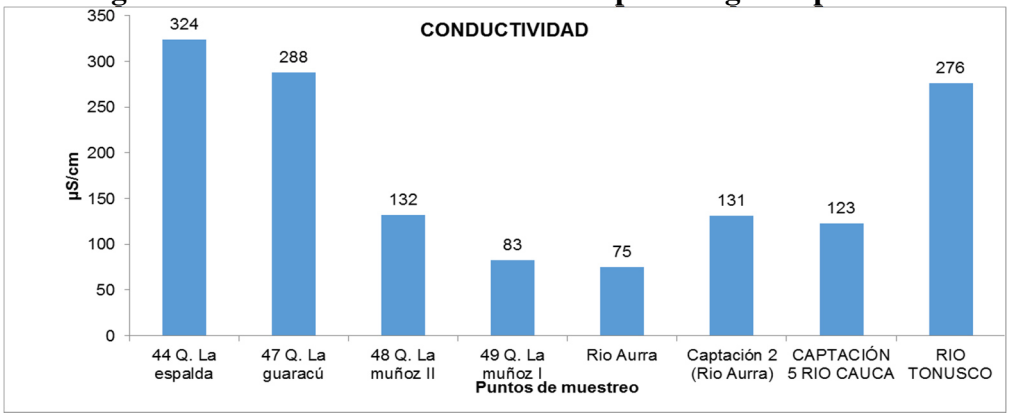
Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Conductividad

La conductividad es un parámetro que permite determinar la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica, condición asociada al contenido de sales disueltas y al grado de mineralización que posee el recurso hídrico (Rodier et al., 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, se reportaron valores que oscilan entre 75 µS/cm y 324 µS/cm en los ocho (8) cuerpos de agua, resultados que permiten clasificar al agua procedente de los puntos de monitoreo Quebrada La Espada, Quebrada Guaracú, y Rio Tonusco con "*mineralización media*"; al presentar valores de conductividad cercana a los 300 µS/Cm; en el segundo caso se evidenció que los demás puntos de muestreo, como los puntos Quebrada la Muñoz II y Río Aurrá y captación 5 (Rio Cauca) experimentan un proceso de "*mineralización débil*" ya que aportaron un valor menor a 200 µS/cm para este parámetro, lo que está directamente relacionado con el hecho de que estos cuerpos hídricos no posee condiciones de salinidad que alteren sus características fisicoquímicas, resultados posiblemente asociados a las características morfológicas y a las condiciones climatológicas de la zona, factores que según Rodier (2010) influyen en el arrastre de sales en el recurso hídrico (Figura 5-55)

Figura 5-55. Conductividad de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tipos de Sólidos

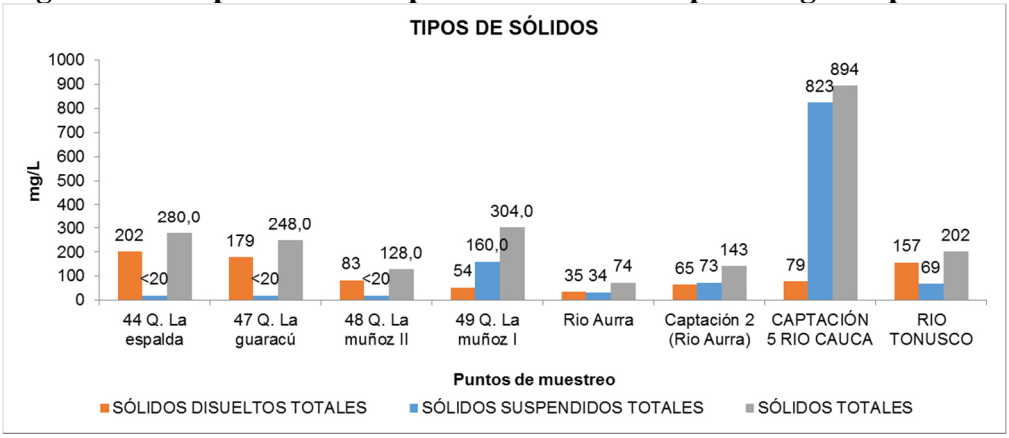
Los sólidos sedimentables se midieron *in situ* por medio de un cono Imhoff, reportando valores inferiores al límite de la técnica empleada en campo (<0,1 mL/L) en seis (6) puntos de monitoreo correspondiendo a un valor acorde a las condiciones naturales de las aguas superficiales y al nivel de turbiedad que posee el recurso, por lo tanto no altera la calidad estética del mismo. Los Puntos Captación 2 (Rio Aurrá) y Captación 5 (Rio Cauca) reportaron un valor de 0,30 mL/L y 1,8 mL/L respectivamente asociado posiblemente a las actividades antrópicas desarrolladas en las zonas aledañas a los puntos de muestreo, tales como extracción artesanal de materiales.

Los sólidos suspendidos totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<20 mg/L), en tres estaciones de muestreo, resultados favorables para la calidad estética del recurso hídrico, en este mismo sentido en el punto Quebrada La Muñoz I, Captación 4, Rio Aurrá, Captación 5 y Rio Tonusco se obtuvieron valores de 160 mg/L; 34 mg/L, 73 mg/L, 823 mg/L y 69 mg/L respectivamente, teniendo en cuenta lo anterior es importante mencionar que la normatividad vigente no establece límites permisibles en relación a este parámetro (Figura 5-56)

Por otra parte los sólidos totales reportaron valores que oscilan entre los 74 mg/L y 894 mg/L, resultados acordes al material en disolución y en suspensión obtenido en el monitoreo, siendo favorable para la calidad del recurso hídrico; lo anterior es importante para determinar la calidad y las características del espejo de agua. Los altos niveles registrados para el río Cauca (894 mg/L), se atribuyen a que el punto de muestreo se localiza en cercanías a la desembocadura del río Tonusco y a la extracción de material de arrastre en dichas corrientes.

En cuanto a los solidos disueltos totales, se registraron valores entre los 35 mg/L y 157 mg/L, siendo el mayor valor el reportado en el río Cauca y el menor los reportados en el río Aurrá, al respecto es importante mencionar que la normatividad vigente no establece límites permisibles en relación a este parámetro.

Figura 5-56. Tipos de sólidos presentes en los cuerpos de agua superficial



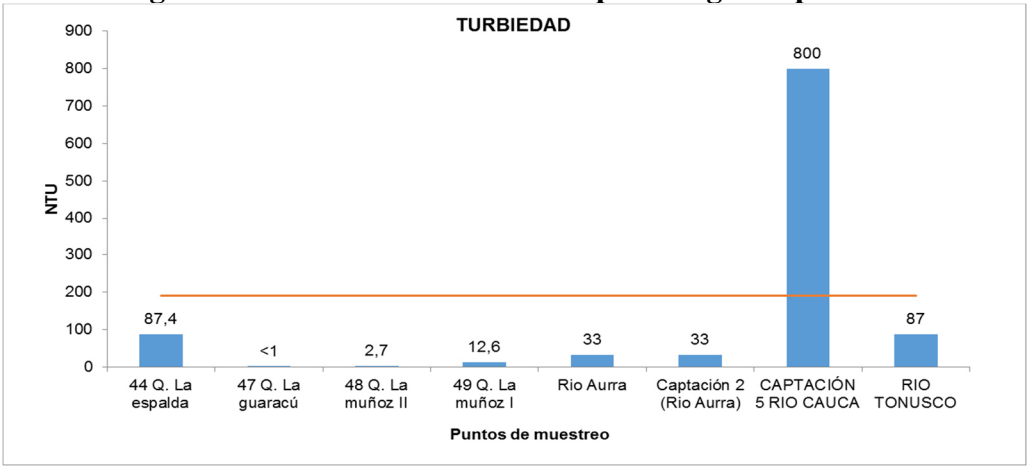
Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Turbiedad

La turbiedad es un parámetro que permite determinar el grado de transparencia del recurso hídrico, condición asociada al material orgánico, inorgánico y partículas en suspensión presentes en el agua (Rodier et al., 2010).

En relación a este parámetro se reportó un valor máximo de 800 NTU para el punto Captación 5 (Rio Cauca); en contraste con lo anterior se debe tener en cuenta que para las demás estaciones de muestreo el valor reportado fue menor a 87,4 NTU; los anteriores resultados permiten definir que a excepción del punto Captación 5 (Rio Cauca) todos los valores obtenidos están por debajo del límite establecido como permisible por el Decreto 1076 de 2015 (190 NTU para uso en consumo humano con tratamiento de desinfección); el incremento de la turbiedad en el río Cauca puede deberse al tipo de lecho del cuerpo de agua el cual sufre una erosión arrastrando sustratos y material parental, además de la desembocadura del río Tonusco que influye en dicho arrastre de materiales. Teniendo en cuenta lo anterior, las concentraciones de este parámetro en todos los cuerpos de agua a excepción del punto río Cauca son favorables para la calidad estética del recurso hídrico (Figura 5-57)

Figura 5-57. Turbiedad de los cuerpos de agua superficial

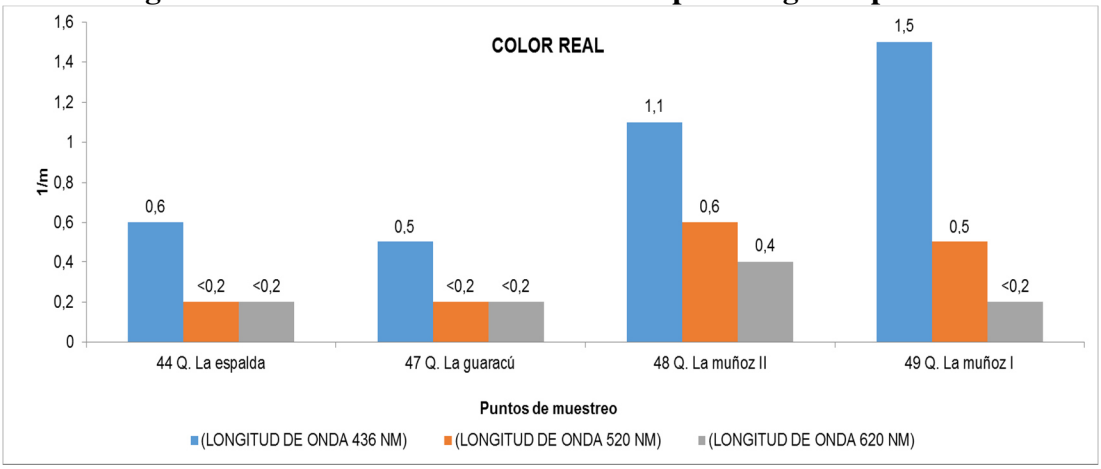


Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Color verdadero

El color verdadero es un parámetro que hace referencia al color que posee el agua posterior a remover su turbiedad, en relación a este parámetro, la Quebrada la Muñoz II presentó una longitud cercana a 1,5 m, en contraste con lo anterior las demás estaciones de muestreo se registraron valores inferiores; aspecto que se relaciona con las propiedades de turbiedad y transparencia en el agua, es decir con la calidad de la columna de agua. En este caso dentro de la normatividad no se encuentra incluido este parámetro (Figura 5-58).

Figura 5-58. Color verdadero de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

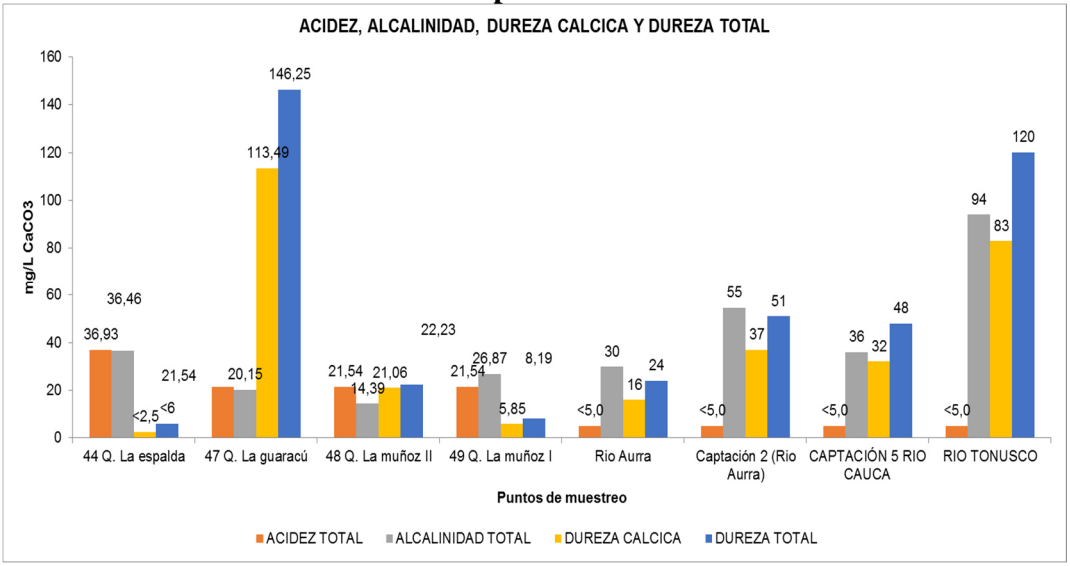
Acidez total, alcalinidad total, dureza cálcica y dureza total

La acidez total es la capacidad del agua de neutralizar iones hidróxido, generalmente el recurso hídrico posee de manera natural ácidos procedentes de la presencia de dióxido de carbono (CO_2) (Rodier et al., 2010). En relación a este parámetro a lo largo de las estaciones de muestreo se reportaron valores inferiores a 37 mg/L de $CaCO_3$, (Figura 5-59), indicando bajo contenido ácido en los cuerpos de agua evaluados, siendo acorde al pH obtenido previamente.

La alcalinidad total hace referencia a la capacidad del agua para neutralizar ácidos y se encuentra asociada a la presencia de elementos carbonatos y bicarbonatos en el recurso hídrico, en este sentido acorde con lo encontrado en laboratorio el valor más significativo fue el hallado en el Rio Tonusco, con un valor de 94 mg/L $CaCO_3$, en términos generales para el resto de las estaciones se reportó un valor menor para este parámetro; este escenario está asociado posiblemente a la presencia de carbonatos, producto del poco arrastre de sedimentos en el suelo, resultados acordes al pH obtenido.

La dureza total reportó el valor más alto en el punto Quebrada La Guaracú con un total de 146,25 mg/L $CaCO_3$ y el segundo valor más alto se reportó en el punto Rio Tonusco con un valor de 120 mg/L $CaCO_3$ valores que difieren considerablemente con lo reportado para los demás puntos, no siendo mayores a 50 mg/L $CaCO_3$; resultados posiblemente asociados a las condiciones geomorfológicas del suelo y al tipo de material parental.

Figura 5-59. Acidez, Alcalinidad, Dureza cálcica y Dureza total de los cuerpos de agua superficial



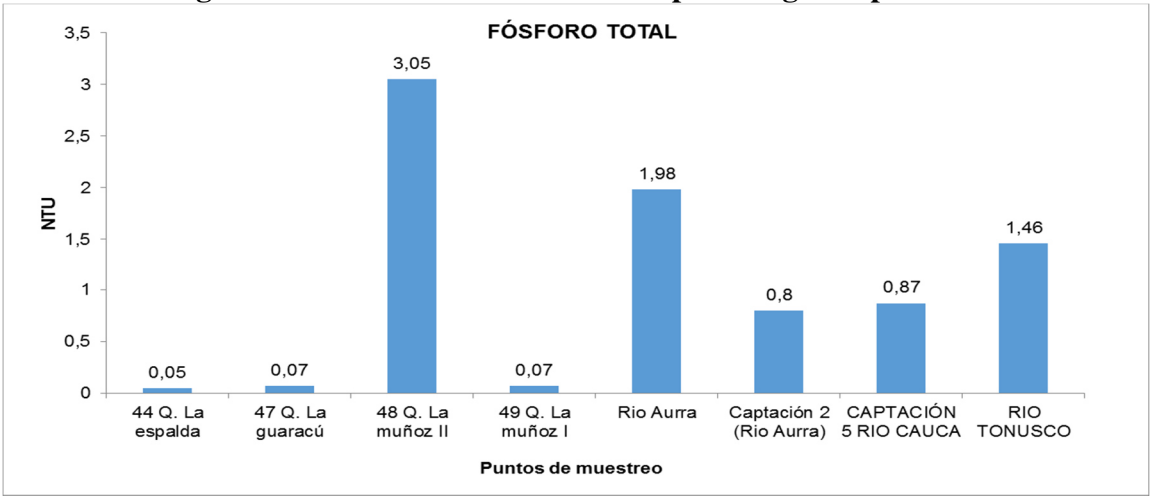
Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Fósforo total

El fósforo es un elemento que se encuentra de forma natural en los cuerpos de agua, siendo un factor clave en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo en cantidades considerables contribuye junto al nitrógeno a la eutrofización del recurso hídrico (Rodier et al., 2010).

En relación al parámetro fósforo total el valor más importante fue medido en el punto Quebrada La Muñoz II con un total de 3,05 mg/L P, mientras que en los demás puntos de monitoreo se reportaron concentraciones entre 0,05 mg/L P y 1,98 mg/L P; en este caso se debe tener en cuenta que los cuerpos de agua no poseen condiciones de eutrofización que alteren las características fisicoquímicas del recurso hídrico, excepto en el punto mencionado inicialmente (Figura 5-60)

Figura 5-60. Fósforo total de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

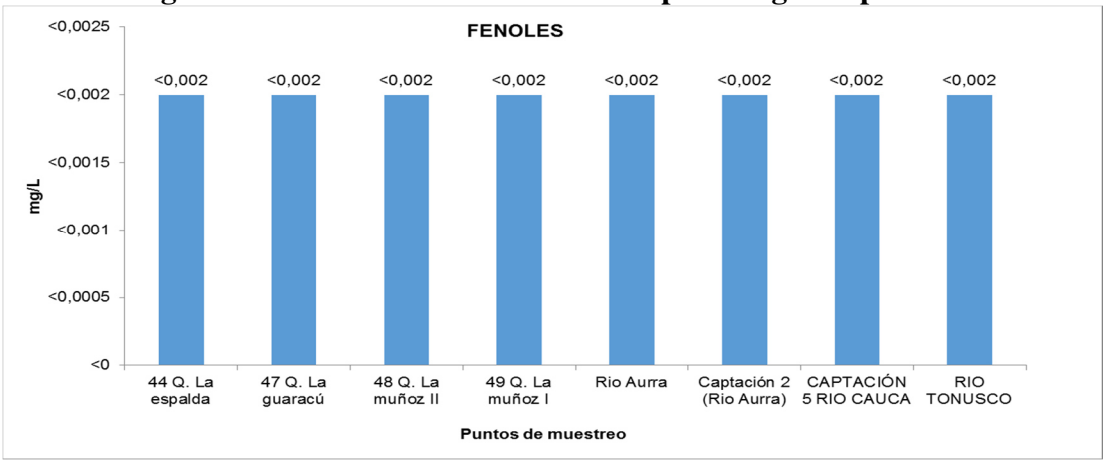
Nitrógeno total

El nitrógeno total presentó concentraciones por debajo del límite mínimo cuantificable por las técnicas analíticas implementadas en el laboratorio (<0,54 mg/L N) para los puntos Quebrada La Espalda, Quebrada la Guaracú, Quebrada La Muñoz I y II, mientras que para los puntos Captación 2, 5 y los puntos Rio Aurrá y Rio Tonusco se reportaron valores de 7,84 mg/L N, 10,1 mg/L N, 12,3 mg/L N, y 9,52 mg/L N respectivamente, indicando poca presencia de materia orgánica y material vegetal que incrementa la concentración de este parámetro.

Fenoles totales

Los fenoles totales reportaron valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio (<0,002 mg/L) en la totalidad de puntos de monitoreo, encontrándose por debajo del límite máximo permisible establecido de 0,002 mg/L en el Decreto 1076 de 2015, observándose que los cuerpos de agua superficial monitoreados se encuentran en cumplimiento de la mencionada norma, y por tanto, en lo que se refiere a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos, siendo favorable para la calidad del recurso hídrico (Figura 5-61).

Figura 5-61. Fenoles totales de los cuerpos de agua superficial

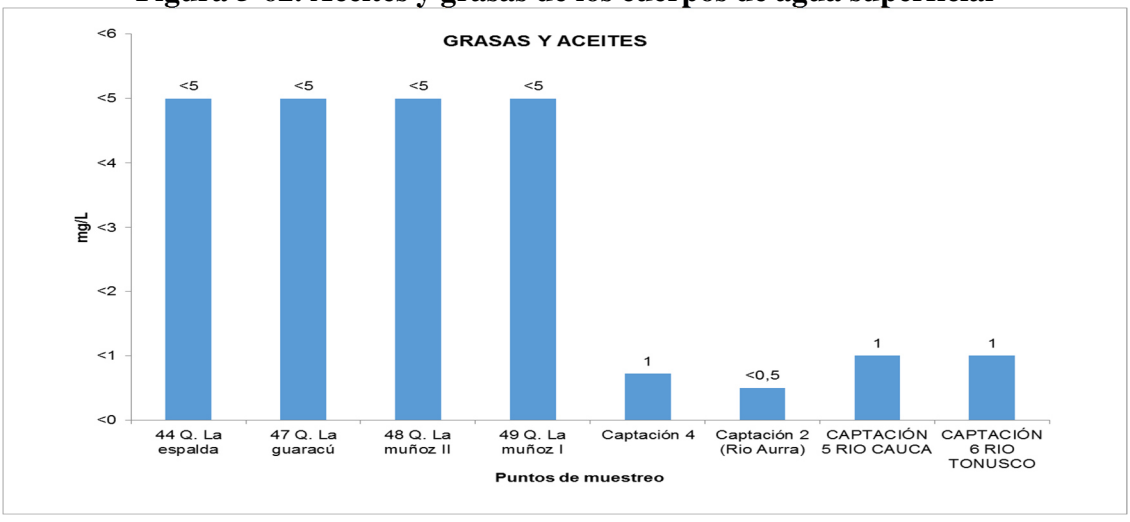


Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Grasas y Aceites

Las grasas y aceites reportaron en la mayoría de puntos de monitoreo valores inferiores al límite de la técnica analítica empleada en el laboratorio, <5 mg/L para los parámetros analizados en el Instituto de Higiene Ambiental y <0.5 mg/L para los parámetros analizados en CIMA, indicando que los cuerpos de agua evaluados poseen trazas mínimas de estos compuestos orgánicos, y por lo tanto, no forman películas que alteren la oxigenación y la calidad estética del recurso hídrico. En relación a la normatividad vigente, es posible determinar que los valores registrados en los cuerpos de agua cumplen las condiciones establecidas en el Decreto 1076 de 2015, por lo cual en relación a este parámetro el agua es apta para consumo humano, doméstico y fines recreativos (Figura 5-62).

Figura 5-62. Aceites y grasas de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Arsénico

La contaminación por Arsénico aparece asociada a la fabricación o utilización de herbicidas o pesticidas. Obstaculiza la reproducción celular y los tejidos de muchos organismos lo acumulan, por tanto sus efectos dañinos pueden durar un tiempo cuando la concentración es baja, pero a pesar de ello es mortal. En la Figura 5-64 se puede observar que la concentración de Arsénico fue menor al límite permitido para este parámetro según el decreto 1076 de 2015, establecido en 0,05 mg/L.

Cadmio

Este elemento se considera especialmente peligroso ya que se puede combinar con otras sustancias tóxicas; afecta principalmente a los micro moluscos (no se desarrolla la concha); produce graves enfermedades cardiovasculares en el hombre, además, es un irritante gastrointestinal. La concentración de Cadmio fue menor a 0,01 mg/L en todos los puntos de monitoreo, valor que cumple con la norma al ser inferior a lo establecido en el decreto 1076 de 2015.

Cobre

Su toxicidad sobre los organismos acuáticos varía con la especie, características físicas y químicas del agua, como temperatura, dureza, turbiedad y contenido de CO_2. Para todos los puntos evaluados, sus valores fueron inferiores a 0,1 mg/L, cuya concentración es el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio, cumpliendo con lo estipulado en el decreto 1076 de 2015.

Cromo total

Su toxicidad varía con el tipo de peces, con la temperatura y el pH del agua, así como también con su estado de oxidación. La concentración de Cromo fue menor al límite mínimo cuantificable por la técnica analítica empleada por el laboratorio (0,05 mg/L) en todos los puntos de monitoreo (Figura 5-64), el cual corresponde al límite máximo permisible establecido en el decreto 1076 de 2015.

Mercurio

Cuando está presente en agua de consumo de una u otra forma invade el cuerpo humano a través de los tejidos de la piel o ingestión de comida preparada con dicha agua. En la totalidad de puntos evaluados, presentaron concentraciones por debajo del límite mínimo de cuantificación por la técnica analítica implementada por el laboratorio (0,0019 mg/L) el cual corresponde igualmente al límite máximo permisible del Decreto 1076 de 2015.

Níquel

En bajas concentraciones es vital para el desarrollo de plantas y animales, pero en elevados valores causan problemas graves en la salud humana. Todos los cuerpos de agua presentaron concentraciones menores al límite inferior de la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,1 mg/L), cumpliendo con el Decreto 1076 de 2015.

Plata

Las emisiones de plata se encuentran tradicionalmente ligadas a vertidos industriales y mineros, y en particular relacionadas con la industria de la fotografía. La plata es uno de los elementos más nocivos para la comunidad microbiana y los invertebrados que viven en los ecosistemas acuáticos, a pesar de la baja toxicidad para los seres humanos. En el decreto 1076 de 2015 se encuentra estipulado como límite máximo 0,05 mg/L, valor que no es superado en ninguno de los cuerpos de agua muestreados.

Plomo

Compuesto tóxico acumulativo en el cuerpo humano que igualmente puede ocasionar afectación a la fauna acuática. En todos los puntos de muestreo su concentración fue menor al límite de detección (<0,05 mg/L) por lo cual se puede establecer que se cumple con el límite máximo permitido de 0,05 mg/L establecido en el Decreto 1076 de 2015.

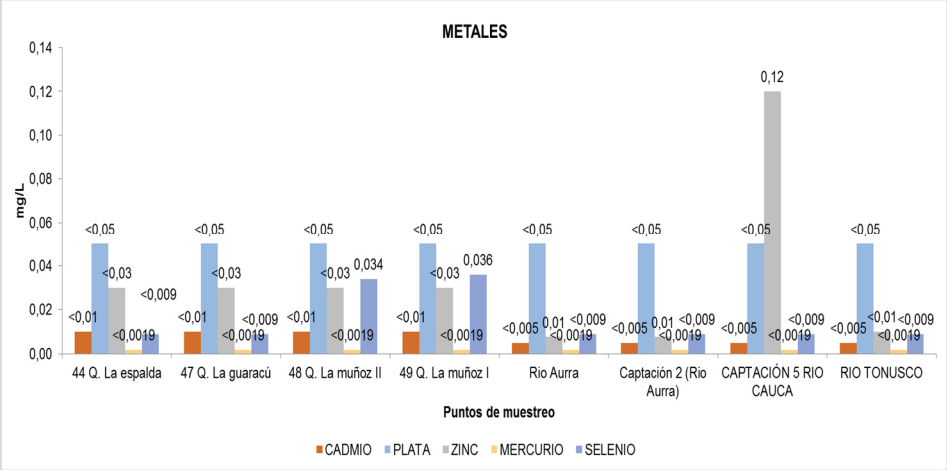
Selenio

El selenio es un elemento que, dependiendo de su concentración y forma química, puede ser un elemento esencial o un agente tóxico poderoso para la gente, el ganado, aves acuáticas, peces y ciertas bacterias (Frankenberger y Benson, 1994; McKeown y Mariñas, 1986). Las concentraciones de Selenio en cuatro puntos evaluados estuvo por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada en el laboratorio (<0,009 mg/L), cumpliendo con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015, sin embargo en los puntos muestreados en la Quebrada Muñoz I y Quebrada Muñoz II se reportaron valores superiores a 0,03 mg/L.

Zinc

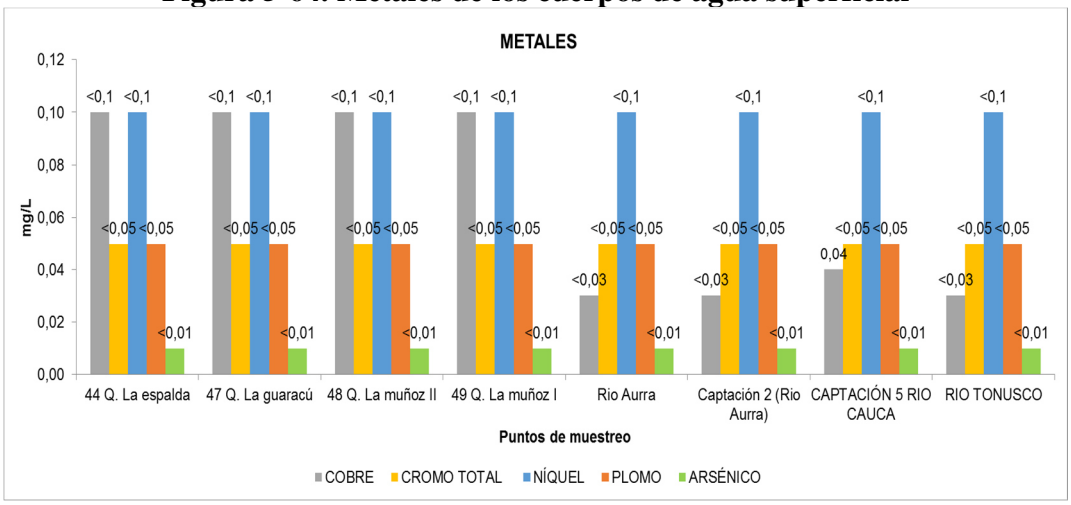
Es un elemento esencial para las plantas y animales, pero en elevadas concentraciones es tóxico para algunas especies de la vida acuática. En aguas alcalinas pueden originar opalescencia en concentraciones de 5 mg/L. Su presencia es un indicador de descargas contaminantes industriales. Todos los cuerpos de agua presentaron una concentración por debajo del límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada por el laboratorio (<0,03 mg/L) por lo cual se puede concluir que se cumple con lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015.

Figura 5-63. Metales de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-64. Metales de los cuerpos de agua superficial

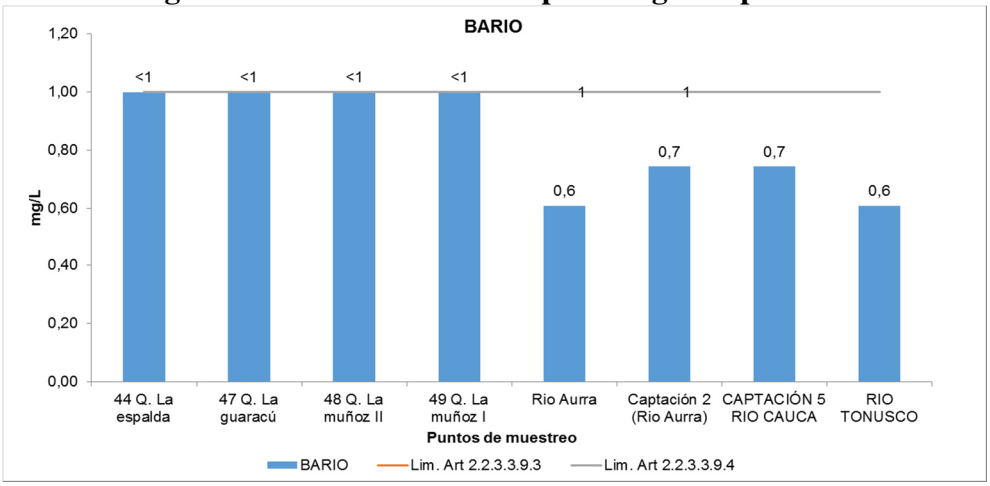


Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Bario

En los cuerpos de agua estudiados este metal pesado se encuentra por debajo de la concentración máxima permisible establecida en el decreto 1076 de 2015, artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 (1,0 mg/L). Los mayores valores fueron reportados para los cuerpos de agua Quebrada La Espalda, La Guaracú y La Muñoz, con valores inferiores de <1,0 mg/L, de acuerdo a la técnica analítica empleada por el laboratorio (Figura 5-65)

Figura 5-65. Bario de los cuerpos de agua superficial

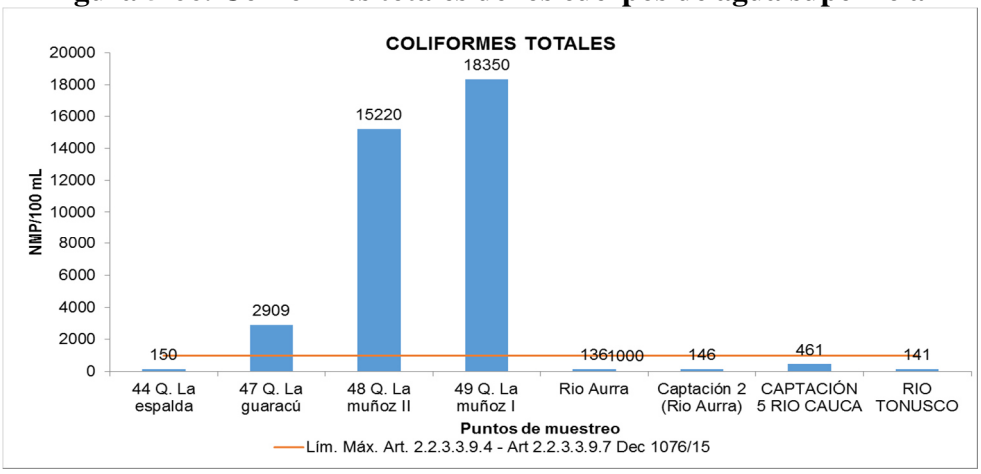


Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Coliformes Totales

En relación a los parámetros bacteriológicos, los coliformes totales reportaron valores muy disimiles entre las estaciones de muestreo, con valores de 18350 NMP/100 mL para la estación Quebrada La Muñoz I, en segundo lugar se destaca la Quebrada La Muñoz II con un valor de 15220 NMP/100 mL, seguido por la Quebrada la Guaracú con 2909 NMP/100mL estableciendo una carga bacteriológica alta, excediendo los límites permitidos por el Decreto 1076 de 2015, indicando que el agua no es apta para consumo humano, uso agrícola y fines recreativos. En cuanto a las demás estaciones de muestreo, estas se ubican muy por debajo del limite establecido en el articulo 2.2.3.3.9.4 correspondiente a 1000 NMP/100 mL, siendo este el limite más restrictivo de la citada norma (Figura 5-66). Los valores registrados en la Quebrada La Muñoz pueden ser atribuibles al aporte de los pobladores de la cabecera munipal de San Jerónimo, teniendo en cuenta que este cuerpo de agua discurre por dicha zona.

Figura 5-66. Coliformes totales de los cuerpos de agua superficial

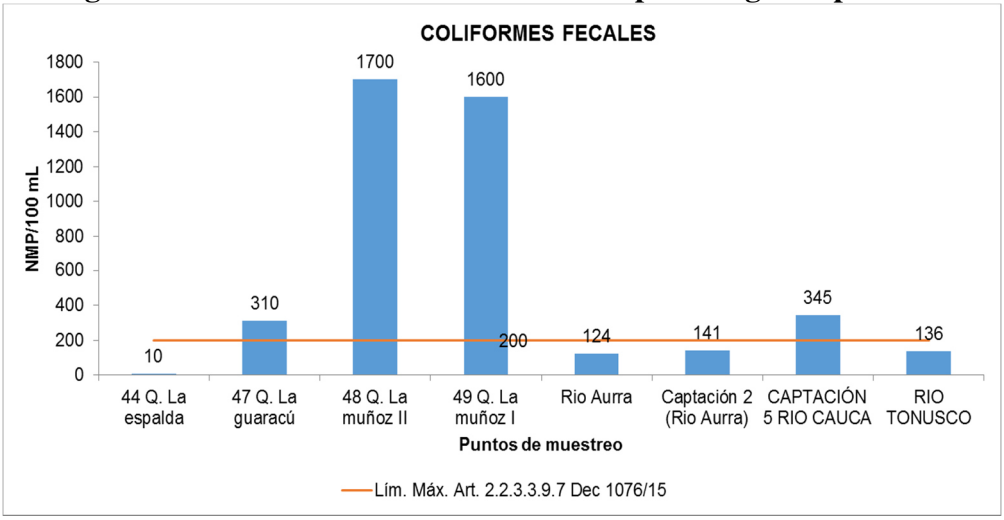


Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Coliformes fecales

De acuerdo a los resultados obtenidos de coliformes fecales es posible determinar que el valor registrado para las estaciones Quebrada La Muñoz II, Quebrada La Muñoz I, Río Cauca y Quebrada La Guaracu excedieron el límite permitido por el Decreto 1076 de 2015 al presentar concentraciones por encima de los 200 NMP/100 mL, en este caso estos valores fueron de 1700 NMP/100mL, 1600 NMP/100mL, 345 NMP/100mL y 310/NMP/100 mL respectivamente; en las demás estaciones de muestreo el valor fue menor al rango permitido, estableciendo su uso para consumo y agrícola con previo tratamiento. Al igual que los coliformes totales, los altos valores presentados en la Quebrada La Muñoz, se atribuyen a que dicho cuerpo de agua cruza por la cabecera municipal de San Jerónimo, por lo cual es susceptible de aportes de contaminantes por parte de las comunidades aledañas.

Figura 5-67. Coliformes fecales de los cuerpos de agua superficial



Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

5.1.6.1.2 Caracterización Fisicoquímica y Bacteriológica quebrada La Seca –Fuente de materiales

Para la quebrada La Seca, considerada como fuente de materiales de arrastre para el proyecto, se desarrollo una campaña de monitoreo el día 5 de septiembre de 2016 a través del laboratorio ANASCOL S.A.S., los resultados obtenidos para este cuerpo de agua se presentan en la Tabla 5-52, el reporte del laboratorio, asi como los soportes de acreditación expedidos por el IDEAM pueden ser consultado en el Anexo E3_Calidad del agua\Reporte fuente de materiales.

esultados caracterización fisicoquímica y bacteriológica Quebrada La Seca – Fuente de materiales

torio		19291	Norma, Decreto 1076 de 2015					
	Unidades	Resultados	Art. 2.2.3.3.9.3 Consumo Humano Tratamiento	Art. 2.2.3.3.9.4 Consumo Humano Desinfección	Art. 2.2.3.3.9.5 Uso Agricola	Art. 2.2.3.3.9.6 Uso Pecuario	Art. 2.2.3.3.9.7 Uso Recreativo Primario	Art. 2.2.3.3.9.8 Uso Recreativo Secundario
	mg/L	<10	P/A	P/A	N.E.	N.E.	P/A	P/A
	mg/L	<10,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	60,7	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	13,0	N.E.	N.E.	5,0	5,0	N.E.	N.E.
	mg/L	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	0,0119	0,05	0,05	0,1	0,2	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,500	1,0	1,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,025	N.E.	N.E.	0,1	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<1,00	N.E.	N.E.	0,3-0,4*	5,0	N.E.	N.E.
	mg/L	0,00338	0,01	0,01	0,01	0,05	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,200	0,2	0,2	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	0,185	1,0	1,0	0,2	0,5	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,200	N.E.	N.E.	0,05*	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	0,0220	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	5,25	250,0	250,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	NMP/100mL	94000	20000	1000	5000	N.E.	1000	5000
	NMP/100mL	400	2000	N.E.	1000	N.E.	200	N.E.
	mg/L	<5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	26,4	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	87,3	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	39,8	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
	mg/L	<0,100	0,002*	0,002*	N.E.	N.E.	0,002*	N.E.
	mg/L		N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

No. Laboratorio		19291	Norma, Decreto 1076 de 2015					
Parámetro	Unidades	Resultados	Art. 2.2.3.3.9.3 Consumo Humano Tratamiento	Art. 2.2.3.3.9.4 Consumo Humano Desinfección	Art. 2.2.3.3.9.5 Uso Agricola	Art. 2.2.3.3.9.6 Uso Pecuario	Art. 2.2.3.3.9.7 Uso Recreativo Primario	Art. 2.2.3.3.9.8 Uso Recreativo Secundario
Fluoruros	mg/L	<0,300	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo total	mg/L		N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Ortofosfatos (Fosfatos)	mg/L		N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo soluble	mg/L		N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Formaldehído	mg/L	<0,200	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Hidrocarburos totales	mg/L	<1,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Hierro total	mg/L	21,5	N.E.	N.E.	5,0	N.E.	N.E.	N.E.
Litio	mg/L	<0,150	N.E.	N.E.	2,5	N.E.	N.E.	N.E.
Manganeso	mg/L	0,360	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
Mercurio total	mg/L	<0,00100	0,002	0,002	N.E.	0,01	N.E.	N.E.
Molibdeno	mg/L	<0,500	N.E.	N.E.	0,01*	N.E.	N.E.	N.E.
Niquel total	mg/L	0,0408	N.E.	N.E.	0,2	N.E.	N.E.	N.E.
Nitratos	mg/L	0,411	10,0	10,0	N.E.	100,0**	N.E.	N.E.
Nitritos	mg/L	0,0139	1,0	1,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno total Kjeldahl	mg/L	<4,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Plata	mg/L	<0,0200	0,05	0,05	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Plomo total	mg/L	0,0145	0,05	0,05	5,0	0,1	N.E.	N.E.
Selenio	mg/L	0,00116	0,01	0,01	0,02	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfatos	mg/L	59,0	400,0	400,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sulfuros	mg/L	1,26	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	379	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Solidos Totales	mg/L	633	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Turbiedad	mg/L	545	N.E.	190	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Tensoactivos	mg/L	<0,400	0,5	0,5	N.E.	N.E.	0,5	0,5

No. Laboratorio		19291	Norma, Decreto 1076 de 2015					
Parámetro	Unidades	Resultados	Art. 2.2.3.3.9.3 Consumo Humano Tratamiento	Art. 2.2.3.3.9.4 Consumo Humano Desinfección	Art. 2.2.3.3.9.5 Uso Agricola	Art. 2.2.3.3.9.6 Uso Pecuario	Art. 2.2.3.3.9.7 Uso Recreativo Primario	Art. 2.2.3.3.9.8 Uso Recreativo Secundario
Vanadio	mg/L	<2,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX)	mg/L	1,83	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Zinc total	mg/L	0,0708	15,0	15,0	2,0	25,0	N.E.	N.E.
Sólidos sedimentables	mg/L	1,9	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Solidos disueltos	mg/L	113	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Ph	Unidades de pH	8,50	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	N.E.	5,0-9,0	5,0-9,0
Temperatura	ºC	31,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	%	115,35	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	70% concentración de saturación	70% concentración de saturación
Conductividad	µS/cm	170	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Olor y Sabor	Aceptable / No Aceptable	Aceptable	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX)	µg/L	<24,0	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L	<0,007	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	<5,00	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

NE: No Establecido; resultados en color rojo están por fuera de los límites normativos.
P/A: Presencia – Ausencia
* El límite de cunatificación de la técnica de análisis empleada por el laboratorio no permite realizar la comparación normativa.
** Nitratos + Nitritos.

Fuente: ANASCOL S.A.S., 2016.

Los resultados presentados en la Tabla 5-52 permiten evidenciar que respecto a los límites permisibles establecidos en el decreto 1076 de 2015 la quebrada La Seca presenta:

- Valores de Coliformes Totales por encima de todos los máximos permisibles establecidos, por lo cual solo seria viable el uso pecuario, teniendo en cuenta que para este no se establece un límite permisible, estos valores se atribuyen al desarrollo de actividades de ganadería en las márgenes de la corriente, aportes de las comunidades asentadas aguas arriba, entre otros posibles aspectos.

- Para el caso de los Coliformes Fecales, teniendo en cuenta que se registro un valor de 400 NMP/100mL, el uso del recurso para actividades recreativas con contacto primario no seria viable, teniendo en cuenta que el limite permisible para este uso se establece en 200 NMP/100mL. Para los demás usos considerados en la normatividad ambiental no se presentan restricciones.

- En cuanto al reporte de Aluminio se encontró una concentración de 13 mg/L que en comparación con la norma se encuentra muy por encima de los límites permisibles para uso agrícola o pecuario (limite: 5,0 mg/L), este elemento se encuentra ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato, por lo cual la presencia de este elemento se asocia a la alta presencia de gravas y arenas en el lecho de la quebrada.

- Otro de los elementos que registro concentración superior al limite permisible para uso agricola corresponde al Hierro, con una medición de 21,5 mg/L frente a 5,0 mg/L (Articulo 2.2.3.3.9.5 del decreto 1076 de 2015). Este metal suele encontrarse en grandes cantidades en suelos y rocas, aunque normalmente de forma insoluble.

- Por otro lado, el manganeso registro una concentración de 0,360 mg/L valor superior al limite máximo establecido para uso agrícola (0,2 mg/L según articulo 2.2.3.3.9.5 del decreto 1076 de 2015) lo cual puede propiciar la aparición de color y turbidez en el agua e incluso de malos sabores dada la presencia de bacterias manganésicas.

- En cuanto a los valores de turbiedad registrados, la quebrada La Seca presento una concentración de 545 mg/L frente a 190 mg/L establecidos por el articulo 2.2.3.3.9.4 del decreto 1076 de 2015 lo cual limita su uso para consumo humano con tratamiento de desinfección.

- Para el caso de los parámetros de arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cianuro, cobre, cloruros, litio, mercurio, niquel, nitratos, nitritos, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos, zinc, Ph y oxigeno disuelto también considerados dentro del decreto 1076 de 2015, la quebrada La Seca presenta valores dentro de los limites establecidos.

5.1.6.1.3 Estimación de valores Índice de Calidad Característicos

La aplicación de índices para determinar la calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales, son una herramienta fundamental para determinar las presiones que éstas sufren por las acciones que desarrollan las poblaciones asentadas a su alrededor, ya que combinan ciertos parámetros que determinan susceptibilidades a tipos de contaminación y transmiten de una manera más clara y fácil de interpretar.

Teniendo en cuenta lo establecido en los Términos de Referencia M-M-INA-02 adoptados mediante la Resolución 751 de 2015, a continuación se presenta el índice de Langelier, Capacidad Buffer (Tampón) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) para las fuentes hídricas que se consideraron susceptibles de intervención por el proyecto, igualmente se presenta el índice de alteración de la calidad del agua de la subzona hidrográfica a la cual corresponden dichas fuentes hídricas.

En relación a los índices de contaminación, se calculó el índice de contaminación por materia orgánica ICOMO, el índice de contaminación por mineralización ICOMI, el índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS, el índice de contaminación por pH ICOpH, debido a que se analizaron los parámetros requeridos para el cálculo de cada uno de estos índices (Tabla 5-53), resaltando que el índice de contaminación por fósforo ICOTRO, no fue calculado debido a que el límite mínimo cuantificable por la técnica analítica implementada en el laboratorio es <0,02, lo cual daría como resultado que todos los cuerpos de agua se encuentran en proceso de eutrofia, siendo algo incierto debido a que podría estar dentro de cualquiera de las demás clasificaciones inferiores a eutrofia.

Tabla 5-53. Índices de contaminación ICO's de los cuerpos de agua superficial

PARÁMETRO	44 Q. La espalda	CONTAMINACIÓN	47 Q. La guaracú	CONTAMINACIÓN	48 Q. La muñoz II	CONTAMINACIÓN
ICOMO	**0,452**	MEDIA	**0,524**	MEDIA	**0,74**	ALTA
I oxigeno %	0,486		0,153		0,309	
I Coliformes totales	0,000		0,500		0,902	
I DBO-5	0,870		0,920		1,000	
ICOMI	**0,33**	BAJA	**0,67**	ALTA	**0,13**	NINGUNA
I Conductividad	1,00		1,00		0,38	
I Alcalinidad	0,00		0,00		0,00	
I Dureza	0,00		1,00		0,00	
ICOpH	**0,051**	NINGUNA	**0,131**	NINGUNA	**0,005**	NINGUNA
pH	8,16		8,46		7,46	
ICOSUS	**0,04**	NINGUNA	**0,04**	NINGUNA	**0,04**	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	20		20		20	

PARÁMETRO	Rio Aurra	CONTAMINACIÓN	49 Q. La muñoz I	CONTAMINACIÓN
ICOMO	**0,237**	BAJA	**0,663**	ALTA
I oxigeno %	0,062		0,064	
I Coliformes totales	0,000		0,948	
I DBO-5	0,650		0,977	
ICOMI	**0,06**	NINGUNA	**0,07**	NINGUNA
I Conductividad	0,18		0,20	
I Alcalinidad	0,00		0,00	
I Dureza	0,00		0,00	
ICOpH	**0,005**	NINGUNA	**0,009**	NINGUNA
pH	7,48		7,64	
ICOSUS	**0,08**	NINGUNA	**0,46**	MEDIA
Sólidos suspendidos, mg/L	34		160	

PARÁMETRO	CAP2 Rio Aurra	CONTAMINACIÓN	CAPTACIÓN 5 RIO CAUCA	CONTAMINACIÓN	RIO TONUSCO	CONTAMINACIÓN
ICOMO	**0,193**	NINGUNA	**0,427**	MEDIA	**0,35**	BAJA
I oxigeno %	0,141		0,529		0,546	
I Coliformes totales	0,000		0,000		0,000	
I DBO-5	0,439		0,752		0,495	
ICOMI	**0,13**	NINGUNA	**0,12**	NINGUNA	**0,41**	MEDIA
I Conductividad	0,38		0,35		1,00	
I Alcalinidad	0,02		0,00		0,22	
I Dureza	0,00		0,00		0,00	
ICOpH	**0,016**	NINGUNA	**0,003**	NINGUNA	**0,077**	NINGUNA
pH	7,81		7,30		8,29	
ICOSUS	**0,42**	MEDIA	**1,00**	MUY ALTA	**0,19**	NINGUNA
Sólidos suspendidos, mg/L	146		823		69	
ICOTRO	0,800	EUTROFIA	0,870	EUTROFIA	1,460	HIPEREUTROFIA
Fósforo Total, mg/L P	0,800		0,870		1,460	

Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

El índice de contaminación por materia orgánica ICOMO presentó una contaminación "ALTA" para los puntos de muestreo Quebrada La Muñoz II debido a principalmente a los coliformes fecales y totales reportados en dichos puntos; este hecho está directamente asociado a la carga bacteriológica del recurso hídrico, y al contenido de materia orgánica, y DBO, por su parte en los demás puntos de muestreo se presentó una condición MEDIA, BAJA y NINGUNA.

El índice de contaminación por mineralización ICOMI presentó contaminación "ALTA" en el punto Quebrada La Guaracú y en el Rio Tonusco, ya que en este punto fue obtenido uno de los valores más altos de conductividad, resultado asociados al moderado y alto grado de conductividad y alcalinidad que presentan estos cuerpos de agua, condición relacionada con el efecto erosivo que tiene el agua sobre la roca y sobre los sustratos en general; para el resto de puntos de muestreo se estableció una condición "BAJA" y "NINGUNA", resultados que favorecieron la calidad del recurso hídrico.

El índice de contaminación por pH (ICOpH) presentó contaminación "NINGUNA" en los ocho (8) cuerpos de agua, debido a que el pH obtenido en cada punto es acorde a las características naturales del recurso hídrico, siendo favorable para el desarrollo de la vida acuática en el mismo. El índice de contaminación por sólidos suspendidos ICOSUS presentó contaminación "NINGUNA" para la mayoría de puntos de monitoreo, debido a que presentó concentraciones inferiores a 20 mg/L, correspondiendo al límite mínimo cuantificable de la técnica analítica empleada en el laboratorio, a excepción de los puntos Captación 5 (Rio Cauca) y Quebrada la Muñoz I que presentan un índice ICOSUS de clasificación *Muy Alta* y *Media* respectivamente.

5.1.6.1.4 Índice de Langelier

El **Índice de Langelier** es un índice para calcular el carácter incrustante o agresivo del agua y tiene que ver con los diversos equilibrios en el agua del anhídrido carbónico, bicarbonato-carbonatos, el pH, la temperatura, la concentración de calcio y la salinidad total.

Es importante para poder controlar la incrustación o la corrosión en las redes de distribución del agua y para las instalaciones interiores domésticas.

El Índice de Langelier se usa para determinar el equilibrio del agua:

Si el índice es 0: el agua está perfectamente equilibrada.
Si el índice es negativo: indica que el agua es corrosiva.
Si el índice es positivo: indica que el agua es incrustante.

Se debe tener en cuenta que la información completa del informe entregado por CIMA se encuentra en el Anexo E.

Tabla 5-54. Cálculo del índice de Langelier

PUNTO	44 Q. La espalda	47 Q. La guaracú	48 Q. La muñoz II	49 Q. La muñoz I	Rio Aurrá	Captación 2 (Rio Aurrá)	Captación Río Cauca	Río Tonusco
	8,16	8,46	7,46	7,64	7,48	7,81	7,3	8,29
A	27,39	27,55	26,5	24,83	23,93	26,68	25,57	32,28
ICA	2,5	113,49	21,06	5,85	16	37	32	83
	36,46	20,15	14,39	26,87	29,91	54,67	36	94
	-1,59	**0,02**	**-1,91**	**-2,02**	**-1,71**	**-0,81**	**-1,59**	**0,40**
(TF)	0,66	0,66	0,65	0,6	0,59	0,65	0,63	0,76
ZA DE	0,31	1,66	0,93	0,31	0,81	1,16	1,11	1,53
AF)	1,54	1,29	1,11	1,42	1,48	1,72	1,52	1,96
EL	**CORROSIVA**	**EQUILIBRADA**	**CORROSIVA**	**CORROSIVA**	**CORROSIVA**	**CORROSIVA**	**CORROSIVA**	**EQUILIBRADA**

Integral del Medio Ambiente, 2016)

A partir de los valores relacionados en la Tabla 5-54 se estableció que índice de Langelier catalogó una condición *corrosiva* en el agua presente en las estaciones Quebrada La Espalda, Quebrada La Muñoz I, Quebrada La Muñoz II, Río Aurrá (Captación 2), Río Aurrá y Río Cauca (Captación 5); en este caso se debe tener en cuenta que en conjunto los valores de pH, temperatura, dureza cálcica y alcalinidad determinados en cada caso establecen una condición especial en el agua, en la que de acuerdo a este índice si el agua entra en contacto con algún instrumento de transporte, tal como tuberías o alcantarillado en general, se producirían efectos de desgaste y erosión de los materiales, que se traducen en efectos corrosivos sobre los mismos, por otro lado también se debe tener en cuenta si estos cuerpos de agua pueden ser utilizados como fuente de consumo humano, por lo que deben estar sujetos a algún tipo de tratamiento.

En contraste con lo anterior, en el caso de las estaciones de muestreo Quebrada La Guaracú y Río Tonusco el índice de Langelier permitió definir una condición de *equilibrio* en el agua analizada, por ende en estos casos el resultado del análisis de los parámetros temperatura, pH, dureza cálcica y alcalinidad se encuentran en rangos aceptables entre sí, lo que significa que no existen eventos de acumulación y/o precipitación de sales de calcio ni minerales en general, lo que en conjunto favorece las condiciones y calidad del agua respectiva.

En cuanto a la quebrada La Seca se calculo un índice de Langelier de 0,103 el cual es indicativo de equilibrio en las condiciones del agua, teniendo en cuenta los valores de temperatura, pH, dureza cálcica y alcalinidad encontrados.

5.1.6.1.5 Capacidad buffer o tampón

Se define como la resistencia del agua al cambio de pH. Convencionalmente, la capacidad tampón se expresa como la cantidad de ácido o base fuerte, en equivalentes-gramo, que debe ser añadido a 1 litro de la solución para cambiar su pH en una unidad (The Pearson Guide To Physical Chemistry For The AIPMT sección 6.4, Atul Singhal, 2011)

Esta se calcula con la siguiente expresión:

$$ß = \frac{\Delta B}{\Delta pH}$$

Dónde:
ΔB = Gramo equivalente de ácido fuerte / base para cambiar el pH de 1 litro de solución tampón
$\Delta pH =$ Cambio de pH causado por la adición de ácido fuerte / base

En la Tabla 5-55 se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la capacidad Buffer. La interpretación de esta característica debe hacerse a partir del concepto de capacidad Buffer, en este contexto a mayor capacidad buffer mayor es la resistencia del

cuerpo de agua a cambios en su pH ante el vertimiento de un ácido o una base, de esta forma se identificó que los puntos Q. La Espalda y Río Aurrá (Captación 2) presentan la mayor capacidad buffer por el contrario la quebrada La Seca presenta una menor capacidad de asimilación.

Tabla 5-55 Capacidad buffer en cuerpos de agua superficial analizados

	44 Q. La espalda	47 Q. La guaracú	48 Q. La muñoz II	49 Q. La muñoz I	Rio Aurrá
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,24	0,15	0,05	0,11	0,10

	CAPTACIÓN 2 (Rio Aurrá)	CAPTACIÓN 5 RIO CAUCA	RIO TONUSCO	Quebrada La Seca
Capacidad Buffer (meq-g / Unidades de pH)	0,65	0,27	0,08	0,000037

Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

5.1.6.1.6 Índice de calidad de aguas superficiales ICA

Este índice es tomado del INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, (IDEAM, 2010), El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t. (Tabla 5-56).

El indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de cinco variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^{n} W_i \,.\, I_{ikjt}\right), \text{ Donde:}$$

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t; n es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

A continuación se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 5 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 5-56. Ponderación asignada a las variables fisicoquímicas

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto OD:	% Saturación	0,2
Sólidos suspendidos totales SST	mg/L	0,2
Demanda química de oxígeno DQO.	mg/L	0,2
Conductividad eléctrica C.E.	µs/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: IDEAM 2010.

Para cada una de las variables se construye una "relación funcional" o "curva funcional" (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada grafico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Este índice genera la calidad de un cuerpo de agua superficial en un tiempo determinado en términos de bienestar humano, independientemente del uso. Se encontró para este índice que el punto 44 Q. La Espalda, presenta calidad de agua "MALA", mientras que en los puntos: 47 Q. La Guaracú, Captación 2 Río Aurrá, Captación 5 Río Cauca y Río Tonusco, presentan calidad de agua "REGULAR", y los puntos 48 Q. La Muñoz II, 49 Q. La Muñoz I y Río Aurrá, presentan calidad de agua "ACEPTABLE".

Tabla 5-57. Resultados índices de calidad de agua ICA

PARAMETRO/ PUNTO	44 Q. La espalda	47 Q. La Guaracú	48 Q. La muñoz II	49 Q. La muñoz I	Rio Aurrá	Captación 2 (Rio Aurrá)	Captación 5 RIO CAUCA	RIO TONUSCO
OD % SAT	51,43	84,65	69,14	93,56	93,77	85,93	81,49	87,16
SST	20	20	20	160	34	73	823	69
DQO	46,5	54,7	76,5	65,9	54,72	123,84	59	78
CONDUCTIVIDAD	324	288	132	83	75	131	123	276

PARAMETRO/ PUNTO	44 Q. La espalda	47 Q. La Guaracú	48 Q. La muñoz II	49 Q. La muñoz I	Rio Aurrá	Captación 2 (Rio Aurrá)	Captación 5 RIO CAUCA	RIO TONUSCO
PH	8,16	8,46	7,46	7,64	7,48	7,81	7,3	8,29
Iod	0,51	0,85	0,69	0,94	0,94	0,86	0,81	0,87
Isst	0,96	0,96	0,96	0,54	0,918	0,801	0,00	0,813
Idqo	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,125	0,26	0,26
Ice	0,00	0,00	0,62	0,80	0,82	0,62	0,65	0,00
Iph	0,70	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80
ICA	0,49	0,60	0,71	0,71	0,79	0,68	0,55	0,55
Calificación	Mala	Regular	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Regular	Regular	Regular

Fuente: (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Comparando los resultados obtenidos entre el ICA y los ICO's, el punto Q. La Espalda, presenta contaminación media debido a la presencia de materia orgánica lo cual es correspondiente con la mala calidad obtenida en el ICA debido a la conductividad, alta conductividad se relaciona con alta materia orgánica en descomposición, sin embargo este índice no tiene en cuenta otros parámetros como coliformes, por lo cual es una guía más general.

5.1.6.1.7 Índice de afectación de calidad del agua (IACAL)

El índice sobre la alteración potencial de la calidad del agua se encuentra establecido a partir de la presión de la carga contaminante que ejercen diferentes actividades sectoriales sobre las condiciones de calidad hídrica (IACAL) de estos sistemas. Con base en información secundaria (estadísticas oficiales), agregadas y evaluadas en 309 subzonas hidrográficas con datos del 2008, en el ENA 2010 se evaluaron los resultados del indicador de alteración potencial de la calidad (IACAL) y las condiciones de calidad en los 154 puntos de referencia de la red básica del IDEAM.

Para la generación del indicador de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL) como referente de la presión sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales del país con base en variables representativas, se introdujeron innovaciones en relación con el estudio del año 2001. Además de las estimaciones de mayor cobertura de actividades para DBO, incluyeron las variables de demanda química de oxigeno (DQO), solidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y fosforo total (PT).

Estimaron el IACAL en los sistemas hídricos superficiales para 2008, a partir de información secundaria como el promedio de las jerarquías asignadas a las cargas contaminantes ejercidas por el sector doméstico para 1099 municipios y el industrial (a 4 dígitos CIIU23) para 186 municipios.

Para el cálculo del IACAL municipal, dividieron el promedio de las jerarquías del cociente de las cargas contaminantes entre la oferta de agua total para año medio y año seco en millones de metros cúbicos, la cual representa la capacidad de autodepuración; da un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, de modo que un valor menor indica una probabilidad menor de ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad. La amenaza debida a la alteración de la calidad a escala municipal y por subzonas hidrográficas se clasifica de acuerdo a la Tabla 5-58.

Tabla 5-58 Categoría y descriptor del IACAL

IACAL	
PROMEDIO CATEGORÍA (NT+PT+SST+DBO+(DQO-DBO)/5	
Categoría	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

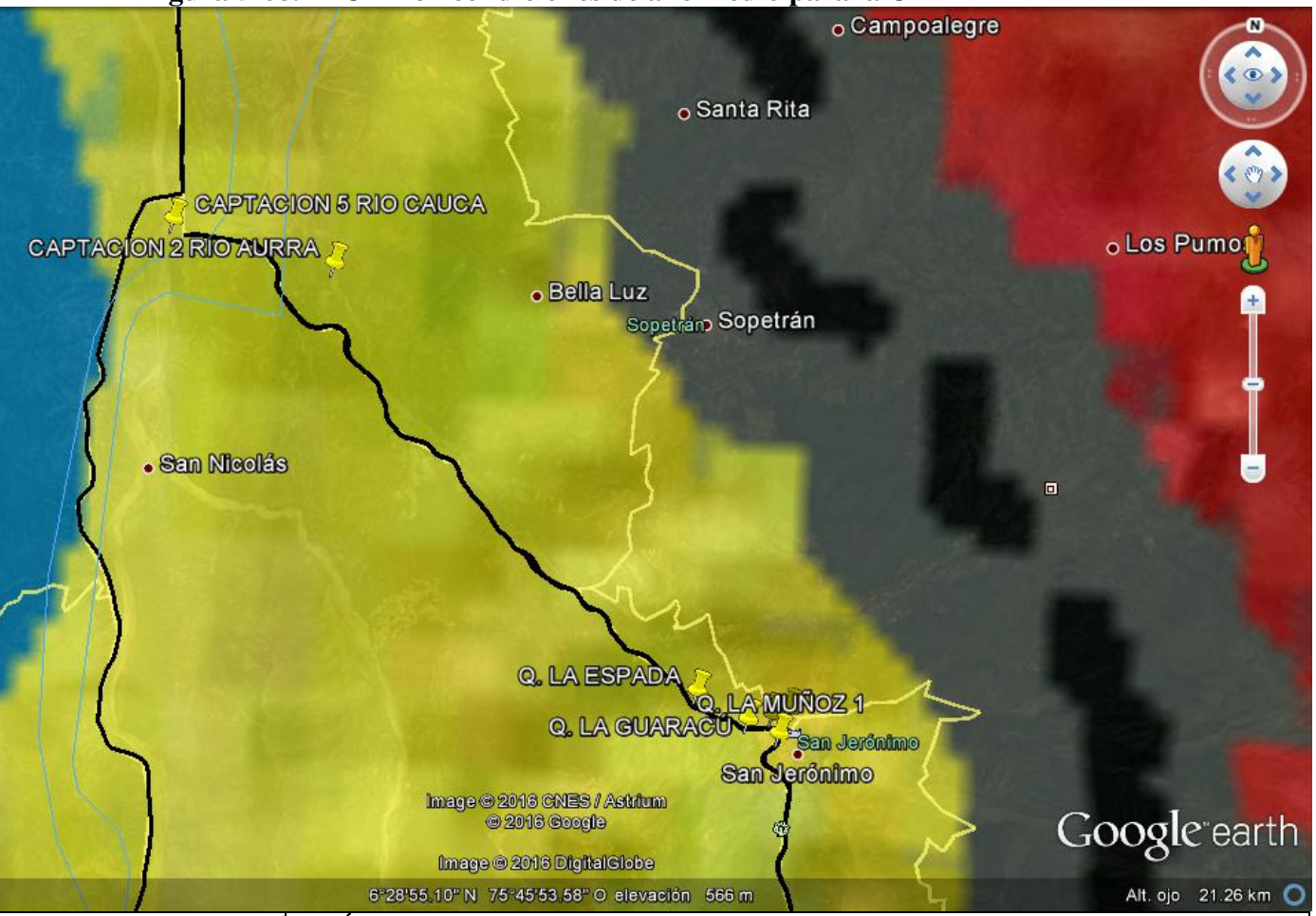
Fuente: Orjuela et al., 2010, MODIFICADO POR cima

Con base a la información expuesta, para este índice se realizó una comparación de la ubicación de los puntos de muestreo con el mapa IACAL para las 309 subzonas hidrográficas en año medio y año seco.

Para el índice de afectación de calidad de agua (IACAL) se realizó una comparación con los mapas emitidos por el IDEAM en condiciones de año medio para las 309 subzonas hidrográficas tenidas en cuenta para la evaluación de los resultados del indicador de alteración potencial de la calidad (IACAL), teniendo en cuenta lo anterior en este caso se realizó una comparación de la ubicación de los puntos de muestreo tenidos en cuenta para este estudio con el IACAL en condiciones de año medio.

De acuerdo a lo obtenido en esta comparación de imágenes se evidenció que todos los puntos de muestreo analizados estuvieron ubicados dentro de la franja de color amarillo, que de acuerdo a las convenciones del índice corresponde a una zona en la que la alteración potencial de la calidad del agua es MEDIA ALTA (Figura 5-68); en contraste con lo anterior es necesario relacionar este escenario con los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros fisicoquímicos ejecutados, por ejemplo en el caso de los puntos Quebrada La Muñoz I y II el índice de contaminación por materia orgánica obtuvo un valor MUY ALTO, relacionado con lo obtenido para los parámetros de DBO, coliformes totales y oxígeno disuelto que mostraron una carga orgánica alta.

Figura 5-68. IACAL en condiciones de año medio para la UF 2



de monitoreo UF 2,1	Índice de alteración potencial de la calidad de agua IACAL:	Media alta		Muy Alta

Finalmente en el caso del punto Quebrada La Guaracú los valore de conductividad, pH y alcalinidad establecieron una condición de contaminación por mineralización MUY ALTA, parámetros que se relacionan con el índice de afectación de la calidad del agua IACAL.

5.1.6.1.8 Estimaciones para otra temporalidad climatologica

Dando cumplimiento al requerimiento de la resolución 751 del 26 de marzo de 2015 en su numeral 5.1.6.1, a continuación se presenta la estimación de las características físico químicas de los cuerpos de agua evaluados, en una temporalidad diferente a la considerada durante el monitoreo.

5.1.6.1.8.1 Selección y justificación de la herramienta de estimación

En principio las herramientas técnicas conocidas para hacer estimaciones en términos de calidad del agua obedecen a modelos matemáticos y simuladores, por tanto se procedió a revisar los modelos y software existente y/o comercial que típicamente se usan. Se identificó que la oferta de modelos de simulación que se pueden encontrar en el mercado actual es numerosa y variada en cuanto a su tipología, no obstante todos obedecen a modelos determinístico y/o conceptuales orientados a simular la calidad del agua posterior a un vertimiento y/o tributario, este es el caso de los modelos que se mencionaran a continuación a manera informativa. Los modelos se describen en su totalidad en el anexo 6 correspondiente a calidad de agua.

- USEPA; programa QUAL2K (River and Stream Water Quality Model). Aplicación de uso libre para la simulación de la calidad de las aguas Superficiales continentales. QUAL2K es unidimensional

- USEPA 2002; programa EFDC (Environmental Fluid Dynamics Code). Capaz de hacer simulaciones en multitud de ambientes, tanto Continentales como marinos, entre ellos: ríos, lagos, embalses, estuarios, línea de costa y humedales

- DHI (Danish Hydraulic Institute); programa MIKE 11.

- USEPA; programa WASP/WASP7 (Water Quality Analysis Simulation Program).

- Mix Zon Inc.; programa CORMIX (Cornell Mixing Zone Expert System). Se trata de un sistema que simula el funcionamiento de descargas a partir de focos puntuales y continuos sobre zonas reguladoras de mezcla.

- Ecosystems Research Division, NERL, ORD; USEPA 2003: programa VISUAL PLUMES.

Ninguno de los modelos presentados se ajusta al requerimiento puntual de la resolución 751 de 2015, por esta razón fue necesario plantear un modelo matemático específico para las estimación de las variables requeridas en los escenarios planteados.

En este contexto y teniendo en cuenta la complejidad del sistema a modelar, dada la gran variabilidad de los parámetros en función de eventos meteorológicos, geológicos y antropológicos puntuales no predecibles, la disponibilidad de información y el alcance que se requiere, se determinó usar un modelo estocástico. Un proceso estocástico es un concepto matemático que sirve para tratar magnitudes aleatorias que varían con el tiempo, o más exactamente para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad y pueden o no, estar correlacionadas entre ellas.

Cada variable o conjunto de variables sometidas a influencias o efectos aleatorios constituye un proceso estocástico. Un proceso estocástico puede entenderse como una familia uniparamétrica de variables aleatorias indexadas mediante el tiempo t. Los procesos estocásticos permiten tratar procesos dinámicos en los que hay cierta aleatoriedad.

Las razones por las que el comportamiento de un sistema puede resultar aleatorio son variadas y puntualmente los valores asociados a los parámetros de calidad del agua en una fuente superficial obedecen a estas por:

– Existencia de procesos realmente estocásticos (eventos geológicos, tipo deslizamientos de tierra que alteran los drenajes por tanto la calidad del agua).

– Existencia de procesos aparentemente estocásticos debido a nuestra falta de conocimiento (eventos antropogénicos, tipo vertimientos aguas arriba).

– Procesos muy complejos que es preferible modelizar como estocásticos (eventos meteorológicos, tipo precipitaciones).

5.1.6.1.8.2 Conceptualización del Modelo Propuesto

Se propone un modelo estocástico – dinámico - Empírico, en este contexto se basara en relaciones estadísticamente significativas entre variables, las ecuaciones o estimadores estadísticos no son por tanto físicamente o dimensionalmente consistentes ni universales, ya que en rigor sólo son válidas para el contexto espacio-temporal en el que se trabajaran.

Para este caso se utilizaron series de datos medidos en sistemas hídricos similares (misma zona hidrológica), Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Red de Monitoreo Ambiental en la cuenca hidrográfica del Río Medellín- Aburrá - RedRío. Parámetros de Calidad Principales Quebradas Tributarias al Río Aburrá_Medellín 2012-2014.

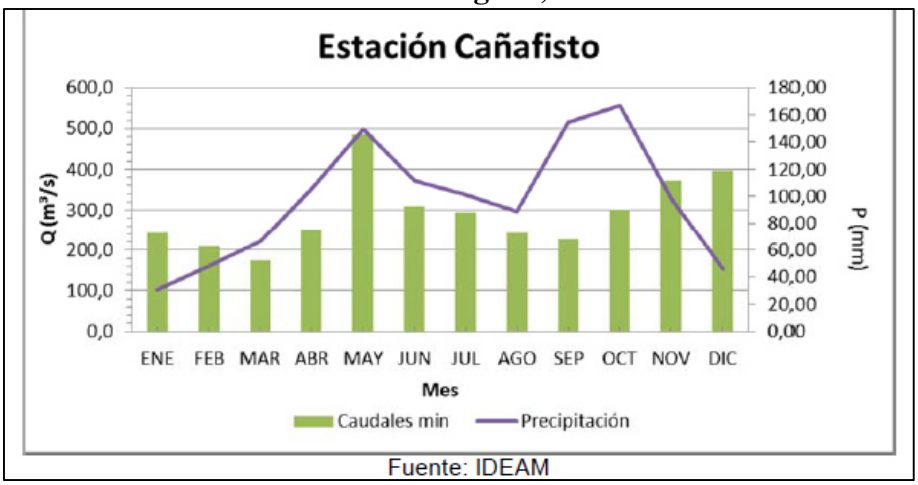
Las series de datos corresponden a 84 mediciones hechas en 33 estaciones durante 3 años distribuidos en diferentes temporalidades climatológicas. Las variables medidas y tenidas en cuenta en las estimaciones fueron : Temperatura ambiente (°C), Temperatura del Agua (°C), pH (U de pH), OD (mg/L), Conductividad (µs/cm), Turbiedad (NTU), DBO (mg/L), DQO (mg/L), Ptotal (mg P/L), PO4 (mg P/L), Porg (mg P/L), NO3 (mg N/L), NO2 (mg N/L), Norg (mg N/L), NTK (mg N/L), SST (mg/L), ST (mg/L), SDT (mg/L), Ssed ml/lh, Caudal (m3/s).

Para dar mayor peso en términos estadísticos al modelo se integraron series de datos medidas en el rio río Zulia (Norte de Santander), lo anterior dado a la frecuencia y rigurosidad con la que estos fueron colectados (mediciones semanales durante 3 años seguidos), también teniendo en cuenta que lo que se buscan son factores (estimadores) que relacionen los parámetros de calidad del agua con las temporalidades climatológicas, y se pudo identificar que el régimen de precipitaciones de punto de medición es bimodal al igual que la zona de estudio.

Usando las series de datos se realizó un análisis de dependencia de variables, se establecieron correlaciones y definieron las ecuaciones, dado lo dispersos que pueden llegar a ser los valores asociados a parámetros de calidad del agua y basados en lo propuesto en el informe estadístico para el Diseño y puesta en marcha de la segunda etapa de la red de monitoreo en la cuenca hidrográfica del rio Aburrá – Convenio 313 de 2005, se definió la existencia de relación estadística entre variables a partir de coeficientes de correlación (R2) mayores a 0,6.

En principio el caudal se fijó como variable independiente para los parámetros SST, Solidos sedimentables y solidos totales dado que mostro ser directamente proporcional a la precipitación, parámetro que representa los cambios de temporalidad climatológica, lo anterior siendo coherentes con el objetivo del modelo (ver Figura 5-69).

Figura 5-69. Relación precipitación vs caudales, (variables climatológicas vs Hidrológicas)



Fuente: IDEAM

Posteriormente se aplicó la metodología de análisis estadístivo conocida como descomposición de series de tiempo, cuyo patrón de generación se descompone en Tendencia, factor cíclico, movimiento estacional y movimiento irregular (Granger, 1989).

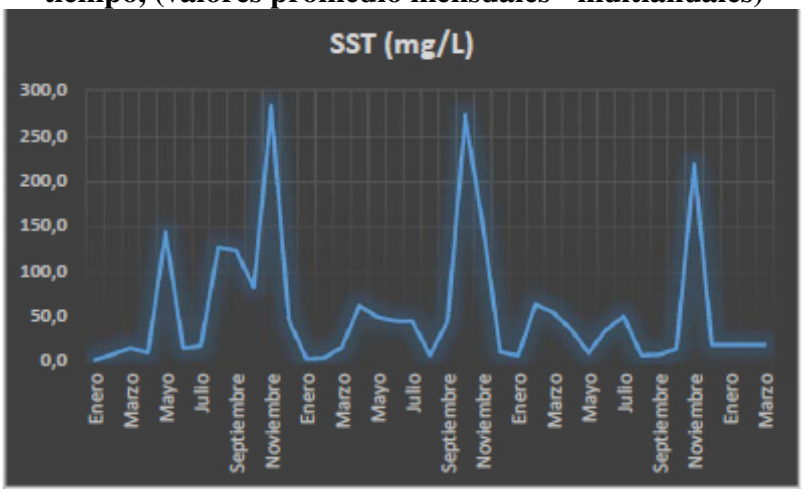
Dado el objetivo del modelo, que busca identificar la variabilidad de los parámetros de calidad en temporalidades climáticas diferentes en el año, se buscó determina el un factor estacional por mes en las series de datos medidos, este factor se usara como multiplicador para la estimación de cada parámetro en cada cuerpo de agua según corresponda.
La ecuación general de un estimador multiplicativo de series de tiempo es:

$$S(t) = T(t) * Y * C + u$$

Donde:
S = Valor Pronosticado
T = Factor de tendencia
C = Componente Cíclico
Y = Componente Estacional
u = Variación no sistemática

En la siguiente figura se puede ver el comportamiento de los SST en una de las series temporales usadas, esta es parte de la justificación de la simplificación, aquí se puede observar claramente el comportamiento estacional mientras otras características como tendencia, oscilaciones cíclicas y variación no sistemática no se ven claramente.

Figura 5-70. Comportamiento estacional de los sólidos suspendidos totales en series de tiempo, (valores promedio mensuales - multianuales)



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Dado lo anterior se definió una relación estadística entre los valores promedios mensuales para determinas un multiplicador que definiera la magnitud del incremento o disminución de cada parámetro de calidad del agua mes a mes, para guardar concordancia con las series de datos que definen las variaciones climáticas.

Dichas relaciones se calcularon para cada parámetro y se usaron como multiplicador por el valor medido en la corriente objeto de estudio, dicho producto se ubicó en el mes de la medición, para el caso particular en marzo, el valor estimado se tomó como base de cálculo para el siguiente mes y así sucesivamente hasta completar un año de estimaciones, el valor reportado como estimación para temporalidad climatológica diferente fue el del mes que según la gráfica 1 es opuesta en términos de precipitación al momento muestreado, para este caso octubre. La metodología y su explicación en cada parámetro se encuentran en el Anexo 6 del informe presentado por el laboratorio.

5.1.6.1.8.3 Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelo de estimación para la temporalidad de lluvia en cada una de las corrientes caracterizadas para la Unidad Funcional 2.1, el detalle de la estimación se presenta en el Anexo 6 del informe presentado por el laboratorio a cargo de los monitoreos.

Tabla 5-59 Estimaciones de parámetros de calidad del agua para temporada de lluvia

Mes de proyección	Octubre	Resultados							
Parámetro	Unidades	Q. La Espalda	Q. La Guaracú	Q. La Muñoz	Q. La Muñoz II	Río Aurrá (Cap. 4)	Río Aurrá (Cap. 2)	Río Cauca (Cap. 5)	Río Tonusco
Temperatura	ºC	27,39	27,55	26,50	24,83	23,93	26,68	25,57	32,27
Ph	Unidades	8,20	8,50	7,50	7,68	7,52	7,85	7,34	8,33
Conductividad	µS/cm	576,50	512,44	234,87	147,68	133,45	233,09	218,86	491,09
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	359,42	318,50	147,68	96,08	62,28	115,66	140,57	279,35
Sólidos Sedimentables	mL/L	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,38	2,25	0,13
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,34	6,97	5,83	8,02	8,16	7,17	6,93	6,69
Acidez Total	mg/L	27,87	16,25	16,25	16,25	3,77	3,77	3,77	3,77
Alcalinidad Total	mg/L	27,51	15,20	10,86	20,27	22,57	41,25	27,16	70,93
DBO_5	mg/L	13,39	15,80	22,04	19,05	6,50	3,25	9,10	3,90
DQO	mg/L	22,13	26,03	36,41	31,36	26,04	58,94	28,08	37,12
Dureza Calcica	mg/L	<1,89	85,63	15,89	4,41	12,07	27,92	24,15	62,63
Dureza Total	mg/L	<4,53	110,35	16,77	6,18	18,11	38,48	36,22	90,55
Fósforo Total	mg/L	0,049	0,069	2,997	0,069	1,946	0,786	0,855	1,435
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	32,35	32,35	32,35	258,78	54,99	118,07	1331,09	111,60
Sólidos Totales	mg/L	350,54	310,48	160,25	380,58	92,64	179,02	1119,22	252,89
Turbiedad	NTU	141,36	1,62	4,37	20,38	53,37	53,37	1293,89	140,71

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

De los anteriores resultados se destaca un incremento en los sólidos y parámetros asociados teniendo en cuenta que la caracterización base se realizó en temporada de estiaje, meses de marzo y abril, por tanto las proyecciones presentadas se generaron para la temporada de lluvia, meses de octubre y noviembre, este aumento es un indicativo de coherencia en la metodología de estimación.

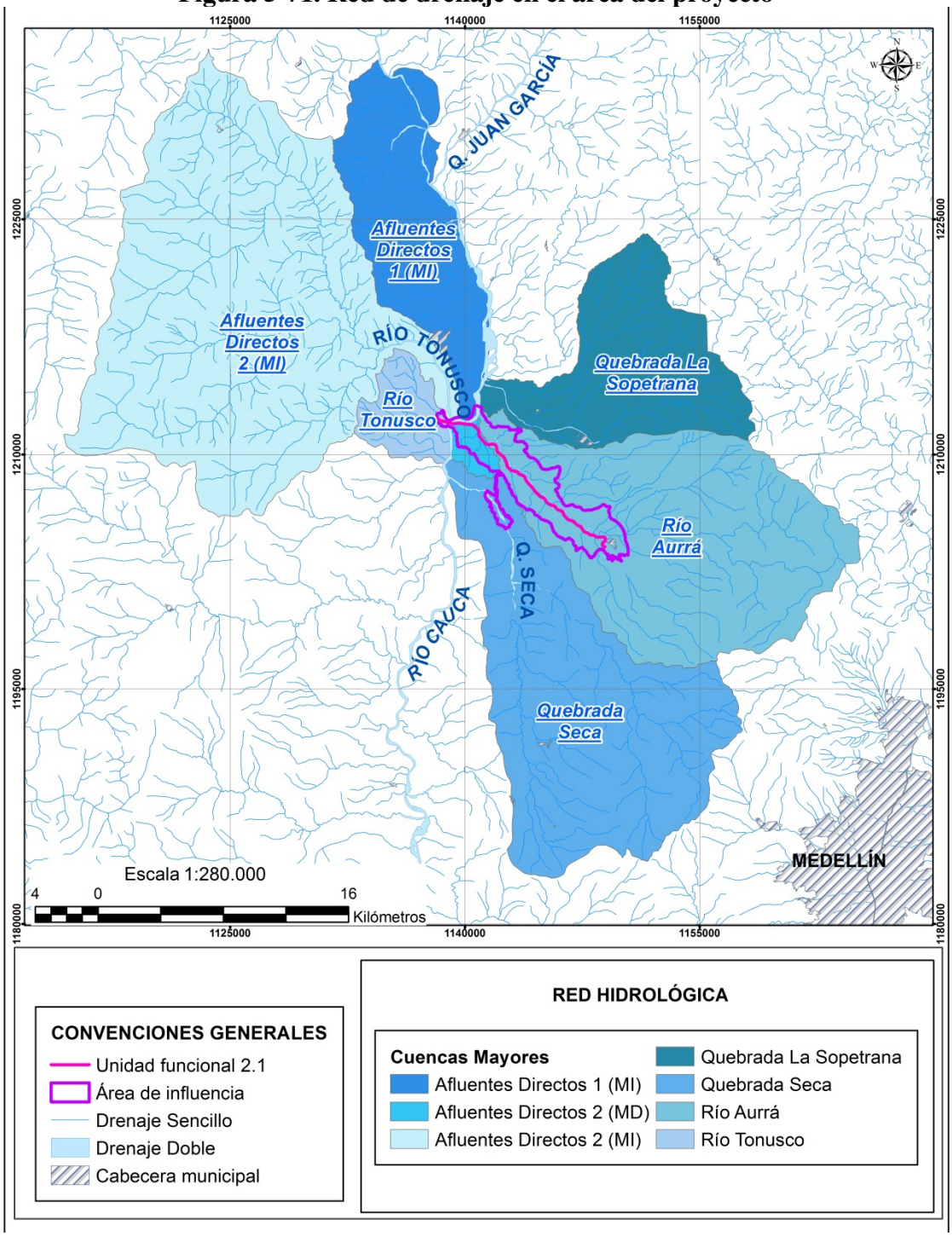
Se debe aclarar que el factor determinado obedece a los promedios de series de datos medidos durante 3 años lo que hace que se suavice valores extremos, pero la base de cálculo (caracterización en temporada de estiaje) corresponde a un muestreo puntual que pudo o no registrar un valor extremo, por tanto el orden del valor estimado para la temporalidad de lluvia guarda total concordancia con el momento de la mencionada caracterización.

En cuanto al comportamiento de los parámetros estimados frente a los limites permisibles del decreto 1076 de 2015, se observa para el caso del pH que todos los cuerpos de agua continúan cumpliendo los límites establecidos, sin embargo, la Quebrada La Guaracu se localiza en el limite superior para el uso del agua en consumo humano con desinfección, equivalente a 8,5. En cuanto a la turbiedad, si bien se registran aumentos considerables en todos los cuerpos de agua, solo el río Cauca se encuentra por encima del límite establecido en el articulo 2.2.3.3.9.4 (Uso para consumo humano con desinfección) equivalente a 190 NTU, aspecto que se identifico previamente con la caracterización de campo en temporada de estiaje.

5.1.7 Usos del agua

Para la determinación del estado actual de los usos y usuarios del agua en el área de estudio del proyecto, se tuvo en cuenta la información contenida en los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas de los ríos Aurrá y Tonusco, y las quebradas La Clara o Seca y la Sopetrana, al igual que el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Medellín y los Esquemas de Ordenamiento y Manejo de Sopetrán y San Jerónimo. Asi mismo se tuvo en cuenta información entregada por CORANTIOQUIA en agosto de 2015, febrero y julio de 2016. A continuación en la Figura 5-71 se muestra la red de drenaje en el área de estudio.

Figura 5-71. Red de drenaje en el área del proyecto



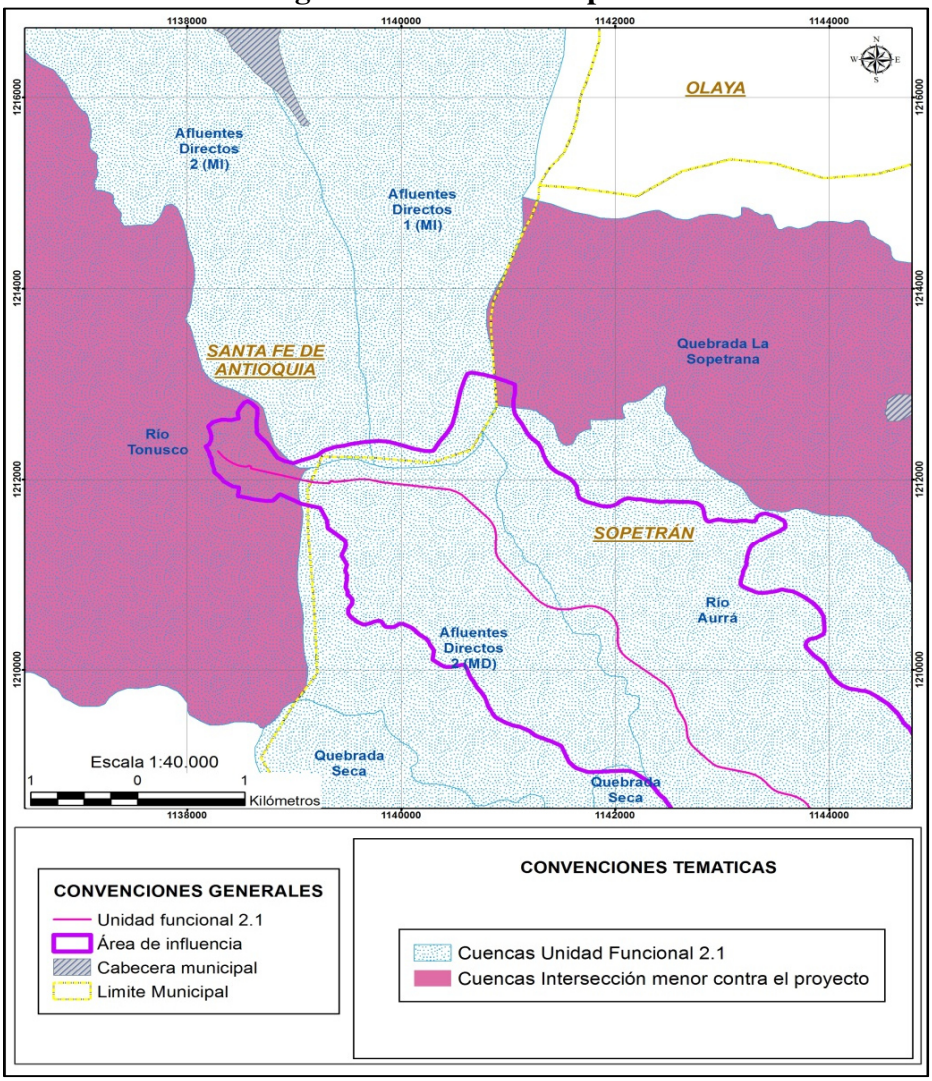
Fuente: IGAC, Consultoría Colombiana S.A., 2016.

5.1.7.1 Identificación de Usos Actuales y Proyectados

A continuación se presenta la identificación de los usos actuales y proyectados para cada una de las cuencas identificadas en la zona del proyecto, las cuales pertenecen al área hidrográfica Magdalena-Cauca específicamente a las zonas hidrográficas del río Cauca.

Se debe tener en cuenta la ausencia de reportes para las cuencas del Rio Tonusco y la Quebrada La Sopetrana; por lo cual la información sobre estos drenajes es muy poca, sin embargo, es de notar que esto no alterara los análisis debido al tamaño de las áreas que el proyecto ocupa en cada cuenca, siendo de 4,74 hectáreas para la quebrada La Sopetrana y 52,79 hectáreas en la cuenca del Rio Tonusco. En la Figura 5-72 se presenta el área ocupada por el proyecto para las cuencas mencionadas.

Figura 5-72. Áreas Ocupadas



Fuente. (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

- **Usos actuales**

Cuenca quebrada La Clara y La Sucia

Los usos actuales en la cuenca de la quebrada La Clara y La Sucia, se tomaron del documento elaborado por CORANTIOQUIA denominado Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica –POMCA- de las quebradas La Clara y La Sucia del año 2003, es de mencionar que este estudio no fue finalmente adoptado por la corporación, no obstante corresponde a información recopilada con miras al establecimiento del instrumento de planificación de la cuenca.

Tabla 5-60. Demanda de agua en la cuenca de las quebrada La Clara y La Sucia

Corriente	Caudal asignado (l/s)					
	Uso Pecuario	Uso Agrícola	Uso Piscícola	Uso Minero	Uso Industrial	Uso Recreativo
La Rochela	0,1					
Juan Ramos	0,06		11,2		0,1	
Juan Baquero	0,087					
Patudo	0,62	1,08	0,01			
La Sucia	0,142	185	21,92	3,0	3,49	0,649
Chuscala		0,066				
Miraflores	1,034	13,356	0,198			

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia, 2003.

Se estima que más del 50% de las aguas captadas para diferentes usos, en la cuenca hidrográfica, no tienen concesión de aguas otorgada por la autoridad ambiental, lo que hace muy difícil conocer a ciencia cierta, el uso que se le da al agua y la cantidad que es utilizada en ello. (POMCA quebradas La Clara y La Sucia, 2003)

Cuenca río Aurrá

De acuerdo con la información registrada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (2008), el resumen de la demanda total de agua en la cuenca del río Aurrá se presenta en la Tabla 5-61.

Para determinar la demanda de agua por consumo humano se procedió de la siguiente manera: primero, se calculó el agua otorgada para el abastecimiento; segundo, se estimó el agua demandada por las restantes personas no conectadas a acueductos. Para esta estimación se utilizó los módulos de consumo determinados por el estudio hecho el Grupo de Investigaciones Ambientales de la Universidad Pontificia Bolivariana para Corantioquia en 2002. De acuerdo con este estudio, para la regional Tahamíes el consumo de agua por habitante al día es de 160 litros y para la regional Hevéxicos de 233 litros. (POMCA río Aurrá 2008)

El cálculo de la demanda de agua para uso agrícola se consideró la estimación hecha por el Grupo de Investigaciones Ambientales de la Universidad Pontificia Bolivariana

(Corantioquia, 2002). Dadas las condiciones de la cuenca, se consideró para uso agrícola un promedio de 0,61 l/ha/seg, incluyendo el beneficio de café. (POMCA río Aurrá 2008)

El consumo de agua para uso pecuario se hizo uso de los módulos de consumo determinados en el estudio ya citado de la Universidad Pontificia Bolivariana (Corantioquia, 2002). Dada la dificultad para diferenciar entre el número de cabezas de ganado y porcinos, se consideró un número global, de acuerdo con estimaciones de área cultivada en pastos y frutales, así como la estimación del número total de cerdos encontrada. Para el uso avícola se estimó un número aproximado de aves de corral por cuenca y se le asignó un módulo de consumo de 0,28 l/animal-día. (POMCA río Aurrá 2008)

Tabla 5-61. Demanda total de agua en la cuenca del río Aurrá

Tipo de caudal	Caudal asignado (l/s)						
	Uso doméstico	Uso Agrícola	Uso Avícola	Uso Piscícola	Uso Pecuario	Otros Usos	Total
Caudales legalizados[1]	194,64	165,21	0,13	20,72	10,25	21,96	412,91
Otros caudales legalizados[2]	7,99	28,15		10,10	1,05	24,99	72,28
Caudales no legalizados[3]	3,96	720,0	0,02		0,29		724,26
Totales	**206,59**	**913,36**	**0,15**	**30,82**	**11,59**	**46,95**	**1209,45**

1. Suma de caudales concedidos en las subcuencas consideradas.
2. Caudales concedidos sobre el río Aurrá u otras corrientes tributarias.
3. Caudales remanentes no legalizados.

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aurrá. 2008.

5.1.7.1.1 Usos potenciales

Los usos potenciales para cada cuenca se presentan a continuación:

Cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia

Los usos potenciales en la cuenca están enmarcados en el potencial de uso de los suelos y al cubrimiento de las expectativas sociales y económicas de los habitantes de la zona, generándose una orientación hacia el cambio en el sistema productivo actual, pues la organización y funcionamiento de la economía local se fundamenta en la producción agropecuaria, la cual se ha visto afectada por factores de tipo externo, que han contribuido a la pérdida de valor adquisitivo de la población y al deterioro ambiental general. (POMCA quebradas La Clara y La Sucia, 2003)

En la Tabla 5-62 se muestran las unidades de ordenamiento y manejo ambiental que comprende la cuenca hidrográfica, donde aparece su área y porcentaje dentro del territorio de la cuenca, posteriormente se describen cada una de las unidades de acuerdo a la información presentada en el POMCA de las quebradas La Clara y La Sucia del año 2003.

Tabla 5-62. Unidades de manejo para la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia

Usos de la tierra	Área (Ha)	Porcentaje (%)
Corredores viales	725,68	3,05
Zona de actividades pecuarias	5302,23	22,28
Zona de consolidación agraria	7524,58	31,62
Zona de protección ambiental	1922,19	8,08
Zona de retiros a fuentes de agua	3244,26	13,63
Zonas abastecedoras de acueductos	1889,74	7,94
Zona de recuperación y protección ambiental	3189,22	13,40

Fuente: Plan de ordenación y manejo de la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia, 2003.

Zona de recuperación y protección ambiental: Se propone para esta zona la restauración y recuperación ecológica mediante la compra de predios por las administraciones municipales, evitar en el corto plazo, nuevas divisiones prediales y construcción de viviendas. Es un área espacialmente continua ubicada al sur de la cuenca hidrográfica, de la cual hacen parte ecosistemas estratégicos como el Cerro del Padre Amaya y la Cuchilla de Las Baldías. Esta unidad abarca el 13,40% del área total de las cuencas hidrográficas de La Clara y La Sucia, para una extensión de 3.189,22 ha.

Zonas abastecedoras de acueductos: Estas zonas corresponden a las microcuencas que actualmente son captadas para utilizar sus aguas para el consumo humano, tanto de la población dispersa como concentrada, localizada en los tramos medio y bajo de la cuenca, además de poblaciones humanas por fuera de ella.

Estas zonas deberán dedicarse exclusivamente a la protección ambiental con fines de producción y regulación hidrológica, en donde tan solo se permitirán reforestaciones con fines protectores, además de las obras necesarias para la recuperación de zonas degradadas, caso procesos erosivos, evitando cualquier tipo de asentamiento humano en ellas y cualquier actividad diferente a la protección ambiental. Esta zona comprende un área de 1.889,74 ha, correspondientes al 7,94 % del área total de la cuenca hidrográfica.

Zona de consolidación agraria: Localizada en todo el tramo medio de la cuenca hidrográfica, coincidente con las mayores concentraciones poblacionales, donde se incluyen la cabecera urbana del municipio de Ebéjico y los corregimientos de Palmitas, Sevilla, El Brasil y La Clara, además de las veredas con mayor población.

En esta zona se deberá buscar establecer relaciones espaciales efectivas entre las zonas urbanas y rurales mediante la adecuada integración de los elementos naturales y agropecuarios al paisaje; promover nuevas actividades económicas relacionadas o compatibles con la función ambiental, tales como agricultura orgánica, agroturismo y turismo rural, entre otras. Se trata de la Unidad de mayor extensión, alcanzando un total de 7.524,58 ha, correspondientes al 31,62 % del área total, atravesada por la vía troncal de occidente, la nueva vía Aburrá – río Cauca, además de la vía que conduce al municipio de Ebéjico.

Zona de protección ambiental: Los terrenos de esta Unidad se localizan en la parte baja de la cuenca hidrográfica, en las laderas de las cuchillas conocidas como Quirimará y Loma Hermosa, además de una serie de pequeñas áreas distribuidas a lo largo y ancho de la zona de consolidación agraria. El área cartografiada ocupa el 8,08 % del área de la cuenca, que corresponde a 1.922,19 ha.

Zona de actividades pecuarias y parcelaciones campestres: Localizada en la parte central y noroccidental de los tramos de las quebradas La Clara y La Sucia, y a lo largo de la denominada quebrada Seca, en inmediaciones del corregimiento Guayabal, vereda Quirimará – Placitas, Quirimará – Rodeo, Filo de San José y parte de las veredas La Honda y La Quiebra, San Nicolás, La Puerta y Guaymaral, en territorio de los municipios de Ebéjico, San Jerónimo y Sopetrán.

Para esta zona se propone entre otros, el mejoramiento de praderas con métodos intensivos a partir del reconocimiento de las limitaciones ecológicas de la zona y de los fines específicos de la ganadería local; implementación de programas de sistemas silvopastoriles, que puedan contribuir en el mejoramiento de los suelos y en la diversificación de la actividad ganadera. Esta Unidad es la segunda con mayor extensión de la cuenca hidrográfica, abarcando el 22,28 % de su territorio, correspondiente a 5.302,23 ha.

Zona de retiros a fuentes de agua: Esta zona hace referencia a todos los cordones de tierra aledaños a los 777, 4 kilómetros de longitud que suman las corrientes de agua de esta cuenca hidrográfica.

En estas zonas se propone la conservación de un franja mínima de 20 metros a lado y lado, no se estipulan los 30 m de que trata la Ley, buscando generar mayores posibilidades de negociación con los propietarios, especialmente en aquellos terrenos que no poseen áreas considerables, se proponen estrategias como el aislamiento, reforestación y generación de incentivos a la protección, entre otros.

Zona de corredores viales: Hace referencia a las áreas aledañas a los principales corredores viales que recorren la cuenca hidrográfica como es el caso de la vía al mar, conexión Aburrá – Río Cauca y la carretera principal que atraviesa la cuenca en su parte media, para intercomunicar la cabecera del municipio de Ebéjico. Para estas zonas se propone la ejecución de un mínimo plan de ordenamiento de las actividades y asentamientos que se desarrollan, incluyendo la relocalización, prohibición, recuperación de áreas aledañas.

Cuenca del río Aurrá

Los usos potenciales del agua en la cuenca del río Aurrá, se basan en los usos potenciales del suelo establecidos en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca, los cuales fueron definidos de acuerdo al sistema para la determinación de la capacidad agrológica de las tierras establecido por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales –USNR- del

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América -USDA. Acorde con lo indicado a continuación se presentan las clases agrológicas presentes en la cuenca.

Clase II. Se localizan de forma dispersa en el área de la cuenca que pertenece al municipio de San Pedro de los Milagros, principalmente en los Llanos de Ovejas, ocupando un área de 1.126,22 ha.

Clase III. En la cuenca se tiene un total de 551,20 ha que pertenecen a esta clase agrológica localizadas en la llanura aluvial de las quebradas Charco Colorado (vereda El Tambo), en cercanía del casco urbano del municipio de San Jerónimo y la vereda Piedecuesta, así como en los nacimientos del río Aurrá.

Clase IV. Este tipo de suelos es de buena productividad, está muy desaprovechado ya que se ha destinado a las parcelaciones y fincas de recreo, sin ningún a aprovechamiento agrícola. Se localizan en las veredas: Llano de Aguirre, Veliguarín, El Calvario, Quimbayito, Piedra Negra, El Golfo, Llano de San Juan, gran parte de Las Estancias y un pequeño sector de Piedecuesta, en el municipio de San Jerónimo; así como en las veredas El Rodeo, Llano de Montaña, Guaymaral y Los Almendros del municipio de Sopetrán. En la cuenca pertenece a esta clase un área total de 2608,44 ha.

Clase VI. En la cuenca se presenta esta clase de suelo cubriendo un área de 5984,13 ha, en las cuencas de las quebradas La Espada y Grande; y gran parte del área de las veredas Cerezales, La Pulgarina, La Cuchilla (San Jerónimo) y El Rodeo (Sopetrán).

Clase VII. En la cuenca el área total definida en esta Clase Agrológica es de 11796,14 ha que se constituye en la mayor área del total de la cuenca. Ocupan la cabecera del municipio de San Jerónimo y las siguientes veredas: Tafetanes, Mestizo, Los Cedros, El Chocho, Poleal, Buenos Aires, Alto Colorado, Cabuyal, Montefrío y Pesquinal. Parte de: Loma Hermosa, Quimbayo, Los Alticos, Los Guayabos, Piedecuesta, La Ciénaga, Matasano, El Pomar y Mestizal.

Clase VIII. Esta clase se presenta en la cuenca abarcando un área de 1631,99 ha, que se localizan en las veredas: Los Guayabos, La Palma, Piedecuesta, Mestizal, Veliguarín, Piedra Negra, El Pomar, El Rincón, Aguamala, La Ciénaga, Matasano, Las Estancias, El Guaico, Llanos de San Juan, Murrapala y El Golfo (San Jerónimo).

5.1.7.2 Inventario de todos los usos y usuarios y sus demandas hídricas

A continuación se presentan la descripción de los principales usos identificados en la zona de estudio, posteriormente, se presenta el listado de usos del agua identificados durante el trabajo de campo en las corrientes que se interceptan con el trazado propuesto para el proyecto vial, se destacan entre ellas el uso recreativo dadas las actividades de turismo que

predominan en la zona y el uso para consumo por la existencia y construcción de condominios y casas de descanso.

5.1.7.2.1 Ganadería

Dentro de las actividades productivas en el área del proyecto que hacen uso del agua, se incluye la ganadería a baja escala, actividad que se suple de acueductos veredales y corrientes superficiales.

Fotografía 5-10. Presencia de ganado en las fincas a lo largo de la vía entre San Jeronimo y Santa Fe de Antioquia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.2.2 Consumo Humano

Las veredas del área de estudio tienen como principal fuente de abastecimiento las corrientes de la zona a través de acueductos veredales, usando el recurso principalmente en actividades domésticas y para consumo humano; las bocatomas o estructuras de captación se ubican en las partes altas de las cuencas con el propósito de obtener más presión durante la conducción y distribución del agua.

En el sector entre la cabecera urbana de San Jerónimo y el puente sobre el río Cauca, se identificaron también algunos pozos profundos que son empleados para el abastecimiento del recurso.

Fotografía 5-11. Tubería para conducción de agua, vereda La Puerta, municipio de Sopetrán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Fotografía 5-12. Tubería para conducción de agua, sector vereda Loma Hermosa, municipio de Sopetrán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5-13. Pozo profundo en la parcelación Tierra Mitica, vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5-14. Acueducto veredal San Nicolás



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.2.3 Uso recreativo y turístico

Este uso en la zona está dado por la presencia de casas y condominios vacacionales a lo largo del corredor vial existente, se desarrolla aproximadamente desde la vereda Llano de San Juan del municipio de San Jerónimo, con un aumento considerable en la medida que se desciende hacia el río Cauca. Se destaca la presencia de proyectos en proceso de construcción en diferentes sectores, como la parcelación Tierra Mítica en la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.

Fotografía 5-15. Condominio a la altura de la vereda Guaymaral del municipio de Sopetrán en la cual se evidencia la presencia de piscinas en cada unidad



Fuente: Google Earth, 2016.

Fotografía 5-16. Tanques de almacenamiento de agua en finca de recreo, vereda La Puerta, Sopetrán



Fuente. (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Fotografía 5-17. Zona recreativa en el Rio Cauca



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.2.4 Uso industrial

En la zona de interés se identificó el uso del recurso para criadero de babillas y para estanques piscícolas, igualmente se emplean algunas corrientes para la extracción de materiales de arrastre, actividad que se ha facilitado por el periodo de sequía presente en la zona a finales de 2015 y comienzos de 2016.

Fotografía 5-18 Piscícola del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid



Fuente. (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Fotografía 5-19. Extracción de Material



Fuente. (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

Fotografía 5-20. Lago para criadero de babillas, vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Por otro lado, se puede observar en la Fotografía 5-21 que en la parte de abajo del puente sobre el rio Cauca, la población que habita esta zona realiza trabajo de pesca para consumo propio.

Fotografía 5-21. Pesca por parte de los habitantes – Rio Cauca



Fuente. (Consultoria Colombiana S. A, 2016)

A continuación en la Tabla 5-63 se muestra el inventario total de los usos y usuarios en cuerpos loticos dentro del área de influencia para la unidad funcional 2.1 en el proyecto construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. Y en la Tabla 5-64 se muestran los usuarios en cuerpos lenticos.

Tabla 5-63. Usuarios identificados en el trabajo de campo – cuerpos loticos

Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
		Norte	Este		
Paso Real	Rio Cauca	1212325,763	1139341,317	Captación de forma directa por parte de los habitantes de las viviendas aledañas para uso domestico	
Los Almendros	Rio Cauca	1212044,031	1139214,617	Captación de forma directa para uso doméstico por parte de algunas viviendas aledañas a este punto	
Los Almendros	Rio Cauca	1212066,901	1139269,98	Vertimiento directo al cuerpo de agua de tipo doméstico.	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
74	Santa Fe de Antioquia	Paso Real	Rio Cauca	1212326,716	1139339,533	Vertimiento de tipo domestico por medio de tubería	
65	Santa Fe de Antioquia	Paso Real	Rio Cauca	1212329,677	1139356,144	Vertimiento directo de tipo doméstico e industrial (trabajo con madera).	
66	Santa Fe de Antioquia	Paso Real	Rio Cauca	1212326,653	1139337,276	Vertimiento por tubería de tipo domestico	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
64	Santa Fe de Antioquia	Los Almendros	Rio Cauca	1212042,078	1139212,258	Vertimiento por medio de tubería diseñada por los habitantes de la zona, el vertimiento proviene de un criadero de marranos	
191	Sopetran	Los Almendros	Drenaje NN 106	1211884,593	1140100,538	Presencia de tubería de abastecimiento en la zona.	
05	Sopetrán	Guaymaral	Drenaje NN 21	1209699,65	1142554,32	Vertimiento de tipo domestico de vivienda aledaña de carácter esporádico mediante manguera y paso de tubería de acueducto veredal.	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
52	Sopetran	Guaymaral	Rio Aurrá	1210305,964	1142303,316	Vertimiento directo (Residuos sólidos) por parte de las viviendas aledañas a la rio Aurrá	
66	Sopetran	Guaymaral	Rio Aurrá	1210663,177	1141639,503	Vertimiento de tipo doméstico y comercial de carácter permanente	
65	Sopetran	Guaymaral	Drenaje NN 101	1210778,39	1141755,365	Captación de agua por medio de aljibe el cual es usado por las personas de la zona para uso doméstico cuando se presentan problemas con el acueducto veredal	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
02	Sopetrán	La Puerta	Cañada El Loro	1207527,31	1144568,79	Vertimiento de tipo doméstico de vivienda aledaña de carácter esporádico mediante manguera.	
202	Sopetran	La Puerta	Drenaje NN 105	1208867,08	1142989,991	Tubería de abastecimiento proveniente de acueducto veredal	
155	Sopetran	El Rodeo	Drenaje NN 102	1209340,681	1143285,785	Vertimiento producto de marraneras, presencia de malos olores	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
159	Sopetran	Tafetanes	Rio Aurrá	1207818,918	1144486,092	Disposición de escombros de forma directa al afluente.	
246	San Jerónimo	Tafetanes	Drenaje NN 103	1206549,26	1146021,528	Paso de tubería del acueducto veredal el cual abastece a las viviendas cercanas.	
245	San Jerónimo	Tafetanes	Drenaje NN 104	1206505,67	1145987,013	Vertimiento por medio de tubería, además de presencia de residuos por parte de las viviendas aledañas	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
06	San Jerónimo	Loma Hermosa	Q. La Guaracú	1204671,87	1148439,20	Vertimiento de tipo doméstico de carácter permanente a bajo caudal.	
07	San Jerónimo	Loma Hermosa	Q. La Guaracú	1204479,20	1148910,40	Vertimiento de tipo doméstico de carácter permanente a bajo caudal proveniente de unidades de vivienda del municipio de San Jerónimo.	
08	San Jerónimo	Loma Hermosa	Cañada Honda	1200410.79	1148958.17	Vertimiento de vivienda aledaña de tipo doméstico, carácter esporádico. Habitante de la vivienda indica que hacen captación más o menos 700 metros aguas arriba sobre la misma corriente.	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
09	San Jerónimo	Loma Hermosa	Drenaje NN 06	1199730,17	1149192,44	Paso de tubería de acueducto veredal.	
10	San Jerónimo	Murrapala	Drenaje NN3	1198106,67	1150603,93	Vertimiento de vivienda aledaña de tipo doméstico, carácter esporádico.	
11	San Jerónimo	Mestizal	Drenaje NN2	1197426,39	1150115,51	Tuberia de vivienda aledaña que se conecta a acueducto veredal	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
78	San Jerónimo	Rio Verde	Quebrada Agua Blanca	1206037,268	1147739,215	Vertimiento de tipo domestico por parte de los habitantes de las viviendas aledañas al punto	
255	San Jerónimo	Rio Verde	Quebrada Los Cedros	1205316,986	1148669,225	Presencia de residuos en el afluente de manera continua por parte de las viviendas aledañas	
255	San Jerónimo	Rio Verde	Quebrada Los Cedros	1205345,098	1148343,749	Vertimiendo de forma directa con presencia de espuma y residuos en el afluente, posiblemente asociado a actividades de fumigación en la zona. Presencia de malos olores.	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
386	Sopetrán	La Puerta	Drenaje NN18	1209248,81	1142376,01	Vertimiento de tipo domestico desde vivienda construida sobre la ronda de protección del cuerpo de agua, se cree que hubo desviación del cauce de la corriente.	
384	Sopetrán	La Puerta	No identificada	1208075,49	1141956,64	Cruce de tubería de agua para riego sobre canal de agua.	

Id	Municipio	Vereda o corregimiento	Nombre fuente hídrica	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Descripción	Foto
				Norte	Este		
384	Sopetrán	La Puerta	Quebrada La Cangreja	1208075,49	1141956,64	Tubería y valvulas de control del acueducto veredal La Puerta el cual se abastece de la quebrada La Cangreja, fuera del área de influencia del proyecto.	
388	Sopetrán	La Puerta	Quebrada Seca	1205349,16	1142575,63	Tubería de captación para lagos piscicolas del terreno denominado “Parque El Tesoro Escondido”	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Tabla 5-64 Usuarios identificados en el trabajo de campo cuerpos lénticos

ID	Municipio	Vereda	Tipo cuerpo léntico	Coordenadas		Descripción	Foto
				Norte	Este		
01	Sopetrán	Los Almendros	Laguna	1211372,2	1140844,5	Uso para criadero de babillas	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.7.3 Usuarios aprobados por CORANTIOQUIA

A continuación se listan las autorizaciones otorgadas por CORANTIOQUIA en las veredas que forman parte del área de influencia del proyecto vial, de acuerdo con los reportes entregados por la autoridad.

5.1.7.3.1 Concesiones zona de interés cuenca Quebradas La Seca y La Sucia

De acuerdo con información suministrada por CORANTIOQUIA en Agosto de 2016, se identifican 29 concesiones otorgadas por la territorial hevéxicos para las corrientes que conforman la cuenca de las quebradas La Seca, las cuales se listan a continuación con su respectivo uso.

Tabla 5-65. Concesiones otorgadas en la cuenca de las quebradas La Seca

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Aguas De San Nicolás S.A. E.S.P.	35.302	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Agrícola	1142552,67	1205926,22
Andres Felipe Builes Cardona	18.630.091	Sopetran	San Nicolás	El Cangrejo	Domestico	1143053,05	1204657,39
Andres Felipe Builes Cardona	18.630.091	Sopetran	San Nicolás	El Cangrejo	Agrícola	1143053,05	1204657,39
Bibiana MarÃa Gomez Salas	0.1102	San Jerónimo	Loma Hermosa	Sin Nombre	Domestico	1144486,81	1204826,79
Bibiana MarÃa Gomez Salas	0.1102	San Jerónimo	Loma Hermosa	Sin Nombre	Agrícola	1144486,81	1204826,79
Consejo Comunitario De La Comunidad Negra De San Nicolás	0.99	Sopetran		Quebrada Seca	Acuicultura	1140643,15	1207768,62
Consejo Comunitario De La Comunidad Negra De San Nicolás	0.99	Sopetran		Quebrada Seca	Agrícola	1140643,15	1207768,62
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	Los Pomos	Domestico	1146511,43	1203307,91
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	Los Pomos	Agrícola	1146511,43	1203307,91
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	Los Pomos	Pecuario	1146511,43	1203307,91
Inversiones Edmec Ltda.	0.7548	San Jerónimo	Tafetanes	Los Pomos	Agrícola	1146511,43	1203307,91
Inversiones	0.7548	San	Tafetanes	Los	Pecuario	1146511,43	1203307,91

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Edmec Ltda.		Jerónimo		Pomos			
Inversiones Edmec Ltda.	0.7548	San Jerónimo	Tafetanes	Los Pomos	Domestico	1146511,43	1203307,91
Jose Santiago Valencia Prieto	0.0081	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Tinajita	Domestico	1146529,96	1202365,16
Junta De AccionComunal Vereda La Puerta	183.903	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Pecuario	1143304,64	1204888,83
Junta De AccionComunal Vereda La Puerta	183.903	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Agrícola	1143304,64	1204888,83
Mauricio Antonio Duque Ospina Y/O El Tesoro Escondid	82.286.925	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Acuicultura	1142683,01	1205015,15
Mauricio Antonio Duque Ospina Y/O El Tesoro Escondid	82.286.925	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Pecuario	1142683,01	1205015,15
Mauricio Antonio Duque Ospina Y/O El Tesoro Escondid	82.286.925	Sopetran	La Puerta	La Sucia	Agrícola	1142683,01	1205015,15
Mauricio Fernandez Laverde	0.1181	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Quebradita	Agrícola	1146590,19	1202323,52
Mauricio Fernandez Laverde	0.1181	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Quebradita	Acuicultura	1146590,19	1202323,52
Mauricio Fernandez Laverde	0.1181	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Quebradita	Domestico	1146590,19	1202323,52
Mauricio Fernandez Laverde	0.1181	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Quebradita	Pecuario	1146590,19	1202323,52
Medardo Antonio Rodriguez Pulgarin	0.0141	San Jerónimo	Loma Hermosa	Los Pomos	Pecuario	1146369,58	1203116,11
Medardo Antonio	0.0141	San Jerónimo	Loma Hermosa	Los Pomos	Domestico	1146369,58	1203116,11

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Rodriguez Pulgarin							
Octavio De Jesus Carmona Vasquez	21.463	San Jerónimo	Loma Hermosa	Sin Nombre (Aflora En Predio De Octavio Carmona)	Agrícola	1145426,94	1203589,51
Octavio De Jesus Carmona Vasquez	21.463	San Jerónimo	Loma Hermosa	Sin Nombre (Aflora En Predio De Octavio Carmona)	Domestico	1145426,94	1203589,51
Octavio De Jesus Carmona Vasquez	21.463	San Jerónimo	Loma Hermosa	Sin Nombre (Aflora En Predio De Octavio Carmona)	Pecuario	1145426,94	1203589,51
Piscicola El Gaitero S.A.S	15.278	Sopetran	Juntas	La Sucia	Industrial	1143203,74	1203684,44

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A.

5.1.7.3.2 Vertimientos zona de interés cuenca Quebrada La Sucia – La Seca

Los vertimientos son otro tipo de uso de las corrientes que conforman una cuenca, para el caso de la quebradas La Seca, se consultaron los reportes entregados por CORANTIOQUIA en Julio de 2016 para identificar aquellos asociados a la cuenca, sin embargo, teniendo en cuenta que estos carecen de información de la fuente receptora y coordenadas de localización, a continuación se relacionan únicamente los que se localizan en las veredas que forman parte de la cuenca, se excluyen aquellos cuyas veredas forman parte también de la cuenca del río Aurrá y presentan la mayor área en dicha cuenca, con el propósito de evitar duplicidad en la información. (Tabla 5-66)

Tabla 5-66 Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca de la quebrada La Sucia – La Seca

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo
Junta de Acción Comunal Vereda La Puerta	Sopetrán	La Puerta	No Puntual
Mauricio Antonio Duque Ospina Y/O El Tesoro Escondido	Sopetrán	La Puerta	No Aplica
Municipio de Sopetrán	Sopetrán	Guaymaral	No Puntual

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo
Piscicola El Gaitero S.A.S	Sopetrán	Juntas	Puntual

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A.

5.1.7.3.3 Concesiones zona de interés cuenca del río Aurrá

De acuerdo con la información suministrada por CORANTIOQUIA en agosto de 2016, se identifican 269 concesiones otorgadas principalmente por la territorial hevéxicos para las corrientes que conforman la cuenca del río Aurrá las cuales se listan a continuación, es de mencionar que como parte de los reportes entregados por la corporación se incluye el uso autorizado para cada reporte.

Tabla 5-67. Concesiones otorgadas en la cuenca del río Aurrá

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Aguas Del Corralito S.A.S. E.S.P.	0.9814	San Jerónimo	Tafetanes	La Espada	Recreativo	1147441,90	1204738,18
Aguas Del Corralito S.A.S. E.S.P.	0.9814	San Jerónimo	Tafetanes	La Espada	Domestico	1147441,90	1204738,18
Aguas Del Corralito S.A.S. E.S.P.	0.9814	San Jerónimo	Tafetanes	La Espada	Pecuario	1147441,90	1204738,18
Aguas Del Corralito S.A.S. E.S.P.	0.9814	San Jerónimo	Tafetanes	La Espada	Agrícola	1147441,90	1204738,18
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	Los Cedros	Agrícola	1150880,13	1207684,09
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	El Paraiso	Pecuario	1150762,19	1206997,46
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	El Paraiso	Domestico	1150762,19	1206997,46
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	Los Cedros	Pecuario	1150880,13	1207684,09
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	El Paraiso	Agrícola	1150762,19	1206997,46
Alberto De Jesus Lopez Cuesta	2.831.563	San Jerónimo	El Rincon	Los Cedros	Domestico	1150880,13	1207684,09
Alberto De Jesus Guzman Ramirez	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	Aurrá	Agrícola	1141741,13	1211453,44
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	Aurrá	Pecuario	1141741,13	1211453,44
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	El Zanjo	Domestico	1142333,11	1211942,87

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	El Zanjo	Agrícola	1142333,11	1211942,87
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	El Zanjo	Pecuario	1142333,11	1211942,87
Aldemar De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Aldemar De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
Aldemar De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Andres Velez Saenz	0.449	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Domestico	1147754,23	1209759,36
Andres Velez Saenz	0.449	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
AsociacionDe Usuarios Del Distrito De Adecuacion De Tierras De PequeñaIrrigacion Quimbayo	258.238	San Jerónimo	Los Alticos Y Quimbayo	Quebrada Grande	Agrícola	1155026,92	1208333,52
Astrid Veronica Berrio Bedoya	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Aura Nelly Sanchez Ortiz	0.08	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Agrícola	1147514,62	1204103,69
Bertha Olivia Londoño Tavera	0.2772	Sopetran		Sin Nombre (La Meduza)	Pecuario	1149324,35	1209537,68
Bertha Olivia Londoño Tavera	0.2772	Sopetran		Sin Nombre (La Meduza)	Agrícola	1149324,35	1209537,68
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	9.403.472	Sopetran	Guaimarala	Aurrá (Acequia)	Pecuario	1142718,00	1209421,59
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	9.403.472	Sopetran	Guaimarala	Aurrá (Acequia)	Agrícola	1142718,00	1209421,59
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Carlos Guerra Acosta	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Pecuario	1150657,58	1210147,51
Carlos Guerra Acosta	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Carlos Guerra Acosta	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150657,58	1210147,51

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Carlos Humberto Zapata Garcia	3.696.666	San Jerónimo	MorrÃ³n	La Ceja	Domestico	1155639,34	1211295,94
Carlos Humberto Zapata Garcia	3.696.666	San Jerónimo	MorrÃ³n	La Ceja	Agrícola	1155639,34	1211295,94
Carmelo Chica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Pecuario	1146696,08	1204214,87
Carmelo Chica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Domestico	1146696,08	1204214,87
Carmen Leticia Builes	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Clara Ines Ramirez Botero	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Conrado De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Conrado De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Conrado De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
Constructora Guayacanes S.A.S.	0.544	San Jerónimo	Veliguarin	Bateita	Agrícola	1149707,72	1205401,43
Dario Antonio Restrepo Velez	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
De Zion S.A.S	0.7114	San Jerónimo	La Lince	Quebrada Grande	Recreativo	1150570,69	1205899,45
De Zion S.A.S	0.7114	San Jerónimo	La Lince	Quebrada Grande	Acuicultura	1150570,69	1205899,45
De Zion S.A.S	0.7114	San Jerónimo	La Lince	Quebrada Grande	Domestico	1150570,69	1205899,45
De Zion S.A.S	0.7114	San Jerónimo	La Lince	Quebrada Grande	Agrícola	1150570,69	1205899,45
De Zion S.A.S	0.7114	San Jerónimo	La Lince	Quebrada Grande	Pecuario	1150570,69	1205899,45
Diana Cristina Correa Arroyave	0.0146	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Domestico	1146971,43	1204319,47
Diana Cristina Correa Arroyave	0.0146	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Agrícola	1146971,43	1204319,47
Edison Orlando Pelaez Arango	1.244.444	Sopetran	Brunera - Guayabal	Tafetanes	Domestico	1151457,22	1210870,17
Edison Orlando Pelaez Arango	1.244.444	Sopetran	Brunera - Guayabal	Tafetanes	Agrícola	1151457,22	1210870,17

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Elizabeth Echeverri Aguilar	0.146	San Jerónimo	Los Alticos	Sin Nombre	Pecuario	1153602,04	1208501,09
Elizabeth Echeverri Aguilar	0.146	San Jerónimo	Los Alticos	Sin Nombre	Agrícola	1153602,04	1208501,09
Elkin De Jesus Tavera Metaute	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Evelio De Jesus Paniagua Vanegas	1.209.027	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Pecuario	1150743,22	1210375,99
Evelio De Jesus Paniagua Vanegas	1.209.027	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150743,22	1210375,99
Evelio De Jesus Paniagua Vanegas	1.209.027	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150743,22	1210375,99
Fabian Antonio Escobar Gomez	0.127592	San Jerónimo	Mestizo	Nacimiento Sin Nombre N1 (Predio La Primavera)	Pecuario	1151220,03	1209554,90
Fabian Antonio Escobar Gomez	0.127592	San Jerónimo	Mestizo	Nacimiento Sin Nombre N1 (Predio La Primavera)	Agrícola	1151220,03	1209554,90
Fabian Antonio Escobar Gomez	0.127592	San Jerónimo	Mestizo	Nacimiento Sin Nombre N1 (Predio La Primavera)	Domestico	1151220,03	1209554,90
Fabio De Jesus Giraldo Ortiz	0.311	Sopetran		El Espejo	Domestico	1149052,84	1210472,96
Fabio De Jesus Giraldo Ortiz	0.311	Sopetran		El Espejo	Agrícola	1149052,84	1210472,96
Fabio Leon Tavera Florez	0.785513	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150866,15	1210385,72
Fabio Leon Tavera Florez	0.785513	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150866,15	1210385,72
Fabio Leon Tavera Florez	0.785513	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Pecuario	1150866,15	1210385,72
Fabio PatiñoChica	0.398869	San Jerónimo	Tafetanes	Tafetanes	Domestico	1147198,27	1208582,22
Fabio PatiñoChica	0.398869	San Jerónimo	Tafetanes	Tafetanes	Agrícola	1147198,27	1208582,22
Fabio PatiñoChica	0.398869	San Jerónimo	Tafetanes	Tafetanes	Pecuario	1147198,27	1208582,22
Fanny Henriquez Gallo	0.1729	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147496,54	1203776,63

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Fanny Henriquez Gallo	0.1729	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147496,54	1203776,63
Fidel Dario Gomez Londoño	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Finca Hotel El Noral E.U	0.205255	Sopetran		CañadaDe Rodolfo	Domestico	1150922,35	1211025,98
Finca Hotel El Noral E.U	0.205255	Sopetran		CañadaDe Rodolfo	Pecuario	1150922,35	1211025,98
Finca Hotel El Noral E.U	0.205255	Sopetran		CañadaDe Rodolfo	Agrícola	1150922,35	1211025,98
Francisco Arnuel Machado Ramos	0.066712	Sopetran		El Higueron	Recreacion Y Deportes	1149512,71	1210822,64
Francisco Arnuel Machado Ramos	0.066712	Sopetran		El Higueron	Domestico	1149512,71	1210822,64
Francisco Arnuel Machado Ramos	0.066712	Sopetran		El Higueron	Pecuario	1149512,71	1210822,64
Francisco Arnuel Machado Ramos	0.066712	Sopetran		El Higueron	Agrícola	1149512,71	1210822,64
Francisco Arturo Gomez Gomez	29.233	San Jerónimo		La Muños(San Jerónimo)	Acuicultura	1149598,70	1203705,98
Francisco Arturo Gomez Gomez	29.233	San Jerónimo		La Muños(San Jerónimo)	Recreativo	1149598,70	1203705,98
Francisco Arturo Gomez Gomez	29.233	San Jerónimo		La Muños(San Jerónimo)	Agrícola	1149598,70	1203705,98
Francisco Augusto Carrasquilla Restrepo	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Francisco Augusto Carrasquilla Restrepo	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Domestico	1147754,23	1209759,36
Francisco Javier Parra M.	0.0122	San Jerónimo		Pie Del Palo Blanco	Domestico	1153751,76	1207193,08
Francisco Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Agrícola	1154669,71	1209727,31
Francisco Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Pecuario	1154669,71	1209727,31
Francisco Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Domestico	1154669,71	1209727,31
Gabriel Jairo Angel Bernal	68.469	San Jerónimo	El Rincon	Utuguen	Domestico	1152751,13	1206974,20
Gabriel Jairo Angel	68.469	San	El Rincon	Aurrá	Pecuario	1154031,05	1204761,92

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Bernal		Jerónimo					
Gabriel Jairo Angel Bernal	68.469	San Jerónimo	El Rincon	Aurrá	Agrícola	1154031,05	1204761,92
Gilberto Saldarriaga S.F. Y Cia En Comandita Simple	0.0671	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147445,58	1204622,22
Gilberto Saldarriaga S.F. Y Cia En Comandita Simple	0.0671	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Pecuario	1147445,58	1204622,22
Gildardo De Jesus Gomez Múnera	0.0127	San Jerónimo	El Poleal	Los Papayos	Pecuario	1157405,03	1205237,74
Gilma Cecilia Velasquez De Londoño	4.61	San Jerónimo	El Rincon	Aurrá	Agrícola	1151378,51	1205235,28
Gilma Cecilia Velasquez De Londoño	4.61	San Jerónimo	El Rincon	Aurrá	Recreativo	1151378,51	1205235,28
Gilma Nora Arango Chica	0.0616	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Pecuario	1146918,96	1203889,22
Gilma Nora Arango Chica	0.0616	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Agrícola	1146918,96	1203889,22
Gladis Hoyos Garcia	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Gustavo Alberto MarÃn Orrego	0.227185	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147441,90	1204738,18
Gustavo Alberto MarÃn Orrego	0.227185	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147441,90	1204738,18
Hector Arnoldo Henao Cardona	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Hector Emilio Arboleda Lopez	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Hernan Rico Tapias	0.6818	San Jerónimo	Los Alticos	El Chocho	Agrícola	1154844,30	1208102,46
Hernan Rico Tapias	0.6818	San Jerónimo	Los Alticos	El Chocho	Domestico	1154844,30	1208102,46
Hernan Rico Tapias	0.6818	San Jerónimo	Los Alticos	El Chocho	Pecuario	1154844,30	1208102,46
Hugo Zuluaga Munera	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147375,05	1204203,86
Hugo Zuluaga Munera	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147375,05	1204203,86
Hugo Zuluaga Munera	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Pecuario	1147375,05	1204203,86
Interaseo S.A. E.S.P.	20.833	Sopetran	Llano De Montaña	Sin Nombre (Afluente	Agrícola	1146280,86	1208673,79

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
				Q. Mazo Milla - Rio Aurrá)			
Interaseo S.A. E.S.P.	20.833	Sopetran	Llano De Montaña	Sin Nombre (Afluente Q. Mazo Milla - Rio Aurrá)	Pecuario	1146280,86	1208673,79
Interaseo S.A. E.S.P.	20.833	Sopetran	Llano De Montaña	Sin Nombre (Afluente Q. Mazo Milla - Rio Aurrá)	Domestico	1146280,86	1208673,79
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	La Daga	Domestico	1146918,96	1203889,22
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	La Daga	Agrícola	1146918,96	1203889,22
Inversiones Edmec Ltda.	1.846.887	San Jerónimo	Tafetanes	La Daga	Pecuario	1146918,96	1203889,22
Inversiones Edmec Ltda.	0.2027	San Jerónimo	Tafetanes	Nacimiento Lacal (Finca Panorama)	Domestico	1145179,19	1204574,90
Inversiones Edmec Ltda.	0.2027	San Jerónimo	Tafetanes	Nacimiento Lacal (Finca Panorama)	Pecuario	1145179,19	1204574,90
Inversiones Naranjo Toro Y Cia	16.075	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineo	Agrícola	1152075,80	1208565,06
Inversiones Naranjo Toro Y Cia	16.075	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineo	Pecuario	1152075,80	1208565,06
Inversiones Naranjo Toro Y Cia	16.075	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineo	Domestico	1152075,80	1208565,06
Inversiones Naranjo Toro Y Cia	16.075	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineo	Acuicultura	1152075,80	1208565,06
Inversiones Naranjo Toro Y Cia	16.075	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineo	Generacion De Energia Cinética	1152075,80	1208565,06
Inversiones Panorama S.A.S.	0.1564	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Pecuario	1147754,23	1209759,36
Inversiones Panorama S.A.S.	0.1564	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Inversiones Quimbaya Ltda.	39.886	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Agrícola	1150252,99	1204834,70

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Inversiones Quimbaya Ltda.	39.886	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Domestico	1150252,99	1204834,70
Inversiones Quimbaya Ltda.	39.886	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Recreativo	1150252,99	1204834,70
Inversiones Quimbaya Ltda.	39.886	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Ornamental	1150252,99	1204834,70
Inversiones Resplandor S.A.S	0.0081	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147496,54	1203776,63
J.A.C. Vereda Los Pomos	14.259	Sopetran	Los Pomos	Tafetanes	Domestico	1152776,89	1210903,99
Jaime De Jesus Zuluaga Ramirez	2.012	San Jerónimo	El Rincon	Utuguen	Recreativo	1150727,98	1204996,48
Jaime De Jesus Zuluaga Ramirez	2.012	San Jerónimo	El Rincon	Utuguen	Agrícola	1150727,98	1204996,48
Jairo Elias Escudero Rivera	0.6122	Sopetran	El Mestizo	Tafetanes	Agrícola	1152312,60	1210791,25
Jairo Elias Escudero Rivera	0.6122	Sopetran	El Mestizo	Tafetanes	Domestico	1152312,60	1210791,25
Jesus Emilio Paniagua	0.028518	Sopetran	Aguada	CañadaDe Rodolfo	Domestico	1150922,35	1211025,98
JoseAdan Metaute Garcia	0.406856	San Jerónimo	El Mestizo	Sin Nombre (Nace En Predios De AdanN.N.)	Domestico	1150386,30	1209524,97
JoseAdan Metaute Garcia	0.406856	San Jerónimo	El Mestizo	Sin Nombre (Nace En Predios De AdanN.N.)	Pecuario	1150386,30	1209524,97
JoseAdan Metaute Garcia	0.406856	San Jerónimo	El Mestizo	Sin Nombre (Nace En Predios De AdanN.N.)	Agrícola	1150386,30	1209524,97
JoseAlejandro Ruiz Osorio	1.101.944	San Jerónimo	Loma Hermosa	Marianito	Pecuario	1147044,37	1203646,99
JoseAlejandro Ruiz Osorio	1.101.944	San Jerónimo	Loma Hermosa	Marianito	Agrícola	1147044,37	1203646,99
JoseAlejandro Ruiz Osorio	1.101.944	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Pecuario	1146918,96	1203889,22
JoseAlejandro Ruiz Osorio	1.101.944	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Agrícola	1146918,96	1203889,22
JoseGuillermo Hincapie Zuluaga	0.567	Sopetran	Tafetanes	Tafetanes	Agrícola	1147641,35	1208389,87
Jose Anibal CastañedaLeal	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Pecuario	1147754,23	1209759,36

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Jose Anibal CastañedaLeal	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Domestico	1147754,23	1209759,36
Jose Anibal CastañedaLeal	0.3507	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Jose De Jesus Lora Eslava	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Pecuario	1146696,08	1204214,87
Jose De Jesus Lora Eslava	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Domestico	1146696,08	1204214,87
Juan JoseChica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Pecuario	1146696,08	1204214,87
Juan JoseChica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Domestico	1146696,08	1204214,87
JulianSanta MarÃn	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
JulianSanta MarÃn	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150657,58	1210147,51
JulianSanta MarÃn	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Acuicultura	1150657,58	1210147,51
Junta Administradora Del Acueducto Veliguarin	145.512	San Jerónimo	Veliguarin	Quebrada Grande	Pecuario	1151171,80	1205870,00
Junta Administradora Del Acueducto Veliguarin	145.512	San Jerónimo	Veliguarin	Quebrada Grande	Agrícola	1151171,80	1205870,00
Junta Administradora Del Acueducto Veliguarin	145.512	San Jerónimo	Veliguarin	Quebrada Grande	Domestico	1146696,08	1204214,87
Leonardo De Jesus Chica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Pecuario	1146696,08	1204214,87
Leonardo De Jesus Chica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La	Domestico	1146696,08	1204214,87

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
				Daga"			
Leonardo De Jesus Chica Correa	0.087961	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Toma "Afluente De La Daga"	Acuicultura	1146696,08	1204214,87
Lucila Rodriguez De Areiza	0.335	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Agrícola	1150341,39	1205105,19
Luis Albeiro Higuita Carmona	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luis Alfonso Paniagua Gutierrez	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luis Alfredo Berrio Holguin	0.006851	Sopetran	Brunera	El Higueron	Domestico	1149512,71	1210822,64
Luis Bernardo Galeano Ortiz	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luis Eduardo Ochoa Jimenez	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luis Eduardo Paredes Contreras	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luz Amanda Giraldo Gomez	0.8252	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luz Amanda Giraldo Gomez	0.8252	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150657,58	1210147,51
Luz Amanda Giraldo Gomez	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Agrícola	1150657,58	1210147,51
Luz Amanda Giraldo Gomez	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Pecuario	1150657,58	1210147,51
Luz Amanda Giraldo Gomez	21.285	Sopetran	La Brunera	Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luz Elena Palacio De Cardona	0.0396	Sopetran	Tafetanes	La Mona	Agrícola	1147754,23	1209759,36
Luz Marina Correa Piedrahita	12.762	San Jerónimo	Quimbayo	Los Pantanos (Afluente La Guineala)	Domestico	1152098,09	1208855,16
Luz Marina Correa Piedrahita	12.762	San Jerónimo	Quimbayo	Los Pantanos (Afluente La Guineala)	Agrícola	1152098,09	1208855,16
Luz Marina Correa Piedrahita	12.762	San Jerónimo	Quimbayo	La Guineala	Agrícola	1151945,75	1209253,22
Luz Marina Correa	12.762	San	Quimbayo	La Guineala	Pecuario	1151945,75	1209253,22

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Piedrahita		Jerónimo					
Luz Marina Perez Serna	0.129175	Sopetran	La Brunera	El Higueron	Domestico	1149512,71	1210822,64
Luz Marina Perez Serna	0.129175	Sopetran	La Brunera	El Higueron	Agrícola	1149512,71	1210822,64
Luz Marina Perez Serna	0.129175	Sopetran	La Brunera	El Higueron	Pecuario	1149512,71	1210822,64
Luz Marleny Tavera Quiceno	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Luz Victoria Botero Martinez	0.72	Sopetran	El Rodeo	La Jimenez	Pecuario	1146156,55	1210586,77
Manuel Antonio Velasquez Agudelo	0.001805	San Jerónimo	Quimbayo	La Pastora	Pecuario	1152044,97	1207521,98
María Egidia MuñosGiraldo	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
María Egidia MuñosGiraldo	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
MarÃa Egidia MuñosGiraldo	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
María Elda Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
María Elda Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
María Elda Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
MarÃía Nelly Álvarez Trujillo	0.062781	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Domestico	1153683,60	1209926,45
María Nelly Álvarez Trujillo	0.062781	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Agrícola	1153683,60	1209926,45
Maria Aurora Gutierrez Rivera	0.1159	Sopetran	Brunera - Guayabal	Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Maria Celina Arango Gomez	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Agrícola	1154669,71	1209727,31
Maria Celina Arango Gomez	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Pecuario	1154669,71	1209727,31
Maria Celina Arango Gomez	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Domestico	1154669,71	1209727,31
Maria Del Carmen Cespedes	0.012222	San Jerónimo	Los Guayabos	Pie Del Palo Blanco	Domestico	1153751,76	1207193,08
Maria Isabel Gallego De Sierra	0.738425	Sopetran	Brunera	Tafetanes	Pecuario	1151457,22	1210870,17
Maria Isabel Gallego De Sierra	0.738425	Sopetran	Brunera	Tafetanes	Agrícola	1151457,22	1210870,17

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Maria Isabel Gallego De Sierra	0.738425	Sopetran	Brunera	Tafetanes	Domestico	1151457,22	1210870,17
Maria Nohemy Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Maria Nohemy Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Maria Nohemy Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
Maria Sara Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Agrícola	1154669,71	1209727,31
Maria Sara Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Pecuario	1154669,71	1209727,31
Maria Sara Zapata Arango	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Domestico	1154669,71	1209727,31
Maria Solanlly Carmona Escobar	0.0075	San Jerónimo	El Mestizo	La Aguada	Agrícola	1151376,66	1209445,84
Maria Solanlly Carmona Escobar	0.0075	San Jerónimo	El Mestizo	El Higueron	Domestico	1151532,86	1209409,77
Maria Vilma Cabanzo Molina	0.431	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Agrícola	1154433,54	1209588,92
Maria Vilma Cabanzo Molina	0.431	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Pecuario	1154433,54	1209588,92
Maria Vilma Cabanzo Molina	0.431	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Domestico	1154433,54	1209588,92
Maria Vilma Cabanzo Molina	0.431	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Pecuario	1154342,10	1209496,39
Maria Vilma Cabanzo Molina	0.431	San Jerónimo	Los Cedros	Potrerito	Domestico	1154342,10	1209496,39
Maribel Atehortua George	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Martha Lilia Loaiza Tascon	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Maximiliano Zapata Rojas	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Donacion	Domestico	1153027,28	1209315,62
Maximiliano Zapata Rojas	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Ilusion	Pecuario	1152719,78	1209235,81
Maximiliano Zapata Rojas	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Ilusion	Domestico	1152719,78	1209235,81
Natalia Andrea Vergara Alzate	2.66	San Jerónimo	Pie De Cuasta	La Alarcona	Recreativo	1150994,37	1203734,18
Nelly Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Nelly Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Nelly Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	Sin Nombre (Nace En Predio Nestor Ovidio Ossa)	Pecuario	1155428,70	1209718,80
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	La Cristalina	Domestico	1154924,81	1209705,82
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	La Cristalina	Agrícola	1154924,81	1209705,82
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	La Cristalina	Pecuario	1154924,81	1209705,82
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	Sin Nombre (Nace En Predio Nestor Ovidio Ossa)	Domestico	1155428,70	1209718,80
Nestor Ovidio Ossa Orozco	0.925323	San Jerónimo	El Chocho	Sin Nombre (Nace En Predio Nestor Ovidio Ossa)	Agrícola	1155428,70	1209718,80
Noe De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Domestico	1153583,54	1210107,84
Noe De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Pecuario	1153583,54	1210107,84
Noe De Jesus Gallego Osorno	0.8185	San Jerónimo	Piedra Negra	Potrerito	Agrícola	1153583,54	1210107,84
Octavio Ibarra Parra	0.028518	Sopetran	Aguada	CañadaDe Rodolfo	Domestico	1150922,35	1211025,98
Omar De Jesus Berrio Vega	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Ilusion	Domestico	1152719,78	1209235,81
Omar De Jesus Berrio Vega	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Donacion	Domestico	1153027,28	1209315,62
Omar De Jesus Berrio Vega	0.0112	San Jerónimo	Los Cedros	La Ilusion	Pecuario	1152719,78	1209235,81
Omar De Jesus Hoyos Agudelo	1.496.148	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Recreativo	1147496,54	1203776,63
Omar De Jesus Hoyos Agudelo	1.496.148	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147496,54	1203776,63

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Omar De Jesus Hoyos Agudelo	1.496.148	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147496,54	1203776,63
Oscar De Jesus Guerra Gallego	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Patricia Arcila Morales	20.767	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Domestico	1150433,33	1205453,69
Patricia Arcila Morales	20.767	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Acuicultura	1150433,33	1205453,69
Patricia Arcila Morales	20.767	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Recreativo	1150433,33	1205453,69
Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	456.458	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147721,51	1204797,82
Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	456.458	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Pecuario	1147721,51	1204797,82
Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	456.458	San Jerónimo	Loma Hermosa	Guaraca	Pecuario	1148392,73	1204406,81
Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	456.458	San Jerónimo	Loma Hermosa	Guaraca	Acuicultura	1148392,73	1204406,81
Promotora Tierras Lindas S.A.S	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Domestico	1147375,05	1204203,86
Promotora Tierras Lindas S.A.S	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Agrícola	1147375,05	1204203,86
Promotora Tierras Lindas S.A.S	1.89	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Espada	Pecuario	1147375,05	1204203,86
Ramon E. Tobon Z.	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Agrícola	1154669,71	1209727,31
Ramon E. Tobon Z.	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Pecuario	1154669,71	1209727,31
Ramon E. Tobon Z.	0.186072	San Jerónimo	El Chocho	CañadaEl Tigre	Domestico	1154669,71	1209727,31
Ramon Enrique Gomez Giraldo	2.666	San Jerónimo	El Rincon	Utubuena	Agrícola	1151253,51	1205746,49
Ramon Enrique Gomez Giraldo	2.666	San Jerónimo	El Rincon	Utubuena	Recreativo	1151253,51	1205746,49
Reyes Keny Sarmiento Martinez	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51
Rodrigo De Jesus Correa Piedrahita	0.08	San Jerónimo	Loma Hermosa	La Daga	Agrícola	1147514,62	1204103,69
Senderos Y Lagos S.A.S	25	Sopetran	San Nicolás	Aurrá	Ornamental	1144141,46	1207950,25

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Tomas Fernando Bravo Yabur	0.535	San Jerónimo	Quimbayo	Quebrada Grande	Domestico	1151500,41	1207117,81
Tomas Fernando Bravo Yabur	0.535	San Jerónimo	Quimbayo	Quebrada Grande	Agrícola	1151500,41	1207117,81
Tomas Fernando Bravo Yabur	0.535	San Jerónimo	Quimbayo	Quebrada Grande	Pecuario	1151500,41	1207117,81
Unidad Campestre CampiÃ±as De La Pradera	0.7619	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Domestico	1150341,39	1205105,19
Unidad Campestre CampiÃ±as De La Pradera	0.7619	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Agrícola	1150341,39	1205105,19
Unidad Residencial Los Cedros	0.6722	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Domestico	1150530,32	1205792,23
Unidad Residencial Los Cedros	0.6722	San Jerónimo	El Rincon	Quebrada Grande	Agrícola	1150530,32	1205792,23
William De Jesus Zapata Cadavid	0.090138	Sopetran	El Rodeo	Zanjo 1	Pecuario	1142487,34	1211900,79
William De Jesus Zapata Cadavid	0.090138	Sopetran	El Rodeo	Zanjo 2	Pecuario	1142413,17	1211931,35
William De Jesus Zapata Cadavid	0.090138	Sopetran	El Rodeo	La Mana	Pecuario	1142409,62	1212361,25
William De Jesus Zapata Cadavid	0.090138	Sopetran	El Rodeo	La Mana	Domestico	1142409,62	1212361,25
Yovana Marcela Serna Gutierrez	0.1159	Sopetran		Tafetanes	Domestico	1150657,58	1210147,51

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A.

Vertimientos zona de interés cuenca del río Aurrá

Para el caso de la cuenca del río Aurrá, de acuerdo con el reporte entregado por CORANTIOQUIA en Julio de 2016, se identifican 31 autorizaciones en las veredas que forman parte del área de influencia del proyecto y que se encuentran dentro de la cuenca, Para el caso de las veredas que comparten área con la cuenca de las quebradas La Clara y La Sucia, dado que la mayor área pertenece a la cuenca del río Aurrá y que la verificación de campo permitió evidenciar que el vertimiento se da en esta cuenca, se incluyeron en el listado de la Tabla 5-68 de tal forma que se evitó duplicar los registros, se debe tener en cuenta que los vacíos en la información reportada obedece a faltantes en los reportes entregados por CORANTIOQUIA.

Tabla 5-68. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca del río Aurrá

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo	Receptor	Caudal
Humberto De Jesús Builes Correa	Sopetrán	El Rodeo	Puntual	acequia el rodeo	
Politecnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	San Jerónimo	Loma Hermosa	No Puntual		23
Jorge Humberto Arbelaez Jaramillo	San Jerónimo	Llanos De Aguirre	Puntual	drenaje aguas lluvias	0,264
Sociedad Hotelera Real De Colombia Ltda	San Jerónimo	Llanos De Aguirre	Puntual		
José Ovidio Jaramillo Henao	San Jerónimo	Mestizal	No Puntual		0,31
Asociación De Institutores De Antioquia	San Jerónimo	Llanos De Aguirre			0,4
Blanca Ofelia Sierra De Fernández	San Jerónimo	Loma Hermosa			
Mycra S.A.S.	Sopetrán	Llano De Montaña			0,03
Municipio De San Jeronimo	San Jerónimo	Tafetanes	Puntual		
Regional De Occidente S.A E.S.P	San Jerónimo	Quimbayo	Puntual		
Natalí Cardona Arias	San Jerónimo	Loma Hermosa	No Puntual		
Municipio De Sopetran	Sopetrán	El Rodeo	No Puntual		
Municipio De Sopetran	Sopetrán	Tafetanes	No Puntual		
Parcelacion El Rodeo	Sopetrán	El Rodeo	No Aplica		
Camilo Andres Acevedo Kelday	Sopetrán	El Rodeo	No Puntual		
Camilo Andres Acevedo Kelday	Sopetrán	El Rodeo	No Puntual		
Parcelación Los Micos	Sopetrán	El Rodeo	Puntual		
Jorge Mario Florez Mesa	Sopetrán	El Rodeo	Puntual		
Municipio De San Jeronimo	San Jerónimo	Los Cedros	No Puntual		
Miguel Alfonso Escobar Escobar	San Jerónimo	Loma Hermosa	Puntual		
Luis Santiago De Fatima Arango Lopez	San Jerónimo	Loma Hermosa	Puntual		
Asociacion De Propietarios De La Parcelacion Los Pinos	Sopetrán	Llano De Montaña	No Aplica		
Diego Castaño Díaz	San Jerónimo	Loma Hermosa	No Aplica		
Rosalba De Jesús Nuno De Tilano	Sopetrán	El Rodeo	Puntual		
Antonio Francisco Sánchez Martelo	Sopetrán	El Rodeo	No Aplica		

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo	Receptor	Caudal
Condominio Hacienda San Jeronimo	San Jerónimo	Llano De Aguirre	Puntual		
Ana Maria Yepes Quintero	San Jerónimo	Loma Hermosa	Puntual		
William De Jesús Zapata Cadavid	Sopetrán	El Rodeo	Puntual		
Carlos Arturo Flórez Piedrahita	Sopetrán	El Rodeo	Puntual		
Leonardo Herrón Gómez	San Jerónimo	Tafetanes	Puntual		
Jorge Alberto Estrada Londoño	Sopetrán	El Rodeo	No Puntual		

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A.

5.1.7.3.4 Concesiones zona de interés cuenca Quebrada La Sopetrana

De acuerdo con la información suministrada por CORANTIOQUIA en agosto de 2016, se identifican 256 concesiones otorgadas por la territorial hevéxicos para las corrientes que conforman la cuenca de la Quebrada La Sopetrana las cuales se listan a continuación, es de mencionar que como parte de los reportes entregados por la corporación no todos se encuentran en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5-69. Concesiones otorgadas en la cuenca Quebrada La Sopetrana

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Abelardo De Jesus Echeverry Garcia	0.13037	Sopetran		Nacimiento La Campuzana	Agrícola	1149376,29	1211233,79
Abelardo De Jesus Echeverry Garcia	0.13037	Sopetran		Nacimiento La Campuzana	Domestico	1149376,29	1211233,79
Abelardo De Jesus Morales Torres	0.6251	Sopetran		Nacimiento Guaduales	Pecuario	1148040,82	1211003,89
Abelardo De Jesus Morales Torres	0.6251	Sopetran		Nacimiento Guaduales	Agrícola	1148040,82	1211003,89
Adriana Maria Arroyave Fonseca	104.181	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Agrícola	1143905,05	1211908,21
Adriana Maria Arroyave Fonseca	104.181	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Pecuario	1143905,05	1211908,21
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	La Sopetrana	Agrícola	1144180,29	1211692,88
Albin Geovany Mery Correa	51.503	Sopetran	Corral Falso	La Sopetrana	Pecuario	1144180,29	1211692,88

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Ana Bertilde Villa T.	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Ana LucÃa Serna GalvÃ¡n	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1144946,54	1213480,15
Arnulfo Rodriguez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Asoc. Adm. Del Acued. De La Vda. Alta Miranda Manantial	0.866666	Sopetran	Alta Miranda	La Yuna	Domestico	1147956,93	1216696,66
Asoc. De Usuarios Del Dto. De Ade. De Tierras De PequeñaEscala AsoMontaña	296.131	Sopetran	Llano De Montaña	La Sopetrana	Pecuario	1148981,58	1211361,43
Asoc. De Usuarios Del Dto. De Ade. De Tierras De PequeñaEscala AsoMontaña	296.131	Sopetran	Llano De Montaña	La Sopetrana	Agrícola	1148981,58	1211361,43
Asoc.Usua. Del Dis. De Adec. De Tierras Santa Rita	18	Sopetran	Santa Rita	La Vita	Agrícola	1151332,83	1218485,66
Asoc.Usua. Del Dis. De Adec. De Tierras Santa Rita	18	Sopetran	Santa Rita	Carracuchera	Agrícola	1151143,66	1217849,59
AsociacionDe Suscrip. O Usuarios Del Acued. Loma Del Medio	3.962	Sopetran	Loma Del Medio	La Divisa	Agrícola	1148200,27	1221136,54
AsociacionDe Suscrip. O Usuarios Del Acued. Loma Del Medio	3.962	Sopetran	Loma Del Medio	La Divisa	Domestico	1148200,27	1221136,54
AsociacionDe Suscrip. O Usuarios Del Acued. Loma Del Medio	3.962	Sopetran	Loma Del Medio	La Divisa	Pecuario	1148200,27	1221136,54

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
AsociacionDe Suscriptores O Usuarios Del Acueducto De Las Veredas Pomar - Santa Rita	3.165	Sopetran	Santa Rita	El Silencio	Domestico	1151332,83	1218485,66
AsociacionDe Suscriptores O Usuarios Del Acueducto De Las Veredas Pomar - Santa Rita	3.165	Sopetran	Santa Rita	El Silencio	Agrícola	1151143,66	1217849,59
AsociacionDe Suscriptores O Usuarios Del Acueducto De Las Veredas Pomar - Santa Rita	3.165	Sopetran	Santa Rita	El Silencio	Pecuario	1151143,66	1217849,59
Baudilio Arnoldo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Domestico	1150370,24	1214081,37
Baudilio Arnoldo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Agrícola	1150370,24	1214081,37
Baudilio Arnoldo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Pecuario	1150370,24	1214081,37
Beatriz Elena Garcia Diaz	0.118069	Sopetran	Miranda	Sin Nombre	Pecuario	1146087,03	1212528,08
Beatriz Elena Garcia Diaz	0.118069	Sopetran	Miranda	Sin Nombre	Domestico	1146087,03	1212528,08
Beatriz Elena Garcia Diaz	0.118069	Sopetran	Miranda	Sin Nombre	Agrícola	1146087,03	1212528,08
Bernardo Villa Agudelo	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Bernardo Villa Agudelo	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Bioandes C.I. S.A.S	2.552	Sopetran	Chagualal-La Brunera	Acequia La Sopetrana	Agrícola	1149210,10	1210762,86
Bioandes C.I. S.A.S	2.552	Sopetran	Chagualal-La Brunera	Acequia La Sopetrana	Domestico	1149210,10	1210762,86
Capital & Negocios S.A.S	1.966.074	Sopetran		La Playita	Domestico	1144208,57	1211982,00

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Capital & Negocios S.A.S	1.966.074	Sopetran		La Playita	Agrícola	1144208,57	1211982,00
Capital & Negocios S.A.S	1.966.074	Sopetran		La Playita	Pecuario	1144208,57	1211982,00
Carlos Arturo Lezcano Miranda	2.754.027	Sopetran	La Guaimarala	La Mirandita	Pecuario	1148149,61	1213728,19
Carlos Arturo Lezcano Miranda	2.754.027	Sopetran	La Guaimarala	La Mirandita	Agrícola	1148149,61	1213728,19
Carlos Enrique Luna Florez	0.2561	Sopetran	Santa Rita	Las Margaritas	Agrícola	1145065,16	1213373,88
Carlos Enrique Luna Florez	0.2561	Sopetran	Santa Rita	Las Margaritas	Domestico	1145065,16	1213373,88
Cesar Augusto Orozco Mazo	12.436	Sopetran	Otrabanda	La Mirandita	Recreativo	1147405,86	1212693,90
Cesar Augusto Orozco Mazo	12.436	Sopetran	Otrabanda	La Mirandita	Agrícola	1147405,86	1212693,90
Cesar Augusto Orozco Mazo	12.436	Sopetran	Otrabanda	La Mirandita	Pecuario	1147405,86	1212693,90
Cesar Augusto Pérez Gonzalez	0.0444	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Pecuario	1144180,29	1211692,88
Cesar Augusto Pérez Gonzalez	0.0444	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Domestico	1144180,29	1211692,88
Cesar Gonzalo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Pecuario	1150370,24	1214081,37
Cesar Gonzalo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Domestico	1150370,24	1214081,37
Cesar Gonzalo Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Agrícola	1150370,24	1214081,37
Claudia María Paniagua G.	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Conrado Arango	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Cristian Alberto Moreno C.	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Danilo De Jesus Gutierrez	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Dario Obando Aljure	0.990185	Sopetran		CañadaLimpia (Afluente La Sopetrana)	Domestico	1148894,12	1213290,67
Dario Obando Aljure	0.990185	Sopetran		CañadaLimpia (Afluente La Sopetrana)	Agrícola	1148894,12	1213290,67
Darney Alfredo Echeverry	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152497,21	1212370,20

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Darney Alfredo Echeverry	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152497,21	1212370,20
Dioselina Arbelaez Herrera	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Agrícola	1150074,75	1213162,71
Dioselina Arbelaez Herrera	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Pecuario	1150074,75	1213162,71
Dioselina Arboleda De Tavera	0.045	Sopetran	Santa Rita	La Meseta	Agrícola	1149956,81	1216006,69
Dioselina Arboleda De Tavera	0.045	Sopetran	Santa Rita	La Meseta	Pecuario	1149956,81	1216006,69
Dora Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1144946,54	1213480,15
Dorian De Jesus Sanchez	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Eduardo De Jesus Zapata Villa	0.246897	Sopetran	El Pomar	La Meseta	Agrícola	1150216,50	1216889,14
Eduardo De Jesus Zapata Villa	0.246897	Sopetran	El Pomar	La Meseta	Pecuario	1150216,50	1216889,14
Eduardo De Jesus Zapata Villa	0.246897	Sopetran	El Pomar	La Meseta	Domestico	1150216,50	1216889,14
Elcy Del Socorro Hoyos Gutierrez	0.590854	Sopetran		El Dragal (Afluente La Sopetrana)	Agrícola	1152389,99	1211567,64
Elcy Del Socorro Hoyos Gutierrez	0.590854	Sopetran		El Dragal (Afluente La Sopetrana)	Pecuario	1152389,99	1211567,64
Elcy Del Socorro Hoyos Gutierrez	0.590854	Sopetran		El Dragal (Afluente La Sopetrana)	Domestico	1152389,99	1211567,64
Elkin Giraldo Uribe	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152388,17	1212378,55
Ernesto Friedrich Bell Langguth	2.466.388	Sopetran		La Yuna (Acequia Grande-Novena Derivación Sexta Izquierda)	Agrícola	1144370,74	1213630,70
Ernesto Friedrich Bell	2.466.388	Sopetran		La Yuna (Acequia	Domestico	1144370,74	1213630,70

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Langguth				Grande-Novena Derivación Sexta Izquierda)			
Ernesto Friedrich Bell Langguth	2.466.388	Sopetran		La Yuna (Acequia Grande-Novena Derivación Sexta Izquierda)	Pecuario	1144370,74	1213630,70
Evelio De Jesus Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Evelio De Jesus Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Ezequiel Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Ezequiel Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Fernando De Jesus Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152388,17	1212378,55
Fernando De Jesus Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152388,17	1212378,55
Fidel Antonio Florez Machado	0.208	Sopetran	Santa Barbara	Sin Nombre (El Puente)	Agrícola	1149761,51	1219900,08
Francisco Arturo Gomez Gomez	10.006.851	Sopetran	Paraje Mirandita	La Mirandita	Pecuario	1147329,31	1212452,48
Francisco Arturo Gomez Gomez	10.006.851	Sopetran	Paraje Mirandita	La Mirandita	Domestico	1147329,31	1212452,48
Francisco Arturo Gomez Gomez	10.006.851	Sopetran	Paraje Mirandita	La Mirandita	Agrícola	1147329,31	1212452,48
Francisco Arturo Gomez Gomez	10.006.851	Sopetran	Paraje Mirandita	La Mirandita	Recreativo	1147329,31	1212452,48
Francisco Arturo Gomez Gomez	0.060647	Sopetran	Paraje Mirandita	El Chorrito	Domestico	1146703,17	1211985,82
Francisco Arturo Gomez Gomez	0.060647	Sopetran	Paraje Mirandita	El Chorrito	Pecuario	1146703,17	1211985,82

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Francisco Luis Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1145331,18	1213699,41
Franklyn Arango Ruiz	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Gabriel De Jesus Machado Muñoz	1.007.592	Sopetran	Palo Grande	Sin Nombre-La Chapita	Domestico	1148187,36	1220123,60
Gabriel De Jesus Machado Muñoz	1.007.592	Sopetran	Palo Grande	Sin Nombre-La Chapita	Pecuario	1148187,36	1220123,60
Gabriel De Jesus Machado Muñoz	1.007.592	Sopetran	Palo Grande	Sin Nombre-La Chapita	Agrícola	1148187,36	1220123,60
Genaro De Jesus Londoño Arena	0.198971	Sopetran		El Faldan	Pecuario	1149654,21	1216278,85
Genaro De Jesus Londoño Arena	0.198971	Sopetran		El Faldan	Agrícola	1149654,21	1216278,85
Genaro De Jesus Londoño Arena	0.198971	Sopetran		El Faldan	Domestico	1149654,21	1216278,85
Gerardo Antonio Restrepo Restrepo	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Agrícola	1150402,86	1213473,63
Gerardo Antonio Restrepo Restrepo	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Domestico	1150402,86	1213473,63
Gilberto Orrego Alvarez	0.833518	Sopetran	Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Domestico	1150529,27	1214410,28
Gilberto Orrego Alvarez	0.833518	Sopetran	Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Agrícola	1150529,27	1214410,28
Gilberto Orrego Alvarez	0.833518	Sopetran	Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Pecuario	1150529,27	1214410,28
Gildardo Machado	0.248148	Sopetran	Palo Grande	La Cusumbi	Agrícola	1147536,81	1218562,90
Gildardo Machado	0.248148	Sopetran	Palo Grande	La Cusumbi	Domestico	1147536,81	1218562,90
Gloria Elena Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1144946,54	1213480,15
Gloria Loaiza	0.0352	Sopetran		Casarana	Domestico	1155367,14	1212006,28

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Londoño							
Gloria Loaiza Londoño	0.0352	Sopetran		Casarana	Pecuario	1155367,14	1212006,28
Gloria Maria Londoño Galeano	899.186	Sopetran		La Playita	Agrícola	1144208,57	1211982,00
Gloria Maria Londoño Galeano	899.186	Sopetran		La Playita	Pecuario	1144208,57	1211982,00
Gloria Maria Londoño Galeano	899.186	Sopetran		La Playita	Domestico	1144208,57	1211982,00
Gloria Zapata	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Agrícola	1150074,75	1213162,71
Gloria Zapata	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Pecuario	1150074,75	1213162,71
Graciela Saldarriaga	0.168518	Sopetran		Sin Nombre	Domestico	1150327,04	1212941,24
Graciela Saldarriaga	0.168518	Sopetran		Sin Nombre	Agrícola	1150327,04	1212941,24
Hector Elias Guingue Echeverri	0.6451	Sopetran	Loma Del Medio	Juan Xxiii	Acuicultura	1151178,47	1223039,26
Hector Elias Guingue Echeverri	0.6451	Sopetran	Loma Del Medio	La Palacio	Domestico	1151178,47	1223039,26
Hector Elias Guingue Echeverri	0.6451	Sopetran	Loma Del Medio	La Palacio	Pecuario	1151177,47	1223038,26
Hector Elias Guingue Echeverri	0.6451	Sopetran	Loma Del Medio	Juan Xxiii	Agrícola	1151177,47	1223038,26
Hector Hernando Garcia Florez	0.196538	Sopetran	El Sauce	Las Once	Domestico	1149381,36	1220765,69
Hector Hernando Garcia Florez	0.196538	Sopetran	El Sauce	Las Once	Agrícola	1149381,36	1220765,69
Hector Hernando Garcia Florez	0.196538	Sopetran	El Sauce	Las Once	Pecuario	1149381,36	1220765,69
Hector Hernando Garcia Florez	0.322245	Sopetran		La Palacio	Domestico	1149322,62	1220722,34
Hector Hernando Garcia Florez	0.322245	Sopetran		La Palacio	Pecuario	1149322,62	1220722,34

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Hector Hernando Garcia Florez	0.322245	Sopetran		La Palacio	Agrícola	1149322,62	1220722,34
Hector Hernando Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Hector Hernando Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Hiyer A. Vega O.	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Jac Vereda La Aguada	12	Sopetran	Palestina	La Pulgarina (Afluente La Sopetrana)	Agrícola	1152695,73	1215135,13
Jahir De Jesus Giraldo Londoño	0.024258	Sopetran	Chachafruto	Sin Nombre (Nace En Predio De Laurencio Giraldo)	Domestico	1152566,27	1212526,59
Jahir De Jesus Giraldo Londoño	0.024258	Sopetran	Chachafruto	Sin Nombre (Nace En Predio De Laurencio Giraldo)	Agrícola	1152566,27	1212526,59
Jahir De Jesus Giraldo Londoño	0.024258	Sopetran	Chachafruto	Sin Nombre (Nace En Predio De Laurencio Giraldo)	Domestico	1152566,27	1212526,59
Jaime Antonio Escobar Montoya	0.02037	Sopetran	El Guasimo	Masegal O La Manguita	Domestico	1150376,95	1212954,53
Jaime Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Domestico	1150370,24	1214081,37
Jaime Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Pecuario	1150370,24	1214081,37
Jaime Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Agrícola	1150370,24	1214081,37
Jairo Antonio Villa Agudelo	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Jairo Antonio Villa Agudelo	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Javier Antonio Vahos Vahos	1.711.498	Sopetran		Monteperdido	Domestico	1150069,02	1221971,69
Javier Antonio Vahos Vahos	1.711.498	Sopetran		Monteperdido	Agrícola	1150069,02	1221971,69

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Javier Antonio Vahos Vahos	1.711.498	Sopetran		Monteperdido	Pecuario	1150069,02	1221971,69
Javier Dario Guerra	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
JoseAdan Pulgarin Arboleda	0.301526	Sopetran		La Gaita	Agrícola	1149203,60	1215888,20
JoseAdan Pulgarin Arboleda	0.301526	Sopetran		La Gaita	Domestico	1149203,60	1215888,20
JoseAdan Pulgarin Arboleda	0.301526	Sopetran		La Gaita	Pecuario	1149203,60	1215888,20
JoseAnibal Serna Betancur	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
JoseEliazar Quiceno Mesa	0.332522	Sopetran	La Isleta	Quebrada La Aguada	Agrícola	1150672,98	1219471,60
JoseEliazar Quiceno Mesa	0.332522	Sopetran	La Isleta	Quebrada La Aguada	Pecuario	1150672,98	1219471,60
JoseEliazar Quiceno Mesa	0.332522	Sopetran	La Isleta	Quebrada La Aguada	Domestico	1150672,98	1219471,60
JoseMarÃa Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1145331,18	1213699,41
JoseMarÃa Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Pecuario	1145331,18	1213699,41
Jose Miguel Obando Aljure	0.0361	Sopetran		Bellavista	Domestico	1149499,49	1212881,32
Jose Miguel Obando Aljure	0.0361	Sopetran		Bellavista	Agrícola	1149499,49	1212881,32
Jose Nabor Londoño	0.217777	Sopetran	Aguada	El Vergel	Agrícola	1150983,57	1213680,07
Jose Nabor Londoño	0.217777	Sopetran	Aguada	El Vergel	Domestico	1150983,57	1213680,07
Jose Ramón Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Jose Ramón Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Juan Alberto Escudero Londoño	17.820.554	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Acuicultura	1148958,55	1218408,44
Juan Alberto Escudero Londoño	17.820.554	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Pecuario	1148958,55	1218408,44
Juan Alberto Escudero Londoño	17.820.554	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Domestico	1148958,55	1218408,44

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Juan Alberto Escudero Londoño	17.820.554	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148958,55	1218408,44
Juan Bautista Rodriguez M.	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Juan Diego Ramirez Giraldo	21.745	Sopetran	El Potrero	La Mirandita	Pecuario	1149077,39	1214920,57
Juan Manuel Tavera Quiceno	0.042	Sopetran	Santa Rita	La Meseta	Agrícola	1149956,81	1216006,69
Junta De AccionComunal De La Vereda Palenque	2.666	Sopetran	Palenque	El Salto	Agrícola	1155536,90	1212045,28
Junta De AccionComunal De La Vereda Palenque	2.666	Sopetran	Palenque	El Salto	Domestico	1155536,90	1212045,28
Junta De AccionComunal De La Vereda Palenque	2.666	Sopetran	Palenque	El Salto	Pecuario	1155536,90	1212045,28
La Macana S.A.	36.098	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Acuicultura	1144180,29	1211692,88
La Macana S.A.	36.098	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Domestico	1144180,29	1211692,88
La Macana S.A.	36.098	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Agrícola	1144180,29	1211692,88
La Macana S.A.	36.098	Sopetran	El Rodeo	La Sopetrana	Pecuario	1144180,29	1211692,88
Luis Angel Tavera Mendez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Luis Anibal Herrera Monsalve	0.108	Sopetran	Abejuco	El Guamito	Domestico	1148350,31	1216457,04
Luis Anibal Herrera Monsalve	0.108	Sopetran	Abejuco	El Guamito	Pecuario	1148350,31	1216457,04
Luis Anibal Herrera Monsalve	0.108	Sopetran	Abejuco	El Guamito	Agrícola	1148350,31	1216457,04
Luis Anibal Herrera Monsalve	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Luis Edilberto Tascón Olarte	27.393	Sopetran	Quebrada Arriba	La Sopetrana	Pecuario	1149210,10	1210762,86
Luis Edilberto Tascón Olarte	27.393	Sopetran	Quebrada Arriba	La Sopetrana	Agrícola	1149210,10	1210762,86
Luis Edilberto	27.393	Sopetran	Quebrada	La Sopetrana	Domestico	1149210,10	1210762,86

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Tascón Olarte			Arriba				
Luis Emilio Rodriguez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Luz Doris Machado Ortiz	0.1657	Sopetran	Loma Del Medio	La Divisa	Domestico	1148200,27	1221136,54
Luz Doris Machado Ortiz	0.1657	Sopetran	Loma Del Medio	La Divisa	Agrícola	1148200,27	1221136,54
Luz Elena Uribe De Rivera	0.2338	Sopetran	El Potrero	Nacimiento El Cidral (Afluente La Sopetrana)	Agrícola	1149232,07	1214803,50
Luz Elena Uribe De Rivera	0.2338	Sopetran	El Potrero	Nacimiento El Cidral (Afluente La Sopetrana)	Pecuario	1149232,07	1214803,50
Luz Elena Uribe De Rivera	0.2338	Sopetran	El Potrero	Nacimiento El Cidral (Afluente La Sopetrana)	Domestico	1149232,07	1214803,50
Luz Ines Ossaba Graciano	0.526222	Sopetran	Rojas	Nacimiento La Ilusion	Pecuario	1152864,74	1212106,41
Luz Ines Ossaba Graciano	0.526222	Sopetran	Rojas	Nacimiento La Ilusion	Domestico	1152864,74	1212106,41
Luz Ines Ossaba Graciano	0.526222	Sopetran	Rojas	Nacimiento La Ilusion	Agrícola	1152864,74	1212106,41
Luz Mari Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152388,17	1212378,55
Luz Mari Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152388,17	1212378,55
María Celina Villa	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
María De Los Santos Múnera Garcia	0.036155	Sopetran		El Mestizo	Domestico	1150896,82	1211451,79
María De Los Santos Múnera Garcia	0.036155	Sopetran		El Mestizo	Pecuario	1150896,82	1211451,79
María De Los Santos Múnera Garcia	0.036155	Sopetran		El Mestizo	Agrícola	1150896,82	1211451,79
María Eugenia Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1145331,18	1213699,41
María Lilia	18	Sopetran	Palo	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Rodriguez			Grande				
María Noelia Uribe	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152478,14	1212383,08
María Noelia Uribe	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152478,14	1212383,08
María Otilia Rodriguez Mendez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
María Rubiela Echeverri Garcia	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152497,21	1212370,20
María Rubiela Echeverri Garcia	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152497,21	1212370,20
Marco Antonio Herrera Múnera	12.407	Sopetran	La Aguada	Las Lajas	Agrícola	1151652,37	1213869,03
Marco Antonio Herrera Múnera	12.407	Sopetran	La Aguada	Las Lajas	Domestico	1151652,37	1213869,03
Marco Tulio Gutierrez	0.02037	Sopetran	El Guasimo	Masegal O La Manguita	Domestico	1150376,95	1212954,53
Maria De Los Angeles Zapata	0.0047	Sopetran	Loma Del Medio	La Ausencia	Agrícola	1148709,35	1221445,57
Maria De Los Angeles Zapata	0.0047	Sopetran	Loma Del Medio	La Ausencia	Pecuario	1148709,35	1221445,57
Maria De Los Angeles Zapata	0.0047	Sopetran	Loma Del Medio	La Ausencia	Domestico	1148709,35	1221445,57
Maria Jacqueline Areiza Cano	0.448	Sopetran	Otrabanda	Sin Nombre (Afluente De La Q. Mirandita)	Acuicultura	1147329,05	1211990,54
Maria Jacqueline Areiza Cano	0.448	Sopetran	Otrabanda	Sin Nombre (Afluente De La Q. Mirandita)	Recreativo	1147329,05	1211990,54
Maria Jacqueline Areiza Cano	0.448	Sopetran	Otrabanda	Sin Nombre (Afluente De La Q. Mirandita)	Domestico	1147329,05	1211990,54
Maria Jacqueline Areiza Cano	0.448	Sopetran	Otrabanda	Sin Nombre (Afluente De La Q. Mirandita)	Agrícola	1147329,05	1211990,54
Mario De Jesus Rodriguez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Marta Ligia Arbelaez	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Agrícola	1150074,75	1213162,71

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Herrera							
Marta Ligia Arbelaez Herrera	0.134832	Sopetran	El Guasimo	La Aguada	Pecuario	1150074,75	1213162,71
Miguel Angel Lopez Gallego	0.300462	Sopetran	Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Domestico	1150443,11	1214438,77
Miguel Angel Lopez Gallego	0.300462	Sopetran	La Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Agrícola	1150443,11	1214438,77
Miguel Angel Lopez Gallego	0.300462	Sopetran	La Aguada	CañadaDel Mono O Las Peñas	Pecuario	1150443,11	1214438,77
Miguel Angel Miranda Rodriguez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Milagros De Jesus Miranda	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Neftali Rodriguez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Nora Delfina Villa Rodriguez	0.04037	Sopetran	Ciruelar	La Yunada	Domestico	1144184,34	1214206,50
Nora Delfina Villa Rodriguez	0.04037	Sopetran	Ciruelar	La Yunada	Agrícola	1144184,34	1214206,50
Nora Luz Maya Paniagua	0.114072	Sopetran	El Guasimo	Macegal.	Domestico	1150001,12	1213269,26
Oscar Emilio Arango Ruiz	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Oscar Tulio Rodriguez Cuadros	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Ovidio De Jesus Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Pecuario	1150370,24	1214081,37
Ovidio De Jesus Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Domestico	1150370,24	1214081,37
Ovidio De Jesus Herrera Herrera	0.599403	Sopetran		El Hato	Agrícola	1150370,24	1214081,37
Pedro Nel Mendez	18	Sopetran	Palo Grande	La Yuna	Agrícola	1148010,16	1216655,98
Raúl De Jesus Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Raúl De Jesus Quintero Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Regional De Occidente S.A E.S.P	69.8	Sopetran		La Sopetrana	Domestico	1149210,10	1210762,86
Ricardo Alexander MuñosLoaiza	0.339259	Sopetran	Palenque	Sietecueral	Pecuario	1155367,22	1211993,28
Ricardo Alexander MuñosLoaiza	0.339259	Sopetran	Palenque	Sietecueral	Agrícola	1155367,22	1211993,28
Ricardo Alexander MuñosLoaiza	0.339259	Sopetran	Palenque	Sietecueral	Domestico	1155367,22	1211993,28
Rodrigo Arbey Tobon Perez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Domestico	1150402,86	1213473,63
Rodrigo Arbey Tobon Perez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Agrícola	1150402,86	1213473,63
Rosa Genny Uribe Gutierrez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Agrícola	1150402,86	1213473,63
Rosa Genny Uribe Gutierrez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Domestico	1150402,86	1213473,63
Rosalba Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Agrícola	1152388,17	1212378,55
Rosalba Uribe Zapata	0.247748	Sopetran	Rojas	La Honda	Domestico	1152388,17	1212378,55
Ruben Emilio Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Ruben Emilio Garcia Florez	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37
Sandra Patricia Mesa Marin	0.061111	Sopetran	Santa Barbara	Nacimiento Sin Nombre	Domestico	1149649,54	1222557,10
Saul De Jesus Florez Ramos	0.503239	Sopetran	El Pomar	Carracuchera	Agrícola	1150616,15	1214931,74
Saul De Jesus Florez Ramos	0.503239	Sopetran	El Pomar	Carracuchera	Domestico	1150616,15	1214931,74
Saul De Jesus Florez Ramos	0.503239	Sopetran	El Pomar	Carracuchera	Pecuario	1150616,15	1214931,74
Sergio Augusto Jaramillo Velasquez	0.2509	Sopetran	La Aguada	La Cascada	Pecuario	1150290,14	1213259,98
Sergio Augusto Jaramillo Velasquez	0.2509	Sopetran	La Aguada	La Cascada	Agrícola	1150290,14	1213259,98
Sergio Augusto Jaramillo Velasquez	0.2509	Sopetran	La Aguada	La Cascada	Domestico	1150290,14	1213259,98
Teolinda	0.198971	Sopetran		El FaldÃ³n	Pecuario	1149654,21	1216278,85

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Cardona Mazo							
Teolinda Cardona Mazo	0.198971	Sopetran		El FaldÃ³n	Domestico	1149654,21	1216278,85
Victor Alonso Mejia Tamayo	0.3254	Sopetran	La Aguada	Las Lajas	Agrícola	1151652,37	1213869,03
Victor Alonso Mejia Tamayo	0.3254	Sopetran	La Aguada	Las Lajas	Domestico	1151652,37	1213869,03
Victor Raul Serna Galvan	5.560.027	Sopetran		La Yuna	Agrícola	1145331,18	1213699,41
William De Jesus Tobon Perez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Domestico	1150402,86	1213473,63
William De Jesus Tobon Perez	13.398	Sopetran	Aguada	La Clara	Agrícola	1150402,86	1213473,63
William De Jesus Garcia Corrales	0.5722	Sopetran	La Mirandita	Sin Nombre (William Garcia)	Domestico	1147405,86	1212693,90
William De Jesus Garcia Corrales	0.5722	Sopetran	La Mirandita	Sin Nombre (William Garcia)	Agrícola	1147405,86	1212693,90
William De Jesus Londoño Tavera	0.1846	Sopetran	Santa Barbara	Laguna Del Pozo (En Predio Del Señor Lisandro Urrego)	Agrícola	1149703,07	1219807,74
Zoila Rosa Florez De Quintero	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Agrícola	1149151,25	1220288,37
Zoila Rosa Florez De Quintero	0.537037	Sopetran	Santa Barbara	CañadaHonda	Pecuario	1149151,25	1220288,37

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A

5.1.7.3.5 Vertimientos zona de interés cuenca Quebrada La Sopetrana

Como se mencionó anteriormente para el caso de la cuenca Quebrada La Sopetrana, el área que esta ocupa dentro del área de influencia del proyecto es pequeña, sin embargo se procedio a efectuar la verificación del reporte entregado por CORANTIOQUIA en Julio de 2016, identificando 4 autorizaciones de vertimientos sobre la cuenca, en veredas que no son consideradas como área de influencia del proyecto.

Tabla 5-70. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca Quebrada La Sopetrana

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo	Receptor	Caudal
Junta De Acción Comunal Montegrande	Sopetrán	Montegrande	No Puntual		
Silvia Angelica Zapata Miranda	Sopetrán	Otrabanda			73
María Genoveva Londoño Gonzalez	Sopetrán	Montegrande	No Puntual		
Sandra Milena Escudero Yepes	Sopetrán	Otrabanda	No Puntual		

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A

5.1.7.3.6 Concesiones zona de interés cuenca Rio Tonusco

De acuerdo con la información suministrada por CORANTIOQUIA en Agosto de 2016, se identifican 195 concesiones otorgadas por la territorial hevéxicos para las corrientes que conforman la cuenca del río Tonusco las cuales se listan a continuación. (Tabla 5-71)

Tabla 5-71. Concesiones otorgadas en la cuenca Rio Tonusco

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Aguas Fuente Azul S.A.S E.S.P.	10.555.184	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	El Chorrillo	Agrícola	1128777,02	1212319,23
Aguas Fuente Azul S.A.S E.S.P.	10.555.184	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	El Chorrillo	Domestico	1128777,02	1212319,23
Albertina Del Socorro Giraldo Alcaraz	0.015045	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Ana Aida Giraldo Alcaraz	0.015045	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Ana Celina Graciano Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Ana Celina Graciano Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Ana Delia Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Ana Delia Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Angel Jose	0.248263	Santa Fe	Coloradas	Nacimiento El	Agrícola	1126021,55	1213376,52

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Panesso Berrio		De Antioquia		Lindero (Predio Pedro Vicente Holguin)			
Angel Jose Panesso Berrio	0.248263	Santa Fe De Antioquia	Coloradas	Nacimiento El Lindero (Predio Pedro Vicente Holguin)	Domestico	1126021,55	1213376,52
Angel Jose Panesso Berrio	0.248263	Santa Fe De Antioquia	Coloradas	Nacimiento El Lindero (Predio Pedro Vicente Holguin)	Pecuario	1126021,55	1213376,52
Arcenio De Jesus Gallo	0.225449	Santa Fe De Antioquia	La Cordillera	CañadaMaritusal	Pecuario	1128711,18	1211453,09
Arcenio De Jesus Gallo	0.225449	Santa Fe De Antioquia	La Cordillera	CañadaMaritusal	Agrícola	1128711,18	1211453,09
Arcenio De Jesus Gallo	0.225449	Santa Fe De Antioquia	La Cordillera	CañadaMaritusal	Domestico	1128711,18	1211453,09
Arley Antonio Borja Y Otros	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Agrícola	1129650,09	1209737,14
Arley Antonio Borja Y Otros	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Domestico	1129650,09	1209737,14
AsociacionDe Suscriptores O Usuarios Del Acueducto De La Vereda Yerbabuenal Centro	0.61111	Santa Fe De Antioquia	Yerbabuenal	El Manantial	Domestico	1125828,40	1221263,92
Azael De Jesus Cartagena Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Azael De Jesus Cartagena Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Beatriz Zabel Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Agrícola	1136993,17	1217143,00
Beatriz Zabel Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Pecuario	1136993,17	1217143,00
Carlos Mauricio Rodriguez Silva	0.6968	Santa Fe De	Kilometro 2	El Salto	Pecuario	1135185,62	1218304,92

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
		Antioquia					
Carlos Mauricio Rodriguez Silva	0.6968	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135185,62	1218304,92
Carlos Mauricio Rodriguez Silva	0.6968	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1135185,62	1218304,92
Carmen Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Agrícola	1136993,17	1217143,00
Carmen Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Pecuario	1136993,17	1217143,00
Carmen Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Domestico	1136993,17	1217143,00
Celina De Jesus Perez Alcaraz	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Domestico	1129650,09	1209737,14
Celina De Jesus Perez Alcaraz	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Agrícola	1129650,09	1209737,14
Darío De Jesus Pérez Gutierrez	0.603214	Santa Fe De Antioquia	La Meseta	El Salto	Domestico	1134838,84	1218948,69
Darío De Jesus Pérez Gutiérrez	0.603214	Santa Fe De Antioquia	La Meseta	El Salto	Agrícola	1134838,84	1218948,69
Darío De Jesus Pérez Gutiérrez	0.4984	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	La Aguilar	Pecuario	1136434,88	1217879,50
Darío De Jesus Pérez Gutiérrez	0.4984	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	La Aguilar	Agrícola	1136434,88	1217879,50
Dario Alberto Quiros	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Dario Alberto Quiros	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Deisy Maria Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Deisy Maria Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Diego Jose Cartagena Oquendo	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Diego Jose Cartagena Oquendo	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Dora Luisa Ramirez Giraldo	0.5003	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135478,75	1218105,72
Dora Luisa Ramirez Giraldo	0.5003	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1135478,75	1218105,72
Eduar Mauricio Benitez Vargas	0.0626	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	Nacimiento El Higueron	Domestico	1128094,50	1209742,93
Eduar Mauricio Benitez Vargas	0.0626	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	Nacimiento El Higueron	Pecuario	1128094,50	1209742,93
Evelio Alcaraz Benitez	0.0046	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	La PeÃ±a	Agrícola	1129657,50	1209667,21
Evelio Alcaraz Benitez	0.0046	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	La PeÃ±a	Domestico	1129657,50	1209667,21
Francisco Javier Serna Medina	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Agrícola	1129650,09	1209737,14
Francisco Javier Serna Medina	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Domestico	1129650,09	1209737,14
Fredy Alonso Acevedo Presiga	0.1057	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1135185,62	1218304,92
Fredy Alonso Acevedo Presiga	0.1057	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135185,62	1218304,92
German Arturo Borja	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Domestico	1129650,09	1209737,14
German Arturo Borja	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Agrícola	1129650,09	1209737,14
Gloria Mercedes Lopez	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Gloria Mercedes	0.1845	Santa Fe De	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Lopez		Antioquia					
Herminio Antonio Vélez Quirós	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Herminio Antonio Vélez Quirós	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Hugo Armando Graciano Gomez	1.707.407	Santa Fe De Antioquia		Orusco	Agrícola	1133154,16	1222290,74
Hugo Armando Graciano Gomez	1.707.407	Santa Fe De Antioquia		Orusco	Pecuario	1133154,16	1222290,74
Ivan Dario Rodriguez Garcia	0.383703	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Ivan Dario Rodriguez Garcia	0.383703	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Domestico	1132412,12	1211125,14
Ivan Dario Rodriguez Garcia	0.383703	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Agrícola	1132412,12	1211125,14
Jader Alonso George Velez	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Jader Alonso George Velez	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Jairo De Jesus Giraldo Alcaraz	0.015045	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Jairo Hiller Velez Villa	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Jairo Hiller Velez Villa	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Jesus David Morales Benitez	0.290971	Santa Fe De Antioquia	Laureles	Nacimiento Sin Nombre	Domestico	1125206,50	1209722,83
Jesus David Morales Benitez	0.290971	Santa Fe De Antioquia	Laureles	Nacimiento Sin Nombre	Agrícola	1125206,50	1209722,83
Jesus David Morales Benitez	0.290971	Santa Fe De Antioquia	Laureles	Nacimiento Sin Nombre	Pecuario	1125206,50	1209722,83

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Jorge Mario Fernandez Castrillon	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Jorge Mario Fernandez Castrillon	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Jose Honorato Agudelo Garcia	0.0365	Santa Fe De Antioquia		Nacimiento El Higueron	Agrícola	1128480,30	1209421,31
Jose Honorato Agudelo Garcia	0.0365	Santa Fe De Antioquia		Nacimiento El Higueron	Domestico	1128480,30	1209421,31
Jose Honorato Agudelo Garcia	0.0365	Santa Fe De Antioquia		Nacimiento El Higueron	Acuicultura	1128480,30	1209421,31
Jose Luis Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Jose Luis Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Juan Dario Carvajal Urrego	0.6188	Santa Fe De Antioquia		Los Pozos	Agrícola	1132568,15	1226620,11
Juan Dario Carvajal Urrego	0.6188	Santa Fe De Antioquia		Los Pozos	Pecuario	1132568,15	1226620,11
Juan De Dios Giraldo Alcaraz	0.015045	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Juan Rafael Estrada Zapata	0.015045	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	Llano Hermoso	Pecuario	1132412,12	1211125,14
Junta De AccionComunal Vereda Pedregal	5.392.036	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	El Chorrillo	Pecuario	1130512,37	1210157,14
Junta De AccionComunal Vereda Pedregal	5.392.036	Santa Fe De Antioquia	Pedregal	El Chorrillo	Agrícola	1130512,37	1210157,14
Lilia Rosa Cartagena Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Lilia Rosa Cartagena Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Luis Antonio Alcaraz Benitez	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Agrícola	1129650,09	1209737,14
Luis Antonio Alcaraz Benitez	0.261292	Santa Fe De Antioquia		Las Peñas	Domestico	1129650,09	1209737,14
Luis Fernando Acevedo Villa	20.224	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 5	La Peña	Pecuario	1132543,86	1217705,24
Luis Fernando Acevedo Villa	20.224	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 5	La Peña	Agrícola	1132543,86	1217705,24
Luis Jose Lopez Arroyave	49.667	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Barro	Agrícola	1131441,51	1218480,43
Luis Jose Lopez Arroyave	49.667	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Barro	Domestico	1131441,51	1218480,43
Luis Jose Lopez Arroyave	70.769	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	La Peña	Agrícola	1131441,51	1218480,43
Luis Jose Lopez Arroyave	70.769	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	La Peña	Pecuario	1130824,92	1215596,52
Luis Jose Lopez Arroyave	70.769	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	La Peña	Domestico	1130824,92	1215596,52
Luz Elena Ramirez Echeverri	0.305	Santa Fe De Antioquia	El Paso Real	Tonusco	Agrícola	1136977,91	1217186,90
Luz Marleny Higuita Hernandez	15.917	Santa Fe De Antioquia	La Aldea	La Peña	Agrícola	1131890,09	1218530,11
Luz Marleny Higuita Hernandez	15.917	Santa Fe De Antioquia	La Aldea	La Peña	Domestico	1131890,09	1218530,11
Luz Marleny Higuita Hernandez	15.917	Santa Fe De Antioquia	La Aldea	La Peña	Pecuario	1131890,09	1218530,11
Luz Mary Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Luz Mary Guzman Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Luz Mery Graciano	0.1845	Santa Fe De	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Presiga		Antioquia					
Luz Mery Graciano Presiga	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Maria Aurora Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Pecuario	1136993,17	1217143,00
Maria Aurora Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Agrícola	1136993,17	1217143,00
Maria Aurora Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Domestico	1136993,17	1217143,00
Martin Alonso Robledo Goez	1.842	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135511,36	1218169,90
Martin Alonso Robledo Goez	1.842	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Pecuario	1135511,36	1218169,90
Miguel Ã ngel Agudelo Garcia	0.0626	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	Nacimiento El Higueron	Domestico	1128094,50	1209742,93
Miguel Ã ngel Agudelo Garcia	0.0626	Santa Fe De Antioquia	El Pescado	Nacimiento El Higueron	Pecuario	1128094,50	1209742,93
Octavio De Jesus Graciano Presiga	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Octavio De Jesus Graciano Presiga	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Orleida Del Carmen Robledo Goez	1.034.722	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Las Ollas	Domestico	1136407,56	1213413,34
Orleida Del Carmen Robledo Goez	1.034.722	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Las Ollas	Pecuario	1136407,56	1213413,34
Orleida Del Carmen Robledo Goez	1.034.722	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Las Ollas	Agrícola	1136407,56	1213413,34
Pedro Elkin Florez Acevedo	0.508404	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	El Chorrillo	Pecuario	1137583,18	1216952,58
Pedro Elkin Florez Acevedo	0.508404	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	El Chorrillo	Domestico	1137583,18	1216952,58

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
Pedro Elkin Florez Acevedo	0.508404	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	El Chorrillo	Agrícola	1136993,17	1217143,00
Pedro Elkin Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Domestico	1136993,17	1217143,00
Pedro Elkin Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Agrícola	1136993,17	1217143,00
Pedro Elkin Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Pecuario	1130512,37	1210157,14
Pedro Elkin Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Pecuario	1130512,37	1210157,14
Pedro Elkin Florez Acevedo	180.211	Santa Fe De Antioquia	El Espinal	Tonusco	Agrícola	1130512,37	1210157,14
Ramiro Antonio Urrego Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65
Ramiro Antonio Urrego Cartagena	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Reinaldo Antonio Bran Gallo	0.0387	Santa Fe De Antioquia	El Chorrillo	El Higueron	Domestico	1130449,48	1209971,81
Sandro Ubeimar MuñosFlorez	1.207	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 11	Fuente Sin Nombre (Lugar Tonusquito)	Agrícola	1130968,15	1221556,77
Sandro Ubeimar MuñosFlorez	1.207	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 11	Fuente Sin Nombre (Lugar Tonusquito)	Domestico	1130968,15	1221556,77
Sandro Ubeimar MuñosFlorez	1.207	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 11	Fuente Sin Nombre (Lugar Tonusquito)	Pecuario	1130968,15	1221556,77
Sara Edilia Prada Quiroz	0.6468	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1135470,79	1218098,67
Sara Edilia Prada Quiroz	0.6468	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Pecuario	1135470,79	1218098,67
Sara Edilia Prada Quiroz	0.6468	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135470,79	1218098,67
Sor Natalia Delgado Urrego	0.1845	Santa Fe De	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1132014,44	1219299,65

Solicitante	Caudal Total	Municipio	Vereda	Fuente	Uso	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
						X	Y
		Antioquia					
Sor Natalia Delgado Urrego	0.1845	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1132014,44	1219299,65
Teresa Robledo Carballo	6	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 9	Orusco	Pecuario	1132505,25	1220142,38
Teresa Robledo Carballo	6	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 9	Orusco	Agrícola	1132505,25	1220142,38
Teresa Robledo Carballo	6	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 9	Orusco	Domestico	1132505,25	1220142,38
Yolanda Maria Arango Restrepo	0.1995	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Pecuario	1135692,05	1217212,20
Yolanda Maria Arango Restrepo	0.1995	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Acuicultura	1135692,05	1217212,20
Yolanda Maria Arango Restrepo	0.1995	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Domestico	1135692,05	1217212,20
Yolanda Maria Arango Restrepo	0.1995	Santa Fe De Antioquia	Kilometro 2	El Salto	Agrícola	1135692,05	1217212,20

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A

5.1.7.3.7 Vertimientos zona de interés cuenca Rio Tonusco

Al igual que en la cuenca Quebrada La Sopetrana, el área que se considera como de influencia en esta cuenca es pequeña en comparación con las demás cuencas (Rio Aurrá y Quebrada La seca), no obstante, se procedio a verificar el reporte entregado por CORANTIOQUIA en Agosto de 2016, identificándose 15 autorizaciones en las veredas del área de la cuenca.

Tabla 5-72. Permisos de vertimientos otorgados en la cuenca del Rio Tonusco

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo	Caudal
Piscicola El Gaitero S.A.S	Sopetrán	Guasimo	Puntual	18518
Jorge Alvaro Ruiz Rivera	Santa Fé De Antioquia	El Tunal		
Patricia Elena Arenas Yepes	Santa Fé De Antioquia	El Tunal	No Aplica	
Bayardo Antonio Yepes Garcés	Santa Fé De Antioquia	El Tunal	No Aplica	

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo	Caudal
Omar Alberto Jaramillo Londoño	Santa Fé De Antioquia	El Tunal	No Puntual	
Juan Alberto Londoño Saldarriaga	Santa Fé De Antioquia	El Carmen	No Puntual	0,0074
Parcelación Palma Real Santa Fe	Santa Fé De Antioquia	El Espinal	No Puntual	
Parcelación Los Cedros	Santa Fé De Antioquia	El Espinal	No Puntual	
Municipio De Santa Fe De Antioquia	Santa Fé De Antioquia	Mariana	No Puntual	
Luis Emilio Herron Rivera	Santa Fé De Antioquia	El Espinal	Puntual	
Jorge Luis Pineda Rodriguez	Santa Fé De Antioquia	El Tunal	Puntual	
Ana Carolina Perez Ochoa	Santa Fé De Antioquia	El Tunal	Puntual	
Municipio De Santa Fe De Antioquia	Santa Fé De Antioquia	Tonusco Arriba	Puntual	
Monica Cristina Garcia Rios	Santa Fé De Antioquia	El Espinal	Puntual	
Maria Aurora Florez Acevedo	Santa Fé De Antioquia	El Espinal	Puntual	

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A

5.1.7.3.8 Concesiones zona de interés cuenca Afluentes Directos

De acuerdo con la información suministrada por CORANTIOQUIA en Agosto de 2016, para el área de afluentes directos la cual se intersecta con el área de influencia del proyecto; no se identifican reportes, se identifica uno en la vereda el Espinal, sin embargo se adiciona a la lista de la cuenca del Rio Tonusco ya que esta vereda también hace parte de la cuenca esto, con el fin de evitar la duplicidad de la información.

5.1.7.3.9 Vertimientos zona de interés cuenca Afluentes Directos

Para el caso de los afluentes directos, de acuerdo con el reporte entregado por CORANTIOQUIA en Julio de 2016, se identifican 10 autorizaciones en las veredas identificadas como parte del área de la cuenca. Sin embargo ninguno de estos reportes se intersecta con el área de influencia del proyecto. Se observan en el listado de la Tabla 5-68.

Tabla 5-73. Permisos de vertimientos otorgados en los Afluentes Directos

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo
Union De Constructores	Santa Fé De Antioquia	Obregón	
Pentágono Construcciones S.A	Santa Fé De Antioquia	Obregón	

Solicitante	Municipio	Vereda	Tipo
Luis Guillermo Roldan Molina	Olaya	Quebrada Seca	Puntual
German Gutierrez Duque	Santa Fé De Antioquia	Obregón	No Puntual
Julio Alonso Duque Villegas	Olaya	Quebrada Seca	Puntual
Alonso Uribe Sociedad Por Acciones Simplificada	Olaya	Quebrada Seca	Puntual
Juan Gustavo Vasquez Henao	Olaya	Quebrada Seca	Puntual
Ingenieria Proyectos Y Parcelaciones Sas	Santa Fé De Antioquia	Obregón	No Aplica
Jose Fernando Fernandez Ruiz	Santa Fé De Antioquia	Obregon	Puntual
Victor Augusto Velasquez Sanchez	Santa Fé De Antioquia	Obregon	Puntual

Fuente: CORANTIOQUIA 2016. Consultoría Colombia S.A

5.1.7.4 Conflictos Disponibilidad y Uso del agua

En cuanto a la disponibilidad del recurso como ya se ha mencionado anteriormente para la unidad funcional 2.1 San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia, la fuente principal proviene de corrientes superficiales y pozos, por ende la mayoría de las zonas cuenta con acueductos y alcantarillado veredales, sin embargo no todos tienen el proceso de calidad de agua; es decir no todos los acueductos le hacen tratamiento previos a las aguas antes de su distribución y disposición para la comunidad...

A su vez es bueno tener presente que durante la época de sequias puede sentirse afectada la disminución del volumen de recurso agua (pozos, aljibes, canales, ríos, quebradas y caños) sobre todo los dueños de fincas ganaderas que consumen un volumen considerable del recurso, así mismo en ocasiones los acueductos presentan fallas por lo tanto las personas deben recurrir a la fuentes superficiales directamente o a la compra de agua en bolsa para consumo humano.

Finalmente el uso inadecuado del suelo con prácticas como las quemas, rocería y tala indiscriminada de bosques para el cambio de áreas forestales a áreas ganaderas y agrícolas y mal manejo de la aguas, ocasiona una mayor desprotección del suelo reduciendo la cobertura cerca a las márgenes de quebradas y ríos disminuyendo el nivel de retención de agua.

5.1.8 Hidrogeología

El objetivo de este componente es establecer el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes para almacenar y transmitir agua, la productividad de los acuíferos, su geometría y extensión, los usos y usuarios. La sensibilidad de los acuíferos a ser adversamente contaminados y en sí, describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico de la zona de evaluación y valorar la posible afectación del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades que se deriven de la puesta en marcha del proyecto.

Para la elaboración del componente hidrogeológico se realizaron actividades de recopilación, análisis y validación de información existente y adquirida en los aspectos de geología, hidrogeología, hidrología, climatología, hidrogeoquímica e hidráulica subterránea; tareas específicas para el desarrollo del elemento, que incluye la adquisición de la información en campo con reconocimiento de la zona de evaluación, inventario de puntos de agua subterránea y estudios geofísicos en modalidad de Tomografía eléctrica.

Se partió de la evaluación y cartografía geológica realizada para el presente EIA (ver ítem 5.1.1), al igual se utilizó información de geomorfología, hidrología, suelos y cobertura de la tierra, presentada detalladamente en los respectivos apartes del estudio, para definir la geometría de los acuíferos y otras unidades hidrogeológicas identificadas.

Para la elaboración de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido se adopta la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Desarrollo de una Guía Metodológica para el mapeo esquemático de acuíferos utilizando información básica disponible con miras a optimizar su gestión” (UNESCO, 2005). La leyenda se basa en la asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad litológica evaluada. Los análisis y resultados de este componente del estudio son apoyados en la cartografía desarrollada de manera específica, a través del plano temático de Hidrogeología.

5.1.8.1 Información Secundaria

Para el área de influencia se realizó el análisis de información existente hidrogeológica, geofísica, geoquímica y caracterización de las aguas subterráneas y cartografía existente. La información fue obtenida en archivos digitales provenientes de las siguientes entidades:

- DEVIMAR
- Grupo TYPSA / Consultores Regionales Asociados CRA.SAS
- ANI – DESARROLLO VIAL AL MAR S.A.S.
- CORANTIOQUIA.

- TAT TÚNELES Y ASISTENCIA TÉCNICA
- GRUPO AUSCOLNOVA-INGENIERIA GEOLOGICA Y GEOMATICA
- INTEINSA INGENIERIA INTELIGENTE
- SANEAR LTDA. INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

A continuación se presenta una síntesis de los trabajos consultados correspondientes artículos, informes y presentaciones técnicas.

- La presentación técnica "Proyecto de Infraestructura Vial Autopista al Mar-1. CONSIDERACIONES Y ACLARACIONES ÁREAS DE MANEJO ESPECIAL EN JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA" (2016) realizado por DEVIMAR, contiene la descripción del proyecto Autopista al Mar 1, dividido en Unidades funcionales, destacando los aspectos de longitud, punto de inicio, punto final, profundidad máxima, calzadas, número de carriles en la calzada, ancho de calzada, obras de drenaje, puentes, galerías e impermeabilización.

En la caracterización del área de estudio, se establecen las áreas protegidas del SINAP, identificando la reserva de la Zona Ribereña del Río Cauca, la cual no corresponde a ninguna categoría de área protegida concreta, sino que responde a una estrategia administrativa que busca restringir el aprovechamiento del recurso.

- El Documento técnico "ATLAS HIDROGEOLÓGICO DE EL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO" (2014) representa un trabajo conjunto entre CORANTIOQUIA, La UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es una edición gratuita y de libre reproducción con fines pedagógicos.

Se considera un material de consulta por excelencia ya que sintetiza de manera muy práctica los aspectos hidrogeológicos relevantes de la región, y presta un muy buen punto de partida para situarse en el contexto regional que enmarcan los estudios hidrogeológicos e hidrológicos para obras de construcción, como lo es la vía al mar. Está apoyado en estudios previos que también son referentes de consulta en este y otros proyectos en la región y que se citan a continuación:

- Evaluación hidrogeológica entre los municipios de Caucasia y Cáceres.
- Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad de acuíferos al norte del municipio de Caucasia.
- Evaluación hidrogeológica y vulnerabilidad de acuíferos en la cuenca del Río Cacerí.
- Validación del modelo hidrogeológico de la territorial Panzenú usando técnicas isotópicas.
- Geología de la plancha 93 Cáceres, 1:100000, Atlas veredal departamento de

Antioquia.

- Memorias del mapa geomorfológico, de amenazas y áreas degradadas de la jurisdicción de CORANTIOQUIA a escala 1:100.000. CORANTIOQUIA.
- Estudio general de suelos y coberturas terrestres, 1:100.000, 1:25.000.
- Estudio de suelos del departamento de Antioquia. Tomos I, II, III, IV.
- Ciénagas de la región Panzenú.
- Territorio CORANTIOQUIA; atlas geográfico
- El Recurso hídrico en la jurisdicción de CORANTIOQUIA
- Bajo Cauca, desarrollo regional: una tarea común universidad-región.

➢ El documento técnico "Inventario de aguas Subterráneas en el Valle de Aburra" (2000), realizado por HIDROGEMA Ltda. para el Ministerio de Ambiente, Banco Mundial, Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia – Sobretasa ambiental. En el documento se presenta la hidrología (evaporación, escorrentía, balances hídrico) geología, un SIG para el inventario de aguas subterráneas, inventario de Pozos (tipo de captación, y características) inventarios de acuíferos (flujo del agua, composición química y vulnerabilidad) calidad de aguas subterráneas.

Según el inventario de puntos se encontraron 21 aljibes dentro del área de influencia del proyecto, los cuales se relacionan a continuación en la Tabla 5-74.

Tabla 5-74 Inventario de aguas Subterráneas en el Valle de Aburra

Coordenadas X	Coordenadas Y	ID	Tipo de Captación	Código PA
1142795	1211525	27	Aljibe	A27
1142554	1210404	30	Aljibe	A30
1146369	1207189	33	Aljibe	A33
1143530	1208845	34	Aljibe	A34
1142032	1210643	35	Aljibe	A35
1149022	1206231	36	Aljibe	A36
1148301	1205355	39	Aljibe	A39
1148739	1206242	41	Aljibe	A41
1147509	1206104	44	Aljibe	A44
1147575	1206269	45	Aljibe	A45
1145918	1208865	46	Aljibe	A46
1144312	1208227	49	Aljibe	A49
1148373	1205333	50	Aljibe	A50
1141703	1211810	51	Aljibe	A51
1141600	1211761	52	Aljibe	A52
1145141	1206878	54	Aljibe	A54

Coordenadas X	Coordenadas Y	ID	Tipo de Captación	Código PA
1142685	1209114	55	Aljibe	A55
1142204	1210028	56	Aljibe	A56
1142031	1210618	57	Aljibe	A57

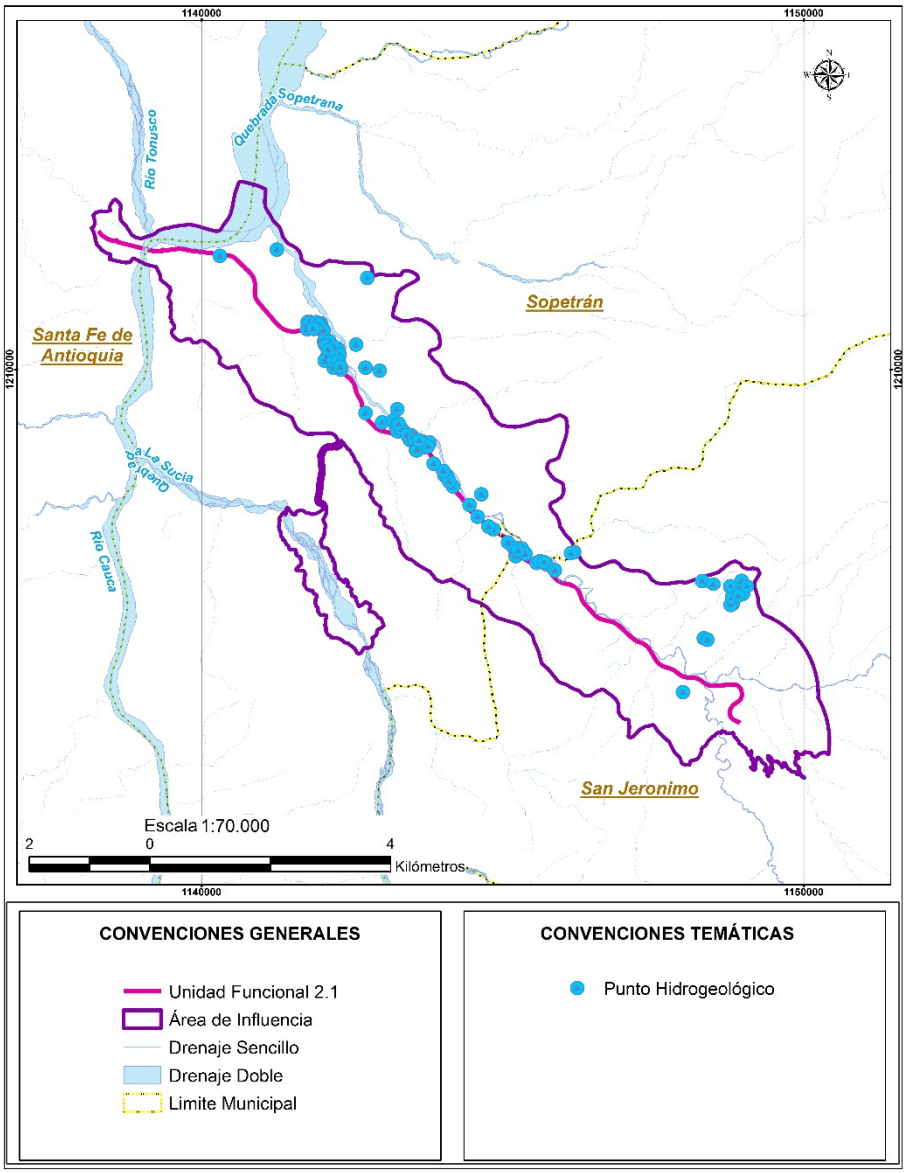
Fuente: Modificado por Consultoría Colombiana S.A, 2016 de Hidrogema Ltda, 2000

- Los documentos técnicos "Determinación y Protección de las potenciales Zonas de recarga en el Norte del Valle de Aburra (2011)" y "Determinación y Protección de las potenciales Zonas de recarga en el Centro y Sur del Valle de Aburra (2012), los informes fueron realizados por la Universidad de Antioquia para Área Metropolitana del Valle de Aburra. Se destaca la información concerniente a las zonas de recargas, determinadas por el método analítico Saaty, 2000; en donde se involucran principalmente cuatro (4) variables, topografía adecuada, patrones estructurales (diaclasamiento por unidad litológica) patrones texturales del suelo y condiciones de infiltración.

5.1.8.2 Inventario de puntos de agua subterráneas.

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología y que proceden de la información de usuarios de los denominados puntos de agua; se utiliza para conocer rápidamente las características hidrogeológicas de una zona dada. En sentido estricto se puede definir un punto de agua subterránea como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero, estos pueden incluir perforaciones existentes (pozos o aljibes), también se cuentan las fuentes o surgencias naturales (manantiales). (Ver Figura 5-73)

Figura 5-73. Distribución espacial del inventario de puntos de agua



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

En la Figura 5-73 se encuentran referenciados 114 puntos que se pueden ver en la Tabla 5-76. En el inventario de puntos de agua realizado, 108 puntos pertenecen a un inventario de puntos realizado por la empresa Servicios Hidrogeológicos Integrales para Corantioquia en el estudio de "Diagnostico para la Formulación del plan de Manejo Ambiental del sistema de Acuifero del occidente Antioqueño" y en la visita para este estudio se inventariaron un total de 6 puntos adicionales de ocurrencia de agua subterránea correspondientes a 1 manantial y 5 aljibes, los puntos de captación levantados para este

estudio son productivos para uso pecuario y doméstico. (Tabla 5-75)
Por otra parte, durante el inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales), se realizaron mediciones físico químicas in situ de conductividad eléctrica, pH, solidos disueltos totales y temperatura, mediante un medidor multiparámetro portátil marca Hanna Instruments.

Tabla 5-75 Puntos de agua subterránea inventariados para el Estudio de Impacto Ambiental

id	Tipo de captacion	Condición	Coordenadas X	Coordenadas Y	Caudal de Explotación (l/día)	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH
36	Manantial	Productivo	816095,01	1204731,38	800	24	667	8
38	Aljibe	Productivo	812882,49	1207514	28000	28	363	6,6
39	Aljibe	Productivo	811538,99	1209052,82	28000	28	389	6,7
40	Aljibe	Productivo	811369,4	1209109,7	40000	29	439	6,66
41	Aljibe	Productivo	811445,36	1209146,94	30000	28,3	395	7,04
42	Aljibe	Productivo	811396,14	1209234,57	30000	29	405	6,8

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Ademas se tienen un inventario de puntos realizado por la empresa Servicios Hidrogeológicos Integrales para Corantioquia en el estudio de "Diagnostico para la Formulación del plan de Manejo Ambiental del sistema de Acuifero del occidente Antioqueño", en donde algunos puntos se encuentran dentro del Área de influencia Indirecta.

Para el área de influencia indirecta se reportan 108 puntos de ocurrencia de aguas subterráneas donde todos son aljibes donde la condición cambia, de los cuales tenemos 10 abandonados, 2 sin información, 41 inactivos, 50 productivos y 5 que se encuentran como reserva en el caso que el acueducto local no funcione (Ver Tabla 5-76).

Tabla 5-76 Puntos de agua subterránea en el área de influencia

id	Tipo de captación	Condición	Coordenadas X	Coordenadas Y	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH
5	Aljibe	Inactivo	811087	1210116	-	-	-
6	Aljibe	Inactivo	811375	1209475	-	-	-
7	Aljibe	Inactivo	810892	1211659	-	-	-
10	Aljibe	Productivo	809390	1212141	30,50	716,00	7,30
11	Aljibe	Productivo	810161	1210790	27,80	381,00	7,00
12-A	Aljibe	Productivo	810072	1210869	-	1539,00	6,90
12	Aljibe	Productivo	812962	1207470	27,90	612,00	6,60

id	Tipo de captación	Condición	Coordenadas X	Coordenadas Y	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH
13	Aljibe	Productivo	810093	1210892	28,80	339,00	7,00
14	Aljibe	Inactivo	810112	1210912	-	-	-
15	Aljibe	Inactivo	809951	1210930	-	-	-
16	Aljibe	Inactivo	809883	1210814	-	-	-
17	Aljibe	Inactivo	809992	1210818	-	-	-
18	Aljibe	Inactivo	810021	1210832	-	-	-
19	Aljibe	Inactivo	810074	1210889	-	-	-
20	Aljibe	Inactivo	810042	1210930	-	-	-
21	Aljibe	Inactivo	809985	1210872	-	-	-
22	Aljibe	Inactivo	809941	1210927	-	-	-
23	Aljibe	Inactivo	809896	1210932	-	-	-
25	Aljibe	-	810432	1210185	-	-	-
26	Aljibe	Abandonado	810401	1210286	-	-	-
27	Aljibe	Abandonado	810321	1210275	-	-	-
28	Aljibe	Inactivo	810333	1210271	-	-	-
29	Aljibe	Productivo	810331	1210348	29,60	253,00	7,10
30	Aljibe	Inactivo	810425	1210388	-	-	-
31	Aljibe	Abandonado	810228	1210470	-	-	-
32	Aljibe	Productivo	810334	1210521	29,20	273,00	7,20
33	Aljibe	Productivo	810388	1210490	28,90	191,70	7,30
34	Aljibe	-	810394	1210488	-	-	-
35	Aljibe	Inactivo	810237	1210475	27,30	437,00	6,90
36	Aljibe	Productivo	810298	1210393	30,20	221,00	7,40
37	Aljibe	Inactivo	810298	1210497	28,30	303,00	7,40
38	Aljibe	Productivo	810198	1210533	28,00	447,00	6,10
39	Aljibe	Reserva	810255	1210611	27,70	324,00	6,80
40	Aljibe	Productivo	810181	1210620	28,20	492,00	6,80
41	Aljibe	Productivo	810183	1210555	28,30	1249,00	6,50
42	Aljibe	Inactivo	810175	1210287	-	-	-
43	Aljibe	Reserva	810224	1210374	28,10	506,00	7,30
44	Aljibe	Inactivo	810321	1210171	-	-	-
45	Aljibe	Inactivo	810344	1210224	-	-	-
46	Aljibe	Productivo	810447	1210139	28,20	412,00	6,50
47	Aljibe	Productivo	811738	1208951	28,70	363,00	6,77
48	Aljibe	Productivo	811878	1208858	28,40	369,00	7,06
49	Aljibe	Productivo	811837	1208835	28,40	457,00	6,96

id	Tipo de captación	Condición	Coordenadas X	Coordenadas Y	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH
50	Aljibe	Productivo	811905	1208916	27,60	350,00	6,97
51	Aljibe	Productivo	810335	1210430	26,00	311,00	6,81
52	Aljibe	Productivo	810403	1210442	27,80	228,00	7,06
53	Aljibe	Inactivo	810166	1210609	28,80	729,00	7,06
54	Aljibe	Productivo	811694	1208788	28,30	425,00	6,86
55	Aljibe	Productivo	811820	1208917	29,90	383,00	6,93
56	Aljibe	Productivo	811683	1208795	29,40	486,00	7,02
57	Aljibe	Inactivo	811671	1208905	-	-	-
58	Aljibe	Productivo	811704	1208958	28,70	398,00	6,74
59	Aljibe	Inactivo	811693	1208896	-	-	-
60	Aljibe	Productivo	811651	1208980	28,40	373,00	6,82
61	Aljibe	Productivo	811539	1209044	28,30	383,00	6,75
62	Aljibe	Productivo	811397	1209235	30,10	249,00	6,98
63	Aljibe	Productivo	811312	1209292	29,00	299,00	6,77
64	Aljibe	Productivo	811446	1209150	29,60	300,00	7,06
65	Aljibe	Productivo	811378	1209108	29,80	445,00	6,66
66	Aljibe	Productivo	811483	1209098	29,40	403,00	6,81
67	Aljibe	Productivo	811605	1209044	29,00	364,00	6,52
68	Aljibe	Productivo	811584	1208965	30,10	429,00	6,84
69	Aljibe	Productivo	811646	1208934	28,70	379,00	6,74
70	Aljibe	Inactivo	811976	1208568	-	-	-
71	Aljibe	Reserva	812134	1208445	28,30	240,00	6,92
72	Aljibe	Inactivo	812232	1208270	26,70	215,30	7,51
73	Aljibe	Abandonado	812197	1208366	27,10	231,00	6,91
74	Aljibe	Inactivo	812151	1208373	-	-	-
75	Aljibe	Inactivo	810849	1209416	27,20	503,00	6,84
76	Aljibe	Inactivo	812292	1208185	26,30	302,00	7,15
77	Aljibe	Abandonado	812764	1208053	26,30	294,00	6,90
78	Aljibe	Inactivo	812566	1207875	25,40	213,20	7,15
79	Aljibe	Abandonado	812698	1207680	-	-	-
80	Aljibe	Productivo	813373	1207118	28,40	366,00	6,99
81	Aljibe	Productivo	813335	1207158	27,90	288,00	6,48
82	Aljibe	Productivo	813203	1207249	27,60	644,00	6,79
83	Aljibe	Reserva	813295	1207167	28,50	375,00	6,60
84	Aljibe	Abandonado	813491	1207057	-	-	-
85	Aljibe	Inactivo	813430	1207148	27,50	245,00	6,71

id	Tipo de captación	Condición	Coordenadas X	Coordenadas Y	Temperatura (ºC)	Conductividad (µS/cm)	pH
86	Aljibe	Inactivo	813326	1207107	-	-	-
90	Aljibe	Abandonado	813331	1207020	-	-	-
91	Aljibe	Inactivo	813803	1206917	25,50	633,00	6,60
92	Aljibe	Productivo	813836	1206885	26,20	914,00	6,55
93	Aljibe	Productivo	813736	1206935	26,00	702,00	6,56
94	Aljibe	Productivo	813675	1206906	26,00	772,00	8,56
95	Aljibe	Inactivo	814250	1207067	26,30	543,00	8,97
96	Aljibe	Abandonado	814298	1207082	-	-	-
100	Aljibe	Inactivo	813978	1206783	-	-	-
110	Aljibe	Inactivo	808444	1212043	-	-	-
111	Aljibe	Reserva	811123	1209258	27,20	316,00	6,98
112	Aljibe	Productivo	811345	1209209	29,10	349,00	6,61
114	Aljibe	Productivo	812881	1207516	27,20	294,00	6,47
115	Aljibe	Productivo	810697	1210553	28,40	678,00	7,28
116	Aljibe	Productivo	810853	1210170	29,30	258,00	6,11
125	Aljibe	Productivo	816506	1205598	30,20	383,00	6,91
126	Aljibe	Productivo	816445	1205625	29,40	383,00	7,74
136	Aljibe	Productivo	817169	1206492	27,60	114,50	7,80
138	Aljibe	Productivo	816892	1206502	28,00	156,30	6,39
152	Aljibe	Productivo	817022	1206326	28,50	172,80	7,81
153	Aljibe	Productivo	816919	1206294	29,70	175,00	6,31
154	Aljibe	Inactivo	817079	1206591	27,40	199,40	7,15
155	Aljibe	Inactivo	816892	1206173	27,00	166,20	6,26
156	Aljibe	Productivo	816896	1206467	28,70	307,00	6,70
156 A	Aljibe	Inactivo	817101	1206358	27,50	185,50	6,39
160	Aljibe	Inactivo	816929	1206195	-	-	-
161	Aljibe	Inactivo	817081	1206468	27,80	160,00	6,92
166	Aljibe	Inactivo	816607	1206530	27,40	262,00	6,62
309	Aljibe	Abandonado	816425	1206589	-	-	-

Fuente: Diagnostico para la Formulación del plan de Manejo Ambiental del sistema de Acuifero del Occidente Antioqueño, Servicios Hidrogeológicos Integrales para Corantioquia, 2015.

- Manantiales

En el área de influencia se identificó un (1) manantial ubicado en el municipio de San Jerónimo donde el caudal de explotación promedio es de 800 l/día, este manantial es de tipo perenne (Fotografía 5-22).

Fotografía 5-22. Manantial



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Las principales características físico-químicas in situ del agua son: el agua es inodora e incolora, presenta un pH de 8 y una temperatura de 24 ºC, la conductividad eléctrica es de 667 µS/cm.

- Aljibes

En el área de influencia se encontraron 113 aljibes. Las profundidades de las captaciones oscilan entre 2 - 31 m. Los niveles freáticos no se encuentran a más de seis (6) metros, los diámetros en general varían entre 19 cm a 64 cm y todos tienen un revestimiento de cemento.

De la totalidad de aljibes que se encuentran en el Área de Influencia 55 aljibes son productivos, 10 aljibes se encuentran abandonados, 41 aljibes son inactivos y 7 aljibes son reserva en el caso que el acueducto veredal no funcione.

Fotografía 5-23. Aljibe



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

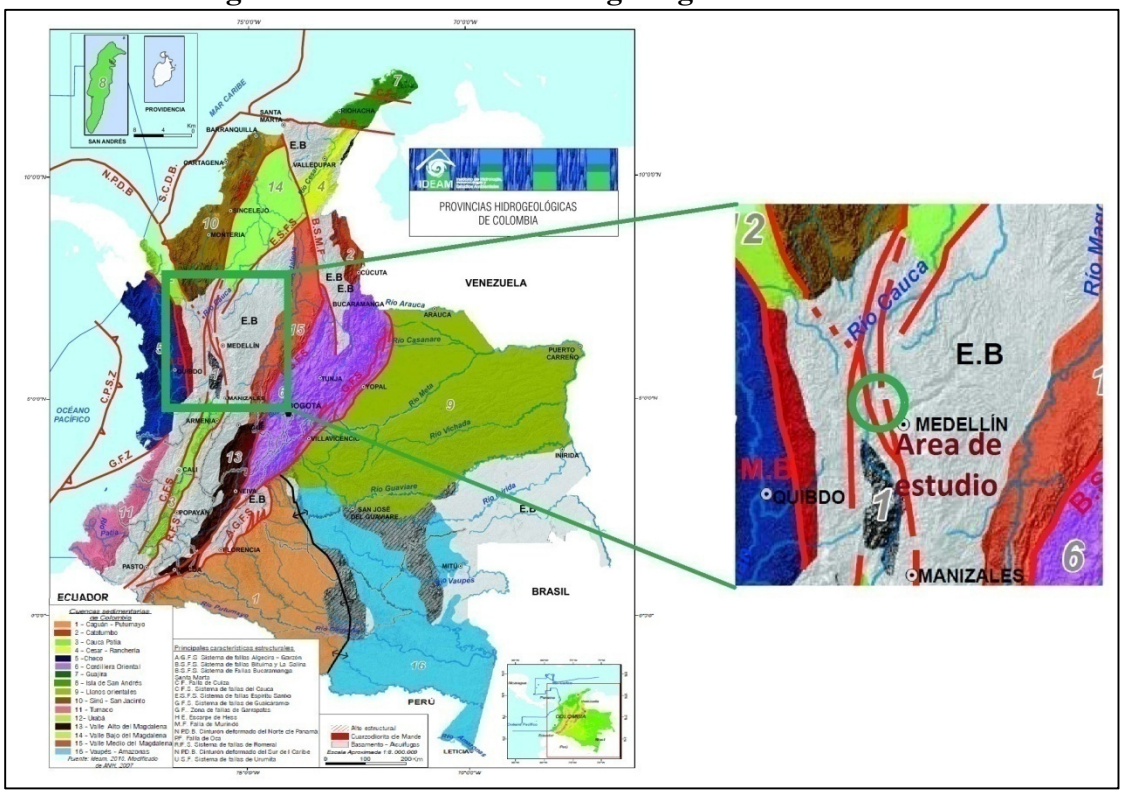
Las principales características físico-químicas del agua son: para todos los puntos el olor del agua es predominantemente incolora, para los puntos inventariados el agua se presentó incolora, mientras que uno tuvo tonalidad amarilla. Se presentaron unidades de pH entre 6,1 a 8, la temperatura del agua va desde 24 °C a 30ºC, la conductividad eléctrica se presenta entre 114 y 1500 µS/cm.

En el Anexo: Hidrogeología (Bases de datos hidrogeología) se encuentran todos los datos en detalle de los puntos inventariados tanto de manantiales como aljibes.

5.1.8.3 Unidades Hidrogeológicas

El país se encuentra subdividido por provincias hidrogeológicas las cuales corresponden a unidades mayores referidas a escalas menores las cuales fueron definidas basadas en las unidades tectonoestratigraficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales como son las fallas regionales y los altos estructurales ademas en su división también se tiene en cuenta la homogeneidad geomorfológica, el área de estudio se encuentra localizada en una área descrita por el “estudio Nacional del Agua” realizado por el IDEAM como barreras impermeables ya que se trata de macizos de rocas cristalinas a altos estructurales que afectan la continuidad de las unidades regionales ubicadas en las cuencas sedimentarias del país las cuales tienen unidades con porosidad primaria y conductividad intergranular principalmente donde se encuentran rocas sedimentarias, característica que no se encuentra en las rocas ígneas y metamórficas. (Ver Figura 5-74)

Figura 5-74. Provincias Hidrogeológicas de Colombia



En el área se presenta una gran variedad litológica de rocas metamórficas ígneas y sedimentarias con edades desde el Paleozoico hasta el Cuaternario, el área de estudio se encuentra atravesando macizos rocosos cristalinos con edades que van del Pre-Cámbrico hasta el Cretácico, y secuencias sedimentarias, de las cuales se encuentran aflorando en mayor extensión las rocas Paleógenas, estas rocas y sedimentos, con diferentes propiedades litológicas, pueden conformar acuíferos por porosidad primaria y otros con limitados recursos hídricos de agua subterránea.

Tabla 5-77 Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de influencia

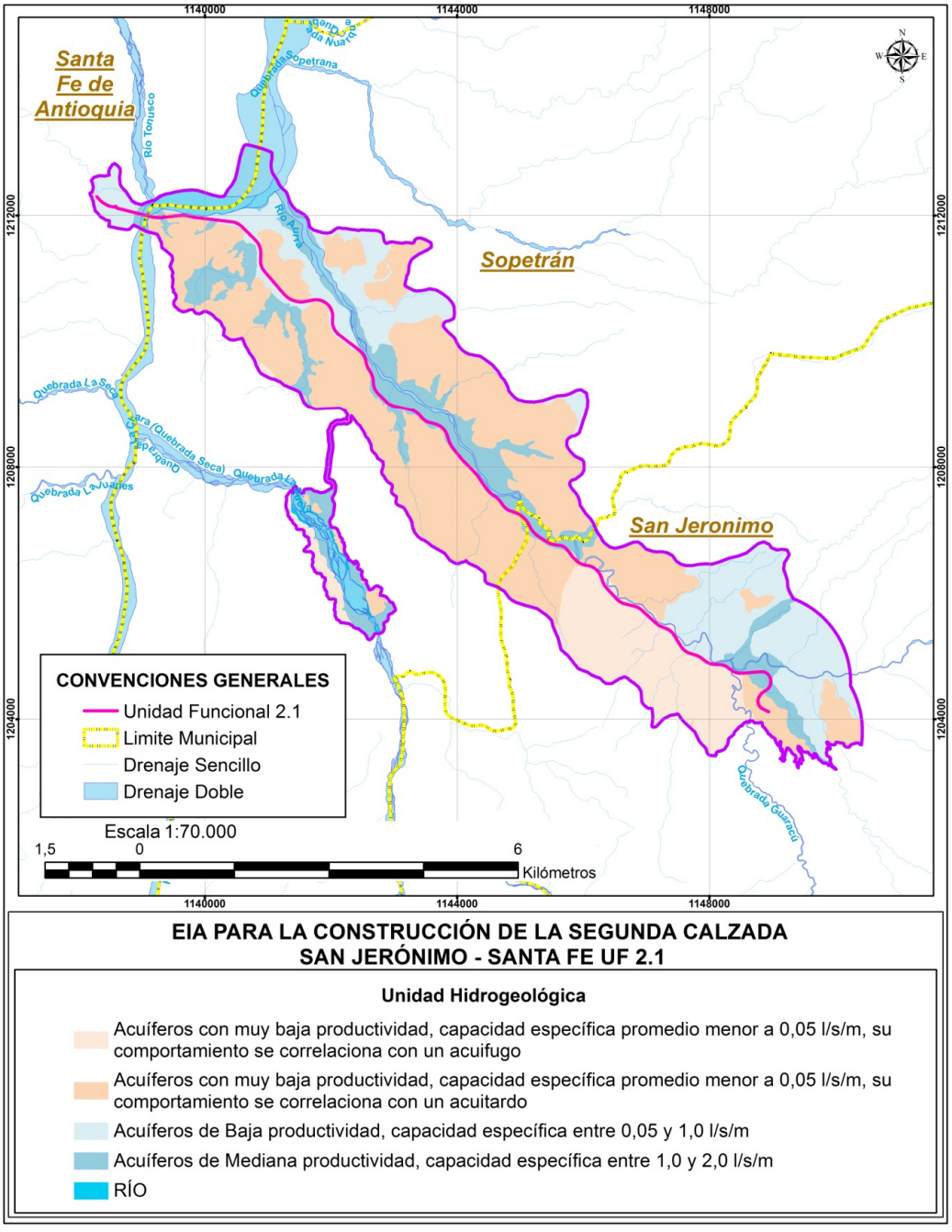
Sistemas acuíferos presentes en el área de influencia		
Sistema de Acuífero	**Características de los Acuíferos**	**Unidades Hidrogeológicas**
Sedimentos y rocas con flujo intergranular		
Acuíferos de Mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y aluvial, acuíferos de tipo libre y confinado con aguas recomendables para cualquier uso.	Depósitos aluviales (Qal)

Sistemas acuíferos presentes en el área de influencia			
Sistema de Acuífero		**Características de los Acuíferos**	**Unidades Hidrogeológicas**
	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Sistemas de acuíferos discontinuos de extensión semiregional a local, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial, continental y litoral, son acuíferos de tipo libre a semiconfinado. Almacena aguas dulces que requieren tratamientos para algunos usos.	Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)
			Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea (basamento hidrogeológico)			
	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un acuitardo	Complejo de rocas de arcillolitas pizarrosas y lodolitas carbonosas del Neógeno, de ambientes fluviolacustres; se comportan como acuitardos.	Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas)
			Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)
			Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)
	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un acuifugo	Complejo de rocas ígneas, metamórficas y volcánicas de edad Cretácica, Jurásica, Paleozoica y Proterozoica son rocas con limitados recursos hídricos, muy compactas y en ocasiones fracturadas; se comportan principalmente como acuifugos.	La Diorita de Pueblito (Tdp)
			Complejo QebradagrandeMiembro volcánico (KvQG)
			Grupo Ayurá Montebello (Pev)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

A continuación se describen las principales características de los sistemas acuíferos presentes en la zona de interés, siguiendo la valoración de las unidades desde su punto de vista de su capacidad para almacenar agua subterránea, según la metodología desarrollada por AIH (Asociación Internacional de Hidrogeólogos). Las rocas de origen metamórfico e ígneo, tanto plutónico como volcánico, en especial las vulcanitas antiguas (Pre-Neógeno), se agruparon en macizos hidrogeológicos, cuya permeabilidad secundaria está determinada por procesos de fracturación. (Ver Figura 5-75).

Figura 5-75. Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

De acuerdo con la clasificación de las unidades roca frente al comportamiento hidrogeológico, se consideran los siguientes tipos:

- Acuíferos

Unidad hidrogeológica que permite el almacenamiento y circulación del agua dadas sus condiciones de permeabilidad suficientes para generar acumulaciones significativas del recurso hídrico, los acuíferos más comunes son las arenas y gravas (materiales no consolidados), pero rocas sedimentarias permeables tales como las areniscas, calizas, rocas cristalinas fracturadas y volcánicas intensamente meteorizadas o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos, en el área de estudio se presentan unidades acuíferas en los depósitos de edad Cuaternario, representan el 37.08% del área de estudio. Se encuentra en las unidades Depósitos aluviales (Qal), Depósitos Coluvioaluviales (Qcal), y Terrazas aluviales (Qt0, Qt1).

- Acuicludos

Unidad geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos arcillosos de cualquier origen. En el área de influencia no se encontró unidades con estas características pero algunas intercalaciones arcillosas de las unidades cartografiadas deben constituir acuicludos locales.

- Acuitardos

Unidad geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante. En el área de estudio estás constituidos por los tres (3) miembros de la Formación Amaga (Ngas, Pgam y Pgai), representan la mayor área ocupada en el área de influencia con un 46.41% del área total.

- Acuifugos

Son aquellas unidades geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estas se consideran unidades impermeables. Con un 13,30% de área en el área de influencia, constituido por las unidades Diorita de Pueblito (Tdp), Complejo Qebradagrande Miembro volcánico (KvQG) y Grupo Ayurá Montebello (Pev).

A continuación se relacionan las áreas y los porcentajes de ocupación en el Área de Influencia (Ver Tabla 5-78).

Tabla 5-78 Relación de áreas de las unidades hidrogeológicas para el área de influencia

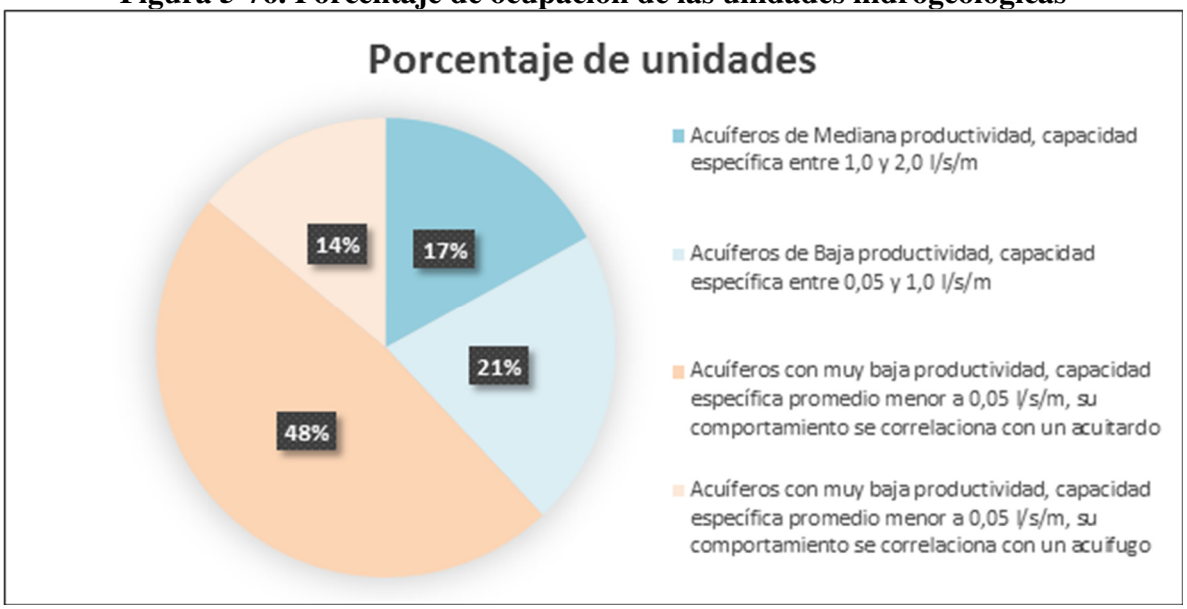
Sistema de Acuífero	Caracteristicas de los Acuíferos	Unidades Hidrogeológicas	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Sedimentos y rocas con flujo intergranular						
Acuíferos de Mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y aluvial, acuíferos de tipo libre y confinado con aguas recomendables para cualquier uso.	Depósitos aluviales (Qal)	561,21	16,38	561,21	16,38
Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Sistemas de acuíferos discontinuos de extensión semiregional a local, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial, continental y litoral, son acuíferos de tipo libre a semiconfinado. Almacena aguas dulces que requieren tratamientos para algunos usos.	Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)	555,47	16,22	712,22	20,79
		Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	156,75	4,58		
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea (basamento hidrogeológico)						
Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un acuitardo	Complejo de rocasde arenitas conglomeraticasdel Neógeno, de ambientes fluviolacustres; se comportan como acuitardos.	Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas)	120,09	3,51	1587,52	46,35
		Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)	794,54	23,20		
		Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	672,89	19,64		
Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un acuifugo	Complejo de rocas ígneas, metamórficas y volcánicas de edad Cretácica, Jurásica, Paleozoica y Proterozoica son rocas con limitados recursos hídricos, muy compactas y en ocasiones fracturadas; se comportan principalmente como acuifugos.	La Diorita de Pueblito (Tdp)	36,15	1,06	454,71	13,28
		Complejo Qebradagrande Miembro volcánico (KvQG)	414,30	12,10		
		Grupo Ayurá Montebello, Esquistos Verdes (Pev)	4,26	0,12		
Cuerpos de agua superficial			109,64	3,20	109,64	3,20
Total General			**3425,29**	**100,00**	**3425,30**	**100,00**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

En resumen la Formación Amagá con sus tres miembros, inferior, medio y superior es la unidad que ocupa la mayor proporción de área, con un 46,35% que se correlacionan con los acuitardos y las unidades correlacionables con los acuifugos tienen un 13,28% del total del área. Las unidades de sedimentos y flujos intergranular son el 37,18% del área, 16,38% de

los acuíferos de mediana productividad y 20,79% de los acuíferos de baja productividad. (Ver Figura 5-76).

Figura 5-76. Porcentaje de ocupación de las unidades hidrogeológicas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

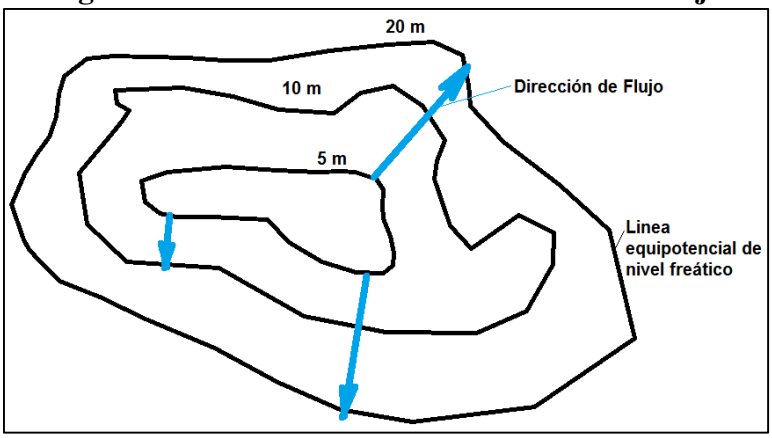
5.1.8.4 Direcciones de flujo del agua subterránea

El agua subterránea funciona como un sistema de recarga y descarga en donde se encuentran direcciones de flujo preferenciales debido a la precipitación pluvial que es el agente principal para la recarga del agua subterránea, el sistema de recarga en condiciones ideales fluye hacia los arroyos a través de los espacios intersticiales de los componentes que constituyen una roca, esa dirección que toma el agua subterránea se llama direcciones de flujo.

La definición de las direcciones de flujo consiste en representar la dirección y el sentido del flujo de aguas subterráneas y su interconexión hidráulica con sistemas acuíferos adyacentes. En este sentido la construcción de las direcciones de flujo se realiza teniendo en cuenta los datos de nivel freático estático del inventario de puntos de agua subterránea, junto con las condiciones litológicas, estructurales y topográficas de la zona de estudio.

A los datos de profundidad de nivel freático adquiridos se ajustan por medio de una corrección de línea base (topografía), para luego realizar la interpolación de líneas equipotenciales de nivel freático, estas líneas equipotenciales indican implícitamente la dirección de flujo, ya que en el sentido en el que su valor aumenta (aumento de profundidad), este sugiere la dirección de flujo, esto quiere decir que la dirección de flujo es perpendicular a las líneas equipotenciales del nivel freático. (Ver Figura 5-77).

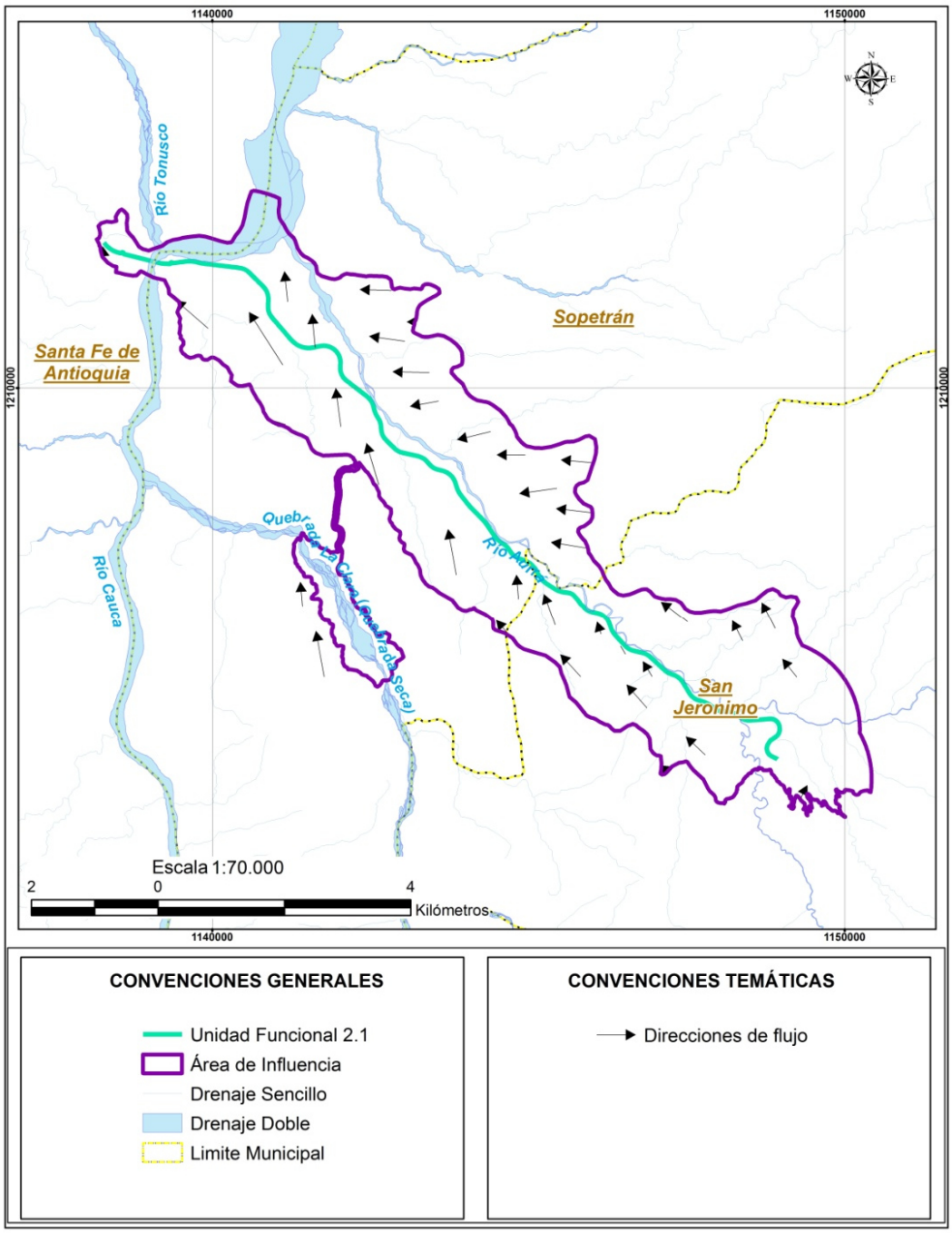
Figura 5-77. Definición de las direcciones de flujo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En el área de influencia las direcciones de flujo convergen en dirección SE-NW, en dirección al río Aurrá y al río Tonusco dadas las condiciones litológicas, estructurales y topográficas del área, el agua lluvia en escorrentía que se infiltra en la superficie del terreno en la zona no saturada comienza a moverse como un flujo regional profundo a subsuperficial. Este flujo regional proviene desde las zonas de recarga ubicadas en la zona de contacto entre las rocas metamórficas y los depósitos aluviales de edad Cuaternario, en la Figura 5-78, se representan las direcciones de flujo predominantes para el área de influencia, adicionalmente se calcularon las isopiezas con el invantario de puntos de agua, estas indican intrínsecamente las direcciones de flujo local.

Figura 5-78. Direcciones de flujo para el área de influencia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

5.1.8.5 Zonas de recarga y descarga

La recarga del agua subterránea se realiza principalmente de la precipitación sobre las zonas con potencial de recarga. La principal descarga del agua subterránea es natural, y esta fluye a través del subsuelo hacia niveles bases, como el mar (nivel más bajo en la tierra) o hacia el nivel de ríos, arroyos, etc.; también se presenta descarga en los afloramientos del agua, llamados manantiales o nacederos, y en los pozos o aljibes de explotación del agua subterránea.

El agua subterránea se encuentra en el subsuelo en depósitos o formaciones geológicas, donde algunas permiten el almacenamiento y transmisión del recurso, estos se conocen como acuíferos, mientras que otras almacenan el agua, pero la transmiten con dificultad y se llaman acuitardos; los sitios de afloramiento del agua subterránea se conocen como nmanantiales y estos se dividen principalmente en permanentes y temporales.

Para determinar las zonas de recarga en el área de influencia se realizó el método Silva, 2007, que se basa en ponderaciones de 1 a 5 para los siguientes parámetros: Pendiente (Pend), Tipo de suelo (Ts), tipo de roca (Tr), cobertura vegetal permanente (Cve) y se evaluó el uso del suelo (Us); con base en estas ponderaciones se obtuvo el mapa de zonas de recarga potenciales para el área de influencia (ver Tabla 5-79).

Tabla 5-79 Variables y evaluación de zonas de recarga

Pendiente (Pend)			
Descripción	%	Ponderación	Posibilidad de recarga
Planos a casi planos	0-6	5	Muy Alta
Moderadamente ondulados	6-15.	4	Alta
Ondulados/cóncavos	15-45	3	Moderada
Escarpados	45-65	2	Baja
Fuertemente escarpados	>65	1	Muy Baja
Tipo de Suelo (Ts)			
Textura		Ponderación	Posibilidad de recarga
Suelos franco arenosos a arenosos.		5	Muy Alta
Suelos francos		4	Alta
Suelos franco limosos		3	Moderada
Suelos Franco arcillosos		2	Baja
Suelos arcillosos		1	Muy Baja
Tipo de roca (Tr)			
Textura		Ponderación	Posibilidad de recarga
Rocas muy permeables, muy suaves constituidas por agregados gruesos, con macro poros interconectados		5	Muy Alta
Rocas permeables constituidas por agregados medianos con poros conectados entre si, ej arenas finas.		4	Alta

Pendiente (Pend)		
Rocas moderadamente permeables, con regular conexión de poros entre si	3	Moderada
Rocas poco permeables un poco duras, moderadamente compactas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre si	2	Baja
Rocas impermeables	1	Muy Baja
Cobertura vegetal permanente (Cve)		
Porcentaje	Ponderación	Posibilidad de recarga
>80%	5	Muy Alta
70-80%	4	Alta
50-70%	3	Moderada
30-50%	2	Baja
<30%	1	Muy Baja
Uso de suelo (Us)		
Uso de suelo	Ponderación	Posibilidad de recarga
Bosque que presentan los tres estratos con árboles, arbustos y hierbas	5	Muy Alta
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	4	Alta
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	3	Moderada
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	2	Baja
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	1	Muy Baja

Modificado de: (Silva, 2007)

Luego de realizar la calificación y la ponderación a cada una de estas variables se aplica la siguiente relación para obtener la zona potencial de recarga:

ZR = (0.27*Pend)*(0.23*TS)*(0.12*Tr)*(0.25*Cve)*(0.13*Us)

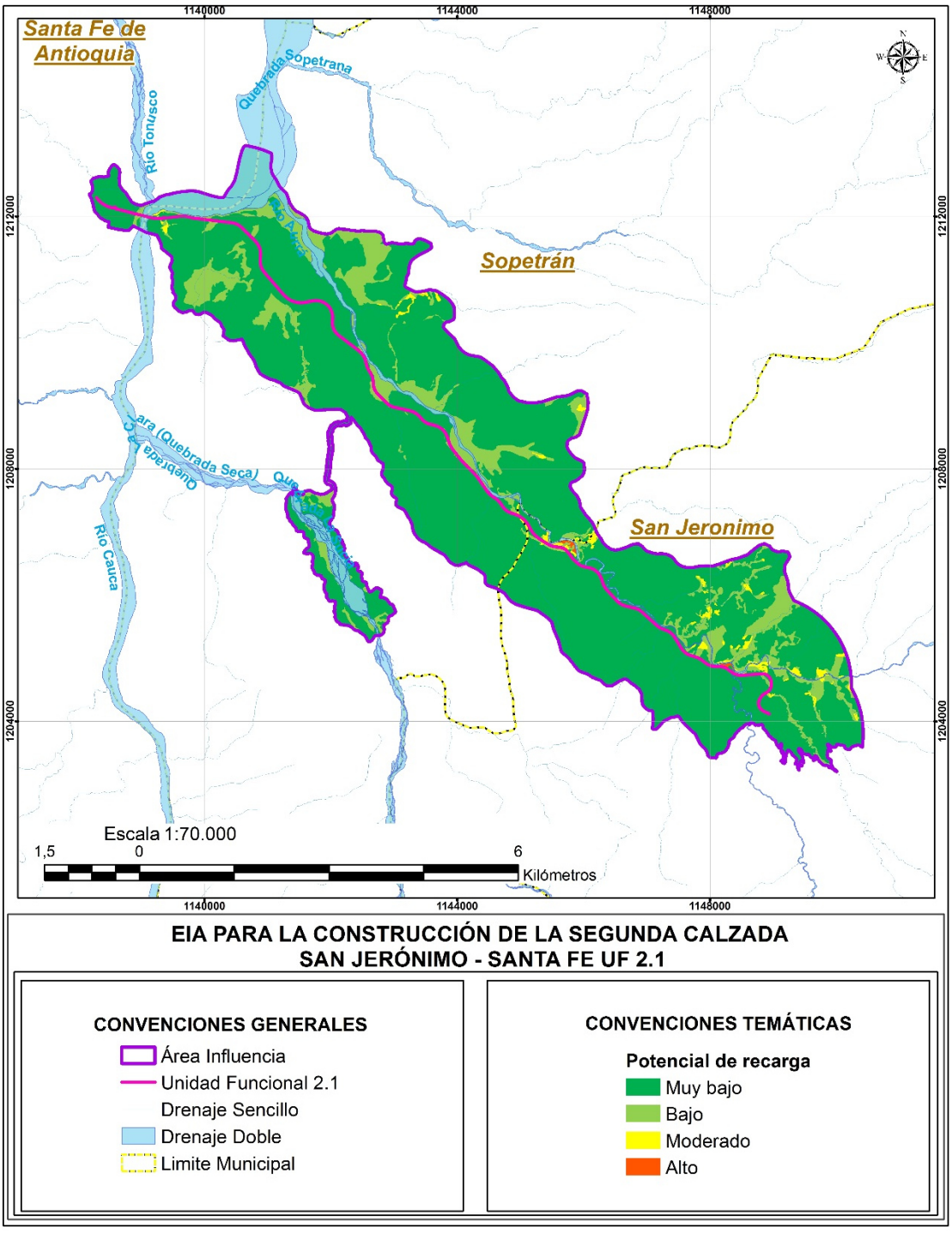
Como resultado final obtenemos una escala entre 0 y 1 con valores de posibilidad de recarga desde muy baja hasta muy alta, la Figura 5-79 muestra las zonas de recarga potencial para el área donde se observa que la totalidad del área corresponde a zonas de recarga muy baja dadas las características de suelos, uso del suelo, cobertura vegetal, tipo de suelo, pendiente y tipo de roca.

Se ha identificado en la zona de influencia como principales mecanismo de recarga la infiltración del agua de escorrentía, y la precipitación para los acuíferos Cuaternarios, en el Atlas de aguas subterráneas de Colombia se delimitan las áreas de recarga a partir de los afloramientos de los mismos correlacionando estos datos con la topografía, donde las zonas más altas tienen mayor potencial de recarga, asociando esto con la porosidad y permeabilidad de las unidades litológicas, en el área de influencia hemos definido las zonas de recarga teniendo en cuenta la metodología utilizada para la elaboración del Atlas de

aguas subterráneas de Colombia, se evidencia una tendencia en las zonas de recarga que obedece a la superficie total de los depósitos cuaternarios debido a sus características de porosidad por ser depósitos no consolidados y como mayor aportante en el contacto litológico entre las unidades con porosidad secundaria como lo son el Grupo Ayurá Montebello (Pes-Pev) y unidades de baja productividad como lo es la formación Quebradagrande en su miembro volcánico (Kivq) y la Formacion Amagá en sus tres miembros, inferior (Toi), medio (Tom) y superior (Tos), dadas las características de permeabilidad que poseen los depósitos de edad Cuaternario y en contraste con las características de impermeabilidad de las demás unidades se genera la infiltración de agua a estos depósitos de edad Cuaternario, a lo largo de su superficie y a lo largo del contacto litológico de las unidades cuaternarias con las demás unidades de baja porosidad.

Las zonas de descarga se definen como los sitios en donde hay captación de agua subterránea o se evidencia un flujo continuo, para el Área de Influencia Indirecta se ubica la zona de descarga asociada al rio Cauca que se encuentra ubicada al Noroeste del área de influencia indirecta y los puntos de donde se realiza captación de agua subterránea por medio de pozos o aljibes (ver Figura 5-79).

Figura 5-79. Zonas de recarga y descarga para el AII



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.8.6 Evaluación y clasificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, se define como la facilidad con la cual ingresan sustancias que puedan afectar la calidad de agua subterránea siendo penetradas por una carga contaminante mediante infiltración a través del suelo y/o la zona no saturada.
Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, se valoró cuantitativamente cada uno de los siguientes parámetros: naturaleza litológica de la zona no saturada, condición de confinamiento y profundidad de la tabla de agua, calificando cada uno de estos parámetros utilizando el sistema de indexación GOD, propuesto por Foster (1987)

- **Parámetro "G":** Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero más superficial, y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado, surgente sin presencia de acuífero.
- **Parámetro "O":** Este parámetro incluye una caracterización global de la zona saturada para acuíferos libres, o del estado confinante, para acuíferos confinados. Se valora la naturaleza litológica, el grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.
- **Parámetro "D":** Profundidad del nivel freático para los acuíferos libres, o el techo para los acuíferos de tipo semiconfinado o confinado.

Tabla 5-80 Valoraciones parámetros método GOD

<table>
<tr><th colspan="4">Ocurrencia del agua subterránea "G"</th></tr>
<tr><td colspan="3">Ninguno</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="3">Surgente</td><td>0.1</td></tr>
<tr><td colspan="3">Confinado</td><td>0.2</td></tr>
<tr><td colspan="3">Semiconfinado</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td colspan="3">No Confinado (cubierto)</td><td>0.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">Libre</td><td>1</td></tr>
<tr><th colspan="4">Litología predominante sobre el acuífero "O"</th></tr>
<tr><td>No Consolidados (Sedimentos)</td><td>Consolidados (Rocas porosas)</td><td>Consolidados (Rocas masivas)</td><td>Ponderación</td></tr>
<tr><td>Arcillas</td><td></td><td rowspan="2"></td><td>0.4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Limos</td><td>Arcillolitas</td><td rowspan="2">0.5</td></tr>
<tr><td>Lutitas</td></tr>
<tr><td>Gravas con matriz arcillosa</td><td>Limolitas</td><td rowspan="3">Complejos ígneos, metamórficos, volcánicos antiguas</td><td>0.6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Arcilla/Grava y/o Arena (intercalaciones)</td><td>Areniscas</td><td rowspan="2">0.7</td></tr>
<tr><td>Tobas volcánicas</td></tr>
<tr><td>Arenas</td><td>Litoarenitas</td><td rowspan="3">Lavas volcánicas recientes</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Gravas</td><td>Calcarenitas</td><td rowspan="2">0.9</td></tr>
<tr><td>Calizas Blandas</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>Caliche</td><td rowspan="2">1.0</td></tr>
<tr><td>Otras calizas duras</td></tr>
</table>

Profundidad del agua "D"					
>100m			0.4		
50 – 100m			0.5		
20 – 50m			0.6		
10 – 20m			0.7		
5 – 10m			0.8		
2 – 5m			0.9		
0 – 2m			1.0		
Grado de vulnerabilidad a la contaminación "GOD"	**Despreciable**	**Baja**	**Moderada**	**Alta**	**Extrema**
	0 – 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 1

Fuente: Memoria técnica del Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia modificado por Consultoría Colombiana S.A., 2016

El método "GOD" establece escalas de valores para cada parámetro de acuerdo con su contribución en la defensa de los acuíferos a la contaminación. Estas tienen valores entre cero (0) y uno (1), siendo los valores más bajos los que más retienen o atenúan el transporte de contaminantes. La evaluación de la vulnerabilidad se determina multiplicando los valores dados a cada parámetro obteniendo valores entre cero (0) y uno (1), donde cero (0) significa vulnerabilidad nula y uno (1) vulnerabilidad extrema a la contaminación.
Cabe aclarar que la metodología "GOD" se encamina a estudiar los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés, ya que se considera que las características de la zona no saturada, son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son las más susceptibles a ser afectadas adversamente por una carga contaminante y una vez contaminadas, este fenómeno se puede inducir fácilmente a los horizontes profundos (INGEOMINAS, 2003).

- **Determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**

Las ponderaciones para cada parámetro con las que se determinó la vulnerabilidad de los acuíferos a ser contaminados esto se resumen a continuación:

- **Ocurrencia del agua subterránea "G"**

El parámetro "G" analiza el acuífero más somero a partir de la información de litología de pozos, aljibes someros, y manantiales realizados en el estudio y soportado con el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, que delimita las zonas de recarga, asumiendo estas áreas como acuíferos libres; estableciendo de esta manera la categorización del acuífero de acuerdo con su condición de confinamiento. Esta metodología establece que cuando no existe certeza sobre la continuidad lateral de los acuíferos o no están conectados hidráulicamente estos deben asumirse como acuíferos libres.

En la Tabla 5-81 se presenta la ponderación del parámetro y la distribución del área en hectáreas y porcentajes.

Tabla 5-81 Distribución del Parámetro "G" en el área de estudio

Confinamiento del acuífero	Valor "G"	Área de Estudio (HA)	Área de estudio (%)
Depósitos aluviales (Qal)	1	561,21	16,93
Depósitos Coluvioaluviales (Qcal), Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	0,5	712,22	21,48
Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas), Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam), Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	0,3	1587,5	47,88
Complejo Quebradagrande Miembro volcánico (KvQG), Grupo Ayurá Montebello (Pev), La Diorita de Pueblito (Tdp)	0,1	454,71	13,71

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

- **Litología predominante sobre el acuífero "O"**

El parámetro "O" se obtiene a partir de las descripciones de las unidades litoestratigráficas y de la cartografía geológica realizada para el presente estudio; en donde predominan en superficie rocas pertenecientes a complejos Ígneo metamórficos.

A continuación en la
Tabla 5-82 se presenta la ponderación del parámetro, con sus áreas y porcentajes, unidades geológicas y su respectiva descripción.

Tabla 5-82 Valores de parámetro "O" asignados

Unidad Geológica	Litología del acuífero	Valor Parámetro "O"	Área de Estudio (ha)	Área de estudio (%)
Depósitos aluviales (Qal)	Gravas gruesas con intercalaciones ocasionales de grava guijosa en matriz arenosa.	0,6	561,21	16,93
Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)	Arena gruesa, gris clara, 10% de bloques angulares de composición de esquistos, granitos y cuarzo	0,6	555,47	16,75
Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	Arcillas de color rojo moderado, esporádicamente presenta bloques de rocas volcánicas y metamórficas. Hacia la parte superior se observan pequeñas intercalaciones de material meteorizado de color crema a blanco, de origen volcánico (con cuarzo bipiramidal, cristales de feldespato, hornblenda y piroxeno).	0,6	156,75	4,73

Unidad Geológica	Litología del acuífero	Valor Parámetro "O"	Área de Estudio (ha)	Área de estudio (%)
Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas)	Areniscas bien cementadas, color crema arcillas pizarrosas gris verdosas y ocres. Localmente bancos delgados de conglomerados y carbón	0,7	120,09	3,62
Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)	Arcillas pizarrosas grises, areniscas claras y grises, localmente conglomeráticas, mantos de carbón hasta 2m de espesor	0,5	794,54	23,96
Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	Conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas crema y grises, arcillolitas arenosas, arcillolitas pizarrosas grises y gris verdosas.	0,8	672,89	20,29
Complejo Qebradagrande Miembro volcánico (KvQG)	Capas delgadas estratificadas formando bancos mayores de 2 metros de liditas, lodolitas, grauvacas, intercaladas ocasionalmente por bancos de tobas silicificadas y conglomerados finos, localmente es bastante rica en materia orgánica.	0,7	414,3	12,50
La Diorita de Pueblito (Tdp)	Gabros y dioritas hornbléndicas, localmente piroxénicos	0,7	36,15	1,09
Grupo Ayurá Montebello (Pev)	Pev. Esquistos verdes compuestos por alicita, epidota, clorita y actinolita. Metamorfismo regional de grado bajo a medio.	0,7	4,26	0,13

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

- **Profundidad de la tabla de agua "D"**

Para la determinación del parámetro se utilizó la información de los niveles de agua subterránea de captaciones más someras correspondientes al inventario de puntos, entre ellos aljibes donde sus niveles varían entre 2 y 31 m.

En la Tabla 5-83 se presentan la distribución por área de la profundidad de la tabla de agua encontradas en la zona.

Tabla 5-83 Valores del parámetro "D" asignados

Unidad Hidrogeológica	Profundidad (m)	Ponderación	Área de estudio (ha)	Área de estudio (%)
Depósitos aluviales (Qal)	5-30 m	0,8	561,21	16,93
Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)	0-2 m	1	555,47	16,75
Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	5-30 m	0,8	156,75	4,73
Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas)	2-5 m	0,9	120,09	3,62
Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)	2-5 m	0,9	794,54	23,96
Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	2-5 m	0,9	672,89	20,29
Formación Qebradagrande Miembro volcánico (KvQG)	0-2 m	1	414,3	12,50
La Diorita de Pueblito (Tdp)	0-2 m	1	36,15	1,09
Grupo Ayurá Montebello (Pev)	0-2 m	1	4,26	0,13

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Finalmente se obtiene el resultado final del análisis de vulnerabilidad a la contaminación de los sistemas acuíferos por las actividades del proyecto donde se prevé haya lugar a actividades que generen la probabilidad de afectación teniendo en cuenta los términos de referencia del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible por medio de la resolución N° 0751 del 26 de marzo de 2015.

En la Tabla 5-84 se presentan los resultados del análisis de vulnerabilidad utilizando el método GOD, los acuíferos con mayor susceptibilidad son los compuestos por los Depósitos aluviales de edad Cuaternario, en el cual el análisis sugiere un nivel moderado de vulnerabilidad a la contaminación. Los tres (3) miembros de la Formación Amaga y las unidades Cuaternarias, Depósitos Coluvioaluviales y Terrazas aluviales tienen una vulnerabilidad baja y las unidades con más baja productividad de agua subterránea como el complejo Quebradagrande, La Diorita de Pueblito y el Grupo Ayurá - Montebello tienen una vulnerabilidad despreciable debido a características litológicas y la ocurrencia de esta en el contexto hidrogeológico.

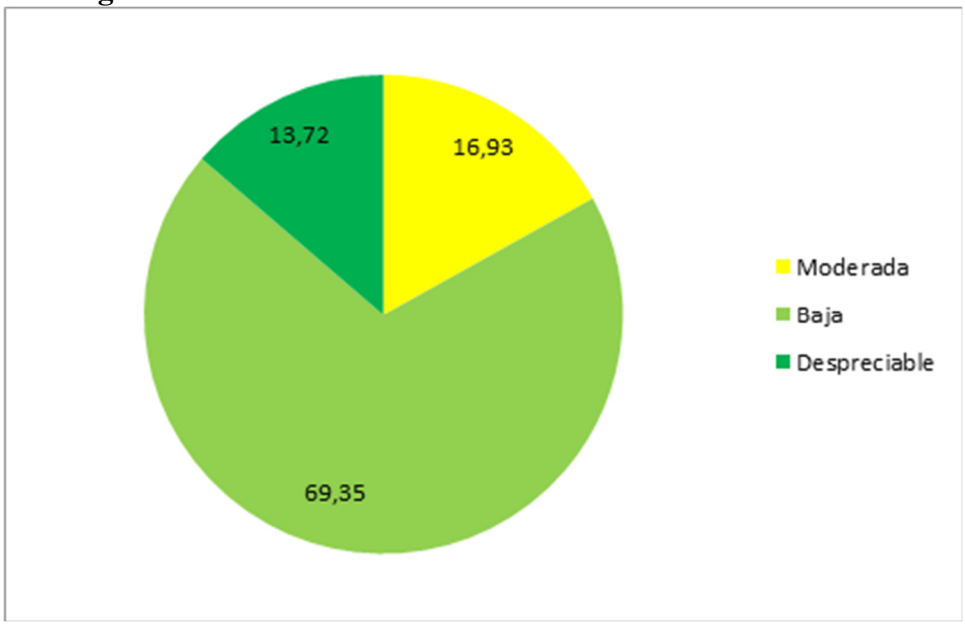
Tabla 5-84 Vulnerabilidad a la contaminación de sistemas Acuíferos "GOD"

Acuífero	G	O	D	GOD	Área (ha)	Área %	Vulnerabilidad
Depósitos aluviales (Qal)	1,0	0,6	0,8	0,48	561,21	16,93	Moderada
Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)	0,5	0,6	1,0	0,3	555,47	16,75	Baja
Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	0,5	0,6	0,8	0,24	156,75	4,73	Baja
Miembro Superior, Formación Amaga (Ngam)	0,3	0,7	0,9	0,19	120,09	3,62	Baja
Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)	0,3	0,5	0,9	0,14	794,54	23,96	Baja
Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	0,3	0,8	0,9	0,22	672,89	20,29	Baja
Complejo Qebradagrande miembro volcánico (KvQG)	0,1	0,7	1,0	0,07	414,3	12,50	Despreciable
Grupo Ayurá Montebello (Pev)	0,1	0,7	1,0	0,07	4,26	0,13	Despreciable
La Diorita de Pueblito (Tdp)	0,1	0,7	1,0	0,07	36,15	1,09	Despreciable

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

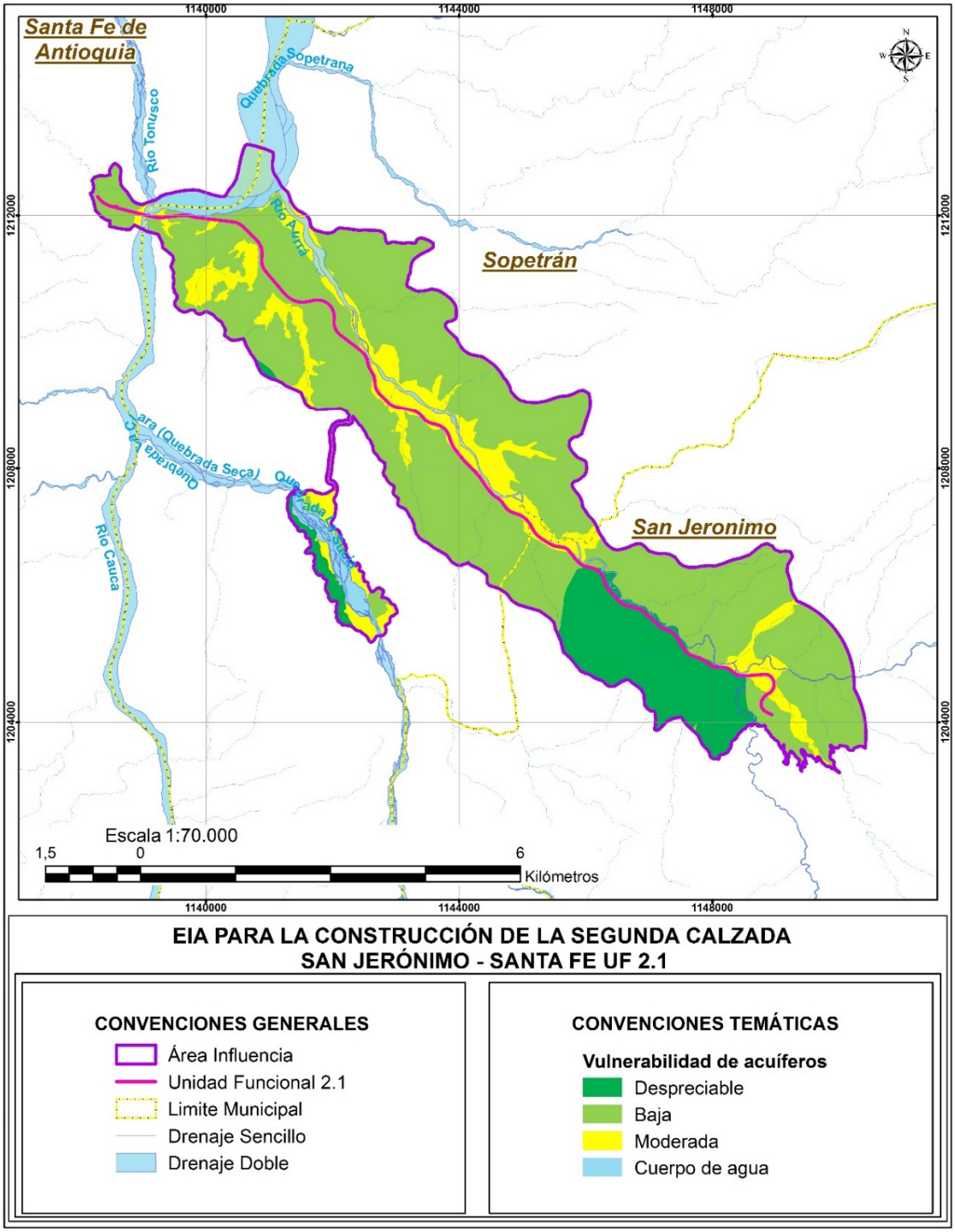
Teniendo en cuenta el análisis de vulnerabilidad se tiene que el 67,25% del área de influencia tiene una vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos baja, y un 16,25% sugiere una vulnerabilidad moderada a la contaminación y un 13,30% una vulnerabilidad Despreciable. (Ver Figura 5-80)

Figura 5-80. Vulnerabilidad a la contaminación de Acuíferos



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Figura 5-81. Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.8.7 Modelo Hidrogeologico Conceptual

Un modelo hidrogeológico conceptual es una representación gráfica del sistema de flujo del agua subterránea que se realiza incorporando toda la información geológica e hidrogeológica disponible en un simple esquema del modelo a realizar (Anderson y Woesner, 1972). La primera fase consiste en elaborar un modelo conceptual definiendo la litología dominante, espesores, continuidades y estructuras de los acuíferos y de las unidades confinantes de manera que se puedan identificar los límites, las características y el comportamiento del acuífero a estudiar.

El conocimiento de las características fisiográficas, hidrográficas, climatológicas y geológicas de una región representa una condición indispensable para la construcción de un modelo hidrogeológico que involucre como elementos básicos la definición de la geometría de las unidades hidrogeológicas y de sus propiedades hidráulicas, la determinación de las redes de flujo, la estimación de la recarga y la evaluación de las condiciones de calidad de las aguas subterráneas. Los datos de que se disponga y la información que de ellos pueda extraerse representan los insumos para llevar a cabo un procedimiento de análisis que permita como resultado obtener el modelo deseado.

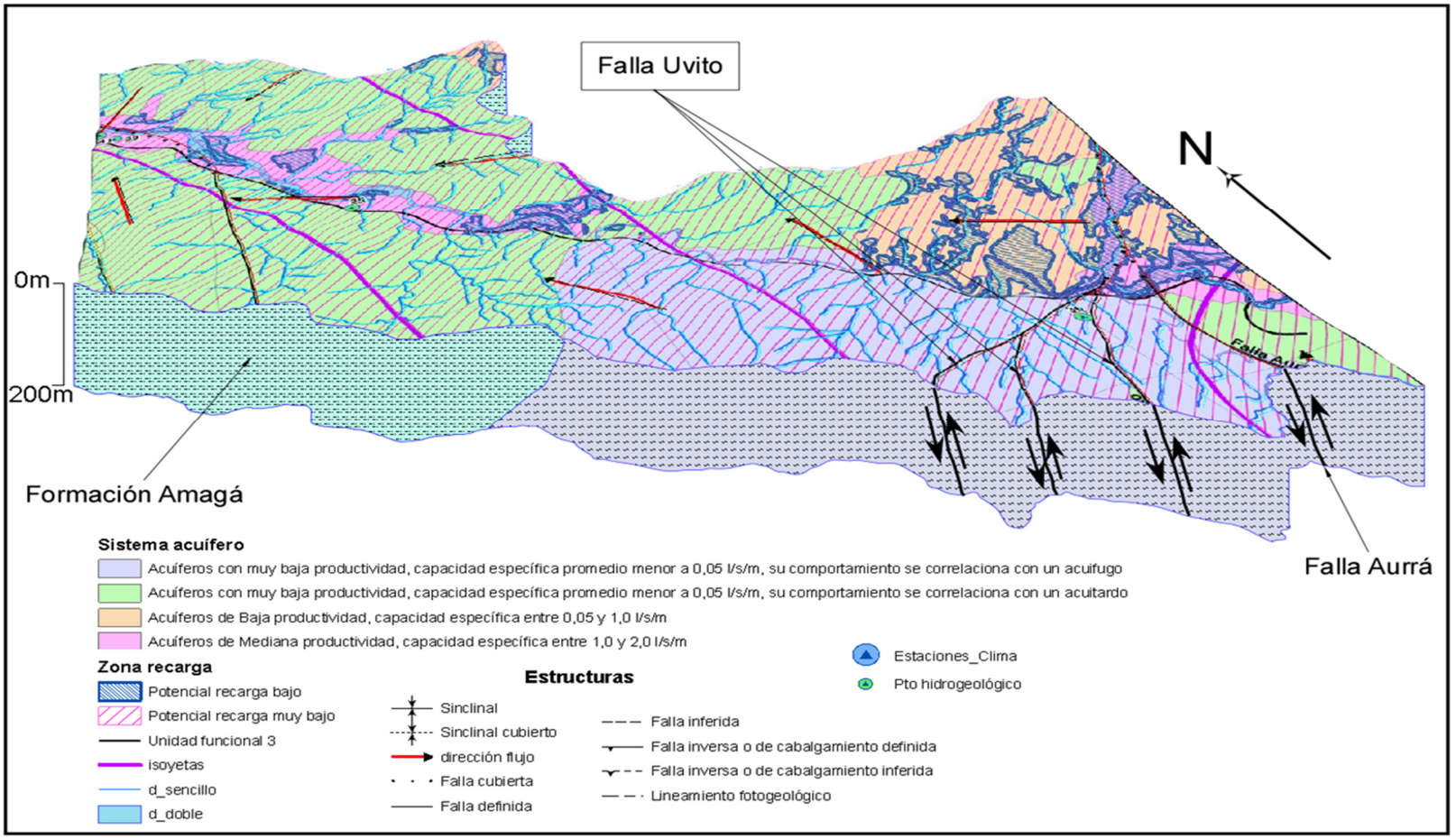
Datos e información Institutos como el Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, el de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y el de Geología Minería y Química, INGEOMINAS, registran dentro de sus centros de documentación información fundamental para la exploración hidrogeológica.

Con esta pre-visualización se logra identificar el sistema de flujo característico, el cual es esencial para entender el movimiento del agua a través del sistema hidrogeológico. Para realizar el modelo hidrogeológico conceptual es necesario obtener los siguientes insumos:

1. Cartografía geológica de superficie digitalizada y georeferenciada.
2. Modelo digital de Terreno para el polígono a modelar.
3. Datos estructurales de las unidades litológicas presentes en el área
4. Inventario de puntos de agua subterránea que incluya datos de profundidad del nivel freático y un muestreo y análisis fisicoquímico.
5. Direcciones de flujo del agua subterránea.
6. Definición de Zonas de recarga.

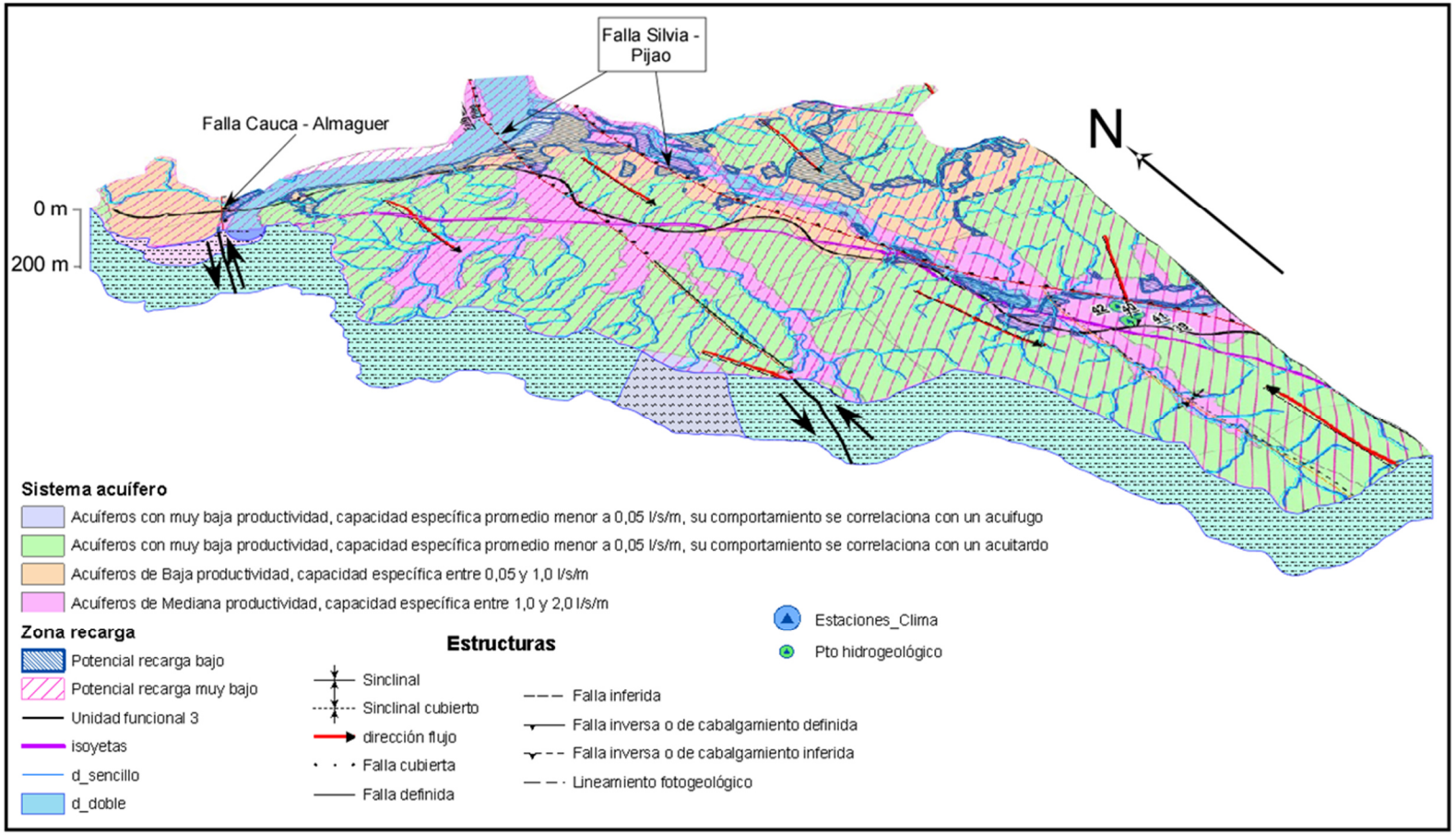
Se generaron modelos hidrogeológicos conceptuales para cada unidad funcional, en este sentido para la unidad funcional 2.1 se generaron dos (2) modelos hidrogeológicos (Ver Figura 5-82 y Figura 5-83).

Figura 5-82. Modelo hideogeológico UF 2.1 (primera parte)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Figura 5-83. Modelo hideogeológico UF 2.1 (Segunda parte).



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

5.1.9 Geotecnia

La zonificación geotécnica del área de influencia indirecta consiste en la división del terreno en zonas geotécnicamente homogéneas, calificadas de acuerdo con las condiciones de estabilidad que pueden afectar la construcción y operación de la vía, para lo cual en un ambiente SIG, se definieron áreas con características similares en cuanto a litología (geología), geomorfología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas, pendientes y morfodinámica.

Esta metodología incorpora dos factores detonantes, precipitación y amenaza sísmica, y se obtiene la amenaza relativa (zonificación geotécnica) a la ocurrencia de procesos erosivos y de remoción en masa, calificada desde muy baja a muy alta, de acuerdo con el esquema metodológico modificado de VARGAS (1999)[31], Figura 5-84.

Para el desarrollo del estudio, se adelantaron las siguientes etapas:

- Recopilación y análisis de información existente. En esta etapa de trabajo se realizó el análisis de la información existente que se incorporó al modelo de análisis (información topográfica e información temática).

- Elaboración del mapa base digital, escala 1:25.000 del IGAC; incluye curvas de nivel, drenajes, vías y zonas urbanas entre otras.

- Estudio de las variables geoambientales o factores del terreno. Análisis y cartografía de variables como geología, geomorfología, fallas, cobertura de la tierra, pendientes, morfodinámica, drenajes, precipitación y sismicidad.

- Implementación del SIG. Sobre el mapa base digital del área de influencia indirecta se digitalizó la información temática georreferenciada.

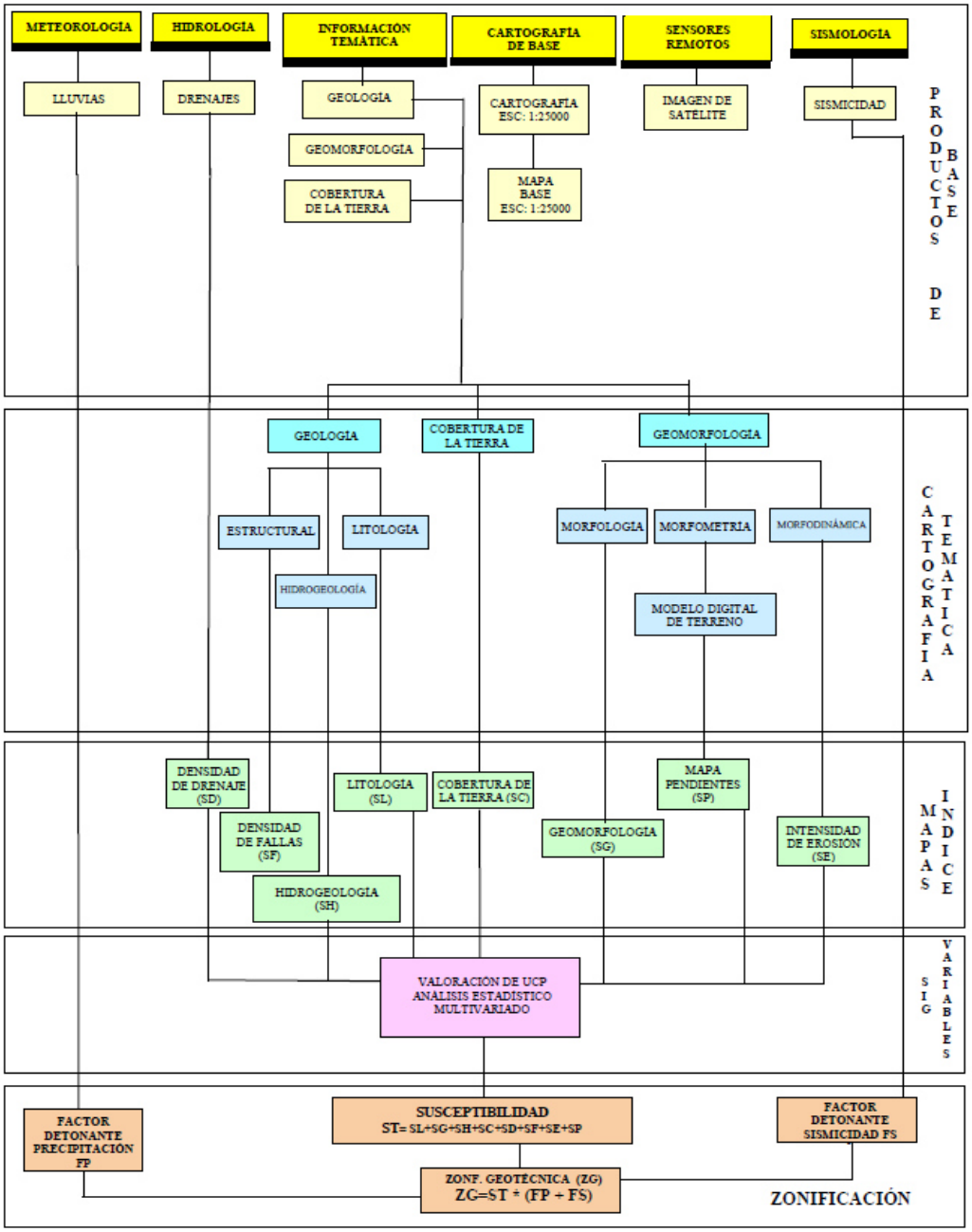
- Evaluación de variables. Se evaluó la información obtenida y se determinaron los pesos de las variables para la determinación de la estabilidad geotécnica.

- Modelación de susceptibilidad. Con base en la calificación semi cuantitativa de las Unidades Cartográficas de Parámetro (UCP), se realizó la modelación multivariada de variables en función de la susceptibilidad, para la obtención de la zonificación geotécnica. La susceptibilidad es el grado de propensión de un terreno a generar uno o varios procesos amenazantes.

[31] Estudio Geoambiental y Zonificación de Amenazas por Erosión y Remoción en Masa en la Cuenca del Río Teusacá. Sabana de Bogotá. Colombia. X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería. Sociedad Colombiana de Ingenieros, Santa Fe de Bogotá, D.C., Noviembre de 1999.

– Identificación de factores detonantes. Se consideraron como factores externos que pueden detonar procesos de remoción en masa, las variables de Precipitación y Amenaza Sísmica.

Figura 5-84. Diagrama metodológico para la obtención de la zonificación geotécnica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2015

La zonificación geotécnica se establece en cinco categorías, las cuales reflejan la conjugación de las variables incorporadas al análisis, incluyendo los factores intrínsecos de precipitación y sismicidad.

Para el análisis de las variables geoambientales, se estableció un criterio semi cuantitativo, donde se asignó a cada unidad de parámetro un valor de susceptibilidad de 1 a 5, como se presenta en la Tabla 5-85.

Tabla 5-85 Categoría y valores de susceptibilidad para el análisis de las variables

Categoría de susceptibilidad	Peso
Muy baja	1
Baja	2
Moderada	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2015

A continuación se presentan los resultados de valoración de Susceptibilidad para cada variable de análisis.

5.1.9.1 Modelación de Variables

Una vez establecidos semi cuantitativamente los diferentes valores de susceptibilidad para cada UCP en cada una de las ocho variables que se incorporaron al análisis, se obtuvieron los mapas de susceptibilidad temática. Este proceso se realizó en un formato raster en el cual cada UCP está conformada por un conjunto de pixeles de igual valor.

Este valor asociado a un atributo cartográfico (nombre de la unidad cartográfica de parámetro), se recodificó o se reemplazó en un SIG (ArcGis10), por el valor asignado en las tablas de susceptibilidad, de tal forma que las imágenes mapas de susceptibilidad temática resultantes representan un rango de valores entre 1 y 5. A continuación se presentan los valores de susceptibilidad para cada una de las variables.

5.1.9.1.1 Litología (SL)

Es uno de los principales factores a considerar en la determinación de la estabilidad, debido a que la génesis, composición y estructura de las rocas, incide en la susceptibilidad del terreno a la meteorización y desarrollo de procesos erosivos y/o procesos de remoción en masa. Para el caso de la zona de estudio, el área de influencia cruza por depósitos cuaternarios, de bajo grado de compactación, susceptibles al desarrollo de erosión en surcos y cárcavas; estos depósitos son considerados de alta susceptibilidad.

Tabla 5-86 Valores de susceptibilidad por litología

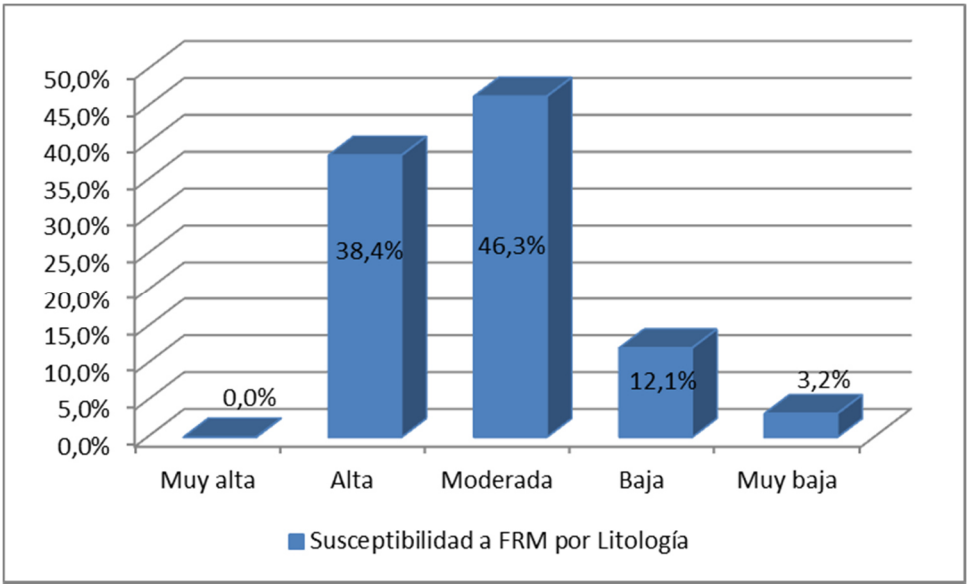
Símbolo	Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Descripción	Peso	Justificación
Qal	Depósitos Aluviales	Depósitos aluviales, sueltos, de composición de gravas a arenas.	4	Depósitos no consolidados, sueltos, susceptibles de procesos erosivos como surcos y cárcavas.
Qcal	Depósitos coluvio aluviales	Conformados por bloques angulares de roca, diámetro medio 2-5 cm, roca completamente meteorizada. Matriz arenosa suelta, bloques de roca (70%), color café claro.	4	Depósitos no consolidados de muy baja compactación, de matriz arenosa suelta, susceptibles erosión en surcos y cárcavas.
Qt0 Qt1	Terrazas aluviales	Materiales sueltos a medianamente sueltos, de composición variable desde gravas a arenas medias y finas.	4	Depósitos no consolidados, susceptibles de erosión en surcos y cárcavas.
Ngas Pgam Pgai	Formación Amagá	Ngas. Miembro superior. Areniscas bien cementadas, arcillas pizarrosas, localmente bancos delgados de conglomerados y carbón. Pgam. Miembro Medio. Arcillas pizarrosas, areniscas localmente conglomeráticas, mantos de carbón hasta 2m de espesor. Pgai. Miembro Inferior. Conglomerados, areniscas conglomeráticas, areniscas, arcillolitas arenosas, arcillolitas pizarrosas.	3	Depósitos sedimentarios generalmente bien cementados y compactos que le imprimen estabilidad, sin embargo, son susceptibles de erosión hídrica superficial (surcos, cárcavas).
KvQG	Complejo Quebradagrande Miembro volcánico	Capas delgadas estratificadas formando bancos mayores de 2 metros de liditas, lodolitas, grauvacas, intercaladas ocasionalmente por bancos de tobas silicificadas y conglomerados finos, localmente es bastante rica en materia orgánica.	2	Son rocas duras, compactas que en campo fueron observadas generalmente como rocas moderada a débilmente meteorizadas.

Símbolo	Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Descripción	Peso	Justificación
Tdp	Diorita de Pueblito	90% son rocas dioríticas compuestas de plagioclasa, hornblenda, piroxenos, en menor proporción cuarzo y biotita. Son comunes contactos fallados.	4	Por la abundancia de minerales máficos, de mayor facilidad para la meteorización y debido a la presencia de contactos fallados, se considera alta susceptibilidad a la meteorización y deterioro de la roca.
Pev	Grupo Ayurá Montebello	Pev. Esquistos verdes compuestos por alicita, epidota, clorita y actinolita. Metamorfismo regional de grado bajo a medio	4	Rocas metamórficas de estructura esquistosa principalmente, que le imprimen al terreno alta susceptibilidad a movimientos en masa, a través de planos de debilidad.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-85 se muestra que el 46,3% del área de influencia se ubica en rocas de susceptibilidad moderada a fenómenos de remoción en masa y corresponde principalmente al paso por rocas sedimentarias de la Formación Amagá (Pgai, Pgam, Ngas). El 38,4% es de alta susceptibilidad, y comprende el paso por depósitos cuaternarios (Qal, Qcal, Qt0, Qt1) y rocas intrusivas (Tdp) y Esquistos verdes (Pev).

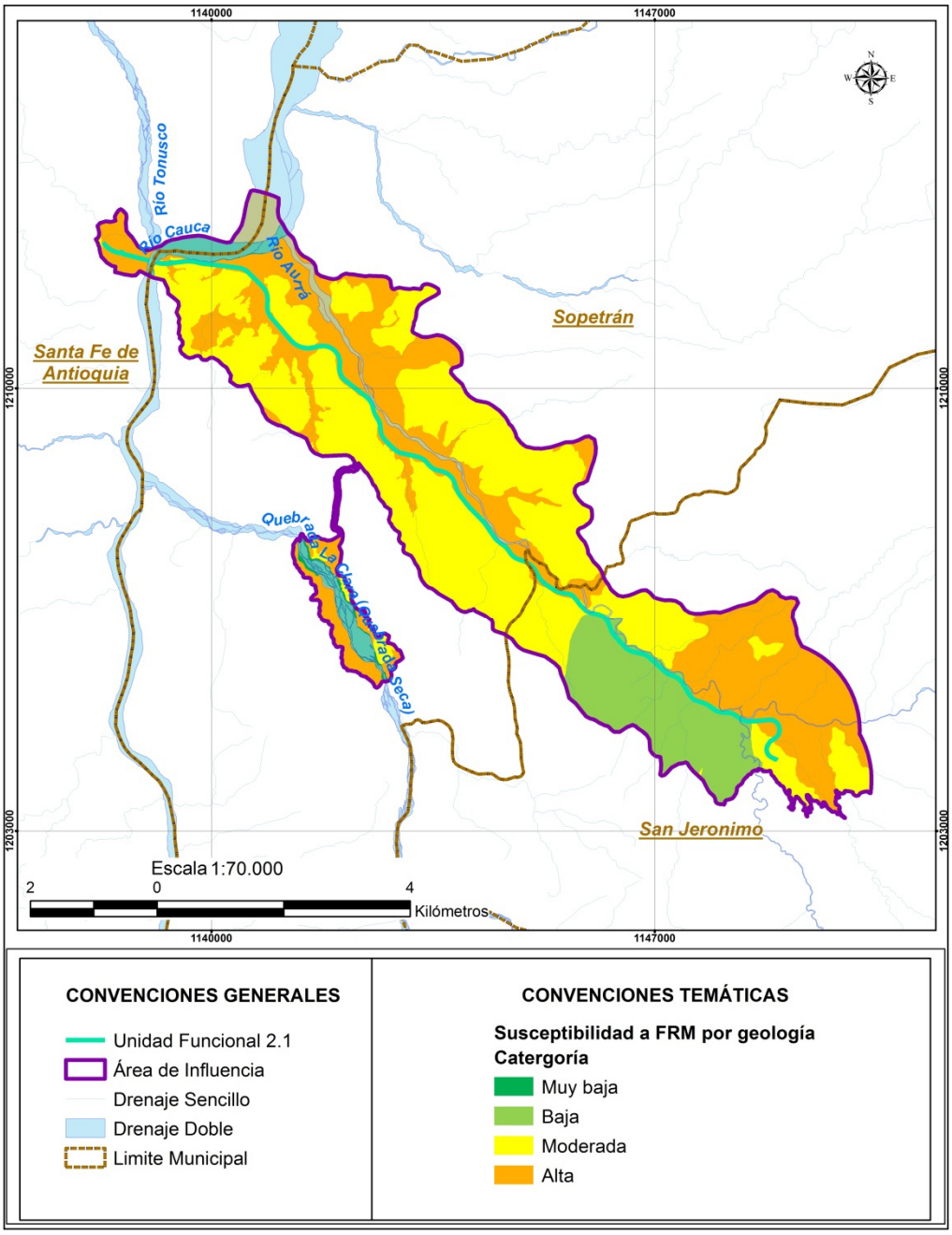
Figura 5-85 Susceptibilidad por litología



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-86 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masa para el área de influencia indirecta de acuerdo a la sectorización por litología.

Figura 5-86. Susceptibilidad por litología



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.2 Geomorfología (SG)

La calificación de susceptibilidad para las diferentes unidades geomorfológicas, se infiere sobre la base de dos factores que favorecen la remoción, los cuales corresponden a la

topografía, entendida como la pendiente del terreno y los aspectos edáficos, representados por los procesos erosivos de los suelos, que se presentan de forma generalizada o focalizada.

La remoción en masa incluye de forma integral un conjunto de factores adicionales que favorecen su generación, los cuales están relacionados con la naturaleza de los materiales, clima y vegetación; no son tenidos en cuenta para esta calificación de susceptibilidad desde esta perspectiva, pero implícitamente son evaluados desde otras temáticas que entran en concurso para la zonificación.

Con base en lo anterior y sobre la base de los dos factores caracterizados en las unidades geomorfológicas (pendiente del terreno y erosión), se estableció la susceptibilidad del área de influencia del proyecto frente a los procesos de remoción en masa.

Las unidades geomorfológicas calificadas de mayor susceptibilidad a movimientos en masa, corresponden a laderas y coluvios de remoción en paisajes de montañas, asociadas a potenciales deslizamientos. Las unidades geomorfológicas de susceptibilidad moderada están asociadas a paisajes lomeríos y laderas de paisajes de piedemonte, y a vegas inundables de los ríos de piedemonte, asociados a socavación de orillas. Las unidades geomorfológicas de baja a muy baja susceptibilidad son valles estrechos aluviales y coluvio aluviales y niveles de terrazas, en las diferentes unidades de paisaje delimitadas.

En la Tabla 5-87 se presenta la calificación de susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa, de acuerdo con las unidades geomorfológicas en el área de influencia indirecta.

Tabla 5-87 Valores de susceptibilidad por geomorfología

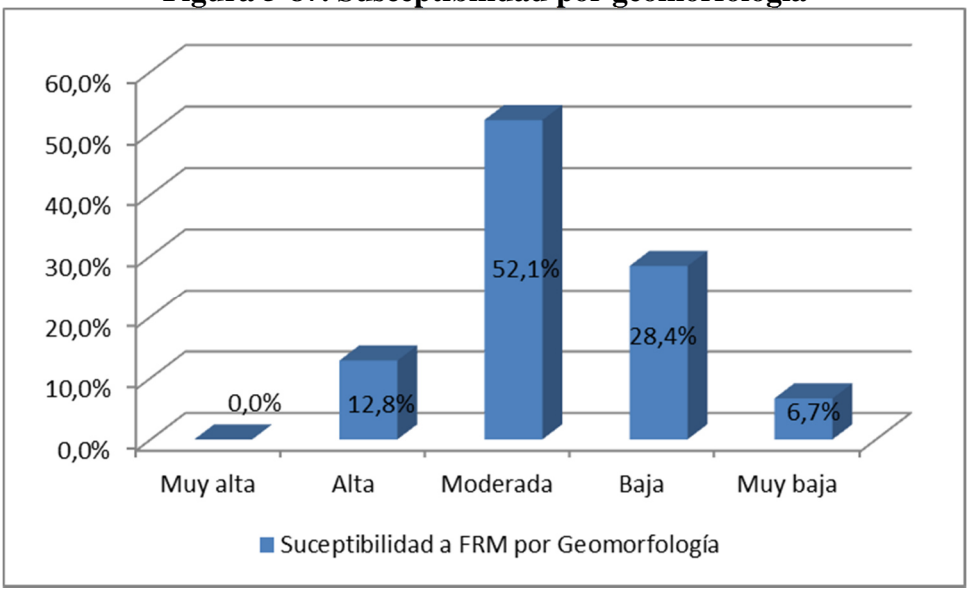
Símbolo	Unidad geomorfológica/ Subunidad geomorfológica	Componente geomorfológico	Peso
SDle	Montañas estructurales denudativas/ Espinazos	Ladera estructural	4
Dl	Montañas denudativas	Laderas	4
DSlo	Piedemonte/Lomas y colinas	Lomerío	3
DSle		Laderas estructurales	3
FAaa	Piedemonte/Abanicos aluviales	Cuerpo y base de abanico aluvial	2
Ft0 Ft1	Piedemonte/Terrazas aluviales	Nivel de terraza 0 Nivel de terraza 1	1
Fve	Piedemonte/Valle aluvial	Valle estrecho aluvial	2
Fvi		Vega inundable	3
Fba		Basines	2
Fsv		Sobre vega	2

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

La Figura 5-87 muestra que el 52,1% del área de influencia se localiza en terrenos de

susceptibilidad moderada, corresponde a lomas y colinas y laderas en paisaje de piedemonte y vega inundable aluvial. El 12,8% es de alta susceptibilidad y corresponde a espinazos en paisaje de montañas estructurales denudativas y laderas estructurales en lomas y colinas.

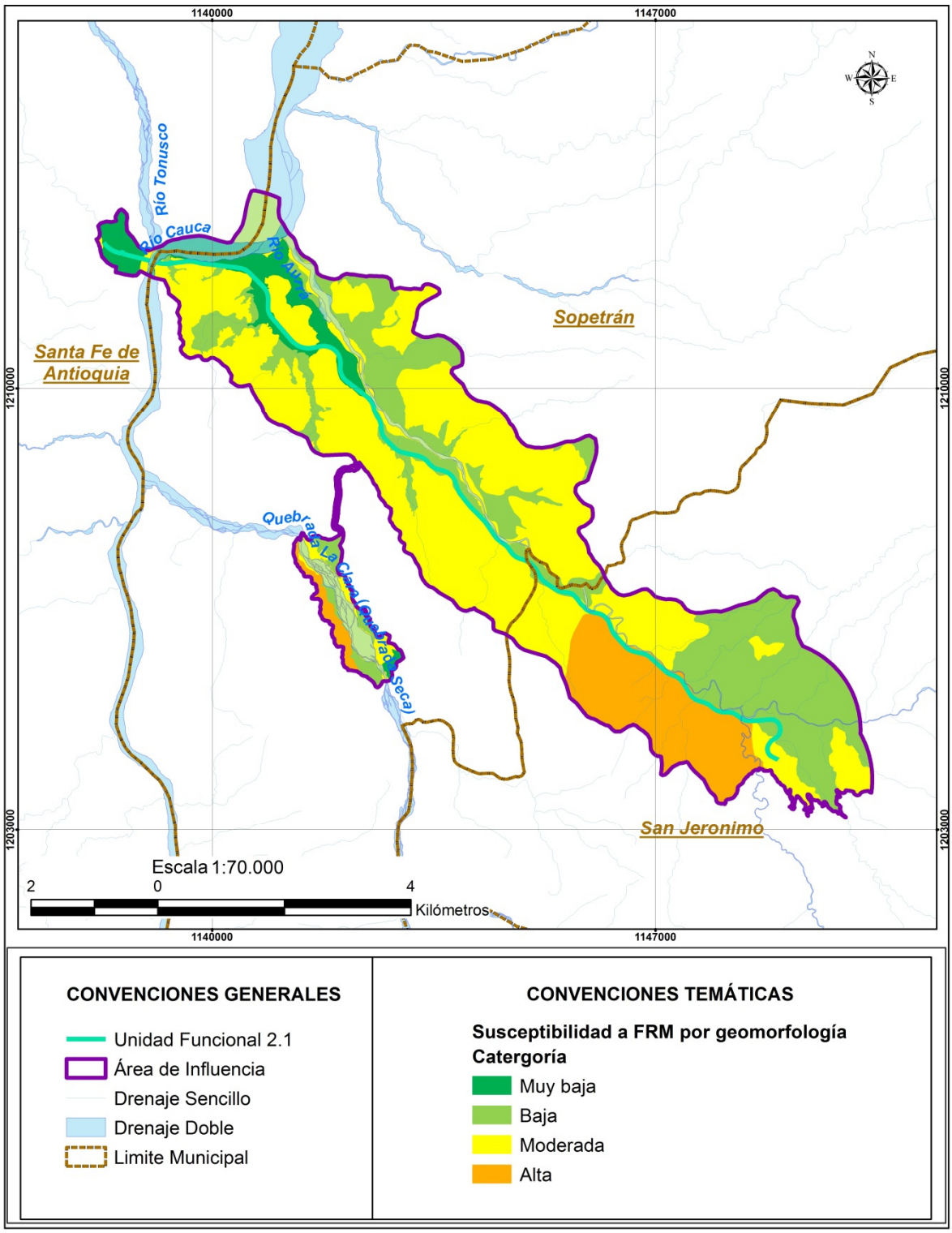
Figura 5-87. Susceptibilidad por geomorfologia



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-88 se presenta el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por geomorfología. En esta figura se identifica las unidades de Montañas son las valoradas de alta susceptibilidad a movimientos en masa, y las unidades de Piedemonte varían entre susceptibilidad moderada y baja.

Figura 5-88. Susceptibilidad por geomorfología



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.3 Hidrogeología (SH)

Las diferentes unidades litológicas se agrupan conformando unidades hidrogeológicas de acuerdo con su productividad, capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas. De acuerdo con esto se han clasificado las unidades hidrogeológicas por su susceptibilidad para generar procesos de remoción en masa.

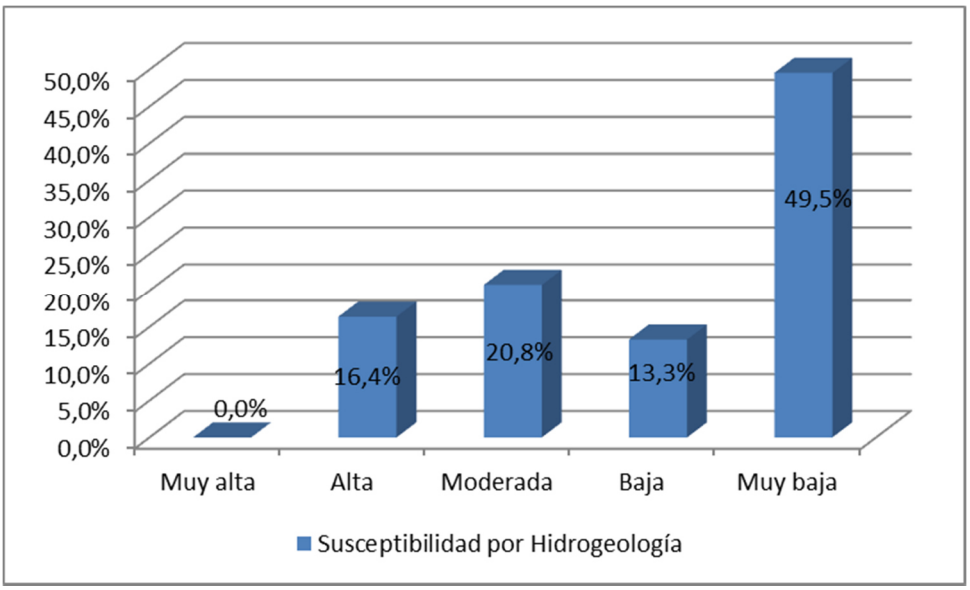
Tabla 5-88. Valores de susceptibilidad por hidrogeología

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)		Peso
Acuíferos con porosidad primaria de Mediana productividad, capacidad específica entre 1,0 y 2,0 l/s/m	Qal (Depósitos Aluviales)	4
Acuíferos con porosidad primaria, Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Depósitos Coluvioaluviales (Qcal)	3
	Terrazas aluviales (Qt0, Qt1)	
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea, Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un Acuitardo	Miembro Superior, Formación Amaga (Ngas)	1
	Miembro Medio, Formación Amaga (Pgam)	
	Miembro Inferior, Formación Amaga (Pgai)	
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea, Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, su comportamiento se correlaciona con un Acuifugo	Formación Qebradagrande Miembro volcánico (KvQG)	2
	Diorita de Pueblito (Tdp)	
	Grupo Ayurá Montebello (Pev)	

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-89 se muestra que la susceptibilidad a movimientos en masa por la variable hidrogeología, tiene baja a muy baja influencia en el área de estudio. El 49,5% del área de influencia es de muy baja susceptibilidad, el 13,3% es de baja susceptibilidad, el 20,8% es moderada y solo el 16,4% es considerado de alta susceptibilidad, y se presenta en depósitos aluviales, evaluados como acuíferos de porosidad primaria y mediana productividad.

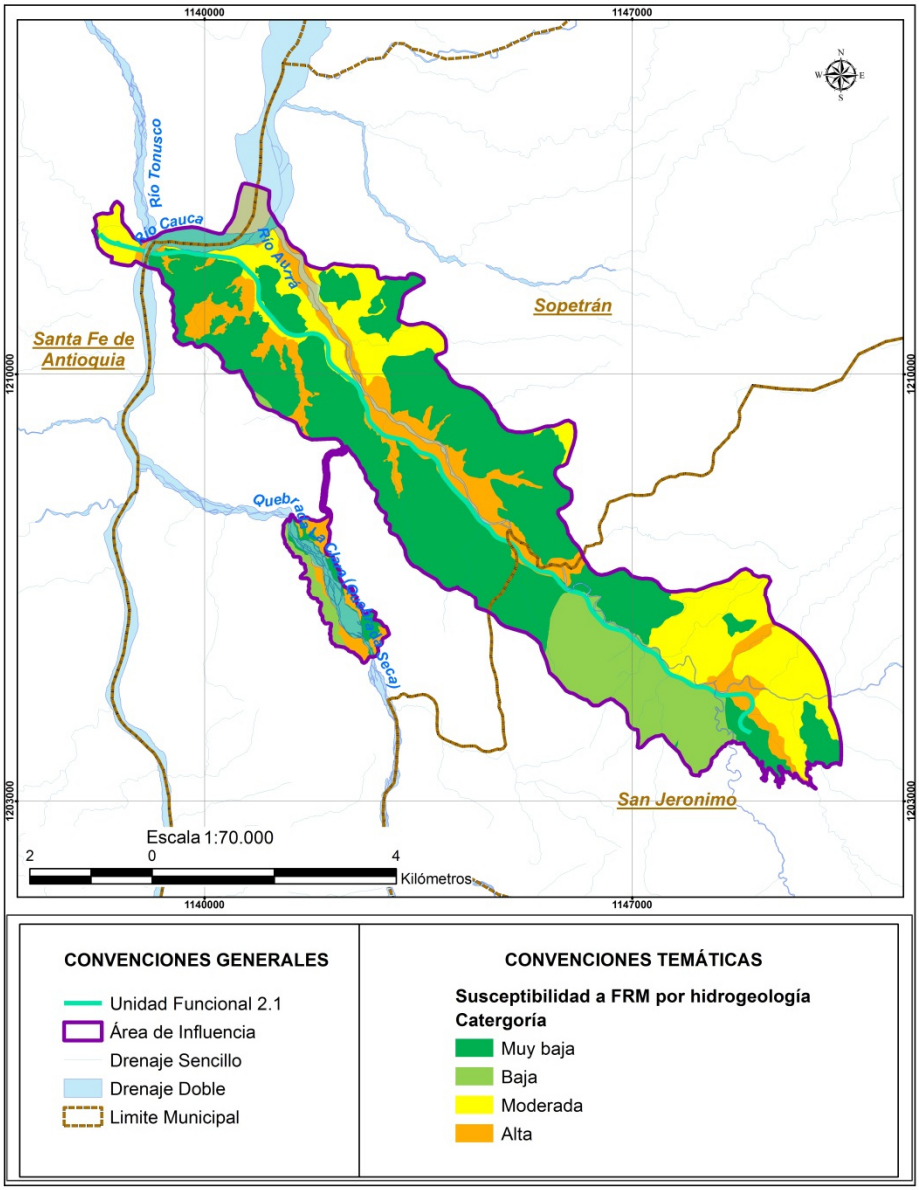
Figura 5-89. Susceptibilidad por hidrogeología



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-90 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo con la variable hidrogeología.

Figura 5-90. Susceptibilidad por hidrogeología



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.4 Cobertura de la tierra (SC)

Las coberturas vegetales son elementos naturales de protección del suelo contra la erosión; según Roldan (2.005; citado por Lianes, 2.008), la vegetación juega un papel muy importante en el proceso de erosión hídrica, pues controla la energía de las gotas de lluvia, mejora la capacidad de infiltración del suelo y disminuye la escorrentía. Los componentes aéreos como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de esta manera, su efecto es menor que si actuaran directamente

sobre el suelo.

De igual forma, los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo (Morgan, 1.997; citado por Lianes, 2.008); de este modo, la cantidad y calidad de la cobertura vegetal (protección vertical) disminuye notablemente los procesos erosivos (Marchamalo, 2.004; citado por Lianes, 2.008).

Por lo anterior, zonas que presentan coberturas de bosque, vegetación secundaria alta y baja y arbustal denso, muestran más estabilidad del relieve y menor susceptibilidad a procesos erosivos y de remoción en masa, que otras coberturas como pastos, cultivos o mosaicos de cultivos, que dadas las inadecuadas prácticas agropecuarias, dadas por remoción y labranza continua del suelo no cuentan con una vegetación o es muy débil que sirva de capa protectora o amortiguadora entre la atmosfera y el suelo.

Tabla 5-89 Valores de susceptibilidad por cobertura de la tierra

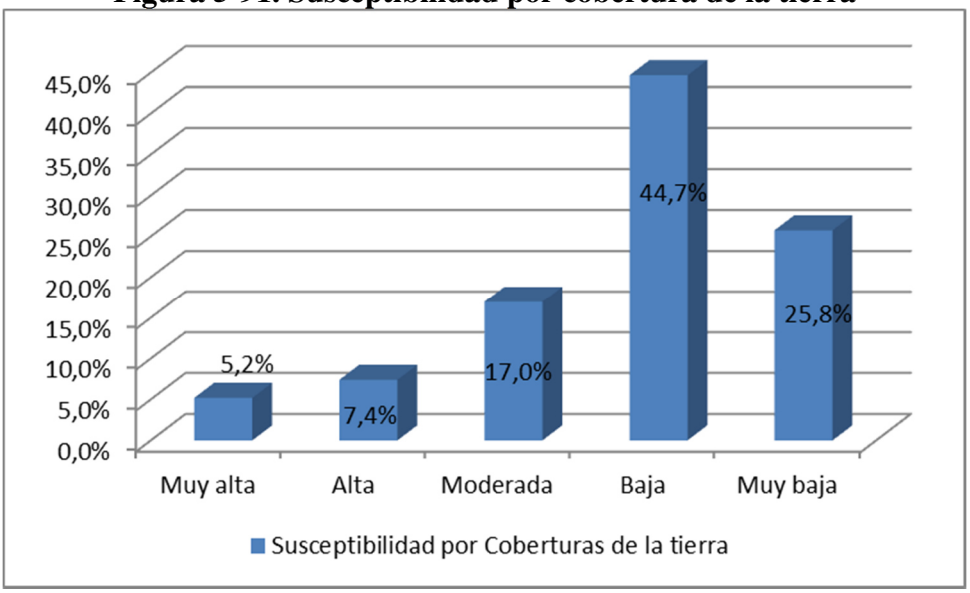
Código	Símbolo	Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Peso	Área	
				ha	%
3132	Bf	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1	20,97	0,6
314	Bg	Bosque de galería	1	411,16	12,0
3231	Vsa	Vegetación secundaria alta	1	100,12	2,9
3232	Vsb	Vegetación secundaria baja	1	132,94	3,9
3311	Py	Playas	1	0,8	0,02
3312	Ar	Arenales	1	41,0	1,2
511	Ríos	Ríos	1	157,48	4,6
514	Caa	Cuerpos de agua artificiales	1	17,95	0,5
111	Tuc	Tejido urbano continuo	2	180,17	5,3
112	Tud	Tejido urbano discontinuo	2	34,33	1,0
1131	Vrd	Vivienda rural dispersa	2	30,47	0,9
1132	Vrn	Vivienda rural nucleada	2	161,89	4,7
131	Zem	Zonas de extracción minera	2	4,75	0,1
32211	Ada	Arbustal denso alto	2	417,15	12,2
32212	Adb	Arbustal denso bajo	2	89,54	2,6
32221	Aae	Arbustal abierto esclerófilo	2	611,88	17,9
122111	Vía	Vía pavimentada	3	0,73	0,02
2441	Mpea	Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos	3	8,91	0,3
321113	Hd	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	3	571,73	16,7
1315	Emc	Explotación de materias de construcción	4	62,31	1,8
232	Pa	Pastos arbolados	4	135,85	4,0
233	Pe	Pastos enmalezados	4	30,98	0,9

Código	Símbolo	Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Peso	Área	
				ha	%
244	Mpe	Mosaico de pastos con espacios naturales	4	13,28	0,4
2442	Mpear	Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos	4	10,89	0,3
3332	Rm	Remoción en masa	5	5,79	0,2
231	Pl	Pastos limpios	5	165,67	4,8
241	Mc	Mosaico de cultivos	5	1,67	0,05
242	Mpc	Mosaico de pastos y cultivos	5	4,80	0,1
TOTAL				**3.425,29**	**100,0**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La Figura 5-91 muestra que el 44,8% del área de influencia se ubica en coberturas de baja susceptibilidad a fenómenos en masa, el 25,8% en coberturas de muy baja susceptibilidad, el 17,0% en coberturas de susceptibilidad moderada y el 12,6% es de susceptibilidad alta y muy alta.

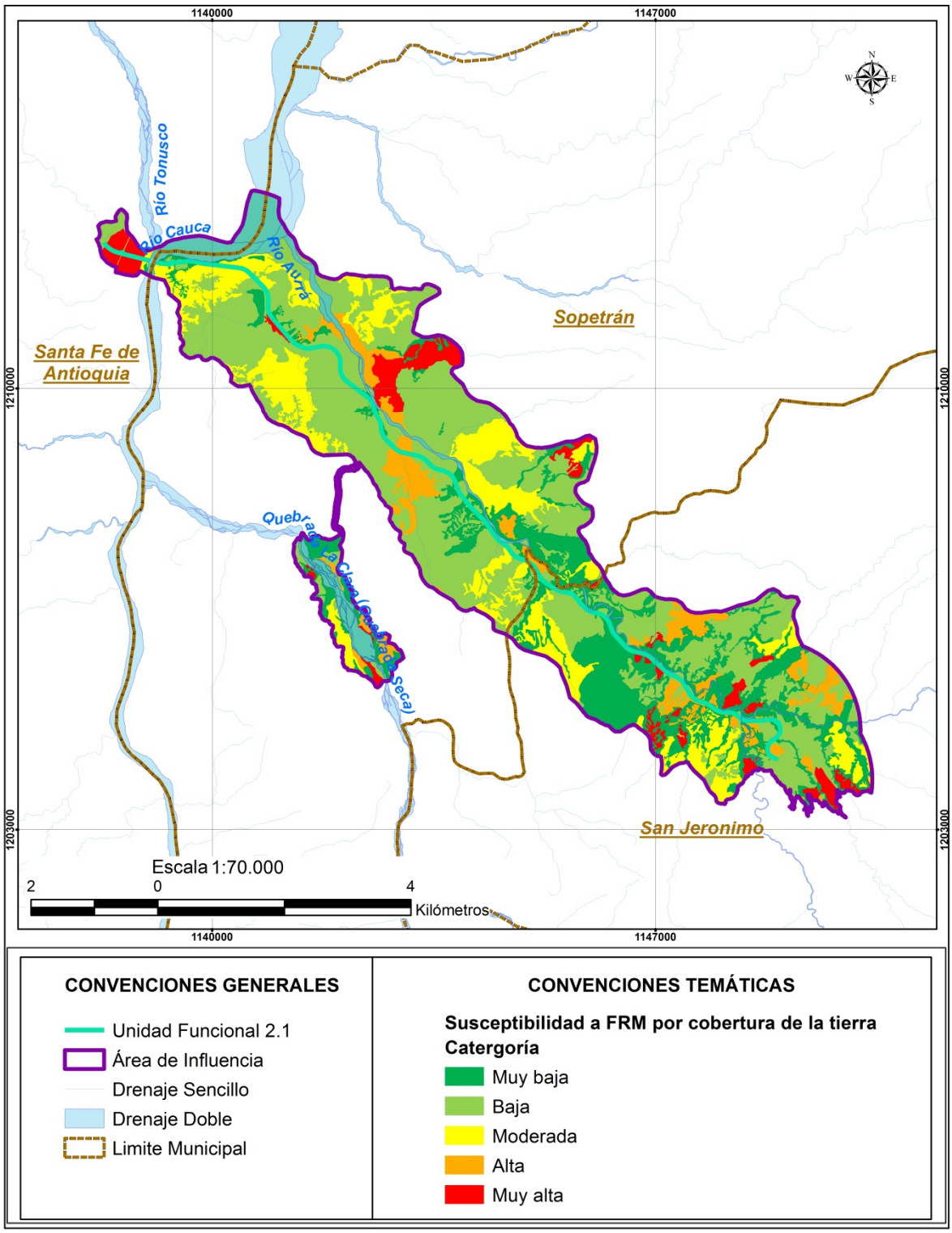
Figura 5-91. Susceptibilidad por cobertura de la tierra



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-92 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y procesos de remoción en masa para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por cobertura de la tierra.

Figura 5-92. Mapa de susceptibilidad por cobertura de la tierra



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.5 Densidad de drenajes (SD)

El cálculo de densidad de drenaje se realizó mediante el procesamiento de la red de drenaje en SIG; se hizo el cálculo de la densidad de drenajes por unidad de área (m/m²), estableciendo un radio de influencia de 1000m. El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías de la siguiente manera (ver Tabla 5-90).

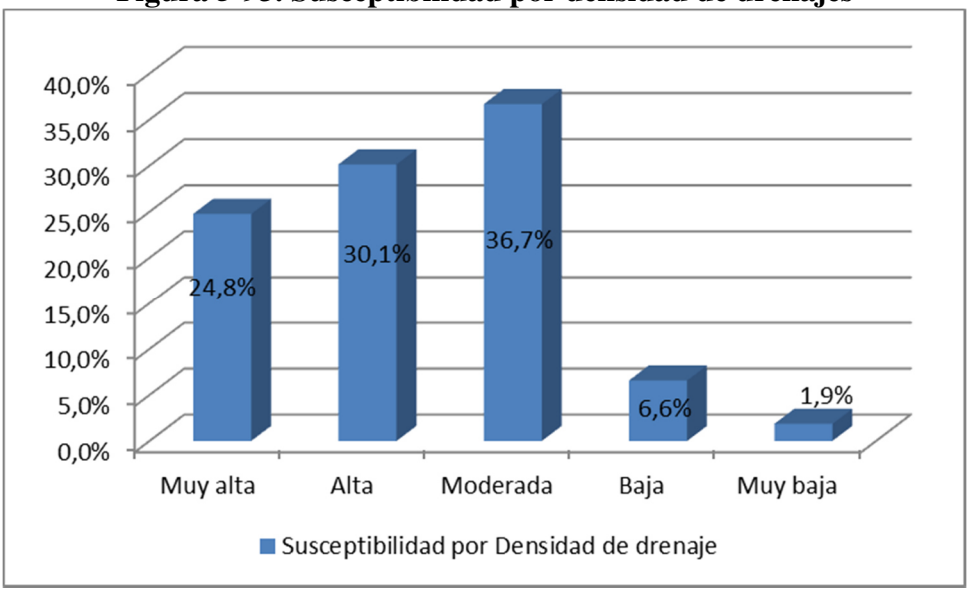
Tabla 5-90 Valores de susceptibilidad por densidad de drenajes

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP) (m/m²)	Peso
0 – 0,002	1
0,002 – 0,003	2
0,003 – 0,005	3
0,005 – 0,007	4
0,007 – 0,008236	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-93 se muestra que el 54,9% del área de influencia presenta alta a muy alta susceptibilidad a fenómenos de remoción por densidad de drenajes, el 36,7% es de susceptibilidad moderada y el 8,5% es de susceptibilidad baja y muy baja.

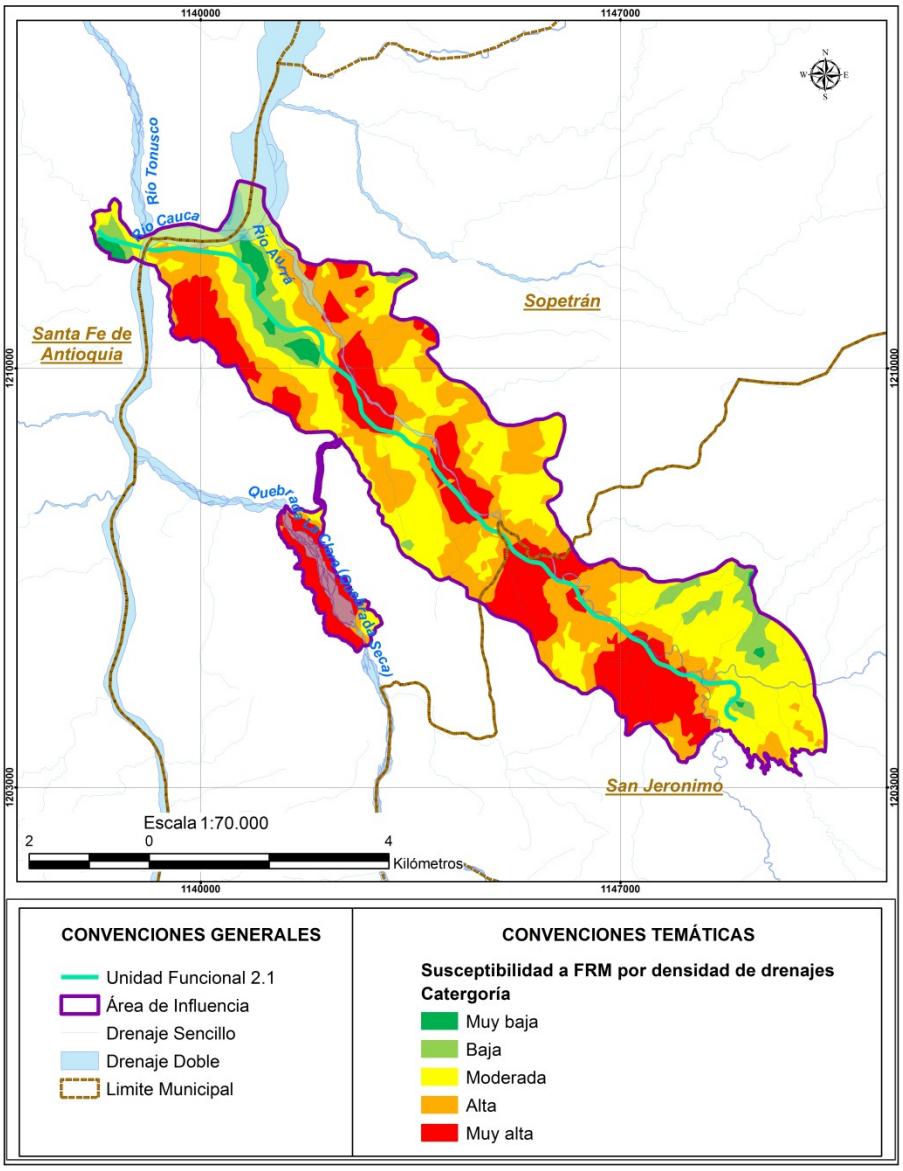
Figura 5-93. Susceptibilidad por densidad de drenajes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-94 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masas para el área de influencia de acuerdocon la sectorización por densidad de drenajes.

Figura 5-94. Mapa de susceptibilidad por densidad de drenajes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.6 Densidad de Fallas (SF)

El estado de fracturación de las rocas depende de la presencia y magnitud de las fallas geológicas, fracturas y sistemas de diaclasamiento; las cuales permiten en los macizos rocosos el desarrollo de procesos de meteorización de las rocas, y desarrollo de zonas de

debilidad de las mismas, que las hacen más susceptibles a fallamiento e inestabilización del terreno. Para la calificación en el análisis de susceptibilidad se consideraron los rasgos estructurales que afectan la zona de estudio reportados en la cartografía de INGEOMINAS y en la cartografía de U.S. Geological Survey (USGS).

La calificación se estableció dando el valor de baja susceptibilidad a rasgos estructurales identificados como inciertos o cubiertos, susceptibilidad moderada para estructuras inferidas y susceptibilidad alta para las estructuras identificadas como definidas. En la Tabla 5-91 se muestra las calificaciones dadas a las respectivas tipos de fallas.

Tabla 5-91 Ponderación de fallas según su tipo

Tipo de fallas	Ponderación
Falla cubierta	2
Falla definida	4
Falla inferida	3
Falla inversa o de cabalgamiento definida	4
Falla inversa o de cabalgamiento inferida	3
Lineamiento fotogeológico	2

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Posteriormente, mediante el procesamiento de la información en SIG se hizo el cálculo de la densidad de fallas por unidad de área (m/m²), estableciendo un radio de influencia de 1 km. El resultado de esta operación permitió clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías de la siguiente manera.

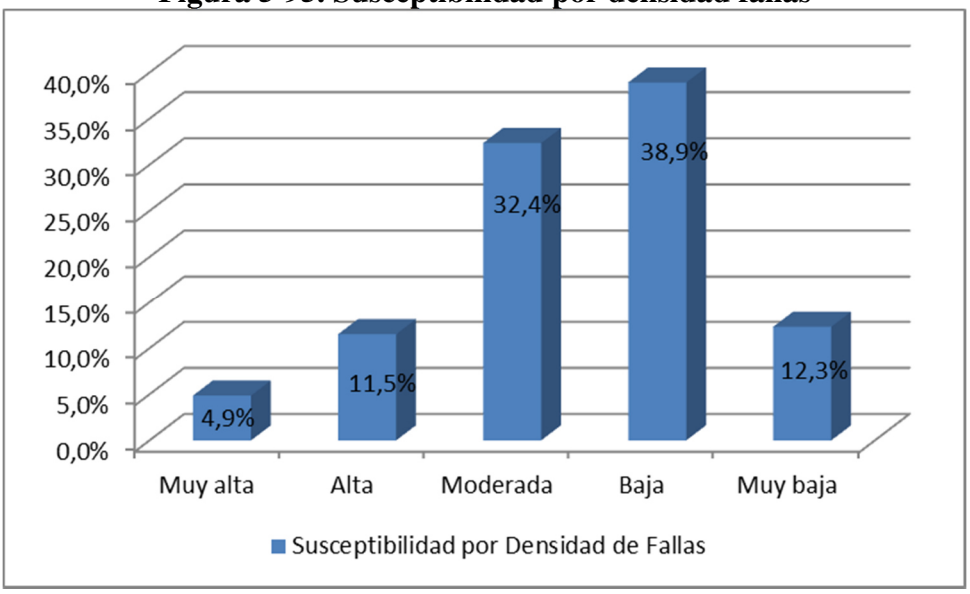
Tabla 5-92 Valores de susceptibilidad por densidad de fallas

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP) (m/m²)	Peso
0 - 0,0019	1
0,0019 - 0,0032	2
0,0032 -0,0057	3
0,0057-0,0076	4
0,0076 - 0,008602	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-95 se muestra que el 32,4% del área de influencia es de moderada susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por esta variable, el 51,2% de baja a muy baja susceptibilidad y el 16,4% de alta a muy alta susceptibilidad.

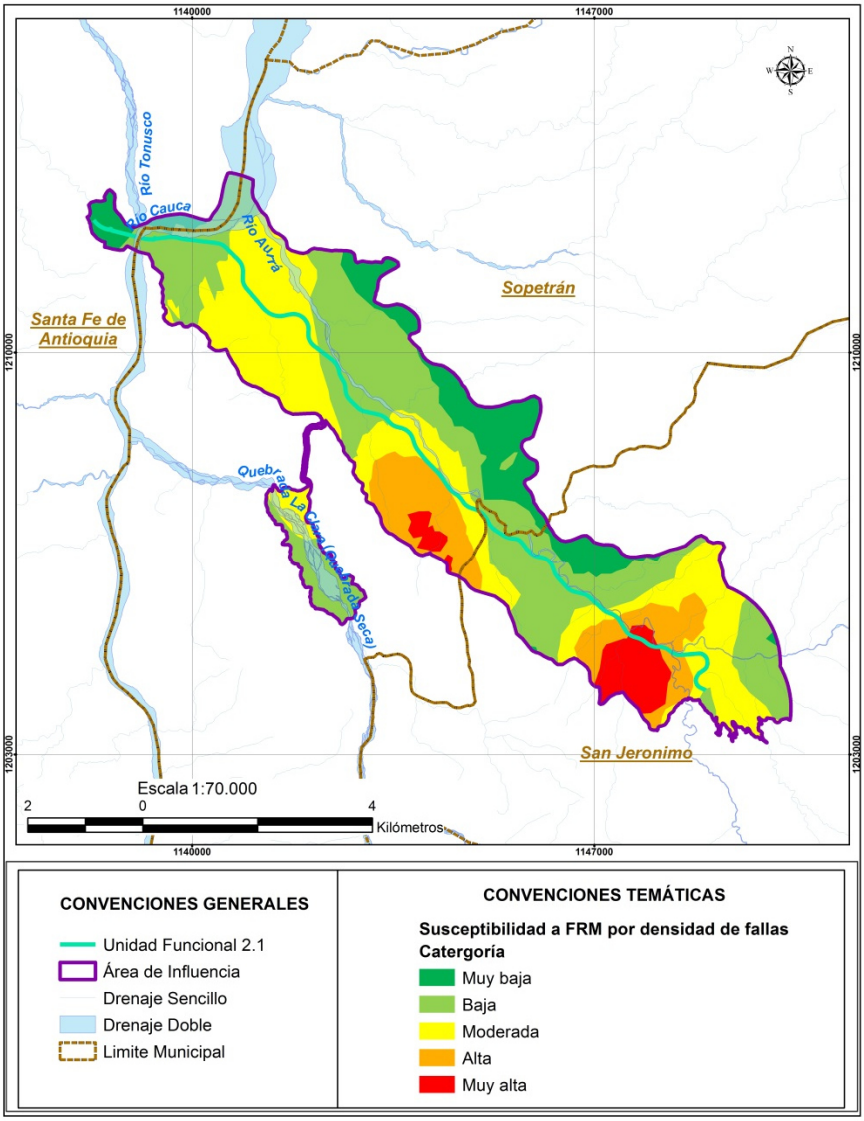
Figura 5-95. Susceptibilidad por densidad fallas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-96 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masa para el área de influencia indirecta de acuerdo con la sectorización por densidad de fallas.

Figura 5-96. Mapa de susceptibilidad por densidad de fallas



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.7 Pendientes (SP)

El grado de inclinación de las laderas naturales, favorece o disminuye la resistencia al corte de los diferentes materiales que conforman los taludes sobre el área de influencia del proyecto. Se establecieron cinco categorías, donde a las pendientes escarpadas y muy escarpadas se les asignó el peso más alto, mientras que a los terrenos ligeramente planos y planos se les asignó el peso más bajo.

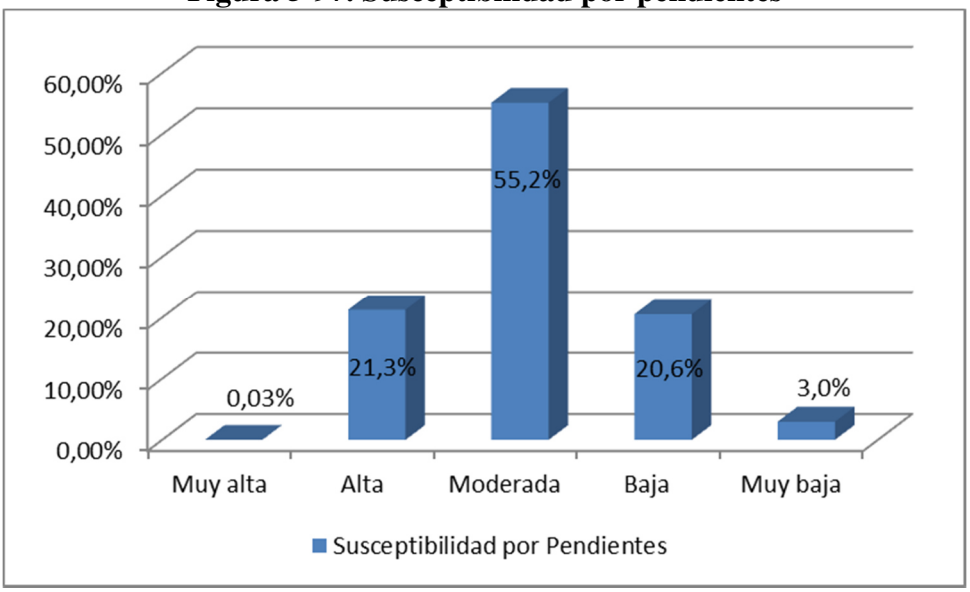
Tabla 5-93 Valores de susceptibilidad por pendientes

Unidad Cartográfica de Parámetro		Peso
0-1%	Plano	1
1-3%	Plano a Ligeramente Plano	1
3-7%	Ligeramente Inclinado	2
7 -12%	Moderadamente Inclinado	3
12 - 25%	Fuertemente Inclinado	3
25 -50%	Ligeramente Escarpado o Ligeramente Empinado	4
50-75%	Moderadamente Escarpado o Moderadamente Empinado	4
75-100%	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2015

En la Figura 5-97 se muestra que el 55,2% del área de influencia es de susceptibilidad moderada a fenómenos de remoción en masa, el 21,3% es de alta susceptibilidad, el 23,6% es de baja y muy baja susceptibilidad.

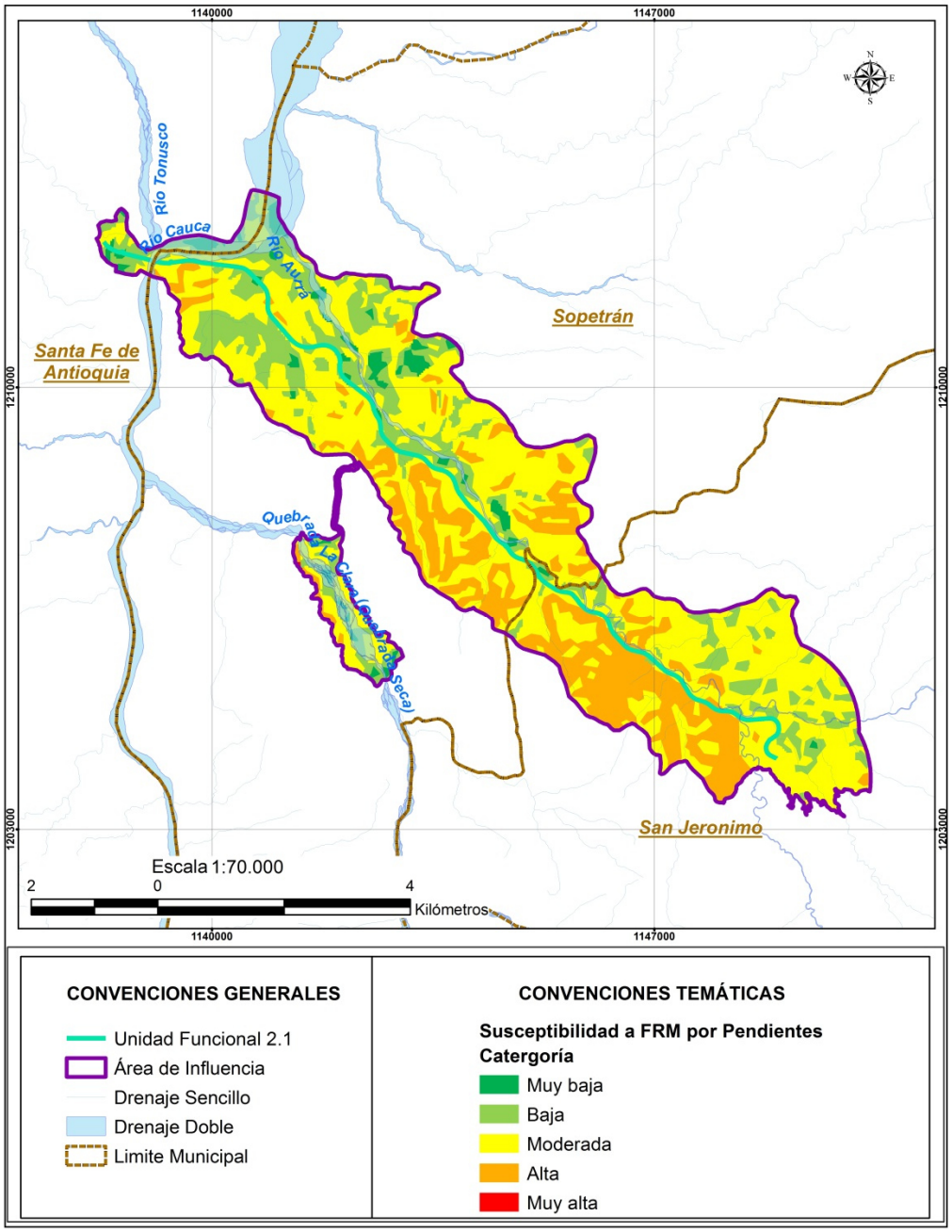
Figura 5-97. Susceptibilidad por pendientes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-98 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masas para el área de influencia indirecta de acuerdo con la sectorización por pendientes.

Figura 5-98. Mapa de susceptibilidad por pendientes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.9.1.8 Morfodinámica (SE)

Mediante la interpretación de ortofotomapa (2015) y trabajo de campo realizado en el área de influencia de la vía, se realizó la cartografía de procesos erosivos y procesos de remoción en masa; esto permitió establecer áreas y tipos de procesos erosivos que

caracterizan el área de influencia. Para la evaluación de morfodinámica se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Interpretación de ortofotomapa (2015)

- Trabajo de campo. Recorridos de campo en el área de influencia e inventario de procesos morfodinámicos, debidamente georreferenciados.

- Para la cartografía de los procesos erosivos asociados a sobrepastoreo (pisadas de ganado), suelos desnudos, deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, se obtuvieron unidades de área. A los procesos erosivos cartografiados como surcos y cárcavas, se les aplicó un buffer de 20m, que corresponde a las áreas potencialmente afectadas por estos procesos morfodinámicos.

Los procesos erosivos de mayor afectación son deslizamientos activos y cicatrices de deslizamientos, en paisajes de montaña y en el piedemonte disminuyen estos fenómenos de remoción en masa y se presentan en mayor proporción, erosión en patas de vaca y suelos desnudos. Los deslizamientos cartografiados se evaluaron como se observa en la Tabla 5-94.

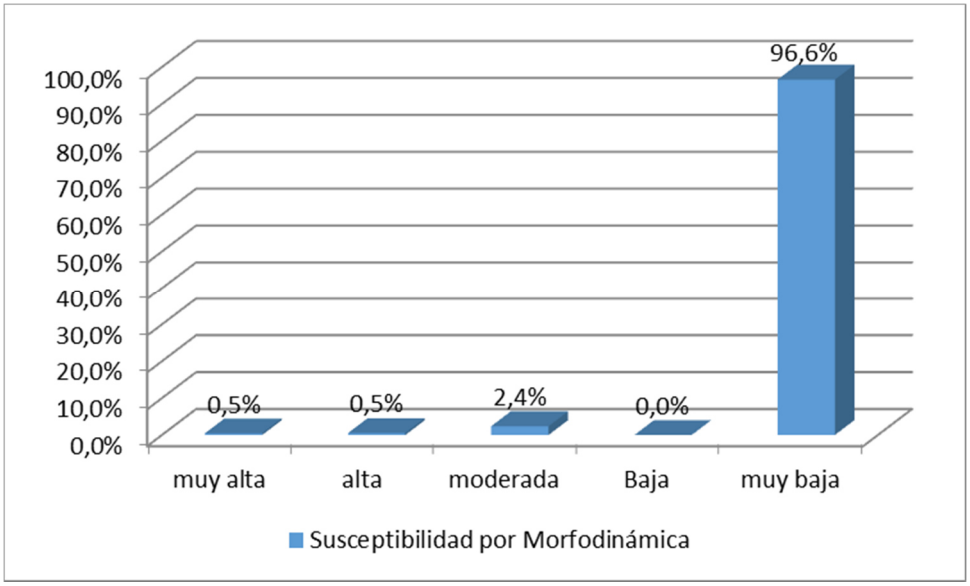
Tabla 5-94 Susceptibilidad de procesos morfodinámicos

Procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa	Peso
Deslizamiento activo	5
Cicatriz de deslizamiento	4
Erosión en surcos grado moderado	4
Erosión en surcos grado severo	5
Erosión en cárcavas grado moderado	4
Erosión en cárcavas grado severo	5
Sobrepastoreo (patas de vaca) grado moderado	3
Sobrepastoreo (patas de vaca) grado severo	5
Suelos desnudos	3

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-99 se muestra que el 1% del área de influencia presenta susceptibilidad muy alta y alta a movimientos en masa y el 2,4% es de susceptibilidad moderada.

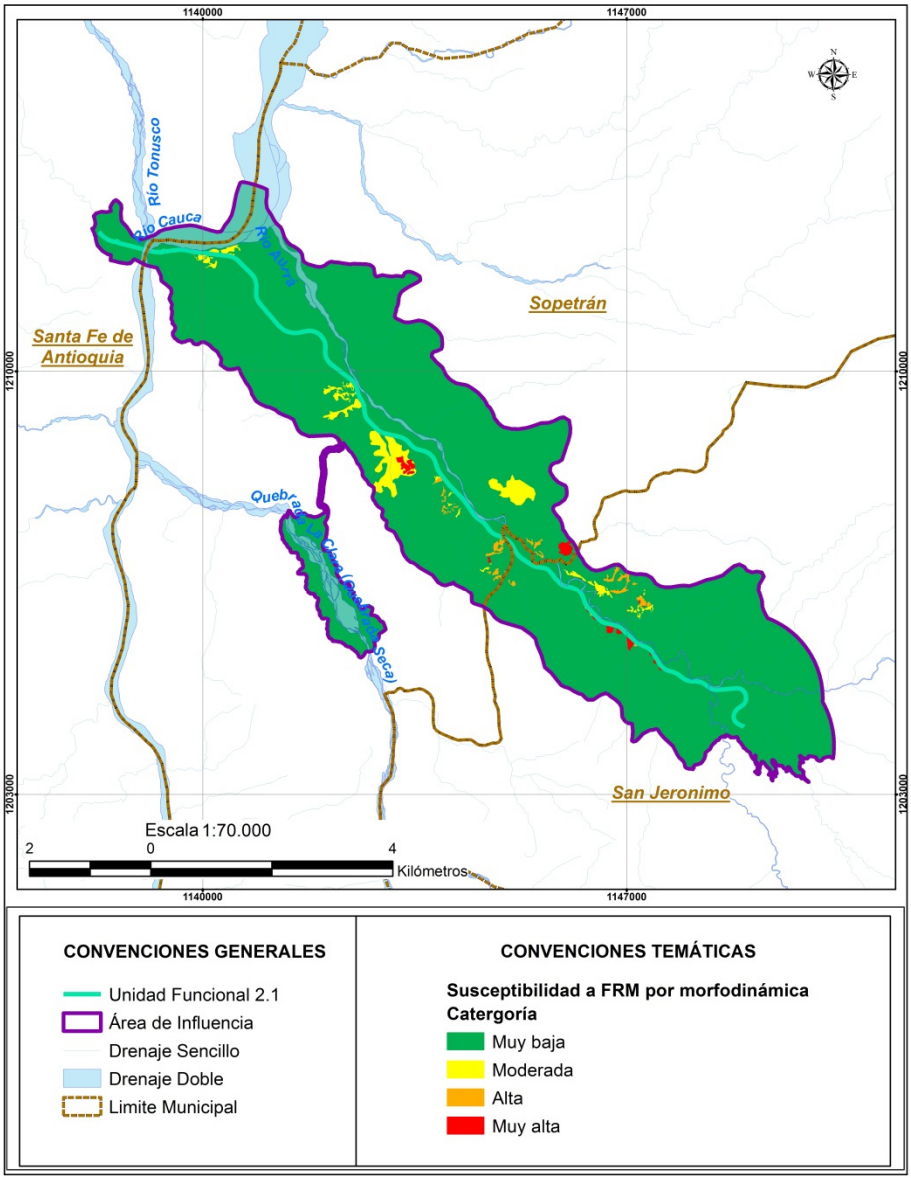
Figura 5-99. Susceptibilidad por morfodinámica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-100 se presenta el mapa de susceptibilidad a los procesos erosivos y los procesos de remoción en masas para el área de influencia de acuerdo con la sectorización por morfodinámica.

Figura 5-100. Mapa de susceptibilidad por morfodinámica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.1.9 Susceptibilidad General del Terreno (ST)

Durante el proceso de evaluación de la amenaza por procesos erosivos y de remoción en masa, se elaboró un mapa de susceptibilidad general del terreno mediante un análisis estadístico multivariado (Sistema de Evaluación Numérica), en el cual son sumados digitalmente los ocho mapas de susceptibilidad (Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información), que representan los factores intrínsecos que condicionan la generación y reactivación de estos procesos. Este procedimiento se realizó utilizando el

SIG ArcGis10, así:

$$ST = SL + SG + SH + SC + SD + SF + SP + SE$$

Dónde:
ST = Susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.
SL = Susceptibilidad del parámetro litología.
SG = Susceptibilidad del parámetro geomorfología.
SH = Susceptibilidad del parámetro hidrogeología.
SC = Susceptibilidad del parámetro cobertura de la tierra.
SD = Susceptibilidad del parámetro densidad de drenajes.
SF = Susceptibilidad del parámetro densidad de fallas.
SP = Susceptibilidad del parámetro pendiente.
SE = Susceptibilidad del parámetro morfodinámica.

Teniendo en cuenta que existen ocho variables de análisis, los valores sumatorios varían entre 9 y 30, por lo cual se establecen los siguientes intervalos para la categorización del mapa de susceptibilidad general del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa, como se muestra a continuación en la Tabla 5-95.

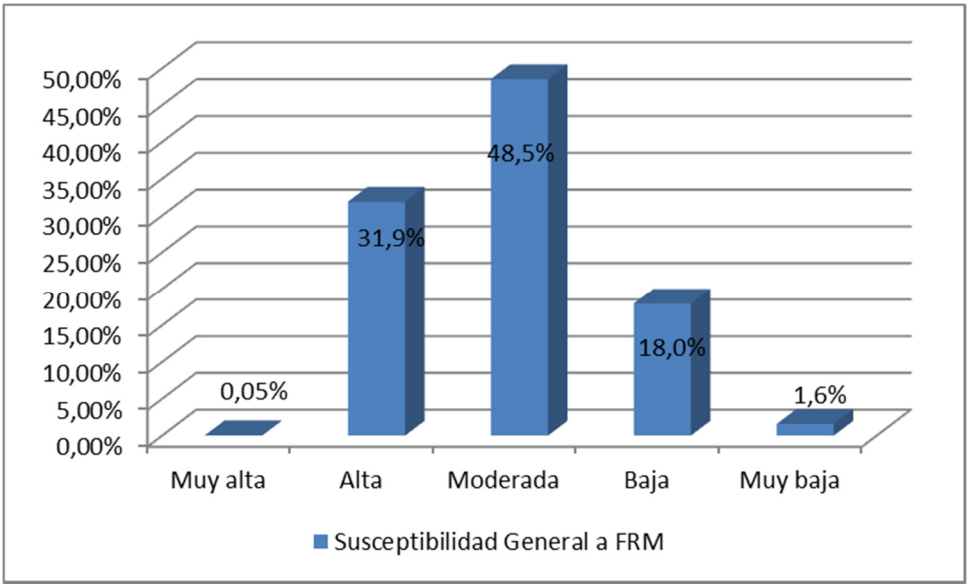
Tabla 5-95 Intervalos para categorizar la susceptibilidad general del terreno

Intervalos	Peso	Categorías de susceptibilidad
9-13	1	Muy Baja
14-18	2	Baja
19-21	3	Moderada
22-28	4	Alta
>28	5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-101 se observa la distribución de las categorías de susceptibilidad general del terreno dentro del área de influencia; El 48,5% es de susceptibilidad moderada a movimientos en masa y el 31,9% es de alta susceptibilidad; en menor proporción, se presenta susceptibilidad baja con el 18,0%, muy baja 1,6% y muy alta 0,05%.

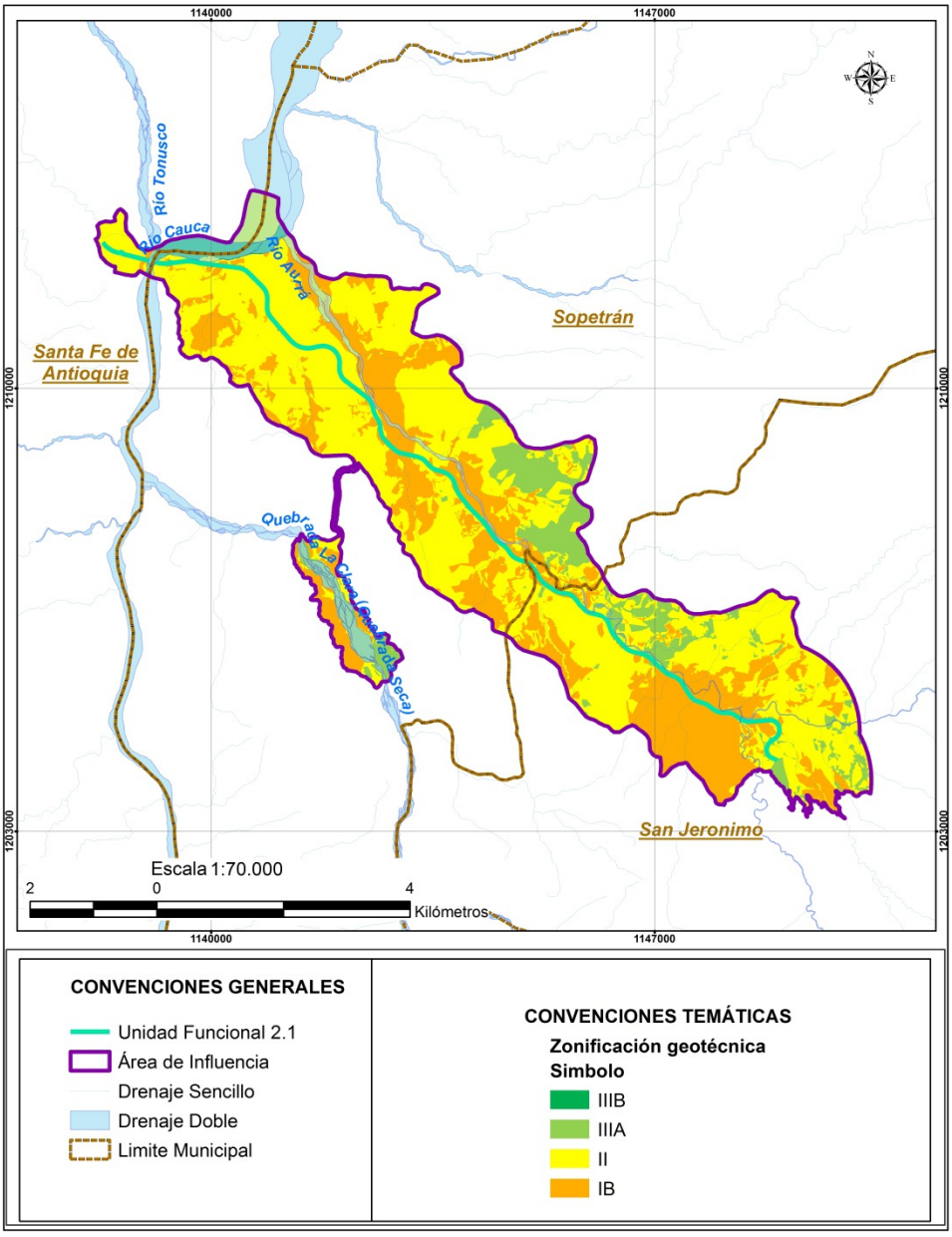
Figura 5-101. Susceptibilidad general del terreno



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Figura 5-102 se presenta el mapa de susceptibilidad general del terreno a procesos erosivos y de remoción en masa.

Figura 5-102. Mapa de Susceptibilidad General del Terreno



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.2 Factores detonantes

Los factores desencadenantes o detonantes que se contemplaron en la ejecución del modelo son precipitación y sismicidad.

5.1.9.2.1 Precipitación (FP)

La precipitación, principalmente en periodos invernales, se define por su intensidad, duración y distribución espacial. La relación lluvia-deslizamiento varía de un sitio a otro dependiendo de las condiciones locales de la zona, como la humedad, el tipo y uso del suelo, y topografía, entre otros.

El componente de escorrentía de la precipitación, usualmente es considerado un agente de erosión superficial o de erosión lineal con formación de surcos y cárcavas. La escorrentía tiene un efecto importante en la movilización de los materiales arrancados por los deslizamientos someros y profundos y en la generación de deslizamientos en las márgenes de las corrientes, por erosión lateral y socavación de orillas, que aumenta el valor de sus pendientes hasta hacerlas inestables.

Teniendo en cuenta que para la zona de influencia del proyecto no existen datos de deslizamientos naturales relacionados a lluvias, el factor de precipitación se asignó de acuerdo con los valores del mapa de distribución de la precipitación, de acuerdo con la Tabla 5-96.

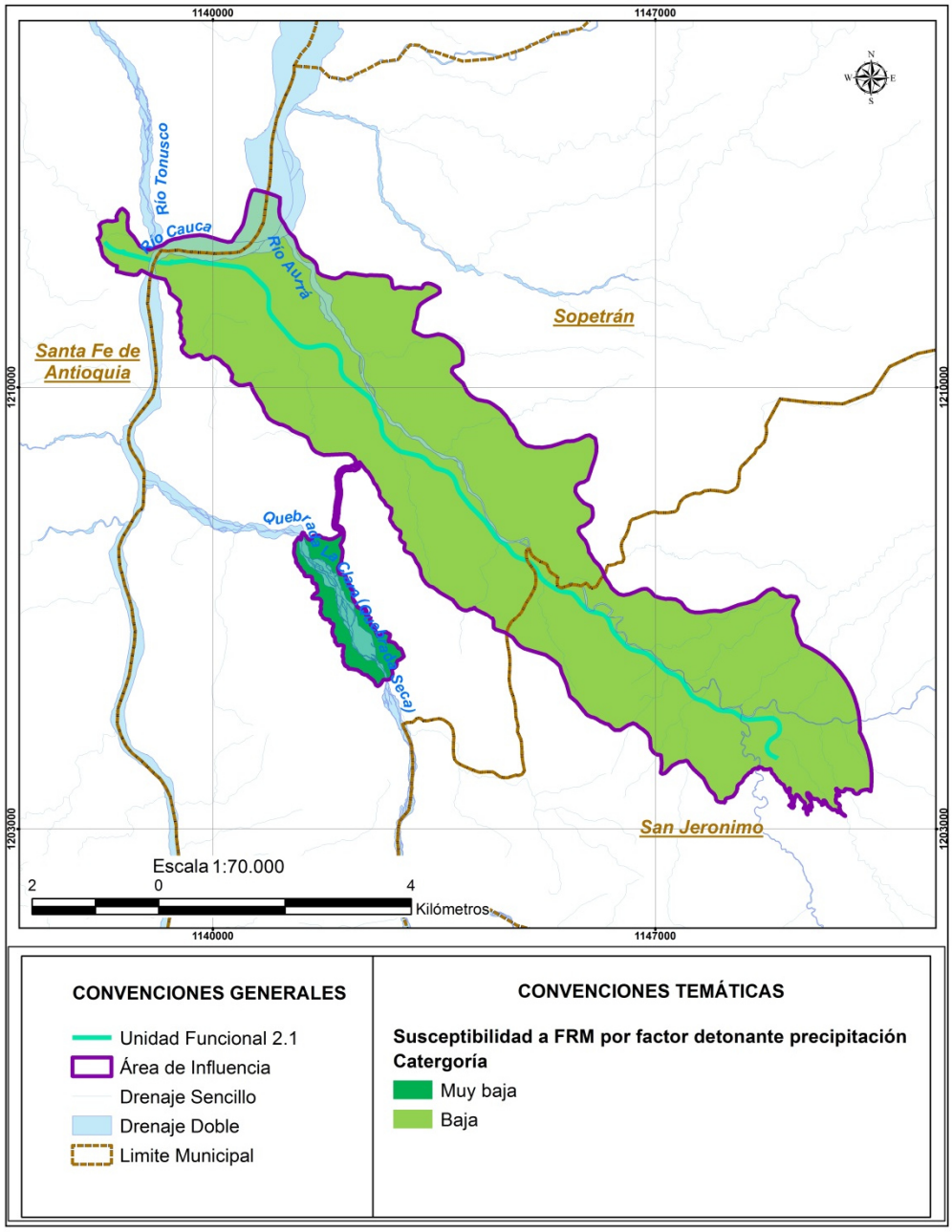
Tabla 5-96 Intervalos de categoría de precipitación

Rango de Precipitación(mm)	Categoría	Calificación
<1600	Muy Baja	1
1600 - 2000	Baja	2
2000 - 2200	Moderada	3
2200 - 2400	Alta	4
> 2400	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Los resultados obtenidos en el área de influencia, indican que el 95,2% del área de influencia es de baja susceptibilidad para el desarrollo de movimientos en masa y el 4,8% de muy baja suscptiblidad, ver Figura 5-103.

Figura 5-103. Factor detonante por precipitación



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.2.2 Sismicidad (FS)

El factor detonante por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus

siglas en ingles), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), considera valores de PGA (cm/s²) en un rango desde 50 – 250 PGA.

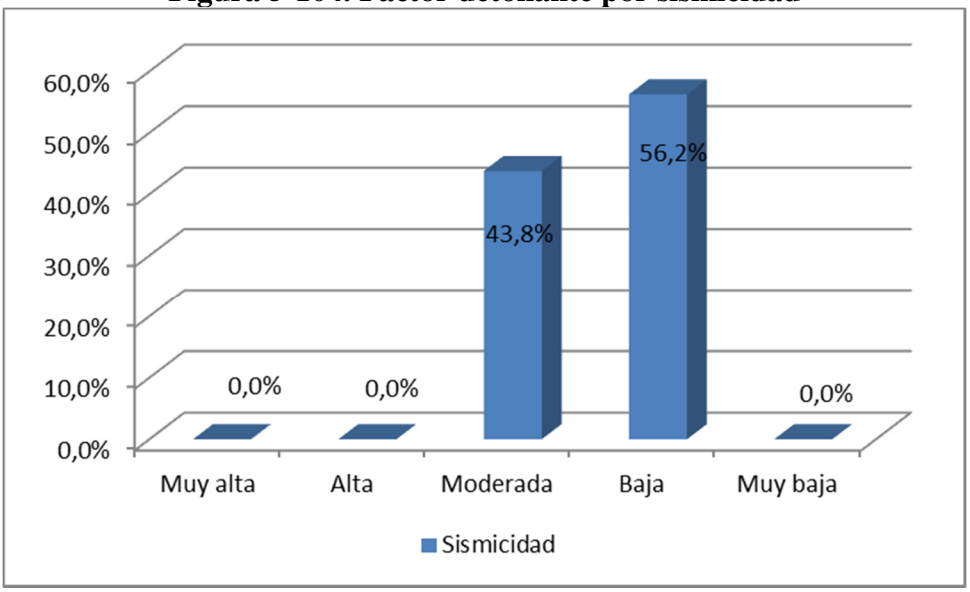
Tabla 5-97 Intervalos de categorías de sismicidad

Unidad Cartográfica de Parámetro (UCP)	Peso	Susceptibilidad
0 – 50 PGA (cm/s²)	1	Muy baja
50 – 100 PGA (cm/s²)	2	Baja
100 – 250 PGA (cm/s²)	3	Moderada
250 – 350 PGA (cm/s²)	4	Alta
>350 PGA (cm/s^2)	5	Muy alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2015

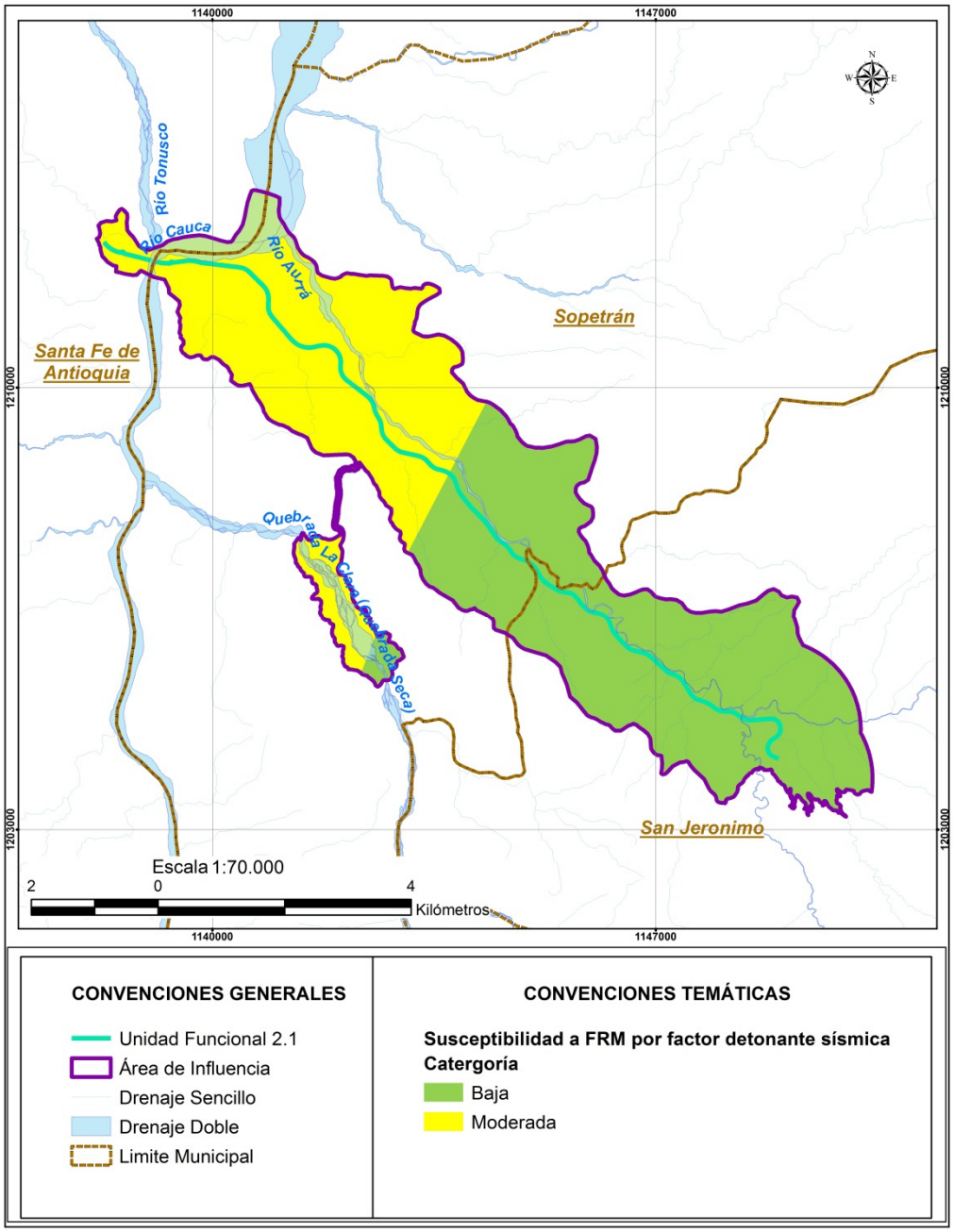
En la Figura 5-104 se muestra que el 56,2% del área de influencia se ubica en amenaza sísmica de bajo grado y el 43,8% en amenaza de grado moderado. En la Figura 5-105 se presenta el mapa de factor detonante por sismicidad.

Figura 5-104. Factor detonante por sismicidad



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 5-105. Mapa de factor detonante por sismicidad



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

5.1.9.3 Amenaza geotécnica del terreno (ZG)

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los procesos de remoción en masa y procesos erosivos, se establece la amenaza relativa del terreno. Para la elaboración del mapa de amenaza relativa se emplearon como factores detonantes la precipitación y la amenaza sísmica, empleando el siguiente algoritmo:

$$ZG=ST * (FP + FS)$$

Donde:
ZG = Zonificación Geotécnica (Amenaza relativa del terreno por procesos erosivos y de remoción en masa).
ST = Susceptibilidad total del terreno a los procesos erosivos y de remoción en masa.
FP = Factor detonante por precipitación.
FS = Factor detonante por sismicidad.

La zonificación geotécnica del área de estudio se dividió en cinco categorías de amenaza (ver), que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II, IIIA y IIIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.

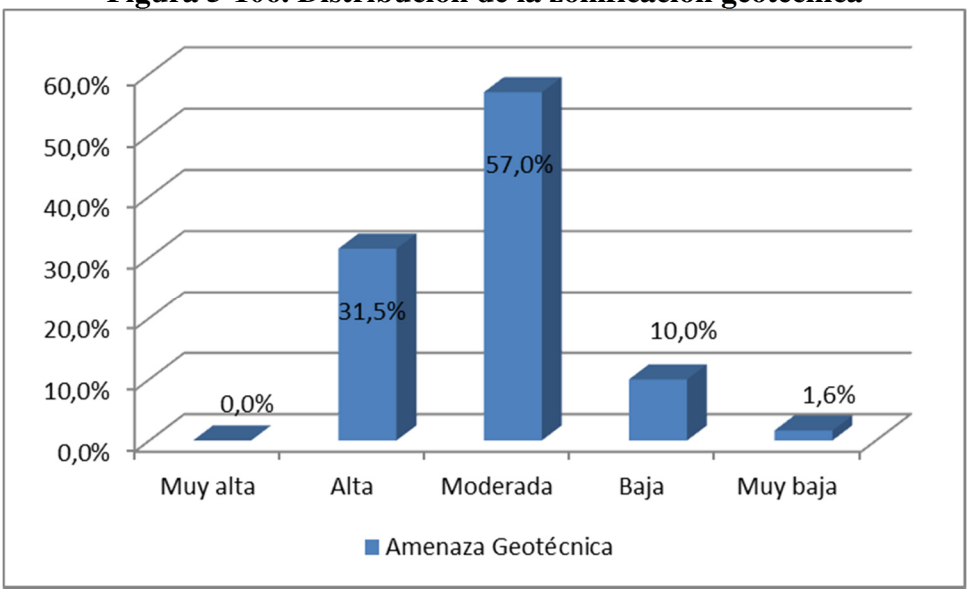
Tabla 5-98 Categorías para la zonificación geotécnica

Rangos de valores	Símbolo	Amenaza Relativa	Estabilidad Geotécnica	Peso
5-7	IIIB	Muy Baja	Muy Alta	1
8-10	IIIA	Baja	Alta	2
11-15	II	Moderada	Moderada	3
16-19	IB	Alta	Baja	4
>20	IA	Muy Alta	Muy Baja	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2015

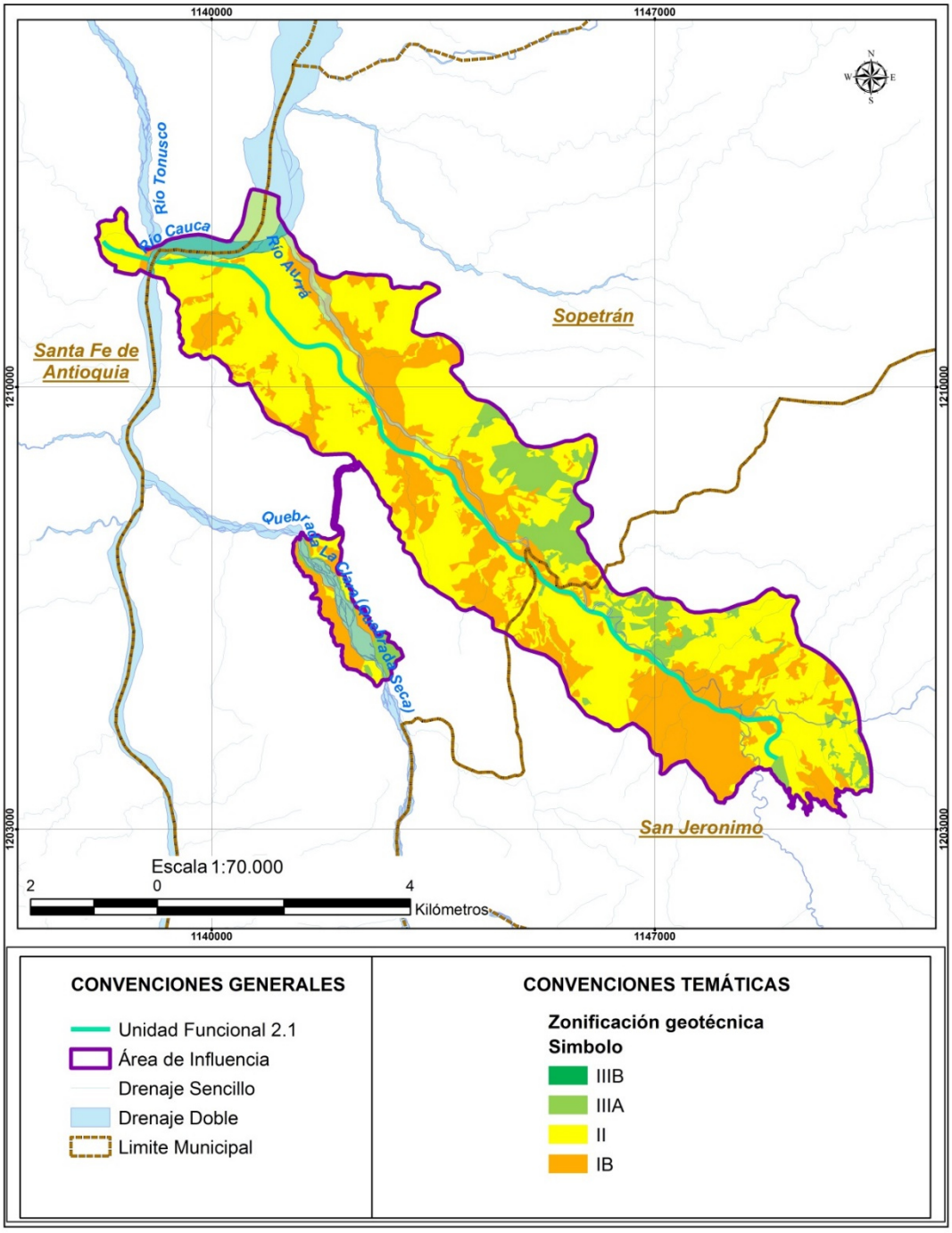
En la Figura 5-106 se observa la distribución de las categorías de zonificación geotécnica dentro del área de influencia.

Figura 5-106. Distribución de la zonificación geotécnica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 5-107. Mapa zonificación geotecnica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2017

En la Tabla 5-99 se muestran los resultados de las características de las áreas resultantes en la clasificación de zonificación geotécnica por procesos erosivos y de remoción en masa.

Tabla 5-99 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica

Símbolo	Amenaza Relativa	Estabilidad geotécnica	Descripción	AII (ha)
IIIB	Muy Baja	Muy Alta	Terrenos estables, localizados principalmente en depósitos aluviales (Qal), asociado a cuerpos de gua, con pendientes ligeramente inclinadas (3-7%).	53,92 ha (1,6%)
IIIA	Baja	Alta	Dentro de esta categoría predominan rocas sedimentarias de la Formación Amagá (72,6%). Las unidades geomorfológicas que predominan son lomas y colinas de paisaje de piedemonte. El 22,4% son coberuras de bosques de galería, y el 23,1% son arbustales densos altos. Las pendientes son principalmente fuertemente inclinadas, 12-25% (54,6%).	355,42 ha (10,4%)
II	Moderada	Moderada	El 57,2% está conformado por rocas sedimentarias de la Formación Amagá y el 27,0% son depósitos aluviales y coluvio aluviales. Las unidades geomorfológicas predominantse son laderas estructurales en lomas y colinas DSle, lomerío DSlo (17,5%) y abanicos aluviales FAaa (17,5%). El 23,9% es corresponde a coberturas de arbustales abiertos esclerófilos, el 13,8% son arbustales denso altos, el 10,6% son bosques de galería. Las pendientes que lo caracterizan son inclinadas a fuertemente inclinada, 7-12% a 12-25% (58,0%).	1.928,57 ha (56,3%)
IB	Alta	Baja	El 52,0% corresponde a depósitos aluviales y coluvio aluviales, el 23,2% son rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande. Las unidades geomorfológicas dominantes son laderas estructurales en montañas estructurales denudativas (23,1%) y laderas estructurales en lomas y colinas de paisaje de piedemonte (18,6%). El 26,1% es de herbazal denso de tierra firme con arbustos, y en menor proporción arbustales abiertos esclerófilos (10,5%), bosques de galería (11,7%) y pastos limpios (10,3%). Las pendientes que lo caracterizan son inclinadas a fuertemente inclinada, 7-12% a 12-25% (47,2%) y escarpados 25-50% (29,7%).	1.088,06

Símbolo	Amenaza Relativa	Estabilidad geotécnica	Descripción	AII (ha)
IA	Muy Alta	Muy Baja	No es representativo	0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10 Amenazas Naturales

En este capítulo se presenta la identificación y zonificación de las amenazas en el área de influencia. Para este análisis se tuvieron en cuenta varias técnicas de zonificación que describen sus aspectos metodológicos, alcances y limitaciones.

5.1.10.1 Aspectos básicos a tener en cuenta en la zonificación de las amenazas naturales

El análisis efectuado para la zonificación de amenazas naturales tiene en cuenta el "Concepto Regional" adaptado de Krynine & Judd (1957)[32], el cual establece que las características de cierto proceso dentro de una región dada, dependen de las condiciones geológicas, topográficas y climáticas de la región.

De acuerdo con este concepto, los procesos dentro de una "provincia geomorfológica" deben tener características similares:

- El modo o génesis de la formación de rocas y suelos es aproximadamente el mismo.
- El patrón de drenaje y las formas del terreno son similares.
- El clima es casi idéntico.

Se esperaría entonces que procesos como avenidas torrenciales, inundaciones, licuación, procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa, los cuales son generados por lluvias y sismos (factores desencadenantes), ocurran en zonas con una susceptibilidad similar a cada proceso, la cual es definida por las condiciones propias del terreno.

Para la zonificación se tuvieron en cuenta tres principios básicos o fundamentales que se relacionan entre sí y que deben considerarse en este tipo de estudios, según Varnes (1984)[33]:

- El presente y pasado son claves para el futuro: adaptado al principio de similitud geomorfológica establecido por Krinine & Judd (op cit.), el cual establece que el suceso de cualquier proceso natural en el futuro se relaciona directamente con las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, que han llevado al desarrollo de procesos

[32] Krynine & Judd (1957).Principles of Engineering Geology and Geotechnics. McGraw-Hill Book Company Inc., N.Y.
[33] Varnes, 1984. Landslide Hazard Zonation: A review of principles and practice. UNESCO, Paris. 1984.

en el presente y en el pasado.

Según García y Amórtegui (2009)[34], este principio no necesariamente señala que la ausencia de procesos en el presente y pasado sea un indicador de la no existencia de estos en el futuro. Más aún, la susceptibilidad a nuevos procesos puede incrementarse por actividades antrópicas que alteran las condiciones topográficas e hidrológicas naturales.

Es aplicable cuando las condiciones del pasado y del presente que produjeron los procesos son identificadas, y siguen ejerciendo una gran influencia o cuando pueden ser evaluados los efectos de los cambios por nuevas condiciones a las que se ha sometido el terreno. Esto conlleva al segundo principio.

- Identificación de las condiciones principales que causan los procesos. Las causas básicas para el desencadenamiento de los procesos por las amenazas en estudio pueden establecerse del análisis de varios casos de falla específicos. En un área dada, muchas de estas causas se reconocen y sus efectos pueden ser evaluados, al igual que relacionarse con los procesos naturales ocurridos en el pasado.

  Para el análisis de amenazas naturales de este proyecto se contó con la participación de geólogos, geotecnistas, ingenieros ambientales y forestales, que verificaron los resultados obtenidos con la herramienta SIG con la información recopilada de los reconocimientos de campo, relacionada con las amenazas naturales evaluadas.

- Estimación de los grados de amenaza: cuando se identifican las condiciones y procesos que inducen la inestabilidad y la ocurrencia de eventos naturales amenazantes, a veces es posible estimar su contribución relativa y dar alguna medición cualitativa o semi-cuantitativa en cada sitio estudiado, logrando de esta manera definir el grado de amenaza, que dependerá del número de factores actuantes que inducen a fallamiento, su severidad y su interacción.

5.1.10.2 Tecnicas utilizadas para la zonificación de amenazas naturales

Investigar la existencia de zonas susceptibles a amenazas naturales, supone que se reconoce la existencia de procesos naturales. La importancia de su zonificación puede relacionarse con evadir, mitigar, prevenir o corregir la amenaza presente y futura, y concretamente para el presente estudio, establecer la influencia de eventuales procesos naturales en el proyecto y viceversa. Su estudio con menor o mayor detalle depende entre otros factores de:

- El propósito, contenido y la escala del estudio

[34] García, Manuel y Amórtegui, José (2009). Taller de capacitación en ingeniería geotécnica de oleoductos. Documento elaborado para ECOPETROL, Oleoducto Caño Limón – Coveñas. Cúcuta, Colombia.

- El tipo de análisis que se desea realizar
- El tipo de datos de entrada que se recolectarán

El método de zonificación considerado en el presente estudio tiene en cuenta varias técnicas de recopilación y análisis de información descritos por Varnes (op. cit.) y Van Westeen (1998)[35]. Estas técnicas son:

- Uso de Sensores Remotos: interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes épocas.

- Estudios de Campo: tienen como finalidad corroborar y complementar los procesos antiguos, existentes y potenciales identificados mediante el uso de sensores remotos.

- Sistemas de Evaluación Numérica de la Amenaza: técnica que evalúa cuantitativamente la importancia de los factores intrínsecos y detonantes que contribuyen al surgimiento de las amenazas naturales analizadas (Varnes op. cit.).

La definición de factores a tener en cuenta en la evaluación numérica dependen de las condiciones propias del sitio en evaluación, y su factor de ponderación depende del orden de importancia de cada uno de ellos.

En la zonificación se estudió y analizó para cada una de las amenazas la interacción entre la topografía, geología, geomorfología, uso del suelo, entre otros (factores intrínsecos) y las lluvias y sismos (factores detonantes).

- Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información: Para el uso de esta técnica se obtuvo la información concerniente a topografía, geología, cobertura vegetal, usos del suelo, precipitación y amenaza sísmica; se definieron rangos y valores de ponderación para cada uno de los factores que influyen en la evaluación de la susceptibilidad del terreno y amenaza respecto a los eventos naturales.

  La definición de las variables o factores considerados en cada una de las amenazas se establecieron de acuerdo con las guías metodológicas establecidas en Varnes (op. cit.), Van Westeen (op. cit.), INGEOMINAS et al. (2001)[36] y de acuerdo con la experiencia de los integrantes del grupo de evaluación de riesgos del proyecto, conformado por profesionales de diferentes ramas de la ingeniería y de las ciencias.

  Según Van Westeen (op. cit.), la escala de análisis con el uso de esta técnica varía entre

[35] INGEOMINAS(1998). Introducción a los deslizamientos: Uso de los SIG en el mapeo de deslizamientos. Curso de Capacitación. Bogotá, Colombia.
[36] INGEOMINAS y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (2.001). Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá, Colombia.

1:2.000 y 1:25.000, y son utilizados para la prevención de desastres y la generación de mapas de riesgos, así como las fases de diseño de los trabajos de ingeniería.

- Análisis de Amenaza Convencionales: Para escalas mayores, en las que se requieren realizar trabajos de investigación y de ingeniería detallados de un sitio específico, se realizan este tipo de análisis, los cuales utilizan resultados obtenidos de forma cuantitativa de cada una de las variables relacionadas con el diseño.

  Esta técnica tiene como limitante principal la cantidad de información que se debe allegar para realizar este tipo de análisis, lo cual para la escala del proyecto demandaría bastantes recursos humanos, técnicos y económicos que están por fuera del objeto principal y alcance del presente estudio.

De acuerdo con las características del proyecto, para este estudio se estableció una escala de trabajo 1:25.000. Se dio especial importancia a la definición de Sistemas de Evaluación Numérica de la Amenaza y a la Superposición de Mapas e Integración Espacial de Información para la zonificación espacial de las diferentes amenazas naturales consideradas en la definición del mapa de amenazas y susceptibilidad ambiental.

Para ello se utilizó un Sistema de Información Geográfica - SIG (ArcGIS), en el que se ingresaron a una base de datos la disposición espacial de las diferentes unidades de relieve, geología, geomorfología, hidrogeología, uso del suelo, entre otros aspectos, presentes en el área de influencia. Según INGEOMINAS (op. cit.), estas unidades definen las variables geoambientales que intervienen en la determinación de la susceptibilidad del terreno a las amenazas naturales que se analizarán a continuación.

También se ingresó en el SIG la información concerniente a la variación de la precipitación y de la amenaza sísmica, que son los factores disparadores de las amenazas naturales a evaluar.

Para la caracterización de cada uno de los procesos amenazantes se tuvo en cuenta información técnica contenida en el Estudio de Impacto Ambiental, información secundaria y aspectos geotécnicos evaluados a lo largo del corredor de ruta de la línea de transmisión. Las amenazas naturales que se tuvieron en cuenta para este análisis son las siguientes:

- Amenaza sísmica: en su evaluación se tuvieron en cuenta aspectos técnicos considerados en el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica , y evaluados en el numeral 5.1.9.2.2 más atrás de este documento.

- Amenaza por licuación: se analizó la información primaria y secundaria del proyecto y se definieron las unidades geológicas susceptibles (unidades cuaternarias recientes) a este tipo de amenaza, teniendo en cuenta los factores siguientes:

Características litológicas
Características geomorfológicas
Amenaza sísmica (factor detonante)

- Amenaza por procesos de remoción en masa: se realizó un estudio semi cuantitativo para la elaboración del mapa de amenaza por dicho proceso, el cual tuvo en cuenta los factores siguientes:

  Características litológicas
  Características hidrogeológicas
  Características geomorfológicas
  Uso del suelo actual
  Densidad de drenajes
  Densidad de fallas geológicas (control estructural)
  Pendiente topográfica del terreno
  Variación de la precipitación (factor detonante)
  Amenaza sísmica (factor detonante)

- Amenazas por avenidas torrenciales: caracterización de cauces de agua que por sus características topográficas, geológicas, geomorfológicas e hidráulicas, ante factores detonantes como lluvias y sismos pueden desencadenar dichos procesos.

  Características litológicas
  Cobertura del suelo
  Densidad de fallas geológicas (control estructural)
  Pendiente del terreno
  Variación de la precipitación (factor detonante)
  Amenaza sísmica (factor detonante)

- Amenaza por inundación: evaluación de las áreas susceptibles de afectación por este proceso, dando atención especial a cauces de corrientes principales y áreas aledañas bajas.

  Características geomorfológicas de paisaje susceptibles a este proceso
  Características geomorfológicas de relieve susceptibles a este proceso
  Variación de la precipitación (factor detonante)

- Amenaza volcánica

Con base en información secundaria se evaluó la pertinencia de incluir este tipo de amenaza

natural en el área de estudio.

– Amenaza por tsunamis

Debido a la ubicación del área de influencia y su altitud respecto a las zonas costeras más cercanas, la amenaza por este proceso en el área de estudio no aplica.

5.1.10.3 Metodo de trabajo utilizado para la zonificación de las amenazas naturales

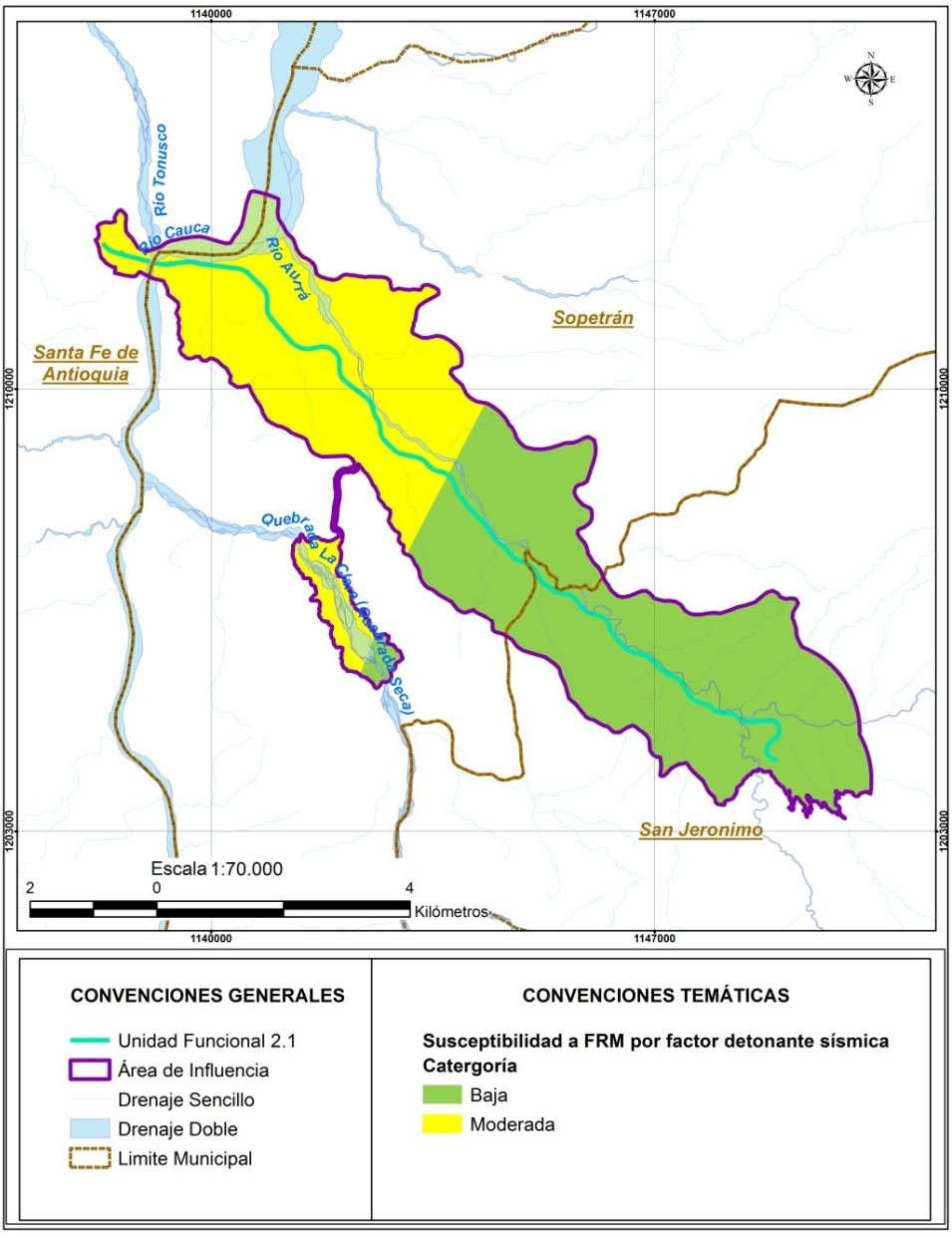
Para el análisis de cada una de las amenazas se adelantaron las siguientes etapas de trabajo:

- Recopilación y análisis de información existente.
- Elaboración del mapa base digital.
- Estudio de variables geoambientales. Análisis de variables como pendientes topográficas, geología, geomorfología, hidrogeología, uso del suelo actual, cobertura vegetal, densidad de fallas, densidad de drenajes, precipitación y amenaza sísmica.
- Implementación de la información en SIG.
- Análisis de los resultados.

5.1.10.4 Amenaza Sismica

La evaluación de amenaza sísmica se realizó previamente en el numeral 5.1.9.2.2 con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), que se presenta en términos de aceleración horizontal máxima en roca; este mapa representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), considera valores de PGA (cm/s²) en un rango desde 50 – 250 PGA. En la Figura 5-108 se presenta el mapa resultante de amenaza sísmica en el área de influencia, de la cual, el 56,2% es de amenaza baja y el 43,8% restante es de amenaza moderada.

Figura 5-108 Mapa de factor detonante por sismicidad



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.5 Amenaza por Licuación

La zonificación por licuación se efectuó por medio de un método semi cuantitativo siguiendo los procedimientos de zonificación de un sistema de evaluación numérica y superponiendo las temáticas relacionadas en dicha evaluación, descrito por Varnes (1984) y Van Westeen (1998). En la zonificación también se tuvieron en cuenta los conceptos establecidos en Kramer (1996)[37] y Díaz (2005)[38], en lo relacionado a la generación de procesos de licuación.

5.1.10.5.1 Conceptos básicos

Este proceso consiste en la pérdida súbita y temporal del contacto entre partículas y de la resistencia al corte en suelos arenosos uniformes y de baja densidad y en limos no plásticos saturados. Estos materiales pierden súbitamente su capacidad de soporte por la absorción de la energía liberada por los sismos, haciendo que se produzcan grandes deformaciones en terrenos relativamente planos y desplazamientos del suelo en terrenos montañosos.

En geología los materiales susceptibles a este fenómeno corresponden a algunos tipos de depósitos no consolidados (depósitos cuaternarios recientes) relacionados con la dinámica fluvial de las corrientes de agua. Como este proceso sólo ocurre en suelos saturados, la licuación es comúnmente observada cerca de ríos, bahías y otros cuerpos de agua (Kramer, 1996). Se reconocen siete factores que influyen en el potencial de un suelo a licuarse (Díaz, op. cit.). Estos son:

- Distribución del tamaño de los granos: La arena uniformemente gradada, con granos pocos finos o muy gruesos (arena limpia) tiene mayor probabilidad de licuarse y es posible que se vuelva más densa. Las arenas limosas y gravas también son susceptibles a la licuefacción bajo cargas cíclicas muy severas.

- Densidad: La licuefacción ocurre principalmente en suelos sueltos, saturados y no cohesivos, los cuales tienden a densificarse cuando están sujetos a cargas cíclicas. La tendencia a densificarse reduce el volumen de suelo y agua e incrementa la presión intersticial si los poros intergranulares se llenan de agua. Cuando la presión intersticial iguala la presión promedio total del suelo, éste pierde su resistencia y se licua. Si el suelo es denso, habrá menos posibilidad de que se produzca la licuefacción.

- Peso y profundidad del espesor de depósito de suelo. La presión entre partículas aumenta con la profundidad; mientras mayor sea la presión de contacto entre las

[37] Kramer, Steven. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, New Jersey. 1996.

[38] Diaz, Abraham. Dinámica de suelos. Ed. Universidad Nacional Autónoma deMéxico y Limusa-Noriega editores. México. 2005.

partículas menor la probabilidad de que ocurra la licuación.

- Edad del depósito. Los suelos sueltos y sin cohesión por lo general son geológicamente jóvenes. Con el tiempo, actúan dos factores para incrementar la resistencia de un suelo típico: la compactación (que cambia la relación de vacíos) y varios procesos químicos (que actúan para cementar los granos del suelo).

- Una regla general es que los depósitos del holoceno tardío (menos de 3.000 años de antigüedad) tienen posibilidad de licuarse siempre y cuando presenten condiciones similares a las de los factores mencionados y estén bajo condiciones saturadas.

- Origen del suelo. El suelo depositado por procesos fluviales se sedimenta lentamente y sus granos apenas están apenas en contacto unos con otros y tienen poca probabilidad de compactarse. De manera similar, los rellenos artificiales sin un adecuado proceso de compactación, generalmente por debajo del nivel del agua, pueden tener deficiencias similares. Estos materiales ante vibraciones sísmicas tienden a licuarse con facilidad.

- Profundidad del agua respecto a la superficie del terreno: Mientras esté más cercano el nivel freático a la superficie del terreno en los depósitos de suelos susceptibles a licuación, mayor será la probabilidad de que ocurra la licuación.

- Amplitud, frecuencia y duración de la vibración del terreno. La capacidad del suelo para resistir una vibración provocada por un sismo sin causar fallas depende de la intensidad del movimiento del terreno, su frecuencia y duración. Los movimientos más fuertes tienen mayor probabilidad de causar la falla del terreno susceptible a licuación.

5.1.10.5.2 Evaluación de la amenaza por licuación

La evaluación de amenaza por licuación requiere de información de detalle con la que no se cuenta en este proyecto, debido a la escala de trabajo. Por tal motivo, el alcance de esta evaluación de amenaza por licuación, únicamente comprende dos parámetros de análisis, litología y geomorfología y un agente detonante que corresponde a sismicidad.

5.1.10.5.2.1 Litología

Aspecto que tiene en cuenta los primeros cinco factores mencionados en el numeral anterior (distribución del tamaño de los granos, densidad, peso y espesor de depósito de suelo, edad del depósito y origen del suelo). La Tabla 5-100 variables Unidades litológicas y Geomorfología.

Tabla 5-100. Rangos de valoración de amenaza por licuación

Valor	Amenaza por licuación
0	Nula
1	Baja
3	Moderada
5	Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Las unidades geológicas del Paleozoico a Neógeno y los suelos residuales derivados de estas, así como algunos depósitos cuaternarios no son susceptibles a este proceso. En la Tabla 5-101 se presentan las unidades geológicas susceptibles a procesos de licuación.

Tabla 5-101. Valores de susceptibilidad por características litológicas

EDAD			SÍMB.	UNIDAD	PESO
EÓN	ERA	PERIODO			
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	Qal	Depósitos Aluviales	5
			Qcal	Depósitos coluvio aluviales	3
			Qt0 Qt1	Terrazas aluviales	3
		NEÓGENO	Ngas Pgam Pgai	Formación Amagá	0
		PALEÓGENO			
	MESOZOICO	CRETÁCICO			
			KvQG	Complejo Quebradagrande Miembro volcánico	0
		JURÁSICO			
		TRIÁSICO	Tdp	Diorita de Pueblito	0
	PALEOZOICO		Pev	Grupo Ayurá Montebello	0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.5.2.2 Geomorfologia

Formas del terreno como planicies de inundación, abanicos aluviales y terrazas, son susceptibles a este tipo de fenómenos. En la Tabla 5-102 se evalúa la susceptibilidad a este fenómeno de cada una de las unidades geomorfológicas que conforman el área de influencia. Otro aspecto a tener en cuenta es la presencia de agua en estos depósitos; es posible que los materiales arenosos sean licuables en los alrededores de cuerpos de agua como ríos y quebradas, ya que el nivel freático se localiza cerca o en la superficie del terreno en la base de las laderas y en las zonas llanas.

Tabla 5-102. Valores de susceptibilidad por características geomorfológicas

Z. Geoestruct	Prov. Geom	R. geomorf.	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorfoógica	Componente geomorfológico	Símbolo	Peso
Cordillera	Cordillera Central	Denudativa	Montañas	Estructurales denudativas (SD)	Espinazo	Ladera estructural (le)	SDle	0
				Denudativas (D)	Laderas	Ladera (l)	Dl	0
		Deposicional	Piedemonte	Denudativa estructural (DS)	Lomas y colinas	Lomerío(lo)	DSlo	0
						Laderas estructurales	DSle	0
				Aluvio diluvial (FA)	Abanicos aluviales	Cuerpo y base de abanico aluvial (aa)	FAaa	3
				Aluvial (F)	Terrazas aluviales	Nivel de terraza 0	Ft0	3
						Nivel de terraza 1	Ft1	3
					Valle aluvial	Valle estrecho aluvial (ve)	Fve	5
						Vega inundable (vi)	Fvi	5
						Basines (ba)	Fba	5
						Sobrevega (sv)	Fsv	5
					Cuerpo de agua		CA	0

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Como parámetro disparador e inherente al proceso de licuación están los sismos representados por la amenaza sísmica.

5.1.10.5.2.3 Amenaza por licuación

De acuerdo con lo establecido en Varnes (1984) se definió un sistema de evaluación numérica en el que se integró información litológica, geomorfológica y sísmica en el SIG para definir la zonificación espacial del grado de amenaza por licuación. Con base en lo estipulado en Kramer (1996) y teniendo en cuenta las variables geoambientales acabadas de mencionar, así como la guía metodológica definida por INGEOMINAS et al. (op. cit.), para otras amenazas naturales, la evaluación de la amenaza por licuación se definió así:

$$AL = (SL + SG) * fs$$

Donde:

AL = Amenaza por licuación.
SL = Susceptibilidad por litología (tipo de materiales).
SG = Susceptibilidad por geomorfología (depósitos aluviales).
fs = Factor sismicidad (amenaza sísmica).

Con la ponderación de estos parámetros en la Tabla 5-103 se presentan los intervalos para la categorización y el grado de amenaza por licuación. En la Figura 5-110 se presenta la amenaza por licuación.

Tabla 5-103. Intervalos y categorías de la amenaza por licuación

Ponderación	Amenaza por licuación	
0-12	0	Nula
13-18	1	Baja
19-24	3	Moderada
> 25	5	Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

- Amenaza Nula: zonas en las que no ocurren este tipo de fenómenos. Corresponde a zonas conformadas por depósitos cuaternarios como terrazas medias y altas, depósitos de materiales con compacidad media a densa con tamaños de partículas desde arcilla, arenas y gravas hasta de cantos y bloques, suelos residuales y transportados constituidos en buena parte por materiales limosos y arcillosos y afloramientos rocosos.

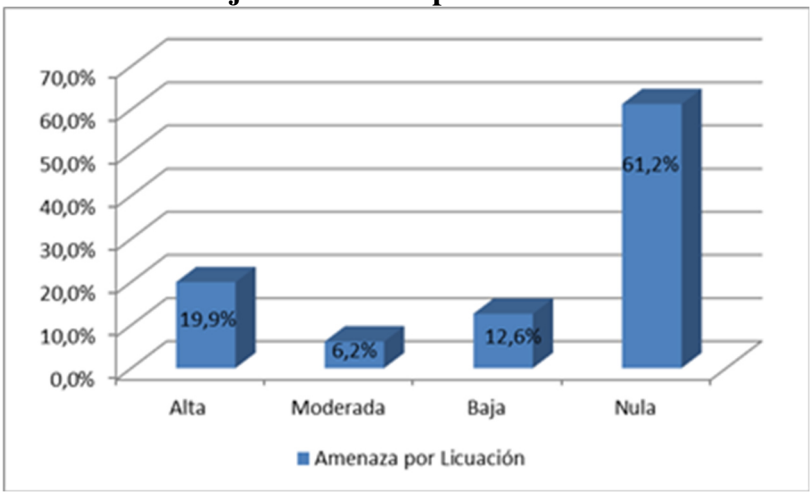
- Amenaza Baja: arenas de densidad media a alta y limos no plásticos de consistencia media en zonas con amenaza sísmica muy baja a moderada.

- Amenaza Moderada: gravas, arenas de densidad media a baja y limos no plásticos de consistencia media a blanda, en estado saturado o en posibilidad de estarlo, en zonas con amenaza sísmica moderada a alta.

- Amenaza Alta: arenas y gravas limpias, relativamente sueltas y limos de baja plasticidad o no plásticos de consistencia blanda, presentes en zonas inundables y permanentemente en estado saturado; se destacan depósitos aluviales no consolidados, terrazas bajas y conos aluviales.

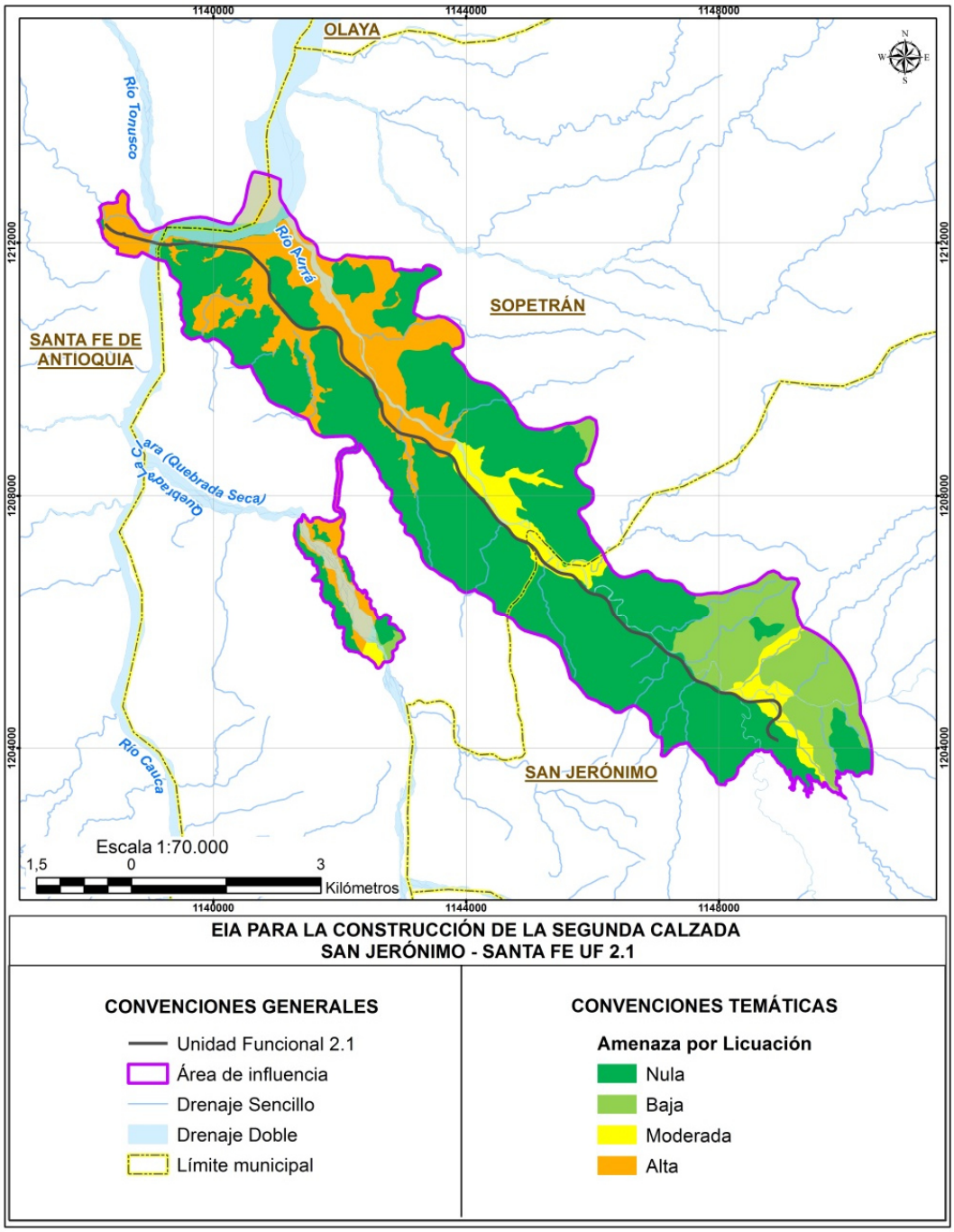
En la Figura 5-109 se muestra que el 61,4% del área de influencia no presenta amenaza por licuación, el 19,9% es de amenaza alta, el 12,6% de amenaza baja y el 6,2% de grado moderado. Las áreas de amenaza alta se concentran en los depósitos aluviales del río Cauca, río Aurrá y en menor grado en la quebrada Seca.

Figura 5-109. Porcentaje de amenaza por licuación en la zona de interes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 5-110. Amenaza por licuación

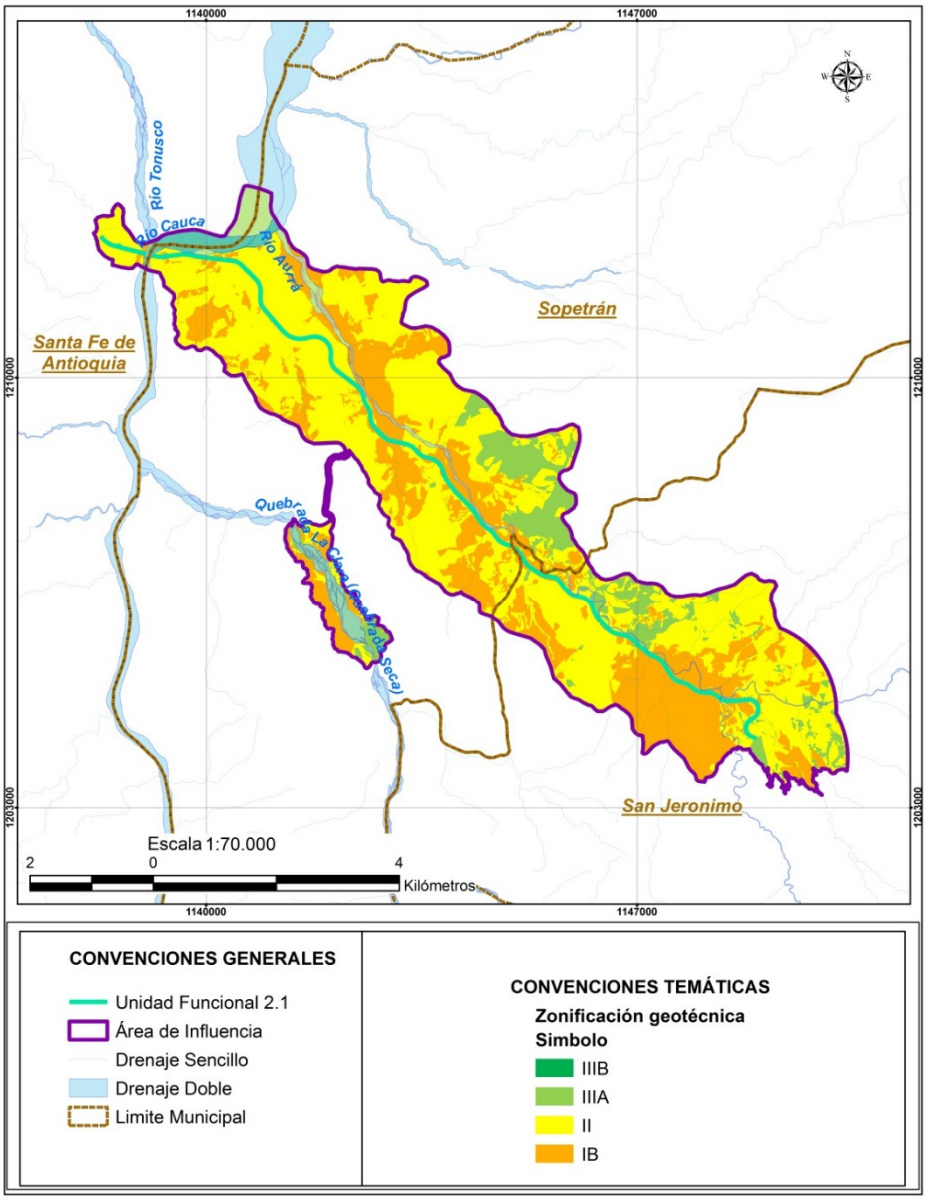


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.6 Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa

La zonificación por fenómenos de remoción en masa (FRM) en el área de influencia fue tratada en el capítulo de Geotecnia, numeral 5.1.9 cuyo resultado final se presentan en la Figura 5-111.

Figura 5-111. Mapa de Amenaza geotécnica



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.7 Amenaza por avenidas torrenciales

La zonificación por avenidas torrenciales se efectuó por medio de un método semi-cuantitativo, siguiendo los procedimientos de evaluación numérica y superponiendo temáticas tal como la morfometría de las cuencas involucradas, la precipitación y tiempos de concentración del área de influencia.

El sistema torrencial consta de tres partes, una que produce, otra que traslada y la tercera que recibe los detritos. Dicho sistema está íntimamente relacionado no solo con la producción de flujos de detritos, sino con las zonas de comienzo y transporte de avalanchas de suelo y roca en picos nevados de las cordilleras así como zonas propensas a procesos de remoción en masa adyacentes a corrientes de agua. La comprensión de esta unidad natural es fundamental para la evaluación de riesgos de montaña.

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales se llevó a cabo distinguiendo los cursos de aguas principales, secundarios y menores, en los que eventualmente pueden desencadenarse este tipo de procesos o en los que ya ha sucedido, de cartografía IGAC a escala 1:25.000.

El cálculo del grado de amenaza se hizo de manera semicuantitativa, por medio de la definición de variables geoambientales relacionadas con este tipo de amenaza, y la ponderación por pesos relativos de cada una de las variables siguiendo procedimientos de zonificación por medio de sistemas de evaluación numérica y superponiendo las temáticas relacionadas en dicha evaluación.

Los criterios utilizados para la selección de los parámetros, corresponden a planteamientos prácticos preestablecidos, de fácil observación en el campo y con un alto grado de representatividad en cuanto a indicadores de potencialidad torrencial se refiere.

A continuación se presenta la descripción de las variables que se utilizaron para la evaluación semicuantitativa de ésta amenaza en el área de influencia del proyecto.

5.1.10.7.1 Precipitación

Es un factor de gran importancia para determinar la potencialidad torrencial que presentan los cursos de agua y las cuencas aferentes, ya que constituye un agente activador de fenómenos torrenciales.

El caudal de las crecientes, y su capacidad erosiva, es incrementado por el caudal sólido de los materiales que arrastran, producto entre otros de la erosión superficial, del lavado de los deslizamientos someros y de la erosión de orillas en un proceso que da lugar a las avenidas

torrenciales.

Puesto que la metodología está orientada a la identificación y zonificación de áreas potencialmente torrenciales y no al diseño de obras de control de crecidas o establecimiento de medidas en vertientes, resultó pertinente evaluar este parámetro a través de la generación del mapa de isoyetas anuales, considerando las estaciones de influencia en el área. Las precipitaciones altas aumentan la carga de los cursos de agua en el arrastre de los materiales presentes en sus cauces.

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las unidades de estabilidad relativa, esto permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos; cada categoría está compuesta por un dígito numérico que va del 1 al 5, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 5 representa la condición más desfavorable (ver Tabla 5-104).

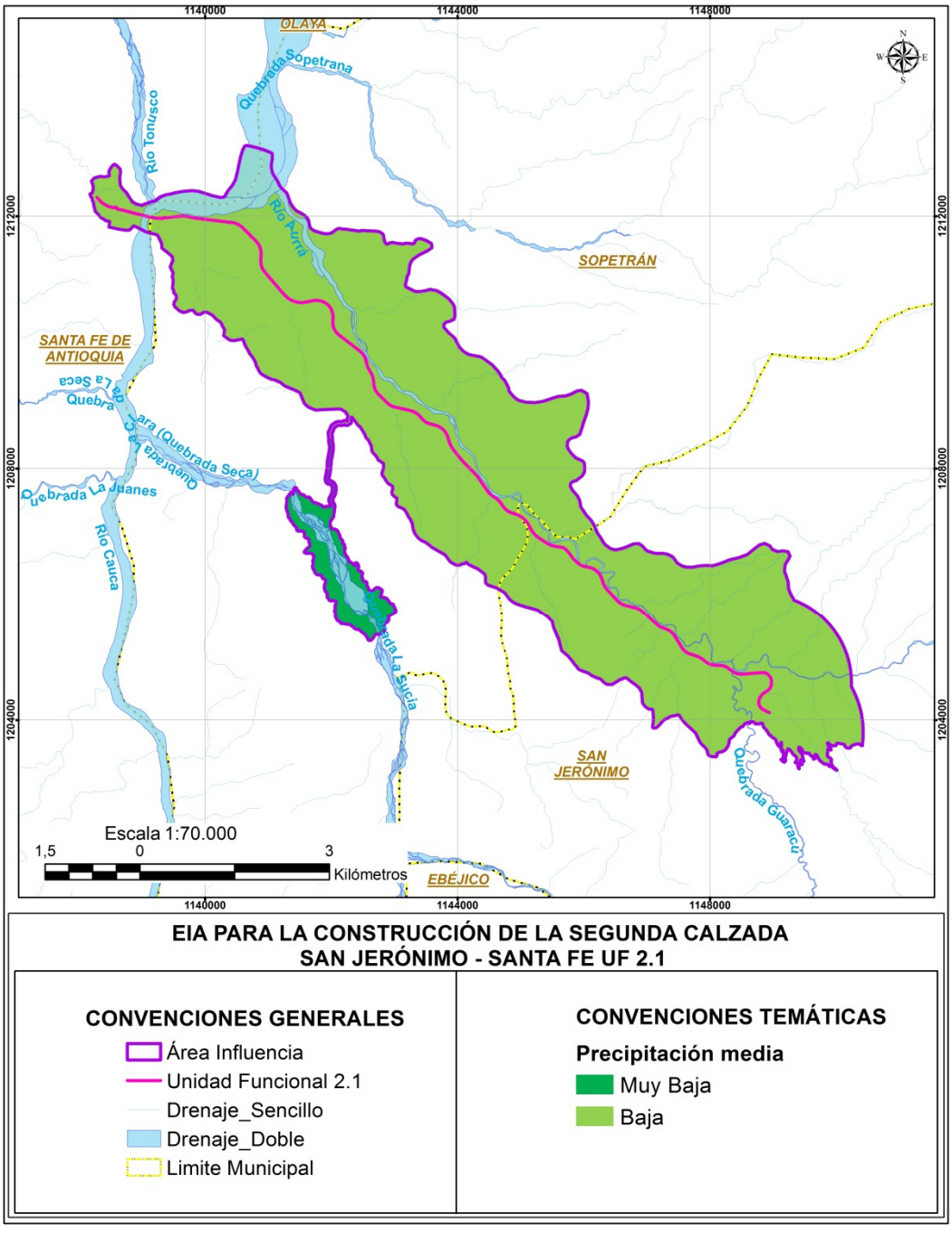
Tabla 5-104. Categorías de evaluación para la precipitación total anual el área de influencia del proyecto

Rango de Precipitación(mm)	Categoría	Calificación
<1.600	Muy Baja	1
1.600 – 2.000	Baja	2
2.000 – 2.200	Moderada	3
2.200 – 2.400	Alta	4
> 2.400	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro de Precipitación se muestra en la Figura 5-112.

Figura 5-112. Mapa de categorización de la Precipitación como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.7.2 Densidad de drenaje

La densidad de drenaje fue definida por Horton (1.932) como la longitud de los canales (L) por unidad de área (A). Se reconoce que la densidad de drenaje es un valioso indicador de las relaciones entre clima, vegetación y la resistencia del substrato rocoso o edáfico a la erosión.

Este parámetro constituye un elemento indicativo de las causas o agentes que contribuyen a la integración de la red hídrica. Para el asunto en consideración, es necesario tener en cuenta que durante el transcurso, o con posterioridad más o menos inmediata a los períodos de precipitaciones, escurre por la superficie de la cuenca una cantidad de agua que al ir encauzándose en los diferentes tributarios, termina por concentrarse en el colector, configurando así un sistema hidrográfico.

Si la zona posee una cuenca bien desarrollada, la superficie medida de los terrenos a través de los cuales tiene lugar el escurrimiento, es reducida y el río alcanza los cursos con prontitud. También se debe tener en cuenta, que la erosión retrocedente y, consecuentemente la profundización de los lechos fluviales, están controlados por los siguientes factores:

- Características litológicas
- Características climáticas
- Magnitud de la pendiente

Si se toma una unidad de área, la extensión de los cursos de agua es menor en una zona árida que en una húmeda. Por otra parte, la densidad de drenaje tiende a ser baja, cuando los materiales son muy permeables (arenas y gravas), debido a que la infiltración es alta quedando poca disponibilidad de agua, que pueda alimentar a los cauces en superficie. Esta situación se ve favorecida cuando se trata de una topografía llana, bajo clima árido. En regiones húmedas, con pendientes marcadas y rocas impermeables, la densidad de drenaje tiende a ser máxima.

En síntesis, climas húmedos tienden a densidades de drenaje más bajas que en regiones áridas de litologías comparables, como resultado de la protección de la cobertura vegetal. Por otra parte, áreas de bajo relieve y buena infiltración muestran generalmente una densidad de drenaje más baja que zonas con mayores relieves o baja permeabilidad. Se puede admitir en consecuencia, que para una cuenca dada existe cierta concordancia entre el coeficiente de escurrimiento y la densidad de drenaje de la misma.

Se asignaron valores entre 1 y 5 a cada uno de los índices de Densidad de Drenaje (Dd) calculados para la morfometría de las cuencas. Al integrar los índices, se generó un conjunto de posibles combinaciones a partir de las cuales se definieron cinco (5) clases

morfométricas con base en la posible respuesta de los torrentes ante un evento de precipitación. Así, las clases morfométricas vienen definidas por la integración de la densidad de drenaje, las cuales generan características muy particulares que permiten evaluar la respuesta de los torrentes, desde muy lenta hasta muy rápida y violenta, para generar crecidas torrenciales.

El resultado de esta operación permite clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías que se describen en la Tabla 5-105.

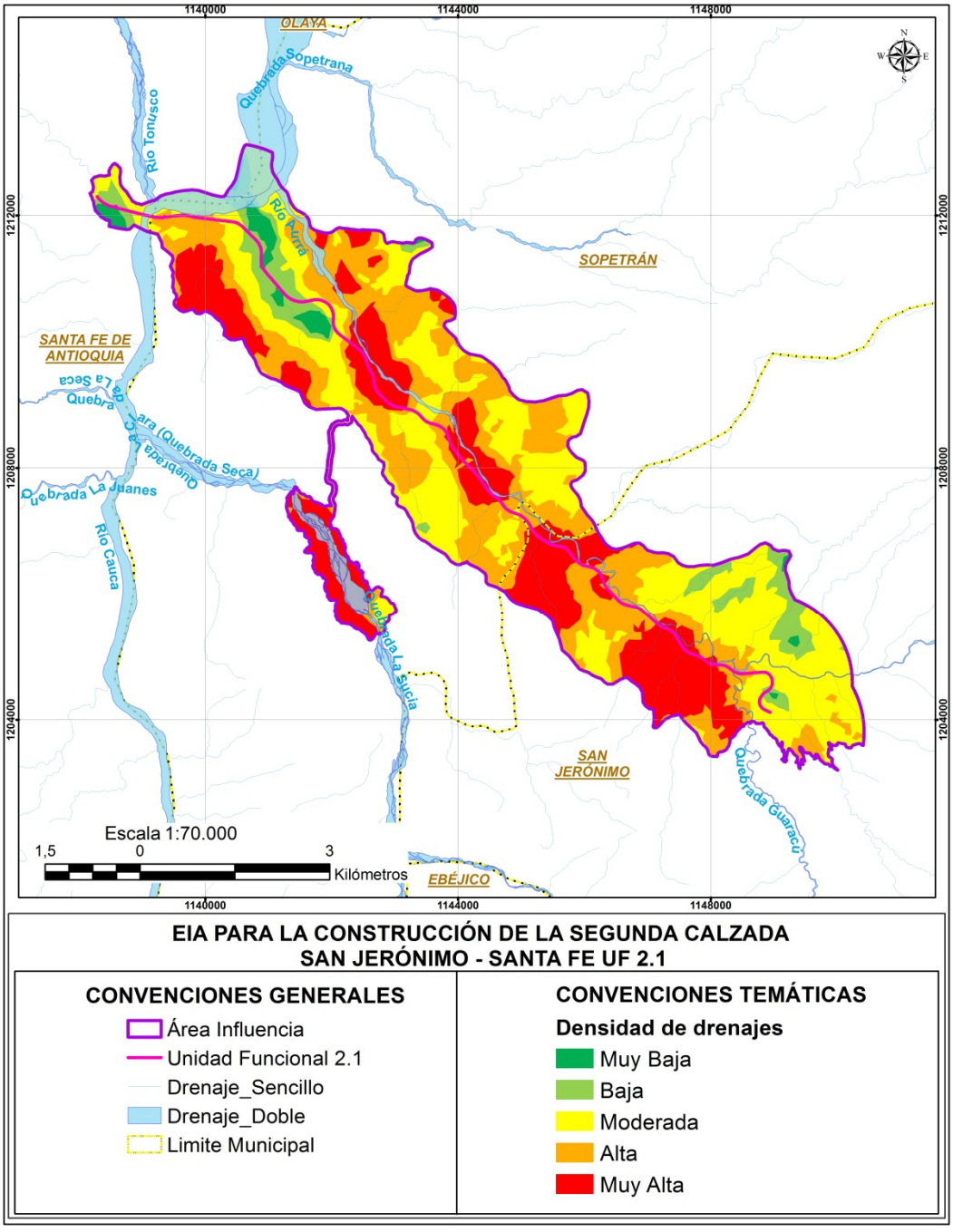
Tabla 5-105. Categorías de evaluación para la Densidad de drenaje en el área de influencia del Proyecto

Rangos Densidad de drenajes(Km/Km^2)	Valoración	Valoración
<2.0	1	Muy Baja
2.0–3.0	2	Baja
3.0–5.5	3	Moderada
5.5–7.0	4	Alta
>7.0	5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro de Densidad de drenaje (km/km^2) es como se muestra en la Figura 5-113.

Figura 5-113. Mapa de categorización de la Densidad de Drenajes (Dd) como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.7.3 Tiempos de Concentración, Tc

El tiempo de concentración es el tiempo que tardaría una gota de agua en recorrer la longitud desde el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca, hasta el lugar de medición. Los tiempos de concentración son calculados a partir de las características físicas de la cuenca, las cuales son: pendientes, longitudes, elevaciones medias y área de la cuenca. Es de notar que todas las fórmulas tienen factores de corrección que aplican según la cobertura de la cuenca (German Monsalve, 1.999: p.180).

Según Verstappen (1.983) es uno de los parámetros más importantes para determinar caudal pico, y es indicativo del grado de erodabilidad de los suelos y rocas, porcentaje de erosión y de las condiciones climáticas imperantes en la cuenca. Es un factor que depende de las características físicas de las rocas, capacidad de infiltración, cobertura vegetal, topografía y ciclos de erosión-depositación. Si se relaciona con la morfometría de la cuenca, elevados valores de densidad de drenaje, indican el predominio del escurrimiento sobre la infiltración, bajo almacenamiento subsuperficial y subterráneo, rocas o sedimentos de texturas finas de relativamente baja permeabilidad y elevada susceptibilidad a la erosión. Sus efectos teóricos sobre un hidrograma indican tiempos de concentración cortos.

Existen diversas metodologías para la estimación del tiempo de concentración que han sido desarrolladas a partir de conceptualizaciones semi-empíricas. Las más empleadas en los estudios de hidrología son las siguientes:

- **Kirpich**

$$Tc = 0.06628 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Desarrollada a partir de información del SCS, recomendada para cuencas rurales en zonas montañosas, con canales bien definidos y pendientes empinadas (de 3% a 10%).

- **U.S. Corps of Engineers**

$$Tc = 0.0882 \cdot \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

- **Chow**

$$Tc = 0.0197 \cdot \frac{L^{0.64}}{S^{0.32}}$$

Donde:

L: Longitud total del cauce principal en (Km)
S: Pendiente Promedio en (m/m)
Tc: Tiempo de Concentración en (min)

Se asignaron valores entre 1 y 5 a cada rango de tiempos de concentración calculados para las cuencas menores identificadas en el área El resultado de esta operación permite clasificar cada punto del mapa dentro de cinco categorías que se describen en la Tabla 5-106.

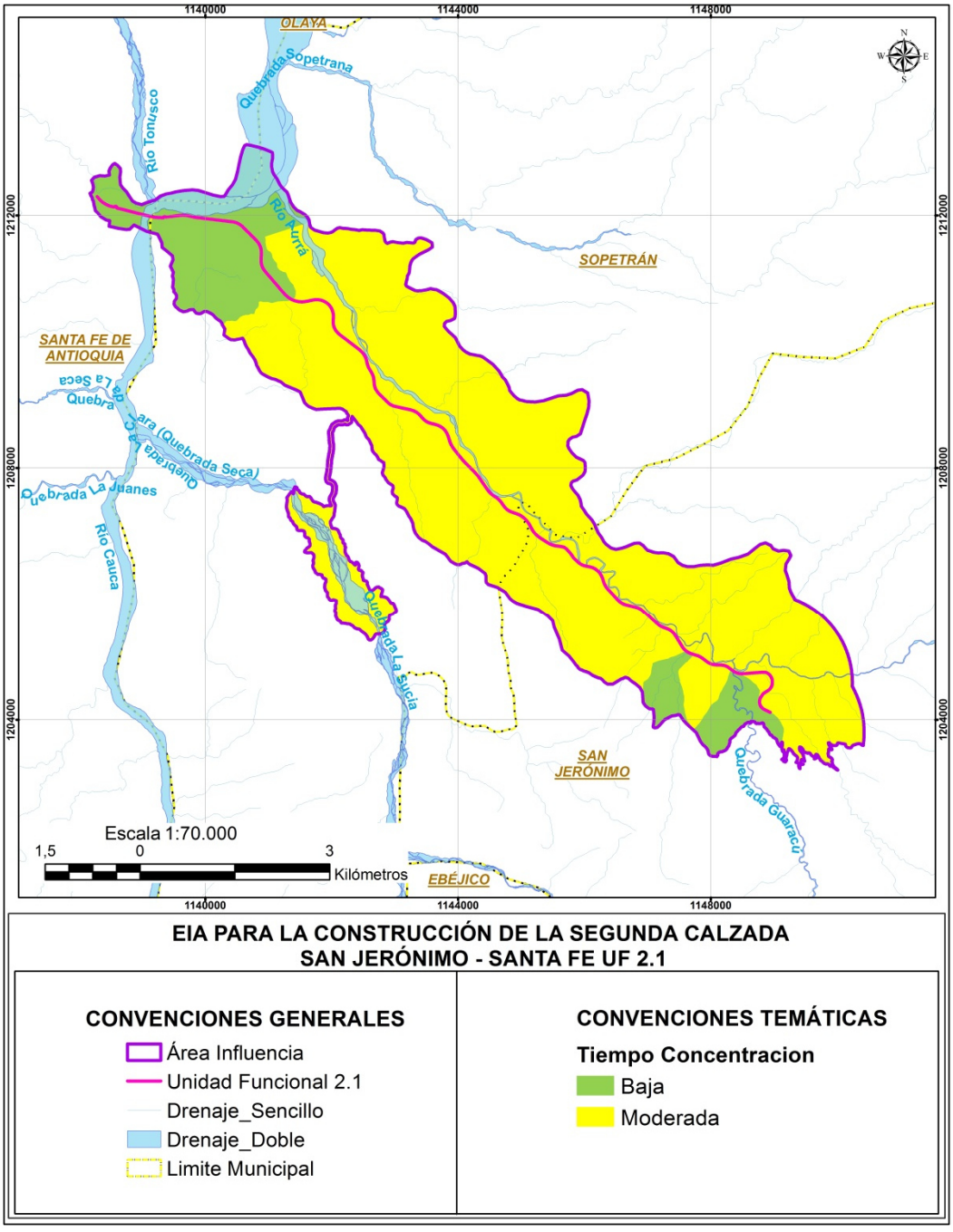
Tabla 5-106. Categorías de evaluación para el tiempo de concentración en el área de influencia del Proyecto

Rango de Tiempo de Concentración (min)	Valoración	Valoración
> 240	1	Muy Baja
240 - 60	2	Baja
60 - 15	3	Moderada
15 - 5	4	Alta
< 5	5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El resultado de este análisis de reclasificación para el parámetro de tiempo de concentración se muestra en la Figura 5-114.

Figura 5-114. Mapa de categorización de tiempo de concentración como factor de torrencialidad en el área de influencia del Proyecto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.7.4 Categorización de la amenaza por avenidas torrenciales

La evaluación de la amenaza por avenidas torrenciales está definida de la siguiente manera:

$$Amenaza\ Torrencial\ (AT)=0.4P+0.4Tc+0.2Dd$$

Dónde:

AT=Amenaza por avenidas torrenciales.
P=Nivel de amenaza según la precipitación media total anual
Tc= Nivel de amenaza según el tiempo de concentración
Dd=Nivel de amenaza según la densidad de drenaje.

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, las clases morfométricas medidas como densidad de drenaje y el tiempo de concentración, esto permitió homogenizar los diversos parámetros para posteriormente analizarlos; cada categoría está compuesta por un dígito numérico que va del 1 al 5, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 5 representa la condición más desfavorable.

Con la ponderación de estos parámetros en la Tabla 5-107, se presentan los intervalos para la categorización y grado de amenaza por avenidas torrenciales.

Tabla 5-107. Intervalos y categorías de la amenaza por avenidas torrenciales

Rango de Valoración de la variable AT	Categoría
0–1	Muy Baja
1–2	Baja
2–3	Moderada
3–4	Alta
4–5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

El significado de cada uno de estos rangos a raíz de los eventos de torrencialidad se indica en la Tabla 5-108.

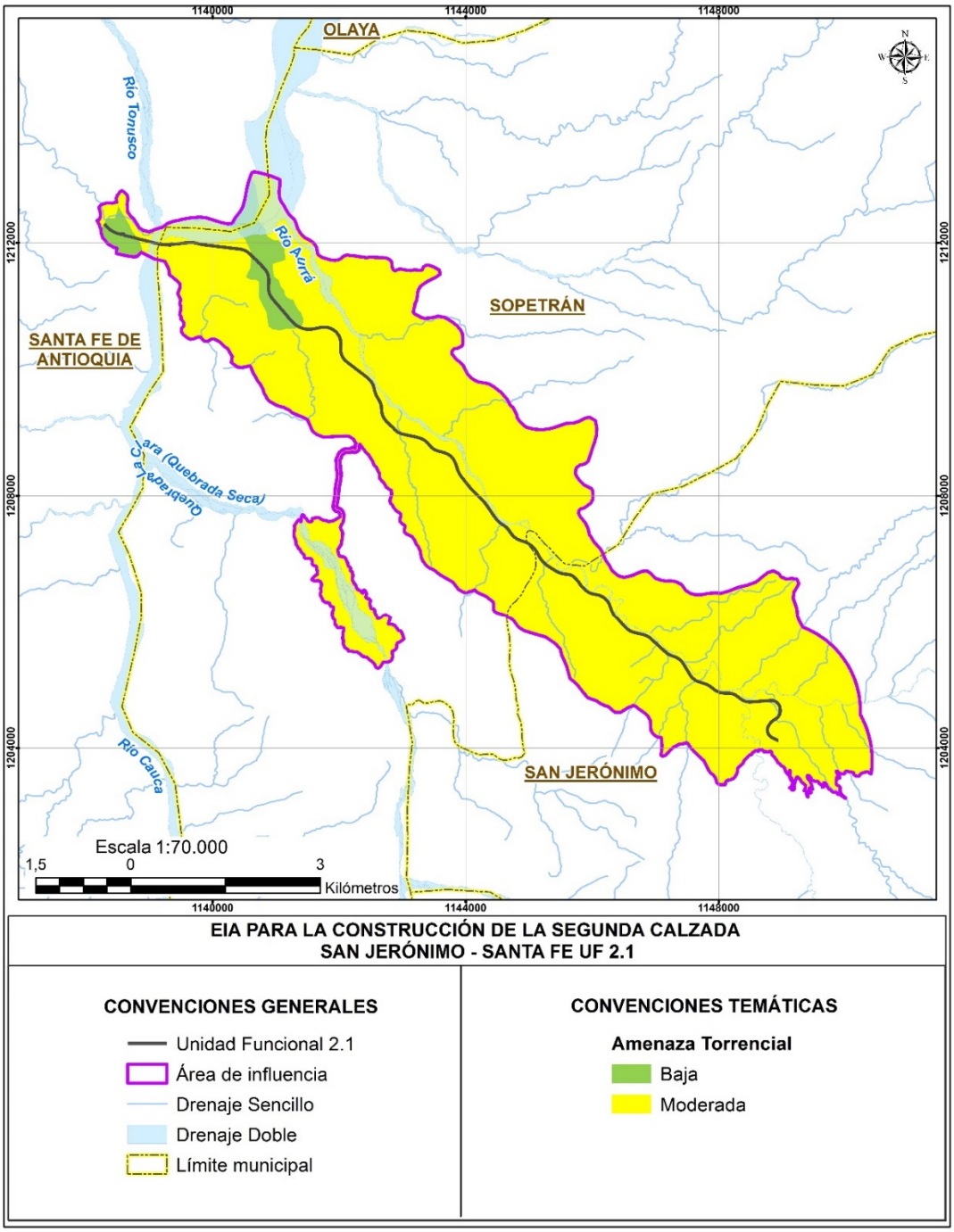
Tabla 5-108.Tipos de amenaza por avenidas torrenciales en las cuencas del área de influencia del Proyecto

Nivel de Amenaza	Rango	Descripción
0–1	Muy Baja	Son áreas que tienen poca o baja activación como respuesta a lluvias de larga duración cubriendo zonas extensas. Generalmente, son los interfluvios y drenajes de primer orden que drenan directamente al río principal de la cuenca.
1–2	Baja	Son áreas que se activan como respuesta a lluvias de larga duración cubriendo zonas extensas. Generalmente, son los interfluvios y drenajes de primer orden que drenan directamente al río principal de la cuenca.
2–3	Moderada	Presentan una cobertura vegetal variada desde los bosques hasta cultivos, potencialmente inestables por movimientos en masa, pendiente, procesos erosivos y crecientes de los cursos de agua; poseen una respuesta hidrológica moderadamente rápida. Generalmente presentan crecidas en las épocas de mayor precipitación.
3–4	Alta	Áreas potencialmente inestables por pendiente y movimientos en masa; poseen una respuesta hidrológica rápida con una cobertura del suelo que incluye matorrales, asociación de cultivos y pastizales y pastizales naturales. Generalmente presentan crecidas en periodos lluviosos.
4–5	Muy Alta	Áreas caracterizadas por presentar fuertes precipitaciones y condiciones de humedad antecedentes altos, con predominio de cultivos, pastizales y vegetación arbustiva. En áreas inestables y potencialmente inestables que responden rápida y violentamente a lluvias de alta intensidad y corta duración, pueden generar crecidas torrenciales.

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En la Figura 5-115 se representan las zonas de amenaza por avenidas torrenciales en el área de influencia del Proyecto.

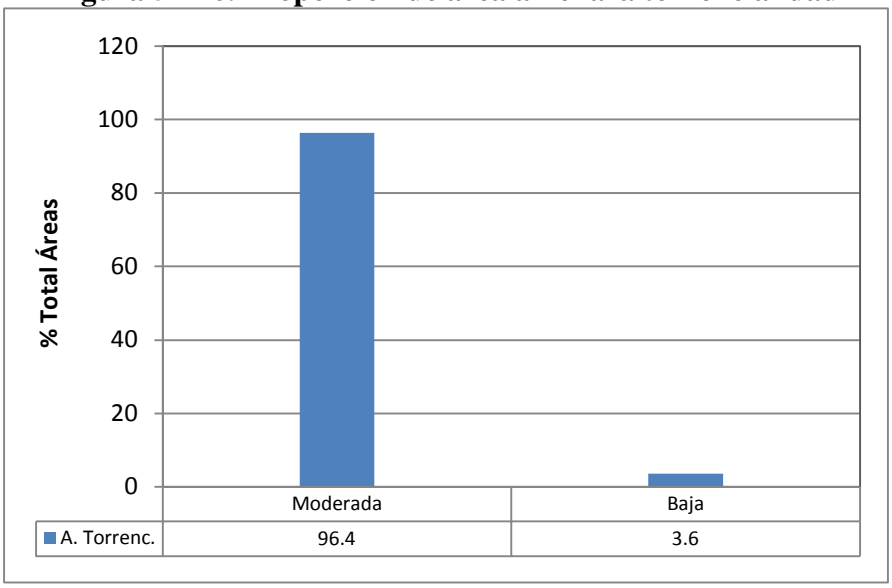
Figura 5-115. Amenaza por avenidas torrenciales



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La Figura 5-116 muestra que el 96,4% del área de influencia se localiza en zonas de amenaza media por torrencialidad, mientras el 3,6 % corresponde a amenaza baja.

Figura 5-116. Proporción de área amenaza torrencialidad



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016.

5.1.10.8 Amenaza por inundaciones

Las inundaciones son fenómenos producidos por el aumento de caudales con desborde del cauce normal de los cuerpos de agua, ocurren en época de lluvias y afecta especialmente las zonas de bajas topográficas y planicies, tienen una dinámica específica en el año de acuerdo con el comportamiento hidrológico de la zona.

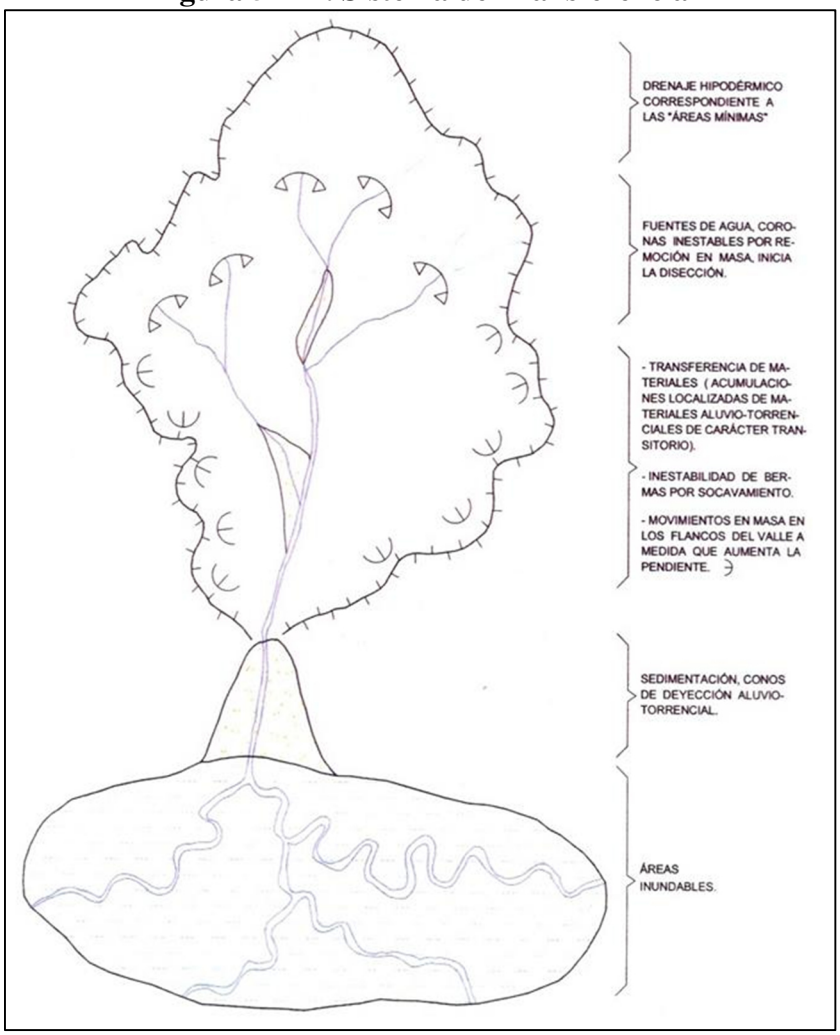
En el área de estudio la susceptibilidad de inundación está asociada a relieves de terrazas y barras longitudinales, áreas próximas a los cauces e influenciadas por las precipitaciones en el área y zonas altas de la región.

El estudio referente a nivel nacional y de mayor relevancia fue realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para evaluar la susceptibilidad a inundación en todo el territorio nacional a escala 1:100.000. Para esto, el instituto tomó como línea base los meses de octubre y diciembre de 2001 (condiciones meteorológicas normales) para realizar los análisis espaciales, acompañados de fotointerpretación para zonificar el territorio nacional en zonas inundables periódicamente (por recurrencia de eventos), zonas inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y zonas susceptibles a inundación (extraídas con base en el análisis de sistemas morfogenéticos del territorio nacional en el año 2010 (IDEAM 2012).

5.1.10.8.1 Metodología

Según Flórez (2003), los modelados aluviales[39] resultan de la dinámica fluvial de las corrientes de agua. Un sistema fluvial se entiende bajo el concepto de sistema de transferencia que corresponde con una cuenca hidrográfica en la que se diferencian áreas de la cuenca o sectores del cauce del drenaje llamados básicamente "área de aporte", "transporte" y "sedimentación", elementos que conforman una catena[40] (ver Figura 5-117).

Figura 5-117. Sistema de Transferencia



Fuente: Flórez, 2003

[39] Modelado: término opuesto al de relieve y se define como el conjunto de geoformas y de formaciones superficiales correlativas de los procesos morfogénicos (modeladores), y estos explicados por factores de la dinámica externa (viento, agua, glaciares, hombre). Ej.: modelado eólico - dunas, modelado glacial - morrenas.
[40] Catena: conjunto de todos los elementos interrelacionados que integran un modelado.

De acuerdo con la fuente anterior y para entender el sistema de transferencia se debe tener en cuenta las siguientes definiciones:

- Área de aporte: Las partes altas de una cuenca reciben el agua lluvia, la concentran, y por escurrimiento y disección, el caudal y los sedimentos van a los ejes de drenaje.
- Área de transporte. El proceso es básicamente el transporte, aunque por disección hay también arranque de materiales en el fondo y márgenes, que se incorporan como sedimentos a las corrientes.
- Área de sedimentación. En las partes bajas (piedemontes o bordes de llanuras) disminuye su competencia y capacidad de carga, con la pérdida notable de su pendiente longitudinal, y ocurre sedimentación en conos aluviales o aluvio-torrenciales. Por la baja profundidad del cauce, sus aguas se desbordan durante el periodo lluvioso, formando áreas de inundación y desborde de las corrientes de agua en la llanura aluvial (partes bajas o depresionales). A continuación se presenta la zonificación por inundación, la cual se realizó utilizando un sistema semicuantitativo, siguiendo los procedimientos de zonificación del sistema de evaluación numérica y superponiendo las temáticas relacionadas en dicha evaluación, descritos por Varnes (op cit.) y Van Westeen (op cit.).

5.1.10.8.2 Evaluación de amenaza por inundación

De acuerdo con lo anterior, para el estudio de zonificación de amenazas se tuvieron en cuenta dos aspectos relacionados con la geomorfología de los terrenos del área de influencia del proyecto, que corresponden al paisaje y las unidades geomorfológicas. La valoración de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas, se realizó con base en los criterios que se establecen en la Tabla 5-109, donde 1 corresponde a muy baja susceptibilidad y 5 a muy alta. La Tabla 5-110 muestra la calificación del territorio, aplicando los mencionados criterios.

Tabla 5-109. Intervalos y categorías de amenaza por inundaciones

Valor	Amenaza por inundaciones
1	Muy Baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy Alta

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Tabla 5-110. Valores de susceptibilidad a inundaciones por características geomorfológicas

Z. Geoestr.	Prov. Geom	Unidad geomorfológica		Subunidad geomorf.	Componente geomorfológico	Símbolo	Calif. Inund.
Cordillera	Cordillera Central	Montañas	Estructurales denudativas (SD)	Espinazo	Ladera estructural (le)	SDle	1
			Denudativas (D)	Laderas	Ladera (l)	Dl	1
		Piedemonte	Denudativa estructural (DS)	Lomas y colinas	Lomerío (lo)	DSlo	1
					Laderas estructurales (le)	DSle	1
			Aluvio diluvial (FA)	Abanicos aluviales	Cuerpo y base de abanico aluvial (aa)	FAaa	2
			Aluvial (F)	Terrazas aluviales	Nivel de terraza 0	Ft0	3
					Nivel de terraza 1	Ft1	2
				Valle aluvial	Valle estrecho aluvial (ve)	Fve	3
					Vega inundable (vi)	Fvi	5
					Basines (ba)	Fba	5
					Sobrevega (sv)	Fsv	4
	Cuerpos de agua					CA	No aplica

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Se definió como factor detonante de las inundaciones a la precipitación, la razón es que su ocurrencia siempre esta asociada al incremento de los caudales superficiales de las fuentes de agua y la posibilidad de desbordamiento de los cauces, trayendo como consecuencia dicho fenómeno natural.

Se asignaron diferentes categorías de evaluación a los rangos de precipitación media anual, cada categoría está compuesta por un digito numérico que va del 1 al 5, donde 1 corresponde a la condición más favorable y 5 representa la condición más desfavorable (ver Tabla 5-111).

Tabla 5-111. Categorías de evaluación para la precipitación total anual en las cuencas de la zona de estudio

Rango de Precipitación(mm)	Categoría	Calificación
<1.600	Muy Baja	1
1.600 – 2.000	Baja	2

Rango de Precipitación(mm)	Categoría	Calificación
2.000 – 2.200	Moderada	3
2.200 – 2.400	Alta	4
> 2.400	Muy Alta	5

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La evaluación de la amenaza por inundación se definió así:

$$AI= (0.7*SG)+(0.3*P)$$

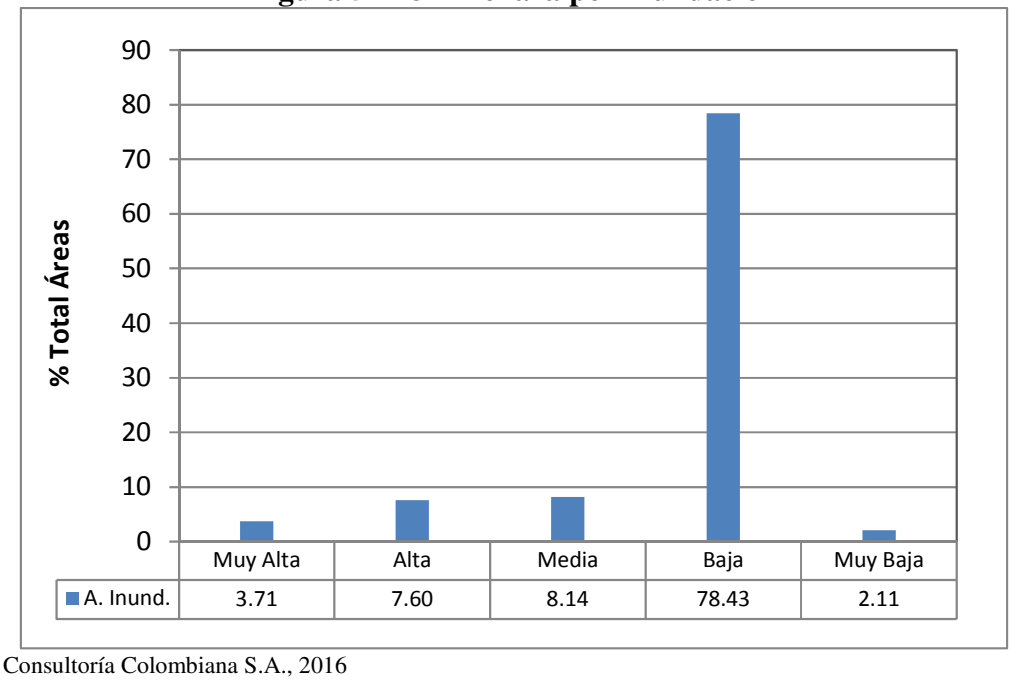
Dónde:

AI= Amenaza por inundación.
SG= Susceptibilidad geomorfológica por paisaje y relieve
P= Calificación por precipitación.

Aplicando la evaluación anterior, a las condiciones geomorfológicas y la categorización de la precipitación, para el área de influencia del proyecto, se encontró la distribución espacial de las zonas con tendencia a inundaciones, las cuales se pueden observar en laFigura 5-119.

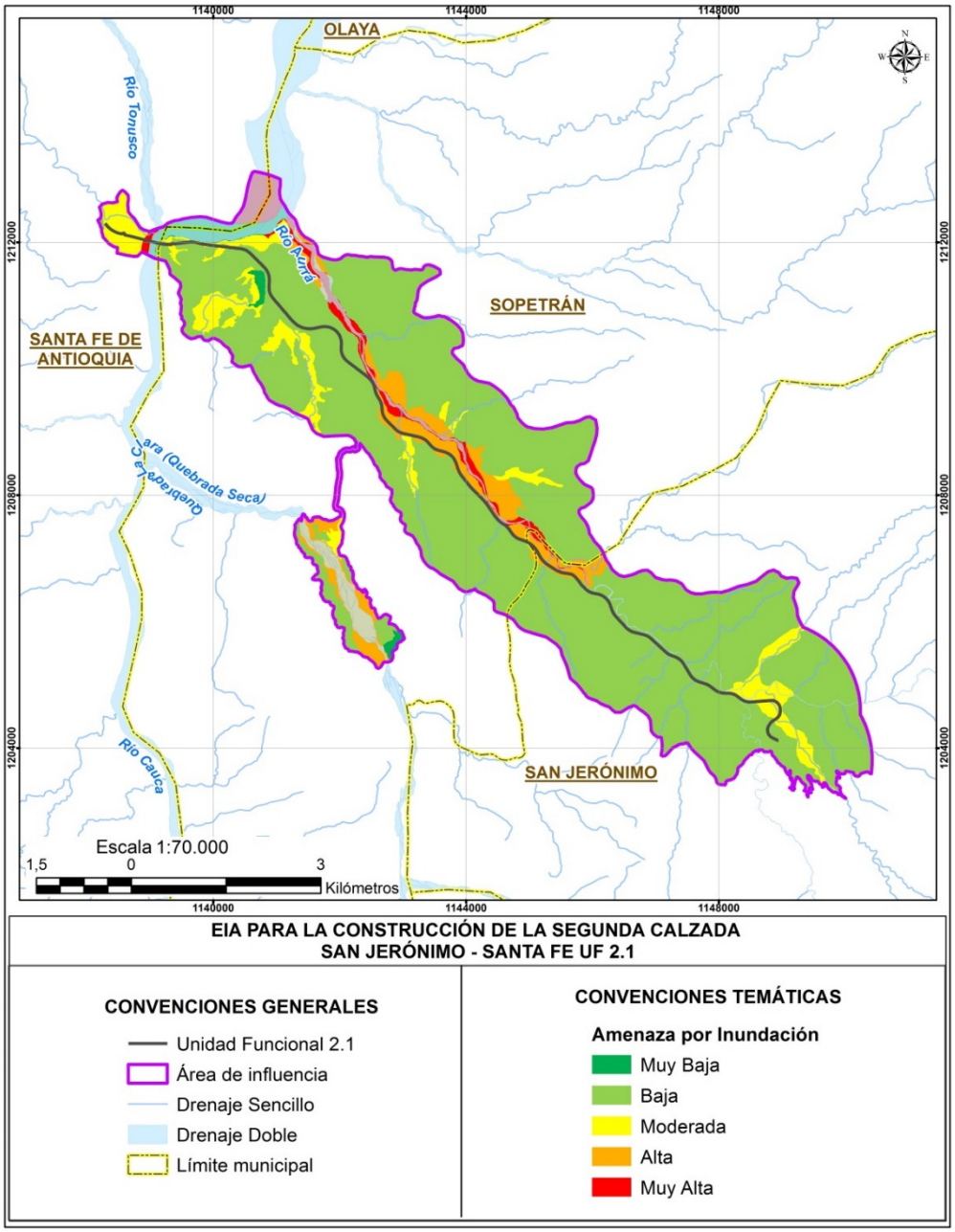
La Figura 5-118 muestra que el 78.43 % del área de influencia se localiza en zonas de amenaza baja por inundaciones, mientras que el 2.11 % corresponde a amenaza muy baja.

Figura 5-118 Amenaza por inundación



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 5-119. Amenaza por inundación en el área de influencia del proyecto



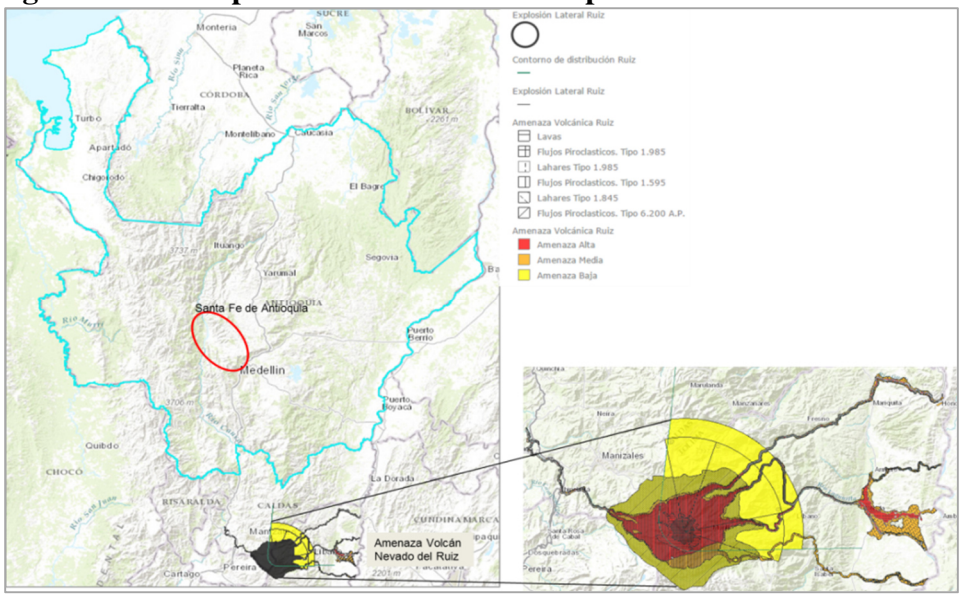
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

5.1.10.9 Amenaza volcánica

La información que se relaciona en este numeral, está basada la página web del Instituto Geológico Colombiano, SGC.

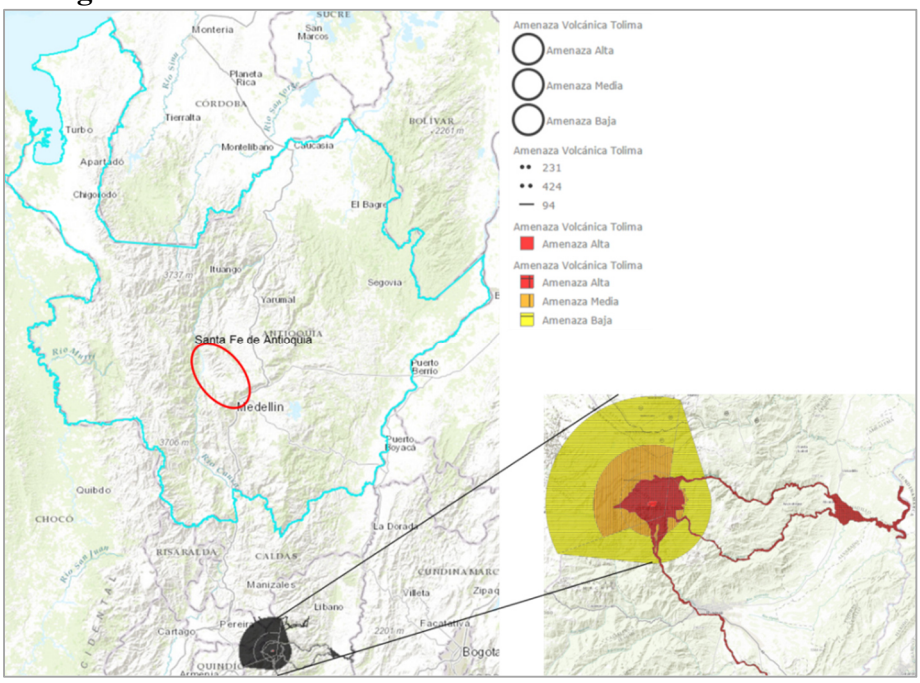
Los volcanes en Colombia se ubican principalmente a lo largo de la Cordillera Central, desde el límite colombo – ecuatoriano hasta la confluencia de los departamentos de Risaralda, Caldas y Tolima. En el departamento de Antioquia, la influencia volcánica es de muy bajo grado. Los focos volcánicos más cercanos al AII del proyecto se encuentran muy distantes y no tienen influencia, ver Figura 5-120, Amenaza volcán Nevado del Ruiz, Figura 5-121, Amenaza volcán Nevado del Tolima y Figura 5-122, Amenaza Volcán Santa Isabel.

Figura 5-120. Mapa de Amenaza volcánica por Volcán Nevado del Ruiz



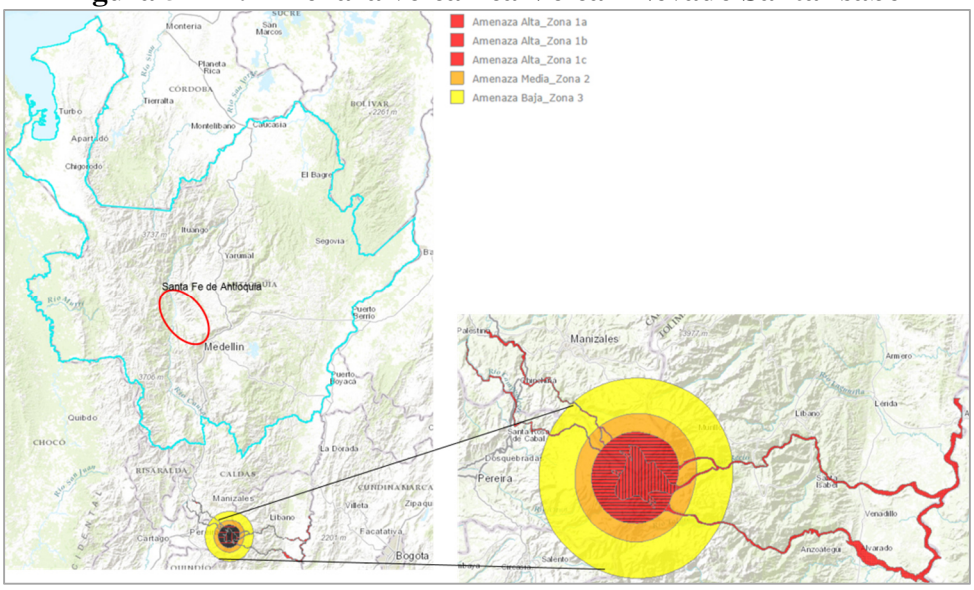
Fuente: http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_volcanica_JS/

Figura 5-121. Amenaza volcánica Volcán Nevado del Tolima



Fuente: http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_volcanica_JS/

Figura 5-122. Amenaza volcánica Volcán Nevado Santa Isabel



Fuente: http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_volcanica_JS/

5.1.11 Atmósfera

Para el análisis climático de la zona de influencia del proyecto, se recopiló la información disponible en las estaciones operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. En la Tabla 5-112 se presenta el nombre, tipo, código de las estaciones estudiadas y sus características de localización y elevación.

Además de la información meteorológica existente en IDEAM, se tuvo en cuenta la información disponible en los POTs y EOTs de los municipios del área de influencia del proyecto y los POMCAs de las cuencas intereceptadas por el proyecto, entre ellas se incluyen el del río Aurrá, río Aburrá o Medellín, quebrada Seca o Clara.

Las estaciones a tener en cuenta en la zona en análisis se definieron de acuerdo al periodo de registro, la continuidad y la localización geográfica, de tal forma que permitieran conocer el comportamiento de las variables climatológicas en la zona.

Tabla 5-112 Estaciones climatológicas seleccionadas en la zona de estudio

Código	Nombre	Corriente	Municipio	Cat.	Est.	Altitud (msnm)	Coordenadas	
							Este	Norte
26210090	Anza	Cauca	Anza	PM	A	710	1134811,46	1188918,09
27015070	Apto Olaya Herrera	Medellín	Medellín	SP	A	1490	1164752,08	1179866,11
27011110	Astilleros	Quebrada Doña María	Medellín	PM	A	2450	1155122,42	1183898,96
26200130	Bolombolo	Cauca	Venecia	PM	A	604	1136781,52	1151827,47
27010780	Boqueron	Medellín	Medellín	PM	S	2510	1154267,90	1194150,60
26215020	Cañafisto	Cauca	Santafé de Antioquia	CO	S	500	1139493,82	1201487,07
11115020	Cañasgordas	Cañasgordas	Cañasgordas	CO	A	1200	1115840,25	1239194,00
26215010	Concordia	Quebrada Magallo	Concordia	CO	A	1904	1128182,04	1159766,51
26205020	El Rosario	Quebrada Mina	Venecia	CP	A	1600	1150695,92	1148050,05
26210130	Guasabra	Tonusco	Santa Fe de Antioquia	PM	A	2128	1124073,88	1211037,40
26205080	La Aldea	La Frisola	Medellín	ME	A	1638	1152330,70	1193149,84
26210080	La Herradura	Cauca	Concordia	PM	A	547	1133233,27	1166358,83
27011120	La Iguana	Quebrada La Iguana	Medellín	PG	A	2300	1157134,10	1190427,97
27011270	Laureles-Medellín	Medellín	Medellín	PM	A	1512	1164513,40	1182720,18
26230180	Llanos de San Juan	Quebrada La Muñoz	San Jerónimo	PM	A	1600	1150436,43	1202658,11

Código	Nombre	Corriente	Municipio	Cat.	Est.	Altitud (msnm)	Coordenadas	
							Este	Norte
26200120	Otramina	Amaga	Titiribi	PM	A	1375	1142030,04	1163472,41
27010810	Santa Helena	Medellín	Medellín	PM	A	2550	1172755,31	1177264,84

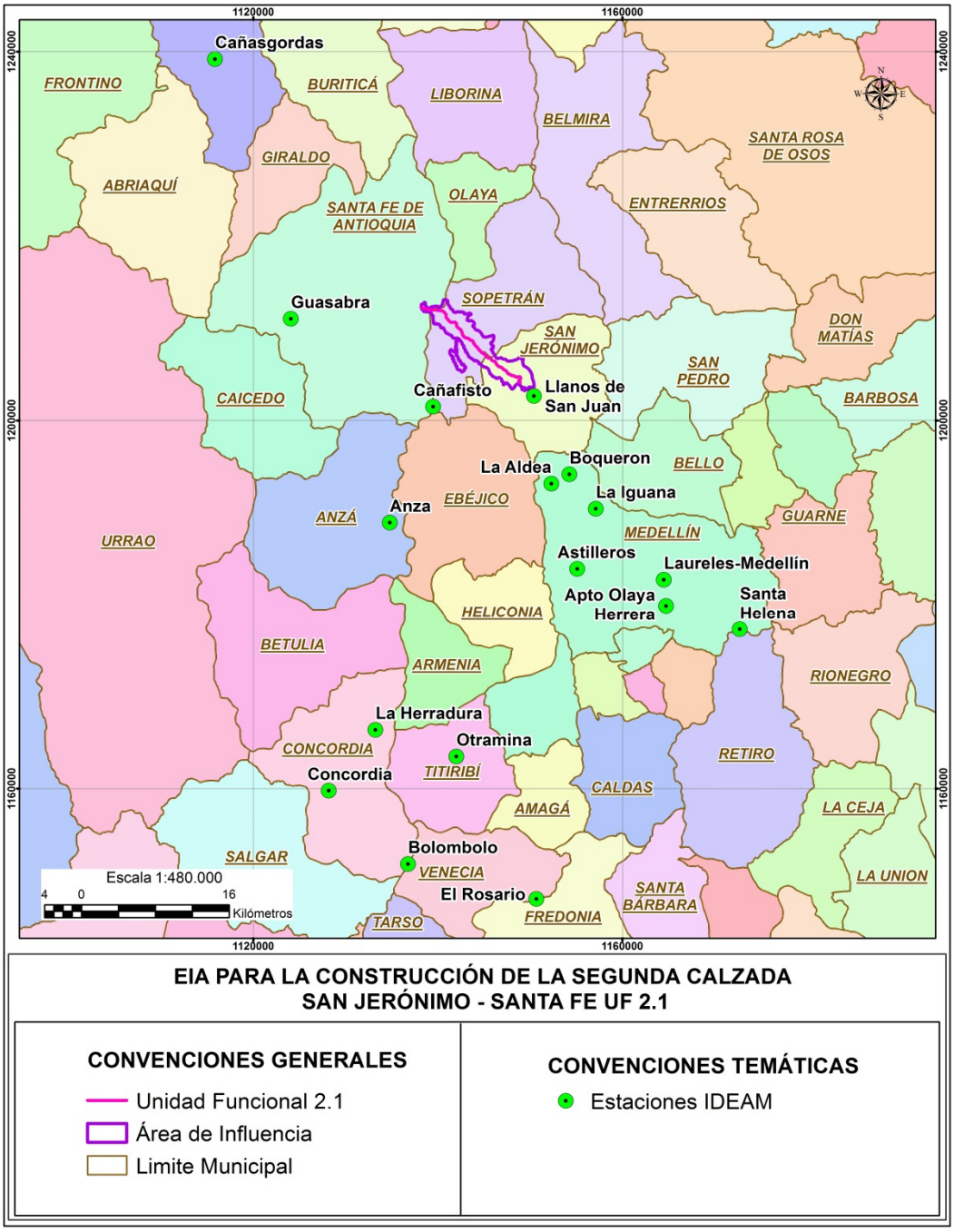
Categoría (Cat):
PM= Pluviométrica
CO= Climatológica Ordinaria
ME= Meteorológica
PG= Pluviográfica
SP= Sinóptica Principal
CP= Climatológica Principal

Estado (Est):
A= Activa
S=Suspendida con registros iguales o superiores a 15 años.

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

En la Figura 5-123 se muestra gráficamente la localización de las estaciones del IDEAM en relación con el área de influencia del proyecto, se resalta que en la zona de interés se cuenta con registros de precipitación en todas las estaciones listadas, sin embargo, para las demás variables climatológicas solo algunas cuentan con registros históricos, por lo cual, para cada variable que sea analizada se precisará las estaciones tenidas en cuenta para el análisis y el periodo de información en cada una de ellas.

Figura 5-123. Localización de las estaciones IDEAM con información histórica de variables climatológicas



Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.11.1.1.1 Temperatura

La temperatura es la medida de calentamiento presente en el aire y en la superficie terrestre y sus variaciones se deben a la ganancia o pérdida de la energía radiante, dicha energía se transforma en calor sensible, la cual es medida por medio de termómetros. La importancia del estudio de la temperatura en estudios de medio físico, radica en que sus variaciones pueden definir meso a microclimas, además condiciona la distribución de los seres vivos y proporciona características específicas al medio que rodea la fauna y la flora.

La temperatura está determinada por factores como: exposición solar, nubosidad, intensidad y procedencia de los vientos y aspectos locales como relieve, zonas de transición y micro-climas.

Para el análisis del comportamiento de esta variable, se tuvo en cuenta la lectura de las estaciones Cañasgordas, Concordia, Aeropuerto Olaya Herrera, El Rosario y Cañafisto las cuales cuentan con los siguientes reportes históricos:

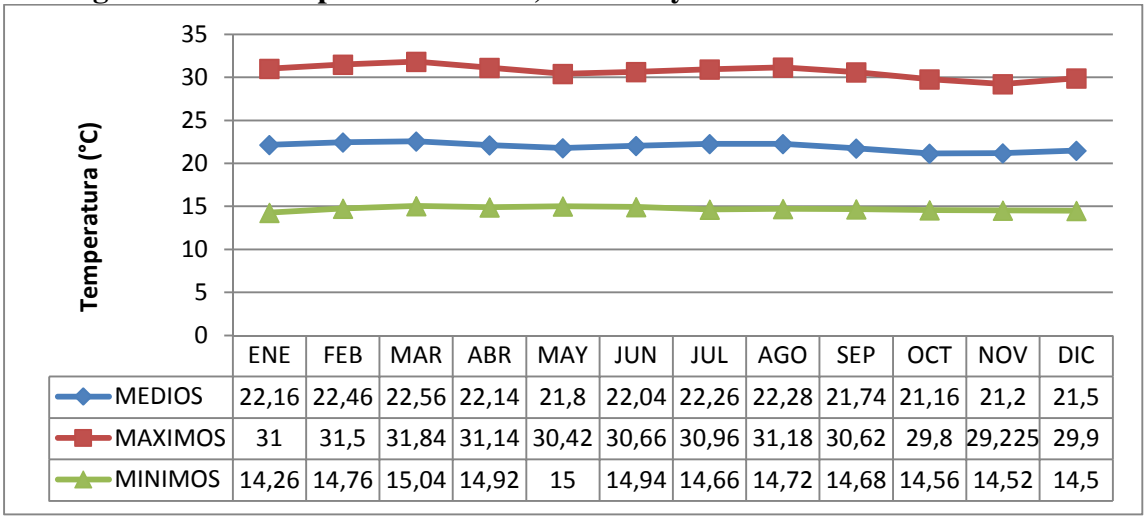
Tabla 5-113. Periodo de reporte de estaciones IDEAM para análisis de temperatura

Código	Nombre	Periodo de reporte
11115020	Cañasgordas	1973-2015
26215010	Concordia	1970-2015
27015070	Apto Olaya Herrera	1941-2015
26205020	El Rosario	1967-1994
26215020	Cañafisto	1987-2002

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Acorde con lo anterior, en la Figura 5-124 se presenta el comportamiento de la temperatura en la zona de interés, con base a los reportes de temperatura media mensual multianual.

Figura 5-124. Temperatura Media, Máxima y Mínima mensual multianual



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIOS	22,16	22,46	22,56	22,14	21,8	22,04	22,26	22,28	21,74	21,16	21,2	21,5
MAXIMOS	31	31,5	31,84	31,14	30,42	30,66	30,96	31,18	30,62	29,8	29,225	29,9
MINIMOS	14,26	14,76	15,04	14,92	15	14,94	14,66	14,72	14,68	14,56	14,52	14,5

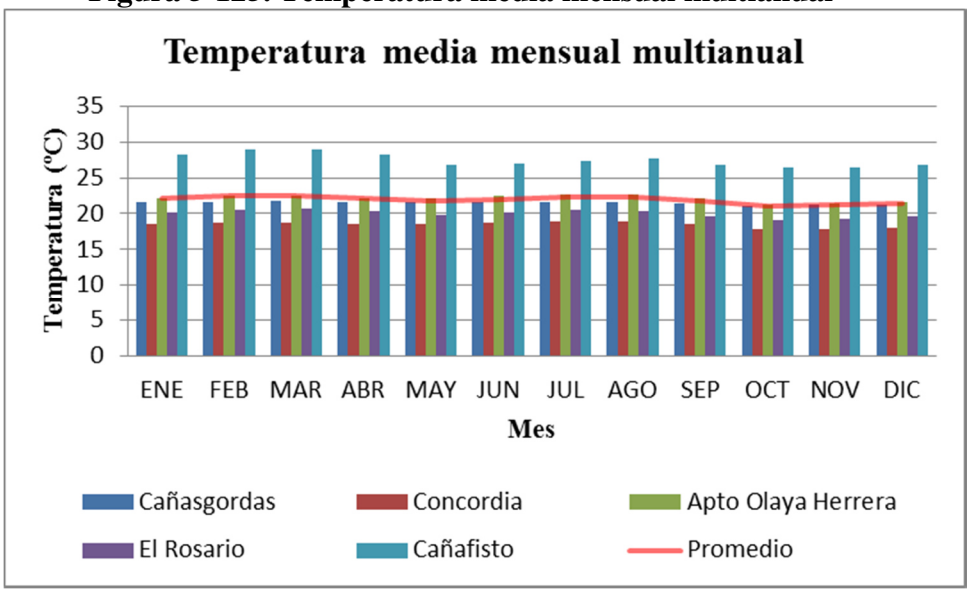
Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Según la información, se pudo evidenciar que en la zona de estudio se presentan valores de temperatura similares; con un promedio de medias anuales que oscilan entre 21.2°C y 22.56°C, siendo los periodos de febrero - marzo y julio - agosto los más cálidos y entre los meses de octubre y diciembre lo más fríos, manteniéndose así con un promedio anual de 21.92°C.

Del total de datos se resalta que los meses con una mayor temperatura fueron febrero y marzo con valores máximos registrados de 31.5°C y 31.84°C respectivamente, teniendo una temperatura máxima promedio de 30.7°C. Con respecto a los valores mínimos, estos se reportaron en los meses de enero con 14.26°C y diciembre con 14.5°C, con una temperatura promedio de 14.7°C.

Los datos más altos de temperatura media mensual multianual se presentan en la estación Cañafisto con un registro máximo de 28.9°C y una mínima de 17.8°C en la estación Concordia ubicándolas por encima de los promedios anuales. Las variaciones presentadas en las estaciones, se asocian directamente con la diferencia altitudinal, aspecto que igualmente se presenta en el trazado de la vía.

Figura 5-125. Temperatura media mensual multianual

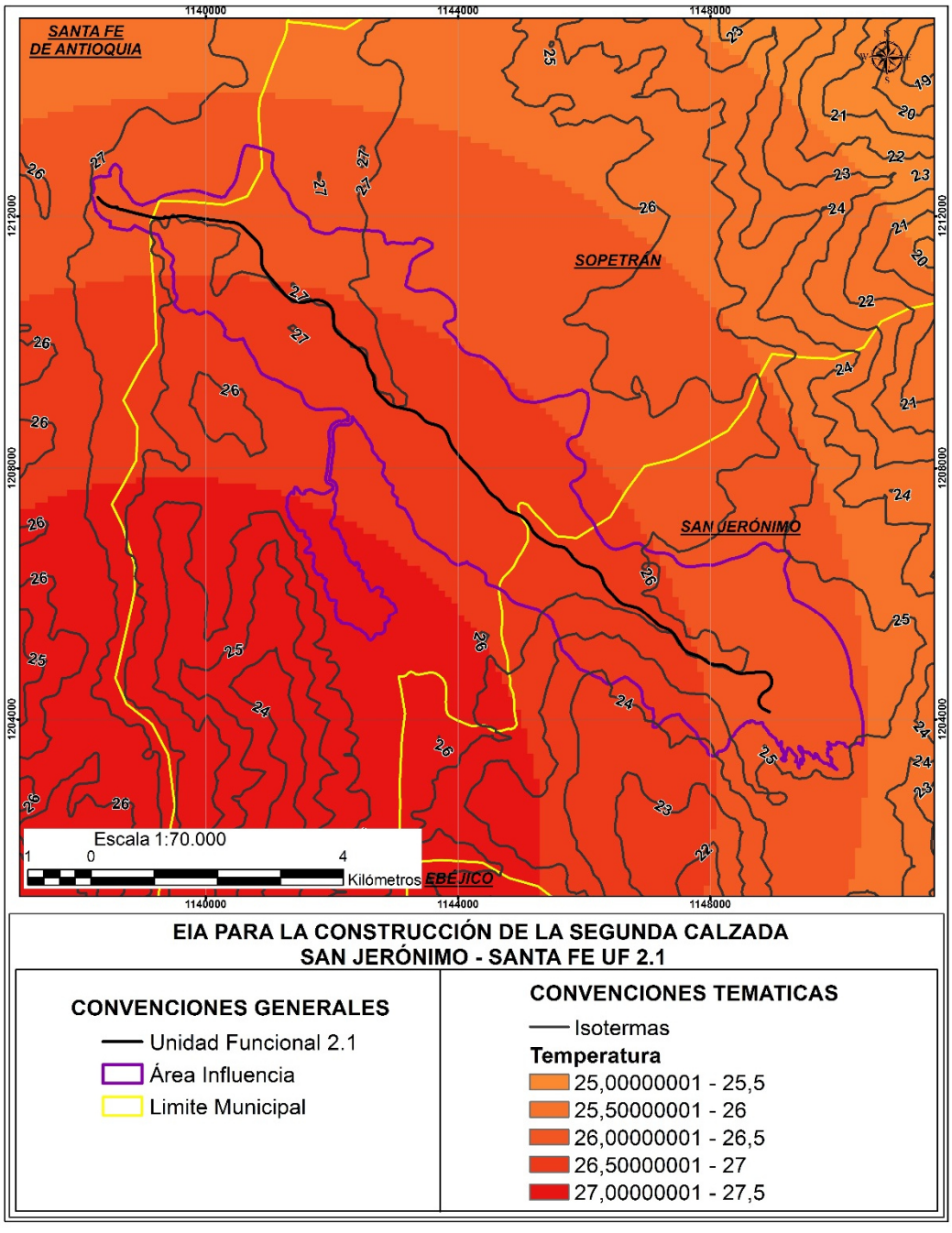


Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Por otro lado, observando los datos de las demás estaciones, se puede evidenciar que la estación Concordia se destaca con los valores más bajos, oscilando la temperatura entre 17,8ºC y 19ºC. En cuanto a las estaciones Cañasgordas, Aeropuerto Olaya Herrera y El Rosario, se tiene como valores máximos 21,8ºC, 22,7ºC y 20,8ºC respectivamente y, como valores mínimos 21,1ºC, 21,3ºC y 19,1ºC en cada caso. Las variaciones presentadas en las estaciones, se asocian directamente con la diferencia altitudinal, aspecto que igualmente se presenta en el trazado de la vía, oscilando entre los 2000 msnm y los 758 msnm, siendo el punto más alto del proyecto el sector de Túnel y la zona más baja el municipio de Sopetrán hacia el final de la UF-2.1.

La distribución espacial de la temperatura se presenta en la Figura 5-126, en la cual se evidencia que en la medida que se avanza hacia el sur-oeste, se da un aumento paulatino de la temperatura el cual representa las veredas de San Nicolás, la parte occidental de la vereda La Puerta del municipio de Sopetrán y, la zona norte de la vereda Guayabal del municipio de Ebejicó, caso contrario se registra hacia el nor-este donde se presenta una disminución de la temperatura en la medida que se asciende hacia veredas como la Isleta del municipio de Sopetrán.

Figura 5-126. Isotermas en el área de estudio



Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.11.1.1.2 Presión Atmosférica

La presión atmosférica es la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra por encima de este punto, por lo cual la presión atmosférica disminuye con la altitud y al mismo tiempo disminuye la cantidad de aire presente en la atmosfera.

Para calcular la Presión Atmosférica del lugar se utilizó la relación de acuerdo a lo expuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a partir de la siguiente ecuación:

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.006z}{293}\right)^{5.26}$$

Dónde:
P = Presión atmosférica [kPa]
z = Elevación sobre el nivel del mar [m.s.n.m]

De acuerdo con lo planteado, se tiene que el punto más alto para la Unidad Funcional 2.1 se localiza en la entrada al municipio de San Jerónimo con una altura aproximada de 700 msnm, en cuanto al punto más bajo, corresponde al de culminación del proyecto, en límites entre los municipios de Sopetrán y Santa Fe de Antioquia, con 475 msnm.

Con los anteriores datos se obtiene que la presión atmosférica de estos puntos corresponda a 721,41mmHg (96,18 Kpa) al final del trazado y 704,24mmHg (93.89Kpa) a la altura del municipio de San Jerónimo, lo cual arroja un promedio de 712,82mmHg.

En cuanto a la presión calculada en cada una de las estaciones climatológicas, se tiene que la más alta se presentá en la estación Cañafisto con un valor de 959.6 mb ubicada en la parte nor-oeste de la UF-2.1 y la presión más baja con un valor de 764.0 mb se obtuvo en la estación Santa Helena la cual se encuentra en la parte sur-este del trazado, resultados que permiten evidenciar la relación inversamente proporcional que existe entre este parámetro y la altura, ubicándose la estación Cañafisto a una menor altura con 500 msnm y la estación Santa Helena a 2550 msnm. Lo anterior permite calcular un valor promedio entre todas las estaciones de 836.81 mb. (Figura 5-127)

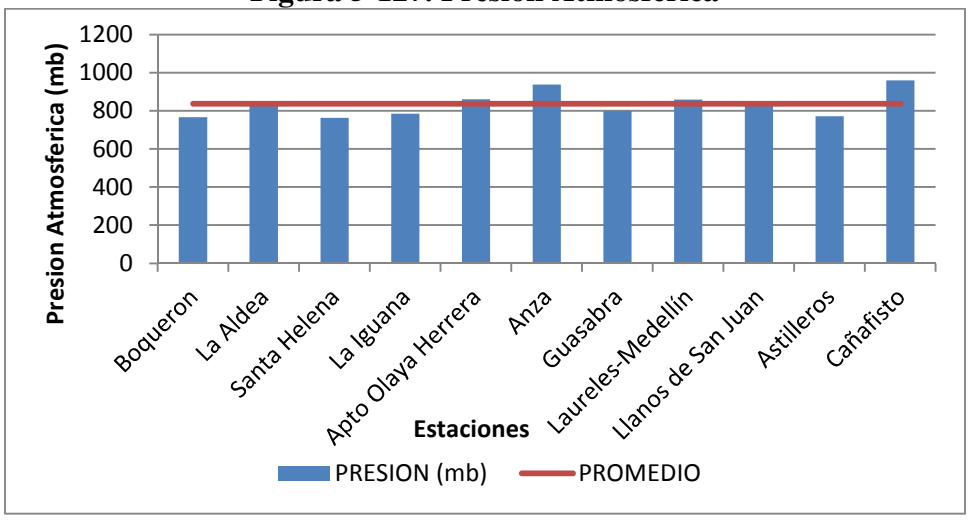
Tabla 5-114 Valores de presión atmosférica

NOMBRE	ALTITUD	PRESION (Kpa)	PRESION (mb)
Boqueron	2510	76,7	767,5
La Aldea	1638	84,7	846,6

NOMBRE	ALTITUD	PRESION (Kpa)	PRESION (mb)
Santa Helena	2550	76,4	764,0
La Iguana	2300	78,6	786,0
Apto Olaya Herrera	1490	86,1	860,6
Anza	710	93,8	937,9
Guasabra	2128	80,1	801,4
Laureles-Medellín	1512	85,9	858,5
Llanos de San Juan	1600	85,0	850,2
Astilleros	2450	77,3	772,7
Cañafisto	500	96,0	959,6

Fuente. (IDEAM, Consultoria Colombiana S.A, 2016)

Figura 5-127. Presión Atmosférica



Fuente. (IDEAM, Consultoria Colombiana S.A, 2016)

5.1.11.1.1.3Precipitación

Las precipitaciones son el mecanismo primario de transporte de agua desde la atmósfera hasta la superficie terrestre. El volumen de agua es recogido en una superficie equivalente a 1 m^2 y su medida se estipula a partir de la columna de agua que se capte, expresándose en milímetros. Cada milímetro de altura que tenga la columna de agua almacenada en ésta área, equivale a un litro.

Para la caracterización de la precipitación en la zona del proyecto, se tuvo en cuenta la información de las estaciones que se listan en la Tabla 5-115, dado el periodo de registro con el que cuentan.

Tabla 5-115. Periodo de reporte de estaciones IDEAM para análisis de precipitación

Código	Nombre	Periodo de Reporte	Código	Nombre	Periodo de Reporte
27010780	Boqueron	1970-1990	*26210090*	Anza	1970-2015
11115020	Cañasgordas	1973-2015	*26210130*	Guasabra	1975-2015
26205080	La Aldea	1990-2015	*27011270*	Laureles-Medellín	2011-2015
26210080	La Herradura	1970-2015	*26200130*	Bolombolo	1980-2015
26215010	Concordia	1970-2015	*26205020*	El Rosario	1967-1998
27010810	Santa Helena	1970-2015	*26230180*	Llanos de San Juan	1990-2015
27011120	La Iguana	1990-2015	*27011110*	Astilleros	1991-2015
27015070	Apto Olaya Herrera	1941-2015	*26215020*	Cañafisto	1987-2002
			26200120	Otramina	1970-2015

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

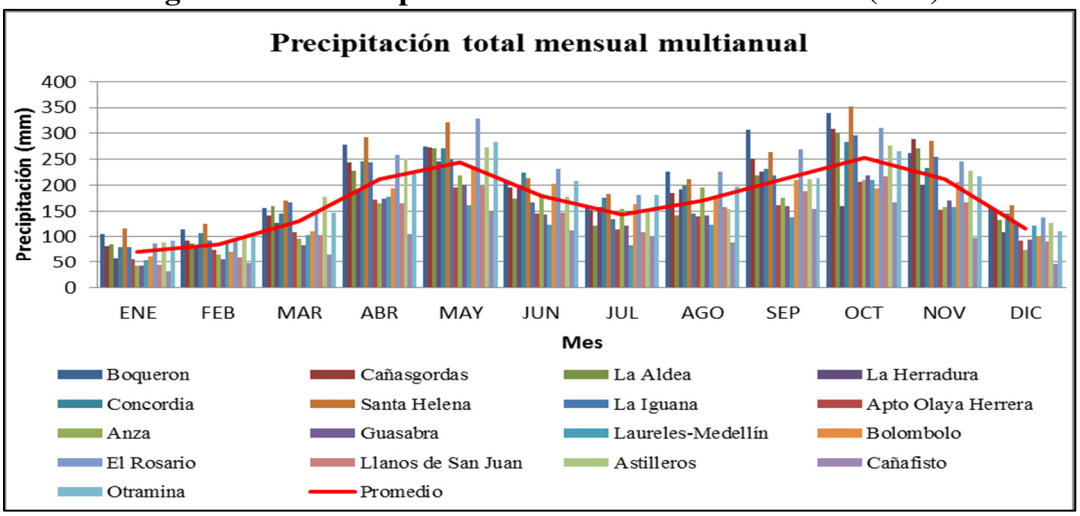
Acorde con lo anterior, en la Tabla 5-116 se presentan los valores de precipitación total mensual multianual de las diferentes estaciones y en la Figura 5-128 se incluye la representación de los valores indicados.

Tabla 5-116. Valores de precipitación total mensual multianual (mm)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Boqueron	105	114	155	278	275	206	155	226	306	340	263	160	2582
Cañasgordas	83	92	142	245	273	196	153	185	251	309	288	151	2368
La Aldea	85	87	159	228	271	173	122	141	219	300	271	132	2190
La Herradura	58	79	128	191	246	193	158	192	226	160	202	109	2042
Concordia	81	107	146	245	272	225	175	199	232	283	234	145	2343
Santa Helena	115	125	171	292	321	213	183	212	264	352	286	161	2696
La Iguana	80	94	167	244	249	167	134	145	218	296	255	125	2175
Apto Olaya Herrera	57	75	110	173	195	144	115	140	161	207	153	92	1623
Anza	43	65	97	164	220	184	154	196	175	209	158	76	1740
Guasabra	42	56	84	174	200	143	122	141	159	220	171	95	1606
Laureles-Medellín	53	91	104	178	161	123	84	123	138	210	159	122	1545
Bolombolo	62	71	110	194	237	202	162	176	210	193	207	101	1925
El Rosario	88	94	148	259	329	232	181	226	270	310	247	138	2522
Llanos de San Juan	44	61	104	165	200	146	108	158	188	217	168	91	1650
Astilleros	89	97	177	251	273	178	151	155	212	277	228	127	2215
Cañafisto	31	48	66	106	149	112	102	89	154	167	99	46	1169
Otramina	93	101	148	227	284	207	182	197	213	267	218	110	2245

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

Figura 5-128. Precipitación total mensual multianual (mm)



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

El comportamiento de la precipitación total mensual multianual que se presenta en la figura anterior permite identificar que los meses de enero, febrero y diciembre se caracterizan por presentar los promedios más bajos de lluvias con 71,09mm, 85,72mm y 116,45mm respectivamente. Por otro lado, también se evidencia que los meses de mayo y octubre son los que registran los mayores promedios de precipitación con 244,42mm y 253,96mm respectivamente.

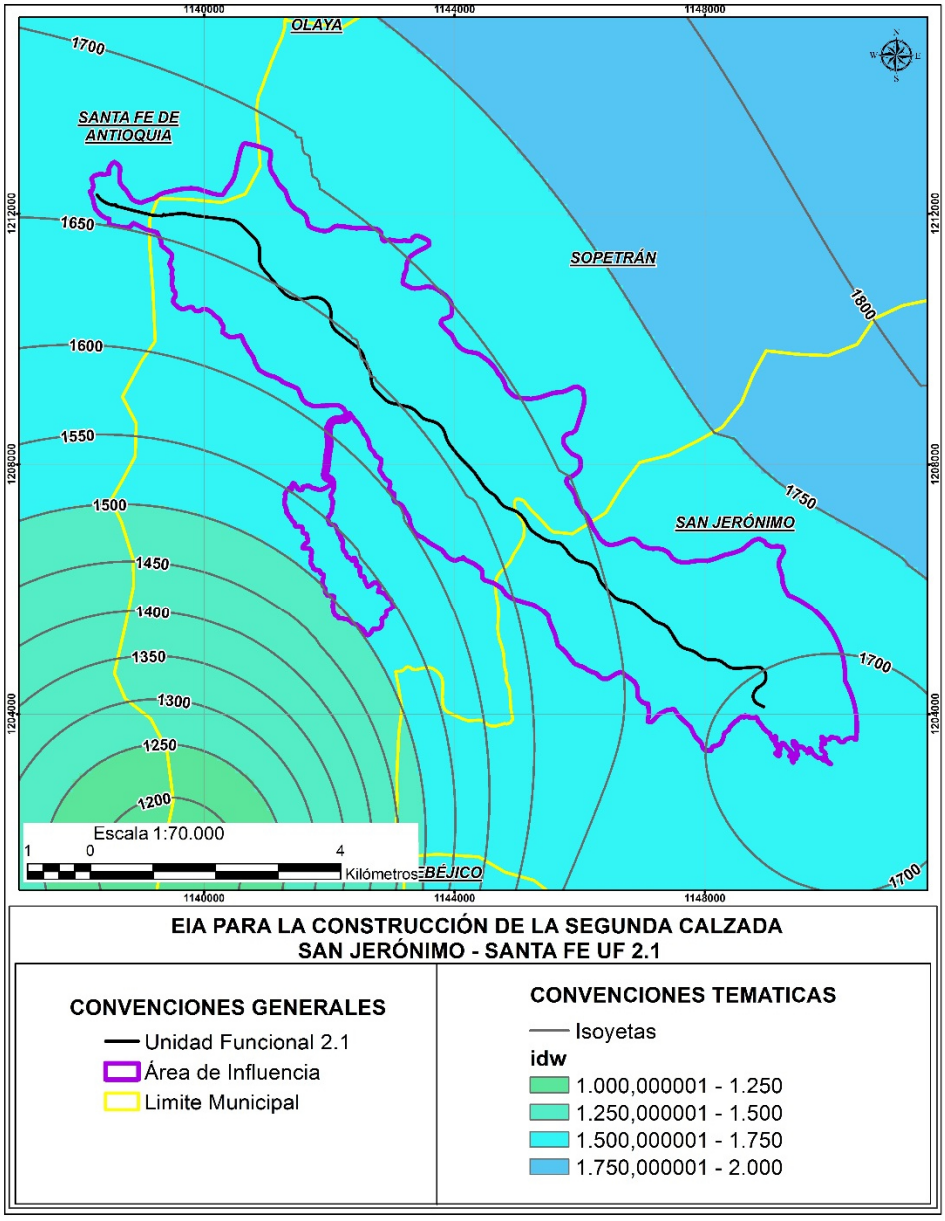
Se destaca de los registros que el mayor valor de precipitación se presentó en el mes de octubre en la estación Santa Helena del municipio de Medellín, con 352mm y que el menor registro se dio en la estación Cañafisto para el mes de enero con 30,70mm, lo cual guarda coherencia con los registros de temperatura analizados previamente. A partir de los registros se identifica que la zona tiende a presentar dos temporadas de lluvia a lo largo del año, la primera de ellas empieza a darse hacia el mes de marzo, aumentando en abril y mayo, posteriormente, se registra un segundo evento de lluvias que abarca los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Todas las estaciones coinciden en registrar el menor valor de precipitación en el mes de enero con registros que oscilan entre los 30,70mm (estación Cañafisto) y los 115,30mm (estación Santa Helena), seguido por el mes de febrero con reportes entre los 48,40mm y 125,30mm, lo cual se asocia directamente con los registros de temperatura presentados previamente.

En cuanto a las mayores variaciones entre los registros de cada una de las estaciones, se presentan en El Rosario con una diferencia de 241mm entre el máximo valor registrado y el mínimo, seguida por Santa Helena con una variación de 236,70mm y Boquerón con 235,70mm.

Frente a los registros anuales de precipitación, en la Figura 5-129 se presentan las isoyetas de la zona de interés, las cuales permiten evidenciar una variación en aumento a medida que se avanza hacia el sur del área con un valor máximo de 2550mm/año en el sector de salida del túnel de occidente sentido Medellín-San Jerónimo. En cuanto a los valores más bajos se aprecian hacia el nor-oeste con valores de 1650mm/año.

Figura 5-129. Isoyetas en el área de estudio



Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2015.

5.1.11.1.1.4 Humedad Relativa

Para el análisis de la humedad relativa mensual multianual se tomaron los registros de las estaciones Cañasgordas, Concordia, Aeropuerto Olaya Herrera y Cañafisto, teniendo en cuenta que todas cuentas con reportes de quince años o más. El resumen de los registros analizados se presenta en la Tabla 5-117.

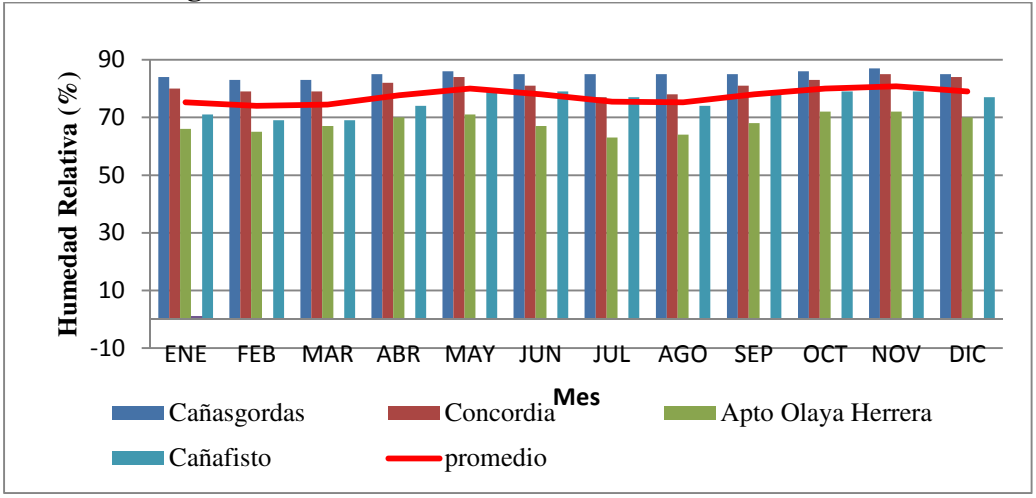
Tabla 5-117. Valores de humedad relativa (%)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cañasgordas	84	83	83	85	86	85	85	85	85	86	87	85
Concordia	80	79	79	82	84	81	77	78	81	83	85	84
Apto Olaya Herrera	66	65	67	70	71	67	63	64	68	72	72	70
Cañafisto	71	69	69	74	79	79	77	74	78	79	79	77

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

De los anteriores valores se destaca que el menor registró se presenta en la estación Aeropuerto Olaya Herrera con 63% (julio) y el mayor valor se presentó en la estación Cañasgordas con el 87% (noviembre), en cuanto al promedio general se calcula en 77%. El comportamiento de la humedad relativa para cada una de las estaciones se puede observar en la Figura 5-130.

Figura 5-130. Humedad relativa mensual multianual



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

De la anterior figura se destaca el mes de noviembre por registrar el mayor promedio (81%) y el mes de febrero por presentar el promedio más bajo con 74%; también es posible evidenciar que los mayores registros de humedad coinciden con los picos registrados de precipitación, lo cual permite concluir que están directamente relacionados.
Por otro lado los valores máximos y mínimos se realizaron únicamente tomando los datos

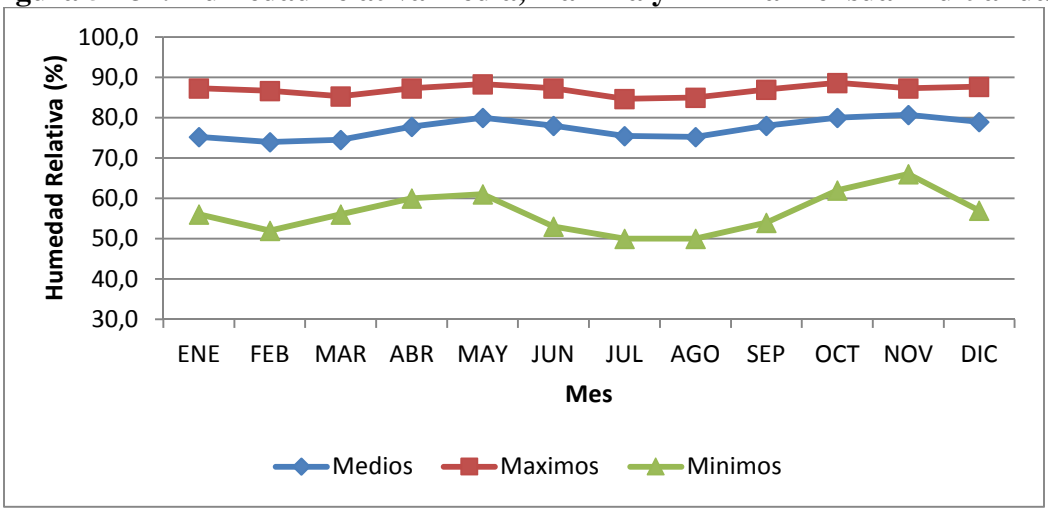
de las estaciones Concordia y Apto Olaya Herrera, ya que en las demás estaciones se presentó ausencia de estos valores. En la Tabla 5-118 que se muestra a continuación y a su vez representados en la Figura 5-131, muestran que los valores máximos multianuales oscilan entre 85.3% y 80.7% teniendo los menores valores en los meses de Febrero y julio y los mayores en mayo y octubre. Así mismo los valores mínimos multianuales oscilan entre 50% y 66% teniendo los mayores valores en mayo y noviembre y los menores en los meses julio y agosto.

Tabla 5-118 Valores de humedad relativa media, máxima y mínima mensual multianual (%)

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Medios	75,3	74,0	74,5	77,8	80,0	78,0	75,5	75,3	78,0	80,0	80,8	79,0
Máximos	87,3	86,7	85,3	87,3	88,3	87,3	84,7	85,0	87,0	88,7	87,3	87,7
Mínimos	56,0	52,0	56,0	60,0	61,0	53,0	50,0	50,0	54,0	62,0	66,0	57,0

Fuente. (IDEAM, Consultoria Colombiana S.A, 2016)

Figura 5-131. Humedad relativa media, máxima y mínima mensual multianual



Fuente. (IDEAM, Consultoria Colombiana S.A, 2016)

5.1.11.1.1.5 Viento

El viento es el movimiento del aire. La velocidad del viento en superficie se refiere a la velocidad que alcanza esta variable meteorológica a 10 metros de altura, que es la norma internacional establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como estándar para la medición y seguimiento del viento[41].

En la Tabla 5-119 se presentan los valores registrados de velocidad del viento en las estaciones Cañafisto, El Rosario y Aeropuerto Olaya Herrera, dado que son las únicas estaciones que cuentan con reportes históricos.

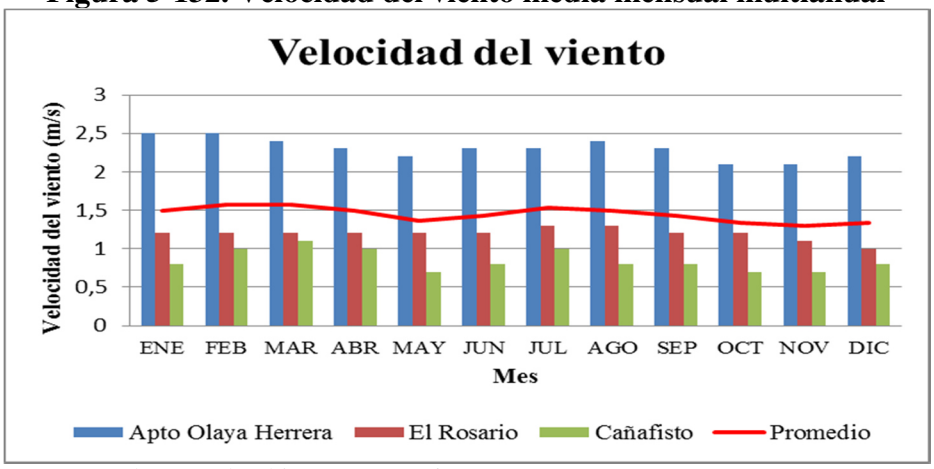
Tabla 5-119. Valores medios mensuales de velocidad del viento (m/s)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Apto Olaya Herrera	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,3	2,1	2,1	2,2	2,3
El Rosario	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1	1,2
Cañafisto	0,8	1	1,1	1	0,7	0,8	1	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

Del anterior reporte se destaca que los mayores registros de viento se presentan en enero y febrero con 2,5m/s, seguidos por marzo y agosto con 2,4m/s, igualmente se observa que las velocidades más bajas se presentar en los meses de mayo, octubre y noviembre con 0,7m/s, seguidos por junio, agosto, septiembre y diciembre con 0,8m/s. A continuación se presenta gráficamente el comportamiento de la velocidad del viento en la zona de estudios.

Figura 5-132. Velocidad del viento media mensual multianual



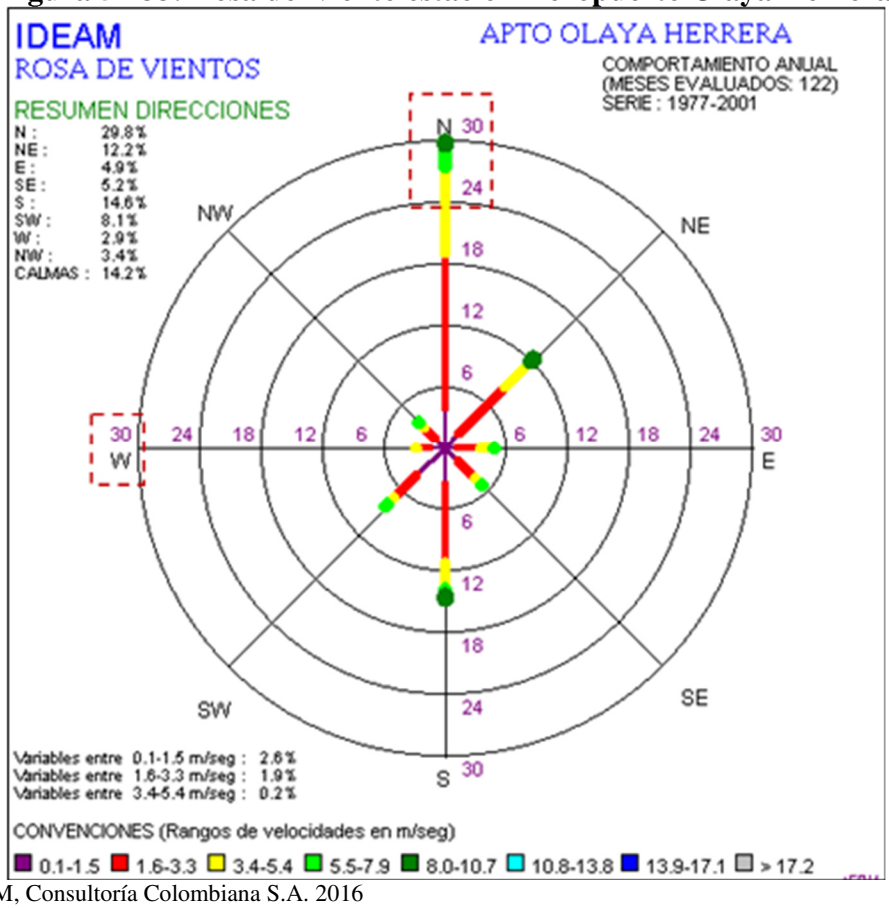
Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

[41] Capítulo 1. Velocidad del viento en superficie. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Ministerio de Minas y energías -.UPME – IDEAM. (pág. 19)

En la anterior grafica se puede observar que los meses de octubre, noviembre y diciembre presentan el promedio más bajo de velocidad del viento con 1,3m/s y por el contrario, los meses de febrero y marzo presentan las mayores velocidades con 1,6m/s; del grupo de datos se destaca que el menor registro corresponde a 0,7m/s (estación Cañafisto) y el mayor a 2,5m/s (Aeropuerto Olaya Herrera).

En cuanto a la dirección del viento, se cuenta únicamente con información histórica de dirección del viento en la estación Aeropuerto Olaya Herrera, la cual se presenta en la siguiente figura para un periodo de análisis de 25 años, en esta se puede apreciar el predominio de los vientos de dirección norte con el 29.8%, seguidos por los del sur con 14,6%, en cuanto a los de menos influencia se encuentran los de oeste con 2,9%, seguidos por los del nor-oeste con el 3,4%.

Figura 5-133. Rosa del viento estación Aeropuerto Olaya Herrera



Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

5.1.11.1.1.6 Radiación Solar (Brillo Solar)

En la Tabla 5-120 y la Figura 5-134 se observa el comportamiento de los valores mensuales multianuales de brillo solar para las estaciones Cañasgordas, Concordia, Aeropuerto Olaya Herrera y Cañafisto. Para la primera estación los valores oscilan entre 103,7 horas y 171,6 horas, el valor máximo de brillo solar mensual multianual lo presenta en enero lo cual coincide con el de menor precipitación, mientras que los valores más bajos se presentan en los meses de abril y octubre, meses correspondientes a periodos de lluvia, el promedio

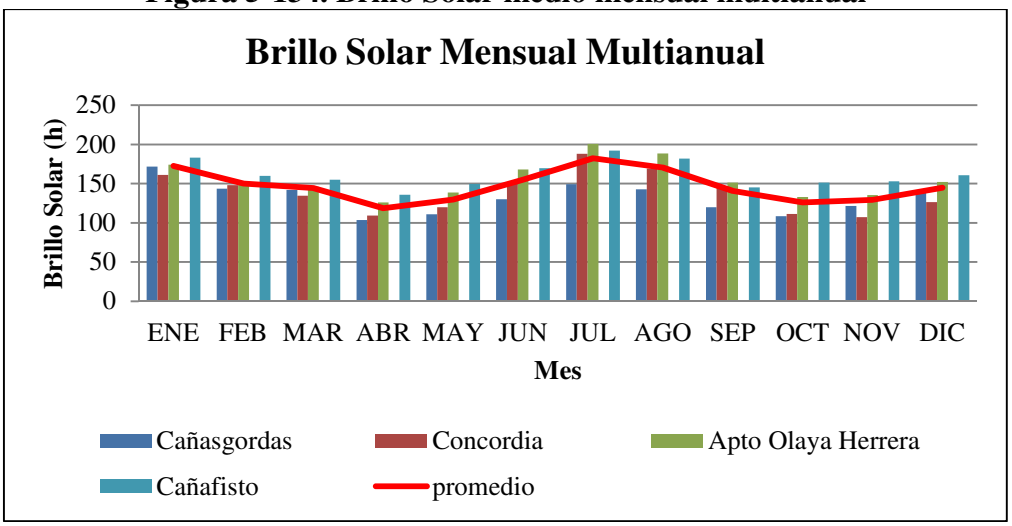
Para la estación Concordia se registran valores entre 107,1 horas y 188 horas, los cuales se presenten en los meses de noviembre y julio respectivamente, valores igualmente coincidentes con los registros de precipitación. Para las estaciones restantes, se registra un comportamiento similar en cuanto a que los mayores reportes de brillo solar se dan en los meses de menor precipitación. En términos generales, los registros de brillo solar en las estaciones analizadas oscilan entre las 103,7 y 200,9 horas, siendo el mes de julio el de mayor registro.

Tabla 5-120. Valores medios mensuales de brillo solar

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cañasgordas	171,6	143,8	141,9	103,7	110,9	130,3	149,2	142,6	119,8	108,3	121,7	140,7
Concordia	161,2	148,3	134,5	109,3	120,1	151,8	188	169,5	145,8	111,5	107,1	126,4
Apto Olaya Herrera	174,2	148,7	146	126	138,8	168,1	200,9	188,6	151,5	132,8	135,6	152,3
Cañafisto	183,3	160	155	135,7	149,9	169,6	192,1	182,1	145,4	151,4	153,1	160,7

Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A. 2016

Figura 5-134. Brillo Solar medio mensual multianual



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

5.1.11.1.1.7 Nubosidad

La octa es la medida utilizada para el cálculo de la nubosidad presente en una zona determinada y equivale a un octavo de la porción de cielo observado, o sea 5/8 del cielo cubierto en clasificación general del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, correspondería a un cielo parcialmente cubierto.

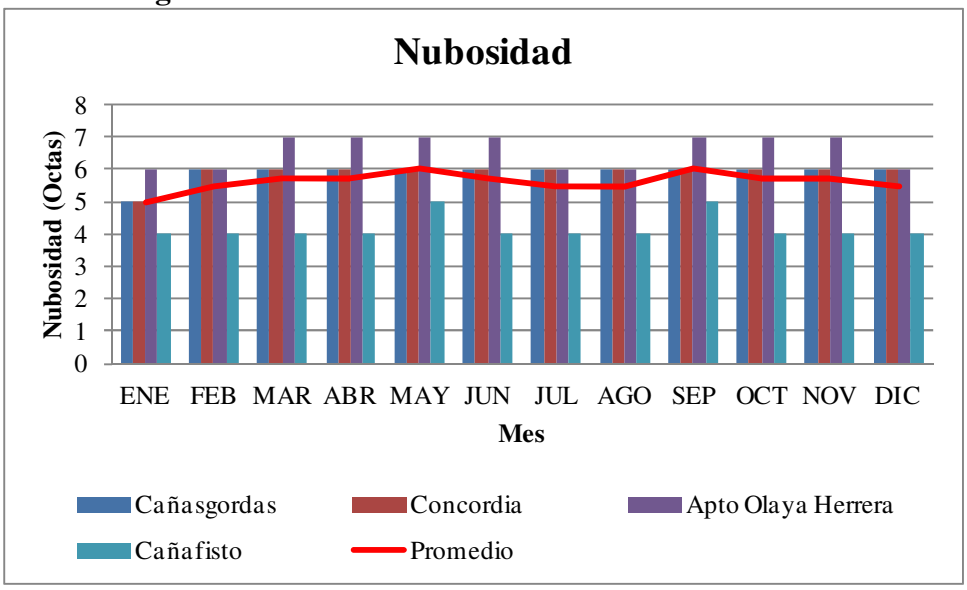
En referencia a este parámetro, se observa que las estaciones Cañasgordas y Concordia, solo presentan variación para el mes de enero. En cuanto a las estaciones Aeropuerto Olaya Herrera y Cañafisto, son las que presentan las mayores variaciones las cuales coinciden con los meses de precipitación (mayo y septiembre). (Ver Tabla 5-121 y Figura 5-135)

Tabla 5-121. Valores medios mensuales de nubosidad

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cañasgordas	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Concordia	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Apto Olaya Herrera	6	6	7	7	7	7	6	6	7	7	7	6
Cañafisto	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

Figura 5-135. Nubosidad media mensual multianual



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

5.1.11.1.1.8 Evaporación

La evaporación refleja las condiciones de retorno del agua a la atmósfera y relaciona otras variables climatológicas tales como temperatura, precipitación y brillo solar.

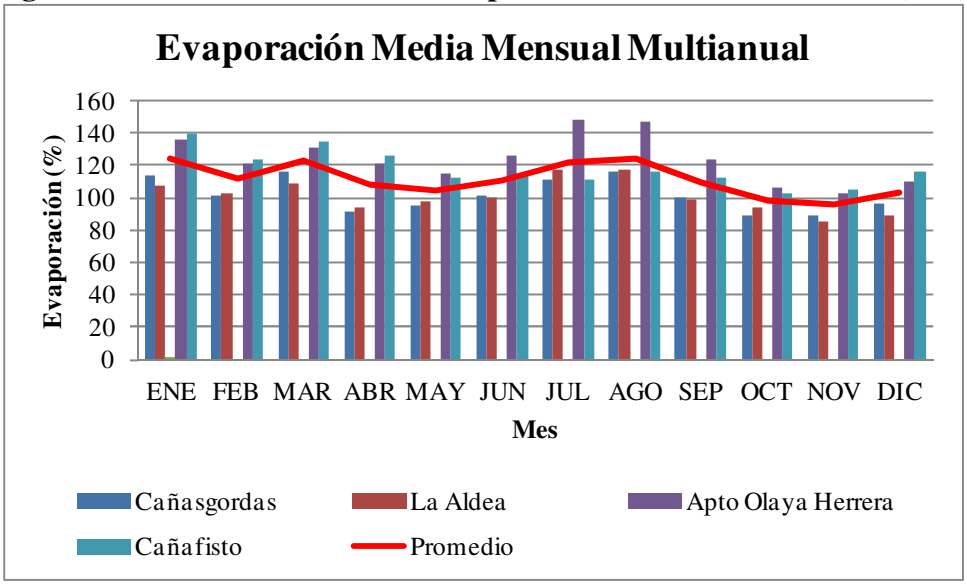
Para el análisis se tuvo en cuenta la información de las estaciones Cañasgordas, La Aldea, Aeropuerto Olaya Herrera y Cañafisto, por contar con registros históricos de más de cinco años (en el caso de Cañasgordas se cuenta con información de más de cuarenta años). Según los datos recopilados por las estaciones, la zona tiende a presentar un régimen bimodal, con mayor evaporación en los meses de enero a marzo, con una leve baja en febrero; posteriormente de abril a junio desciende y vuelve a presentar un nuevo aumento para julio y agosto, finalmente entre septiembre y diciembre baja considerablemente.

En cuanto a los valores registrados en las diferentes estaciones, se tiene que la estación Cañasgordas registra valores entre los 88,8mm y 116,1mm con un promedio de 101,825mm con un valor anual de 1221.9 mm; en cuanto a la estación La Aldea, presenta valores que oscilan entre 85,3mm y 117,3mm, con un promedio de 101mm y valor anual de 1211.9 mm. En el caso de la estación Aeropuerto Olaya Herrera se tiene un promedio de 124,03mm con un mínimo de 103mm y un máximo de 148,3mm, para un valor anual de 1488,5mm siendo este el más alto de todas las estaciones analizadas. Finalmente, la estación Cañafisto registra un mínimo de 102,2mm y un máximo de 139,8mm con un promedio de 118,10mm y valor año de 1417,2mm. (Ver Tabla 5-122 y Figura 5-136)

Tabla 5-122. Valores medios mensuales multianuales de evaporación

Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cañasgordas	114,3	101,3	115,8	91,5	95,1	101,4	111,4	116,1	100,4	89	88,8	96,8
La Aldea	108,2	102,4	109	93,4	97,9	100,1	117,2	117,3	98,7	93,9	85,3	88,6
Apto Olaya Herrera	135,6	121,6	130,6	121,8	114,7	125,9	148,3	147	123,5	106,7	103	109,7
Cañafisto	139,8	123,8	134,8	126,2	112,8	115,5	111,3	116,6	113,1	102,2	105,2	116

Figura 5-136. Valores medios de evaporación mensual multianual (mm)



Fuente: IDEAM, Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Se destaca de la serie de datos, los reportes del mes de agosto para todas las estaciones dado que corresponden a los más altos de todo el año, igualmente se destaca el mes de noviembre con los registros más bajos en todas las estaciones.

5.1.11.1.1.9 Zonificación Climática

Para el presente estudio, la clasificación climática se basó en el estudio de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia, en el que para la caracterización climática se utiliza diferentes metodologías tales como los de Köeppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otras. Se optó por asumir un sistema cuya caracterización aplicara los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía Colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)[42]

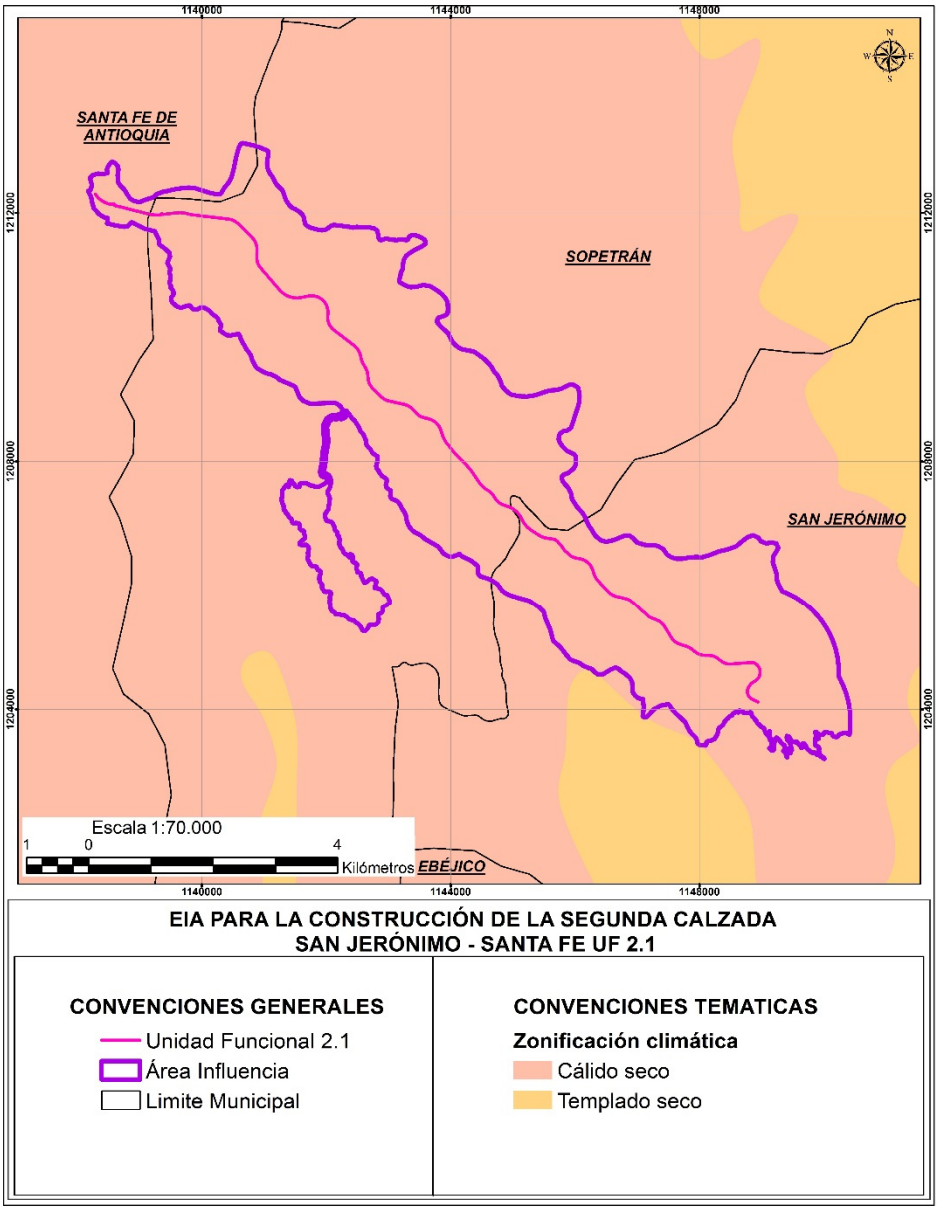
Se debe tener en cuenta que los elementos considerados mas relevantes para el mapa de caracterizacion climatica son la temperatura y la precipitacion, acalarando que estos parametros ya fueron analizados anteriormente, retomando asi su clasificacion para la delimitacion de las unidades climaticas en el area de estudio.

Una vez categorizados los dos elementos meteorológicos principales se realizo una

[42] *IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. (2007). Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Bogotá: IGAC.*

intersección espacial entre las dos capas, cuyos poligonos relacionan un rango de precipitacion con un rango termal. El resultado de esta intersección se presenta en la Figura 5-137 donde se evidencia que el clima predominante en toda el área de influencia considerada corresponden a cálido seco, esto se debe principalmente a las caracteristicas fisicas de la zona, pues se encuentra en zonas de planicies aluviales y coluviales, además se asocia al descenso hacia el valle del río Cauca.

Figura 5-137. Zonificación climática en el área de influencia del proyecto



Fuente. (IDEAM, Consultoria Colombiana S.A, 2016)

5.1.11.2 Identificación de Fuentes de Emisión

Durante el mes de febrero del presente año se realizó el inventario de fuentes que estuvieran generando contaminación atmosférica en el área de influencia para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia UF 2.1, en el cual se identificó puntos de contaminación a la atmosfera, posteriormente se clasificaron en fuentes fijas, móviles y de área, teniendo en cuenta para ello lo establecido en el Artículo 18 del decreto 948 de 1995, en cuanto a sub clasificación:

- Fuentes Fijas: puntuales, dispersas o área – fuente
- Fuentes Móviles: aérea, terrestres y fluviales

Acorde con lo anterior, a continuación se describen las fuentes de emisiones identificadas a lo largo del corredor vial.

5.1.11.2.1 Fuentes Fijas

Hace referencia a las fuentes que se sitúan en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca de forma dispersa (Decreto 948 de 1995). A lo largo del corredor vial se identifican las siguientes fuentes fijas:

5.1.11.2.1.1 Fuentes fijas puntuales

La zona por la cual discurrirá la unidad funcional 2.1 del proyecto Autopista al Mar 1, se destaca por presentar principalmente condominios y asentamientos de población dada la vocación turística y de descanso de la zona, por lo cual durante los trabajos de campo desarrollados, no se identificaron fuentes fijas puntuales que cumplan con la definición establecida en el Decreto 948 de 1995 (aquella que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas)

5.1.11.2.1.2 Fuentes fijas dispersas o de área

A diferencia de las fuentes fijas puntuales, la zona se destaca por presentar fuentes fijas dispersas, entre las que se destacan los poblamientos y asentamientos humanos, los cuales si bien pueden verse afectados por la contaminación atmosférica que se presentá y se presentará durante la etapa constructiva del proyecto, se constituyen en generadores de emisiones, debido a la concentración de población asociada al desarrollo de espacios urbanizados y viviendas y al desarrollo de actividades económicas.

En el corredor vial sobresale la cabecera municipal de San Jerónimo y el asentamiento existente en las márgenes del río Cauca en el municipio de Santa Fe de Antioquia. Sin embargo, a lo largo de la vía se identifica la presencia de urbanizaciones, condominios, un

colegio y viviendas dispersas (Fotografía 5-25).

Fotografía 5-24. Cabecera urbana del Municipio de San Jerónimo



Fuente: Google Earth, 2016.

Fotografía 5-25. Asentamiento existente sobre la vía a la altura de la vereda La Puerta, Sopetrán

X: 1144644,5 Y: 1207470,5



Fuente: Google Earth, 2016.

Igualmente, las intercepciones de la vía principal con las vías de acceso a las veredas, a áreas de explotación de materiales y a zonas recreativas se identifican como fuentes dispersas. Entre los puntos identificados se encuentra la intercepción de la vía de acceso a la trituradora Santa Fe de Antioquia dado que por el transito frecuente de vehículos de carga se genera material particulado en la zona (Ver Fotografía 5-26) y los diferentes accesos hacia veredas y asentamientos. (Ver Fotografía 5-27)

Fotografía 5-26. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán

X: 1140835,4 Y: 1211562,9



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5-27. Acceso a urbanización en vereda La Puerta, municipio de Sopetrán

X: 1143490,3 Y: 1208716,1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Como fuente dispersa igualmente se identificó el punto de control de los vehículos que transportan materiales, ubicado en el margen derecho de la vía actual, sentido Medellín-Santa Fe de Antioquia en el sitio conocido en la zona como estadero Los Guajiros, en este punto los vehículos detienen su marcha implicando que salgan del corredor vial a un área desprovista de asfalto, lo que implica generación de material particulado y emisión de gases de combustión producto de la detención de los vehículos. (Ver Fotografía 5-28). Por otro lado, se identificó la quema de residuos como fuente generadora de contaminantes,

actividad desarrollada por los habitantes de la zona rural (Ver Fotografía 5-29)

Fotografía 5-28. Punto de control de vehículos, municipio de Sopetrán
X: 1142662,71 Y: 1209399,03



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Fotografía 5-29. Quema de residuos vereda El Rodeo, municipio de Sopetrán
X: 1142574,12 Y: 1209547,0



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

En cuanto a emisiones asociadas a actividades económicas desarrolladas, se destacan las zonas de extracción de material de arrastre sobre la ronda hídrica del Rio Cauca y el Rio Aurrá, debido a las actividades de extracción, almacenamiento de material y actividades asociadas al transporte del mismo (Ver Fotografía 5-35). Otra de las actividades

desarrolladas que se constituye como fuente de generación de emisiones corresponde a los aserraderos de madera como el que se presenta en la Fotografía 5-31.

Fotografía 5-30. Zona de actividades industriales y comerciales



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Fotografía 5-31. Aserradero de la vereda Los Almendros, municipio de Sopetrán

X: 1140822,31 Y: 1211679,56



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

5.1.11.2.2 Fuente Móvil

Las fuentes móviles son aquellas fuentes de emisión que por razón de uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (Decreto 948 de 1995).

Teniendo en cuenta que existe un corredor vial, se cuenta con presencia continua de automotores, camiones, tracto mulas, buses de transporte público, motocicletas y en general toda clase de vehículos. En consecuencia a lo anterior, el tráfico vehicular representa una fuente de emisión constante de Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxidos de azufre (SOx) como resultado de la combustión de la gasolina y el diesel. El

tránsito vehicular se considera que es frecuente y permanente, esto conlleva a que se incrementen los cambios en la calidad del aire por las emisiones que generan los diferentes vehículos que transitan por la vía existente. (Ver Fotografía 5-32)

Fotografía 5-32. Tráfico vehicular sobre vía existente



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

5.1.11.2.3 Potenciales receptores en el área de influencia

Para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1) se identificaron como potenciales receptores de las emisiones a generar, las áreas de concentración de viviendas, ya que es donde se encuentra más población. En la Tabla 5-123 se presenta la localización de los potenciales receptores identificados.

Tabla 5-123. Potenciales receptores en el área de influencia -UF 2.1

Municipio	Unidad territorial	Coordenadas Magna Sirga Origén Oeste		Tipo de asentamiento
		X	Y	
San Jerónimo	Cabecera urbana San Jerónimo	1149001,6	1204615,7	Nucleado
	Loma Hermosa	1145247,5	1207003,8	Disperso
Sopetrán	La Puerta	1144660,5	1207471,4	Disperso
	La Puerta	1143464,5	1208898,9	Disperso
	La Puerta	1141947,3	1207225,8	Nucleado
	Guaymaral	1142128,7	1210417,9	Disperso
	Los Almendros	1139273,3	1212035,6	Disperso
Santa Fe de Antioquia	El Espinal	1138076,9	1211995,0	Disperso

Fuente. **(Consultoría Colombiana S.A, 2016)**

5.1.11.3 Calidad del Aire

La evaluación de la calidad del aire, tiene como propósito fundamental hacer el seguimiento al estado de preservación del recurso, velando porque la posible carga de contaminantes gaseosos, vapores y/o material particulado no sobrepase los límites permisibles establecidos en la normatividad ambiental. Se realizó un inventario de las fuentes de contaminación del aire y se programó una campaña de monitoreo de calidad del aire en las zonas que se consideraron de interés.

El muestreo de calidad de aire se realizó para la unidad funcional 2.1 entre los días 27 de febrero y 15 de marzo del 2016 por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente C.I.M.A acreditado por el IDEAM mediante la resolución 2085 del 01 de octubre de 2015 bajo la norma NTC ISO 17025/2005. En el presente informe se consignan los resultados obtenidos en el muestreo de calidad del aire; realizado con el propósito de generar una caracterización de este componente en el área de influencia con respecto a las actividades humanas actualmente desarrolladas en la zona y realizar la comparación de estos con los parámetros establecidos en la normatividad ambiental vigente contenida en la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010, emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial – MADS.

5.1.11.3.1 Inventario de fuentes generadoras de emisiones atmosféricas

Con el fin de dar cumplimiento a la resolución 751 de 2015 relacionado con el elemento de Aire, se realizó un inventario de las fuentes de contaminación del aire y se programó una campaña de monitoreo de calidad del aire en las zonas que se consideraron de interés.

Como se mencionó anteriormente las actividades identificadas, se asocian a comerciales e industriales, tránsito vehicular, poblamientos y asentamientos humanos y finalmente incendios por parte de los habitantes al darle mal manejo de los residuos generados

5.1.11.3.2 Análisis y evaluación de la Calidad del Aire

Como se mencionó anteriormente el muestreo y análisis fue realizado por la Corporación C.I.M.A., mediante el análisis preliminar de las posibles fuentes de emisión en la zona de estudio y factores climatológicos, dado dicho análisis se ubicaron tres (3) estaciones de calidad del aire en el área de estudio para cada unidad funcional para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo Y Santa Fe de Antioquia, en las cuales se determinaron las concentraciones de los siguientes compuestos: Partículas Suspendidas Totales (PST), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Dióxido de Azufre (SO_2), con muestreos de 24 horas durante dieciocho (18) días y Monóxido de Carbono (CO) con muestreos puntuales de 1 hora, cada uno de los días de muestreo.

A continuación se describen los aspectos principales y relevantes del monitoreo; el informe detallado presentado por el laboratorio encargado CIMA se incluyen en el Anexo F del presente documento.

- ✓ Determinación De Partículas Suspendidas Totales – PST: La concentración de PST se mide mediante el método correspondiente a US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice B. En este método el muestreador Hi-Vol succiona aire ambiente hacia una caja de muestreo a través del filtro, durante 24 h. El filtro se pesa en las mismas condiciones ambientales antes y después de usarlo, así determinando el peso neto ganado u obtenido; el volumen de aire se determina con base en el flujo estándar promedio y el tiempo de muestreo. Se debe tener en cuenta que el material particulado forma una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos suspendidos en el aire, motivo por el cual estos pueden variar significativamente en tamaño, composición, forma, dependiendo básica y fundamentalmente de su origen.

- ✓ Determinación de óxidos de nitrógeno y azufre: La muestra de aire para análisis de NOx y SOx se toma de manera simultánea con la de partículas mediante el tren de muestreo tipo Andersen, usando la bomba de vacío para hacer pasar el aire por 24 horas a través de burbujeadores con soluciones absorbentes. El NOx junto a las partículas suspendidas son los encargados y responsables de la capa café-rojiza que se puede ver con frecuencia sobre las zonas urbanas.

- ✓ Monóxido de Carbono (CO): Para las mediciones de monóxido de carbono se utiliza un equipo detector de Gas MSA Solaris CO. Por medio del método electroquímico en el cual los equipos muestreadores de monóxido de carbono capturan la muestra de aire y la procesan para brindar un análisis del factor requerido, dicho procedimiento ocurre de manera interna en el equipo y el resultado se refleja en la lectura directa que se puede observar en la pantalla. El resultado corresponde a tres (3) lecturas instantáneas realizadas en un intervalo de 60 minutos, el equipo tiene una alarma sonora que se activa a partir de las 60 pmm de CO.

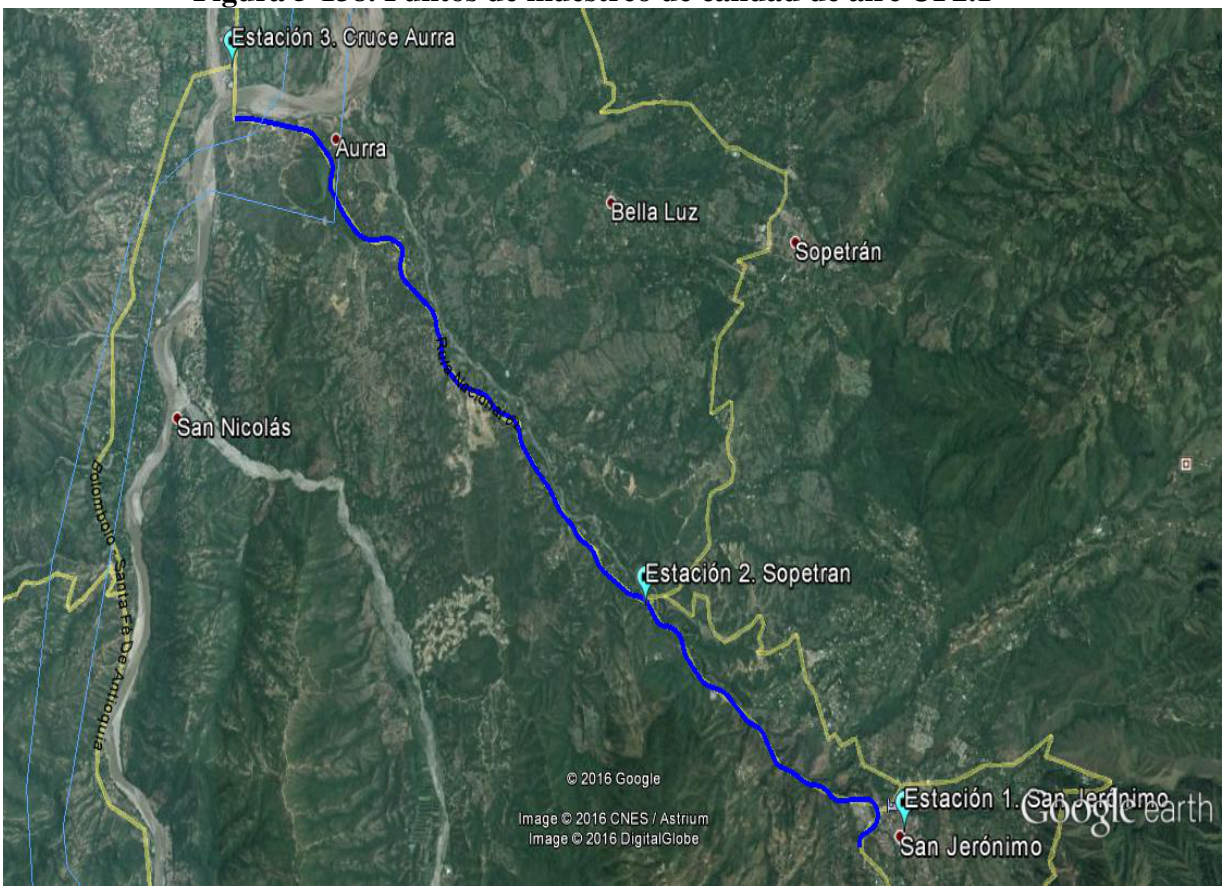
Los puntos de toma de muestras se establecieron en toda la zona de estudio, a continuación en la Tabla 5-124 se describen los aspectos generales de las áreas en donde se localizaron las estaciones de monitoreo para la UF 2.1; y en la Figura 5-138. Puntos de muestreo de calidad de aire UF2.1 observa la ubicación espacial.

Tabla 5-124. Puntos de monitoreo de calidad del aire

Puntos De Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro Fotográfico
Estación 1. San Jerónimo	**N**:	1204440,470	Climático	Días Soleados se presentaron lluvias el día 08 de marzo.	
	E:	1149337,457	Fuentes potenciales de emisión	FIJAS: Obras civiles que se están realizando en las inmediaciones de la estación. MÓVILES: La principal fuente de emisión en este punto el alto flujo vehicular que se genera por el transporte intermunicipal y moto-taxis.	
DESCRIPCIÓN GENERAL: La estación 1 se encuentra ubicada en el municipio de San Jerónimo cerca al parque principal, donde se cuenta con un alto flujo vehicular.					
Estación 2. Sopetrán	N:	1206640,334	Climático	Días Soleados no se presentaron lluvias	
	E:	1145732,534	Fuentes potenciales de emisión	FIJAS: Obras civiles que se están realizando en las inmediaciones de la estación. MÓVILES: La principal fuente de emisión en este punto es el tráfico vehicular de las vías aledañas.	
DESCRIPCIÓN GENERAL: La estación 2 se encuentra ubicada a 30 metros del cruce que lleva al municipio de Sopetrán y la vía que sigue hacia San Jerónimo					
Estación 3. Cruce Aurrá	**N**:	1216269,003	Climático	Días Soleados no se presentaron lluvias.	
	E:	1139260,418	Fuentes potenciales de emisión	FIJAS: Cantera que se encuentra ubicada aproximadamente a 200 metros de la estación MÓVILES: Tráfico Vehicular del cruce entre la vía que conduce de Bolombolo a Santa Fe de Antioquia y la Ruta Nacional 62	
DESCRIPCIÓN GENERAL: La estación 3 se encuentra ubicada en el cruce vía Aurrá, en frente de una estación de servicio Terpel. Debido a que se encuentra ubicada cerca de la Ruta Nacional 62 el flujo continuo vehicular es continuo.					

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-138. Puntos de muestreo de calidad de aire UF2.1



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016), Modificado de Google Earth

Se debe tener en cuenta que en cada una de las estaciones se determinó PST, NO_2, SO_2 y CO, y para la realización del muestreo de utilizaron los siguientes equipos.

- Equipos HI-vol
- Trenes de gases para recolección y determinación de NO_2 y SO_2
- Analizador Electroquímico de CO.

Para la localización de las estaciones de calidad del aire se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- La distancia entre la estación de calidad del aire y el obstáculo más cercano, debe ser dos veces la altura del obstáculo.
- Los equipos de muestreo pueden estar ubicados mínimo a 1.20 m desde el nivel del suelo.
- No se deben instalar cerca (menos de 10 m) de fuentes fijas puntuales de emisión.

- Tener un radio de 270º libre de restricciones de flujo alrededor del Muestreador. Esta información se puede ver detalladamente en el Anexo F

5.1.11.3.3 Resultados

Se debe tener en cuenta que las características meteorológicas y climatológicas influyen directamente en la calidad del aire y cualquier medición de esta que se haga, por esto para el presente estudio se realiza un análisis climático del área evaluada a partir de información recolectada en campo obtenida de la estación meteorológica instalada por CIMA en la estación de calidad del aire.

Las variables más relevantes para los estudios de calidad de aire son precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, las cuales se pueden observar en el informe detallado presentado por el laboratorio encargado CIMA en el Anexo F1.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las tres (3) estaciones durante el periodo comprendido entre el 27 de febrero y 15 de marzo, donde se determinó la concentración de PST, NO_2. SO_2, y CO. Los valores obtenidos se comparan con la norma de calidad del aire establecida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial.

Partículas Suspendidas Totales (PST)

La media geométrica de PST, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación uno (1), San Jerónimo, fue de 67,5 µg/m^3 con valor máximo de 101,6 µg/m^3 reportado el día 13 de marzo y un mínimo de 46,2 µg/m^3 obtenido el día 07 de marzo. La representatividad de la estación fue del 100%.

La media geométrica de PST, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación dos (2), Sopetrán, fue de 64,2 µg/m^3 con valor máximo de 103,8 µg/m^3 reportado el día 10 de marzo y un mínimo de 37,3 µg/m^3 obtenido el día 07 de marzo. La representatividad de la estación fue del 100,0%.

La media geométrica de PST, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación tres (3), Cruce Aurrá, fue de 133,8 µg/m^3 con valor máximo de 226,2 µg/m^3 reportado el día 11 de marzo y un mínimo de 71,2 µg/m^3 obtenido el día 06 de marzo. La representatividad de la estación fue del 100,0%.

En las siguiente tabla se muestra las medias geométricas, los máximos y los mínimos reportados en cada estación.

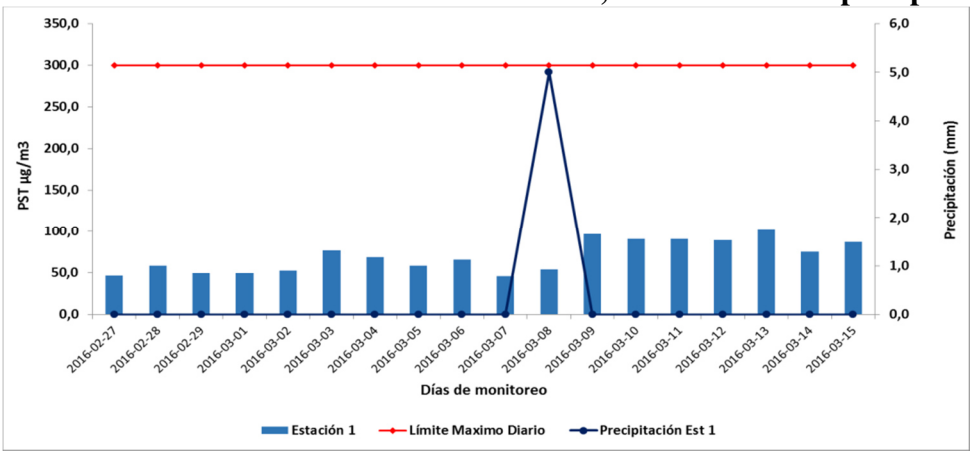
Tabla 5-125 Media geométrica, Máximo y mínimo, PST.

	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Media Geometrica	67,5	64,2	133,8
Máximo	101,6	103,8	226,2
Fecha Máximo	2016-03-13	2016-03-10	2016-03-11
Mínimo	46,2	37,3	71,2
Fecha Mínimo	2016-03-07	2016-03-07	2016-03-06

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

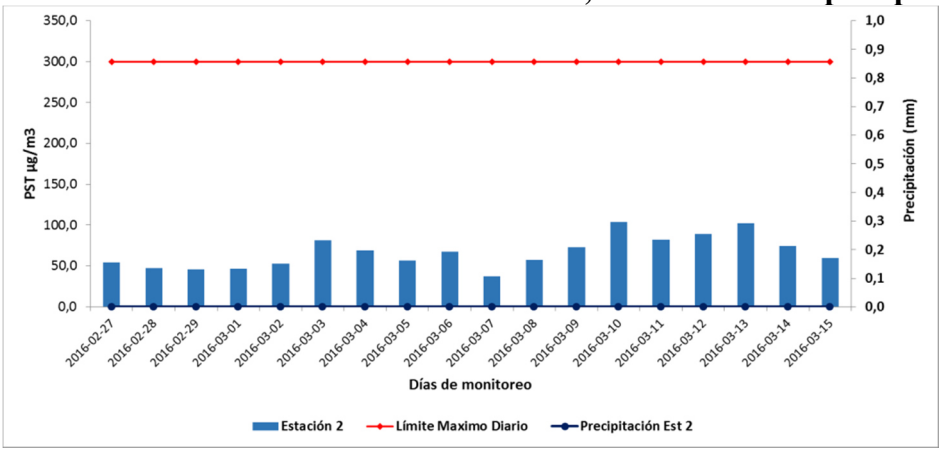
En las siguientes graficas se ilustran las concentraciones diarias obtenidas en cada una de las estaciones de material particulado PST.

Figura 5-139. Valores diarios de PST Estación 1, en función de la precipitación.



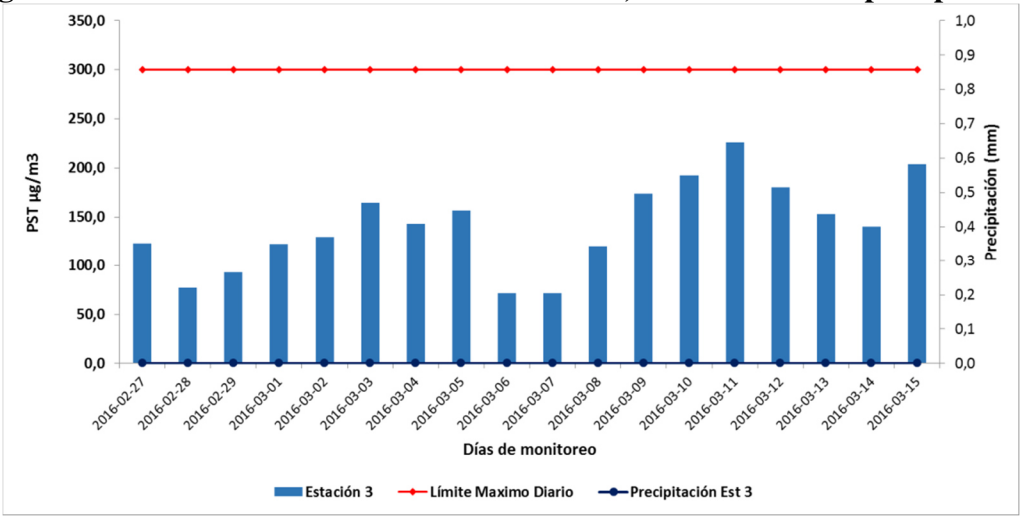
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-140. Valores diarios de PST Estación 2, en función de la precipitación.



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-141. Valores diarios de PST Estación 3, en función de la precipitación.



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

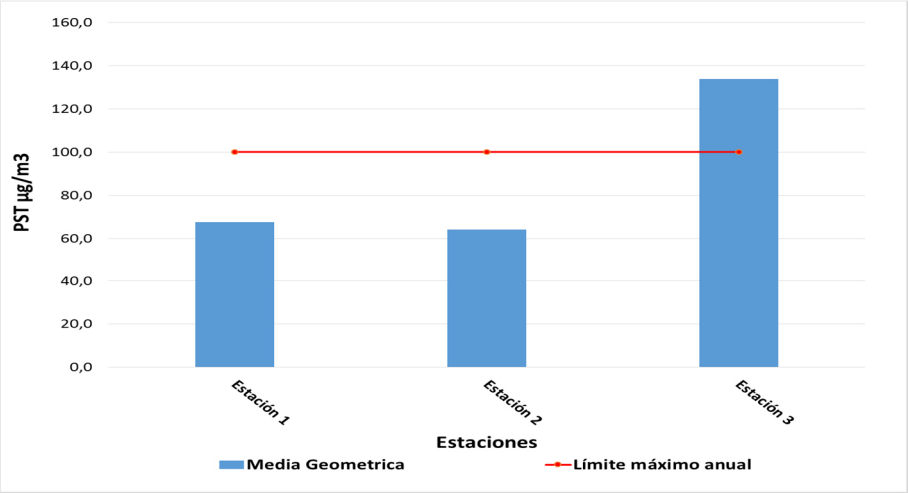
En las gráficas anteriores se observan los resultados diarios que se obtuvieron en cada una de las estaciones de muestreo del parámetro PST, y su comparación con la norma diaria, también se muestra en línea discontinua y con valoración en el eje secundario, las precipitaciones diarias presentadas en el tiempo de muestreo, esto servirá como herramienta de análisis de los resultados obtenidos.

De acuerdo con estas gráficas se puede observar que ninguna estación superó la norma para tiempos de exposición diaria de 300 µg/m^3, el valor más alto reportado fue de 226,2 µg/m^3, 24,6% por debajo del límite normativo diario, esta concentración se presentó en la estación 3 el día 11 de marzo, se debe resaltar que esta estación se encuentra ubicada en un cruce entre la vía que conduce de Bolombolo a Santa Fe de Antioquia y la Ruta Nacional 62 por consiguiente el flujo vehicular es alto y constante.

Durante los 18 días de muestreo se registraron alrededor de 1 eventos de lluvia (mayores a 1 mm) en la estación 1 y ningún evento de lluvia en las estaciones 2, y 3, para cada estación fue instalado un pluviómetro que permitió la medición de la precipitación diaria en cada una de estas. Debido a que las concentraciones reportadas en la estación 1 (estación que reporta precipitación) son muy bajas no es posible observar con claridad la incidencia de la precipitación en las concentraciones.

En la Figura 5-142 se ilustran los valores medios obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de muestreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales, esta comparación se hace solo de manera indicativa.

Figura 5-142. Valores medios de PST en estaciones 1, 2, y 3.



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

De acuerdo con los resultados anteriores se puede observar que solo la estación 3 se encuentra por encima del límite normativo anual de 100 µg/m^3 en un 33,8%, mientras que las estaciones 1, y 2 se encuentran por debajo del límite máximo anual respectivamente. Es de resaltar que la estación 3 se encuentra en un cruce entre la Ruta Nacional 62 y la vía que conduce de Bolombolo a Santa Fe de Antioquia, vías con alto tráfico vehicular.

Dióxidos de Nitrógeno y Azufre

El promedio de NO_2 y SO_2, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación uno (1), San Jerónimo fue de 63,8 µg /m^3 para NO_2 y 15,5 µg/m^3 para SO_2 con valor máximo de 114,0 µg /m^3 para NO_2 (28 de febrero) y de 38,0 µg /m para SO_2 (09 de marzo) La representatividad de la estación fue del 100% para NO_2 y SO_2.

El promedio de NO_2 y SO_2, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación dos (2), Sopetrán fue de 45,5 µg/m^3 para NO_2 y 32,8 µg /m^3 para SO_2 con valor máximo de 57,1 µg/m^3 para NO_2 (11 de marzo) y de 42,7 µg /m para SO_2 (27 de febrero) La representatividad de la estación fue del 100% para los dos parámetros.

El promedio de NO_2 y SO_2, resultado del muestreo realizado entre los días 27 de febrero y 15 de marzo de 2016 en la Estación tres (3), Cruce Aurrá fue de 39, 0 µg /m^3 para NO_2 y 11,5 µg/m^3 para SO_2 con valor máximo de 46,5 µg/m^3 para NO_2 (28 de febrero) y de 39,7 µg/m para SO_2 (reportado el día 29 de febrero) La representatividad de la estación fue del 88,8% para NO_2 debido a que se anularon dos datos que eran atípicos según el análisis estadístico realizado, para SO_2 la representatividad del muestreo fue del 100%.

Las muestras anuladas en cada una de las estaciones no ocasionan una invalidación del monitoreo puesto que el Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en su Manual de Operación indica que "es necesario que el porcentaje de datos validos empleados en la realización de los correspondientes cálculos de promedios, comparaciones con la norma de calidad del aire y estimación del número de excedencias no sea inferior al 75%". En la Tabla 5-126 se muestra los promedios, los máximos y los mínimos reportados en cada estación.

Tabla 5-126 Resultados NO_2 y SO_2

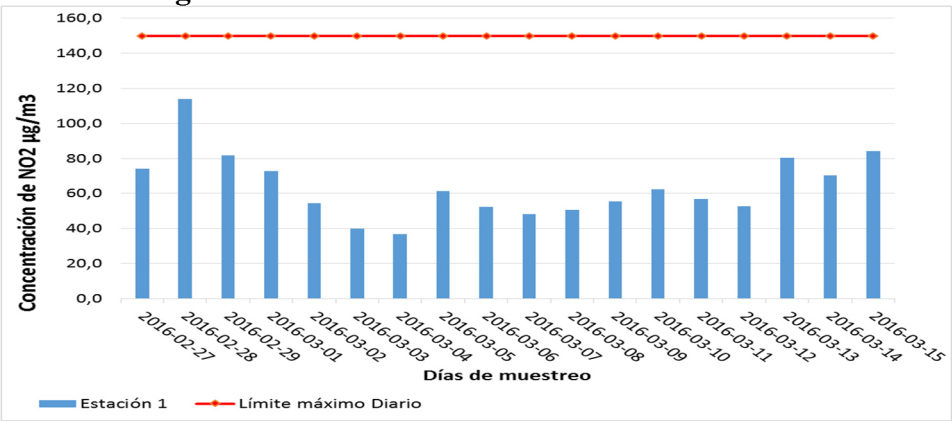
	Estación 1		Estación 2		Estación 3	
	NO2	SO2	NO2	SO2	NO2	SO2
Promedio	63,8	15,5	45,5	32,8	39,0	11,5
Máximo	114,0	38,0	57,1	42,7	46,5	39,7
Fecha Máximo	2016-02-28	2016-03-09	2016-03-11	2016-02-27	2016-02-28	2016-02-29
Mínimo	36,6	3,4	37,4	25,4	34,3	3,2
Fecha Mínimo	2016-03-04	2016-03-12	2016-02-29	2016-03-07	2016-03-04	2016-03-06

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

De acuerdo con los resultados anteriores se puede observar que en ninguna de las tres (3) estaciones se superó el límite normativo de 80 µg/m^3 (SO_2) y 100 µg/m^3 (NO_2) para tiempos de exposición anual, tampoco se superó en ninguno de los dieciocho (18) días de muestreo el límite normativo de 250 µg/m^3 (SO_2) y 150 µg/m^3 (NO_2) para tiempo de exposición diario. Estos gases se atribuyen a la combustión en motores de los vehículos, motos y transporte pesado que circulan por la zona.

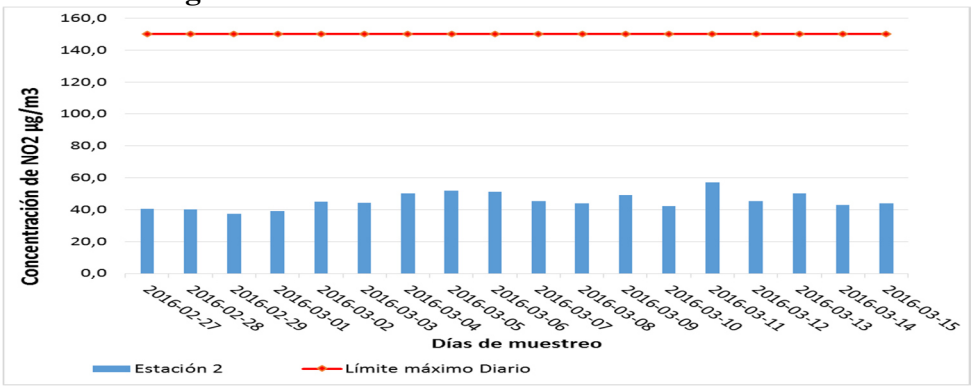
Las siguientes gráficas representan los valores de concentración de NO_2 y SO_2 y describen el comportamiento de los resultados de los análisis durante los dieciocho (18) días del muestreo para las estaciones.

Figura 5-143. Valores diarios de NO2 Estación 1



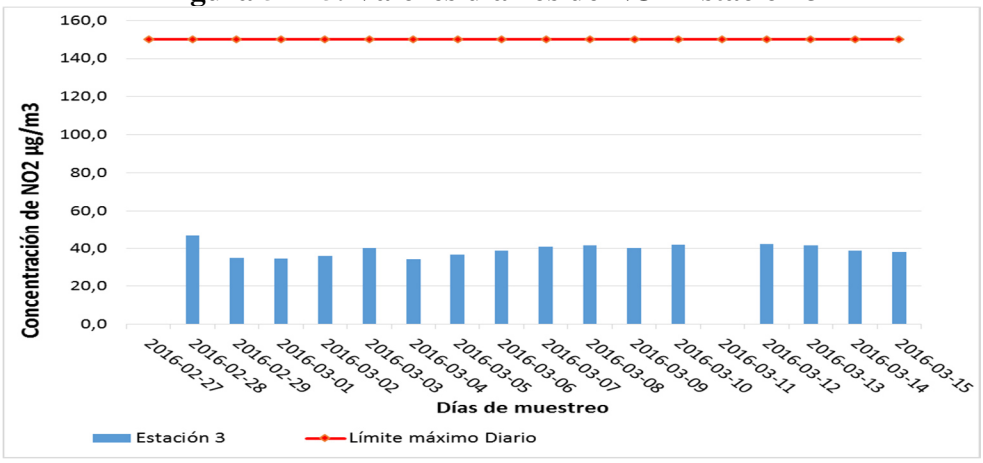
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-144. Valores diarios de NO2 Estación 2



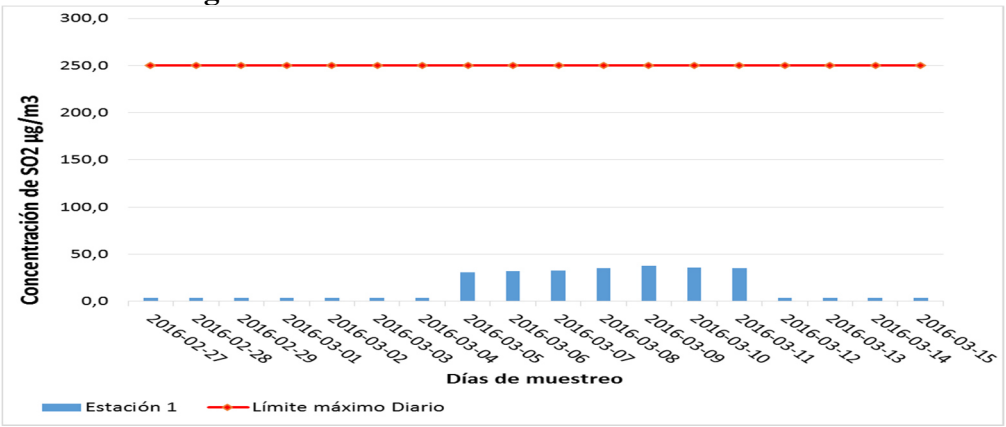
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-145. Valores diarios de NO2 Estación 3



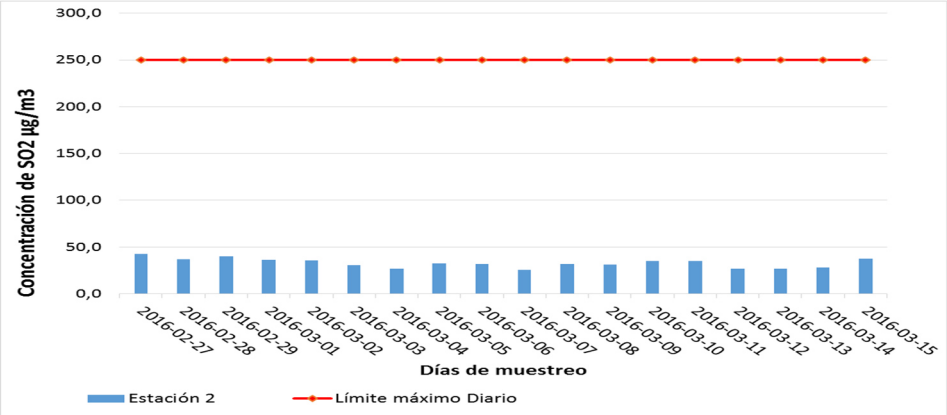
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-146. Valores diarios de SO2 Estación 1



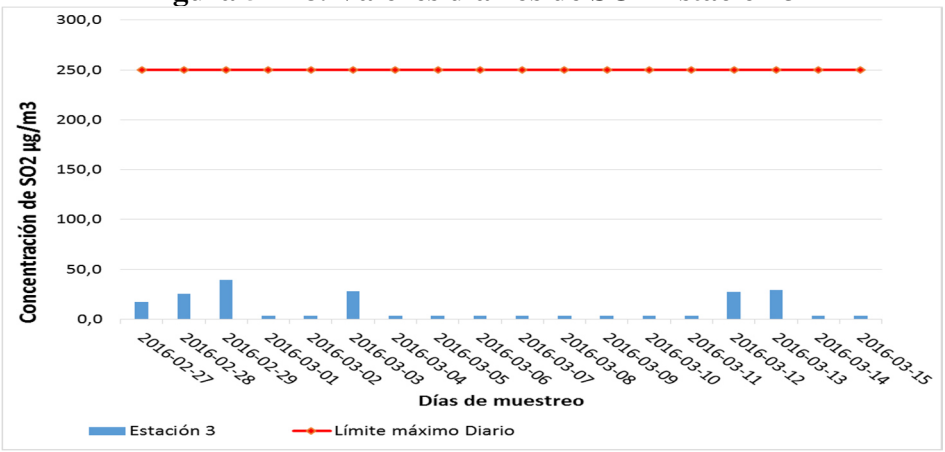
Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-147. Valores diarios de SO2 Estación 2



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

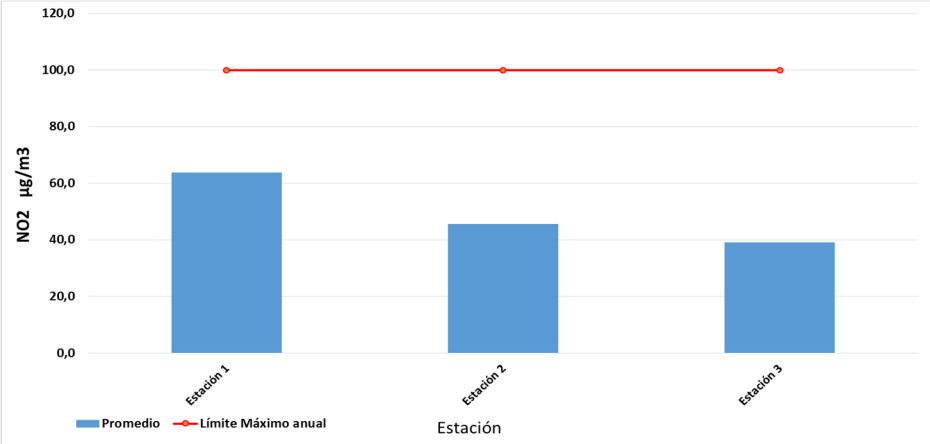
Figura 5-148. Valores diarios de SO2 Estación 3



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

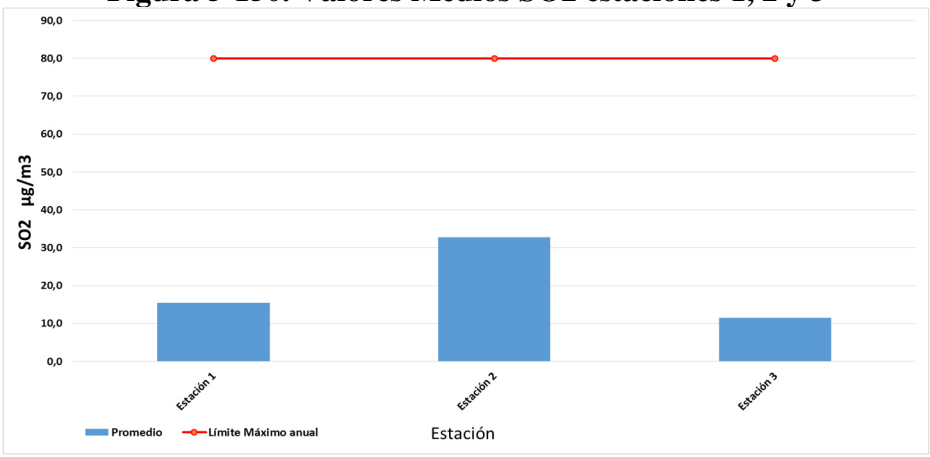
En las siguientes gráficas se ilustra los valores medios de concentración de NO_2 y SO_2, obtenidos para cada una de las estaciones ubicadas en cada uno de los puntos de muestreo y su comparación con la normatividad para tiempos de exposición anuales, es de precisar que esta comparación se hace de manera indicativa y como complemento a la comparación con el límite máximo diario.

Figura 5-149. Valores Medios NO2 estaciones 1, 2 y 3.



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-150. Valores Medios SO2 estaciones 1, 2 y 3



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Las concentraciones medias de dióxidos de nitrógeno y dióxidos de azufre se encuentran por debajo del límite normativo anual establecido por la Resolución 610 del 2010 del MAVDT para tiempos de exposición anuales para estos contaminantes, 100 y 80 µg/m^3 respectivamente, como se indico previamente esta comparación se hace solo de manera indicativa para estimar el comportamiento de los contaminantes a lo largo de un año. En el caso de NO_2 la estación que presenta el promedio más alto es la estación 1 con 63,8 µg/m^3 36,2% por debajo de la norma anual (100 µg/m^3), esta comparación se hace solo de manera indicativa; por otro lado para SO_2 la estación que presenta el promedio más alto es la estación 2 con un valor de 32,8 µg/m^3, 59,0% por debajo de la norma anual (80 µg/m^3), se debe tener en cuenta que estos gases se atribuyen a la combustión en motores de los vehículos, motos y transporte pesado que circulan por la zona y que la principal fuente de emisión de las estaciones son el tráfico vehicular de las vías aledañas.

Monóxido de Carbono

Las concentraciones de monóxido de carbono evaluado en las estaciones 1, 2, y 3 se muestran en la Tabla 5-127 Los resultados corresponden a 3 lecturas instantáneas en un intervalo de 1 hora diaria por estación. En la totalidad de las estaciones el nivel de concentración de CO fue No Detectable por el equipo (ND), lo que equivale a concentraciones <1 ppm. Todas las concentraciones obtenidas de monóxido se encuentran por debajo del límite de 40.000 µg/m^3 (35 ppm), establecido por la Resolución 610 de 2010 del MAVDT para tiempos de exposición de 1 hora en el caso de CO.

Tabla 5-127 Concentración de CO, en ppm

MUESTRA	Estación 1	Estación 2	Estación 3
27/02/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
28/02/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
29/02/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
01/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
02/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
03/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
04/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
05/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
06/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
07/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
08/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
09/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm

MUESTRA	Estación 1	Estación 2	Estación 3
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
10/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
11/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
12/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
13/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
14/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
15/03/2016	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Índices de calidad del aire (ICA) diario SO_2

A partir de las concentraciones medias de SO_2, calculadas y siguiendo la metodología sugerida en Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de Calidad de Aire del Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010 Pág. 134), se calcularon los ICA's que se muestran en las siguientes tablas se muestra el índice de calidad de aire acumulado o promedio de los 18 días de muestreo, este se calculó a partir de la concentración promedio del muestreo. Este cálculo solo se determinó para dióxidos de azufre. Para el caso del dióxido de azufre la Cpit (Concentración medida del contaminante) es necesaria determinarla en ppm.

Tabla 5-128. Índices de calidad del aire diarios estación 1

ESTACIÓN 1																
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Promedio
0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0117	0,0123	0,0124	0,0134	0,0145	0,0136	0,0134	0,0013	0,0014	0,0013	0,0014	0,0059
034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
,04	2,00	2,05	2,06	1,99	17,15	18,02	18,24	19,75	21,37	20,01	19,71	1,93	1,99	1,95	2,02	8,69

on Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tabla 5-129. Índices de calidad del aire diarios estación 2

ESTACIÓN 2																
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Promedio
0153	0,0138	0,0137	0,0117	0,0103	0,0125	0,0122	0,0097	0,0121	0,0120	0,0134	0,0133	0,0103	0,0102	0,0108	0,0143	0,0126
034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,47	20,29	20,19	17,26	15,15	18,34	17,91	14,29	17,84	17,62	19,66	19,57	15,13	15,04	15,82	21,06	18,47

on Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tabla 5-130 Índices de calidad del aire diarios estación 3

ESTACIÓN 3																
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Promedio
0152	0,0012	0,0013	0,0106	0,0013	0,0013	0,0012	0,0013	0,0012	0,0013	0,0013	0,0013	0,0106	0,0113	0,0013	0,0014	0,0044
034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,31	1,82	1,85	15,63	1,90	1,92	1,78	1,90	1,83	1,88	1,88	1,84	15,52	16,68	1,89	2,08	6,49

on Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tabla 5-131 Índices de calidad de Aire acumulados en los puntos evaluados

	Est 1	Est 2	Est 3
Cpit	0,00591	0,01256	0,00441
BP hi	0,034	0,034	0,034
BP lo	0	0	0
I hi	50	50	50
I lo	0	0	0
ICA pjt	8,69	18,47	6,49

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Este indicador permite establecer el estado de la calidad del aire de acuerdo al rango establecido para cada contaminante criterio, asociando rangos de valores a una tabla de colores. Valores ubicados en el rango 0-50 (Verde) indican buena calidad del aire, valores entre 51 y 100 (Amarillo) reflejan que la calidad del aire es moderada, valores entre 101 y 150 (Anaranjado) reflejan una calidad del aire dañina a la salud para grupos sensibles, valores entre 151 y 200 (Rojo) son reflejo de una calidad del aire dañina a la salud, valores entre 201 y 300 (Morado) representan una calidad del aire muy dañina a la salud y finalmente, valores entre 301 y 500 (Marrón) indican una calidad del aire peligrosa.

Es así como se determina que en la zona de estudio la calidad del aire tiene un índice "BUENO" Según el parámetro Dióxido de Azufre ya que en las tres estaciones para todos los días de muestreo se reportaron valores ICA por debajo de 50.

5.1.11.4 Ruido

La contaminación generada por ruido se refiere a cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma. Así mismo se tiene en cuenta que el sonido es la sensación auditiva excitada por una perturbación física en un medio, con características medibles que tienen importancia para el análisis de la audición, dentro de las más importantes se destacan la frecuencia y la intensidad, que puede producir efectos adversos sobre la salud e interferir con la comunicación, el desempeño laboral y el descanso; se pueden identificar tres tipos de ruido:

Continuo o estable: Es aquel que no presenta oscilaciones de intensidad rápidas y repentinas mayores de dos (2) decibeles.

Intermitente: Presenta oscilaciones del nivel de presión sonora de más de dos (2) decibeles, continuas y sin periodos de estabilidad.

Impacto: Presenta fluctuaciones bruscas del nivel de presión sonora, con intervalos mayores de un (1) segundo entre una y otra.

Con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en los términos de referencia, se realizó un

inventario de las fuentes generadoras de ruido y se programó una campaña de monitoreo de calidad de presión sonora en las zonas que se consideraron de interés, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

5.1.11.4.1 Identificacion de Fuentes generadoras de ruido

Como se mencionó anteriormente la emisión de ruido hace referencia a la presión sonora que generada en cualquier condición, trasciende al medio ambiente o al espacio público (Resolución 627 de 2006). De acuerdo a esto se realizó la identificación de las fuentes de generación de ruido existentes tanto naturales como artificiales en la zona de estudio, ya que el ruido puede ocasionar efectos adversos sobre la salud, el desempeño laboral y el descanso de la población afectada.

Durante el mes de febrero del 2016, se realizó la identificación de fuentes que estuvieran generando ruido en el área de influencia de la unidad funcional 2.1 entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. A continuación se presenta la identificación, descripción de cada tipo de fuente de contaminación identificada.

5.1.11.4.1.1 Descripcion de fuentes generadoras de ruido

Centros Poblados: son fuente de emisión de ruido, por las diferentes actividades diarias que se concentran en la zona, en el área de influencia del proyecto, se encontraron, restaurantes, lugares recreativos y de turismo y pequeñas construcciones como remodelación de fincas en los cuales permanecen personas, equipos, maquinaria y demás, lo cual provoca variación en los niveles de presión sonora.

Fotografía 5-33. Cabecera urbana del Municipio de San Jerónimo – Restaurantes sobre la vía



Fuente: Google Earth, 2016. - (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

- **Tránsito vehicular:** se considera la movilización permanente de vehículos particulares, transporte público, vehículos de carga pesada y motocicletas sobre la vía existente en el área de estudio, generando cambios en los niveles de presión sonora, aumentando estos los fines de semana debido a la gran población que se traslada de Medellín a San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia

Fotografía 5-34. Fuentes Móviles en el Área



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

- **Extracción de Material**

Para el área de estudio, las Zonas de Extracción de Material de Arrastre localizadas sobre la ronda hídrica del Rio Cauca y el Rio Aurrá, se encuentran relacionadas como una fuente de área debido a las actividades de extracción, almacenamiento de material y actividades asociadas al transporte del mismo.

Fotografía 5-35 Zona de actividades industriales y comerciales



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

- **Ubicación de los asentamientos Poblacionales, Viviendas y la Infraestructura Social**

Los asentamientos poblacionales que se ubican en toda la zona del estudio para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia unidad funcional 2.1 del proyecto autopista al mar 1. Tabla 5-132.

Tabla 5-132. Asentamientos identificados

Municipio	Unidad territorial	Tipo de asentamiento
San Jerónimo	El Rincon	Nucleado
	Quimbayo	Nucleado
	San Vicente	Nucleado
	Loma Hermosa	Disperso
Sopetrán	El Rodeo	Nucleado
	Tafetanes	Nucleado
	Guaymaral	Nucleado
	Los Almendros	Nucleado
	La Puerta	Disperso
Santa Fe de Antioquia	El Espinal	Disperso

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

5.1.11.4.2 Monitoreo de Generación de Ruido

Con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en la Guía Ambiental para proyectos de infraestructura – Subsector vial, entre los días 25 de febrero y el 12 de marzo de 2016, en horario diurno y nocturno se llevó a cabo el monitoreo de ruido ambiental en el área circundante al proyecto de la construcción de la segunda calzada; específicamente en la unidad funcional 2.1

El monitoreo de ruido se realizó siguiendo el procedimiento estipulado en los Capítulos II y III del Anexo 3 de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los cuales corresponden a las normas ANSI S1. Esta actividad fue desarrollada por el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente -CIMA el cual cuenta con acreditación del IDEAM vigente para el desarrollo de esta actividad. A continuación se presentan los aspectos más relevantes del informe presentado por el laboratorio, el cual se incluye en el Anexo F_Ruido del presente documento.

A continuación en la Tabla 5-133 se muestra los puntos a muestrear de ruido ambiental con su respectiva descripción, además en la Figura 5-151 se muestran la localización espacialmente de los puntos de muestreo.

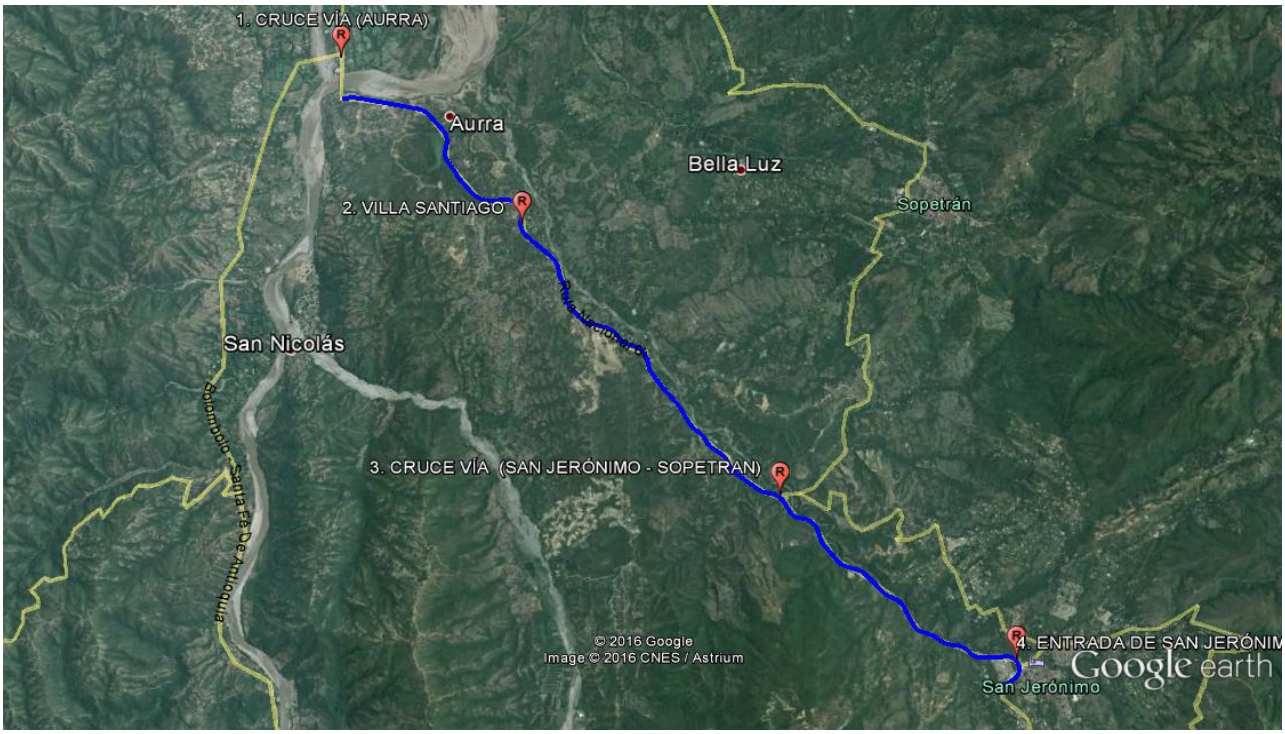
Tabla 5-133. Puntos de medición de ruido ambiental

Coordenadas Sirgas - Origen Oeste	Aspectos		Registro fotográfico
2564,412	Climático	Durante el periodo de monitoreo predomino el tiempo soleado, no se presentaron lluvias.	
9303,794	Fuentes potenciales de emisión de ruido	Tráfico vehicular de la vía principal. Zona rosa a 200 m.	
ÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado sobre la vía principal, Ruta Nacional 62, en el tramo que conduce de Medellín a Santa Fe de on alto flujo de vehicular (Vehículos pesados, automóviles y motos			
9306,616	Climático	Durante el periodo de monitoreo predomino el tiempo soleado, no se presentaron lluvias.	
990,826	Fuentes potenciales de emisión de ruido	Tráfico vehicular de la vía principal. Fauna propia de la zona.	
ÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado sobre la vía principal, Ruta Nacional 62, en el tramo que conduce de Medellín a Santa Fe de on alto flujo de vehicular (Vehículos pesados, automóviles y motos			

Puntos de Monitoreo	Coordenadas Magna Sirgas - Origen Oeste		Aspectos		Registro fotográfico
Punto 3. Cruce vía (San Jerónimo - Sopetran)	N:	1206721,450	Climático	Durante el periodo de monitoreo predomino el tiempo soleado no, se presentaron lluvias.	
	E:	1145731,095	Fuentes potenciales de emisión de ruido	Tráfico vehicular de la vía principal.	
	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado sobre la vía principal, Ruta Nacional 62, en el tramo que conduce de Medellín a Santa Fe de Antioquia, con alto flujo de vehicular (Vehículos pesados, automóviles y motos				
Punto 4. Entrada de San Jerónimo	N:	1204712,899	Climático	Durante el periodo de monitoreo predomino el tiempo soleado no, se presentaron lluvias.	
	E:	1148941,466	Fuentes potenciales de emisión de ruido	Tráfico vehicular de la vía principal. Quebrada cercana al punto. Discoteca a aproximadamente 200 m.	
	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PUNTO: Punto ubicado sobre la vía principal, Ruta Nacional 62, en el tramo que conduce de Medellín a Santa Fe de Antioquia, con alto flujo de vehicular (Vehículos pesados, automóviles y motos				

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-151. Localización cartográfica de los puntos de medición de ruido ambiental UF 2.1



Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016). Modificado de Google Earth

Para el estudio de ruido ambiental, se realiza una calibración acústica del micrófono del sonómetro y luego se ubica el micrófono a una altura de 4,00 m, las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow). Cada medición, debe constar de cinco mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las cuales debe tener una posición orientada del micrófono, norte, sur, este, oeste y vertical.

En total se evaluaron para el estudio en horarios diurno y nocturno y en jornada hábil y no hábil, el total de puntos de ruido ambiental, los aspectos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del monitoreo fueron (Tabla 5-134).

Tabla 5-134. Datos generales de la medición

PARÁMETROS DEL ESTUDIO	
# Loc Quest	El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST
L1 (Leq),dBA	Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición)
Lmax, dBA	Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
Lmin. dBA	Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición.
L10.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición.
L90.dBA	Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición.
Horarios	Las lecturas diurnas se realizaron entre las 7:01 y las 21:00, y las nocturnas entre las 21:01 y las 7:00, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normatividad.

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Los equipos utilizados para la medición de emisión de ruido ambiental corresponden a sonómetros Marca QUEST Sound PRO (Tabla 5-135), para la calibración de los equipos se emplearon calibradores acústicos marca Quest QC; ambos equipos cuentan con los certificados de calibración vigente al momento de desarrollar las mediciones.

Tabla 5-135. Equipos utilizados para la medición

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO		
	**Sonómetro Quest SOUNDPRO SE-DL / BLI050009 RU_016_EM**	
	Clase	Tipo 1.
	Precisión	± 1dBA
	Sensibilidad	Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia.
	Funciones	Lectura en tiempo real con analizador frecuencias en tercios de octava.
	Características Generales	Filtros de ponderación de frecuencia A, B, C y Z. Modos de respuesta rápida, lenta, impulsos y picos. Determinación del nivel equivalente, máximo y mínimo. Provisto con cable de extensión de micrófono.
	Normatividad	Cumple norma IEC 61672-1:2002
	Certificados	Certificado de calibración vigente adjunto en el ***Anexo 1***
	**Calibrador acústico Quest QC-20 QOI040026**	
	Nivel de calibración	94 dB y 114 dB.
	Normatividad	Cumple norma IEC 60942:2003.
	Certificados	Certificado de calibración vigente, adjunto en el ***Anexo 1***
	**SOFTWARE**	
	Referencia	QuestSuite® *Professional II*
	Versión	4.2.2296
	Características	Descarga datos de los estudios realizados por el sonómetro
	**Trípode**	
	Características Generales	Ajustable a altura de cuatro (4) metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable.

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

En el Anexo F, se presenta el informe detallado de los resultados y los soportes correspondientes, entregados por CIMA.

Resultados

Datos Meteorológicos

Las características meteorológicas y climatológicas se presentan en la Tabla 5-136 y Tabla 5-137, entre las variables más significativas se encuentran la velocidad del viento y la precipitación, por esto para el presente estudio se muestra a continuación la variación de las variables meteorológicas más relevantes a partir de información medida durante el tiempo de monitoreo.

Tabla 5-136. Principales variables meteorológicas – Tiempo ejecución estudio

Fecha	Hora	Velocidad del Viento	Temperatura	Humedad Relativa	Fecha	Hora	Velocidad del Viento	Temperatura	Humedad Relativa
2016-02-26	12:01:27 p. m.	1,2	32,1	41,5	2016-03-12	4:09:03 a. m.	1,2	28,6	64,5
2016-03-11	7:06:38 p. m.	1,1	31,5	54,4	2016-03-12	4:32:32 a. m.	1,2	28,9	68,5
2016-02-25	10:19:34 a. m.	0,1	34,2	47,2	2016-03-12	4:57:29 a. m.	1,1	27,3	59,6
2016-03-11	3:56:22 p. m.	1,5	36,2	28,2	2016-03-11	3:10:50 a. m.	1,2	25,3	68,9

on Integral del Medio Ambiente, 2016)

Tabla 5-137. Principales variables meteorológicas – Tiempo ejecución estudio

Fecha	Hora	Velocidad del Viento	Temperatura	Humedad Relativa	Fecha	Hora	Velocidad del Viento	Temperatura	Humedad Relativa
2016-02-28	12:08:56 p. m.	0,8	37,9	33,2	2016-02-28	1:04:06 a. m.	1,8	29,6	58,3
2016-02-28	11:44:59 a. m.	0,9	37,8	34	2016-02-28	1:30:55 a. m.	0,5	29,7	60,4
2016-02-28	11:18:49 a. m.	1,8	37,3	34,3	2016-02-28	1:55:36 a. m.	0,3	28,5	61,6
2016-02-28	10:54:52 a. m.	1,2	37,1	39,1	2016-02-28	2:18:53 a. m.	0,3	29,5	60,3

on Integral del Medio Ambiente, 2016)

Como se mencionó anteriormente el monitoreo de ruido ambiental en el área circundante al proyecto "Construcción de la segunda calzada San Jeronimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1)", entre los municipios de San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, Departamento de Antioquia, se llevó a cabo entre los días 25 de febrero y 12 de marzo de 2016, día hábil y no hábil, y en horario diurno y nocturno. El estudio se desarrolló en cuatro (4) puntos de ruido ambiental. Los resultados obtenidos en el monitoreo se presentan a continuación

Ruido Ambiental día Hábil

En la Figura 5-152 y en la Figura 5-153 se presentan los resultados en referencia al día hábil, horario diurno y nocturno respectivamente ($L_{RAeq,\ d}$). El detalle de las mediciones efectuadas se incluye en el Anexo F, el cual contiene el informe presentado por el laboratorio.

Figura 5-152. Resultados para horario diurno hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido, Zona Con Otros Usos Relacionados Como Vías Principales

MONITOREO DIURNO

		Punto	Valor Mínimo	Punto	Valor Máximo
Total de Puntos	4				
Numero de Puntos Fuera de Norma	0	1	65,6	4	71,8
% de Puntos Fuera de Norma	0,0%				

Punto	$L_{Aeq,\ d}$ dBA	$L_{RAeq,\ d}$ dBA	%T	Límite Normativo dBA	Descripción del punto
4	71,8	71,8	-10,3%	80,0	Entrada de San Jeronimo
3	71,4	71,4	-10,8%	80,0	Cruce Vía (San Jeronimo - Sopetran)
2	70,1	70,1	-12,4%	80,0	Villa Santiago
1	65,6	65,6	-18,0%	80,0	Cruce Vía (Aurra)

T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-153. Resultados para horario nocturno hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales

MONITOREO NOCTURNO

		Punto	Valor Mínimo	Punto	Valor Máximo
Total de Puntos	4				
Numero de Puntos Fuera de Norma	3	4	63,3	1	73,0
% de Puntos Fuera de Norma	75,0%				

Punto	$L_{Aeq,d}$ dBA	$L_{RAeq,d}$ dBA	%T	Límite Normativo dBA	Descripción del punto
1	67,0	73,0	4,3%	70,0	Cruce Vía (Aurra)
3	69,4	72,4	3,4%	70,0	Cruce Vía (San Jeronimo - Sopetran)
2	67,2	70,2	0,3%	70,0	Villa Santiago
4	63,3	63,3	-9,6%	70,0	Entrada de San Jeronimo

T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Los niveles de ruido ambiental diurno registrados en la zona de estudio, ubicada en un Sector de Ruido intermedio restringido en zonas con otros usos relacionados como vías principales, se puede observar que ninguno de los puntos se ve afectado por las correcciones así como ninguno de los puntos supera el valor límite permisible de nivel de ruido para esta zona (80 dBA), el punto de mayor nivel es el punto 4 con 71,8 dBA, siendo la principal fuente de ruido el flujo vehicular de la vía sobre la que se hicieron las mediciones (Ruta Nacional 62). Por otro lado los niveles de ruido ambiental nocturno registrados en la zona de estudio, ubicada en un Sector de Ruido intermedio restringido en zonas con otros usos relacionados como vías principales se puede observar que todos los puntos a excepción del punto 4 se ven afectados por las correcciones, así como también todos los puntos a excepción del punto 4 superan el límite máximo permisible de nivel de ruido para esta zona (70 dBA), siendo el punto más alto, el punto 1 con un nivel de ruido de 73,0 dBA, la principal fuente de ruido en este punto son las vías principales con alto tráfico de vehículos pesados y livianos.

Ruido Ambiental día No Hábil

En la Figura 5-154 y Figura 5-155 se presentan los resultados en referencia al día no hábil en horario diurno y nocturno respectivamente ($L_{RAeq,\,d}$).

Figura 5-154. Resultados para horario diurno No hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales

MONITOREO DIURNO

		Punto	Valor Mínimo	Punto	Valor Máximo
Total de Puntos	4				
Numero de Puntos Fuera de Norma	0	4	77,1	2	78,1
% de Puntos Fuera de Norma	0,0%				

Punto	$L_{Aeq,d}$ dBA	$L_{RAeq,d}$ dBA	%T	Límite Normativo dBA	Descripción del punto
2	78,1	78,1	-2,4%	80,0	Villa Santiago
1	78,1	78,1	-2,4%	80,0	Cruce Vía (Aurra)
3	77,3	77,3	-3,4%	80,0	Cruce Vía (San Jeronimo - Sopetran)
4	77,1	77,1	-3,6%	80,0	Entrada de San Jeronimo

T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Figura 5-155. Resultados para horario nocturno no hábil, Sector C. Ruido Intermedio Restringido Zonas con otros usos relacionados como vías principales

MONITOREO NOCTURNO

		Punto	Valor Mínimo	Punto	Valor Máximo
Total de Puntos	4				
Numero de Puntos Fuera de Norma	1	3	62,4	2	75,8
% de Puntos Fuera de Norma	25,0%				

Punto	$L_{Aeq,d}$ dBA	$L_{RAeq,d}$ dBA	%T	Límite Normativo dBA	Descripción del punto
2	69,8	75,8	8,3%	70,0	Villa Santiago
1	69,2	69,2	-1,1%	70,0	Cruce Vía (Aurra)
4	65,1	68,1	-2,7%	70,0	Entrada de San Jeronimo
3	62,4	62,4	-10,9%	70,0	Cruce Vía (San Jeronimo - Sopetran)

T% Porcentaje de Transgresión de la normatividad, valores positivos indican sobrepaso del valor establecido

Fuente. (CIMA. Corporacion Integral del Medio Ambiente, 2016)

Según las figuras anteriores muestran que los niveles de ruido ambiental diurno registrados en la zona de estudio, ubicada en un Sector de Ruido intermedio restringido en zonas con otros usos relacionados como vías principales, se puede observar que ninguno de los puntos se ve afectado por correcciones así como ninguno de los puntos supera el valor límite

permisible de nivel de ruido para esta zona (80 dBA), los puntos con mayor nivel de presión sonora son los puntos 1 y 2 con un nivel de ruido de 78,1 dBA, siendo la principal fuente de ruido el flujo vehicular de la vía principal (Ruta Nacional 62) sobre la que se hicieron las mediciones.

Por otro lado los niveles de ruido ambiental nocturno registrados en la zona de estudio, ubicada en un Sector de Ruido intermedio restringido en zonas con otros usos relacionados, se puede observar que los puntos 2 y 4 se ven afectados por las correcciones, siendo el punto 2 el único punto que supera el límite máximo permisible de nivel de ruido para esta zona (70 dBA), con un nivel de presión sonora de 75,8 dBA, siendo la principal fuente de ruido el flujo vehicular de la vía principal (Ruta Nacional 62) sobre la que se hicieron las mediciones y la fauna de la zona.