ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO VIAL RUMICHACA - PASTO, TRAMO PEDREGAL - CATAMBUCO, UF 4 Y UF 5.1., CONTRATO DE CONCESIÓN BAJO EL ESQUEMA APP NO. 15 DE 2015.

CAPITULO 5.1. CARACTERIZACIÓN MEDIO ABIÓTICO

San Juan de Pasto, Julio de 2017

TABLA DE CONTENIDO

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 14
5.1. MEDIO ABIÓTICO 14
5.1.1. Geología 14
5.1.2. Geomorfología 38
5.1.3. Paisaje 67
5.1.4. Suelos y uso de la tierra 93
5.1.5. Hidrología 114
5.1.6. Calidad del agua 191
5.1.7. Usos del agua 229
5.1.8. Hidrogeología 254
5.1.9. Geotecnia 327
5.1.10. Atmosfera 335

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1-1 Unidades geológicas presentes en área de estudio y su relación con las unidades de Geología para Ingenieria de Ingetéc. 19
Tabla 5.1-2: Inventario de Fenómenos de remoción en masa 26
Tabla 5.1-3: Distribución áreal y porcentual por unidad geomorfológica 43
Tabla 5.1-4: Clasificación por pendiente del suelo 44
Tabla 5.1-5Puntos de observación del Paisaje 79
Tabla 5.1-6Variables de análisis para atributos biofísicos del Paisaje 79
Tabla 5.1-7 Variables de análisis para los atributos estéticos del paisaje 80
Tabla 5.1-8. Criterios para la valoración de sitios de interés paisajístico 86
Tabla 5.1-9: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Tangua – Vereda Tablón de Obraje 88
Tabla 5.1-10: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Tangua – Vereda San Pedro de Obraje 88
Tabla 5.1-11: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Pasto – Vereda San José de Catambuco 89
Tabla 5.1-12: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Pasto – Vereda la Merced 89
Tabla 5.1-13 Ubicación unidades funcionales 94
Tabla 5.1-14 Clasificación de suelos 94
Tabla 5.1-15 Simbología de las unidades de paisaje 95
Tabla 5.1-16 Simbología de la unidad clima. 96
Tabla 5.1-17 Simbología de la unidad de pendientes 96

Tabla 5.1-18 Simbología para la unidad erosión. 96
Tabla 5.1-19 Simbología para la unidad pedregosidad. 96
Tabla 5.1-20 Uso actual del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal - Catambuco 101
Tabla 5.1-21 Uso potencial del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 105
Tabla 5.1-22 Conflicto de uso del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 111
Tabla 5.1-23 Sistemas loticos en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 116
Tabla 5.1-24 Jerarquización de la Red Hidrográfica de las cuencas relacionadas con el AI del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco según Decreto 1640 de 2012 122
Tabla 5.1-25 Estaciones Hidrométricas cercanas al Área de Estudio Tramo Pedregal 141
Tabla 5.1-26 Consolidado de atención de emergencias para los eventos de inundaciones presentados durante los últimos diez años en los municipios asociados al área de estudio del Tramo Pedregal – Catambuco. 182
Tabla 5.1-27 Datos Morfométricos de los Sistemas Lóticos pertenecientes al Área de Estudio, sector Pedregal – Catambuco. 190
Tabla 5.1-28 Datos Morfométricos de los Sistemas Lóticos pertenecientes al Área de Estudio 190
Tabla 5.1-29 Resultados análisis de laboratorio de puntos muestreados en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 195
Tabla 5.1.5.1-30. Comparación de valores de Coliformes obtenidos con los limites máximos del Decreto 1076 de 2015 206
Tabla 5.1-31 Categoria Capacidad Buffer 207
Tabla 5.1-32 Relación de la presencia de bicarbonatos con la capacidad buffer de las fuentes monitoreadas 208
Tabla 5.1-33 Variables tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua 209
Tabla 5.1-34 Índice de Contaminación del Agua (ICO) 209
Tabla 5.1-35 Categoria y descriptor del IACAL 212
Tabla 5.1-36 Puntos de monitoreo de calidad de agua – Época de lluvia 213
Tabla 5.1-37Registros de pH, Temperatura, OD y Conductividad 213
Tabla 5.1-38 Resultados de laboratorio 219
Tabla 5.1-39 Peso relativo para cada subíndice 221
Tabla 5.1-40 Calculo del ICA, para cada estacion de monitoreo 222
Tabla 5.1-41 Indice de Langelier para cada estación 223

Tabla 5.1-42 Resultados del IACAL para la UF4 y UF5.1 223
Tabla 5.1-43. Resultados de los Índices de Contaminación – Campamento Tangua – Sector El Placer. Corriente receptora Q. la Magdalena 226
Tabla 5.1-44. Resultados de los Índices de Contaminación – Campamento Cebadal – Sector El Tambor. Corriente receptora Q. la Magdalena 227
Tabla 5.1-45. Escalas de interpretación de los ICO's 228
Tabla 5.1-46. Análisis de resultados ICO´s 228
Tabla 5.1-47 Usos y usuarios puntos de captación 230
Tabla 5.1-48 Usos y usuarios fuentes hídricas, Tramo Pedregal-Catambuco 230
Tabla 5.1-49 Estaciones Utilizadas para el Cálculo del Balance Hídrico 244
Tabla 5.1-50 Calculo Evapotranspiración Potencial – Método Thornthwaite 244
Tabla 5.1-51 Proyección de la Evapotranspiración Potencial Sin Corrección 245
Tabla 5.1-52: Balance hídrico estación Botana 245
Tabla 5.1-53: Balance hídrico estación Obonuco 247
Tabla 5.1-54: Balance Hídrico – Estación Sindagua 248
Tabla 5.1-55 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática 251
Tabla 5.1-56 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú 252
Tabla 5.1-57 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario 253
Tabla 5.1-58 Niveles piezométricos de la UF4 255
Tabla 5.1-59 Niveles piezométricos de la UF5 256
Tabla 5.1-60 Puntos de agua UF4 259
Tabla 5.1-61 Puntos de agua UF5 261
Tabla 5.1-62 Coordenadas sondeos eléctricos verticales 272
Tabla 5.1-63 Sitios seleccionados para toma de muestras de agua subterránea UF4 y UF5 277
Tabla 5.1-64 Resultados calidad de agua subterránea UF4 y UF5 279
Tabla 5.1-65 Criterios de calidad destinación del recurso para diferentes usos (Decreto 1594 de 1984) 287
Tabla 5.1-66 Composición del agua diagrama de Piper 289
Tabla 5.1-67 Composición del agua diagrama Stiff 291
Tabla 5.1-68 Porosidades totales y eficaces de diversos materiales geológicos. 296
Tabla 5.1-69 Relación unidades hidrogeológicas con unidades litoestratigráficas 306
Tabla 5.1-70 Definición de las clases de vulnerabilidad 322
Tabla 5.1-71 Categorías de vulnerabilidad para el método GOD 323
Tabla 5.1-72 Categorías de vulnerabilidad en el tramo Pedregal – Catambuco 325

Tabla 5.1-73 Parámetros utilizados en la GDB del EIA 328
Tabla 5.1-74 Clasificación por unidad geológica 328
Tabla 5.1-75 (20) Clasificación según la erosión del suelo. 329
Tabla 5.1-76 Clasificación por pendiente del suelo 329
Tabla 5.1-77 Clasificación por geomorfología. 330
Tabla 5.1-78 Estructura lógica de cualificación de la aptitud frente a la estabilidad del terreno. 331
Tabla 5.1-79 Resultados geotécnicos generales 332
Tabla 5.1-80 Clasificación por susceptibilidad del terreno en el proyecto. 332
Tabla 5.1-81 Estaciones meteorológicas tramo Pedregal-Catambuco 336
Tabla 5.1-82 Valores medios mensuales de temperatura (ºC) 338
Tabla 5.1-83 Valores medios mensuales de precipitación (mm) 340
Tabla 5.1-84 Valores medios mensuales de Humedad Relativa (%) 342
Tabla 5.1-85 Valores medios mensuales de brillo solar (horas) 344
Tabla 5.1-86 Valores medios mensuales de nubosidad (octas) 346
Tabla 5.1-87 Valores medios mensuales de evaporación (mm) 347
Tabla 5.1-88 Valores medios mensuales de recorrido del viento (km/s) 348
Tabla 5.1-89 Relación de fuentes fijas, Tramo Pedregal – Catambuco 349
Tabla 5.1-90 Inventario fuentes móviles en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca –Pasto, tramo Pedregal – Catambuco. 352
Tabla 5.1-91 Concentracion de contaminantes potenciales receptores 354
Tabla 5.1-92 Características generales de los parámetros evaluados. 355
Tabla 5.1-93 Localización estaciones de monitoreo de calidad de aire, tramo Pedregal – Catambuco 357
Tabla 5.1-94 Resultados PM10 Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 359
Tabla 5.1-95 Resultados Sox Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 362
Tabla 5.1-96 Resultados Nox Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 363
Tabla 5.1-97 Resultados CO Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 366
Tabla 5.1-98 Fuentes generadoras de ruido Ipiales – Pedregal 368
Tabla 5.1-99 Ubicación Estaciones de Monitoreo de Ruido Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco 372
Tabla 5.1-100 Resultados Ruido Ambiental y Comparación con la Norma 374
Tabla 5.1-101 Resultados Ruido Nocturno y Comparación con la Norma 375
Tabla 5.1-102 estandares máximos permisibles 376

Tabla 5.1-103 Resultados Ruido Ambiental Vs Comparación con la Norma 377
Tabla 5.1-104 Resultados Ruido Nocturno Vs Comparación con la Norma 379
Tabla 5.1-105 Estandares Máximos Permisibles 380

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1.1 Esquema generalizado de la geometría y posición en el terreno de los distintos depósitos piroclásticos, producto de la actividad explosiva. Modificado de Cas & Wright (1988) 16
Figura 5.1.2 Esquema tectonoestratigráfico del extremo sur de las cordilleras central y oriental de Colombia. 17
Figura 5.1.3 Mapa geológico del área de trabajo. 19
Figura 5.1.4 Imagen satelital del área de interés; se observa el trazado de la falla de la Q. La Magdalena, en dirección a la zona de falla de la falla de Buesaco. 36
Figura 5.1.5: Principales fallas geologicas 37
Figura 5.1.6: Mapa Geomorfológico 43
Figura 5.1.7 Mapa de pendientes para la zona homogénea I. 46
Figura 5.1.8 Mapa de pendientes Zona homogénea II 55
Figura 5.1.9 Mapa de pendientes de la zona homogénea III. 62
Figura 5.1.10 Mapa de pendientes para la zona homogénea IV, sector de pendientes bajas. 66
Figura 5.1.11 Área de influencia físico biótica definida para el tramo Pedregal - Catambuco 69
Figura 5.1.12 Perfil esquemático con laderas denudacionales y montañas estructurales, además de otros tipos de unidades. 70
Figura 5.1.13 Unidades de paisaje para la UF 4 72
Figura 5.1.14 Unidades de paisaje para la UF 5.1 73
Figura 5.1.15: Localización de puntos de observación de paisaje (UF5.4) 77
Figura 5.1.16: Localización de puntos de observación de paisaje (UF5.1) 78
Figura 5.1.17: Matriz Evaluación de Paisaje Municipio de Tangua – Vereda Tablón de Obraje 90
Figura 5.1.18: Matriz evaluación del paisaje municiío de Tangua vereda San Pedro de Obraje 91
Figura 5.1.19: Matriz evaluación del paisaje Municipio de Pasto – Vereda San José de Catambuco 92
Figura 5.1.20: Matriz evaluación de paisaje Municipio de Pasto – Vereda la Merced 93
Figura 5.1.21: Uso actual del suelo UF 4 100

Figura 5.1.22 Uso actual del suelo UF 5.1 101
Figura 5.1.23 104
Figura 5.1.24: Representación catográfica del uso potencial para el área de influenica UF 4 104
Figura 5.1.25: Representación catográfica del uso potencial para el área de influenica UF 5.1 105
Figura 5.1.26 : Representación catográfica del conflicto de uso del suelo para el área de influenica UF 4 110
Figura 5.1.27: Representación catográfica del conflicto de uso del suelo para el área de influenica UF 5.1 111
Figura 5.1.28 Macrocuenca del Pacífico, Sector Pedregal-Catambuco. 125
Figura 5.1.29 Zona Hidrográfica Río Patía 127
Figura 5.1.30 Subzona Hidrográfica Río Guáitara y río Juanambú 132
Figura 5.1.31 Etapa erosiva de un río y su relación con los patrones de drenaje 135
Figura 5.1.32 Patrón de Drenaje Dentrítico – tramo Pedregal - Catambuco (río Pasto y río Bobo) 136
Figura 5.1.33 Patrón de Drenaje Meándrico – Río Guaitara y Juanambú, UF5 4 138
Figura 5.1.34 Patrón de Drenaje Meándrico – Río Guaitara y Juanambú, UF5.1 139
Figura 5.1.35 Patrón de Drenaje Paralelo – Afluentes río Guáitara 140
Figura 5.1.36 Localización de Estaciones Hidrométricas, sector Pedregal – Catambuco. 142
Figura 5.1.37 Distribución de Caudales Medios – Estación Puente Guascas (Río Patía) 143
Figura 5.1.38 Distribución de Caudales Máximos – Estación Puente Guascas (Río Patía) 144
Figura 5.1.39 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Puente Guascas (Río Patía) 145
Figura 5.1.40 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Puente Guascas (Río Patía) 147
Figura 5.1.41 Distribución de Caudales Medios – Estación Pilcuan (Río Guáitara) 148
Figura 5.1.42 Distribución de Caudales Máximos – Estación Pilcuan (Río Guáitara) 149
Figura 5.1.43 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Pilcuán (Río Guaitara) 150
Figura 5.1.44 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Pilcuán (Río Guaitara) 151
Figura 5.1.45 Distribución de Caudales Medios – Estación Agroyaco (Río Guáitara) 152
Figura 5.1.46 Distribución de Caudales Máximos – Estación Agroyaco (Río Guáitara) 153
Figura 5.1.47 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Agroyaco (Río Guáitara) 154

Figura 5.1.48Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Agroyaco (Río Guáitara) 156
Figura 5.1.49 Distribución de Caudales Medios – Estación San Pedro (Río Guáitara) .. 156
Figura 5.1.50 Distribución de Caudales Máximos – Estación San Pedro (Río Guáitara) 157
Figura 5.1.51 Distribución de Caudales Mínimos – Estación San Pedro (Río Guáitara) 158
Figura 5.1.52 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación San Pedro (Río Guáitara) 159
Figura 5.1.53 Distribución de Caudales Medios – Estación Casanare Automática (Río Bobo) 160
Figura 5.1.54 Distribución de Caudales Máximos – Estación Casanare Automática (Río Bobo) 161
Figura 5.1.55 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática (Río Bobo) 162
Figura 5.1.56 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales – Casanare Automática (Río Bobo) 163
Figura 5.1.57 Distribución de Caudales Medios – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú) 164
Figura 5.1.58 Distribución de Caudales Máximos – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú) 166
Figura 5.1.59 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú) 167
Figura 5.1.60 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales – Puente Juanambú (Río Juanambú) 168
Figura 5.1.61 Distribución de Caudales Medios – Estación Providencia (Río Pasto)..... 169
Figura 5.1.62 Distribución de Caudales Máximos – Estación Providencia (Río Pasto) . 170
Figura 5.1.63 Distribución de Caudales Mínimos –Estación Providencia (Río Pasto)... 171
Figura 5.1.64 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales – Estación Providencia (Río Pasto) 172
Figura 5.1.65 Distribución de Caudales Medios – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto) 173
Figura 5.1.66 Distribución de Caudales Máximos – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto) 174
Figura 5.1.67 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto) 175
Figura 5.1.68 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto) 176
Figura 5.1.69 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005 179

Figura 5.1.70 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005 180
Figura 5.1.71 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005 (Límite Entre el municipio de Puerres y Contadero) 181
Figura 5.1.72 Puntos calidad agua, tramo Pedregal – Catambuco 193
Figura 5.1.73 Resultados Temperatura fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco 198
Figura 5.1.74 Resultados Conductividad fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco 199
Figura 5.1.75 Resultados pH fuentes monitoreadas tramo Pedregal - Catambuco 200
Figura 5.1.5.1.76 Resultados Turbiedad fuentes monitoreadas tramo Pedregal - Catambuco 201
Figura 5.1.77 Resultados Oxígeno Disuelto fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco 202
Figura 5.1.78 Resultados DBO5 Y DQO fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco 203
Figura 5.1.79 Resultados Alcalinidad fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco 204
Figura 5.1.80 Diagrama metodología para procesamiento de información IACAL 212
Figura 5.1.81 Valores de temperatura monitoreo 214
Figura 5.1.82 Valores de pH puntos de monitoreo 215
Figura 5.1.83 Regsitro de conductividad monitoreo 216
Figura 5.1.84 Regsitro de oxigeno disuelto monitoreo 217
Figura 5.1.85 Regsitro Solidos suspendidos totales 218
Figura 5.1.86 Regsitro de DBO puntos de monitoreo 219
Figura 5.1.87 : Balance hídrico estación Botana 246
Figura 5.1.88: Balance hídrico estación Obonuco 247
Figura 5.1.89: Balance Hídrico – Estación Sindagua 248
Figura 5.1.90 Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática 252
Figura 5.1.91 Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú 253
Figura 5.1.92 Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario 254
Figura 5.1.93 Puntos de agua identificados en el corredor vial Pedregal – Catambuco 259
Figura 5.1.96 Buffer de 100 m nacimiento de agua 266
Figura 5.1.97 Buffer de 100 m nacimiento de agua 267
Figura 5.1.98 Buffer de 100 m nacimiento de agua 268
Figura 5.1.99 Buffer de 100 m nacimiento de agua 269
Figura 5.1.100 Buffer de 100 m nacimiento de agua 270
Figura 5.1.101 Buffer de 100 m nacimiento de agua 270

Figura 5.1.102 Esquema de un sondeo eléctrico vertical SEV o sondeo geoeléctrico .. 272
Figura 5.1.103 Localización de los SEV's ejecutados en la UF4 y UF5 273
Figura 5.1.104 Resultados SEV´s 1 y 2 Unidad Funcional 4 274
Figura 5.1.105 Resultados SEV´s 3 y 4 Unidad Funcional 4 275
Figura 5.1.106 Resultados SEV´s 1 y 2 Unidad Funcional 5 276
Figura 5.1.107 Resultados SEV´s 3 y 4 Unidad Funcional 5 277
Figura 5.1.108 Localización sitios de muestreo calidad de agua subterránea UF4 y UF5 279
Figura 5.1.109 Datos pH UF4 y UF5 281
Figura 5.1.110 Acidez y Alcalinidad UF4 y UF5 282
Figura 5.1.111 Oxígeno Disuelto UF4 y UF5 282
Figura 5.1.112 Resultados DBO – DQO UF4 y UF5 283
Figura 5.1.113 Resultados Conductividad y Solidos disueltos totales UF4 y UF5 283
Figura 5.1.114 Resultados Cloruros y Sulfatos UF4 y UF5 284
Figura 5.1.115 Resultados Calcio y Magnesio UF4 y UF5 284
Figura 5.1.116 Resultados Sodio y Potasio UF4 y UF5 285
Figura 5.1.117 Resultados de Fosforo y Nitrógeno Total UF4 y UF5 285
Figura 5.1.118 Resultados Dureza cálcica y total UF4 y UF5 286
Figura 5.1.119 Resultados Coliformes fecales y Coliformes totales UF4 y UF5 287
Figura 5.1.120 Diagrama de Piper UF4 y UF5 289
Figura 5.1.121 Diagrama Stiff PA-M-32 290
Figura 5.1.122 Diagrama Stiff PA-M-38 291
Figura 5.1.123 Diagrama Stiff PA-A-09 291
Figura 5.1.124 Mapa potencial hidrogeológico de Colombia. 294
Figura 5.1.125 Relación entre textura y porosidad 295
Figura 5.1.126 Sección de análisis A – A Geológica e Hidrogeológica 299
Figura 5.1.127 Sección de análisis B – B Geológica e Hidrogeológica 300
Figura 5.1.128 Sección de análisis C – C Geológica e Hidrogeológica 301
Figura 5.1.129 Sección de análisis D – D Geológica e Hidrogeológica 302
Figura 5.1.130 Sección de análisis E – E' Geológica e Hidrogeológica 303
Figura 5.1.131 Sección de análisis F – F' Geológica e Hidrogeológica 304
Figura 5.1.132 Sección de análisis G – G' Geológica e Hidrogeológica 305
Figura 5.1.133 Sección de análisis H – H' Geológica e Hidrogeológica 306
Figura 5.1.134 Mapa Hidrogeológico 308
Figura 5.1.135 Mapa de dirección de líneas de flujo 310
Figura 5.1.136 Comportamiento de los flujos en las unidades hidrogeológicas de la zona de estudio 319
Figura 5.1.137 Configuración esquemática del sistema sin proyecto 320

Figura 5.1.138 Distribución según tipo de Vulnerabilidad vs Condición hidrogeológica 326
Figura 5.1.139 Zonificación geotécnica Tramo Pedregal – Catambuco 335
Figura 5.1.140 Estaciones metereologicas Tramo Pedregal – Catambuco 337
Figura 5.1.141 Gráfica lineal de frecuencia para valores de temperatura registrados en las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua 339
Figura 5.1.142 Isotermas, Tramo Pedregal – Catambuco 339
Figura 5.1.143 Histograma para los valores de precipitación registrados en las estaciones Botana, Obonuco, Sindagua, Tangua e Imues 341
Figura 5.1.144 Isoyetas, Tramo Pedregal – Catambuco 342
Figura 5.1.145 Gráfica lineal de frecuencia para valores de humedad relativa registrados en las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua 343
Figura 5.1.146 Rosa de vientos horaria, estación Obonuco del IDEAM 344
Figura 5.1.147 Gráfica lineal de frecuencia para valores de brillo solar registrados en las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua 345
Figura 5.1.149 Gráfica lineal de frecuencia para valores de nubosidad registrados en las estaciones de Botana y Sindagua 346
Figura 5.1.150 Gráfica lineal de frecuencia para valores de evaporación registrados en las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua 347
Figura 5.1.152 Fuentes fijas de emisión 350
Figura 5.1.153: Potenciales receptores 353
Figura 5.1.154 Puntos de monitoreo calidad de aire, Tramo Pedregal – Catmabuco 358
Figura 5.1.155 Datos de calidad de aire para PM10 vs Resolucion 610 de 2010 360
Figura 5.1.156 Concentraciones máximas de PM10 (µg/m3) vs Norma Diaria (Res. 610 de 2010) 361
Figura 5.1.157 Concentraciones máximas de Sox (µg/m3) Vs Norma Diaria (Res. 2010 de 2010) 363
Figura 5.1.158 Concentraciones máximas de Nox (µg/m3) Vs Norma Diaria 365
Figura 5.1.159 Concentraciones máximas de CO (µg/m3) Vs Norma 1 Hora 367
Figura 5.1.160 Puntos monitoreo Ruido,Tramo Pedregal – Catambuco 373
Figura 5.1.161 Resultados Ruido Ambiental y su Comparación con la Norma 374
Figura 5.1.162 Resultados Ruido nocturno y su Comparación con la Norma 376
Figura 5.1.163 Ruido diurno Vs. Nocturno 377
Figura 5.1.164 Resultados Ruido Ambiental Vs Comparación con la Norma 378
Figura 5.1.165 Resultados Ruido Nocturno Vs Comparación con la Norma 380
Figura 5.1.166 Ruido Diurno Día No Hábil Vs. Ruido Nocturno Día No Hábil 381

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5.1.1: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 1+350, generan una morfología fuerte. 21
Fotografía 5.1.2: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 1+700, generan una morfología fuerte. 21
Fotografía 5.1.3: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 4+000, generan una morfología fuerte. 22
Fotografía 5.1.4: Depositos piroclásticos, brecha volcánica en matriz tobácea en el k 3+510 23
Fotografía 5.1.5: Ceniza volcánica en el k 6+610 23
Fotografía 5.1.6: Depósitos aluviales del cauce del río Bobo 24
Fotografía 5.1.7: Depósito coluvial en el K 0+600, clastos de lavas andesíticas, escoria volcánica. 25
Fotografía 5.1.8: Deposito coluvial generado por deslizamiento en la zona del peaje. 25
Fotografía 5.1.9 Andesitas porfiríticas de la unidad TQvl, localizadas en K1+820 28
Fotografía 5.1.10 Flujos de pumita matriz soportados de la unidad TQvf, observados en el K30+300 29
Fotografía 5.1.11 Deposito de cenizas de la unidad TQvf localizado en el K34+300 30
Fotografía 5.1.12 Suelos residuales generados en los depósitos de cenizas localizados en el K15+970 30
Fotografía 5.1.13 Depósitos de la unidad TQvlp localizados en K5+880 31
Fotografía 5.1.14 Deposito coluvial (Qc) entre las abscisas K3+060 y K3+070 32
Fotografía 5.1.15 Cicatriz de proceso de remoción en masa estable, actualmente se presenta erosión en la roca descubierta. 47
Fotografía 5.1.16 Cicatriz de proceso de remoción en masa, en la parte inferior se observa el depósito de material removido por el proceso. 48
Fotografía 5.1.17 Proceso de remoción en masa en la unidad de lahares y piroclastos identificado en el talud de la vía actual a la altura del K16+220 49
Fotografía 5.1.18 Talud sobre la vía actual evidenciando procesos de erosión activa. 50
Fotografía 5.1.19 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de procesos erosivos leves como surcos y procesos denudativos como desprendimientos. 51
Fotografía 5.1.20 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de procesos erosivos. 51
Fotografía 5.1.21 Unidad de lahares y piroclastos exhibiendo surcos en el afloramiento y desprendimientos. 52
Fotografía 5.1.22 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de surcos. 53
Fotografía 5.1.23 Expresión morfológica de colinas bajas con lomas redondeadas en la unidad Qvc 54
Fotografía 5.1.24 Flujo de detritos en TQvl a la altura del K2+800 56

Fotografía 5.1.25 Erosion superficial en rocas de la unidad TQvl en K2+960 56
Fotografía 5.1.26 Erosión superficial y erosión leve con presencia de sercos en la talud del K3+040 57
Fotografía 5.1.27 Erosión superficial y leve con presencia de surcos en la unidad TQsv en el K3+100 58
Fotografía 5.1.28 Unidad TQvlp con procesos denudativos. 59
Fotografía 5.1.29 Talud con procesos erosivos en la unidad TQvlc 60
Fotografía 5.1.30 Talud con procesos de remoción en masa. 60
Fotografía 5.1.31 Morfología moderadamente inclinada. 61
Fotografía 5.1.32 Talud sobre la vía actual con procesos erosivos 62
Fotografía 5.1.33 Talud de la vía actual con cicatriz de desplome de material fino de la unidad TQvlc. 63
Fotografía 5.1.34 Talud actual de la vía con procesos erosivos. 64
Fotografía 5.1.35 Talud de la vía exhibiendo surcos y desplome de material. 65
Fotografía 5.1.36 Talud en la vía actual que presenta erosión en cárcavas. 67
Fotografía 5.1.37 Paisaje de Lomeríos – Áreas agrícolas heterogéneas en lomerío (UP1) 74
Fotografía 5.1.38 Paisaje de Montaña - Vegetación herbácea o arbustiva en montaña (UP3) 76
Fotografía 5.1.39 Conjunto de Paisaje 2, PO 9 82
Fotografía 5.1.40 Conjunto de Paisaje 2 – PO 7 82
Fotografía 5.1.41 Conjunto de Paisaje 1 – PO 6 83
Fotografía 5.1.42 Conjunto de paisaje 2: PO 3 85
Fotografía 5.1.43 Conjunto de Paisaje 2, PO 4 85
Fotografía 5.1.44 Taller de identificación de paisaje: ubicación de sitios de interés paisajístico con la comunidad municipio de Yacuanquer 86
Fotografía 5.1.45 Taller de identificación de paisaje: valoración de paisaje con comunidad, municipio de Imués 87
Fotografía 5.1.46 Manglares del Pacífico aguas abajo de la desembocadura del río Patía 124
Fotografía 5.1.47 Manglares del Pacífico aguas abajo de la desembocadura del río Patía 126
Fotografía 5.1.48 Río Patía aguas abajo de la desembocadura del río Guaitara 128
Fotografía 5.1.49 Río Patía aguas abajo de la desembocadura del río Juanambú 128
Fotografía 5.1.50 Río Guáitara 129
Fotografía 5.1.51 Río Guáitara 130
Fotografía 5.1.52 Río Juanambú 131
Fotografía 5.1.53 Río Juanambú 131

Fotografía 5.1.54 Río Bobo 133
Fotografía 5.1.55 Embalse Río Bobo 133
Fotografía 5.1.56 Río Pasto 134
Fotografía 5.1.57 Meandros Río Juanambú (Desde el Puente al norte del municipio de Buesaco) 137
Fotografía 5.1.58 Toma muestras de agua para análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos Quebrada La Marquesa aguas abajo 194
Fotografía 5.1.59 Recolección de muestras análisis de calidad de agua Quebrada La Marquesa aguas abajo 195
Fotografía 5.1.60 Punto de agua PA-M-31 y Punto de agua PA-M-32 260
Fotografía 5.1.61 Punto de agua PA-M-33 y Punto de agua PA-M-34 260
Fotografía 5.1.62 Punto de agua PA-M-35 y Punto de agua PA-M-36 261
Fotografía 5.1.63 Punto de agua PA-M-37 y Punto de agua PA-M-38 262
Fotografía 5.1.64 Punto de agua PA-M-39 y Punto de agua PA-M-40 262
Fotografía 5.1.65 Punto de agua PA-M-41 y Punto de agua PA-M-42 262
Fotografía 5.1.66 Punto de agua PA-M-43 y Punto de agua PA-A-09 263
Este nacimiento de agua se ubica sobre el diseño de la calzada del proyecto, en la coordenada X 957067,88 – Y 606866,83, el agua es usada para fines agrícolas por el propietario del perdió. Fotografía 5.1.68 263
Fotografía 5.1.68 Nacimiento de agua PK 0+200 264
Fotografía 5.1.69 Buffer de 100 m nacimiento de agua 264
Fotografía 5.1.70 Nacimiento de agua PK 0+260 265
Fotografía 5.1.72 Buffer de 100 m nacimiento de agua 265
Fotografía 5.1.73 Nacimiento de agua PK 8+860 266
Fotografía 5.1.76 Nacimiento de agua PK 23+200 268
Fotografía 5.1.77 Equipo medidor de resistencia Allied Associates 271
Fotografía 5.1.78 Toma de muestra PA-A-09 Unidad Funcional 5 278
Fotografía 5.1.79 Crematorio Cristo Rey (976047.12X – 620671.47) 351
Fotografía 5.1.80 Horno rustico para la cocción del ladrillo (965982.96X – 614821.70 Y) 352
Fotografía 5.1.81 Medición del ruido ambiental 371

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1. Medio Abiótico

El área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal - Catambuco para el medio abiótico (descrita en el Capítulo 2 del presente estudio) se enmarca dentro de las características de sus diferentes componentes, que corresponden a geología, geomorfología, paisaje, suelos, hidrología, hidrogeología y atmosfera, cuyas características particulares para el mencionado sector se describen a continuación.

5.1.1. Geología

En este capítulo se describen las características geológicas, estructurales y evolutivas, del área de influencia directa del Proyecto Vial doble calzada Rumichaca-Pasto, tramo Pedregal - Catambuco, definidas a partir de la compilación, análisis e integración de la información secundaria existente y complementada con el trabajo de campo y de las investigaciones del subsuelo realizadas.

Las descripciones litoestratigráficas y estructurales que se presenta a continuación a nivel regional, se realizaron con base en la información secundaria a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano – SGC, correspondientes a la plancha 429 Pasto. Con lo anterior se identificaron las diferentes unidades litológicas que afloran las áreas de estudio y se definieron las Zonas Homogéneas a partir de características litológicas, estructurales y geomorfológicas similares.

En la zona de estudio afloran rocas volcánicas, depósitos volcánicos, volcano-sedimentarios y rocas ígneas y metamórficas. Las más antiguas son las rocas Precámbricas del Complejo migmatítico de la Cocha las cuales forman parte del basamento en el sector; superficialmente se observan una serie de depósitos volcánicos, lavas, cenizas, tobas, lahares, piroclastos que conforman las rocas terciarias-cuaternarias y, depósitos cuaternarios aluviales y coluviales; estos depósitos volcánicos se asocian a las erupciones de volcanes extintos y activos como el volcán Galeras.

Para la realización de este numeral se utiliza la información del documento “Geología de Colombia” Galvis y Mojica 2014, (registro de obra literaria inédita No.10-472465, Ministerio del Interior), Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Nariño, compilado por Arango y Ponce INGEOMINAS 1982, la plancha geológica 249 a escala 1:100.000, el análisis de imágenes satelitales y el informe de Geología para Ingenieria de Ingetec No. CSH-4-VD-G-G-300-2.

- Control de campo

Con base en la evaluación de los sensores remotos y de la plancha 429 de Pasto, así como de los informes mencionados, se realizó el levantamiento cartográfico del corredor vial,

complementación y actualización geológica del proyecto, lo cual sirve de insumo para el desarrollo de un modelo geológico que incluya la descripción regional y local de la litología, geomorfología, geología estructural, tectónica y el estado de meteorización de las unidades roca que afloran en el corredor de la vía.

Así mismo se realizó la toma de información detallada de la litología y la geología estructural de la zona, corroborando los datos estratigráficos y tectónicos, identificando y/o corroborando la litología reportada en los estudios anteriores y la geología regional de la base bibliográfica del Servicio Geológico Colombiano.

Se identificaron y caracterizaron las zonas homogéneas según los cambios geológicos geomorfológicos y geomecánicos de los materiales a lo largo del trazado vial. Se analizaron las zonas inestables reportadas en los estudios anteriores del área de estudio donde se corroboraron y definieron los procesos de remoción en masa y erosión que pueden afectar la vía. Se realizo la identificación y mapeo de zonas de fuentes de materiales y zonas de depósito a lo largo del corredor vial.

- Geología Regional

Este corredor vial se encuentra situado en Corteza Continental, en la Placa Andina Colombo-Venezolana. El límite occidental de dicha placa se encuentra en la Falla Cauca-Patía, esta falla de carácter transcurrente, sirve de contacto con la Corteza Oceánica de lo que se conoce como Placa Chocó. Hay una falla satélite de esta subparalela a ella, la falla de Ancuya.

Dentro de la placa Andina hay una gran falla regional de carácter transcurrente, la Falla de Buesaco, con rumbo NE-SW, la cual limita dos clases de basamento precámbrico, al NW se presentan esquistos aledaños a la falla y una amplia extensión de ofiolitas antiguas más hacia el NW. Al SE de la mencionada falla se encuentran migmatitas expuestas en la cuenca del río Téllez y en vecindades de la laguna de la Cocha.

Sobre las unidades mencionadas se hallan grandes edificios volcánicos con espesos depósitos efusivos. La composición petrográfica predominante es andesítica, en menor proporción basáltica.

El marco geológico evolutivo comprende un arco de islas al Occidente, cuya zona de subducción se halla al Oeste de la línea de costa, dicho arco comprende un arco externo representado en la serranía del Gallinazo en el bajo Patía y su continuación en Gorgona, una cuenca intermedia que constituye la llanura del Pacífico cortada por los ríos Mira, Patía y e Iscuandé, un arco magmático o interno representado en los focos volcánicos e intrusiones que se presentan al Occidente de la Falla Cauca-Patía. La subducción correspondiente a l arco de islas continuó al SE de la falla Cauca- Patía, produciendo magmatismo intenso en la corteza sialica lo cual originó el vulcanismo cenozoico que cubrió lo que hoy es la gran meseta de Nariño.

A nivel regional afloran rocas con edades que van desde el Precámbrico como el complejo migmatítico de la Cocha-río Téllez (PRmgct), hasta el terciario superior, que es la unidad predominante en el trazado vial y que corresponden con la unidad de Lavas y piroclastos (NQlp). En general esta última unidad corresponde a intercalaciones de flujos de lava y depósitos piroclásticos de caída y de flujo de lavas de composición andesíticas y dacítica, ocasionalmente riolítica. En la superficie del terreno predominan los depósitos de caída piroclástica y depósitos de flujo piroclástico. Estas rocas se originaron por la acción volcánica predominante en la zona de la cual ha quedado evidencia en la actualidad (volcán Galeras que esta activo y los volcanes activos en estado de reposo Cumbal, Chiles – Cerro Negro, Azufral, Doña Juana y Ánimas). La principal característica de la erupción de estos volcanes son las oleadas piroclasticas, que son flujos turbulentos con baja concentración de partículas y predominio de la fase gaseosa (Figura 5.1.1). Los depósitos volcánicos también son controlados por la topografía y la gravedad, aunque en menor grado que los flujos piroclásticos y pueden presentar estratificación cruzada planar y en artesa de bajo ángulo.

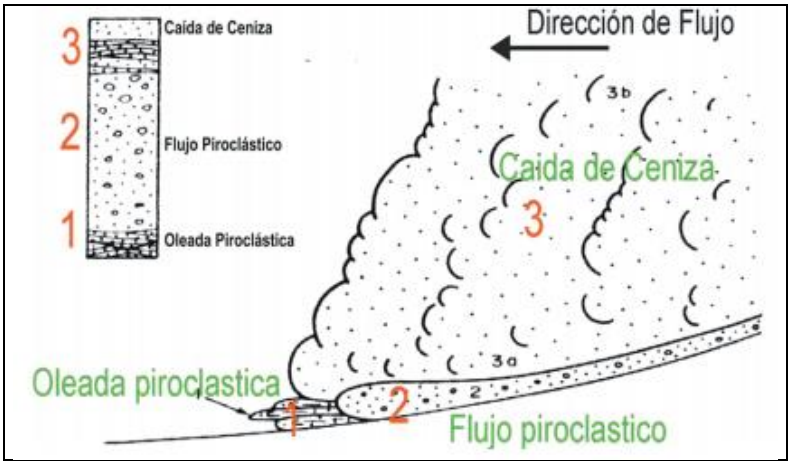


Figura 5.1.1 Esquema generalizado de la geometría y posición en el terreno de los distintos depósitos piroclásticos, producto de la actividad explosiva. Modificado de Cas & Wright (1988)
Fuente (Velandia, 2008)

A nivel tectónico regional destacan el sistema de fallas de Romeral y las fallas Guáitara, Chiguaco, Iles y Guaimatan. Adicionalmente se tienen varias estructuras satélites y lineamientos asociados a los trazos de las fallas principales. Es importante destacar que en el sector confluyen grandes sistemas de fallas que hacia el norte, definen geológicamente los límites entre estas cordilleras. Las estructuras geológicas cercanas a la zona de estudio evidencian la actividad tectónica que ha dado la expresión actual del sistema montañoso de Los Andes del Norte, especialmente la porción que corresponde a la diferenciación entre Los Andes Ecuatorianos y Los Andes de Colombia (Nuñez, 2003)

Adicionalmente, el área de estudio ha sido afectada por eventos compresivos principalmente asociados a la formación de las cordilleras y posterior formación de los volcanes, en la Figura 5.1.2 se observa un esquema tectonoestratigráfico del extremo sur de las cordilleras central y oriental de Colombia.

Geomorfológicamente, el área muestra paisajes con relieves que van desde moderados de lomas y colinas originados mediante la acción denudacional sobre depósitos de cenizas que cubren el releve a manera de cintas, de edad Neógeno Cuaternario generando morfologías redondeadas a subredondeadas hasta relieves abruptos originados por un modelado denudacional – estructural sobre las rocas más resistentes como lavas y tobas consolidadas, que están fuertemente afectadas por tectonismo. Adicionalmente se tienen modelados denudacionales morfodinámicos, asociados generalmente a procesos de remoción en masa relacionados con la socavación de cauces.

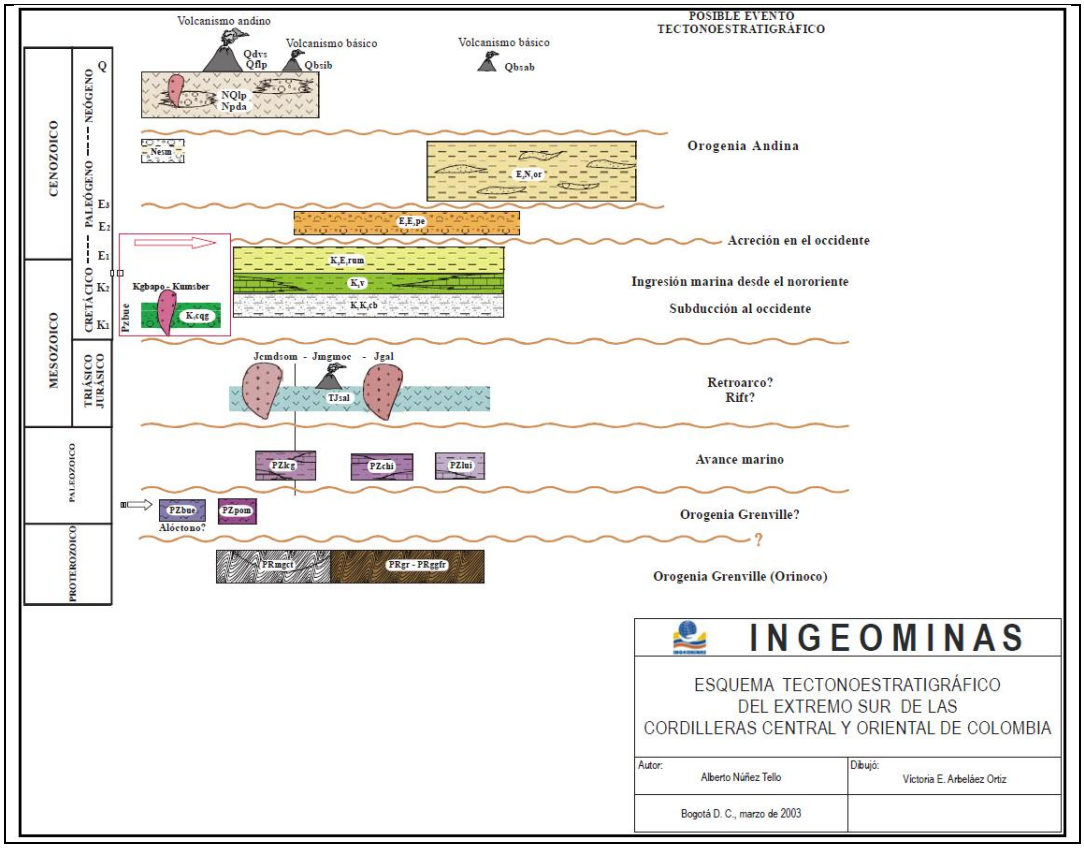


Figura 5.1.2 Esquema tectonoestratigráfico del extremo sur de las cordilleras central y oriental de Colombia.
Fuente (Servicio Geológico Colombiano, 2003).

El estilo estructural de la región es complejo. Predominan fallas de alto ángulo de dirección N-NE con una deformación notoria sobre la Cordillera Oriental producida por

imbricación de cuñas o escamas de fragmentos corticales involucrados en un prisma durante un proceso continuo de acreción y subducción de un *plateau* oceánico.

En un sentido más específico (Rodriguez, 2005) plantea que los eventos tectónicos que fracturaron las unidades litológicas y afectaron algunos de los depósitos expuestos en la zona de estudio se manifiestan en dos direcciones preferenciales de fallamiento; una longitudinal con una tendencia NNE – SSW y otra transversal con sentido NE – SW. Además en el Altiplano Nariñense según Rodríguez (2005) se presenta un tectonismo intenso que consta de numerosas fallas de orientación noreste que afectan incluso los sedimentos Plio – Pleistocenos; su límite oriental está constituido por la Falla de Silvia – Pijao y el occidental por la Falla Cauca – Patía (Arango J, 1982). Es importante tener en cuenta que debido al gran espesor de los depósitos Neógenos se han enmascarado gran cantidad de rasgos estructurales, por lo cual si se observan en superficie es debido a tectonismo reciente.

- Geología local

El corredor vial Pedregal- Pasto se halla casi en su totalidad circundando parte del estrato-volcán de El Galeras, al Sur se encuentra dentro de la cuenca fluvial del río Bobo, al Norte en la cuenca hidrográfica del río Pasto.

En este corredor se pueden definir algunos rasgos litológicos. Las unidades de la base de los depósitos volcánicos son lavas (TQl), estas se hallan expuestas en el primer tramo del corredor a lo largo del cañón del río Guáitara. Son especialmente resistentes a la erosión mecánica por lo cual se alcanzan a observar pendientes negativas en las paredes del cañón. Por encima de las lavas predominan las brechas volcánicas de grandes bloques angulares y subangulares. En algunos sectores se presenta escoria y pumita (NQlp). En las escorias se presentan taludes de pendiente variable en los cuales se forman frecuentes coluviones (Qc).

En la cañada de la quebrada La Magdalena y sectores aledaños, de mezclas de vulcanitas y rocas de origen sedimentario se reportan problemas de inestabilidad, más de la mitad de las fotografías de problemas geotécnicos de los informes de ingeniería se refieren a la "Formación Magdalena", se trata de una zona de falla de notables proporciones, a la cual se hace referencia más adelante. Esa mezcla caótica de litologías, la presencia de lagunas que parecen ser "sag ponds", las arcillas y "areniscas" son indicios de una zona de falla. (Figura 5.1.3)

Los depósitos volcánicos más superficiales y de mayor extensión, se componen en general de cenizas y arenas volcánicas y en algunos sectores de lapilli. Son materiales blandos y fácilmente meteorizables, por lo cual constituyen las mejores tierras agrícolas de la región se presentan en superficies planas u onduladas tales como las que se encuentran en las vertientes inferiores del volcán Galeras hacia el valle de Pasto, en la divisoria de aguas con la cuenca hidrográfica del río Bobo y en la parte superior de ésta.

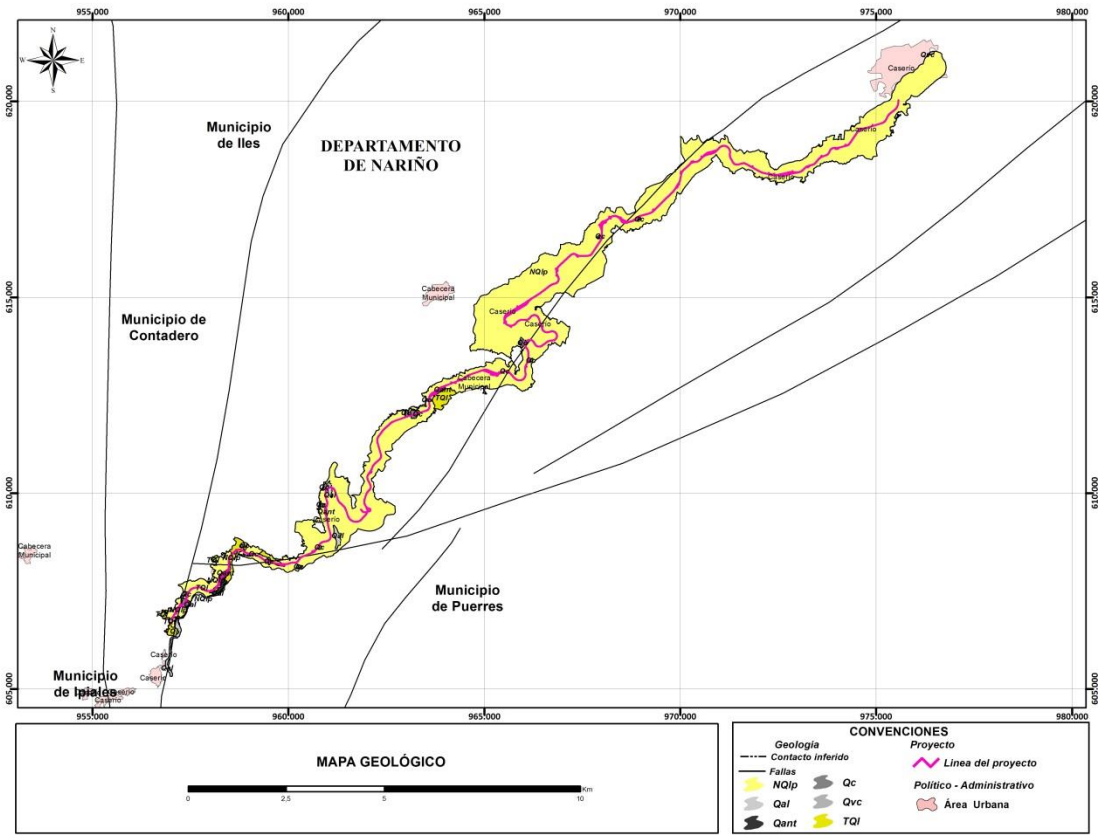


Figura 5.1.3 Mapa geológico del área de trabajo.
Fuente: Equipo M&M

Las unidades geológicas encontradas en el trazado vial se representan en la Tabla 5.1.1 y en general corresponden a una franja conformada por rocas de tipo volcanosedimentario, con moderado a alto grado de meteorización, además de depósitos cuaternarios aluviales.

Igualmente en la tabla mencionada, se presenta su relación con las Unidades de Geología para Ingeniería presentes en el informe de Ingetec; su diferencia radica en que la cartografía geológica agrupa los tipos litológicos de acuerdo con los eventos geológicos que los originaron, mientras que la cartografía de geología para ingeniería los agrupa de acuerdo con su homogeneidad en cuanto al comportamiento mecánico de los tipos litológico.

Tabla 5.1.1 Unidades geológicas presentes en área de estudio y su relación con las unidades de Geología para Ingenieria de Ingetéc.

Unidad Geológica	Descripción Geológica	Nomenclatura Ingetéc
TQI	Lavas Andesíticas con algunos	TQvlc: Lavas y cenizas

	niveles de tobas y brechas volcánicas	TQvl: Lavas
NQlp	Brechas volcánicas con bloques angulares y subangulares, en algunos sectores de presenta, tobas, ceniza, escoria y pumita	Qvc: Lluvia de cenizas
		TQvf: Flujos de ceniza y pumita
		TQvlp: Lahares y piroclastos
		TQsv: Conjunto sedimentario volcánico La Magdalena
		TQva: Avalanchas ardientes y escombros
Qant	Relleno antrópico	Qant: Relleno antrópico
Qal	Depósitos aluviales	Qal: Depósitos aluviales
Qc	Depósitos coluviales	Qc: Depósitos coluviales

Fuente (INGETEC, 2016)

A continuación se describen las unidades estratigráficas que comprenden el área de estudio:

– *Lavas Andesíticas con algunos niveles de tobas y brechas volcancas. TQI:*

Unidad dominantemente de lavas andesiticas muy fracturadas, probablemente por efecto del rápido enfriamiento, de color ocre a pardo, presentan baja porosidad primaria, están usualmente sobreyacidas por la unidad NQlp. Afloran en la parte incial del trazado generando una topografía abrupta, corresponden a coladas de lava provenientes del volcán Galeras, se presentan con eventuales niveles de piroclastos y brechas volcánicas de composición andesítica. En esta unidad se presentan deslizamientos con caída de bloques (Fotografía 5.1.9, Fotografía 5.1.9, y Fotografía 5.1.9,).

Fotografía 5.1.1: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 1+350, generan una morfología fuerte.
Fuente: Equipo M&M

Fotografía 5.1.2: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 1+700, generan una morfología fuerte.
Fuente: Equipo M&M

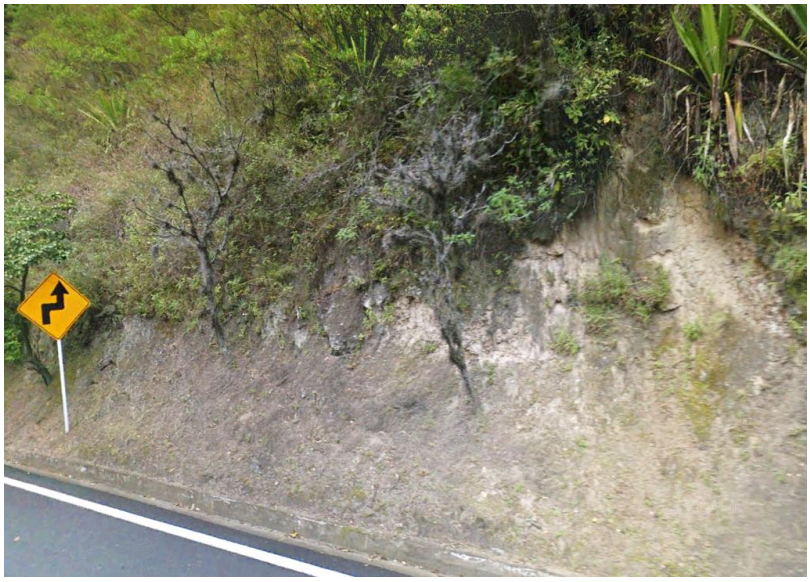
Fotografía 5.1.3: Afloramiento de Lavas Andesíticas en el k 4+000, generan una morfología fuerte.
Fuente: Equipo M&M

– *Piroclastos (NQlp)*

Es la unidad de mayor extensión geográfica en el área de interés, corresponde a depósitos volcánicos originados por el volcán activo de El Galeras. Estos depósitos presentan dominantemente brechas con fragmentos de roca angulares de diversos tamaños, de composición heterogénea que incluyen lavas andesíticas, escoria volcánica, fragmentos de pumita, niveles de cenizas y arenas volcánicas con esporádicos niveles de lavas andesíticas; debido a su origen estos depósitos son muy irregulares ya que están condicionados a la energía de los pulsos volcánicos como a las direcciones de los vientos que actuaron en el momento de su depositación, cambian rápidamente de facies de brecha a ceniza, tanto lateralmente como verticalmente. Sobre la facies de brecha volcánica usualmente se presenta depósitos de cenizas que al meteorizar generan andosoles de alta fertilidad, produciendo las típicas geoformas de altiplanicies suavemente onduladas muy estables.

Los taludes generados en estos depósitos volcánicos presentan la particularidad de ser estables en cortes verticales, en cortes con pendientes menores son supremamente inestables, ya que la acción de las aguas de escorrentía generan rápida meteorización e intensos socavamientos produciendo surcos profundos que tienden a ser verticales; esta condición genera frecuentes flujos de derrubios y caída de rocas que pueden tener dimensiones métricas, haciendo muy complejo y costoso el manejo de la estabilidad de las obras (Fotografía 5.1.9 y Fotografía 5.1.9).

Fotografía 5.1.4: Depositos piroclásticos, brecha volcánica en matriz tobácea en el k 3+510
Fuente: Equipo M&M



Fotografía 5.1.5: Ceniza volcánica en el k 6+610
Fuente: Equipo M&M

– *Depósitos aluviales (Qal)*

En el área de estudio se limitan a los depósitos aluviales del río Bobo, provenientes de la erosión principalmente de las vulcanitas recientes. El cauce del río presenta barras donde se acumulan estos depósitos (Fotografía 5.1.9).

Fotografía 5.1.6: Depósitos aluviales del cauce del río Bobo
Fuente: Equipo M&M

– *Depósitos coluviales (Qc)*

Los depósitos coluviales forman generalmente conos de deyección clasto soportado y matriz soportados y se componen de fragmentos angulosos y subangulosos heterométricos y heterogéneos provenientes principalmente de deslizamientos generados por la construcción de la vía (Anexo 5.1.1) (Fotografía 5.1.9 y Fotografía 5.1.9).

Fotografía 5.1.7: Depósito coluvial en el K 0+600, clastos de lavas andesíticas, escoria volcánica.
Fuente: Equipo M&M

Fotografía 5.1.8: Deposito coluvial generado por deslizamiento en la zona del peaje.
Fuente: Equipo M&M

– *Depositos Antrópicos (Qant)*

Corresponden a las áreas de relleno y "botaderos" de material de corte de la construcción de la carretera. Usualmente sobre ellos se encuentran construcciones comerciales y de vivienda al margen de la via, presentan una morfología plana.

Inventario de fenómenos de remoción en masa

Dentro del trazo de la vía se encontraron veintitrés (23) fenómenos de remoción en masa que se presentan en la Tabla 5.1.2 (Anexo 5.1.2 Fenómenos de remoción en masa)

Tabla 5.1-2**: Inventario de Fenómenos de remoción en masa**

CODIGO	ESTACADO	OBSERVACIONES	GEOLOGÍA
1	K0+130 a k0+155	Depósito coluvial generado por deslizamiento que afecta la banca de la vía actual	Unidad Qc, bloques y cantos angulares de andesitas en matriz arcillosa.
2	K0+540 a K0+740	Acumulación de derrubios en el pie del deslizamiento.	Depósito coluvial producto del deslizamiento que afectó la unidad NQlp compuesta por Lavas, brechas y Piroclastos
3	K0+820 a K0+960	Acumulación de escombros y marcas de flujos de escombros por deslizamientos en la vía.	Depósitos Coluviales Qc, afectan al unidad geológica NQlp
4	K2+780 a K2+920	Flujos de derrubio con desprendimientos de rocas, en el cañón de la quebrada Magdalena.	Depósito coluvial producto del deslizamiento que afectó la unidad NQlp compuesta por lavas, brechas y piroclastos
5	K2+950 a K2+990	Flujos de derrubio con desprendimientos de rocas en el cañón de la quebrada Magdalena	Deposito coluvial Qc producto de deslizamiento en zona de la falla de la Q. Magdalena
6	K3+000 a K3+100	Deslizamiento en cenizas y tobas, flujos de derrubio con desprendimientos de rocas. Zona de falla de la Q. Magdalena.	Depósito coluvial producto del deslizamiento que afectó la unidad NQlp compuesta por lavas, brechas y piroclastos.
7	K3+220 a K3+360	Zona de inestabilidad geotécnica en ceniza y brecha volcánica, flujos de derrubio con desprendimientos de rocas, surcos profundos por acción de drenajes.	Depósitos coluviales afectan Unidad NQlp compuesta por cenizas y brechas.
8	K3+490 a K3+540	Colución matriz soportado con fragmentos angulares de rocas volcánicas intrusivas.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, principalmente brechas volcánicas.
9	K3+770 a K3+850	Deslizamiento en cenizas y brecha volcánica, flujos de derrubio con desprendimientos de rocas.	Deposito coluvial producto del flujo de derrubios en Unidad NQlp compuesta por cenizas y brechas.
10	K4+470 a K4+520	Zona de inestabilidad geotécnica en la parte baja de la banca, agravada por socavamiento por acción fluvial.	Deposito coluvial Qc afecta a Unidad NQlp compuesta por brechas y piroclastos.
11	K5+100	Corona de deslizamiento en parte baja del trazado de la vía. Se presenta flujos de derrubio con desprendimientos de rocas.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.

CODIGO	ESTACADO	OBSERVACIONES	GEOLOGÍA
12	K5+190 A K5+250	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño. Se presenta flujos de derrubio con desprendimientos de rocas afectando la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
13	K6+400 a K6+440	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño. Afecta la parte alta del trazado de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
14	K6+800 a K6+950	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño. Afecta el trazado de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
15	K8+300	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño. Afecta la parte baja del trazado de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
16	K11+580 a K11+680	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño, afecta zona de peaje.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
17	K11+760 a K11+960	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño, afecta zona de peaje	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
18	K12+410 a K12+470	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño, afecta la banca de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
19	K14+670 a K14+700	Deslizamiento en brechas con bloques de diverso tamaño, afecta la banca de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
20	K15+730 a K15+770	Zona de inestabilidad generada por deslizamiento, la corona está cerca de la banca de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, brechas volcánicas.
21	K16+160 a K16+290	Cicatriz de deslizamiento, afecta la banca de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, material volcánico.
22	K22+660 a K22+720	Zona de inestabilidad generada por saturación de agua afectando cenizas volcánicas.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, material volcánico.
23	K24+060 a K24+150	Deslizamiento afectando banca de la vía.	Deposito coluvial Qc afecta unidad NQlp, material volcánico.

Fuente: Equipo M&M

Unidades de Geología para Ingeniería

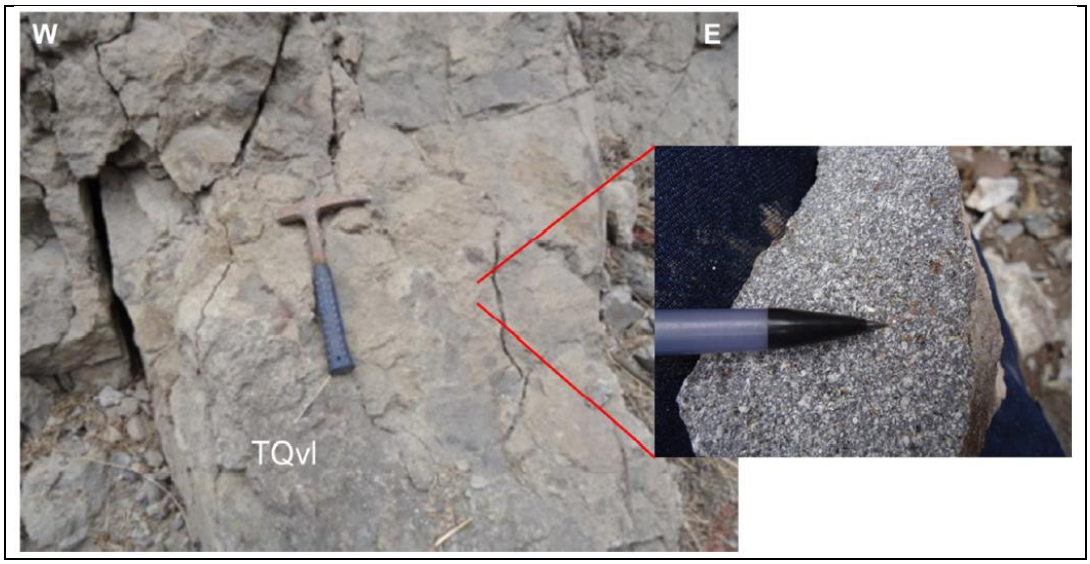
– *Conjunto sedimentario – Volcánico de la Magdalena (TQsv)*

Se localiza entre el municipio de Tángua y el río Guáitara, fue mencionado por Royo y Gómez (1942) como “rocas tobácea-volcánicas-lacustres” que se prolongan hacia el sur por el Valle del Guáitara”. La parte sedimentaria del conjunto está representada por arcillas fosilíferas, limolitas, areniscas y delgados niveles de diatomitas; lavas andesíticas escoriáceas son el constituyente volcánico esencial. Se observan cambios faciales tanto

en la vertical como en la horizontal, su edad es Plio-Pleistoceno y se formó en un ambiente volcanosedimentario continental, con la presencia de pequeños lagos y/o represamiento de valles aluviales como consecuencia de colapsamientos caldericos y /o emisiones lávicas y piroclásticas

– *Lavas (TQvl)*

Afloran especialmente en el área del Complejo Volcánico del Galeras; se trata principalmente de flujos masivos de forma tabular y algunos escoriáceos, lavas aa' y lavas en bloques; generalmente se hallan intercalados con otros materiales volcánicos; son rocas porfiriticas (Fotografía 5.1.9), con fenocristales que rara vez sobrepasan los 2mm en su mayor diámetro y que presentan evidentes texturas de flujo. Son principalmente andesitas de dos piroxenos y plagioclasa cálcica y dacitas con anfíbol y plagioclasa sódica; además pueden presentar cuarzo microcristalino, olivino y biotita como accesorio o xenocristales; el vidrio se presenta en la matriz y/o rellenando vesículas en proporciones variables, correspondiendo a cuarzo – latiandesitas, cuarzo – andesitas y dacitas. (Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2003).



Fotografía 5.1.9 Andesitas porfiríticas de la unidad TQvl, localizadas en K1+820
Fuente (Géminis Consultores S.A.S, 2015)

– *Avalanchas ardientes y de escombros (TQva)*

Se presentan principalmente en los valles de los ríos Guáitara y Azufral, y en el Cerro Caballo Rucio; son rocas compuestas principalmente por fragmentos de material formado en el momento de la explosión o de fragmentos de un domo o lava que se colapsa; el color rojizo se debe a los óxidos de hierro sineruptios. Los depósitos son caóticos, dado el carácter turbulento y violento del flujo, y pueden o no estar soldados,

dependiendo del espesor.

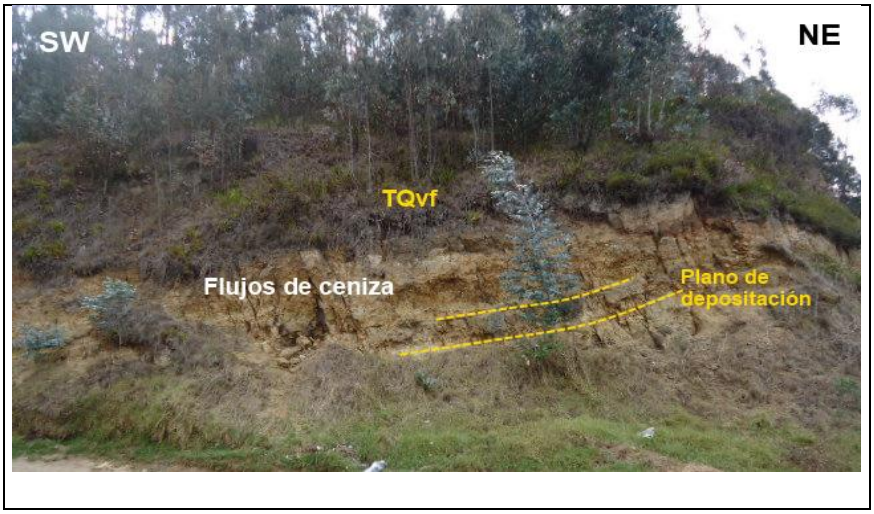
– *Flujos de ceniza, pumita y escoria (TQvf)*

Estos depósitos volcánicos se observan en los últimos siete kilómetros del trazado, en la zona donde se presenta morfología ondulada a plana. Son depósitos sin soldar y caóticos compuestos primordialmente por fragmentos de pumita y/o escoria en matriz de ceniza o simplemente por clastos de tamaño ceniza.

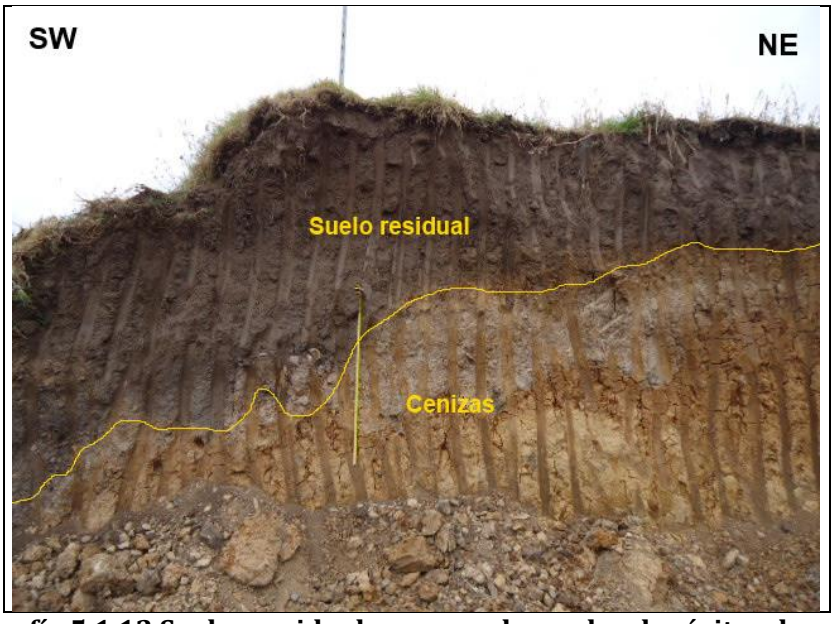
En el trazado vial se observan los flujos de compuestos por fragmentos de dacitas y andesitas de tamaños hasta 2m de diámetro en una matriz compuesta de líticos y pómez de tamaños que varían de arena fina a limo (Fotografía 5.1.10), alternados con depósitos de cenizas de color predominante habano (Fotografía 5.1.11. Se pueden observar suelos orgánicos residuo de la meteorización de estos materiales que alcanzan espesores de hasta 1m (Fotografía 5.1.12).

Es común observar bandeamientos de escoria y de pumita en los piroclastos del Volcán Galeras, indicando mezcla de magmas.

Fotografía 5.1.10 Flujos de pumita matriz soportados de la unidad TQvf, observados en el K30+300
Fuente (INGETEC, 2016)



Fotografía 5.1.11 Deposito de cenizas de la unidad TQvf localizado en el K34+300
Fuente (INGETEC, 2016)



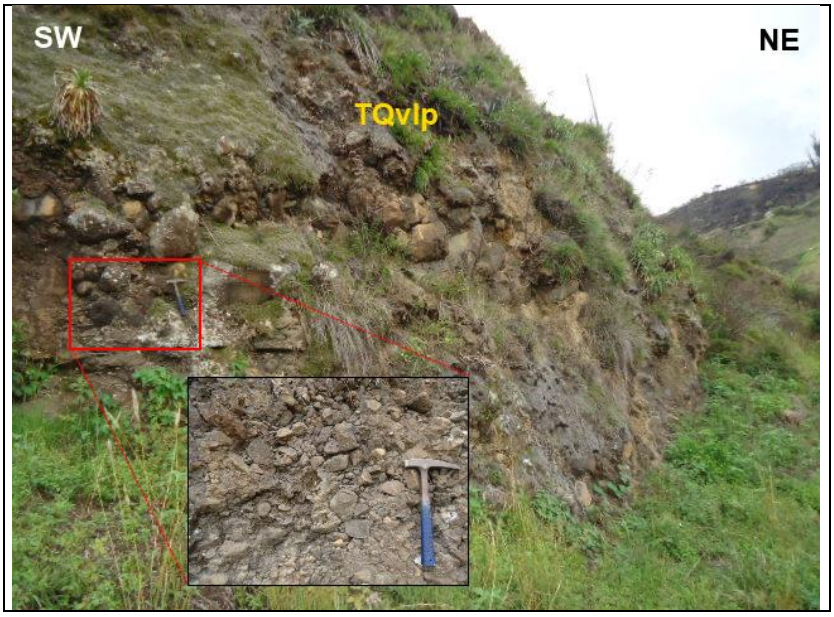
Fotografía 5.1.12 Suelos residuales generados en los depósitos de cenizas localizados en el K15+970
Fuente (INGETEC, 2016)

– *Lavas y cenizas (TQvlc)*

Estas rocas corresponden a lavas y flujos y/o caídas de cenizas; generalmente existe un predominio de lavas que se hallan cubiertas por cenizas o tiene intercalaciones de ellas.

– *Lahares y piroclasticos (TQvlp)*

Estos flujos derivados del Volcán Galeras y Morasurco, están conformados por varios depósitos de lahares intercalados por flujos piroclásticos. Los flujos laháricos contienen fragmentos de roca andesítica de formas angulosas, con tamaños hasta 40cm de diámetro; en matriz que varía en porcentaje presentándose matriz soportado con una matriz generalmente areno limosa a clasto soportado. Los flujos piroclásticos se componen de bombas subredondeadas de hasta 8cm de diámetro en matriz de ceniza y lapilli (Fotografía 5.1.13). Estos depósitos pueden llegar a tener hasta 100m de espesor.



Fotografía 5.1.13 Depósitos de la unidad TQvlp localizados en K5+880
Fuente (INGETEC, 2016)

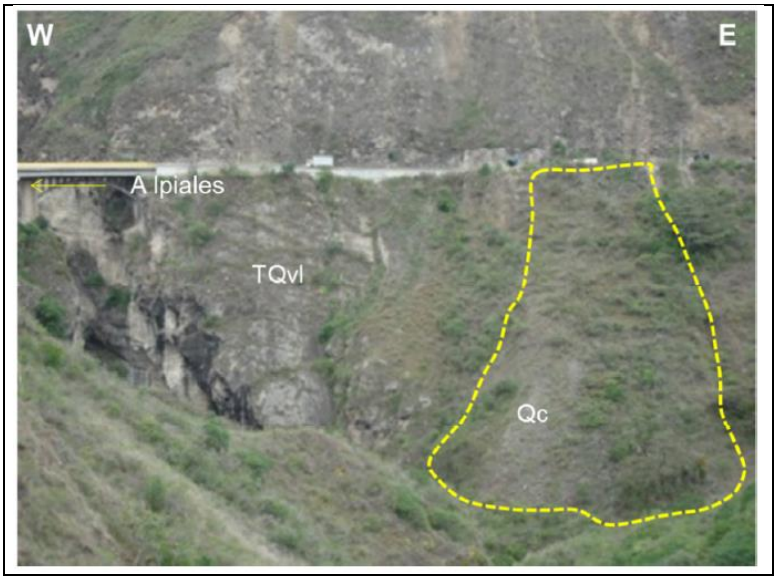
– *Depósitos cuaternarios*

o Lluvias de ceniza (Qvc)

Representan la actividad explosiva de los diferentes focos volcánicos, están suavizando una morfología preexistente y modelan, en gran parte, la actual. Son importantes los depósitos al Este de Pasto los del sector de Bomboná y Yacuanquer y los de Imués y Funes. Presentan una morfología de lomas pequeñas y redondeadas, con estructuras típicas de depósitos sedimentarios con gradación. Los depósitos se componen fundamentalmente de vidrio, biotita, plagioclasa, hornblenda, cuarzo, feldespato potásico y fragmentos de pumita. Predomina la composición dacítica y andesítica. (Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2003)

- Depósitos coluviales (Qc) y aluviales (Qal)

Estos depósitos se localizan principalmente en la ciudad de Pasto, en el río El Barranco y en el área de San Ignacio. Los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas, limos y arcillas asociadas a los canales fluviales y a los valles de inundación. Los depósitos coluviales forman generalmente conos de deyección y se componen de material no homogéneo en tamaños y, a veces ni en origen (Fotografía 5.1.14). Estos depósitos son cuaternarios y muchos de ellos están en proceso de formación.



Fotografía 5.1.14 Deposito coluvial (Qc) entre las abscisas K3+060 y K3+070
Fuente (INGETEC, 2016)

- Relleno antrópico (Qant)

Se trata de materiales de origen antrópico localizados en los márgenes de la vía actual, productos de rellenos con de material proveniente de cortes de taludes y en ocasiones con material de desecho y escombros y conformaciones del terreno para el alineamiento vial en zonas deprimidas del terreno.

– *Zonas homogéneas para el tramo Pedregal-Catambuco*

A lo largo del tramo del tramo Pedregal-Catambuco, se identificaron 4 Zonas Homogéneas teniendo en cuenta las características litológicas y geomorfológicas, con la finalidad de conocer el comportamiento mecánico de la roca en cada una de ellas y la estabilidad en las obras a realizar en este tramo vial.

Para cada Zona Homogénea se definen las abscisas donde se localiza y se hace el análisis

local de los aspectos geológicos y a nivel regional se presenta la geomorfología, con sus unidades y a nivel local los procesos de remoción en masa que se localizan a lo largo del trazado.

La delimitación y denominación de las Zonas Homogéneas se realizó teniendo en cuenta parámetros a partir de elementos texturales de las rocas y la interpretación del contexto geológico en campo.

- Zona homogénea I

Esta zona homogénea se localiza a lo largo del tramo Pedregal-Catambuco en el tramo que corresponde del K15+722,36 hasta el K18+875,90. Atraviesa una unidad geológica de origen volcánico que corresponde a la unidad de lahares y piroclástos (TQvlp).

También se presenta un pequeño lente de una unidad volcano-sedimentaria correspondiente al Conjunto Sedimentario Volcánico de La Magdalena (TQsv) la cual está conformada por limolitas, areniscas y delgados niveles de diatomitas; localizadas entre las abscisas K15+300 al K16+000.

En esta Zona Homogénea se han realizado investigaciones de subsuelo por medio de las perforaciones PEPA-PT-MUR-9, PEPA-PT-TAL-16, PEPA-PT-TAL-17, PEPA-PT-TAL-18, PEPAPT- TAL-19, al igual que las líneas de refracción sísmica PEPA-LSTAL-16, PEPA-LSTAL-17, PEPA-PT-LSTAL- 18, PEPA-PT-LSTAL-19; las cuales fueron realizadas en la unidad de Lahares y piro-clastos (TQvlp).

En estas investigaciones se encontraron suelos residuales que pueden alcanzar hasta 6 metros de espesor, seguidos de depósitos piro-clásticos conformados por fragmentos de rocas volcánicas de tipo andesitas y/o riolitas en una matriz compuesta de ceniza y lapilli de consistencia blanda y húmeda.

- Zona homogénea II

La Zona homogénea II abarca aproximadamente 6,857 kilómetros de longitud entre el K18+875,90 al K24+018, abarca rocas volcánicas que corresponden a Lahares y piroclastos (TQvlp) y Lluvia de ceniza (Qvc).

También se presenta un pequeño lente que corresponde a Lavas y cenizas (TQvlc) localizadas entre las abscisas K22+250 al K22+540. En esta Zona Homogénea se han realizado investigaciones de subsuelo por medio de las perforaciones PEPA-PT-TAL-20, PEPA-PT-TAL-21, PEPA-PT-TAL-22, PEPA-PT-TAL-23 y PEPAPT- TAL-24, al igual que las líneas sísmicas PEPA-LSTAL-20, PEPA-LSTAL-21, PEPA-PT-LSTAL- 22, PEPA-LSTAL-23 y PEPA-LSTAL-24; las cuales fueron realizadas en la unidad de Lahares y piro-clastos (TQvlp) y Lluvias de cenizas (Qvc).

En estas investigaciones se encontraron suelos residuales orgánicos en la unidad de cenizas de 1 a 3m de espesor, seguido por cenizas que llegan a espesores de hasta 6.70m los cuales cubren los depósitos piro-clásticos conformados por fragmentos de rocas volcánicas de tipo andesitas y/o riolitas en una matriz compuesta de ceniza y lapilli de consistencia blanda y húmeda. En la unidad de Lavas y cenizas (TQvlc) se encontraron suelos residuales de hasta 1,5m de espesor que cubren la roca volcánica de esta unidad.

- Zona homogénea III

La Zona homogénea III abarca aproximadamente 6,012 kilómetros de longitud entre el K24+018 al K30+030, a lo largo del trazado se observan rocas volcánicas que corresponden a Lavas y cenizas (TQvlc) y Lluvia de ceniza (Qvc), la zona presenta una morfología plana a semi-plana en los sectores donde afloran las Lluvias de cenizas con un promedio de pendiente ligeramente inclinada con sectores ligeramente escarpados y colinas bajas en la unidad de Lavas y cenizas, con una morfología de colinas bajas redondeadas con valles en U cuyas pendientes promedio corresponden a ligeramente escarpada con algunos sectores fuertemente escarpados.

En esta Zona Homogénea se han realizado investigaciones de subsuelo por medio de las perforaciones PEPA-PT-TAL-25, PEPA-PT-TAL-26, PEPA-PT-TAL-27 y PEPA-PT-TAL-28, al igual que las líneas sísmicas PEPA-LSTAL-25, PEPA-LSTAL-26, PEPA-PT-LSTAL-27 y PEPA-PTLSTAL- 28; las cuales fueron realizadas en las unidades de Lavas y cenizas (TQvlc) y Lluvias de cenizas (Qvc). Donde se encontraron suelos residuales que pueden alcanzar hasta 3 metros de espesor, seguidos de depósitos de cenizas y lavas.

- Zona homogénea IV

La Zona homogénea IV comprende aproximadamente 7,948 kilómetros de vía entre el K30+030 al K37+947,96, de los cuales 2,649 corresponden a doble calzada y 5,269 a zona de rehabilitación. Esta zona homogénea atraviesa rocas volcánicas que corresponden a Flujos de ceniza y pumita (TQvf) y Lluvia de ceniza (Qvc). También se presenta un pequeño sector que corresponde a Lavas y cenizas (TQvlc) localizadas entre las abscisas K34+326,24 al K34+360 con referencia el costado izquierdo de la vía, el cual cortará estas rocas.

En esta Zona Homogénea se han realizado investigaciones de subsuelo por medio de las perforaciones PEPA-PT-TAL-29 y PEPA-PT-TAL-30, al igual que las líneas sísmicas PEPA-LSTAL- 29, PEPA-LSTAL-30 y PEPA-PT-LSTAL-31; las cuales fueron realizadas en la unidad de Flujos de ceniza y pumita (TQvf) y Lluvias de cenizas (Qvc). En estas investigaciones se encontraron suelos residuales orgánicos en la unidad de cenizas de 1 a 3m de espesor, y rellenos de hasta 3,5m, seguido por flujos de cenizas que llegan a espesores de hasta 10 y 15m los cuales cubren los depósitos flujos de pumitas conformados por fragmentos de rocas volcánicas de tipo tobas de lapilli en una matriz compuesta de ceniza de consistencia blanda y húmeda. En la unidad de Lavas y cenizas

(Qvc) se encontraron suelos residuales de hasta 2m de espesor.

- Geología estructural

El tramo Pedregal – Tangua de la UF 4 se localiza entre los municipios que llevan su mismo nombre. Este corredor se encuentra enmarcado en una tectónica compleja debido a la convergencia de las tres cordilleras Colombianas, junto con el estrechamiento y levantamiento de las depresiones interandinas del Valle del Magdalena y del Cauca – Patía.

En este sector confluyen grandes sistemas de fallas que hacia el norte, definen geológicamente los límites entre estas cordilleras. Las estructuras geológicas cercanas a la zona de estudio evidencian la actividad tectónica que ha dado la expresión actual del sistema montañoso de Los Andes del Norte, especialmente la porción que corresponde a la diferenciación entre Los Andes Ecuatorianos y Los Andes de Colombia (Núñez, 2003).

El estilo estructural de la región es complejo. Predominan fallas de alto ángulo de dirección N-NE con una deformación notoria sobre la Cordillera Occidental producida por imbricación de cuñas o escamas de fragmentos corticales involucrados en un prisma durante un proceso continuo de acreción y subducción de un *plateau* oceánico (González et al., 2002).

En un sentido más específico Rodríguez (2005) plantea que los eventos tectónicos que fracturaron las unidades litológicas y afectaron algunos de los depósitos expuestos en la zona de estudio se manifiestan en dos direcciones preferenciales de fallamiento; una longitudinal con una tendencia NNE – SSW y otra transversal con sentido NE – SW. Además en el Altiplano Nariñense según Rodríguez (2005) se presenta un tectonismo intenso que consta de numerosas fallas de orientación noreste que afectan incluso los sedimentos Plio – Pleistocenos; su límite oriental está constituido por la Falla de Silvia – Pijao y el occidental por la Falla Cauca – Patía (Arango & Ponce, 1982).

Falla Patía – Guáitara

La falla Guáitara, se ubica al sur de la ciudad de Pasto al suroeste de Colombia, presenta una cubierta volcánica de edad Neógeno. Esta falla se interpreta como la continuación del sistema de fallas de Romeral. Se cree que probablemente se extiende más al sur en la República del Ecuador.

Se ha interpretado por medio de fotografías aéreas, estudios de campo geomorfológico, y mapeo geológico regional. La geometría de la falla es dextral (lateral derecho), de acuerdo con el comportamiento común de otras fallas cercanas cuaternarias; compatible con el campo actual esfuerzo de compresión WSW-ENE.

Su expresión geomorfológica es bien desarrollada con profundos valles en forma de V, características topográficas lineales, drenaje controlado, desvió de arroyos y colinas alargadas (París et al., 2000; París, G., 1993 y, París, G., y Romero, J., 1994).

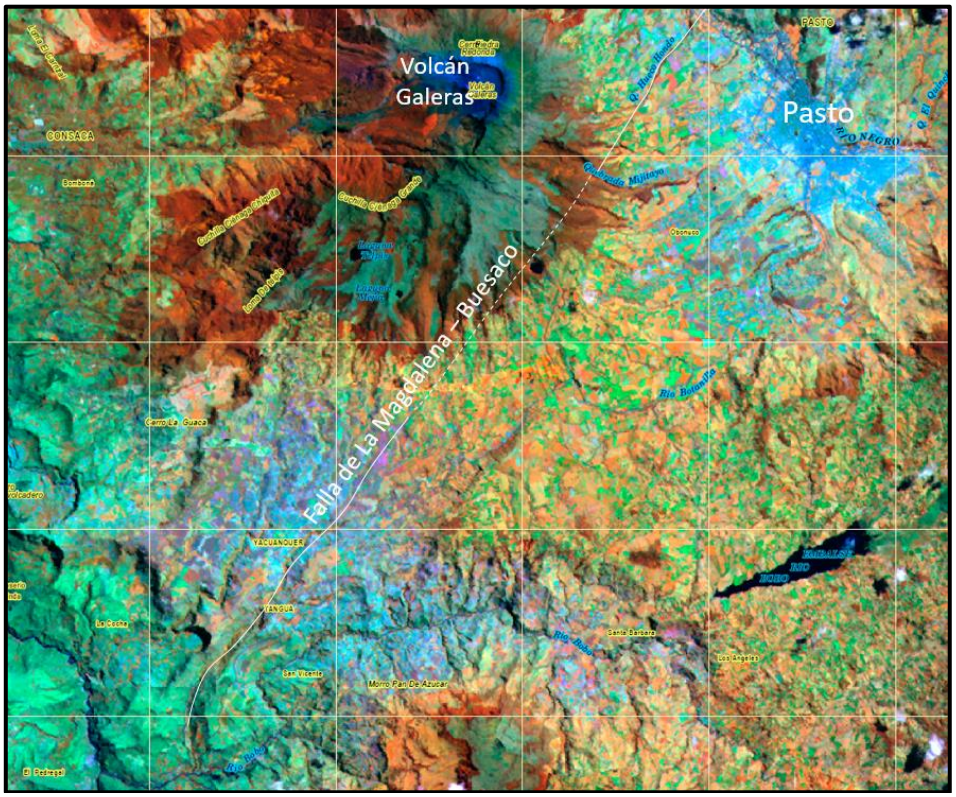


Figura 5.1.4 Imagen satelital del área de interés; se observa el trazado de la falla de la Q. La Magdalena, en dirección a la zona de falla de la falla de Buesaco.
Fuente: Equipo M&M

Falla San Ignacio

Esta falla se localiza al E del trazado vial de la Unidad Funcional 4, aproximadamente a 5km. Tiene una dirección NE atravesando los cráteres de los antiguos volcanes El Gallo, Ocoyuyo y San Fernando.

Sistema de fallas de Romeral

Según Paris et al., 2000, el Sistema de fallas de Romeral es uno de los sistemas de fallas más activos y continuos en Colombia. En la literatura, varios nombres se han aplicado a este sistema de fallas a medida que atraviesa la longitud del país. El nombre más antiguo es el megacizalla Guayaquil-Dolores, que implica toda una serie de fracturas paralelas en el oeste de Colombia. El número de fallas que comprenden la amplitud del sistema oscila entre tres y cinco kilómetros, dependiendo de la ubicación en el país. Entre las latitudes de 1° y 5°N que corresponden a la zona de estudio, las fallas son conocidos de norte a sur

como Silvia- Pijao, Quebradagrande, Potrerillos, Guabas-Pradera, Cauca-Almaguer, Rosas-Julumito, Popayán, Paispamba, El Rosal, y Buesaco (Figura 5.1.4).

Su trazo principal pasa por el volcán Galeras, tiene una dirección N45°E y, hacia el sur tiende a N10°E, donde continua su trazo por el río Guáitara. La Falla Buesaco se asocia a este sistema; es común encontrar complejos caldériticos en el trazo de estas fallas.

Sistema de fallas del río Magdalena

A nivel regional se observa su trazo que parte del Sistema de fallas del Romeral con dirección EW y N30°E. Este inicio de trazo se encuentra aproximadamente a 1Km del corredor vial en el sector del K2+300. Corta el trazado de la UF 4 en los primeros 5 kilómetros en tres sectores diferentes.

Este sistema podría asociarse al segmento sur del Sistema de Fallas Chusma, pero no está bien definido cartográficamente, así mismo la memoria geológica de la plancha 429 menciona que este sistema limita la Cordillera Central con el Valle del Magdalena.

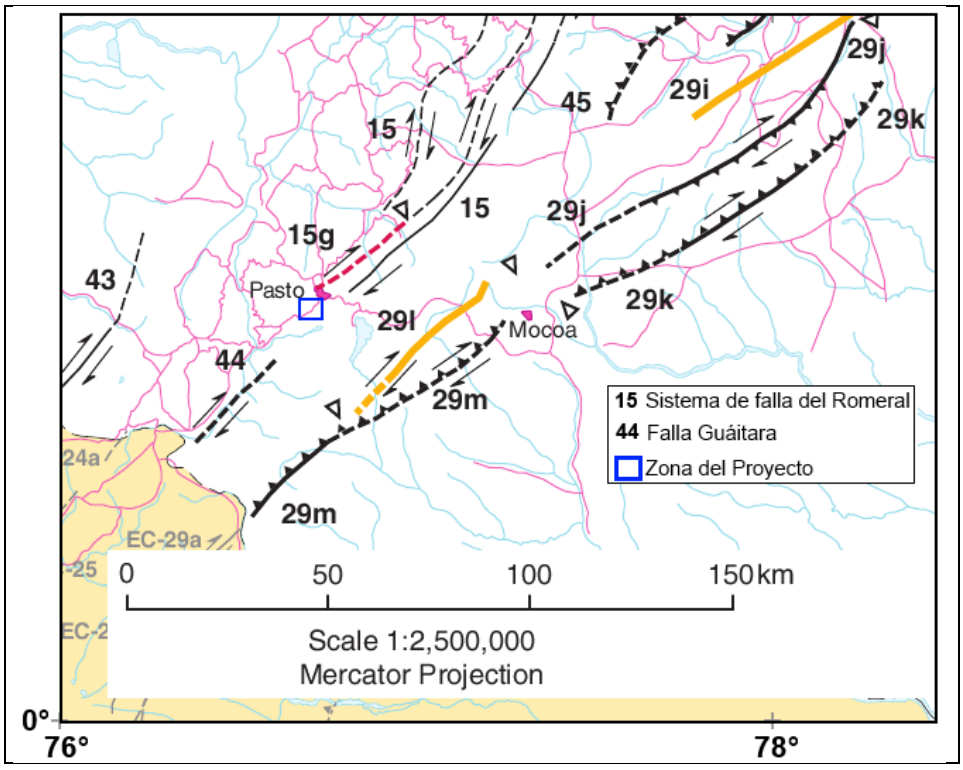


Figura 5.1.5: Principales fallas geologicas
Fuente: (INGETEC, 2016)

Falla Afiladores

Se localiza el Este del trazado aproximadamente a 18km. Fue definida como una falla del cabalgamiento (Ponce, 1979) más al sur; y ejerce control tectónico sobre la Laguna de La Cocha.

- Perfiles ilustrativos

Con la cartografía geológica a partir de los levantamientos de campo, se elaboraron los mapas definitivos y la descripción litológica y geomorfológica de los terrenos que cruza el proyecto vial.

El análisis de la información, permitió obtener el modelo geológico geotécnico del corredor vial existente, tanto en planta como en perfil, identificando los diferentes materiales involucrados en el mismo y su interacción con la estructura vial proyectada. Ver Anexo 5.1.8.

5.1.2. Geomorfología

Geomorfológicamente, el área muestra paisajes con relieves que van desde moderados de lomas y colinas originados mediante la acción denudacional sobre depósitos de cenizas que cubren el releve a manera de cintas, de edad Neógeno Cuaternario generando morfologías redondeadas a subredondeadas hasta relieves abruptos originados por un modelado denudacional – estructural sobre las rocas más resistentes como lavas y tobas consolidadas, que están fuertemente afectadas por tectonismo. Adicionalmente se tienen modelados denudacionales morfodinámicos, asociados generalmente a procesos de remoción en masa relacionados con la socavación de cauces.

- Geomorfología Regional

El sistema montañoso colombiano forma parte de la gran cordillera de los Andes, cadena montañosa que se origina en Argentina y termina en Venezuela. En Colombia, los Andes entran por el sur en la frontera con Ecuador, a la altura del macizo de Huaca más conocido como el Nudo de Los Pastos, destacándose en este sitio las altiplanicies de Ipiales, Túquerres y Pasto, así como numerosos volcanes tales como los de Cumbal, Azufral y Galeras.

A partir del Nudo de Los Pastos, los Andes se dividen, dando origen a las cordilleras Occidental (a la izquierda) y Central (a la derecha), separadas por los ríos Guáitara y Patía. La zona de estudio se localiza en la cordillera central que es la más alta y volcánica de las cordilleras de Colombia y a su vez, la de menor longitud. Sus características morfológicas predominantes las constituyen sus grandes elevaciones, especialmente volcanes y sus numerosos páramos. Los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles – Cerro Negro, Azufral y el páramo de las Papas son varios de sus accidentes más destacados.

La última fase de evolución geológica que corresponde al Pleistoceno, época en que el

diastrofismo y vulcanismo disminuyeron en intensidad, apareciendo drásticas modificaciones climáticas marcadas por el glaciarismo y la erosión que son fenómenos a los cuales se debe la morfología actual del paisaje.

El vulcanismo se acentúa en el período terciario y principios del cuaternario mediante la actividad de volcanes cercanos como el Cumbal, Chiles y los cerros Troya, La Quinta, Cultún, Francés, Palacios y el Tigre que de alguna manera contribuyeron con inmensos depósitos de ceniza, los cuales rellenaron las depresiones y en general diseñaron una morfología semiplana características de las áreas del altiplano nariñense, donde los materiales expulsados se presentan con grandes depósitos de arcilla, los que se observan en los cortes formados por la carretera –Pasto –Ipiales y en el cañon del río Guáitara. Los derrames volcánicos formaron grandes planicies y al igual que en otros lugares sepultaron antiguas vertientes, taponaron los caudales y en general interrumpieron el proceso erosivo de los ríos. Este proceso se puede observar en los valles del Pun, Cultún y San Francisco. De lo anterior se desprende que el segundo componente en el modelaje del paisaje es la erosión producida por el drenaje de los ríos, lo cual ha generado profundos cañones interandinos como el cañón del Guáitara, arrastrando los materiales expulsados por los volcanes, materiales que todavía no se han consolidado, sin alcanzar el metamorfismo y facilitando la excavación vertical (Fuente: POT del municipio de Ipiales, 2010).

El tercer factor que ha influido en el modelaje del paisaje es la sedimentación de las concavidades formadas por los movimientos orogénicos que elevaron la cordillera de los Andes a la altura actual, en este proceso se formaron plegamientos, rupturas y fallas que dieron lugar a grandes concavidades, las cuales se convirtieron en lagos interandinos.

Algunas lagunas desaparecieron por la acumulación paulatina de materiales acarreados por el escurrimiento de las aguas lluvias, este fenómeno se aceleró en los períodos interglaciares cuando el deshielo aumentó, la erosión procedente de las cordilleras circundantes rellenó, formándose las sabanas de Túquerres e Ipiales.

Hacia los bordes altos del altiplano la morfología se caracteriza por las huellas que han dejado los glaciares especialmente por la presencia de conglomerados y flujos de barro. Es común observar conos aluviales, unos como resultado de avenidas intempestivas, otros de origen fluvioglacial, a juzgar por el material morrénico muy heterogéneo.

En general predominan materiales de origen fluvial y volcánico que rellenaron las depresiones y sobre las cuales han actuado procesos erosivos recientes. En este caso, las vertientes frías son más estables y la remoción en masa o las alteraciones del suelo no se presentan, pues siempre están cubiertas de vegetación, razón por la cual prevalece la infiltración y no el escurrimiento.

- <u>Ambientes morfogenéticos</u>

Ambiente Fluvial: Se incluye en ésta categoría a las geoformas originadas por procesos debidos y/o asociados a los distintos procesos de origen fluvial antiguos y actuales, ocasionados principalmente por procesos de erosión y socavación lateral de orillas y causados por las principales corrientes de ríos y quebradas que drenan el área y acorde con los procesos de acumulación antigua y actual de sedimentos y materiales coluviales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas torrenciales que ocasionan procesos de socavación lateral de orillas, junto con desborde e inundación, tal como se evidencia a todo lo largo del cauce de los ríos y las quebradas y que presentan su propia dinámica fluvial de las corrientes actuales tanto durante los períodos húmedos como durante las épocas secas. De esta manera y con la ayuda de la imagen de satélite y el modelo de sombras fue posible interpretar las distintas unidades geomorfológicas de acumulación en su lecho activo y la erosión en las áreas aledañas a los cauces de los ríos y quebradas y en el propio fondo de los cauces actuales, cuyos depósitos fueron transportados y acumulados cuando éstas corrientes perdieron su capacidad de arrastre de los materiales y los depositaron en su lecho activo actual.

Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los Vallecito Coluvio-aluvial de disección profunda y el Valle aluvial pronunciado. Para los anteriores geoformas, la composición de los sedimentos varia significativamente, aspectos que pueden analizarse para la reconstrucción de los ambientes de acumulación (Walker, 1984).

Valle coluvio-aluvial (Fvca)

Valles coluvio-aluviales en forma de V producto de la erosión hídrica sobre laderas y colinas del área que producen disecciones o cortes profundos, produciendo transporte de material y caída de rocas.

Valle aluvial pronunciado (Fvap)

Valle aluvial en forma de V con pendientes altas producto de procesos fluviales que ocasionan principalmente erosión sobre la litología del área aunque también incluyen cuerpos lenticos y procesos erosivos causados por escorrentía. Involucran también procesos agradacionales.

Ambiente Volcánico: El ambiente volcánico se caracteriza por geoformas construidas a partir de las erupciones magmáticas de carácter lávico y/o explosivo y sus productos. Las geoformas volcánicos se presentan en todos los tamaños desde cráteres de tamaño métrico hasta mesetas lávicas de miles de kilómetros de extensión. También, los distintos tipos de magmas inciden en el comportamiento volcánico, diferenciándose grandes tendencias explosivas de las calderas (riolítica) y lávicas de los volcanes escudo (basáltica) y los procesos mezclados de los estratovolcanes (andesítica). Los subambientes más notorios se relacionan de la interacción de los procesos volcánicos y los procesos denudacionales, dando como resultado las geoformas de Pendientes de

depósitos piroclásticos, las Colinas de mantos piroclásticos y pequeños valles en depósitos piroclásticos. También, las geoformas pueden resultar de procesos combinados tales como los flujos piroclásticos y fluvio-volcánicos o "lahares" (Walker, 1984).

Lomeríos de depósitos piroclásticos (Vldp)

Geoforma de origen volcánico y denudacional que exhibe relieves ondulados a planos, con pendientes bajas. Su génesis es producto de la deposición y posterior erosión de un manto piroclástico que cubrió el relieve en tiempo pasado. Presenta patrones de drenaje dendrítico y puede estar predispuesta a ser afectada por procesos erosivos debido a su composición geológica.

Colinas de mantos piroclásticos denudadas (*Vcmp)*

Geoforma de origen volcánico y denudacional que exhiben relieves ondulados, con pendientes medias. Su génesis es producto de la deposición y posterior erosión de un manto piroclástico que cubrió el relieve en tiempo pasado.

Ambiente Denudacional*:* La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, los formas erosivas relacionadas con disección y pérdida del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas, es decir terrenos eriales. En cambio, condiciones húmedas favoreces la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional.

Dentro del Subambiente de Remoción en Masa se distinguen las Laderas denudadas de pendiente abruptas (Dlpa), a veces representado en forma lineal, los coluviones y los fenómenos de remoción en masa mayores (Dmya) o menores activos asociados a coronas y erosión concentrada (Ddma). También son notorios los conos de estabilidad variable, a veces difíciles de distinguir de los depósitos de ladera salvo por su forma típicamente de relleno y pendiente menor. Esta morfología también se relaciona con un drenaje complejo de dos o tres cauces secundarios separados por los flujos recientes dentro del mismo valle menor.

Laderas denudadas de pendiente abrupta (Dlda)

Geoforma de origen denudacional sobre depósitos de lavas y piroclastos que forma laderas inclinadas, con pendientes altas proclives a presentar fenómenos de remoción en masa y erosión avanzada.

Laderas denudadas de pendiente media (Dlpm)

Geoforma de origen denudacional sobre depósitos de lavas y piroclastos que forma laderas suavemente inclinadas, con pendientes medias, con mayor estabilidad que la unidad anterior. Se presentan fenómenos de remoción en masa menores y erosión concentrada.

Fenómenos de remoción en masa, coronas y erosión (Dmya)

Corresponden a cuerpos de deslizamientos, flujos lodos, fenómenos de remoción en masa y superficies erosivas.

Coluviones (Dqc)

Cuerpos sedimentarios de formas irregulares ubicadas topográficamente en zonas bajas y medias con respecto al relieve del área. Exhiben una topografía de inclinada a relativamente plana producto de la acumulación de material debido a efectos principalmente de gravedad retrabajados por procesos aluviales.

Ambiente Antrópico. Este ambiente se caracteriza por presentar geoformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Dentro de estos procesos se destacan los rellenos artificiales, rellenos y cortes generalmente asociados con obras de infraestructura y en algunos sectores las explotaciones mineras de arcilla. Aunque las zonas urbanas también representan una modificación notable de la superficie terrestre, en especial la permeabilidad del suelo urbano, por el momento se considera como una alteración secundaria de la morfología básica del terreno, aspecto para tratarse en levantamientos más detallados.

Cuerpos antrópicos (Antr)

Cuerpos antrópicos que exhiben relieves planos de pendientes menores a 12%.

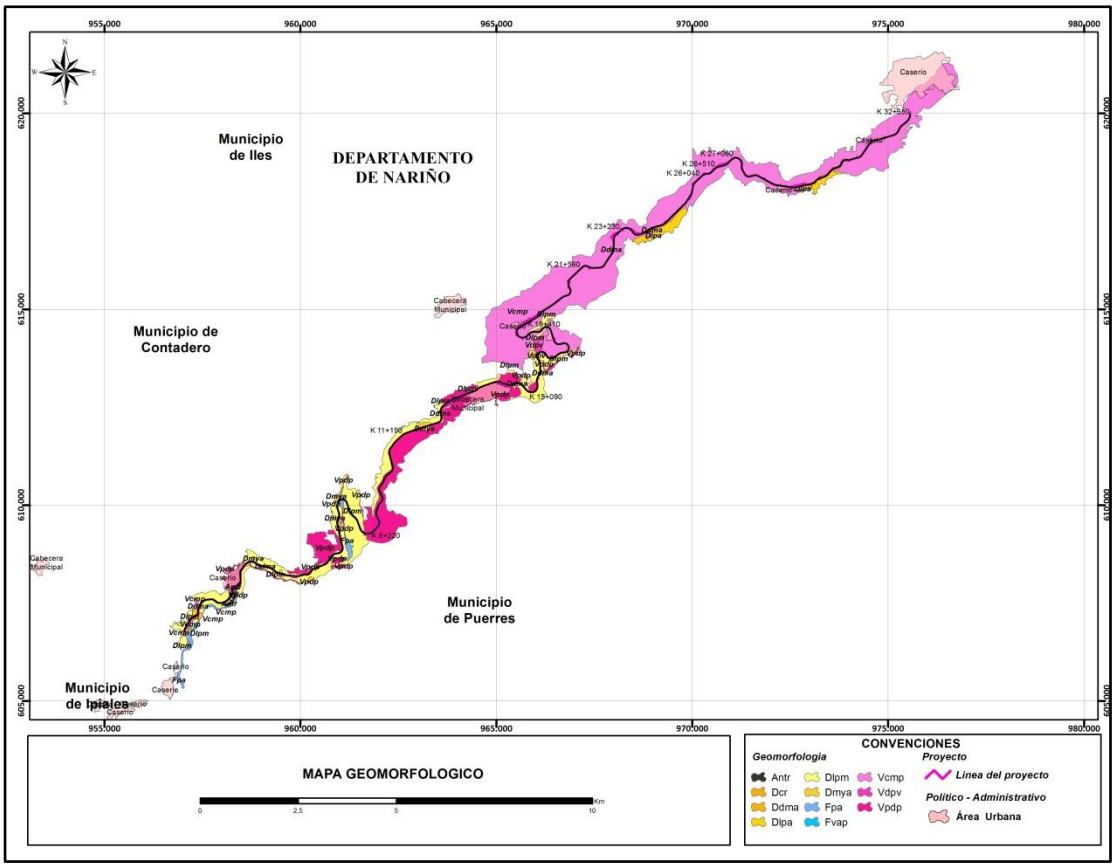


Figura 5.1.6: Mapa Geomorfológico
Fuente: Equipo M&M

En la Tabla 5.1-3 se presenta la distribución areal y porcentual de cada una de las unidades geomorfológicas diferenciadas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5.1-3: Distribución áreal y porcentual por unidad geomorfológica

SIMBOLO	*AREA ha*	*%*
Antr	10,362935	0,535935522
Dcr	0,196066	0,010139862
Ddma	3,902182	0,201807494
Dlpa	46,984076	2,429855565
Dlpm	380,990282	19,7035131
Dmya	20,184746	1,043885962
Fpa	24,199443	1,251512347
Fvap	1,185861	0,061328671

SIMBOLO	AREA ha	%
Vcmp	1087,129395	56,22261061
Vdpv	8,373266	0,433036652
Vldp	350,107749	18,10637421
SUMA	1933,616001	100

Fuente: Equipo M&M

De acuerdo con la Tabla 5.1.3 la unidad que presenta un mayor cubrimiento es la Vcmp (unidad de Colinas de mantos piroclásticos denudadas) con un 56,22%, lo que equivale a 1087,112 hectáreas, seguido por la unidad Vldp (unidad de Lomeríos de depósitos piroclásticos) con un 18,19%, lo que representa un área de 350,10 hectáreas. Estas dos unidades de origen volcánico representan el 74,32% lo cual concuerda con la génesis de las rocas presentes en el área. La otra unidad representativa es la Dlpm (unidad de Laderas denudadas de pendiente media) con un 19,7% que equivale a 380,99 hectáreas. Esta unidad es de origen deposicional.

- Rangos de pendientes

Como elemento base para el análisis del componente geomorfológico, se determinaron los siguientes rangos homogéneos de pendientes, que son los adoptados por la FAO y para el caso colombiano por el IGAC, la Tabla 5.1-4 describe cada uno de los rangos de pendiente utilizados.

Los rangos de pendientes se determinador de acuerdo a lo establecido por el IDEAM, la cual se divide en nueve (9) rangos, y corresponde al grado de inclinación de un plano respecto a la horizontal, siendo las inclinaciones de 45 grados las que corresponden al 100 % de pendiente.

Se estableció el valor de inclinación del terreno mediante un DEM Palsar de 12 metros (Modelo digital del terreno) asociado al parámetro geomorfología de la GDB.

Tabla 5.1-4: Clasificación por pendiente del suelo

PENDIENTE	AREA ha	%
A nivel, 0-1%	481,984689	24,9265981
Ligeramente plana, 1-3%	0,00000000	0
Ligeramente inclinada, 3-7%	190,371481	9,84536128
Moderadamente inclinada, 7-12%	324,536059	16,7838939
Fuertemente inclinada, 12-25%	521,728348	26,9820041
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50%	402,599794	20,8210831
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75%	12,3956300	0,64105955
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100%	0,00000000	0

PENDIENTE	AREA ha	%
Totalmente escarpada, >100%	0,00000000	0
SUMA	1933,616001	100

Fuente: Equipo M&M

Con base en los rangos establecidos se generó el mapa de pendientes; los colores utilizados para tal efecto se basan en el espectro, así los colores más claros corresponden a las pendientes más suaves mientras que los oscuros corresponden a escarpes, la homogeneidad en el trabajo y nomenclatura de los rangos de pendiente aseguran una adecuada articulación de los diferentes mapas, inicialmente el mapa de pendientes muestra la distribución de ésta expresión morfológica, los mismos rangos son utilizados en la descripción de las unidades fisiográficas, y consecuentemente como estas posiciones son las que inciden en el desarrollo evolutivo de los suelos.

De acuerdo con la Tabla 5.1.4, se puede deducir que los rangos de pendientes que cubren una mayor área son el intervalo entre 12-25% (Fuertemente inclinada) con un área de 521.72 hectáreas, seguido por el rango entre 0-1% (A nivel) con un 24,92%, lo que equivale a 481,98 hectáreas y el rango entre 25-50% (Ligeramente escarpada o ligeramente empinada) con un 20,82% lo que equivale a un área de 402,6 hectáreas. Estos tres intervalos representan el 72,73% del total del área.

Es importante anotar que los rangos entre 1-3% (Ligeramente plana), 75-100% (Fuertemente escarpada o fuertemente empinada) y >100% (Totalmente escarpada) no tienen representación areal dentro del área de influencia del proyecto.

- Inestabilidad

– *Zonas homogéneas para el tramo Pedregal-Catambuco*

- Zona Homogénea I

Presenta una morfología de colinas bajas con valles en U cuyas inclinaciones de ladera varían de abruptas a fuertemente inclinadas. Las pendientes en esta zona varían de ligeramente inclinadas (3-7%) a totalmente escarpadas (>100%) en especial en las zonas de cortes de talud en la vía actual y en los cañones de la quebrada el Quelal (Figura 5.1.7).

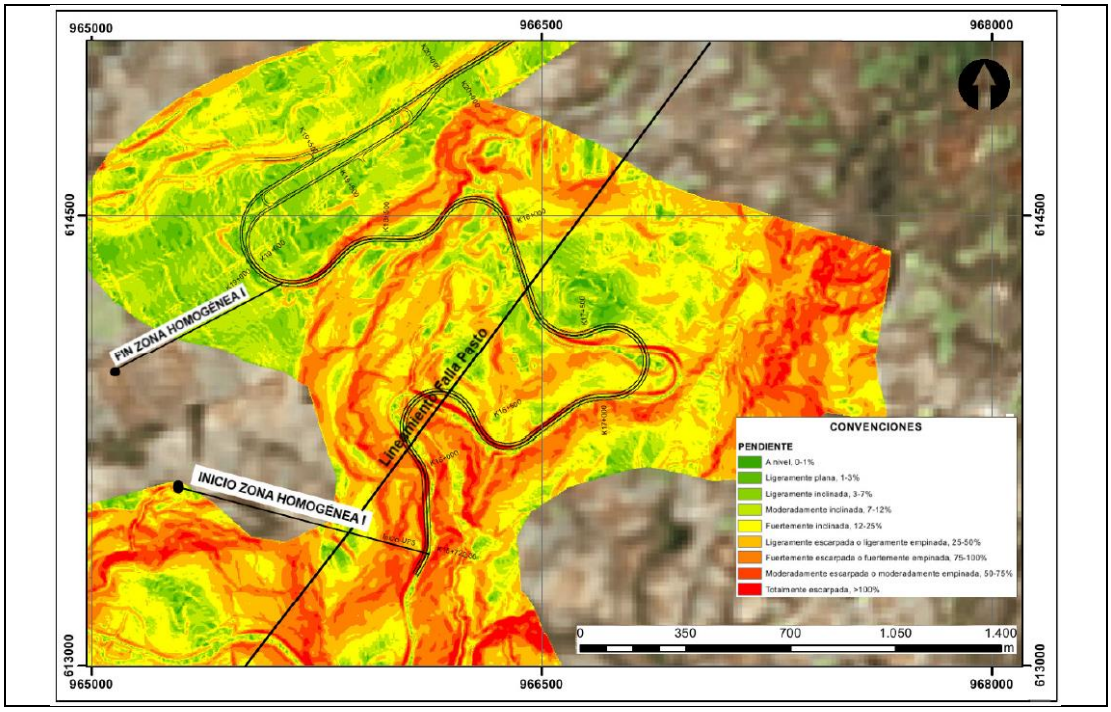


Figura 5.1.7 Mapa de pendientes para la zona homogénea I.
Fuente (INGETEC, 2016)

- Procesos de remoción en masa y erosión

Las zonas inestables identificadas en la Zona Homogénea I se analizaron de acuerdo a la litología y a los procesos asociados a cada una de ellas, haciendo la clasificación pertinente en erosión, caídas, deslizamientos o flujos y sus posibles causas, material movilizado, tipo y velocidad del movimiento.

Se localizaron de acuerdo al recorrido realizado en campo, 9 sectores con inestabilidad a lo largo del corredor de la Zona Homogénea I. Estos sectores presentan inestabilidad debido a erosión, desprendimiento de rocas y a la acción de la gravedad, de acuerdo con los materiales que se presentan en la zona principalmente materiales volcánicos en su mayoría cenizas, lahares y piroclásticos (Mapas Geológicos Locales, Escala 1:5.000).

Las pendientes en estos tramos señalados varían de moderadamente inclinada (7-12%) hasta totalmente escarpada (100%), que corresponde a Lahares y piroclástos (TQvlp) y en menor proporción la unidad Conjunto Sedimentario Volcánico de La Magdalena (TQsv). A continuación se presenta el registro de las zonas inestables de acuerdo al abscisado, con su respectiva litología y explicación del fenómeno o proceso actual. (Ver anexo 5.1.1)

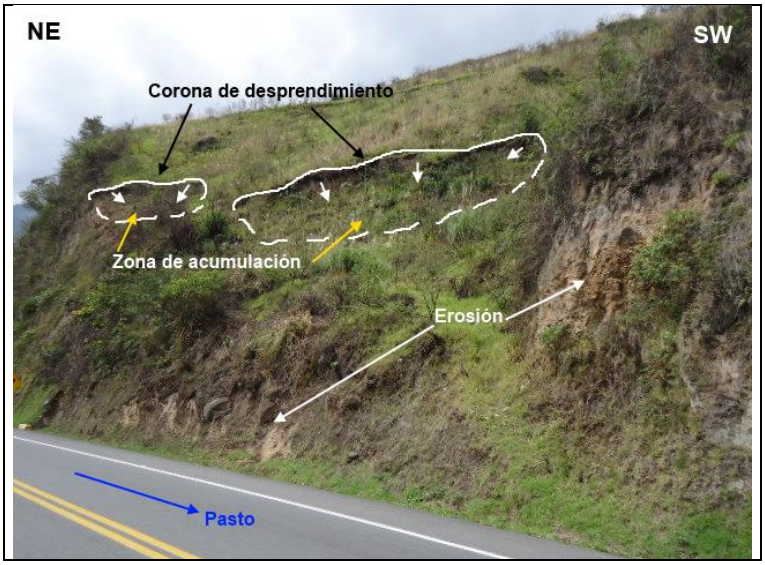
PD 5-1

En la zona del K16+100, en las coordenadas 966.060E y 613741N, se observó sobre el talud de corte de la vía en la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp), la presencia de movimientos antiguos gravitacionales de baja magnitud, asociados a materiales altamente meteorizados que reflejan un nivel IIA. También se observó erosión difusa por escurrimiento de agua que dispersan los materiales más finos del depósito piro-clástico (Fotografía 5.1.15).

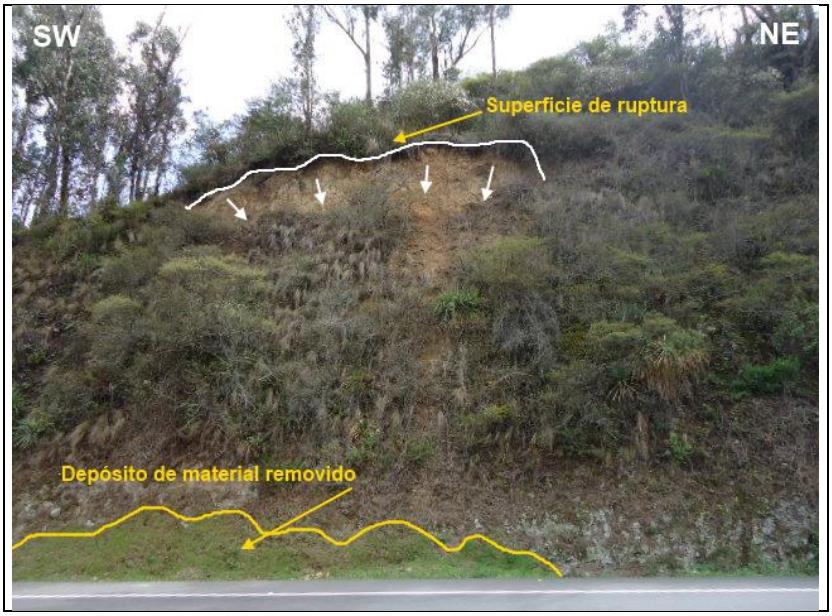
PD 5-2

En el talud izquierdo de la vía actual que conduce al municipio de Pasto a la altura el K16+520 en las coordenadas 966.273E y 613768N, se observó en la parte superior del corte, evidencia de ruptura de material de la parte alta del talud en la unidad de roca de Lahares y Piroclastos (TQvlp).

Se puede observar en la Fotografía 5.1.16 que el desprendimiento no abarca todo el corte del talud de la vía por lo que solo corresponde a la acomodación del depósito piro-clástico luego de haber sido intervenido. En la parte inferior del talud se encuentra un depósito de material removido por erosión natural de los materiales piro-clásticos del talud.



Fotografía 5.1.15 Cicatriz de proceso de remoción en masa estable, actualmente se presenta erosión en la roca descubierta.
Fuente (INGETEC, 2016)



Fotografía 5.1.16 Cicatriz de proceso de remoción en masa, en la parte inferior se observa el depósito de material removido por el proceso.
Fuente (INGETEC, 2016)

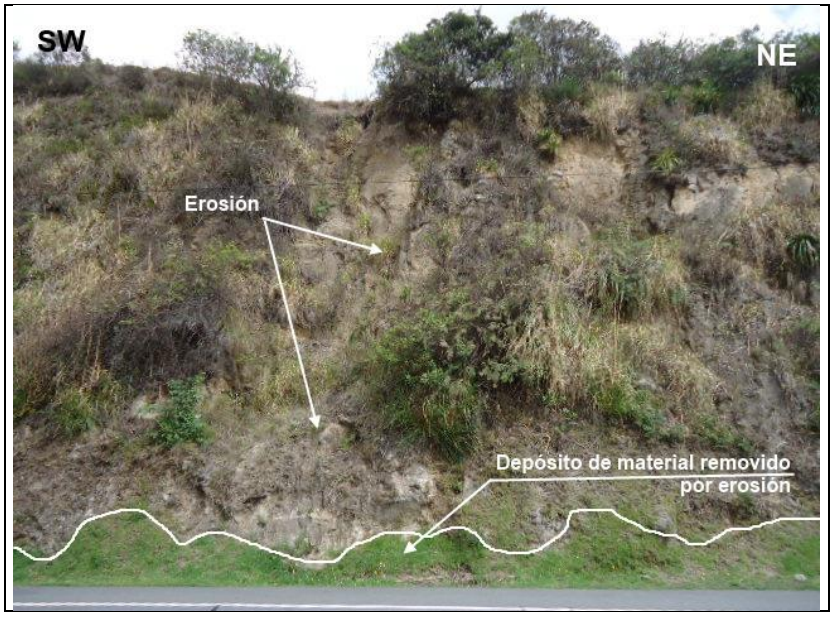
PD 5-3

En el talud de la vía a la altura del K16+620, en las coordenadas 966.368N y 613709E se observó que presenta flujos de detritos que se desprenden a lo largo del talud desde la parte alta del mismo. Estas rocas correspondientes a la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp) se desprenden debido a la erosión de la matriz del depósito piro-clástico (Fotografía 5.1.17), la cual deja los bloques de roca volcánica sin soporte lo cual genera el desprendimiento de los bloques ocasionando los flujos.

Fotografía 5.1.17 Proceso de remoción en masa en la unidad de lahares y piroclastos identificado en el talud de la vía actual a la altura del K16+220
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-4

En el K16+804.43 con coordenadas 966.532N y 613801E, se observa un talud de piroclastos de la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp), el cual está compuesto por bloques de roca volcánica en una matriz fina con composición de ceniza. Se identificó erosión difusa que se desarrolla por remoción de partículas por escorrentía, las cuales se acumulan en la parte baja del talud desarrollando un depósito de materiales removidos por erosión (Fotografía 5.1.18).



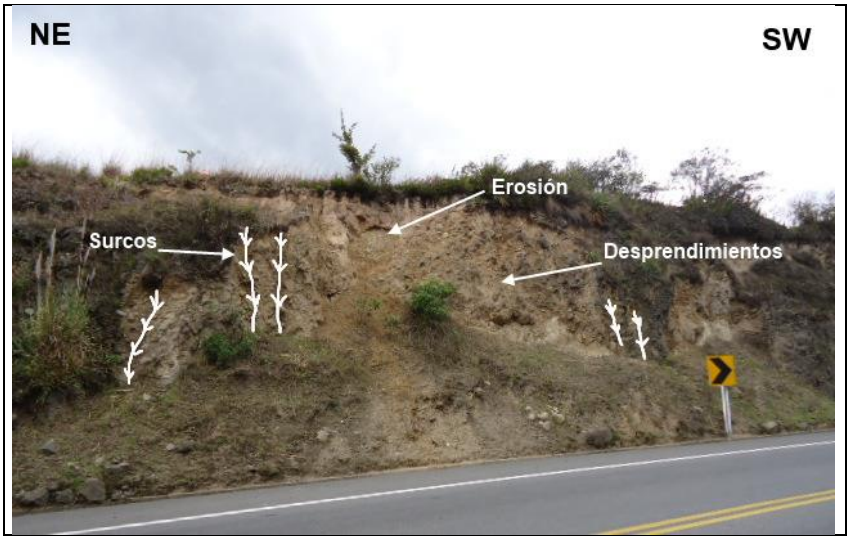
Fotografía 5.1.18 Talud sobre la vía actual evidenciando procesos de erosión activa
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-5

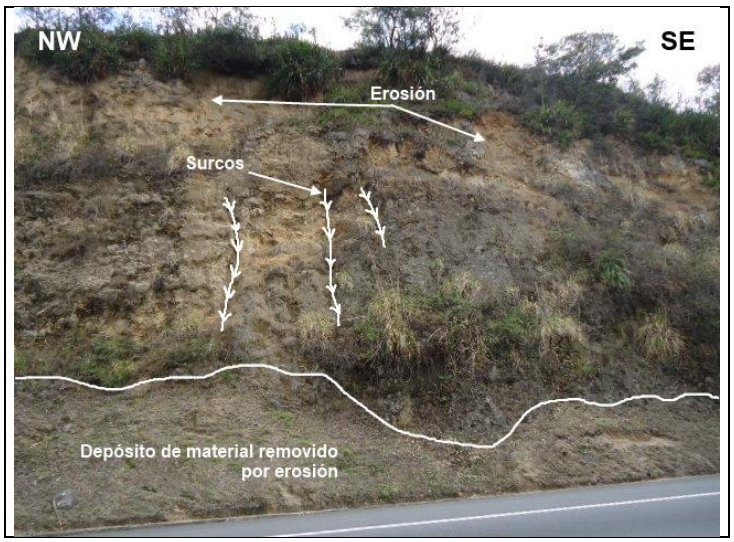
En K17+400 cuyas coordenadas corresponden a 966869E y 613890N, en la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp). Localmente se observa un talud de roca compuesto por bloques de roca volcánica en una matriz fina con composición de ceniza. Se identificó erosión difusa que se desarrolla por remoción de partículas por escorrentía, las cuales se acumulan en la parte baja del talud desarrollando un depósito de materiales removidos por erosión.

PD 5-6

En el talud izquierdo de la vía actual que conduce al municipio de Pasto, desde el K17+500 al K17+560 (coordenadas 966.592E y 614.076N) se presenta un corte del talud de aproximadamente 120 m de longitud, donde se identificó erosión moderada apreciando surcos, algunos desprendimientos de bloques que quedan sin soporte por la erosión de los materiales finos que componen la matriz del depósito piro-clástico (Fotografía 5.1.19 y Fotografía 5.1.200)



Fotografía 5.1.19 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de procesos erosivos leves como surcos y procesos denudativos como desprendimientos.
Fuente (INGETEC, 2016)



Fotografía 5.1.20 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de procesos erosivos.
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-7

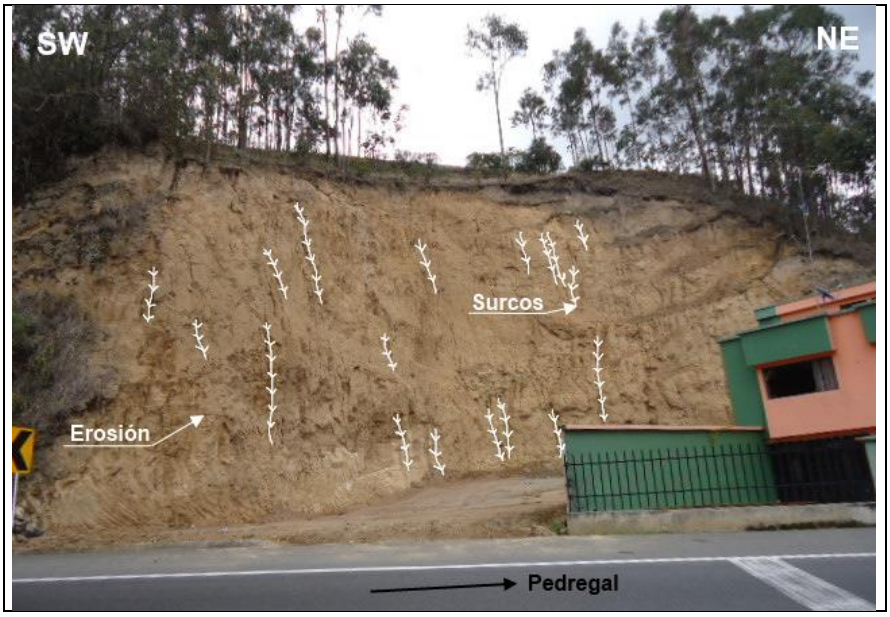
A la altura del K18+100 en las coordenadas 966.335E y 614560N, se presenta un corte

del talud de aproximadamente 12 m de altura en la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp), donde se observa erosión moderada, erosión en surcos ocurre cuando el flujo superficial empieza a concentrarse sobre la superficie del terreno, debido a la irregularidad natural del mismo y algunos desprendimientos de bloques que quedan sin soporte por la erosión de los materiales finos que componen la matriz del depósito piroclástico (Fotografía 5.1.21).

Fotografía 5.1.21 Unidad de lahares y piroclastos exhibiendo surcos en el afloramiento y desprendimientos.
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-8

A la altura del K18+195 en las coordenadas 966.240E y 614573N se presenta un corte del talud de más de 10 m de altura, en la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp) donde se observa erosión moderada e inicio de erosión en surcos debido al corte irregular del terreno (Fotografía 5.1.22).



Fotografía 5.1.22 Unidad de lahares y piroclastos con presencia de surcos.
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-9

A la altura del K18+600 se presenta un corte del talud de la vía actual en las coordenadas 965.876E y 614415N, en la unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp) se observa erosión moderada, con acumulación de material removido y localizado en la base del talud.

- Zona homogénea II

La zona presenta una morfología plana a semi-plana y colinas bajas con lomas redondeadas, con pendientes que varían de ligeramente plana a fuertemente inclinada (Fotografía 5.1.23).

Fotografía 5.1.23 Expresión morfológica de colinas bajas con lomas redondeadas en la unidad Qvc
Fuente (INGETEC, 2016)

La zona homogénea II presenta en la morfología plana a semi-plana en la unidad de Lluvias de ceniza (Qvc) con pendientes que van de 1-3% ligeramente plana y de 25-50% ligeramente escarpada o empinada identificadas a borde de la vía en los taludes de corte actuales (Figura 5.1.8).

- Procesos de remoción en masa y erosión

En la Zona Homogénea II se identificaron sitios que presentan procesos de remoción en masa los cuales están relacionados con las unidades superficiales o capas de depósitos piro-clásticos poco consolidados. Estos procesos se clasifican en erosivos, caídas, deslizamientos o flujos.

Se identificaron 6 sectores con inestabilidad a lo largo del corredor de la Zona Homogénea II. Estos sectores presentan inestabilidad en su mayoría a erosión, desprendimiento de rocas y a la acción de la gravedad, teniendo en cuenta los materiales que se presentan en la zona, principalmente materiales volcánicos en su mayoría cenizas, lahares y piro-clásticos.

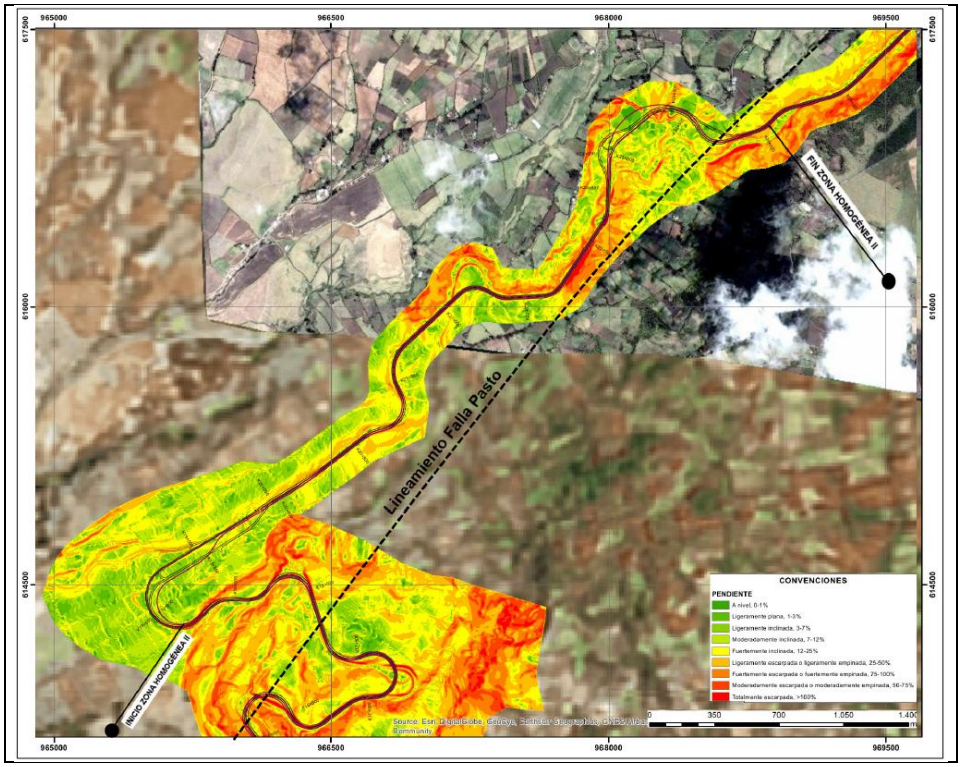


Figura 5.1.8 Mapa de pendientes Zona homogénea II

Fuente (INGETEC, 2016)

Las pendientes en estos tramos señalados varían de moderadamente inclinada (7-12%) hasta fuertemente escarpada (75-100%), las zonas más planas corresponden a la unidad de Lluvias de Cenizas (Qvc) y las mayores a Lahares y piro-clastos (TQvlp) y lavas y cenizas (TQvlc) las que se encuentran en menor exposición. Se describen de acuerdo al recorrido realizado en campo, su litología y explicación del fenómeno o proceso actual.

PD 4-09

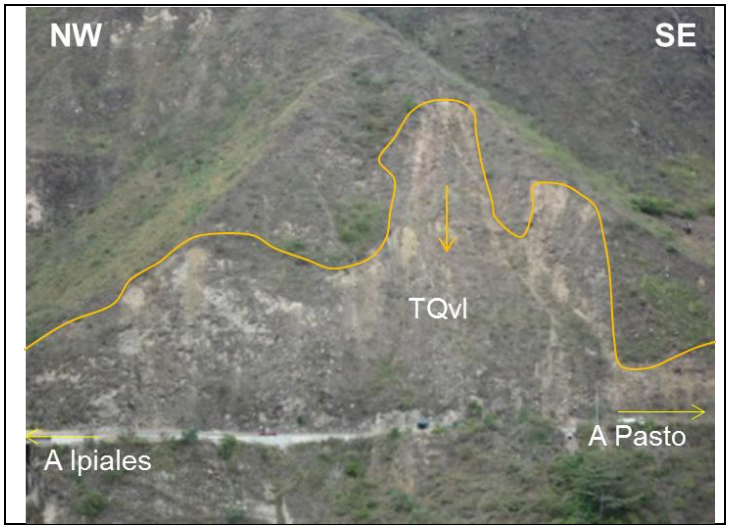
Se ubica en las coordenadas E 958618; N 608566; 1746msnm, abscisa K2+800 en el talud de la vía actual. El proceso de remoción en masa se genera por flujos de detritos, en tobas de la unidad de Lavas (TQvl) (Fotografía 5.1.24). El talud presenta pendiente aproximada de 80°. Este proceso se identificó sobre el talud de la vía actual en el costado izquierdo. Se debe tener en cuenta que el trazado vial proyectado para la ampliación no interviene este talud.

Fotografía 5.1.24 Flujo de detritos en TQvl a la altura del K2+800

Fuente: (INGETEC, 2016)

P D4-10

Se localiza en las coordenadas E 958847; N 608533; 1747msnm, abscisa K2+960 en el talud de la vía actual, que presenta erosión superficial en la unidad de Lavas (TQvl) (Fotografía 5.1.25). La ampliación de la vía proyectada no se hará intervención en este talud.

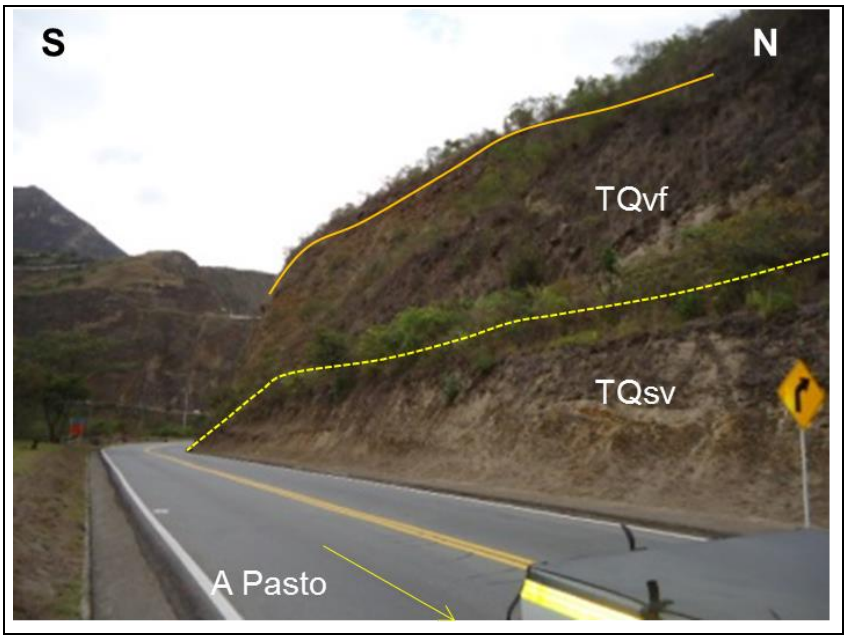


Fotografía 5.1.25 Erosion superficial en rocas de la unidad TQvl en K2+960

Fuente: (INGETEC, 2016)

PD4-11

Ubicado en las coordenadas E 959015; N 608545; 1758msnm, abscisa K3+040 en el talud de la vía actual. El proceso de remoción en masa se genera por erosión superficial y leve con presencia de surcos en la unidad de flujos de ceniza y pumita (TQvf). El talud inferior está en rocas del conjunto sedimentario volcánico La Magdalena (TQsv) el cual solo presenta erosión superficial (Fotografía 5.1.26).



Fotografía 5.1.26 Erosión superficial y erosión leve con presencia de sercos en la talud del K3+040

Fuente: (INGETEC, 2016)

PD4-12

Se localiza en las coordenadas E 959210; N 608447; 1775msnm, abscisa K3+100 en el talud de la vía actual, presenta erosión superficial y leve con presencia de surcos en la unidad compuesta por limolitas, arcillolitas y diatomitas finamente laminadas que corresponde Unidad Sedimentaria Volcánica La Magdalena (TQsv) (Fotografía 5.1.27).

Fotografía 5.1.27 Erosión superficial y leve con presencia de surcos en la unidad TQsv en el K3+100

Fuente: (INGETEC, 2016)

PD 5-10

En el talud derecho de la vía actual, sobre el K21+480 en las coordenadas 967.080E y 615982N se observa un deslizamiento rotacional en las cenizas de la unidad de Lahares y piroclastos (TQvlp). El deslizamiento es muy puntual y el talud de sus alrededores presenta estabilidad (Fotografía 5.1.28).

Fotografía 5.1.28 Unidad TQvlp con procesos denudativos.
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-11

En la unidad de Lahares y piro-clastos cerca del K21+480 cuya coordenada es 967.143E y 616072N, se identificó erosión en los depósitos de lahar, los cuales generan el desprendimiento o desplome de material que colapsa por gravedad.

PD 5-12

En la unidad de Lahares y piroclastos (TQvlp), se identificó en el K22+050 cuyas coordenadas corresponden a 967.596E y 616063N una cicatriz de desplome de materiales finos que cae con movimiento brusco de giro apoyado en la base, el cual se deposita en la parte inferior del talud.

PD 5-13

En la coordenada 967.709E y 616082N en el K22+160 se identificó una cicatriz de desplome de materiales finos correspondientes a la unidad de Lahares y piroclastos.

PD 5-14

En la coordenada 967.826E y 616.226N, el talud de la vía a la altura del K22+340 se observó en la unidad de Lavas y cenizas (TQvlc) erosión difusa de los materiales finos correspondientes a cenizas (parte alta de talud), el cual se deposita en la parte baja (zona

de cunetas) (Fotografía 5.1.29).

Fotografía 5.1.29 Talud con procesos erosivos en la unidad TQvlc
Fuente (INGETEC, 2016)

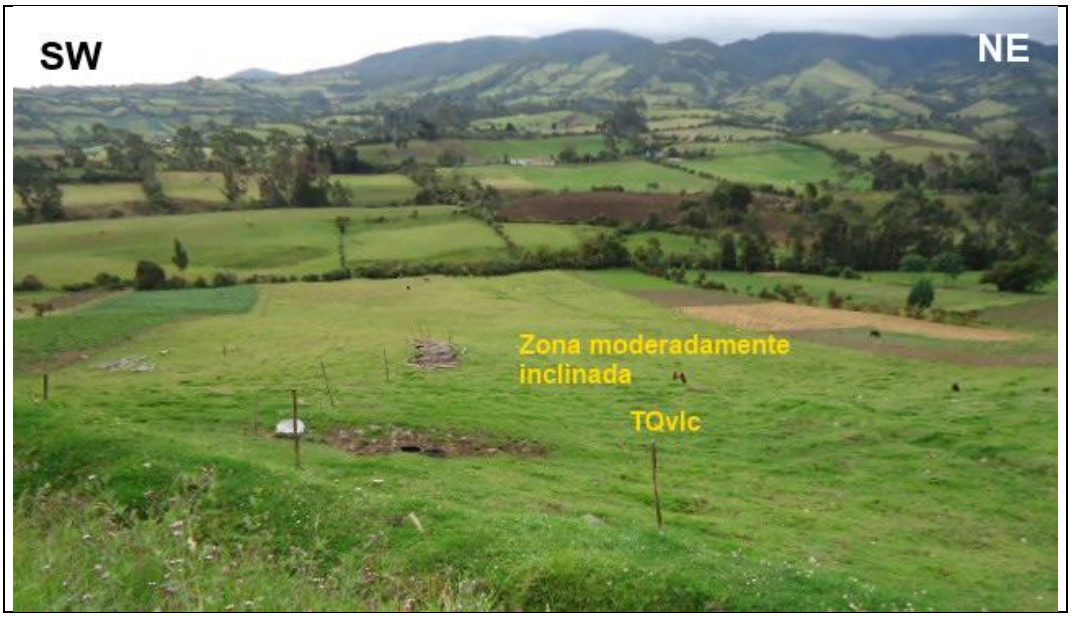
PD 5-15

En la coordenada 968.010E y 616614N el talud de la vía actual sobre el K22+800 se observa erosión en los materiales correspondientes a flujos laháricos intercalados con cenizas y flujos piroclasticos. Debido a esta erosión se presentan desprendimientos de bloques de roca volcánica que corresponden al material piroclástico (Fotografía 5.1.30)

Fotografía 5.1.30 Talud con procesos de remoción en masa.
Fuente (INGETEC, 2016)

- Zona homogénea III

Las pendientes en esta zona varían de moderadamente inclinada (7-12%) en las zonas más planas corresponden a la unidad de Lluvias de Cenizas (Qvc) y moderadamente inclinada (7-12%) a fuertemente escarpada (75-100%) (Figura 5.1.9) en la unidad que se compone de lavas y cenizas (TQvlc) las que se encuentran en menor exposición (Fotografía 5.1.31).



Fotografía 5.1.31 Morfología moderadamente inclinada.
Fuente (INGETEC, 2016)

- Procesos de remoción en masa y erosión

La Zona Homogénea III presenta procesos de remoción en masa los cuales están relacionados con las unidades superficiales o capas de depósitos piro-clásticos poco consolidados. Estos procesos se clasifican en erosivos, caídas, deslizamientos o flujos.

Se observaron 8 sectores con inestabilidad a lo largo del corredor de la Zona Homogénea. Estos sectores presentan inestabilidad en su mayoría a erosión y desplome de materiales por acción de la gravedad, teniendo en cuenta los materiales que se presentan en la zona, principalmente materiales volcánicos en su mayoría cenizas, piro-clásticas y lavas (Mapas Geológicos Locales, Escala 1:5.000). Se describen de acuerdo al recorrido realizado en campo, su litología y explicación del fenómeno o proceso actual.

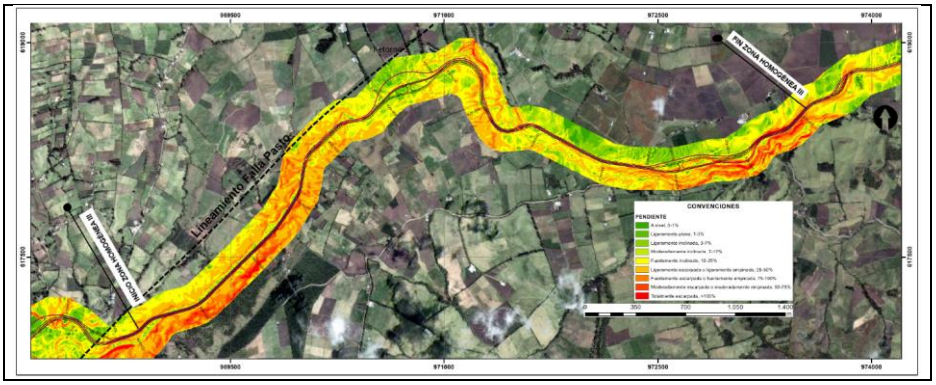


Figura 5.1.9 Mapa de pendientes de la zona homogénea III.
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-16

En el costado derecho de la vía que conduce a Pasto en el K24+140 (968.902E, 616956N) se observó en depósitos coluviales (Qc) una zona con morfología ondulada la cual presenta en superficie erosión y terracetas (patas de vaca).

PD 5-17

Sobre el K24+590 en las coordenadas 969.345E, 617.227N, al costado derecho de la vía (Tangua- Pasto) se observó que el talud actual presenta un sector pequeño con erosión en la unidad de Lavas y cenizas, presentándose la erosión en las cenizas (Fotografía 5.1.32).

Fotografía 5.1.32 Talud sobre la vía actual con procesos erosivos
Fuente (INGETEC, 2016)

PD 5-18

En el talud de la vía actual en las coordenadas 969.516E, 617.400N, a la altura del K24+860 del nuevo trazado se observan procesos erosivos en la unidad de Lavas y cenizas (TQvlc), los cuales no generan riesgos de inestabilidad en la zona.

PD 5-19

En la vía actual en las coordenadas 969.682E, 617.562N, a la altura del K25+455 del nuevo trazado, se identificó una cicatriz de un antiguo desplome de material de la unidad Lavas y cenizas (TQvlc), donde los materiales finos que corresponden a cenizas debido a su consistencia son susceptibles a meteorizarse y presentar este tipo de procesos gravitacionales (Fotografía 5.1.33).

Fotografía 5.1.33 Talud de la vía actual con cicatriz de desplome de material fino de la unidad TQvlc.
Fuente (INGETEC, 2016)

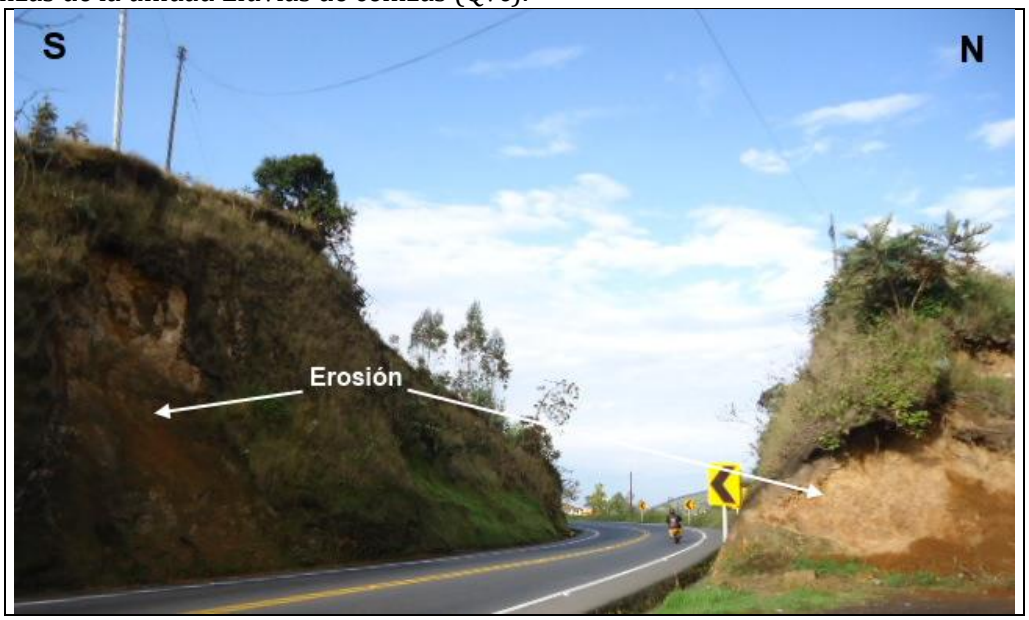
PD 5-20

En las coordenadas 970.335E y 618.458N, localizado en el K26+235 del nuevo trazado se identificó en la unidad de Lluvias de cenizas (Qvc) procesos erosivos a ambos costados de la vía, los cuales son leves y no presentan inestabilidad mayor que pueda afectar la vía (Fotografía 5.1.34).

PD 5-21

En el sector de la vía que corresponde al K27+340 del nuevo trazado en las coordenadas

971.267E y 618.762E, se identificó en el talud de la vía actual un pequeño desplome de cenizas de la unidad Lluvias de cenizas (Qvc).



Fotografía 5.1.34 Talud actual de la vía con procesos erosivos.
Fuente (INGETEC, 2016)

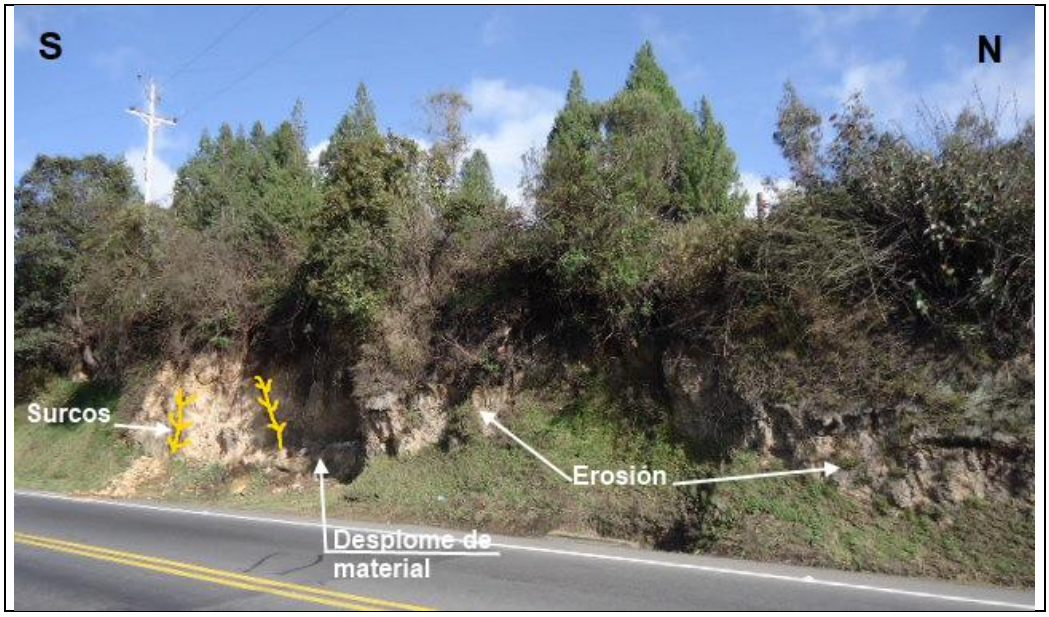
PD 5-22

Sobre el trazado de la vía actual donde se proyecta la calzada derecha del tramo Pedregal-Catambuco a la altura del K29+240 del nuevo trazado se identificó en el talud procesos erosivos y desplome de material piroclástico, los cuales responden a la respuesta de precipitaciones altas, eventos sísmicos o intervención antrópica. Se observa formación de pequeños surcos y desplome de materiales finos que corresponden a cenizas las cuales pueden contener fragmentos de rocas volcánicas.

Se puede ver que en forma general la zona es estable si procesos de magnitud mayor que afecten la vía nueva (Fotografía 5.1.351).

PD 5-23

En el talud de la vía actual en la coordenada 973.518E y 618495N, proyectado al K30+010 de la nueva vía, se identificaron procesos erosivos y gravitacionales. Estos procesos son considerados menores de acuerdo a las condiciones actuales del terreno y los materiales involucrados. Se observa erosión leve y pequeños desplomes de material.



Fotografía 5.1.35 Talud de la vía exhibiendo surcos y desplome de material.
Fuente (INGETEC, 2016)

- Zona homogénea IV

En la Zona homogénea IV se puede observar el contraste morfológico donde se identifican los cambios de pendientes. En el sector del K30+030 al K32+700 se presentan pendientes fuertemente inclinadas en forma general en la zona y en los cortes de los taludes y los cauces de ríos y quebradas moderadamente escarpadas o moderadamente empinadas (50-75%) (Figura 5.1.10).

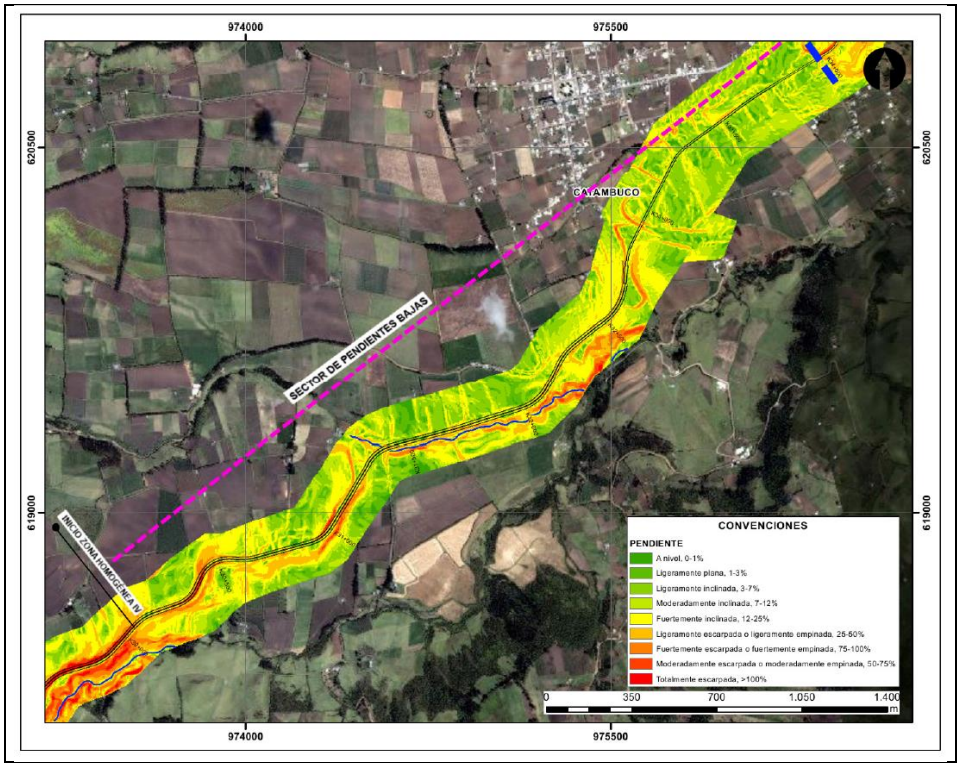


Figura 5.1.10 Mapa de pendientes para la zona homogénea IV, sector de pendientes bajas.
Fuente (INGETEC, 2016)

- Procesos de remoción en masa y erosión

La Zona Homogénea IV presenta procesos de remoción en masa los cuales están relacionados con las unidades superficiales o capas de depósitos piro-clásticos poco consolidados. Estos procesos se clasifican en erosivos, caídas, deslizamientos o flujos.

Se observaron 6 sectores con inestabilidad a lo largo del corredor de la Zona Homogénea. Estos sectores presentan inestabilidad en su mayoría a erosión y desplome de materiales por acción de la gravedad, teniendo en cuenta los materiales que se presentan en la zona, principalmente materiales volcánicos en su mayoría cenizas, piro-clásticos y lavas (Mapas Geológicos Locales, Escala 1:5.000).

Se describen de acuerdo al recorrido realizado en campo, su litología y explicación del fenómeno o proceso actual.

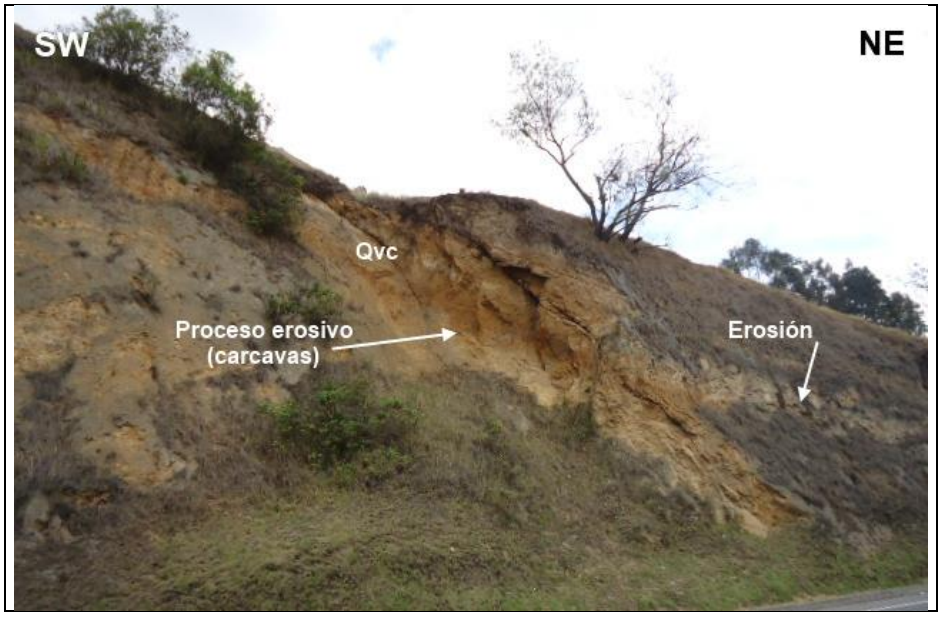
PD 5-24

En el talud de la vía actual en la coordenada 973.779E y 618638N, proyectado al K30+335

de la nueva vía, se identificaron procesos erosivos y gravitacionales, en la unidad de Flujos de ceniza y pumita (TQvf). Estos procesos son considerados menores de acuerdo a las condiciones actuales del terreno y los materiales involucrados. Se observa erosión leve y pequeñas caídas de bloques.

PD 5-25

En la zona de rehabilitación se identificó un proceso erosivo en el talud actual de la vía, donde se presenta una cárcava amplia producto de la erosión, adicional se presenta erosión difusa en el resto del talud, lo que implica una protección del mismo para evitar el avance del proceso (Fotografía 5.1.36).



Fotografía 5.1.36 Talud en la vía actual que presenta erosión en cárcavas.
Fuente (INGETEC, 2016)

5.1.3. Paisaje

Para el proceso de identificación y/o evaluación del paisaje del área de intervención del proyecto es importante recordar que el Convenio Europeo del Paisaje entiende o percibe este componente como cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos; es por ello que es una realidad física y es a la vez la representación que culturalmente nos hacemos de ella, siendo muy substancial la percepción individual y social que este genera.

Por lo anterior, con esta evaluación y/o estudio no solo se busca la identificación de los

valores escénicos de las unidades de paisaje con las que interactúa el proyecto, sino también como un instrumento más para la protección, ordenación y gestión del mismo como de los demás componentes o aspectos que exige la norma. La realización de esta valoración y/o evaluación de las unidades de paisaje que demanda el proyecto está dentro de una línea u objeto de establecer algunos principios, estrategias y directrices para que con los demás estudios que albergue todo el EIA, se adopten las medidas de catalogación, valoración y protección dentro del marco de la norma.

Para este proceso en el área de influencia del proyecto se reconocen y tienen en cuenta los componentes fisiográficos y/o geomorfológicos, la percepción paisajística como lo exige o contempla la resolución 751 del 2015, pero a su vez se complementa con los análisis fisicobióticos.

Para determinar el paisaje en el área de influencia del proyecto se tuvieron en cuenta los aspectos geomorfológicos, la calidad visual del paisaje y la percepción de las comunidades sobre su territorio. A continuación se presenta de manera gráfica el área de influencia físico – biótica definida a partir de la interacción de los elementos abióticos y bióticos del territorio, sobre la cual se realizó la caracterización del paisaje.

En Departamento de Nariño se distinguen tres regiones fisiográficas correspondientes a la Región Pasífica, Región Andina y una pequeña parte de Región Amazónica. Para el proyecto Rumicahca Pasto, el área de influencia se se encuentra ubicado en la región andina o también denominada el nudo de los pastos por la concentración de la cordillera de los Andes, de donde se distingue dos ramales como lo es la parte de la Cordillera Occidental y la Centro – Oriental, donde se denota una alta influencia de la actividad volcánica en especial del volcán Galeras y por ello se puede definir de manera general, que el paisaje corresponde a terrenos ondulados de lomerío con algunas zonas de montaña con altos niveles de procesos de remoción en masa debido a las pendiente abruptas presentes en las geoformas, además de distintos tipos de valles afectados por escorrentía, procesos fluviales y expansión de las fronteras agrícolas.

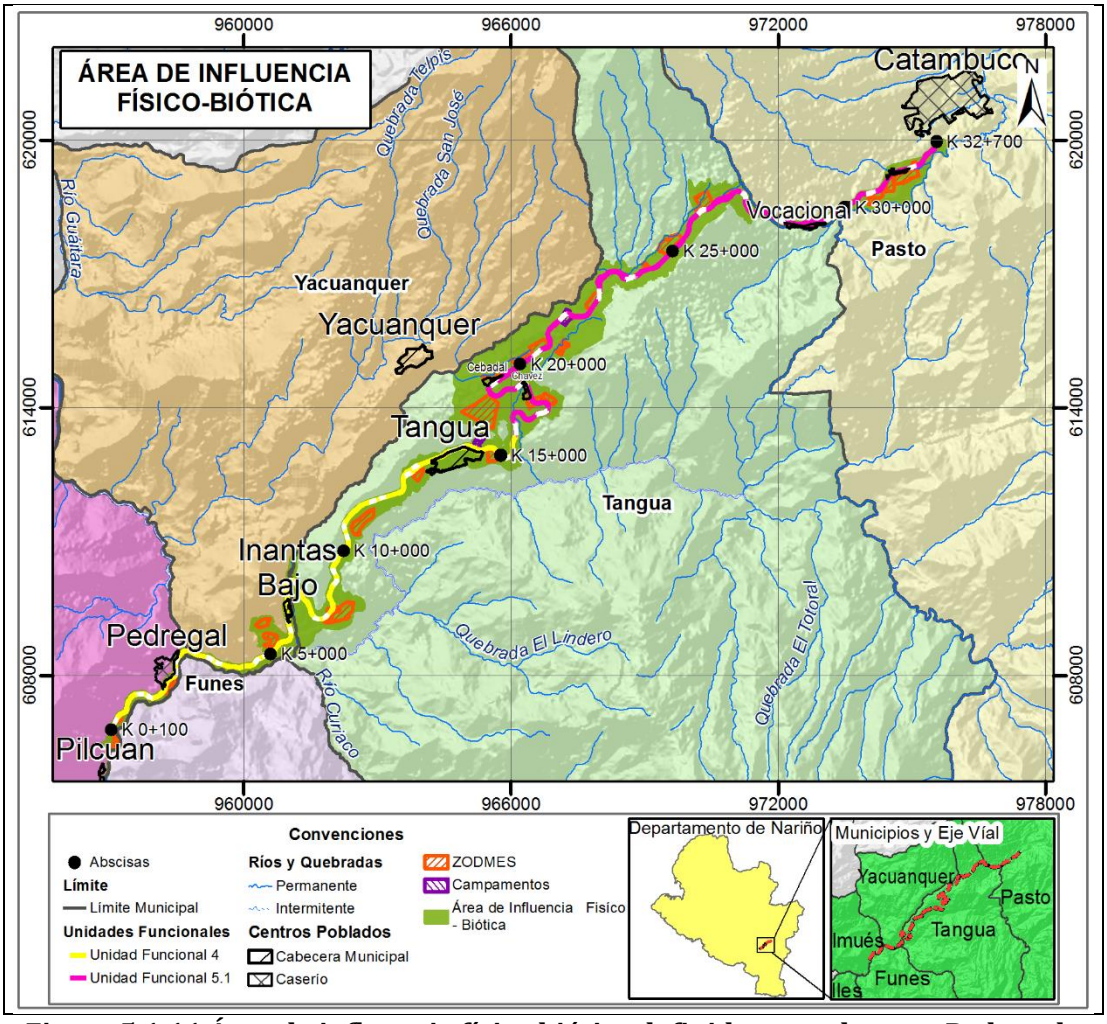


Figura 5.1.11 Área de influencia físico biótica definida para el tramo Pedregal - Catambuco

Fuente Google Earth adaptada por Gëminis Consultores Ambientales

5.1.2.1. Características morfológicas del paisaje

Los tipos de paisajes presentes en el área de estudio son muy variados lo que implica que se generaron por diversos procesos morfogenéticos de ambientes volcánicos, denudacionales, fluviales e incluso antrópicos, el control estructural no es muy relevante ya que no se apreciaron formas generadas por procesos estructurales.

La actividad volcánica ha sido un factor principal en el aspecto geomorfológico del área de estudio pues las caídas de lavas, lahares y ceniza moldearon las lomas y montañas

preexistentes. A su vez este paisaje volcánico fue modificado por actividad fluvial, denudativa y finalmente antrópica que alteraron el aspecto de estas geoformas netamente volcánicas y añadieron otras más.

La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, los formas erosivas relacionadas con disección y perdida del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas, es decir terrenos eriales. En cambio, condiciones húmedas favoreces la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional. Estos procesos son los que se estarían llevando a cabo en el área de estudio generando este tipo de paisajes. Como se puede observar en la un perfil esquemático que se asemeja al área de estudio.

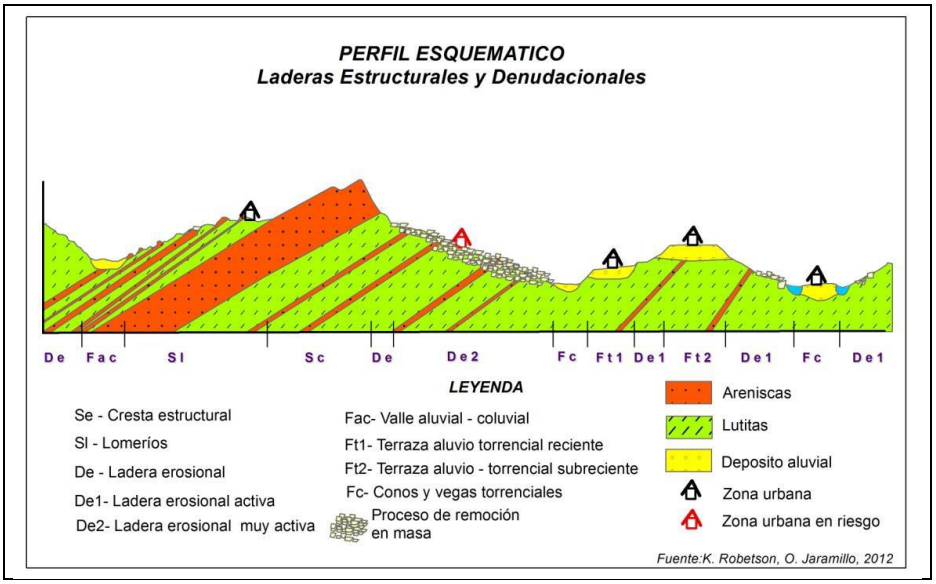


Figura 5.1.12 Perfil esquemático con laderas denudacionales y montañas estructurales, además de otros tipos de unidades.
Fuente (Robertson, 2013)

Según las observaciones de campo apoyadas por imágenes satelitales, para el área de influencia del proyecto se evidencian tres tipos de unidades paisajísticas (UP) así:

- UP 1: Lomeríos
- UP 2: Montaña

- UP 3: Valle

A partir de las formaciones identificadas en el paisaje, se asoció cada tipo de paisaje a las coberturas presentes en el área de influencia del proyecto Rumicahca – Pasto, Tramo Pedregal - Catambuco, las cuales corresponden a áreas agrícolas, áreas transformadas, bosques, pastos, vegetación secundaria, y vegetación herbácea.

A partir de esta interacción se identifican 4 tipos de paisaje, distribuidas en 14 unidades, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

No.	Unidad de Paisaje	Área (ha)
1	Áreas agrícolas heterogéneas en lomerío	956,65
2	Áreas agrícolas heterogéneas en montaña	315,72
3	Áreas transformadas en lomerío	14,45
4	Áreas transformadas en montaña	29,51
5	Áreas transformadas en valle	9,26
6	Áreas urbanas en lomerío	39,81
7	Áreas urbanas en montaña	64,54
8	Bosques en lomerío	44,92
9	Cultivos en lomerío	33,76
10	Pastos en lomerío	229,38
11	Río en lomerío	20,89
12	Vegetación herbácea o arbustiva en lomerío	5,54
13	Vegetación herbácea o arbustiva en montaña	159,43
14	Vegetación secundaria en lomerío	9,74

Fuente: Géminis Consultores Ambientales

A continuación en la Figura 5.1.13 y Figura 5.1.14 se presenta de manera cartográfica la localización de las diferentes unidades de paisaje identificadas en el área de influencia, así como la descripción de las mismas.

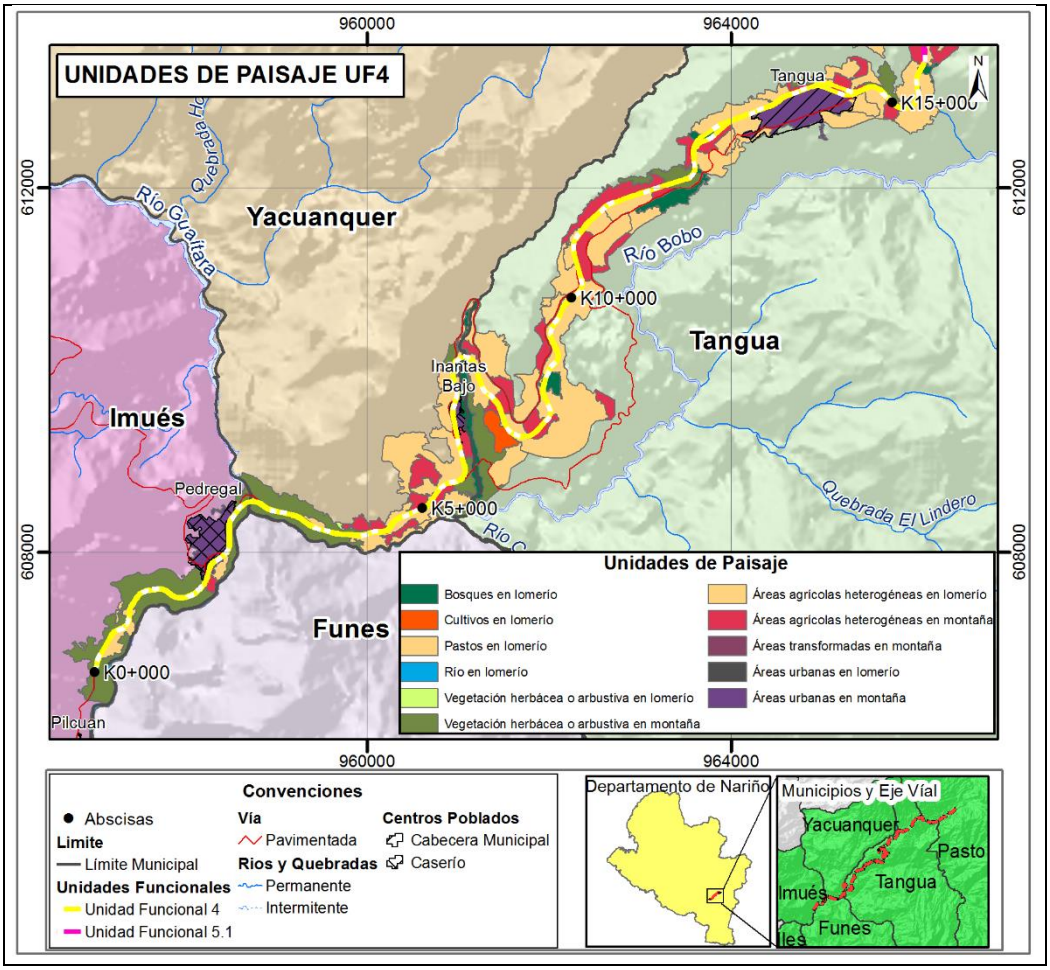


Figura 5.1.13 Unidades de paisaje para la UF 4

Ver detalle en GDB/Cartografía/PDF/ EIADCEDP_TC_00**8**

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

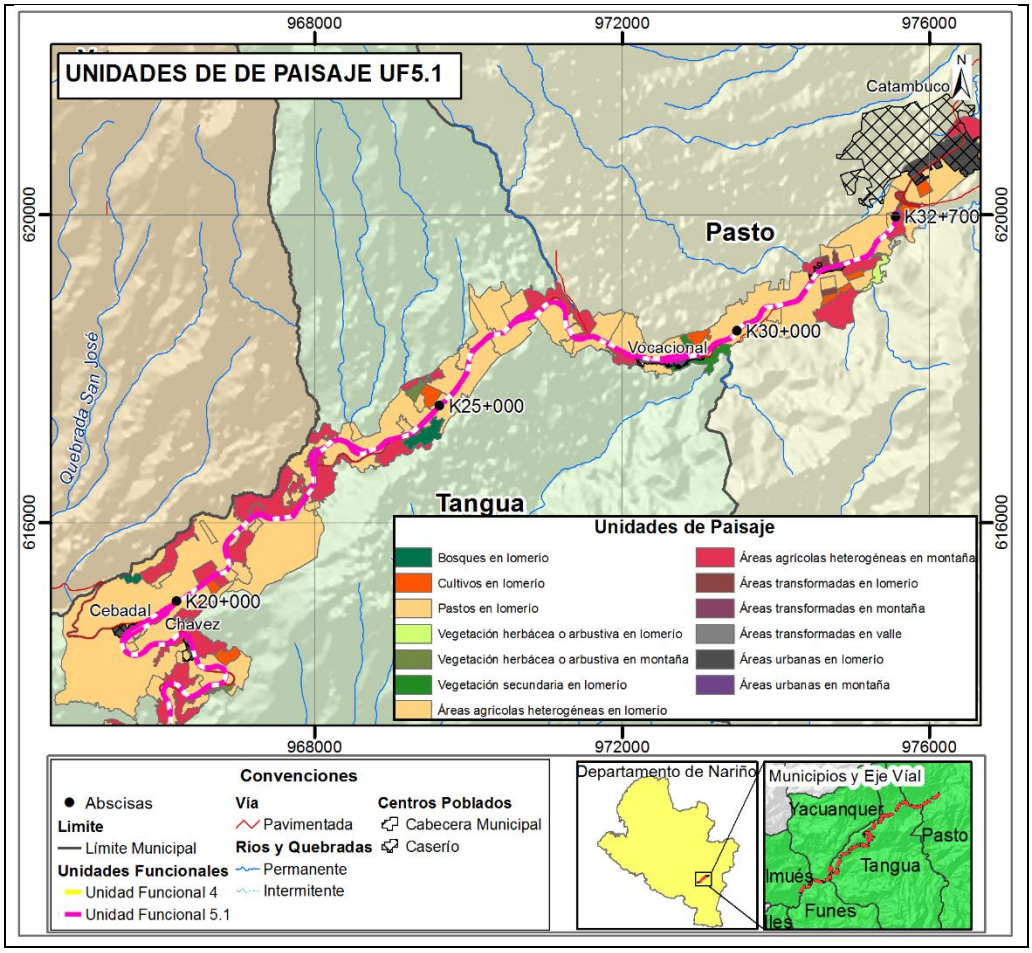


Figura 5.1.14 Unidades de paisaje para la UF 5.1

Ver detalle en GDB/Cartografía/PDF/ EIADCEDP_TC_00**8**

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

– *UP 1: Lomeríos*

El paisaje de lomeríos agrupa las geoformas de colinas de mantos piroclásticos y de lomeríos de depósitos piroclásticos, por tanto comprende un amplio sector del área de influencia del proyecto, el relieve es ondulado a ligeramente escarpado con pendientes cortas y convexas, presentan disección baja a moderada con patrón dendrítico.

Los lomeríos están afectados por procesos de remoción en masa y erosión hídrica de tipo laminar, en algunos sectores hay poca cobertura vegetal lo cual causa un alto impacto tanto en el paisaje como en la estabilidad. En el área de influencia este tipo de paisaje se representa el 70% del territorio y se encuentra asociado a las siguientes unidades:

- Áreas agrícolas heterogéneas en lomerío

- Áreas transformadas en lomerío
- Áreas urbanas en lomerío
- Cultivos en lomerío
- Pastos en lomerío
- Río en lomerío
- Vegetación herbácea o arbustiva en lomerío
- Vegetación secundaria en lomerío

De estas unidades la de mayor representatividad en el área de influencia corresponde a las áreas agrícolas heterogéneas, la cual predomina debido al grado de intervención del territorio asociado a las actividades agrícolas y ganaderas que determinan la dinámica económica en los municipios que conforman el proyecto. Dentro de estas áreas los espacios con vegetación forestal corresponde principalmente a cercas vivas de especies introducidas que dividen lo terrenos en parcelas de tamaños relativamente pequeños (, lo cual a nivel cultural le da una connotación a la región de "tapiz de retazos", el cual se . En la siguiente fotografía se puede observar la presencia de lomeríos en el área de influencia del proyecto.

Fotografía 5.1.37 Paisaje de Lomeríos – Áreas agrícolas heterogéneas en lomerío (UP1)
Coordenada Plana N 618128,4274 - Y 972332,0131
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

– *UP 2: Valle*

El paisaje de valle se puede observar a lo largo de todo el rio Guáitara formando pendientes que varían de bajas a abruptas en algunos sectores. La alta actividad de escorrentía y erosión hídrica causa disección en el paisaje que puede ser muy profunda en algunas áreas generando transporte de material y caída de rocas. En el área de influencia es un paisaje poco frecuente ocupando menos del 1 % del territorio y se

encuentra asociado a áreas transformadas, en el municipio de Tangua Vereda Cebadal.

– *UP 3: Montaña*

Este paisaje está caracterizado por sus pendientes abruptas generadas por distintos procesos denudativos a lo largo del tiempo que fueron moldeando estas estructuras. Estos procesos denudativos se dieron sobre roca (depósitos de lava y piroclastos) pero aun así debido a las pendientes altas son propensas a caída de rocas y transporte de material.

En el área de influencia las zonas de montaña se presentan principalmente en áreas agrícolas heterogéneas, con predominancia de zonas de vocación ganadera. Este tipo de paisaje abarca aproximadamente el 30% del área de influencia y se encuentra representado por las siguientes unidades:

- Áreas agrícolas heterogéneas en montaña
- Áreas transformadas en montaña
- Áreas urbanas en montaña
- Vegetación herbácea o arbustiva en montaña

Debido a las pendientes abruptas presentes en el paisaje de montaña, las actividades agrícolas son menores respecto al paisaje de lomerío, sin embargo es frecuente la presencia de zonas con actividad pecuaria. En zonas de mayor pendiente predominan áreas de vegetación herbácea, la cual representa la mayor cobertura dentro de los paisajes de montaña. En la Fotografía 5.1.38 se presenta una zona de paisaje de montaña asociada al área de influencia del corredor vial, con pendientes superiores al 30% cubiertas por vegetación de herbazal.

Fotografía 5.1.38 Paisaje de Montaña - Vegetación herbácea o arbustiva en montaña (UP3)
Coordenada Plana N 613702,413- Y 966345,127
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

5.1.2.2. Calidad Visual del paisaje

La vegetación característica en el área de influencia del proyecto Rumicahca – Pasto, tramo Pedregal - Catambuco se presenta dominada por mosaicos pastos y cultivos como papa y maíz debido a la parcelación a nivel de minifundio y microfundio característico de la zona. Dentro de estas áreas los espacios naturales son reducidos, de manera frecuente se presentan relictos de plantaciones de eucalipto que han sido abandonadas y sobre las cuales no existe un manejo técnico. Como se mencionó anteriormente el paisaje dominante corresponde a áreas de lomerío, seguido de territorios montañosas, asociados a coberturas de intervención antrópica como áreas agrícolas y pecuarias.

La calidad visual se define como el grado de excelencia o mérito que un determinado paisaje presenta y que se define en función del análisis y valoración de sus atributos biofísicos (comprenden la expresión visual de componentes bióticos, tales como flora y fauna, y físicos, como relieve, suelo y agua), estéticos (comprenden la expresión de los rasgos estéticos percibidos visualmente, en términos de forma, color y textura) y estructurales (comprende la expresión de la diversidad y singularidad de atributos presentes y a la condición natural o antrópica del paisaje). Cabe tener presente que a nivel mundial existen diversas definiciones sobre calidad del paisaje y por ende se han propuesto una gran variedad de métodos para la evaluación de la misma. Para la

evaluación del paisaje en el tramo Pedregal – Catambuco del corredor vial Rumichaca Pasto se determinó la calidad visual del paisaje a partir de sus atributos, tomando como referencia los parámetros sugeridos en la metodología propuesta para la determinación del valor paisajístico del SEIA. (SEIA 2013).

– *Características de los atributos visuales*

Para su identificación se abordaron características relacionadas al componente biofísico, estructurales y estéticos, las cuales fueron obtenidas a partir de recorridos de campo y los puntos de observación definidos para todo el proyecto los cuales se representan cartográficamente en la Figura 5.1.15.

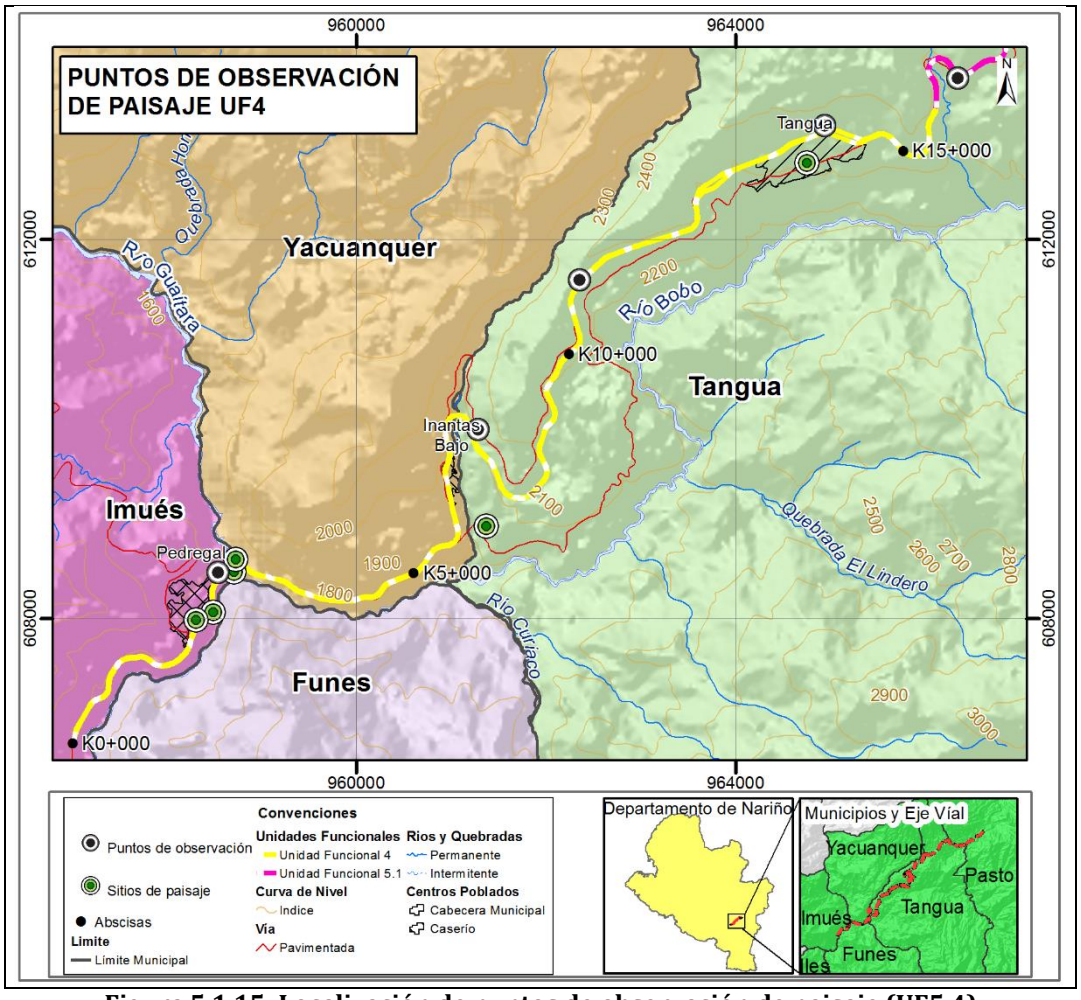


Figura 5.1.15: Localización de puntos de observación de paisaje (UF5.4)
Fuente: (Géminis Consultores S.A.S, 2016)

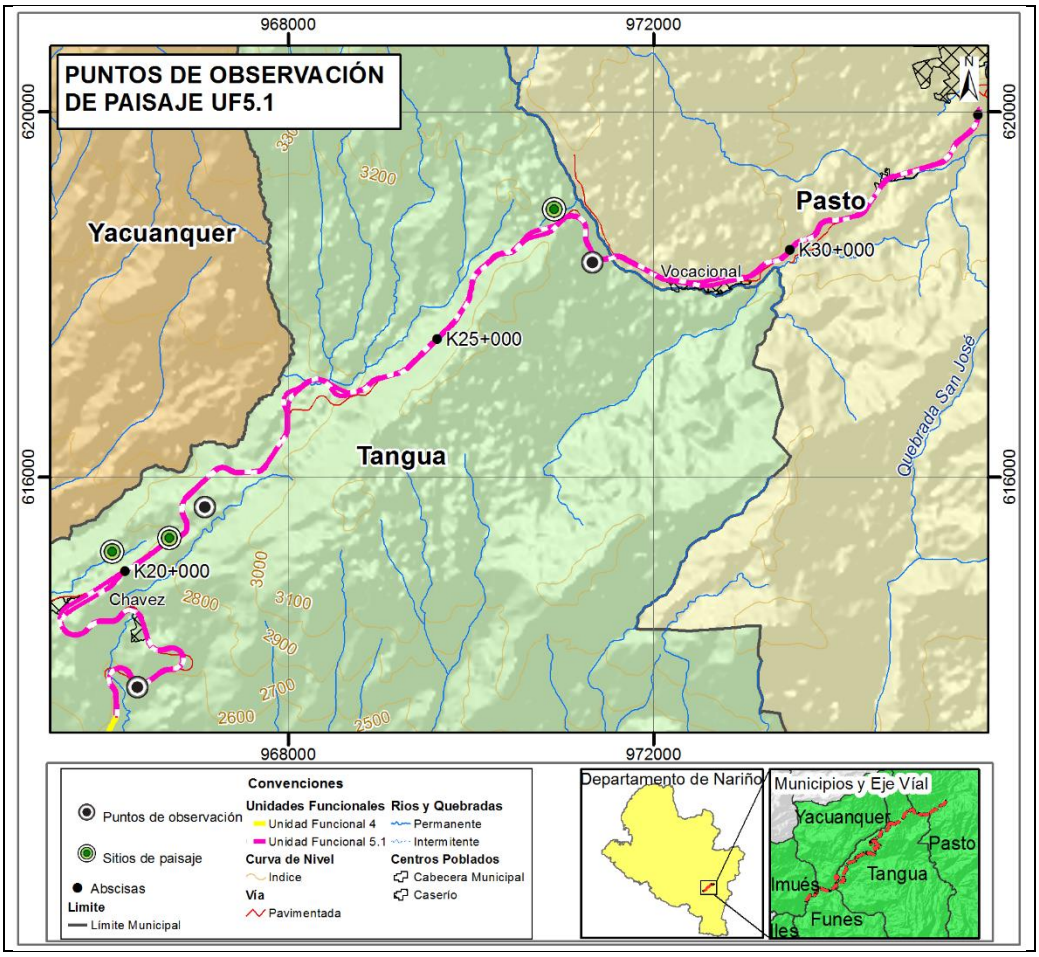


Figura 5.1.16: Localización de puntos de observación de paisaje (UF5.1)
Fuente: (Géminis Consultores S.A.S, 2016)

Para la definición de las cuencas visuales se tuvo en cuenta el alcance visual obtenido a partir de los puntos de observación. La cuenca visual puede incluir la intersección de varias cuencas hídricas dependiendo del alcance de los puntos de observación, para el caso del área de influencia del proyecto, las características montañosas del paisaje permiten a partir un punto tener una visual panorámica de varias cuencas, principalmente en los sectores asociados a cañones interandinos dónde el modelaje del paisaje es la erosión producida por el drenaje de los ríos, en este caso del Río Guaitara.
En la **Error! Reference source not found.** se presentan los puntos de observación de paisaje a partir de los cuales se identificaron las cuencas visuales, así como las cuencas hidrográficas que hacen parte de cada punto en su cuenca visual.

Tabla 5.1-5Puntos de observación del Paisaje

PUNTO DE OBERVACIÓN	COORD. X	COORD. Y	CUENCAS HIDROGRÁFICAS
PO1	976306	620835,5	Q. Taminango, Af. Río Miraflores 02
PO2	975831,5	620517,2	
PO3	975756,1	620437,4	
PO4	971331,2	618351,5	Q. Piquisiqui
PO5	967087,5	615675	Q. El Cebadal
			Q. El Quelal
			Af. Q. Unión 03
PO6	966345,1	613702,4	Q. El Quelal
PO7	964943,9	613203,9	Af. Río Bobo 03
PO8	962355,6	611571	Af. Río Bobo 03
			Af. Río Bobo 02
PO9	961285,6	609994,3	Af. Q. Magdalena 04
			Af. Q. Magdalena 05
PO10	958539,3	608487	Af. MI Guáitara 18
			Af. Río Bobo 01

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Una vez definidos los puntos de observación visual se analizó la calidad visual para el área de influencia a partir de los atributos biofísicos, estructurales y estéticos del paisaje, evaluaron las variables que se presentan a continuación:

Tabla 5.1-6Variables de análisis para atributos biofísicos del Paisaje

Nombre	Variable	Valores o tipos
Relieve	Tipo	Valle
		Colina – Lomerío
		Afloramiento Rocoso
		Montaña
		Volcan
	Pendiente	Del 0 al 15
		Del 15 al 30%
		Mas del 30%
	Orientación	Solana
		Umbría

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Tabla 5.1.7 Variables de análisis para atributos estructurales del paisaje

Nombre	Variable	Rango o tipo
Diversidad Paisajística	Heterogeneidad	Baja
		Media
		Alta
	Singularidad	Nula
		Baja
		Media
Naturalidad Antrópica	Cualidad Antrópica	Nula
		Baja
		Media
		Alta

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Tabla 5.1-7 Variables de análisis para los atributos estéticos del paisaje

Nombre	Variable	Rango o Tipo
Forma	Diversidad	Baja
		Media
		Alta
Color	Diversidad	Baja
		Media
		Alto
	Contraste	Bajo
		Medio
		Grueso
Textura	Grano	Fino
		Medio
		Grueso
	Diversidad	Baja
		Media
		Alta

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

A partir de los puntos de observación y los atributos del paisaje, se determinaron las cuencas similares por sus atributos y se agruparon de la siguiente manera:

- Conjunto de paisaje 1. Paisaje dominado por Montañas

Está conformado por las cuencas visuales de 6 puntos de observación: PO5, PO6, PO7, PO8, PO9 y PO10. En el sector predominan formaciones de montaña con coberturas diversas a nivel mosaico y con vegetación y presencia faunística de bajo nivel, la vegetación natural es reducida, principalmente asociada a cuerpos de agua.

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Relieve	Tipo: presenta Montaña, con pequeñas áreas de afloramiento rocoso.
	Pendiente: más del 30%
	Orientación: Umbría como resultado de las fomraciones montañosas que lo conforman
Suelo	Rugosidad media – Por las pendientes del terreno se generan afectaciones a las corrientes de aire disminuyendo sus velocidades.
Agua	Tipo: Río, incluyendo el principal cuerpo de agua que hace parte del proyecto: El río Guitara.
	Ribera: En ella se puede apreciar una zona riparia mínima a nula, en razón del cañón del rio y por ello la presencia de vegetación es escasa.
	Movimiento: Es rápido, con caídas o saltos de agua.
	Abundancia: La abundancia de los cuerpos de agua que presenta es alta.
	Calidad: Con presencia de turbidez por remoción en masa ocasionada por aguas de escorrentías en razón a la poca o nula vegetación en la zona riparia, así como por el efecto de las actividades agropecuarias que se desarrollan en las cuencas medias y altas.
Vegetación	Cobertura: En razón la naturalidad y por la intervención antrópica de puede valorar como nula, pero teniéndose en cuenta que la intervención atrópica está asociada a producción agrícola y ganadera conservando capas vegetales de cultivos y pastos se puede considerar un nivel de cobertura superior al 70%
	Temporalidad: es permanente por el hecho de que el área de influencia por encontrarse en la región tropical no experimenta ningún tipo de estaciones que ocasiones cambios en el tipo de vegetación.
	Diversidad: Es media, en razón de que el relieve y las variables climatológicas no lo favorece y algunos sectores están siendo intervenidos con cultivos.
	Estrato: La mayor parte de la vegetación se caracteriza por ser de tipo arbóreo con alguna presencia de especies arbustiva principalmente como parte de proceso de sueción temprana.
	Follaje: Es perenne, pero existen también algunas especies caducas y por ello se determina con una leve tendencia a mixto.
Fauna	Presencia: Por ser áreas relativamente poco intervenidas y por la condición de la topografía, se determina como una tendencia de media a alta.
	Diversidad: su tendencia es de media
Nieve	Cobertura: NO APLICA
	Temporalidad: NO APLICA

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Diversidad paisajística	Heterogeneidad: Por ser un área con una variedad de atributos biofísicos y de fácil reconocimiento e identificación demarca que el paisaje tenga una heterogeneidad alta.
	Singularidad: Por su heterogeneidad hace que sea alta.
Naturalidad	Cualidad Antrópica: se evidencia de dos formas, la presencia de asentamientos humanos como también de proyectos agropecuarios, pero por las características del relieve este atributo se determina en

	valor medio con tendencia a bajo.

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Forma	Diversidad: por las características del relieve es alta por presentar una gran variedad escénica.
Color	Diversidad: Presenta una alta variabilidad de matices de color.
	Contraste: el efecto de diferencias notables entre colores y matices es alto.
Textura	Grano: Fino (Determinado por elementos disperoso o agrupados en zonas de mosaicos y vegetación herbácea, presente de manera heterogenea debido a las variaciones topográficas del terreno)
	Diversidad: Baja (La presencia de elementos que definen la textura del paisaje son homogéneos en el tramo de evaluación)

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

A continuación se presentan las imágenes panorámicas obtenidas en los puntos de observación y que en campo permitieron evaluar la calidad del paisaje:

Fotografía 5.1.39 Conjunto de Paisaje 2, PO 9
Coordenada Plana N 609994,3 - Y 961285,6
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Fotografía 5.1.40 Conjunto de Paisaje 2 – PO 7
Coordenada Plana N 613203,88 - Y 964943,87
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Fotografía 5.1.41 Conjunto de Paisaje 1 – PO 6
Coordenada Plana N 613702,41 - Y 966345,12
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

- Conjunto de paisaje 2. Paisaje dominado por Lomerío

Está conformado por las cuencas visuales de 4 puntos de observación: PO1, PO2, PO3, PO4. En el sector predominan formaciones de lomerío con coberturas diversas a nivel mosaico. Presenta vegetación herbácea en áreas de mayo pendiente y dominada por zonas de pastos en pendientes menos abruptas, la composición vegetal está dominada por especies introducidas y en menor grado especies nativas, típicas de procesos de sucesión temprana.

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Relieve	Tipo: Lomerío (dominante) con presencia de Valles
	Pendiente: entre el 15% y el 30%
	Orientación: Dominada por solana debido a las formaciones del relieve
Suelo	Rugosidad: baja – Por las pendientes no muy marcadas del terreno las afectaciones a las corrientes de aire no disminuyen notablemente sus velocidades.
Agua	Tipo: Ríos (Debido a la intervención antrópica y condiciones climáticas los drenajes son en su mayoría intermitentes, lo cual se refleja en el resultado de la abundancia)
	Ribera: Con Vegetación (Elemento propios de vegetación intervenida, con presencia de especies exóticas en algunos casos y vegetación riparia de tipo secundario)
	Movimiento: Meandro
	Abundancia: Baja
	Calidad: Sucia - Turbia
Vegetación	Cobertura: En razón la naturalidad y por la intervención antrópica de puede valorar como nula, pero teniéndose en cuenta que la intervención atrópica está asociada a producción agrícola y ganadera conservando capas vegetales de cultivos y pastos se puede considerar un nivel de cobertura superior al 70%
	Temporalidad: es ocasional en razón de la actividad agrícola.
	Diversidad: A nivel de coberturas se presenta un nivel alto de diversidad debido a que son paisajes dominados por mosaicos, con diferentes elementos antrópicos como cultivos de diversos productos y pastos. A niver de composición de la vegetación, predominan especies introducidas

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
	en sistemas de plantación (sin manejo técnico) y como parte del sistema pecuario.
	Estrato: La mayor parte de la vegetación se caracteriza por ser de tipo arbustiva con algunas de tipo herbáceas. .
	Follaje: Es caduco y por ello se determina con una leve tendencia a mixto.
Fauna	Presencia: El grado de intervención y por la condición de la topografía que favorece la acción antrópica, se determina como una tendencia de baja.
	Diversidad: su tendencia es baja.
Nieve	Cobertura: NO APLICA
	Temporalidad: NO APLICA

Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Diversidad paisajística	Heterogeneidad: Por ser un área con poca variedad de atributos biofísicos demarca que el paisaje tenga una heterogeneidad media con tendencia a baja.
	Singularidad: Por tener una heterogeneidad con tendencia media a baja hace que su singularidad este dentro de los mismos valores.
Naturalidad	Cualidad Antrópica: se evidencia claramente dos formas, la presencia de asentamientos humanos como también de proyectos agropecuarios, pero por las características del relieve las zonas están muy intervenidas con cultivos lo que hace que la naturalidad sea con tendencia de baja a nula.

Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

- Atributos estéticos del paisaje

Nombre	Tipo de atributo y Característica que otorga valor
Forma	Diversidad: por las características del relieve es media, por presentar una misma tendencia escénica.
Color	Diversidad: Presenta una alta variabilidad de matices de color en razón a los cultivos.
	Contraste: el efecto de diferencias notables entre colores y matices es alto.
Textura	Grano: Grueso (Determinado por elementos agrupados en zonas de mosaicos, que generan niveles medios de sombra sobre el paisaje)
	Diversidad: Baja (La presencia de elementos que definen la textura del paisaje son homogéneos en el tramo de evaluación

Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

A continuación se presentan las imágenes panorámicas obtenidas en los puntos de observación y que en campo permitieron evaluar la calidad del paisaje:

Fotografía 5.1.42 Conjunto de paisaje 2: PO 3
Coordenada Plana N 615675,0- Y 967087,4
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Fotografía 5.1.43 Conjunto de Paisaje 2, PO 4
Coordenada Plana N 618351,5 - Y 971331,2
Origen Magna Sirga origen Oeste
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

5.1.3.3. Percepción de la comunidad sobre el paisaje

Con el fin de identificar la percepción de la comunidad sobre el paisaje y los sitios de interés paisajísticos más representativos en la zona, se implementó con la comunidad del área de influencia socioeconómica. El taller fue desarrollado con participantes de las comunidades del área de influencia de los municipios de Pasto, Tangua. Yacuanquer e Imués. Parte del procedimiento consistió en el desarrollo de un mapa parlante, sobre el cual la comunidad identificó los sitios de interés paisajístico presentes en su territorio.

Fotografía 5.1.44 Taller de identificación de paisaje: ubicación de sitios de interés paisajístico con la comunidad municipio de Yacuanquer
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

A partir de la identificación de los sitios de interés paisajístico sobre mapa parlante se realizó una valoración de cada sitio con el fin de determinar su representatividad según los criterios definidos en la siguiente tabla. (Ver Tabla 5.1-8)

Tabla 5.1-8. Criterios para la valoración de sitios de interés paisajístico

VARIABLE	Valoración		
	5 a 4	3 a 2	1
Cobertura vegetal	Gran variedad de tipos de vegetación, con diversas formas y texturas, y alta densidad	Variedad en la vegetación, pero de uno o dos tipos	Baja o ninguna variedad o contraste de vegetación.
Grado de intervención	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/o extensas que reducen o anulan la calidad escénica
Cuerpos de agua	Factor dominante en el paisaje, limpia, clara, aguas blancas, rápidos y cascadas, o láminas de agua en reposo, permanentes	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje, permanentes	Ausente o inapreciable, contaminada, o temporal
Relieve	Relieve muy montañoso, marcado prominentemente, o	Formas erosivas interesantes o relieve variado en	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o

VARIABLE	Valoración 5 a 4	3 a 2	1
	bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas o bien presencia de algún rasgo singular o muy dominantes	tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales	ningún detalle singular
Elementos culturales	Presencia de elementos culturalmente importantes o sitios de interés paisajístico	Existen elementos culturales o sitios de interés paisajístico pero no son valorados por los visitantes o se encuentran deteriorados	No hay elementos culturales de ningún tipo
Viveza	Alta variedad de elementos en armonía, con relativo grado de unidad , así como balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de curiosidad y bienestar	Variedad de elementos pero se observan intervenciones, fraccionamiento o desorden y un desbalance entre elementos.	Poca o ninguna variedad de elementos, poca unidad o paisajes artificiales

Fuente: Adaptado de Ecopetrol, 2015

Fotografía 5.1.45 Taller de identificación de paisaje: valoración de paisaje con comunidad, municipio de Imués

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

El taller permitió identificar con estas comunidades los sitios de interés paisajístico representativos, así como conocer la percepción de la calidad que presentan estos sitios para ellos con respecto a los criterios de valoración definen el paisaje.

A partir del taller, las comunidades reconocieron los siguientes sitios de interés

paisajístico con su respectivo nombre asignado por ellos como también con su distintivo característico, como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 5.1-9: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Tangua – Vereda Tablón de Obraje

Sitios identificados		
No.	**Nombre asignado por la comunidad**	**Distintivo del sitio**
1	Quebrada Mag	Riego
2	Bosque	Leña
3	Cultivo de café	Venta Y autoconsumo
4	Cultivo de frijol	Venta Y autoconsumo
5	Cultivo de arveja	Venta Y autoconsumo
6	Cultivo de maíz	Venta Y autoconsumo
7	Montañas	Cultivar
8	Árboles Frutales	Venta Y autoconsumo

Tabla 5.1-10: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Tangua – Vereda San Pedro de Obraje

Sitios identificados		
No.	**Nombre asignado por la comunidad**	**Distintivo del sitio**
1	Bosque	Sin Distintivo
2	Fuente de Agua	Sin Distintivo
3	Rio	Sin Distintivo

Tabla 5.1-11: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Pasto – Vereda San José de Catambuco

No.	Nombre asignado por la comunidad	Distintivo del sitio
1	Cascada	Riego
2	Bosque	Leña
3	Rio Miraflores	Tanque Almacenamiento
4	Cultivo	Monocultivo papa
C	Huertas caseras	Venta Autoconsumo
6	Montañas	Hierba
7	Fuentes de agua	Autoconsumo
8	Aguas termales	Privado

Tabla 5.1-12: Sitios de interés paisajísctico Municipio de Pasto – Vereda la Merced

No.	Nombre asignado por la comunidad	Distintivo del sitio
1	Nacedero de agua caliente	Consumo humano
2	Quebrada puiquisiqui	Riego
3	Quebrada cubijan alto	Riego
4	Bosque plantado	Particular
c	Montañas	Sin Distintivo
6	Huertas	Consumo humano

No.	Nombre asignado por la comunidad	Distintivo del sitio
7	Cultivos	Monocultivo papa

La percepción de calidad de estos sitios según los criterios de valoración dados por la comunidad de cada uno de los lugares mencionados anteriormente y que se reflejan en los siguientes gráficos:

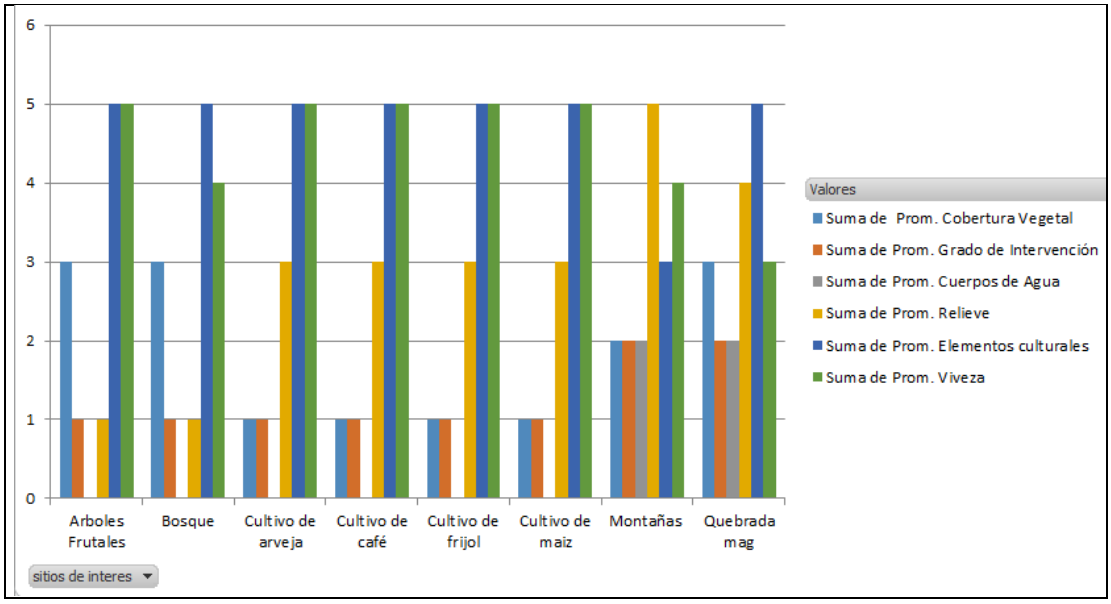


Figura 5.1.17: Matriz Evaluación de Paisaje Municipio de Tangua – Vereda Tablón de Obraje

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Al analizar la Figura 5.1.17 se identifica claramente que la comunidad a cada una de los sitios identificados la variable más representativa por promedios fue la de Elementos culturales, donde en su gran mayoría se mantuvo con promedio de 5 siendo lo más favorable, que hace referencia a la presencia de elementos culturalmente importantes o de sitios de interés paisajísticos, solamente esta variable solamente variando en el sitio denominado Montañas que estuvo dentro del rango de medianamente favorable. Otra de las variables con valores de promedio altos que oscila entre 4 y 5 es la viveza, lo que quiere decir que estos escenarios paisajísticos gozan de una alta variedad de elementos en armonía, con relativo grado de unidad, así como balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de curiosidad y bienestar. Pero con relación a las otras variables se concluye que desde sus percepciones no son tan relevantes y/o importantes porque los puntajes dan promedios relativamente bajos. En este orden de ideas, se

concluye sobre esta grafica que la zona más representativa desde la importancia paisajística es la Quebrada mag seguido de sus montañas.

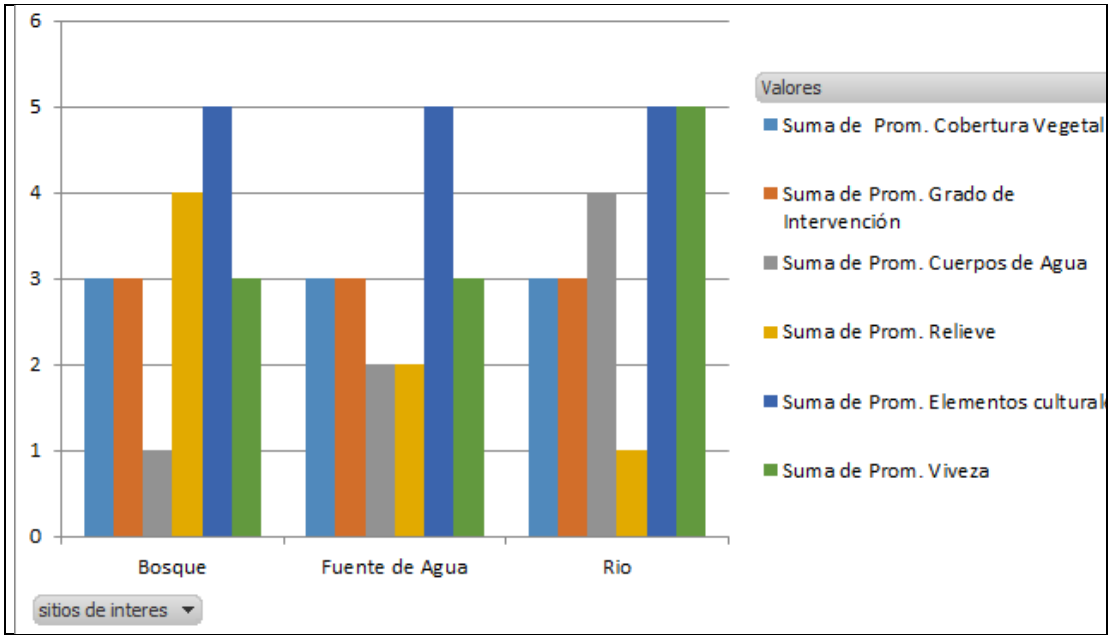


Figura 5.1.18: Matriz evaluación del paisaje municiío de Tangua vereda San Pedro de Obraje

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

En esta gráfica se percibe también que la variable mejor valorada fue la de elementos culturales en cada uno de los sitios identificados por la comunidad, es decir, que manifiestan que existen una alta variedad de elementos en armonía, con relativo grado de unidad , así como balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de curiosidad y bienestar. Pero en términos generales, cada uno de estos sitios según los promedios arrojados por los valores dados por la comunidad se encuentra o consideran en un rango medianamente favorable, ya que oscilan entre 2 a 3 y en la sumatoria general de cada uno de los promedios de las variables obtenidos para cada escenario se concluye que el más representativo es el rio.

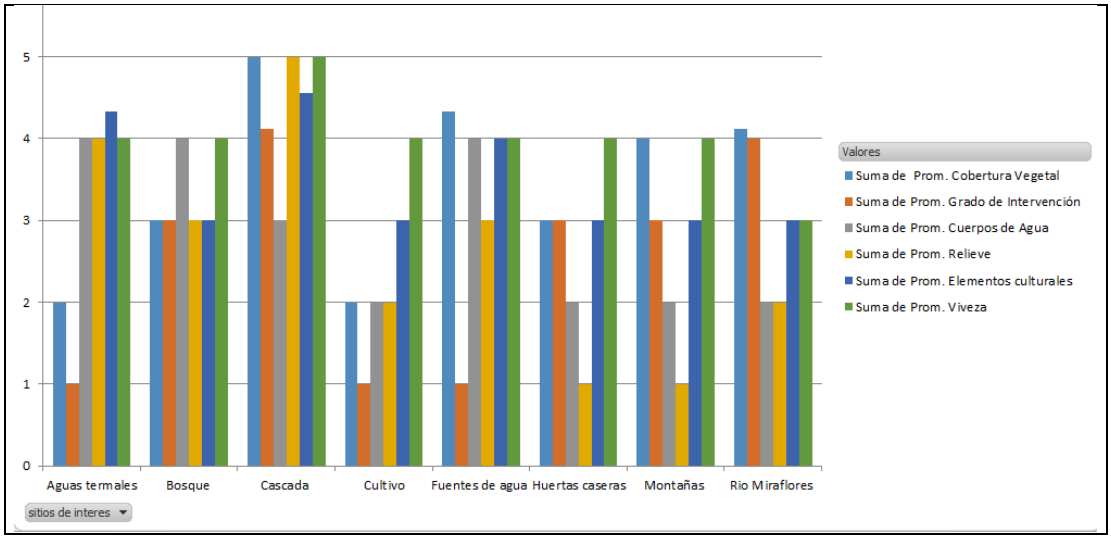


Figura 5.1.19: Matriz evaluación del paisaje Municipio de Pasto – Vereda San José de Catambuco

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Con relación a estos resultados, los pobladores de este sector también consideraron la variable de elementos culturales como muy importantes o favorables desde la percepción paisajística para cada uno de los sitios identificados, por los argumentos que esta denomina. Otra de las variables que estuvo dentro de esta misma denominación fue la de la viveza que emana cada uno de los sitios. Finalmente se concluye para este gráfico que los sitios identificados se encuentra por sus promedios en una tendencia de lo medianamente a lo más favorable, es decir, que va de 3 hacia 5 de promedio y la zona mejor valorada paisajísticamente es la cascada, seguido de sus bosques y del rio Miraflores.

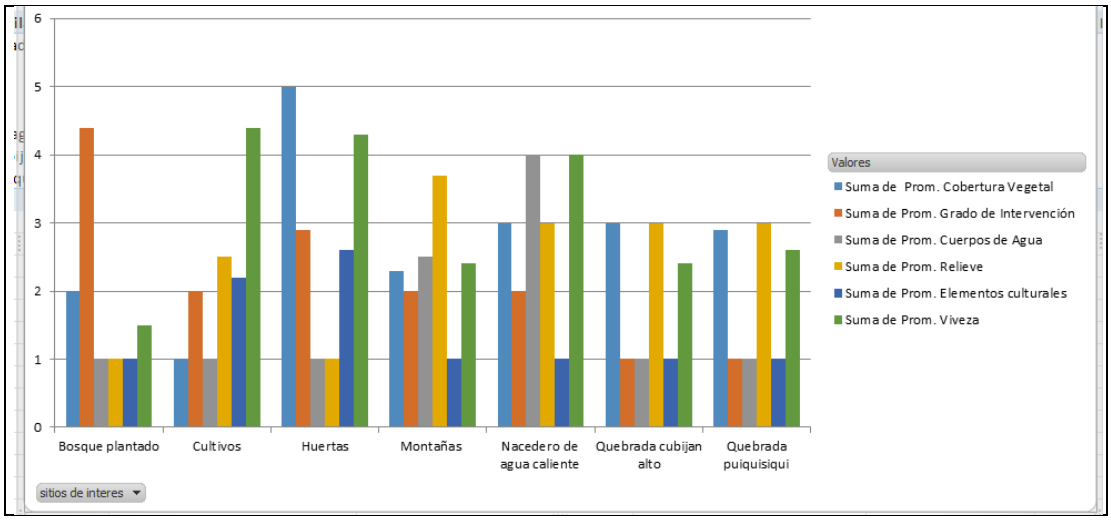


Figura 5.1.20: Matriz evaluación de paisaje Municipio de Pasto – Vereda la Merced
Fuente: (Géminis Consultores S.A.S, 2016)

Para finalizar con el análisis de estas gráficas, se evidencia con la sumatoria de cada uno de los promedios obtenidos para cada variable, que la zona de mayor importancia paisajística , es la de los nacederos de agua caliente seguido por las huertas que alberga por la visual que se genera y hablándose de variables, la de mejor calificación en la sumatoria de todos los promedios en cada uno de los sitios es la viveza, debido a la variedad de elementos aunque se observen intervenciones, fraccionamientos o desordenes y un desbalance entre elementos, seguida de la variable de cobertura vegetal por su variedad de uno o dos tipos de vegetación

5.1.4. Suelos y uso de la tierra

En el presente capítulo se describe el componente suelo desde el punto de vista de uso actual del suelo y conflicto de uso identificado en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal– Catambuco.

El objetivo del estudio de los suelos es caracterizar, describir, clasificar y espacializar el paisaje mediante una zonificación (unidades funcionales) que permita identificar las potencialidades y limitaciones del suelo.

5.1.4.1. Unidades cartográficas de suelos

La unidad de paisaje se define como una porción de la superficie de terreno que tiene morfología homogénea como resultado de la actividad antrópica y biológica. Esta unidad es la base fundamental para el análisis que permite identificar los parámetros que afectan el uso de la tierra.

Así mismo, el paisaje se comporta como una entidad espacial y temporal integrada. El estudio de los paisajes realiza un enfoque interdisciplinario que permite un real entendimiento del suelo y la formulación adecuada de políticas de manejo y ocupación del territorio.

De igual manera, el estudio de suelos se divide por unidades funcionales a través del corredor vial Rumichaca – Pasto tramo Pedregal Catambuco. En esta se encuentra descrito el lugar de origen y finalización, paisaje, material parental, unidad cartográfica, taxonomía, clasificación agrológica, nomenclatura y área de influencia por unidad funcional, así como lo reflejan la Tabla 5.1-13.

Tabla 5.1-13 Ubicación unidades funcionales

UNIDAD FUNCIONAL	LUGAR DE ORIGEN	LUGAR DE DESTINO
4	Pedregal 0+000	Tangua 15+750
5	Tangua 15+750	Catambuco 32+700

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

La descripción de las unidades cartográficas de suelos se presenta según el orden de las unidades funcionales y según el área de influencia en la Tabla 5.1-14.

Tabla 5.1-14 Clasificación de suelos

PISO TÉRMICO	PROVINCIA DE HUMEDAD	GEOMORFOLOGÍA	ASOCIACION	UNIDAD CARTOGRÁFICA	UNIDAD TAXONÓMICA	CLASE AGROLÓGICA	AREA (HAS)
Templado	Árido	Lomerío	Indiferenciado	ARCf2,g2	Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 30%, Entic Haplustolls 30%, Typic Argiustolls 10%	VIIItc6	208,80
		Montaña	Indiferenciado	ARCf2,g2	Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 30%, Entic Haplustolls 30%, Typic Argiustolls 10%	VIIItc6	19,98
		Lomerío	Consociación	ARBb,c	Typic Haplustolls 50%, Cumulic Haplustolls 35%, Typic Argiustolls 15%	IIIsc6	8,25
		Lomerío	Consociación	ARDd2,e2	Entic Haplustolls 90%	VItec6	3,58
		Lomerío	Indiferenciado	ARCf2,g2	Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 30%, Entic Haplustolls 30%, Typic Argiustolls 10%	VIIItc6	2,87
Frio	Húmedo	Montaña	Consociación	MLAb,c,d,e,f,g	Acrudoxic Melanudands 50%, Acrudoxic Hapludands 30%, Acrudoxic Placudands 20%	IIIsc3	1,57
		Lomerío	Indiferenciado	AMEf2,g2	Typic Haplustepts 30%, Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 25%, Vitrandic Dystrudepts 15%	VIIItc4	30,11
		Lomerío	Consociación	ALBc	Pachic Melanudands 40%, Typic Hapludands 30%	IIIt3	8,33
		Lomerío	Consociación	MLAb,c,d,e,f,g	Acrudoxic Melanudands 50%, Acrudoxic Hapludands 30%, Acrudoxic Placudands 20%	IIIsc3	44,81
		Lomerío	Consociación	AMBa,b,c	Vitric Haplustands 90%	IIIc4	342,30
		Montaña	Consociación	AMBa,b,c	Vitric Haplustands 90%	IIIc4	1,83
		Lomerío	Consociación	ARBb,c	Typic Haplustolls 50%, Cumulic Haplustolls 35%, Typic Argiustolls 15%	IIIsc6	78,86
		Lomerío	Consociación	ARDd2,e2	Entic Haplustolls 90%	VItec6	29,67
		Lomerío	Indiferenciado	ARCf2,g2	Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 30%, Entic Haplustolls 30%, Typic Argiustolls 10%	VIIItc6	110,75

PISO TÉRMICO	PROVINCIA DE HUMEDAD	GEOMORFOLOGÍA	ASOCIACION	UNIDAD CARTOGRÁFICA	UNIDAD TAXONÓMICA	CLASE AGROLÓGICA	AREA (HAS)
		Lomerío	Asociación	AMDd,e	Vitrandic Dystrustepts 45%, Typic Haplustalfs 40%	VIIts5	177,37
		Montaña	Asociación	AMDd,e	Vitrandic Dystrustepts 45%, Typic Haplustalfs 40%	VIIts5	139,34
		Valle	Asociación	AMDd,e	Vitrandic Dystrustepts 45%, Typic Haplustalfs 40%	VIIts5	9,44
		Lomerío	Indiferenciado	AMEf2,g2	Typic Haplustepts 30%, Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 25%, Virtrandic Dystrudepts 15%	VIIItc4	127,22
		Montaña	Indiferenciado	MMAf,g	Entic Haplustolls 40%, Humic Dystrustepts 40%	VIItsc4	2,46
Muy frio		Lomerío	Consociación	ALBc	Pachic Melanudands 40%, Typic Hapludands 30%	IIIt3	53,17
		Lomerío	Consociación	AMBa,b,c	Vitric Haplustands 90%	IIIc4	60,41
		Lomerío	Consociación	MLEd,e,e2	Acrudoxic Fulvudands 50%, Typic Fulvudands 30%, Typic Palehumults 20%	IVts3	14,62
		Lomerío	Asociación	AMDd,e	Vitrandic Dystrustepts 45%, Typic Haplustalfs 40%	VIIts5	0,95
		Lomerío	Indiferenciado	AMEf2,g2	Typic Haplustepts 30%, Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 25%, Virtrandic Dystrudepts 15%	VIIItc4	0,84
		Lomerío	Consociación	ALBc	Pachic Melanudands 50%, Pachic Fulvudands 30%	IIIt3	207,44
		Lomerío	Consociación	MLAb,c,d,e,f,g	Acrudoxic Melanudands 50%, Acrudoxic Hapludands 30%, Acrudoxic Placudands 20%	IIIsc3	137,07
		Lomerío	Consociación	AMBa,b,c	Vitric Haplustands 90%	IIIc4	18,67
		Lomerío	Indiferenciado	AMEf2,g2	Typic Haplustepts 30%, Typic Ustorthents 30%, Miscelßneo de cenizas 25%, Vitrandic Dystrudepts 15%	VIIItc4	18,99

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

La descripción de los suelos se hace siguiendo el orden de la leyenda del mapa de suelos de acuerdo con los tipos de relieve presentes en cada paisaje, los que se caracterizan por tener condiciones similares en cuanto a clima, topografía y materiales parentales.

Cada clasificación está representada por un símbolo que hace relación en su orden a paisaje, clima y suelos. Estas letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican rangos de pendiente, erosión y pedregosidad, así como se muestra en las siguientes tablas: Tabla 5.1-15, Tabla 5.1-16, Tabla 5.1-17, Tabla 5.1-18 y Tabla 5.1-19 Simbología para la unidad pedregosidad.

Tabla 5.1-15 Simbología de las unidades de paisaje

PAISAJE	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN

PAISAJE	
M	Montaña
L	Loma
P	Piedemonte
R	Planicie
V	Valle

Fuente Cortolima, 2005.

Tabla 5.1-16 Simbología de la unidad clima.

CLIMA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
E	Extremadamente frío húmedo
H	Muy frío húmedo y muy húmedo
L	Frío húmedo y muy húmedo
M	Frío seco
Q	Medio húmedo y muy húmedo
R	Medio seco
V	Cálido húmedo y muy húmedo
W	Cálido seco

Fuente: Cortolima, 2005.

Tabla 5.1-17 Simbología de la unidad de pendientes

PENDIENTE	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
a	Ligeramente plana (1 – 3%)
b	Ligeramente inclinada (3 – 7%)
c	Moderadamente inclinada (7 -12%)
d	Fuertemente inclinada (12 – 25%)
f	Moderadamente escarpada (50 – 75%)
g	Fuertemente escarpada (<75%)

Fuente: Cortolima, 2005.

Tabla 5.1-18 Simbología para la unidad erosión.

EROSIÓN	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
Sin símbolo	No hay o es ligera
2	Moderada
3	Severa

Fuente Cortolima, 2005.

Tabla 5.1-19 Simbología para la unidad pedregosidad.

PEDREGOSIDAD	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
p	Recubrimientos de roca

Fuente: Cortolima, 2005.

A continuación, se hace una descripción para las unidades paisaje más representativo incluyendo información de clima. En las unidades cartográficas se destaca, material geológico, relieve, vegetación, uso actual, y limitantes de uso. Finalmente se comentan las características físicas y químicas.

– *Suelos de paisaje de lomerío en clima frio seco – UF4*

Corresponde geomorfológicamente a lomerío, formado por lomas y colinas con diferente grado de pendiente, de relieve moderadamente plano y ondulado. Posee zonas quebradas con pendientes cortas y transeptos planos con un área de influencia poco influyente. Los suelos correspondientes a esta unidad se derivan de areniscas, lutitas, limolitas, arcillolitas y rocas calizas; suelos bien drenados, de texturas media, moderadamente finas y finas, fuertemente ácidos, pH de 5 a 5.2, fertilidad baja a moderada. Altos contenidos de fosforo no disponible por los altos contenidos de hierro y aluminio. La mayoría están afectados por erosión hídrica y remoción de masa en grado ligero a moderado. Los niveles de pedregosidad son severos.

- Consociación – Unidad Funcional 4

Está unidad corresponde a relieve de lomerío con litología arcillolitas y tobas volcánicas, con una pendiente moderada de 7-12 %, una topografía moderadamente inclinada a moderadamente ondulada. En esta unidad se puede encontrar homogeneidad en las ondulaciones montañosas, de relieve ligeramente plano y un nivel de erosión moderado. Estos son suelos con transición de frio seco a muy húmedo, fertilidad media, pH ácido, horizonte superficial susceptible a heladas. Para mejorar su aptitud de uso se recomienda un manejo integrado del recurso suelo y rotación de cultivos, además de mejorar las técnicas de regadío. Los cultivos de trigo, cebada, arveja, maíz, para y pastos son los recomendados. Esta unidad presenta uso actual en ganadería, con pastos mejorados, minas de arena, cultivos transitorios, profundidad efectiva muy superficial y presencia de fragmentos de roca en superficie.

Estos forman la consociación los suelos Typic Ustropepts 35%, Typic Ustorthents 35% y Entic Haplustolls 30%.

Características de los componentes Taxonómicos Ustic Dystropepts: se distribuye en los sectores medios de la unidad; su perfil es de tipo A-B-Cr, en donde sus horizontes A y B son de colores claros (pardo amarillento y pardo fuerte) y texturas arcillosas; el horizonte Cr está constituido por roca de arcillolita meteorizada. Son bien drenados; superficiales, limitados por contacto paralitico; muy fuerte a fuertemente ácidos; con bajos contenidos de calcio, magnesio, potasio y fosforo; alta saturación de aluminio y baja fertilidad.

Características de los componentes Taxonómicos Typic Ustorthents: se distribuyen en los sectores medios y bajos de las laderas; su perfil es de tipo A-C, en donde el horizonte A es pardo grisáceo oscuro, con textura franca y abundante contenido de fragmentos gruesos de roca; la secuencia de horizontes C tiene colores pardo grisáceo muy oscuro y texturas francas y franco arenoso, con abundantes fragmentos de roca. Son bien drenados; superficiales, limitados por fragmentos de roca; medianamente alcalinos; con un complejo de cambio denominado por calcio y magnesio, altos contenidos de fosforo y

fertilidad moderada.

Características de los componentes Taxonómicos Entic Haplustolls: se distribuyen en los sectores bajos de la unidad; su perfil es de texturas francoarcillosas, color pardo grisáceo muy oscuro con moteos pardo amarillento claro en profundidad; su nomenclatura es A-AC-Cr. Son bien drenados; superficiales, limitados por contacto paralitico; ácidos a ligeramente acido, con un complejo de cambio de cambio dominado por calcio y bajos contenidos de fosforo; la fertilidad es alta.

– *Suelos de paisaje de montaña en clima muy frío húmedo y muy húmedo – UF5*

Formado por cotas y colinas con diferente grado de pendiente, de relieve moderadamente escarpado y ondulado. Posee zonas quebradas con pendientes cortas. Los suelos correspondientes se derivan de areniscas, lutitas y tobas volcánicas; son suelos bien drenados, con texturas gruesas, fuertemente ácido, con altos contenidos de aluminio y hierro; oscila entre los 2.600 a 3.200 m.s.n.m. Estos suelos se ven afectados por erosión hídrica y remoción de masa en grado ligero a moderado. Forman la asociación los suelos Typic Humitropepts 60%, Oxic Dystropepts 20% y Typic Troporthents 20%.

- Área de miscelánea – Unidad Funcional 5

La geoforma corresponde a relieve de montaña, constituida por rocas sedimentarias y altos contenidos de materia orgánica debido a la altura sobre el nivel del mar que permite que los procesos de descomposición sean más lentos. Esta es mezclada con sedimentos finos (arcillas), su topografía es ondulada con quiebres pronunciados, con pendientes de 7, 12 y 25%, presentando frecuentes fragmentos gruesos de roca en superficie.

Esta unidad presenta uso actual en ganadería, con pastos no manejados, con problemas de drenaje en las partes bajas, profundidad efectiva muy superficial, presencia de fragmentos de roca en superficie y sobre todo área cubierta por infraestructuras en el corregimiento de Catambuco y entrada de la ciudad de Pasto, correspondiente a la zona urbana, por lo tanto, su clasificación agrologica es U y III.

Características de los componentes Taxonómicos Typic Humitropepts: Estos suelos se localizan en la parte alta de la unidad, en cotas superiores a 2.300 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar moderada profundidad radicular, son bien drenados; se desarrollan a partir de areniscas y lutitas. La morfología del perfil es de tipo A/B/C. El horizonte A, es profundo (varía entre 25 y 50 cm), de color negro, textura franca, estructura granular; el horizonte B es de color pardo grisáceo, textura franco arcillosa, estructura en bloques subangulares; el horizonte C, es de color gris claro, con moteos pardo amarillentos, textura arcillosa, estructura masiva. La reacción es fuertemente ácida, el contenido de materia orgánica es alto en el primer horizonte y bajo en el resto del perfil.

Características de los componentes Taxonómicos Oxic Dystropepts: Está unidad de

suelos se distribuye en los sectores medios y altos de la unidad, el perfil de nomenclatura es A-B-C, en donde el horizonte superior es pardo, de textura arcillo arenosa, que descansa sobre una secuencia B-C de colores mezclados rojo y amarillo rojizo, con texturas arcillosas, son bien drenados, moderadamente profundos, con baja fertilidad, pH fuertemente acido.

Características de los componentes Taxonómicos Typic Troporthents: este tipo de suelos ocupan la parte alta de la unidad, se caracterizan por tener poco desarrollo genético, un delgado horizonte A, color pardo con textura franco arcillosa, que descansa sobre un horizonte C con color pardo amarillento con textura franco arcillo arenosa, con presencia de gravilla fina, son suelos bien drenados, superficiales, pH 5.3.

5.1.4.2. Uso actual del suelo

El estudio del uso actual de suelos conlleva la interacción entre la cobertura vegetal y las diferentes actividades humanas que se realizan sobre este recurso, constituye elementos fundamentales para conocer la situación presente y evaluar, en el tiempo, las transformaciones que se han llevado a cabo y que se seguirán presentando tanto en la vegetación natural como en la cultural, producto de la dinámica de ocupación del territorio, evolución del sistema productivo del país, crecimiento poblacional, políticas y estrategias de desarrollo y cambios naturales globales, entre otros. (Ver Figura 5.1.21 y Figura 5.1.22)

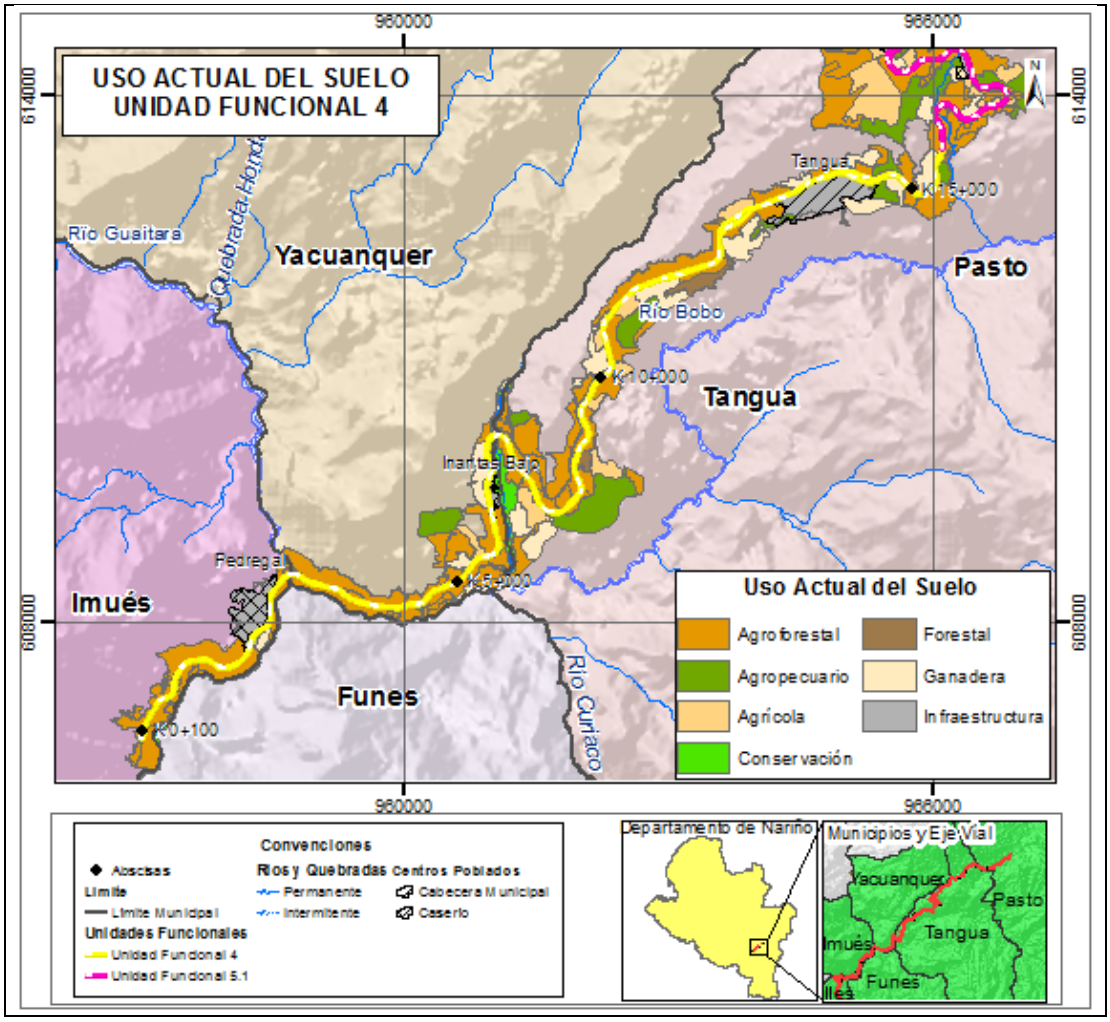


Figura 5.1.21: Uso actual del suelo UF 4
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

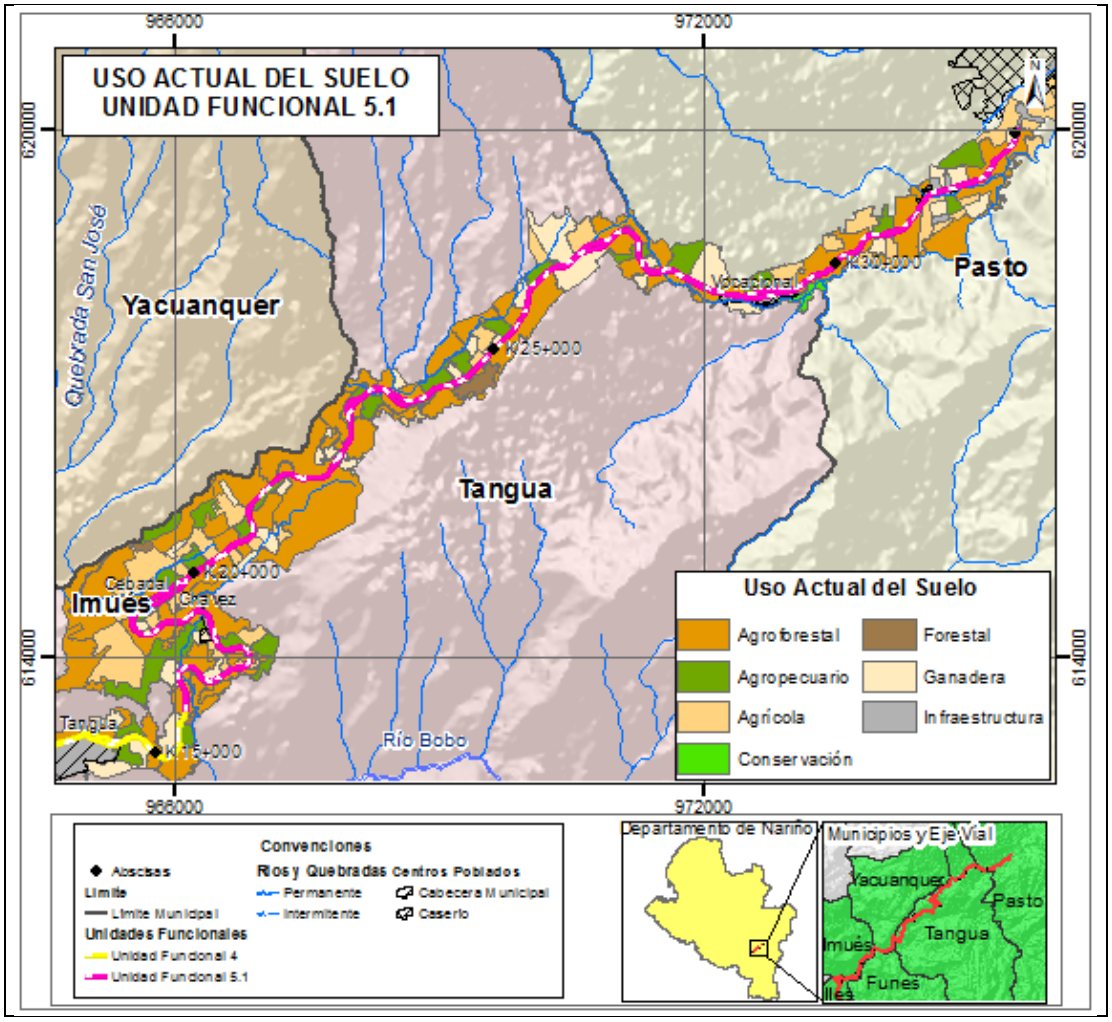


Figura 5.1.22 Uso actual del suelo UF 5.1
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Los suelos encontrados en el área de estudio (ver Tabla 5.1-20) ocupan sectores quebrados a escarpados, poco evolucionados con gran intervención de cultivos, poco tecnificados que ocasionan la degradación de los mismos.

Tabla 5.1-20 Uso actual del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal - Catambuco

USO ACTUAL				
USO	**TIPO USO**	**NOMENCLATURA**	**ÁREA (ha)**	**%**
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	CTI	12,03	0,62
Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	15,11	0,78

USO ACTUAL				
USO	**TIPO USO**	**NOMENCLATURA**	**ÁREA (ha)**	**%**
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	210,42	10,88
Agroforestal	Silvoagrícola	SAG	61,50	3,18
Agroforestal	Agrosilvopastoril	SAP	480,40	24,84
Agroforestal	Silvopastoril	SPA	455,01	23,53
Ganadera	Pastoreso intensivo y semi-intensivo	PSI	236,09	12,21
Forestal	Producción	FPR	25,30	1,31
Forestal	Producción-protección	FPP	4,20	0,22
Conservación	Protección	CFP	29,32	1,52
Conservación	Recursos hídricos	CRH	20,89	1,08
Agropecuario	Agropecuario tradicional	AGR	225,88	11,68
Infraestructura	Vial	VIA	48,54	2,51
Infraestructura	Urbano	URB	108,92	5,63
TOTAL			1933,62	100,00

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El uso actual del suelo predominante es el agropecuario y ganadero. Estos usos están directamente relacionados con las coberturas vegetales existentes, donde predominan los cultivos transitorios y los pastos con espacios naturales arbolados principalmente.

En cuanto al uso agrícola, está presente a lo largo de todo el tramo e se presentan cultivos transitorios semi-intensivos (cebada, trigo y hortalizas), cultivos semipermanentes y permanentes intensivos (arveja y fríjol), y cultivos transitorios intensivos (papa).

El uso de suelo, de tipo agroforestal, se presenta en determinados sectores del corredor vial, como lo es en el municipio de Imués, observándose que se han incorporado nuevos sistemas de producción amigables con el ambiente, como lo son los sistemas silvopastoriles, en donde se busca una interacción entre el animal y el componente arbóreo. Por otra parte, en diferentes sectores de la vía, se observa la práctica de pastoreo intensivo y semi-intensivo, ocasionando la erosión de los suelos.

Adicionalmente, se observa a lo largo del tramo Pedregal – Catambuco la presencia de plantaciones forestales de la especie *Eucalyptus globulus,* y vegetación secundaria. Las plantaciones se encuentran establecidas, sin manejo silvicultural y sin diseño, debido a que las distancias encontradas en campo, no favorecen al desarrollo y crecimiento de los individuos. Presentándose arboles con crecimientos irregulares, torcidos e inclinados.

– *Urbana*

Infraestructuras y vías. Es una composición determinada por estructuras de concreto y cimientos habitacionales, vías, parques, planchas, locales, entre otras.

– *Ganadería*

Es el uso principal y dominante en el área de influencia de la variante es ganadería de tipo extensivo, este tipo de pastoreo se caracteriza por animales que permanecen un periodo prolongado en el mismo potrero. Este sistema es generalmente utilizado en los pastos naturales en los cuales por su escasa producción y crecimiento no se justifica la subdivisión de potreros. Por regla general, la capacidad de carga de estos sistemas es relativamente bajo, los potreros se subpastorean durante la época de lluvia y se utilizan en exceso durante las épocas secas, con el consiguiente deterioro de la cobertura forrajera. Este sistema favorece la propagación de las malezas, la re infestación de ecto y endo parásitos de los animales, una inadecuada distribución de las heces y orina en la pastura y especialmente, un deficiente aprovechamiento del forraje. La realización de prácticas de manejo es reducida a nulas y la intensidad de su uso impide la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

– Agroforesta*l*

Sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles
Correspondientes a la UF4; dadas sus características agrologicas, presenta poco manejo agronómico situación que ha permitido la interacción ecológica de especies vegetales leñosas, generando un mosaico de pastos, rastrojos y relictos de bosques, algunos cultivos transitorios como frijol, arveja, papa, presentando espacios naturales que permiten el uso para pastoreo.

– *Protección*

Forestal para actividad forestal protectora
Este uso se encuentra en las zonas que presentan relictos de bosque natural, generalmente asociados a cuerpos de agua, como nacimientos o humedales, en estos bosques se ha realizado aprovechamiento selectivo de las especies, y además se han talado para generar actividad ganadera aledaña, Lo cual afecta su cobertura ya que tiende a reducir.

Transición entre actividad forestal protectora a pastoreo extensivo
Está transición hace referencia al parche encontrado en la Unidad Funcional 4, 0+000 – 15+750, donde se realizó quema de la cobertura vegetal existente de bosque natural fragmentado, para dar paso a uso futuro en ganadería con pastos limpios.

5.1.4.3. Uso potencial del suelo

El uso potencial de las tierras se define como el uso más intensivo que puede soportar el

suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenible, sin deteriorar los recursos naturales.

Se analizaron las unidades de suelo, pendiente, la susceptibilidad a la erosión y la flora, de modo que se construyan alternativas a los limitantes y potencialidades de los suelos de la zona de estudio. La clasificación que se presenta permite la adecuada explotación de suelos de la zona. La evaluación de las tierras para determinar la aptitud de uso potencial, se realizó teniendo en cuenta las características agrologicas más importantes tales como clima, pendiente, erosión, fertilidad natural, profundidad efectiva radicular, drenaje, posibilidad de mecanización y en especial aquellas unidades de protección.

Figura 5.1.23

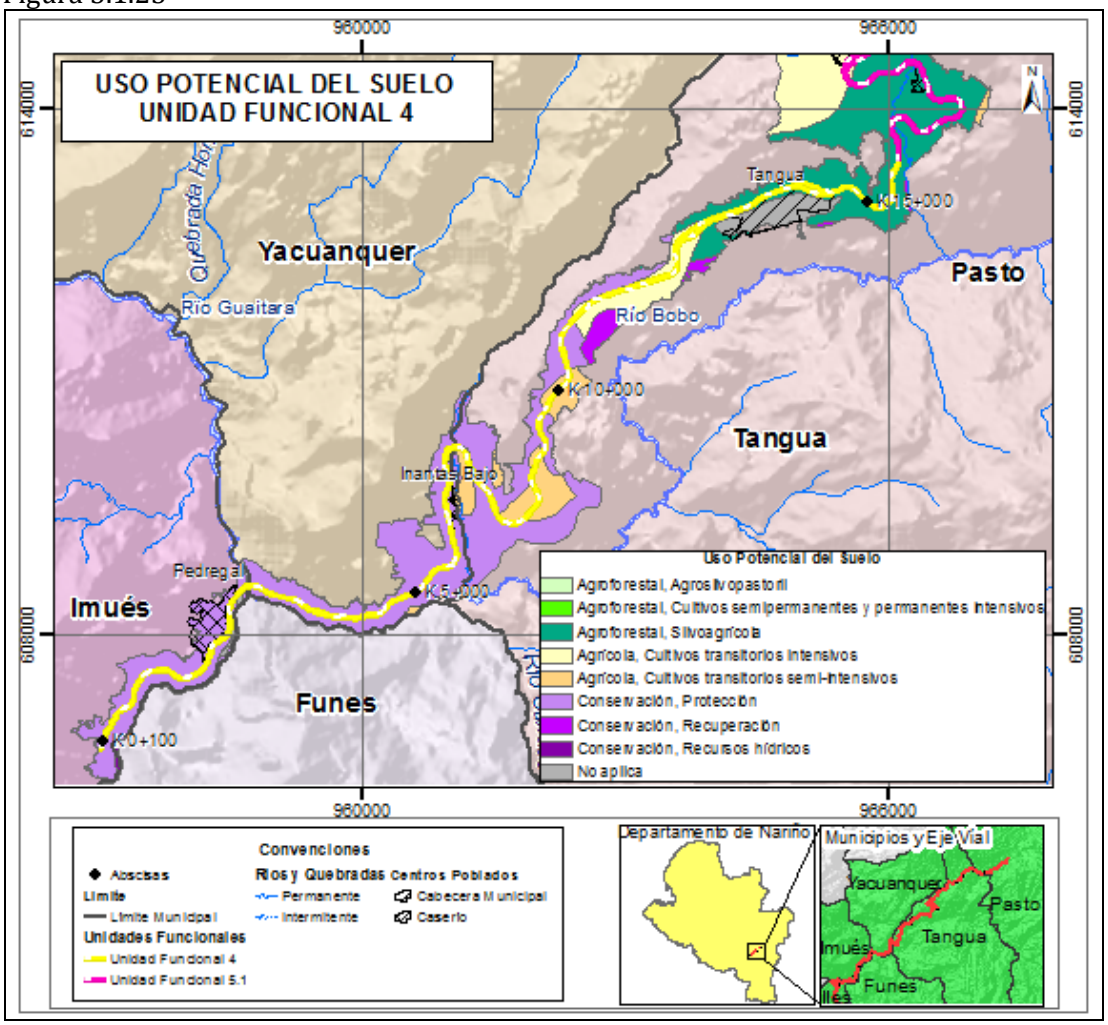


Figura 5.1.24: Representación catográfica del uso potencial para el área de influenica UF 4

Fuente: (Géminis Consultores S.A.S, 2015)

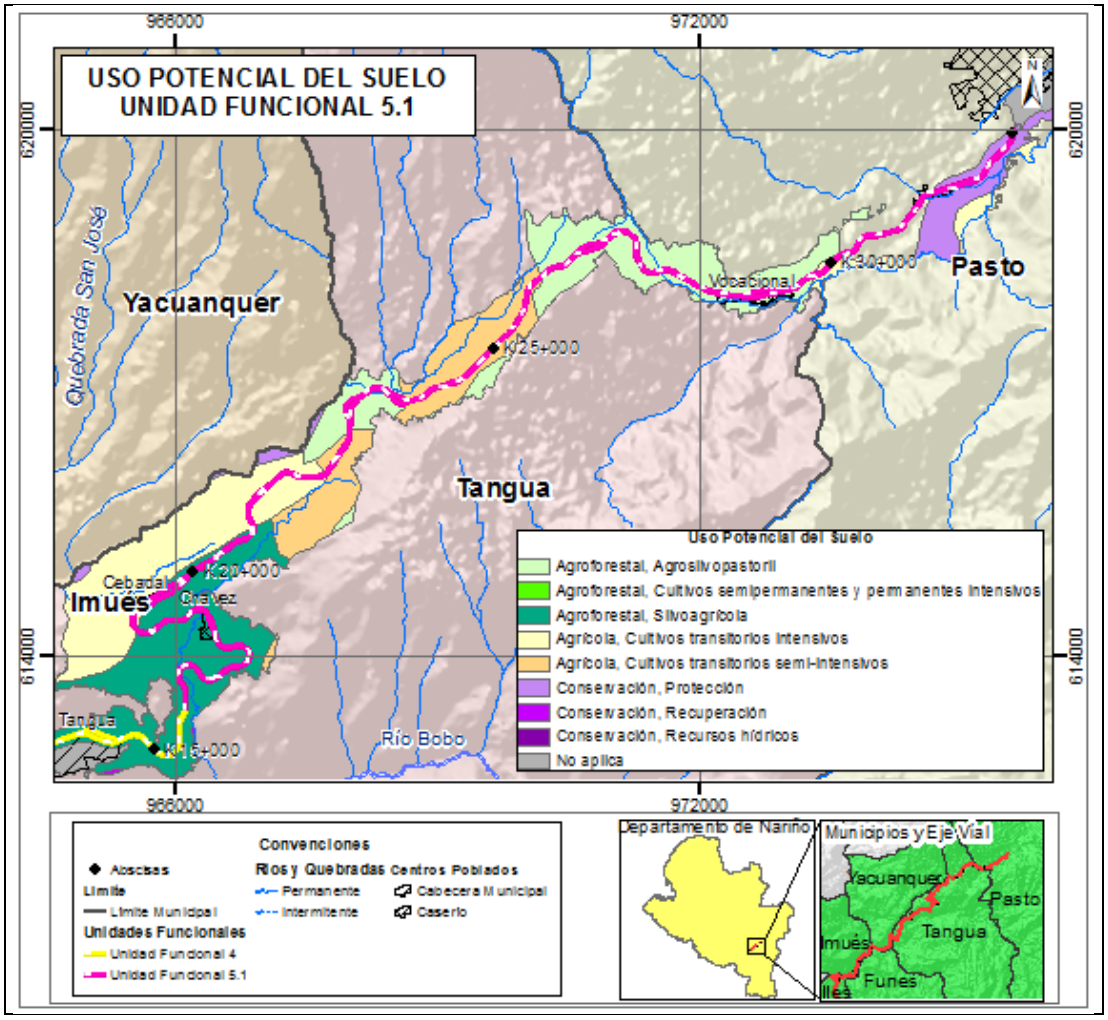


Figura 5.1.25: Representación catográfica del uso potencial para el área de influenica UF 5.1

Fuente: (Géminis Consultores S.A.S, 2015)

En el área de influencia el uso potencial dominante de acuerdo a las características de los suelos es de 1933,2 has, el cual se caracteriza por presentar cultivos, silvoagrícola, agropastoril y de protección. En la Tabla 5.1-21 se presentan los diferentes usos potenciales identificados en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5.1-21 Uso potencial del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco

USO POTENCIAL				
USO	**TIPO USO**	**NOMENCLATURA**	**ÁREA (ha)**	**%**
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	CTI	325,74	16,85
Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	258,72	13,38
Agrícola	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos	CSI	112,15	5,80
Agroforestal	Silvoagrícola	SAG	327,09	16,92
Agroforestal	Agrosilvopastoril	SAP	269,05	13,91
Conservación	Protección	CFP	539,25	27,89
Conservación	Recursos hídricos	CRH	3,71	0,19
Conservación	Recuperación	CRE	21,96	1,14
No aplica	No aplica	N/A	75,94	3,93
TOTAL			1933,62	100,00

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

La información anterior expuesta en la Tabla 5.1-21 y en la Figura 5.1.24 y Figura 5.1.25 se identifica las condiciones ambientales del suelo y sus consideraciones limitantes, dado que el mayor número de hectáreas son para conservación y uso agrícola, es en donde se fija la proyección de las áreas en estudio.

Teniendo en cuenta la capacidad natural del suelo se determinaron áreas de protección que se constituyen como zonas en donde se tendrá en cuanta para la zonificación ambiental y darle el debido manejo; las áreas de uso agrícola están para cultivos transitorios se hace necesario identificar las alternativas de aprovechamiento sostenible con el fin de garantizar y mantener la productividad del suelo con el mínimo riesgo de deterioro.

Áreas para sistemas agrosilvopastoriles

Son sistemas que combinan la agricultura, el pastoreo y la silvicultura. No se requiere la remoción continua del suelo, permite la explotación agroforestal y pastos simultáneamente; es decir se combinan los sistemas silvopastoril y silvoagrícola conjuntamente. El sistema silvopastoril incluye: Potreros arbolados con especies de leguminosas, establecimiento de cercas vivas con árboles y arbustos, establecimiento de leguminosas. Los sistemas silvoagrícolas comprende: árboles como sombrío de cultivos, huertos familiares, cultivos en franjas. Estos sistemas proporcionan al suelo: mayor retención y aporte de materia orgánica, mayor diversificación de productos y control de erosión.

5.1.4.4. Uso potencial del suelo por clase agrológica

Para la zona de influencia del proyecto las unidades de suelos se clasificaron dentro de 4 grandes grupos agrologicos así:

- Clase U

Son suelos urbanos, con características y formas homogéneas, construcciones y formas que difieren del paisaje. Además, poseen parches de huertos, parques, lotes o pasajes de pequeña proporción de uso vario. En esta clase se encuentra la unidad **MLCc2** ya que están sobre paisaje de montaña, con un clima frío húmedo y muy húmedo y una pendiente moderadamente inclinada. La erosión es moderada, causada por fuentes antrópicas. Esta clase se la encuentra en 15+700 al 37+948 (UF5).

- Clase III

Suelos ondulados con pendientes entre el 7 y el 12 %. Son apropiados para cultivos transitorios, praderas, plantaciones forestales, ganadería intensiva. Están limitados por una alta susceptibilidad a la erosión, inundaciones frecuentes, poca profundidad efectiva, baja capacidad de retención de agua, moderada acidez y presencia de roca en superficie.

Esta clase de tierras se encuentra en los climas frío, medio y cálido húmedo, muy húmedo y seco, en relieve plano fuertemente inclinado, con suelos muy profundos a superficiales.

Presenta limitaciones moderadas de uso debido a una o más de las siguientes causas: profundidad efectiva, presencia de fragmentos de roca, material compactado, saturación de aluminio, nivel freático, pendientes, lluvias, drenaje, inundaciones y heladas.

En esta clase encontramos las subclases III sc3, III t3, III c4 y III sc6

- Clase IV

Son suelos moderada y fuertemente inclinados, con pendientes que oscilan los 7 y 25%. Los cultivos que pueden desarrollarse allí son muy limitados. Así mismo, las tierras de esta clase se encuentran en los climas frío, medio y cálido húmedo y seco, en relieves planos a fuertemente inclinados. Los suelos son muy profundos a superficiales y fuerte a ligeramente ácidos. Tienen limitaciones moderadas y severas de uso debido a una o más de las siguientes: erosión moderada, escasa y mala distribución de las lluvias, alta saturación de aluminio, pendientes fuertemente inclinadas, profundidad efectiva superficial, fertilidad baja, abundantes fragmentos de roca y nivel freático superficial.

En esta clase encontramos la subclase IV ts3.

- Clase VI

Las tierras de esta clase se presentan en los climas muy frío, frío, medio y cálido húmedo y muy húmedo, asó como medio seco y cálido seco y pluvial. Los suelos varían en la profundidad efectiva de profunda a superficial, bien drenados, extremadamente ácidos a ligeramente alcalinos. El relieve es ligeramente inclinado a ligeramente escarpado.

Tienen limitaciones severas de uso debido a una o más de las siguientes causas: alta saturación de aluminio, vientos fuertes, heladas frecuentes, nubosidad alta, lluvias excesivas o escasas, baja fertilidad, presencia de abundantes fragmentos de roca, pendientes escapadas, afloramientos rocosos y erosión moderada. Suelos con pendientes moderadas a fuertes de 25% a 50%; Por las fuertes pendientes se recomienda explotaciones silvopastoriles, agrosilvopastoriles y agroforestales con manejo de fertilización y control de erosión; cultivos como papa, arveja, cebada, trigo, uso de semillas seleccionadas y cultivo de curvas a nivel.

En esta clase encontramos la sub clase VI tec6.

- Clase VII

Las tierras de esta clase se encuentran en los climas frío, medio y cálido húmedo y muy húmedo y en el frío seco y cálido pluvial, en relieve ligera y moderadamente escarpado. Los suelos son muy profundos a superficiales, muy fuerte a moderadamente ácidos.

Estos suelos tienen limitaciones severas de uso debido a una o más de las siguientes causas: relieve escarpado, lluvias escasas y/o excesivas, profundidad efectiva muy superficial, muy alta susceptibilidad a la erosión. Además, presentan limitaciones menos severas por erosión moderada, fertilidad baja, afloramientos rocosos, o alta saturación de aluminio.

En esta clase encontramos las sub clases VII ts5 y VII tsc4.

- Clase VIII

Las tierras de esta clase se presentan en los climas nival, subnival, extremadamente frío, muy frío, frío, medio y cálido húmedo y muy húmedo; así como en clima frío, medio y cálido seco y muy seco y cálido pluvial; en relieves planos y moderada a fuertemente escarpados; suelos de variada profundidad, desde muy superficial a muy profundos y muy fuertemente ácidos a moderadamente alcalinos.

Estas tierras tienen limitaciones extremadamente severas de uso debido a una o más de las siguientes causas: muy poca profundidad efectiva, pendientes escarpadas, encharcamientos prolongados, temperaturas bajas, vientos fuertes, poco brillo solar, alto contenidos de sales y sodio, lluvias excesivas o escasas, muy alta saturación de aluminio, o fertilidad muy baja.

En esta clase encontramos las sub clase VIII tc4.

CLASE AGROLÓGICA	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)
Clase agrológica VII	VIItsc4	21,98
Clase agrológica VII	VIIts5	327,09
Clase agrológica VI	VItec6	33,25
Clase agrológica VIII	VIIItc6	342,40
Clase agrológica VIII	VIIItc4	157,64
Clase agrológica III	IIIt3	61,50
Clase agrológica III	IIIt3	207,43
Clase agrológica III	IIIsc6	87,12
Clase agrológica III	IIIsc3	183,46
No Aplica	N/A	73,91
Clase agrológica III	IIIc4	423,22
Clase agrológica IV	IVts3	14,62

5.1.4.5. Conflictos uso del suelo

El desequilibrio que existe entre el uso actual, la cobertura de la tierra y la aptitud potencial del suelo causando erosión o degradación de la tierra, es lo que se denomina conflicto de uso.

Cuando hay discrepancias entre los diferentes tipos de utilización de los suelos con las cualidades de la tierra y los recursos bióticos básicos permiten generar un mapa de conflictos.

Los conflictos identificados en el territorio de influencia de la unidad funcional fueron:

– *Tierras en uso adecuado*

Son áreas que están utilizadas en explotaciones acordes con su capacidad de uso, ya que no se sobrepasan las capacidades del suelo y por ende no se está causando impacto negativo. En esta clase tipo de uso se requieren prácticas de manejo que se aseguren una explotación sostenible.

– *Tierras en uso inadecuado*

Corresponden a las zonas en las cuales el uso actual o demanda de recursos superan el uso potencial que pueden soportar las tierras, es decir, los suelos están sometidos a actividades intensivas las cuales exceden su capacidad de uso y las prácticas de manejo son inadecuadas que traen como consecuencia procesos erosivos, ocasionando deterioro

progresivo en los terrenos, por ejemplo, ganaderías en desarrollo extensivo o en terrenos con pendientes fuertes sujetas a procesos erosivos, cuya vocación es primordialmente Agroforestal.

– *Tierras en uso muy inadecuado*

Son áreas en las cuales el uso actual está muy por encima de la aptitud potencial que puede soportar el suelo, es decir dicho suelo está sometido a actividades o usos intensivos, los cuales exceden su capacidad de sostenibilidad. Generalmente los conflictos que se presentan están relacionados con usos agropecuarios en las ares consideras como ecosistemas estratégicos.

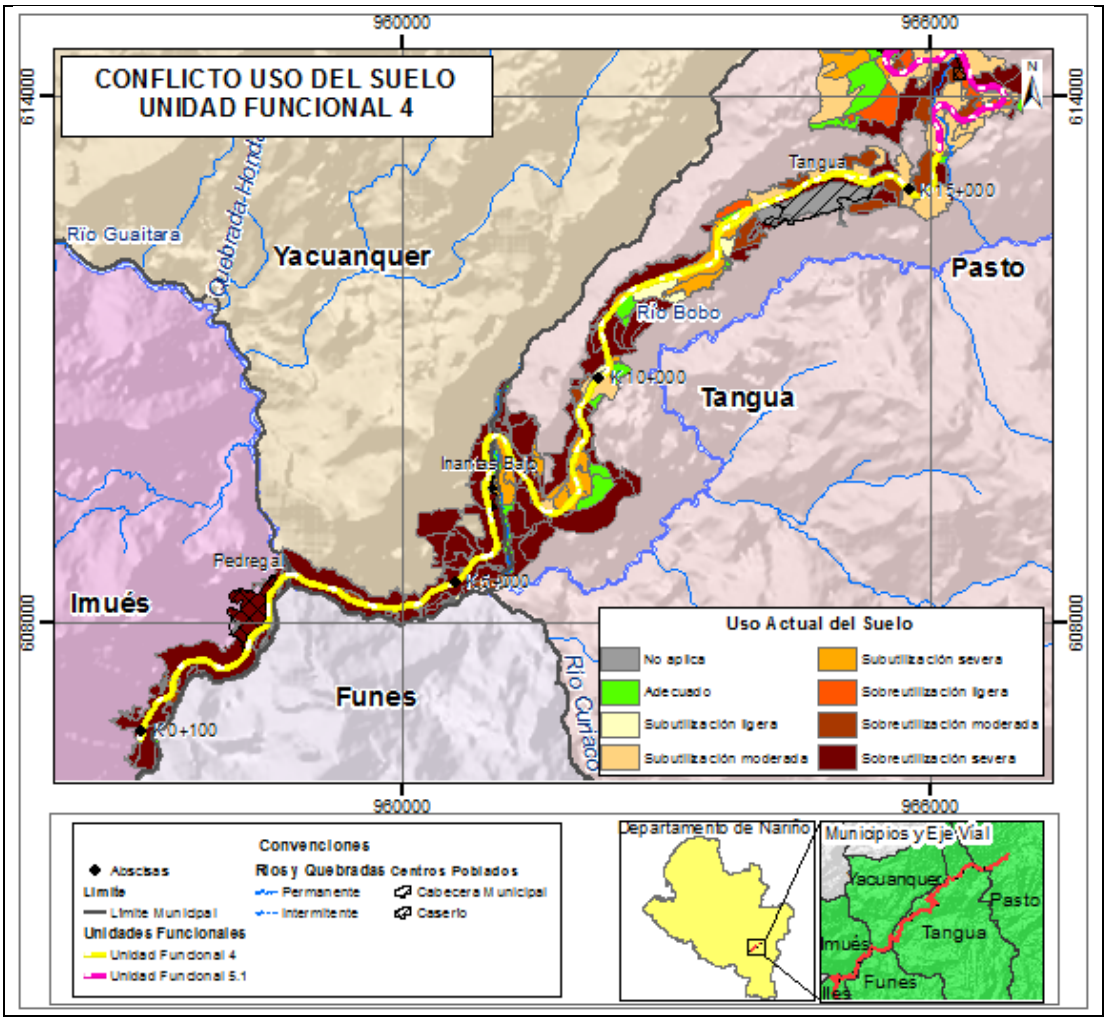


Figura 5.1.26 : Representación catográfica del conflicto de uso del suelo para el área de influenica UF 4

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

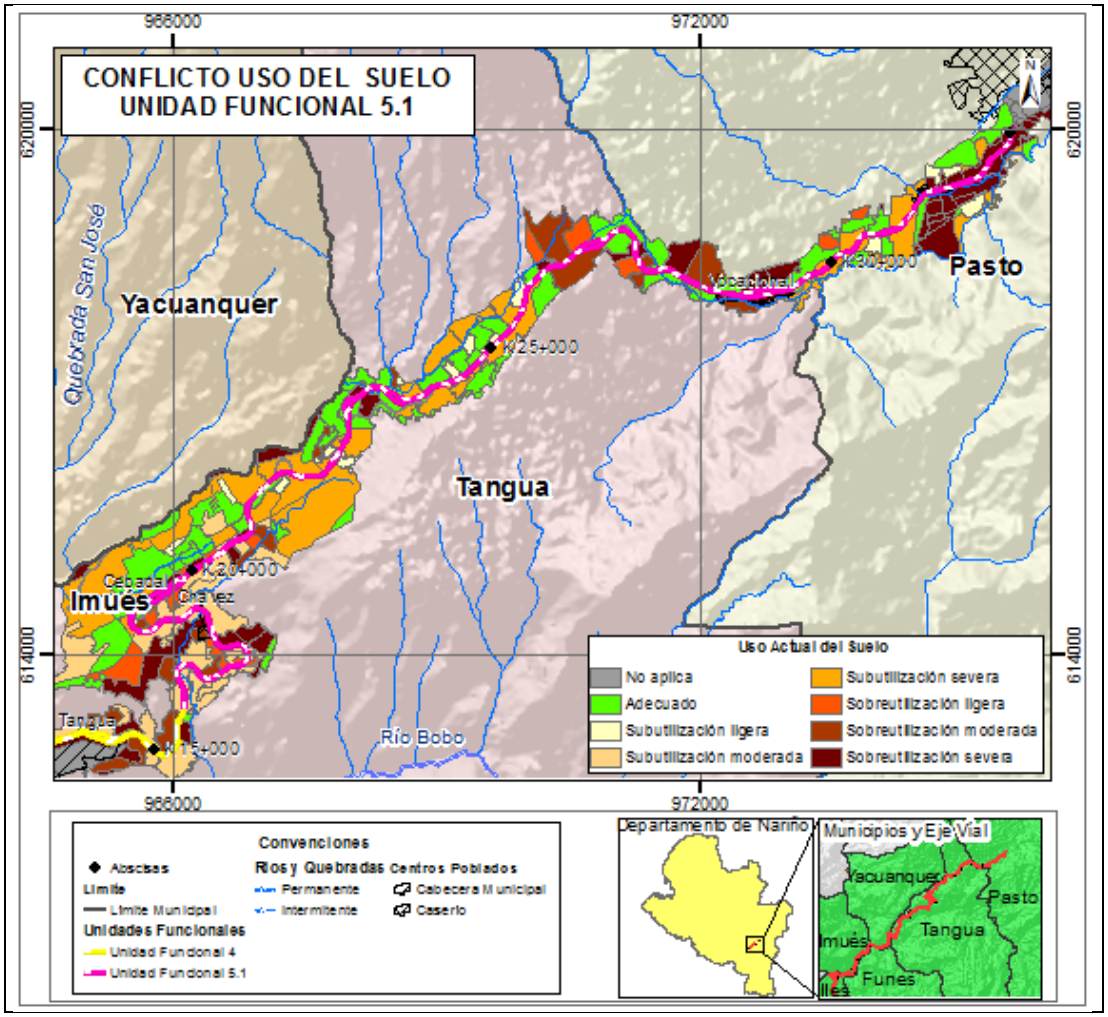


Figura 5.1.27: Representación catográfica del conflicto de uso del suelo para el área de influenica UF 5.1

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

La Tabla 5.1-22 y Figura 5.1.27 representa los conflictos del suelo presentes en el área de influencia del proyecto, el cual se caracteriza por ser áreas de protección, cultivos transitorios, silvoagricola para un total de 1582 ha. En la Tabla 5.1-22 se presentan los diferentes usos potenciales identificados en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5.1-22 Conflicto de uso del suelo en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco

CONFLICTO	NOMBRE	USO ACTUAL	USO POTENCIAL	ÁREA (ha)	% ÁREA
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	Adecuado	Agrícola	Agrícola	0,57	0,03
		Agrícola	Agroforestal	0,09	0,00
		Agrícola	Agrícola	4,77	0,25
		Agrícola	Agrícola	68,13	3,52
		Agrícola	Agrícola	15,44	0,80
		Agrícola	Agroforestal	22,30	1,15
		Agroforestal	Agroforestal	4,94	0,26
		Agroforestal	Agroforestal	70,10	3,63
		Agroforestal	Agroforestal	48,38	2,50
		Forestal	Agroforestal	1,66	0,09
		Forestal	Agroforestal	6,33	0,33
		Forestal	Conservación	0,00	0,00
		Forestal	Conservación	0,84	0,04
		Forestal	Conservación	0,22	0,01
		Conservación	Conservación	14,79	0,77
		Conservación	Conservación	13,44	0,69
		Conservación	Conservación	2,51	0,13
		Agropecuario	Agrícola	27,25	1,41
		Agropecuario	Agrícola	30,52	1,58
		Agropecuario	Agroforestal	17,27	0,89
No Aplica	No aplica	Agrícola	No aplica	3,19	0,16
		Agrícola	No aplica	16,76	0,87
		Agroforestal	No aplica	3,75	0,19
		Agroforestal	No aplica	2,57	0,13
		Ganadera	No aplica	6,90	0,36
		Conservación	No aplica	0,46	0,02
		Agropecuario	No aplica	1,89	0,10
		Infraestructura	No aplica	3,25	0,17
		Infraestructura	No aplica	37,17	1,92
Conflicto por sobreutilización ligera	Sobreutilización ligera	Agrícola	Agroforestal	34,63	1,79
		Agrícola	Agroforestal	19,27	1,00
		Agroforestal	Agroforestal	5,27	0,27

CONFLICTO	NOMBRE	USO ACTUAL	USO POTENCIAL	ÁREA (ha)	% ÁREA
Conflicto por sobreutilización moderada	Sobreutilización moderada	Agroforestal	Conservación	15,05	0,78
		Ganadera	Agroforestal	54,29	2,81
		Ganadera	Agroforestal	64,41	3,33
Conflicto por sobreutilización severa	Sobreutilización severa	Agrícola	Agroforestal	2,21	0,11
		Agrícola	Conservación	5,97	0,31
		Agrícola	Agroforestal	4,53	0,23
		Agrícola	Agroforestal	5,81	0,30
		Agrícola	Conservación	33,68	1,74
		Agrícola	Conservación	0,22	0,01
		Agroforestal	Conservación	0,01	0,00
		Agroforestal	Conservación	100,67	5,21
		Agroforestal	Conservación	0,35	0,02
		Agroforestal	Conservación	210,29	10,88
		Agroforestal	Conservación	1,19	0,06
		Agroforestal	Conservación	2,88	0,15
		Ganadera	Conservación	51,50	2,66
		Ganadera	Conservación	7,52	0,39
		Agropecuario	Agroforestal	59,36	3,07
		Agropecuario	Agroforestal	32,51	1,68
		Agropecuario	Conservación	47,25	2,44
		Agropecuario	Conservación	9,82	0,51
		Infraestructura	Agrícola	8,92	0,46
		Infraestructura	Agrícola	5,24	0,27
		Infraestructura	Agroforestal	1,99	0,10
		Infraestructura	Agroforestal	9,62	0,50
		Infraestructura	Agroforestal	5,36	0,28
		Infraestructura	Conservación	14,17	0,73
		Infraestructura	Agrícola	3,02	0,16

CONFLICTO	NOMBRE	USO ACTUAL	USO POTENCIAL	ÁREA (ha)	% ÁREA
		Infraestructura	Agrícola	0,05	0,00
		Infraestructura	Agroforestal	21,33	1,10
		Infraestructura	Agroforestal	9,50	0,49
		Infraestructura	Agroforestal	5,32	0,28
		Infraestructura	Conservación	32,21	1,67
		Infraestructura	Conservación	0,32	0,02
Conflicto por subutilización ligera	Subutilización ligera	Ganadera	Agrícola	25,49	1,32
		Ganadera	Agrícola	18,05	0,93
		Ganadera	Agrícola	7,93	0,41
Conflicto por subutilización moderada	Subutilización moderada	Agroforestal	Agrícola	25,43	1,31
		Agroforestal	Agrícola	10,81	0,56
		Agroforestal	Agroforestal	69,27	3,58
		Agroforestal	Agroforestal	77,09	3,99
Conflicto por subutilización severa	Subutilización severa	Agroforestal	Agrícola	89,11	4,61
		Agroforestal	Agrícola	114,40	5,92
		Agroforestal	Agroforestal	32,74	1,69
		Agroforestal	Agrícola	63,09	3,26
		Agroforestal	Agrícola	41,03	2,12
		Agroforestal	Agroforestal	8,50	0,44
		Forestal	Agrícola	13,04	0,67
		Forestal	Agrícola	3,43	0,18
		Forestal	Agrícola	3,98	0,21
		Conservación	Agrícola	1,70	0,09
		Conservación	Agrícola	6,52	0,34
		Conservación	Agroforestal	6,30	0,33
		Conservación	Agrícola	4,48	0,23

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

5.1.5. Hidrología

El agua es el elemento que determina la asignación de usos en el componente ambiental, por tanto, la oferta y demanda hídrica, es decir, la disponibilidad y uso del recurso en las diferentes épocas del año es la herramienta para planificar las actividades constructivas que requieran agua para el desarrollo del proyecto inherente al Proyecto. (Ver detalle en

GDB/cartografía/PDF/ EIADCRP_PC_013)

Teniendo en cuenta que el estudio de interés se enfoca en el desarrollo del componente ambiental, la disponibilidad del recurso hídrico representa la asignación de usos, por tanto, es importante conocer la oferta hídrica para determinar el grado de abastecimiento que se puede tener.

La hidrología se ocupa del análisis, las propiedades, distribución y circulación del agua en la superficie terrestre y en el subsuelo. Además de formar parte de todos los procesos productivos y extractivos como recurso vital de los diferentes ecosistemas, por lo que el estudio hidrológico suministra herramientas para entender la conducta del escurrimiento superficial, la real oferta hídrica y el comportamiento de los diferentes drenajes presentes en un área dada.

Asimismo, 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 drenara los arroyos, quebradas, ríos, entregar caudales a cauces más grandes, lagos o al mar, conformando un sistema interconectado. Estas unidades territoriales generan bienes y servicios ambientales que son demandados principalmente para poblaciones localizadas en el área de estudio.

5.1.5.1. Sistemas Lénticos

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 no se identifican cuerpos lénticos representativos.

5.1.5.2. Sistemas Lóticos que Interceptan el Proyecto

La identificación de la red hidrográfica del área del proyecto, se realizó a partir de la cartografía IGAC escala 1:25000, encontrándose que está constituida esencialmente por una red de drenajes de tipo lótico. En la Tabla 5.1-23 se hace un resumen de los cuerpos de agua lóticos identificados en el área de influencia del proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco. 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 que son menos susceptibles a presentar crecientes.

Tabla 5.1-23 Sistemas loticos en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
UF 4	Quebrada Magdalena	961058,11	610157,55	Yacuanquer	Inantas Alto	
UF 4	Afluente NN	964060	612763	Tangua	Tangua	
UF 4	Afluente NN	957289	607155	Imues	Pilcuán	
					El Pedregal	

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
UF 4	Afluente NN	957050	606805	Imues	Pilcuán	
UF 4	Rio Guáitara	958736,48	608557,67	Imués	Pedregal	
UF 4	Afluente NN	963630	612526	Tangua	San Pedro Obraje / Tangua	
UF 4	Afluente NN	963658	612495	Tangua	San Pedro Obraje / Tangua	
UF 5	Afluente NN	967741	616108	Tangua	El Tambor	

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
UF 5	Afluente NN	966629	613875	Tangua	Chavéz	
UF 5	Quebrada Taminango	976120	620727	San Juan de Pasto	Botanilla	
UF 5	Quebrada Catambuco	977771	622936	San Juan de Pasto	Cabecera Municipal	
UF 5	Afluente NN	977565	623497	San Juan de Pasto	Cabecera Municipal	
UF 5	Quebrada Santa Monica	976385	621138	San Juan de Pasto	Botanilla	

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
					Fray Ezequiel	
UF 5	Quebrada Piquisiqui	971560	618407	San Juan de Pasto	Gualmatan Alto	
				Tangua	La Palizada	
UF 5	Afluente NN	971287	618541	Tangua	La Palizada	
UF 5	Quebrada Cubijan (Quebrada Piedra Pintada)	974594	619280	San Juan de Pasto	Huertecillas	
UF 5	Quebrada Cubijan (Quebrada Piedra Pintada)	974594	619280	San Juan de Pasto	La Merced	

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
UF 5	Quebrada Los Ajos	968435	617048	Tangua	Los Ajos	
					El Tambor	
UF 5	Quebrada Los Ajos	968196	617037	Tangua	Los Ajos	
					El Tambor	
UF 5	Quebrada Los Ajos	968412	617037	Tangua	Los Ajos	
UF 5	Quebrada Los Ajos	968412	617037	Tangua	El Tambor	
UF 5	Quebrada El Quelal	966284	614554	Tangua	El Cebadal	
UF 5	Quebrada El Quelal	966284	614554	Tangua	Chavéz	
UF 5	Quebrada El Quelal	966073	613874	Tangua	El Cebadal	

UF	Nombre Geográfico	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Municipio	Vereda	Registro Fotográfico
		x	y			
UF 5	Quebrada El Quelal	966073	613874	Tangua	Chavéz	

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

5.1.5.3. Cuencas Hidrográficas

Una cuenca, en sentido amplio, es una unidad de territorio donde las aguas fluyen mediante un sistema natural interconectado; en la cual pueden interactuar uno o varios elementos biofísico-socioeconómicos y culturales (IDEAM, Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia, 2013).

Como subsistema biofísico la cuenca está constituida por una oferta ambiental en un área delimitada por la línea divisoria de aguas y con características específicas de clima, suelo, bosques, red hidrográfica, usos de suelo, componentes geológicos, etc. Como subsistema económico la cuenca presenta una disponibilidad de recursos que se combinan con diversas técnicas para producir bienes y servicios; es decir, en toda cuenca existen alguna o algunas posibilidades de explotación o transformación de recursos. Como subsistema social involucra las comunidades humanas asentadas en su área demográfica, acceso a servicios básicos, estructura organizativa, actividades, entre otros, que necesariamente causa impactos sobre el ambiente natural. También incluye el conjunto de valores culturales tradicionales y creencias de las comunidades asentadas (Minambiente, 2013).

El Decreto 1640 de 2012 (por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones), coherente con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH, plantea la estructura para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos en cuatro niveles:

- **Áreas hidrográficas o macrocuencas:** Corresponden a las cinco macrocuencas o áreas hidrográficas del país (Magdalena-Cauca, Caribe, Orinoco, Amazonas y Pacifico) que son objeto de Planes Estratégicos, instrumentos de planificación ambiental de largo plazo con visión nacional y constituyen el marco de formulación, ajuste, y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planeación, gestión y seguimiento existentes en cada una de ellas, los Planes Estratégicos se formularán a

escala 1: 500.000.

- **Zonas hidrográficas:** Corresponden a las definidas en el mapa de zonificación hidrográfica de Colombia (41), las cuales son el espacio para monitorear el estado del recurso hídrico y el impacto que sobre éste tienen las acciones desarrolladas en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. El instrumento de planificación de las zonas hidrográficas es el Programa Nacional de Monitoreo Recurso Hídrico.

- **Subzonas hidrográficas o su nivel subsiguiente:** Corresponde a las cuencas objeto de ordenación y manejo (311), definidas en el mapa de zonificación hidrográfica del IDEAM, en la cuales se formularán e implementarán los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA).

- **Microcuencas y acuíferos:** Corresponde a las cuencas de orden inferior a las subzonas hidrográficas o su nivel subsiguiente que no hagan parte de un POMCA, así como, los acuíferos prioritarios; estos serán objeto de Planes de Manejo Ambiental.

El presente numeral describe y caracteriza los resultados de los análisis de hidrografía e hidrología para el área de influencia del proyecto, a partir de la información de los principales organismos consultados como Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO).

Las características hidrológicas de los cuerpos de agua de interés, referentes al régimen hidrológico y los caudales característicos, parten del análisis de la información de series históricas de las unidades hidrográficas instrumentadas por el IDEAM mediante estaciones hidrométricas activas representativas para este proyecto.

El Proyecto, se encuentra localizado en una de las cinco vertientes hidrográficas, correspondiente al Área Hidrográfica del Pacífico (5), la cual está formada por más de 200 ríos. Obedece fundamentalmente a la presencia en su extremo oriental, de la cordillera Occidental y de las serranías del Baudó y del Pacífico, las cuales le sirven como centros hidrográficos donde nacen los ríos, así como también de barreras naturales a los vientos oceánicos, que al originar permanentes lluvias alimentan el caudal de los mismos.

Por otro lado, de las 41 zonas hidrográficas establecidas por el IDEAM, el proyecto se localiza en la No. 52 - Río Patía, y de las 311 subzonas en la correspondiente al río Guáitara (5205) y río Juanambú (5204), tal y como se relaciona en la
Tabla 5.1-24.

Tabla 5.1-24 Jerarquización de la Red Hidrográfica de las cuencas relacionadas con el AI del proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal –

Catambuco según Decreto 1640 de 2012

Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Unidad Hidrográfica Nivel I (Microcuenca)	Unidad Hidrográfica Nivel II (Microcuenca)
Orden 0	**Orden 1**	**Orden 2**	**Orden 3**	**Orden 4**
Pacífico (5)	Rio Patía (52)	Rio Guáitara (5205)	Afluentes Directos	Afluentes Directos (mi)
			Río Bobo	Quebrada La Unión
				Quebrada El Quelal
				Afluentes Directos (md)
		Río Juanambú (5204)	Río Pasto	Río Miraflores (Quebrada Guachucal)

Fuente: (Nariño, 2007)

– *Área Hidrográfica del Pacífico (5).*

La vertiente del Pacífico tiene una extensión de 77.311 km² y es formada por más de 200 ríos. Sus ríos atraviesan zonas selváticas y por la alta pluviosidad son torrentosos, sus cursos son cortos y de grandes pendientes que favorece el arrastre de gran carga de sedimentos, los cuales al ser depositados en las zonas bajas propician la formación de deltas. Está formada por las siguientes cuencas (IDEAM, Zonoficación y codificación de unidades hidrograficas e hidrogeologicas de Colombia., 2013) Ver Fotografía 5.1.46.

- Cuenca del río Mira (5.865 km²)
- Cuenca del río Patía (24.000 km²)
- Cuenca del río Tapaje – Dagua – Directos (20.804 km²)
- Cuenca del río San Juan (16.411 km²)
- Cuenca del río Baudó – Directos – Pacífico (5.965 km²)
- Cuenca Pacífico – Directos (4.252 km²)
- Cuenca Islas Pacífico (14 km²)

Fotografía 5.1.46 Manglares del Pacífico aguas abajo de la desembocadura del río Patía

Fuente: Google Earth. 2013.

La Macrocuenca del Pacífico (ver Figura 5.1.28) abarca longitudinalmente desde el extremo Norte en Juradó municipio de departamento de Chocó al extremo Sur en Tumaco municipio del departamento Nariño, una distancia aproximada de 740 km, un 40% de la longitud máxima del nuestro país.

La Macrocuenca del Pacífico tiene jurisdicción en los departamentos de Chocó, Risaralda, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, siendo el Departamento de Nariño el que tiene una mayor representatividad (36,48%) y Risaralda (1,42%) el de menor (IIAP, Febrero 2013).

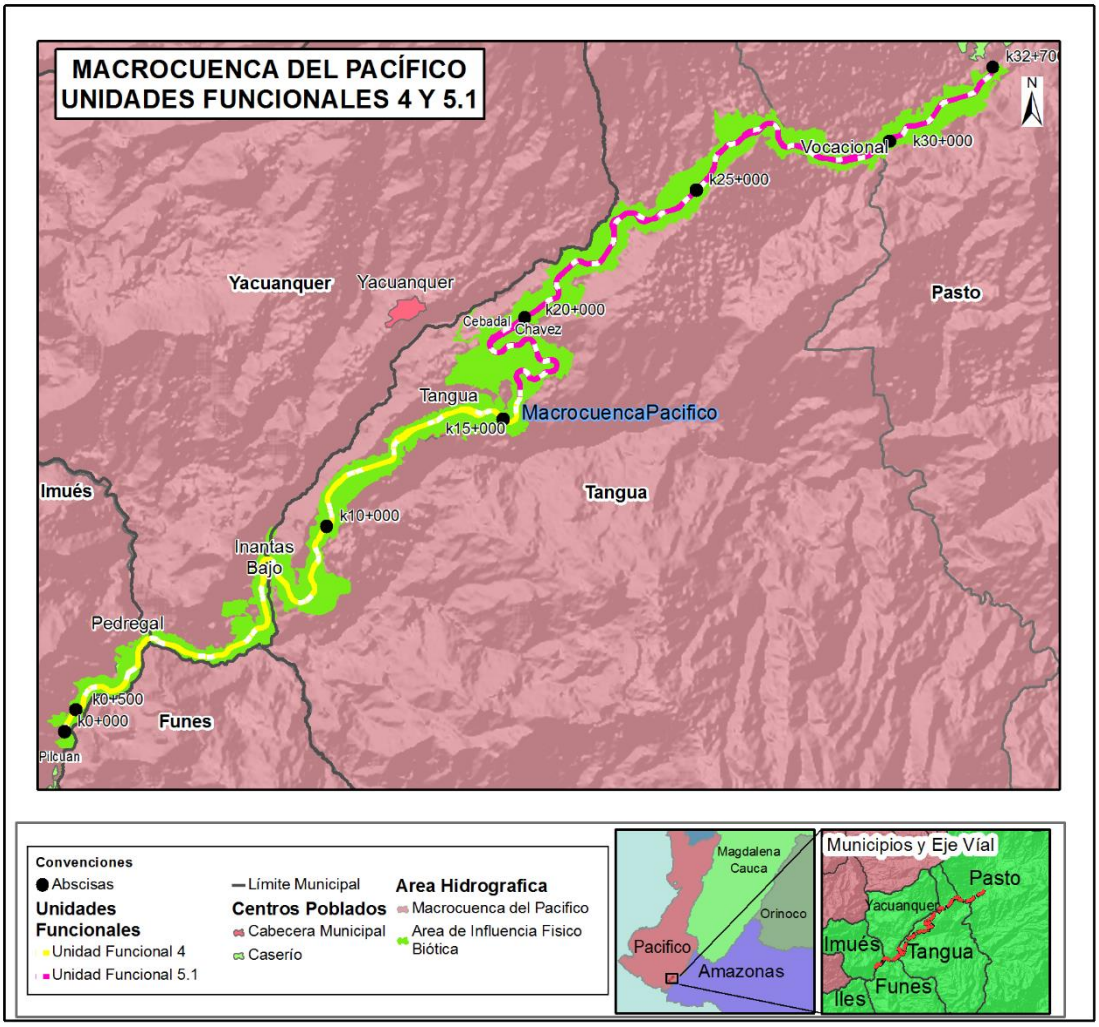


Figura 5.1.28 Macrocuenca del Pacífico, Sector Pedregal-Catambuco.

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Fotografía 5.1.47 Manglares del Pacífico aguas abajo de la desembocadura del río Patía

Fuente: Google Earth. 2013

– *Clasificación de cuencas*

- Zona Hidrográfica Río Patía (52)

El Patía es el río más extenso de la vertiente Pacífica de Colombia y de Suramérica, con sus 400 km de curso, de los cuales sólo son navegables 90 debido a que es un río de montaña y llanura. Su recorrido lo realiza con dirección sur, entre las cordilleras Central (donde nace en el Macizo Colombiano) y Occidental, a la cual rompe en la depresión de la Hoz de Minamá, para entrar luego en la llanura del Pacífico donde recibe su principal afluente, el Telembí. En la Figura 5.1.29 se presenta la cuenca del río Patía como Zona Hidrográfica de acuerdo a la codificación establecida por el IDEAM (2013).

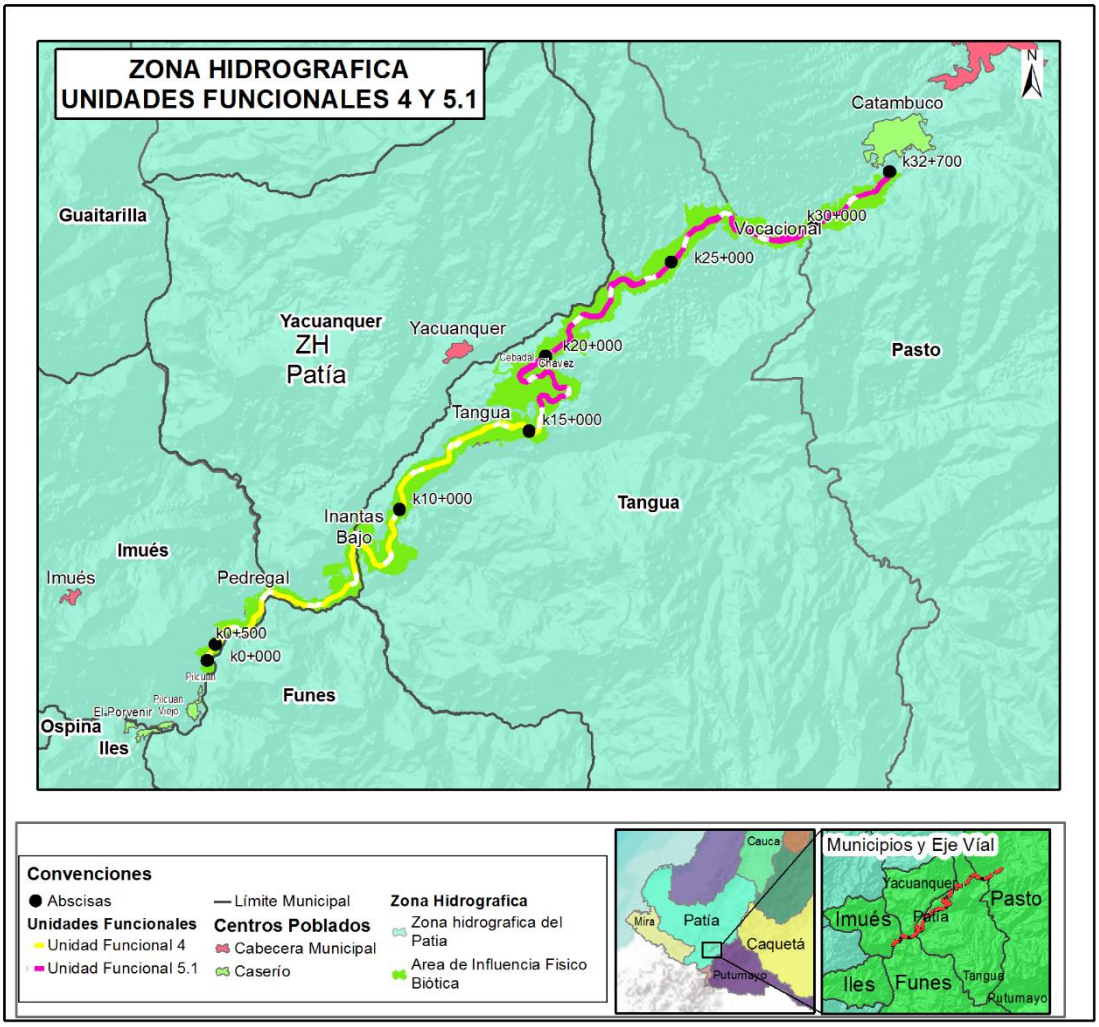


Figura 5.1.29 Zona Hidrográfica Río Patía

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

La cuenca del Patía se destaca económicamente por sus riquezas en oro, cacao y banano. Está formada por las siguientes cuencas (IDEAM, Zonoficación y codificación de unidades hidrograficas e hidrogeologicas de Colombia., 2013):

- Cuenca del río Patía Alto (3.228 km^2)
- Cuenca del río Guachicono (2.626 km^2)
- Cuenca del río Mayo (874 km^2)
- Cuenca del río Juanambú (2.070 km^2) – ver Fotografía 5.1.49
- Cuenca del río Guáitara (3.650 km^2) – ver Fotografía 5.1.48
- Cuenca del río Telembí (4.635 km^2)
- Cuenca de río Patía Medio (2.390 km^2)
- Cuenca del río Patía Bajo (4.527 km^2)

Fotografía 5.1.48 Río Patía aguas abajo de la desembocadura del río Guaitara
Fuente: Google Earth. 2013.

En su recorrido abarca los departamentos de Cauca y Nariño, y su hoya hidrográfica cubre una extensión cercana a los 24.000 km², por lo cual es considerado el segundo río más caudaloso del litoral Pacífico colombiano y el primero en extensión de la cuenca. Posteriormente atraviesa la planicie del Pacífico nariñense y desemboca en el Océano Pacífico, formando un amplio delta de una extensión aproximada de 5.000 km². A lo largo de su curso recibe numerosos afluentes como los ríos Guachicono, Mayo, Juanambú, Guáitara, Telembí, Magüí, Mamaconde, Piusbí y Nansalví.

Fotografía 5.1.49 Río Patía aguas abajo de la desembocadura del río Juanambú
Fuente: Google Earth. 2013.

- ✓ Subzona Hidrográfica Río Guáitara (5205)

La cuenca hidrográfica del Río Guáitara o Subzona Hidrográfica de Orden 2 (Código 5205), es una cuenca transfronteriza, debido a que se encuentra entre Colombia y Ecuador. En Colombia se ubica en el departamento de Nariño, con una extensión de 364.045.43 ha. Equivalente a aproximadamente al 91% del área total de la cuenca. En Ecuador se ubica en la provincia del Carchi. (Ver Figura 5.1.30)

La cuenca hidrográfica del Río Guáitara se encuentra en jurisdicción de 33 municipios del Departamento de Nariño: Ancuya, Aldana, Consacá, Contadero, Córdoba, Cuaspud, Cumbal, El Peñol, El Tambo, Fúnes, Guachucal, Guaitarilla, Gualmatán, Iles, Imués, Ipiales, La Florida, La Llanada, Linares, Los Andes, Ospina, Pasto, Potosí, Providencia, Puerres, Pupiales, Samaniego, Sandoná, Santacruz de Guachavez, Sapuyes, Tangua, Túquerres y Yacuanquer; correspondientes 51.6% del total de los 64 municipios del departamento (CORPONARIÑO, 2009).

Fotografía 5.1.50 Río Guáitara
Coordenada Magna Sirgas Origen Oeste X: 955756,19 Y: 602509,24
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

El río Guaitara, por su característica de encañonamiento ver Fotografía 5.1.50 yFotografía 5.1.51 ha sido utilizado como colector de todos los desechos sólidos y líquidos que produce la ciudad de Ipiales y algunas cabeceras municipales por donde éste recorre, presentándose un alto grado de contaminación de sus aguas.

Fotografía 5.1.51 Río Guáitara
Coordenada Magna Sirgas Origen Oeste X: 956009,90 Y: 596120,60
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

✓ Subzona Hidrográfica Río Juanambú (5204)

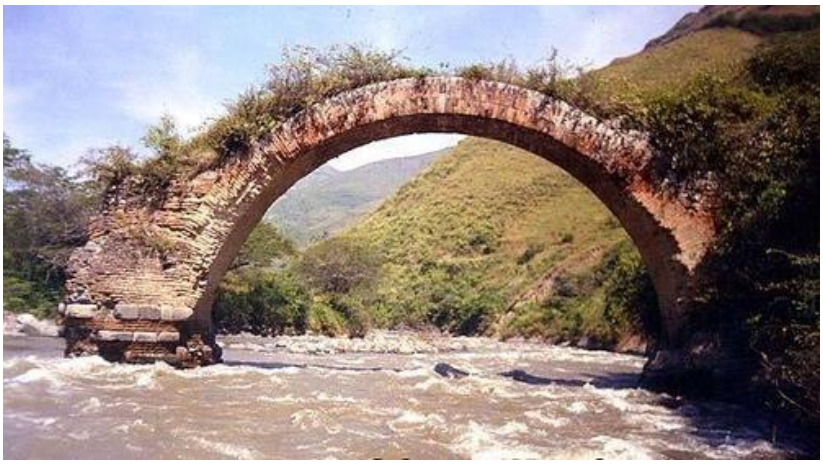
El río Juanambú nace en el sector conocido como Cascabel en la cordillera Central y tiene una extensión de 19.519 ha. La cuenca del Juanambú se conforma por la subcuenca del río Alto Juanambú, subcuenca del río Buesaquito, subcuenca del río Ijaguí y subcuenca del río Bajo Juanambú. La subcuenca del río Alto Juanambú abarca una extensión de 19.519 Has (ver Figura 5.1.30).

La subcuenca del río alto Juanambú se encuentra en un grado de intervención alto debido a la utilización de leña para la cocción de alimentos y está conformada por la microcuenca río Negro, río Runduyaco, río San Pablo, río Sara –Concha, río Tambillo, río Buesaquito, río Negro, río Chicajo, río Panacas y río Buesaquito bajo.

La parte baja de esta microcuenca se encuentra en un 70% deforestada, sus terrenos han sido utilizados principalmente a cubrir actividades agrícolas y ganaderas en forma intensiva. Por otra parte, debido a la pendiente que se observa en el entorno, se presentan procesos de erosión de leve a severa. Está conformada por la subcuenca del río Ijagui, río Alto Ijaguí, río Sacha, Ijaguí Medio, Bajo Ijagui, entre otras.

La mayoría de microcuencas mencionadas desplazan sus caudales por zonas de pendientes que superan el 40% de los suelos profundos y superficiales, dedicados al cultivo de maíz, hortalizas y pastos. La parte alta de este subcuenca es de gran reserva hídrica, mientras que la parte intermedia presenta limitaciones edafológicas para aprovechamiento agropecuario.

Fotografía 5.1.52 Río Juanambú
Fuente: Google Earth. 2013.



Fotografía 5.1.53 Río Juanambú
Fuente: Google Earth. 2013.

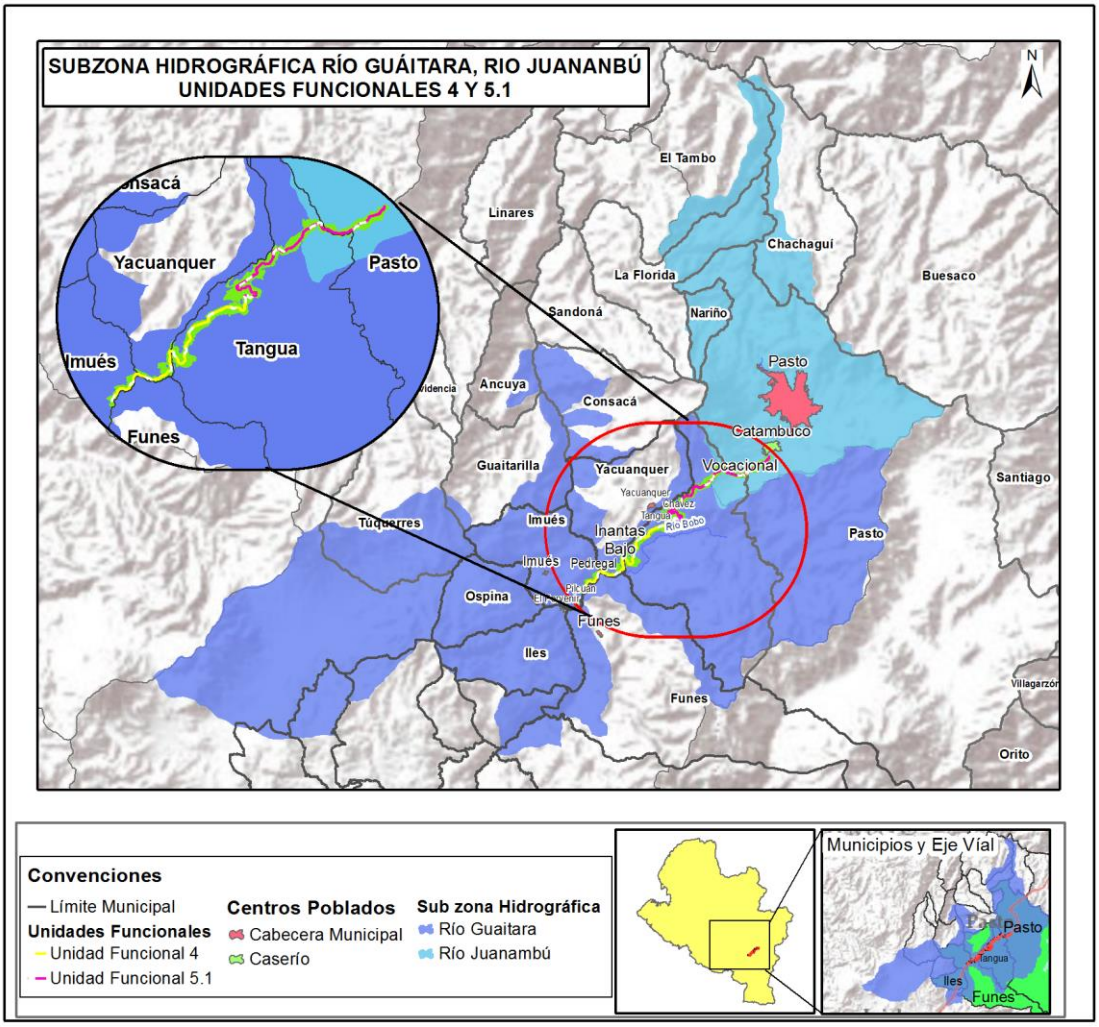


Figura 5.1.30 Subzona Hidrográfica Río Guáitara y río Juanambú

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

- Unidad Hidrográfica Nivel I – Río Bobo

La cuenca del Rio Bobo se localiza a una distancia desde Pasto de 25 kilómetros a media hora del sitio de origen encontrándose en el kilómetro 10 vía al sur por una carretera destapada, hace parte de la cuenca del rio Patía, sus aguas desembocan en el rio Guaitara (vertiente occidental de Nariño). Limita al norte con el río Pasto, al Nororiente con la Cuenca del río Guamues, al sur con el río Alísales, al Occidente con la Quebrada Totoral y al Sur con la Laguna Curiaco.

Está conformada por dos subcuencas: La subcuenca del río Bobo ubicada en el municipio de Pasto (ver Fotografía 5.1.54); es importante porque en este sitio se construyó el

Embalse del río Bobo, y la Subcuenca del río Opongoy que hace parte de los municipios de Pasto y Tangua. La cuenca del río Bobo es muy primordial porque de aquí nace una represa la cual abastece el acueducto de la ciudad de Pasto como también genera energía para uso regional y además posee potencialidades turísticas y deporte náutico que aún no se han desarrollado (ver Fotografía 5.1.55).

En la Cuenca del rio bobo se resaltan los siguientes grandes paisajes: Relieve Montañoso y Volcánico representado por altos relieves con altas pendientes y vertientes bien formadas y representativas.

Fotografía 5.1.54 Río Bobo
Fuente: Google Earth. 2013.

Fotografía 5.1.55 Embalse Río Bobo
Fuente: Google Earth. 2013.

- Unidad Hidrográfica Nivel I – Río Pasto.

La unidad hidrográfica del río Pasto se conforma básicamente por la microcuenca Cubijan que nace en la Laguna Negra, la cual se encuentra en el Parque Nacional del "Santuario de Flora y Fauna del Galeras" a 3600 m.s.n.m.; así mismo recibe un pequeño afluente denominado el Zanjón sobre el lado de la palizada. En esta cuenca existen innumerables arroyos o vertientes subterráneas que aportan incalculables beneficios para las necesidades humanas.

Fotografía 5.1.56 Río Pasto
Fuente: Google Earth. 2013.

- Patrones de drenaje

Se define como patrón de drenaje a la forma como una red se aprecia en un área. Se determina por la relación entre infiltración y el escurrimiento propio de cada material, dependen de la pendiente de las laderas, del área de drenaje, cobertura vegetal, resistencia de la litología, caudal, permeabilidad del suelo, nivel e intensidad de lluvias y actividad estructural.

Para entender los patrones de drenaje de una corriente se debe conocer su desarrollo erosional o las partes por las que discurren, a saber: el curso alto, curso medio y curso bajo (Ver Figura 5.1.31).

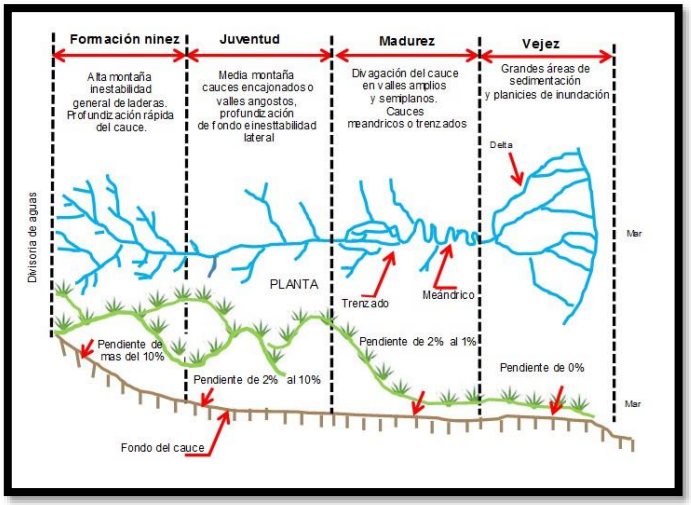


Figura 5.1.31 Etapa erosiva de un río y su relación con los patrones de drenaje
Fuente: IDEAM, 2016

– *Patrón de Drenaje Dentrítico*

De acuerdo a la base cartográfica del IGAC, imágenes satelitales y trabajo de campo en el AI del proyecto, se estableció que el sistema de drenaje que predomina en las principales fuentes hídricas y sus microcuencas en el área de influencia es el dendrítico a subdentrítico, el cual se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la cual los tributarios se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. La presencia de este tipo de drenaje es indicador de suelos homogéneos y en zonas de rocas sedimentarias blandas y antiguas llanuras costeras; y el paralelo donde los cauces tienen una conformación paralela, desaguando en lugares diferentes. En particular el patrón de drenaje dendrítico se puede observar en algunos de los afluentes que drenan hacia el El río Pasto (municipio de El Tambo, San Juan de Pasto y Chachagui), río Ijaguí y río Buesaquito (municipio de Buesaco), se caracterizan por tener un patrón de drenaje de tipo dentrítico con respecto al río Juanambú. (Ver Figura 5.1.32).

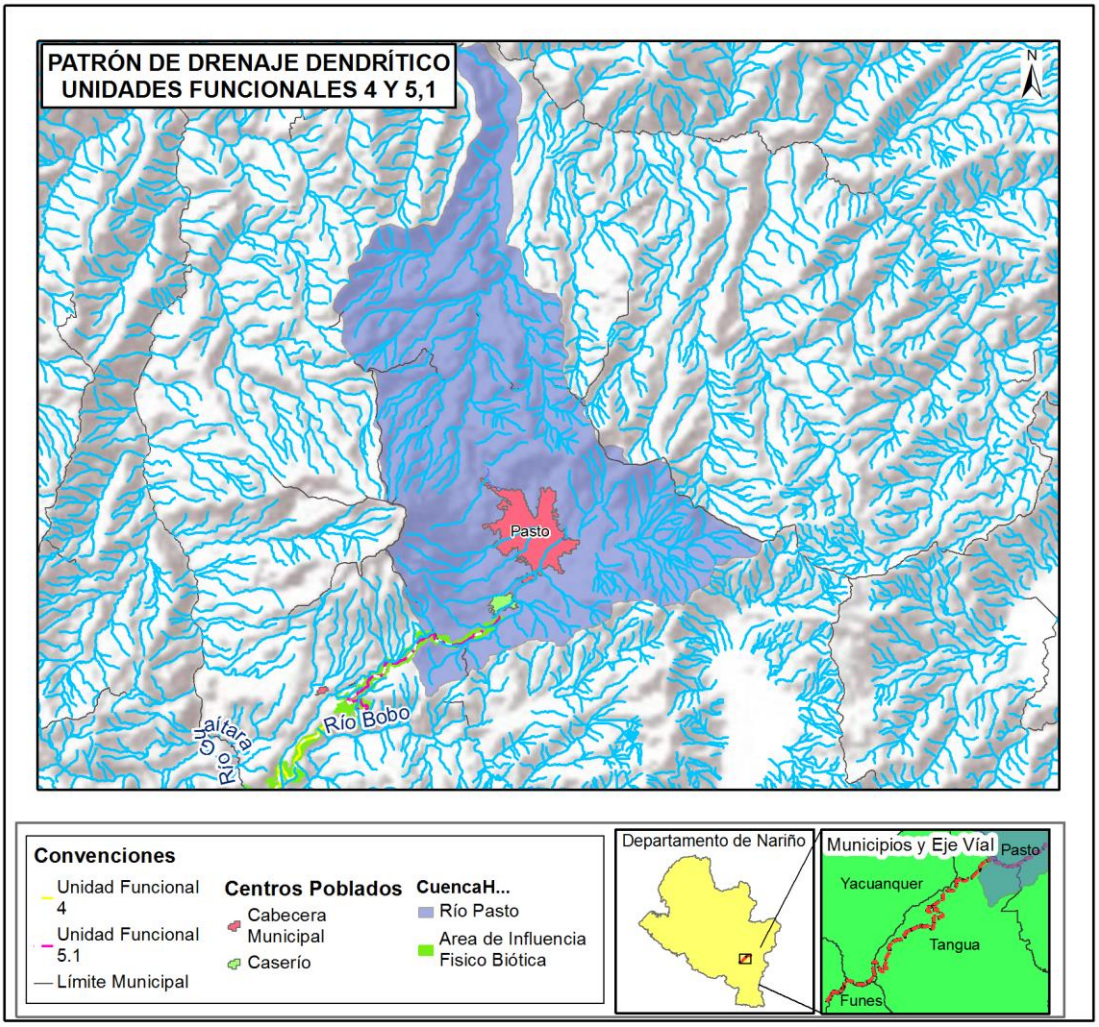


Figura 5.1.32 Patrón de Drenaje Dentrítico – tramo Pedregal - Catambuco (río Pasto y río Bobo)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Patrón de Drenaje Meándrico*

El río Guáitara y Juanambú mantienen un patrón de drenaje predominante de tipo meándrico en la parte alta, media y baja, debido a las continuas curvas que se presentan a lo largo del cauce ver Figura 5.1.33 y Figura 5.1.34 . Los tramos meandriformes se desarrollan al aumentar la magnitud del cauce aguas abajo, con pendientes suaves (ver Fotografía 5.1.57).

Fotografía 5.1.57 Meandros Río Juanambú (Desde el Puente al norte del municipio de Buesaco)

Fuente: Google Earth. 2013.

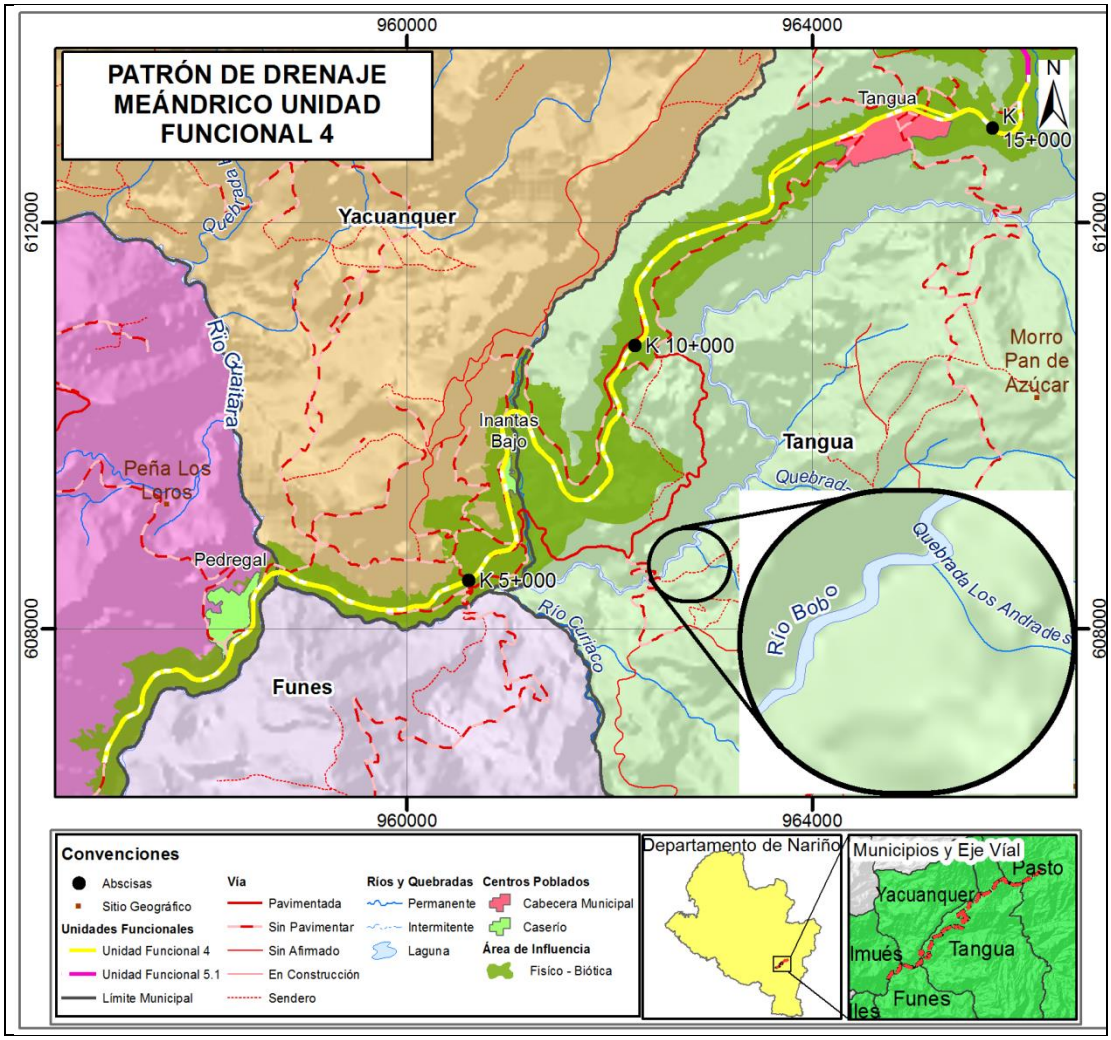


Figura 5.1.33 Patrón de Drenaje Meándrico – Río Guaitara y Juanambú, UF5 4

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

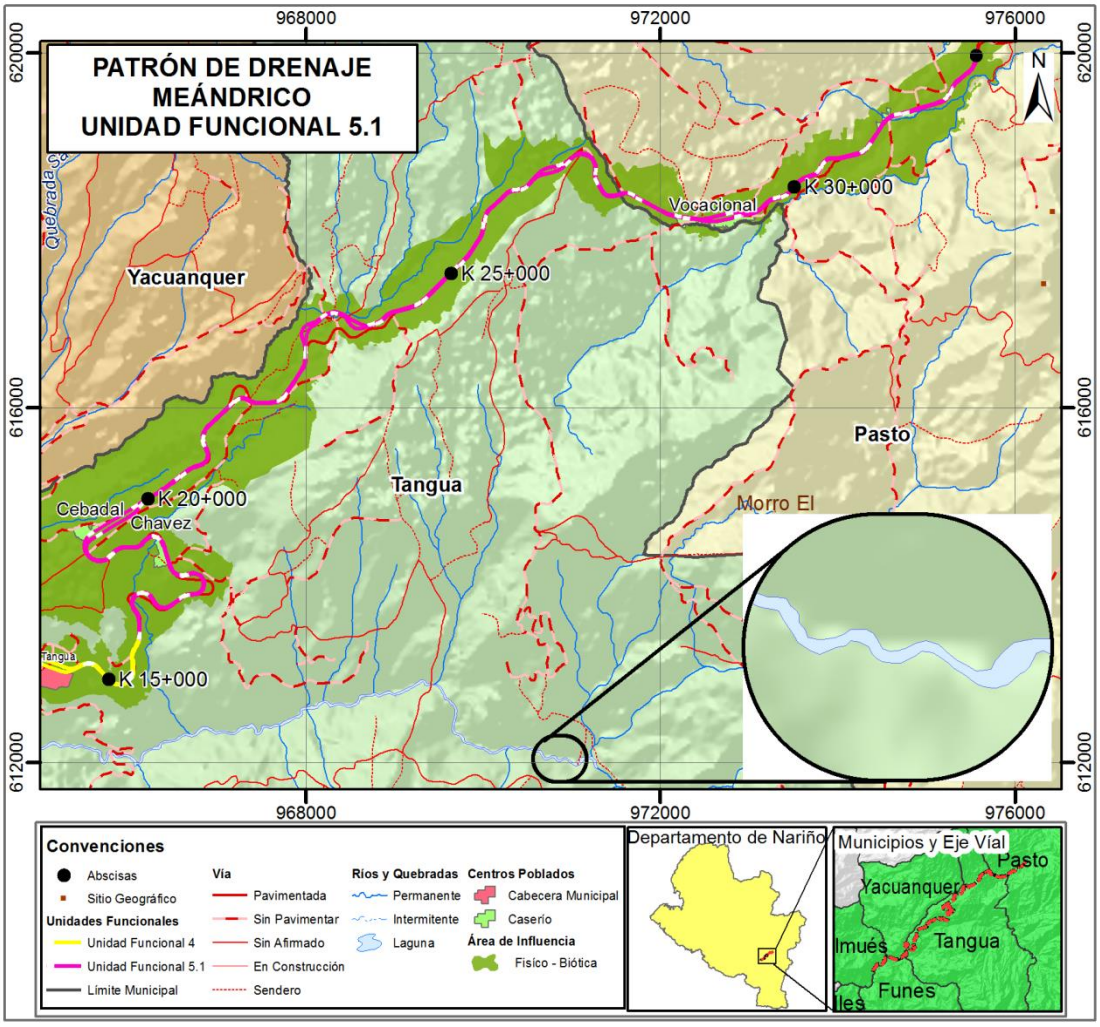


Figura 5.1.34 Patrón de Drenaje Meándrico – Río Guaitara y Juanambú, UF5.1

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Patrón de Drenaje Meándrico Paralelo*

En las cercanías del río Guaitara, el drenaje es paralelo a subparalelo, con afluentes cortos con muy poca agua o carentes de ella, los cuales desembocan en ángulo casi recto a la corriente principal. El drenaje discurre entre valles estrechos, en forma de V, rodeados por montañas de ápices puntiagudos, evidencia de su escasa evolución, tal es el caso de Las quebradas de Cano, La Guasca en el municipio de Chachaguí, quebradas como La Jaguindo, Tamboguaico, Sachamates en el municipio de Buesaco se caracterizan por tener un patrón de drenaje de tipo paralelo con respecto al río Juanambú. Ver Figura 5.1.35

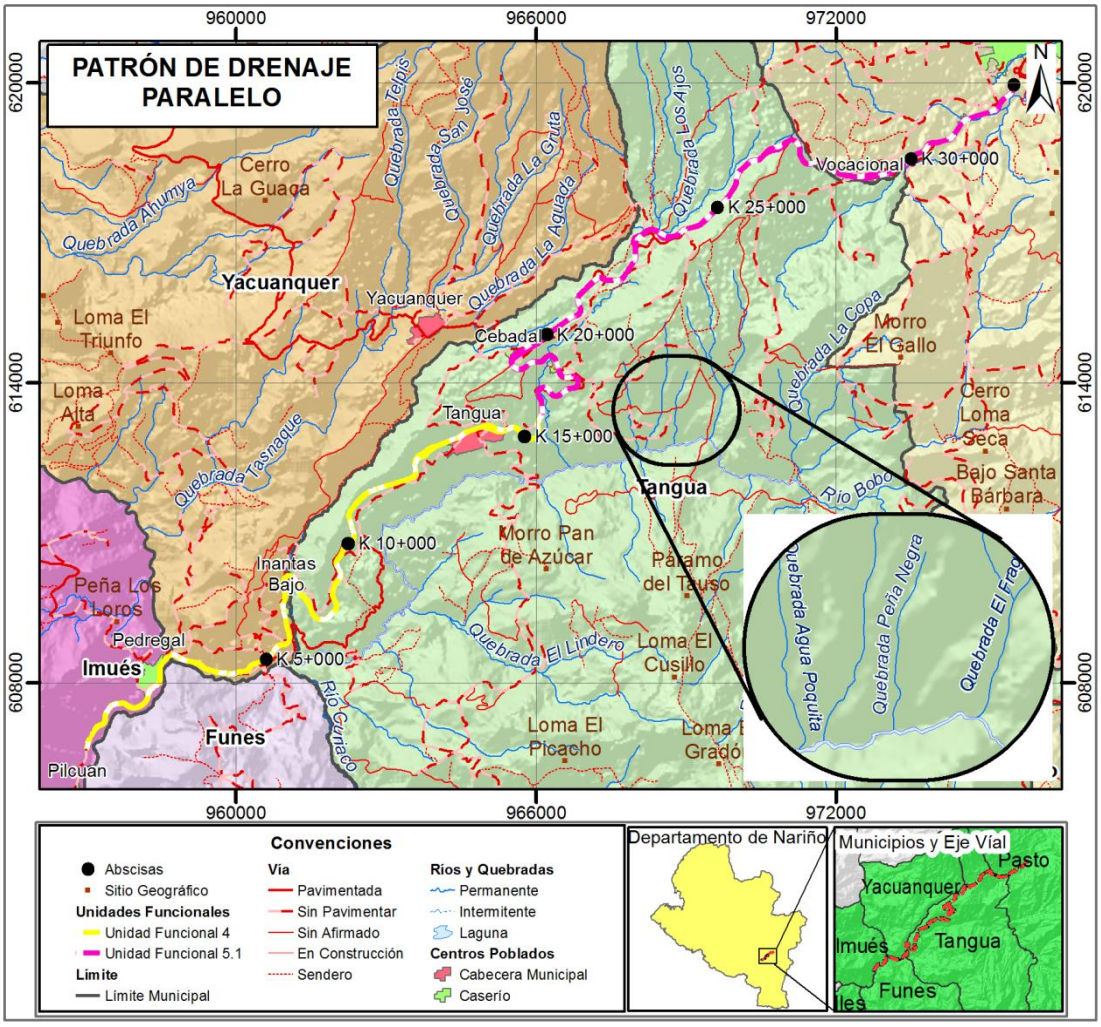


Figura 5.1.35 Patrón de Drenaje Paralelo – Afluentes río Guáitara

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- <u>Régimen Hidrológico y Caudales Característicos para Cuencas Instrumentadas</u>

En condiciones normales, la variación espacial del caudal de una fuente se da cuando este aumenta aguas abajo, a medida que se van recogiendo las aguas de los aportes de otras fuentes que se unen a la corriente principal como afluentes. Debido a esto, el caudal de una corriente suele ser más pequeño en la cabecera cerca de su nacimiento, y mucho mayor en las zonas bajas de la cuenca cerca de su desembocadura. Esta condición puede ser alterada por la incidencia del factor antrópico, pues es normal que en algunas fuentes o drenajes se presente una relación espacial inversa por sobre explotación del recurso.

El régimen hidrológico es el comportamiento del caudal líquido en promedio que lleva un

río en cada mes a lo largo del año. Depende de las precipitaciones, de la temperatura, del relieve, la geología, la vegetación y la acción humana.

Las características hidrológicas de los cuerpos de agua de interés, referentes al régimen hidrológico y los caudales característicos, parten del análisis de la información de series históricas de las unidades hidrográficas instrumentadas por el IDEAM mediante estaciones hidrométricas activas representativas para este proyecto.

En Colombia hay una gran falencia y/o inexistencia de estaciones hidrológicas especialmente en las cuencas medianas y pequeñas, lo cual no permite conocer la verdadera producción hídrica. En la Tabla 5.1-25. Se relacionan las estaciones que proporcionan la información de caudales característicos para las cuencas en estudio, con el fin de establecer la dinámica del recurso enmarcado en la zona y subzona hidrográfica. (Ver Figura 5.1.36).

Con las estaciones analizadas se sectorizó el cálculo de los caudales medios históricos para el río Patía, río Guaitará y río Juanambú, los cuales dan información del comportamiento mensual o presentado en la mayoría del tiempo a lo largo de los años analizados, donde se puede determinar el régimen hidrológico de las corrientes de estudio tanto a nivel local (área de estudio) como regional.

Tabla 5.1-25 Estaciones Hidrométricas cercanas al Área de Estudio Tramo Pedregal

Municipio	Estación	Código	Corriente	Tipo	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
					Este	Norte
Policarpa	Puente Guascas	5201701	Río Patía	LG	960.846,69	668.057,45
Imués	Pilcuan	52057010	Río Guáitara	LG	956.002,27	604.752,70
Los Andes	Agrocayo	52057030		LG	959.362,58	665.833,87
El Tambo	San Pedro	5205705		LG	954.953,89	644.695,90
Chachaguí	Puente Juanambú	52047020	Río Juanambú	LG	974.090,95	659.562,71
Pasto	Providencia	5204704	Río Pasto	LG	975.178,09	650.105,29
Pasto	Bocatoma Centenario	52047030	Río Pasto	LG	981.049,76	624.611,03
Pasto	Casanare Automática	52057090	Río Bobo	LG	980.433,94	614.886,59

LM: Linmimétrica, LG: Limnigráfica
Fuente: IDEAM. 2015

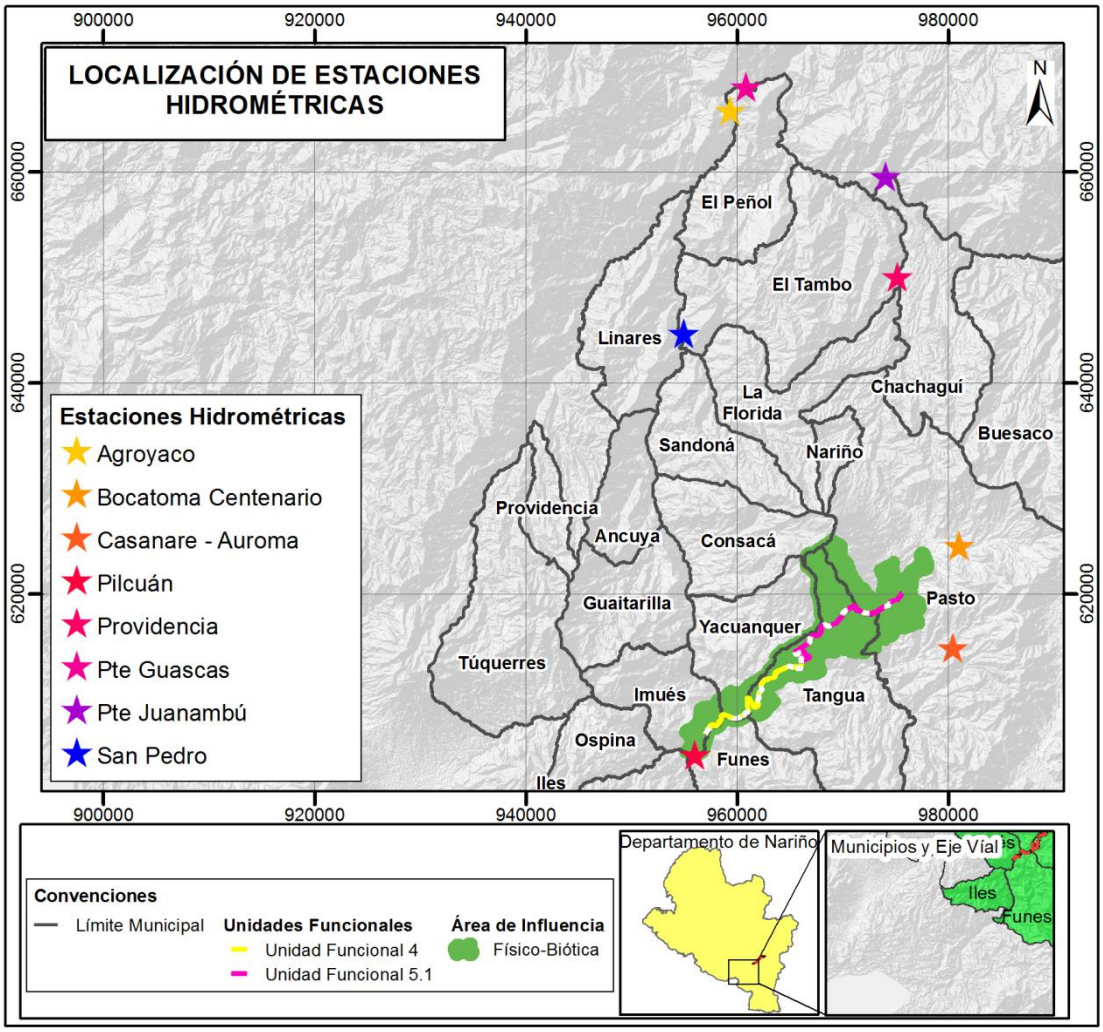


Figura 5.1.36 Localización de Estaciones Hidrométricas, sector Pedregal – Catambuco.
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Zona Hidrográfica Río Patía*

○ Estación Puente Guascas

El río Patía cuenta con la estación hidrométrica Puente Guascas operada por el IDEAM con un registro de 39 años desde 1966 hasta el 2004, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.37, Figura 5.1.38 y Figura 5.1.39 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. En las Figura 5.1.37 se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

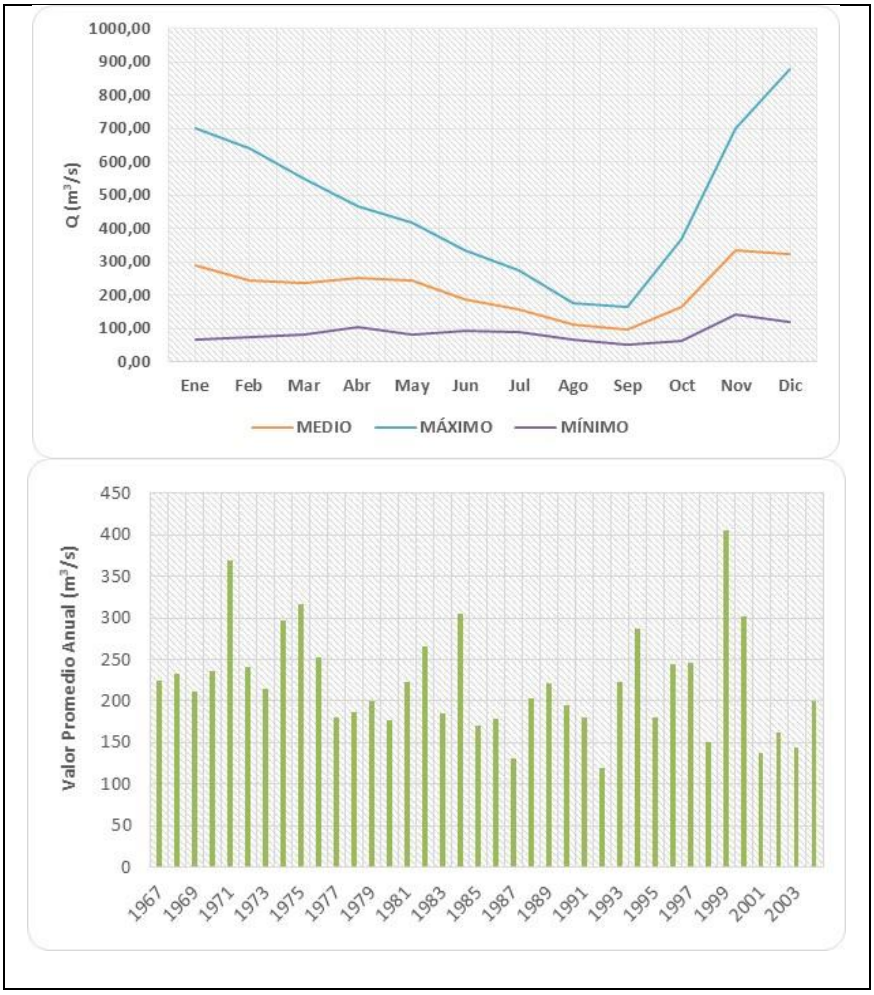


Figura 5.1.37 Distribución de Caudales Medios – Estación Puente Guascas (Río Patía)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

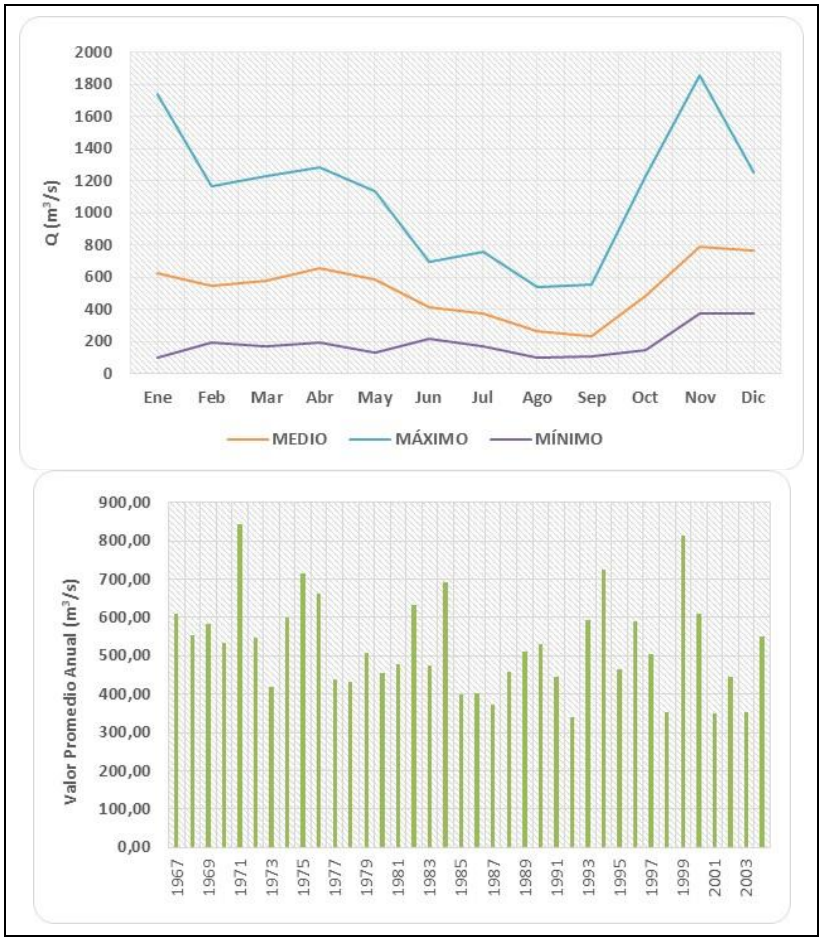


Figura 5.1.38 Distribución de Caudales Máximos – Estación Puente Guascas (Río Patía)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

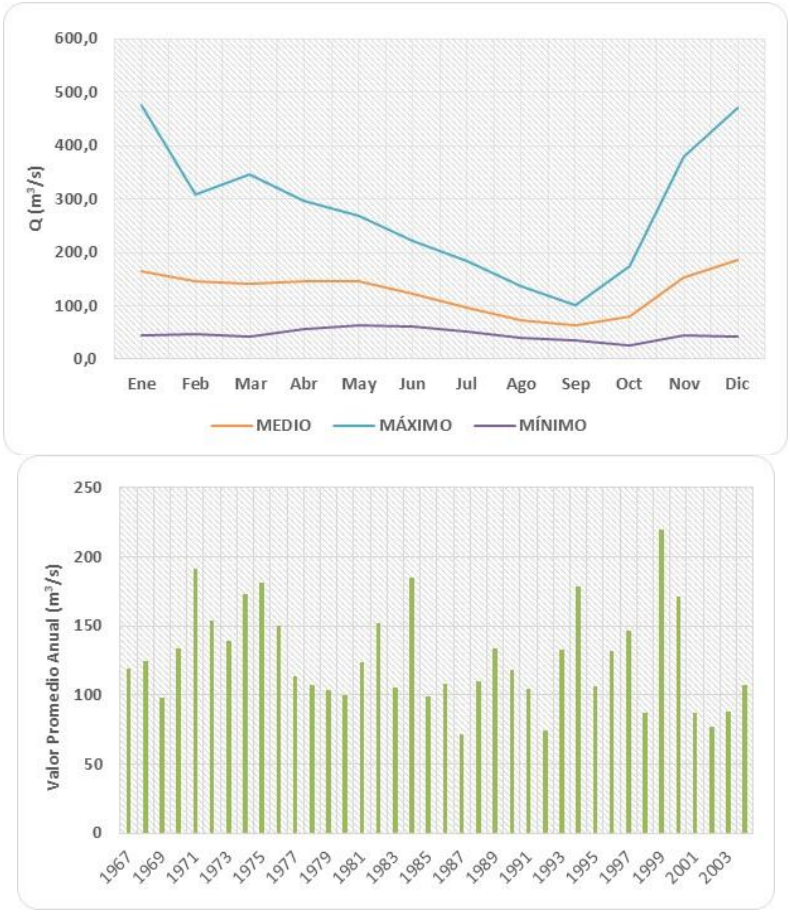


Figura 5.1.39 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Puente Guascas (Río Patía)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

El caudal medio promedio del río Patía en la estación Puente Guascas es de 220,42 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 472,86 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 86,05 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a mayo, con picos promedios del orden de 335,58 m^3/s, siendo noviembre el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de junio a octubre, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 97,70 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Puente Guascas desde el año 1967 hasta el año 2004, se puede concluir que en el año 1999 se presentó el mayor registro de caudal (406 m^3/s), seguido del 1971 (369 m^3/s), 1975 (316,09 m^3/s) y 1984 (305,11 m^3/s), coincidiendo con los años en los que se ha

presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de "La Niña", donde para el año 1999 – 2000, 1970 – 1971 y 1975-1976 la intensidad correspondió a un fenómeno entre moderado y fuerte.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Puente Guascas y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 1987 (71,79 m^3/s), seguido de 1992 (74,3 m^3/s), correspondientes a uno de los años en los que se recibió el impacto socioeconómico del efecto climático del fenómeno de "El Niño", con una intensidad entre moderado y fuerte.

Finalmente, en la Figura 5.1.40 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Puente Guascas (Río Patía), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución simétrica a razón de que la media, mediana y moda de la distribución coinciden y los datos se distribuyen de igual forma a ambos lados de esa medida.
- Por el contrario, el registro de caudales máximos y mínimos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

– *Subzona Hidrográfica Río Guáitara*

o Estación Pilcuan

El río Guáitara cuenta con la estación hidrométrica Pilcuan operada por el IDEAM con un registro de 24 años desde 1987 hasta el 2013, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.41, Figura 5.1.42 y Figura 5.1.43 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

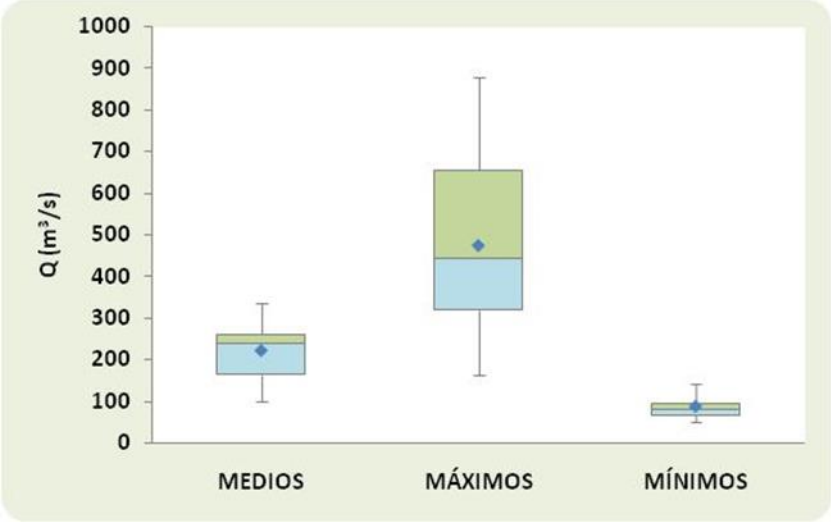


Figura 5.1.40 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Puente Guascas (Río Patía)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

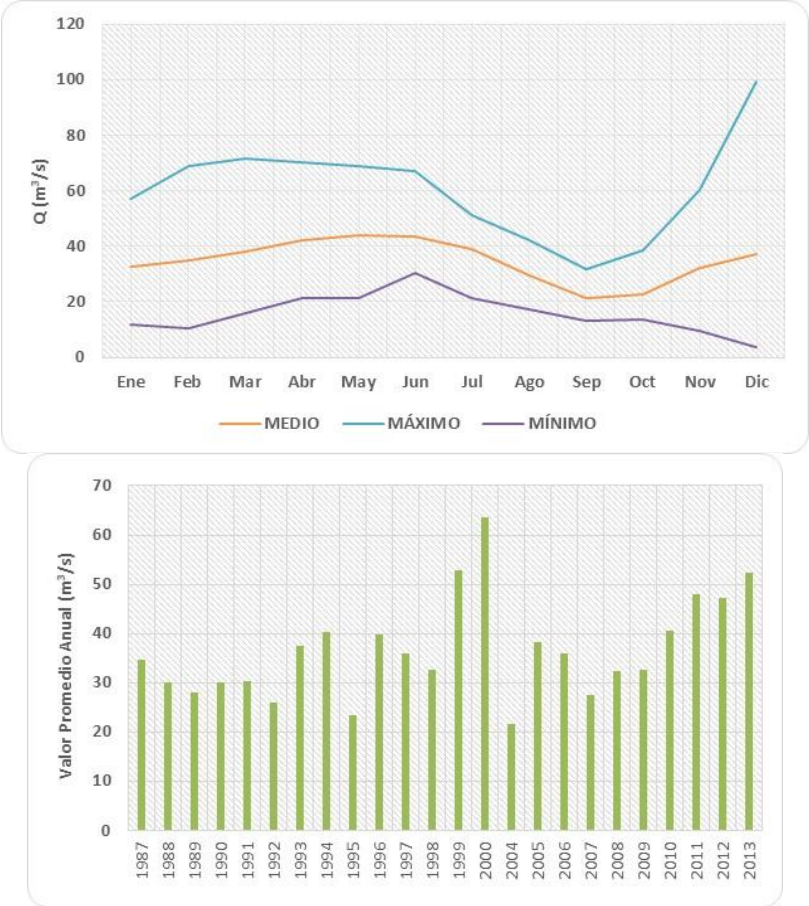


Figura 5.1.41 Distribución de Caudales Medios – Estación Pilcuan (Río Guáitara)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

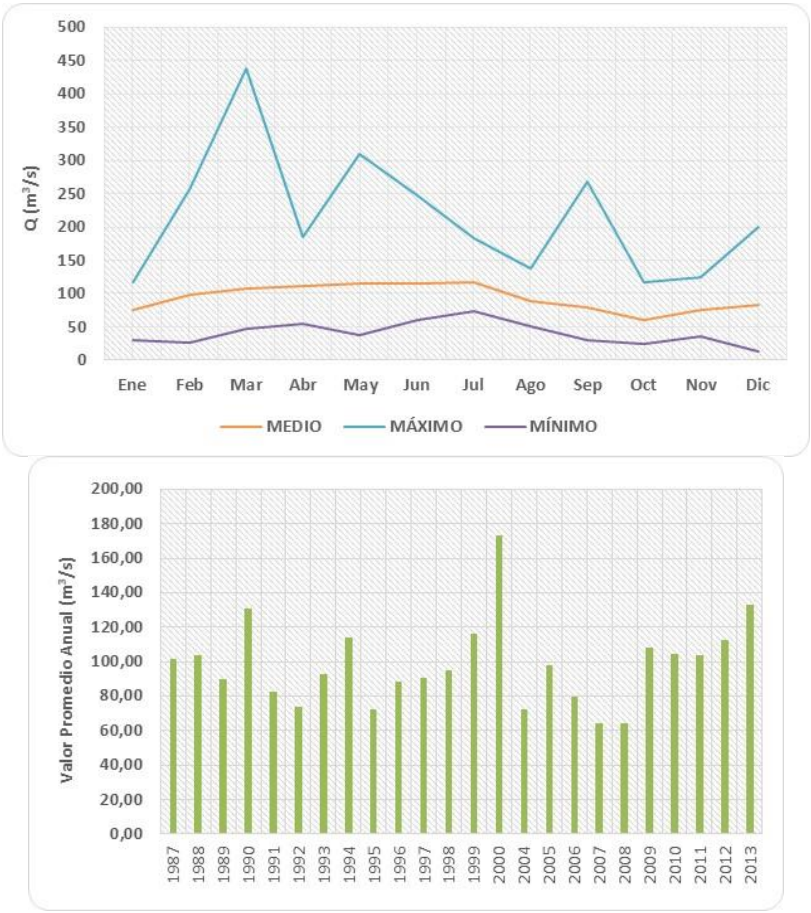


Figura 5.1.42 Distribución de Caudales Máximos – Estación Pilcuan (Río Guáitara)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

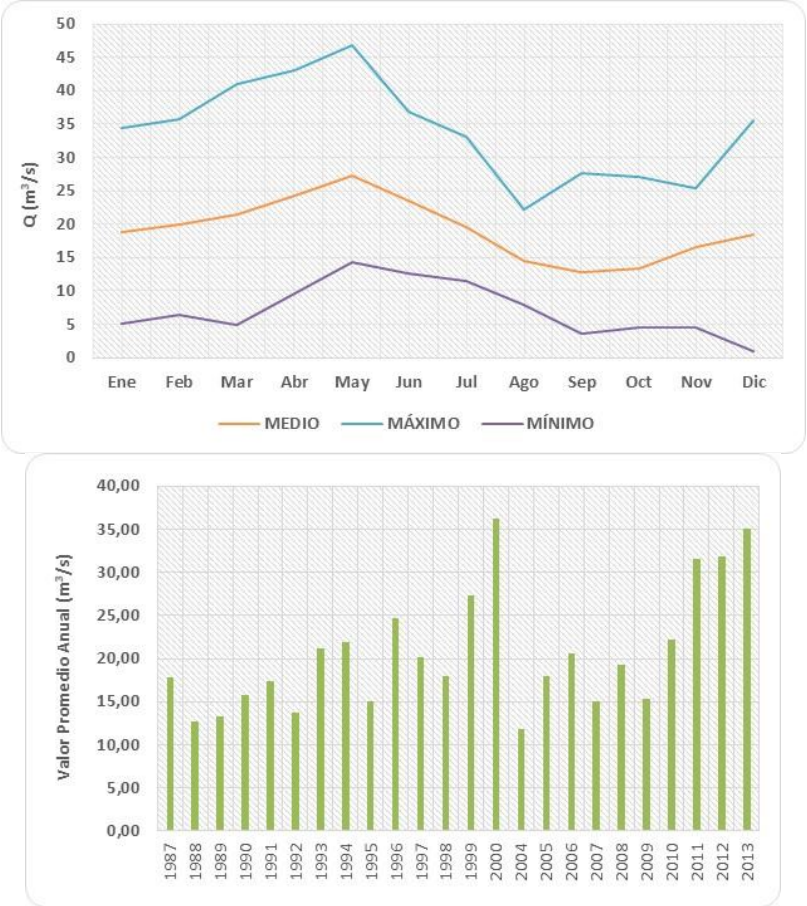


Figura 5.1.43 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Pilcuán (Río Guaitara)
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016.

El caudal medio promedio del río Guaitara en la estación Pilcuan es de 36,72 m³/s. El caudal máximo promedio multianual es de 173,38 m³/s, y de los caudales mínimos es de 11,82 m³/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a junio, con picos promedios del orden de 43,92 m³/s, siendo mayo el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a mayo, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 21,53 m³/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Pilcuan desde el año 1987 hasta el año 2013, se puede concluir que en el año 2000 se presentó el mayor registro de caudal (63,61 m³/s), seguido del 1999 (52,75 m³/s), 2013 (52,22 m³/s) y 2011 (48 m³/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de "La Niña", donde para el año 1999–2000 y 2010-2011 la intensidad correspondió a un fenómeno moderado.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Piulcan y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 2004 (11,82 m^3/s), seguido de 1988 (12,69 m^3/s).

Finalmente, en la Figura 5.1.44 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Pilcuan (Río Guáitara), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.
- Los registros de caudales mínimos mensuales multianuales presentan una distribución simétrica a razón de que la media, mediana y moda de la distribución coinciden y los datos se distribuyen de igual forma a ambos lados de esa medida.
- Por el último, el registro de caudales máximos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

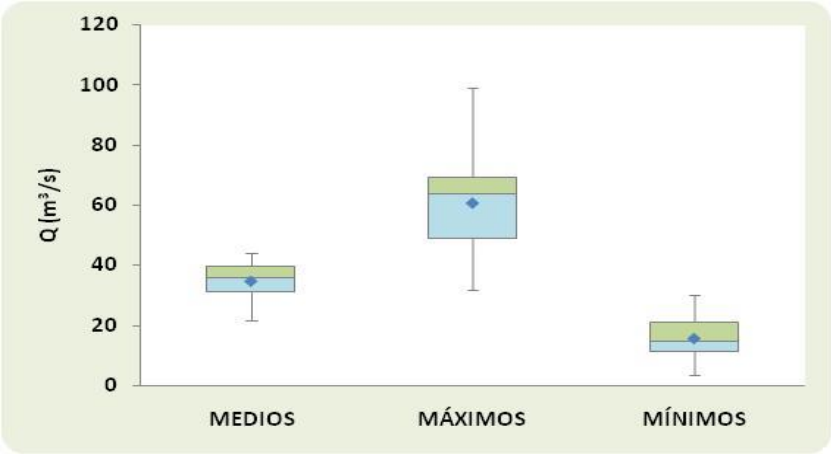


Figura 5.1.44 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Pilcuán (Río Guaitara)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Estación Agroyaco

El río Guáitara también cuenta con la estación hidrométrica Agroyaco operada por el IDEAM con un registro de 41 años desde 1969 hasta el 2000, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.45, Figura 5.1.46 y Figura

5.1.47 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

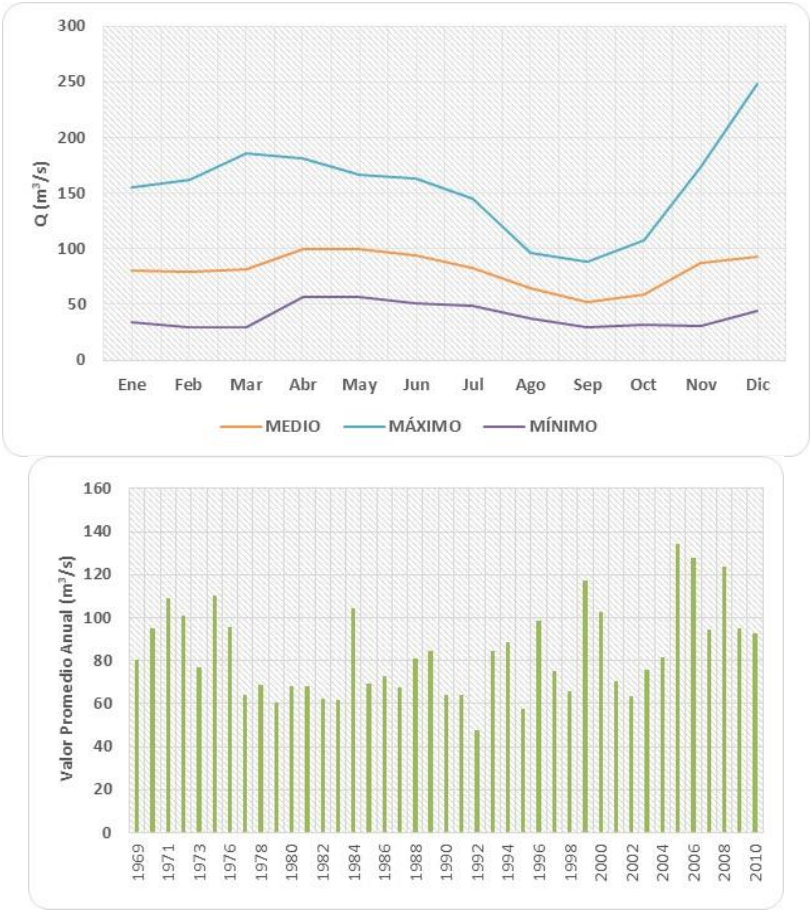


Figura 5.1.45 Distribución de Caudales Medios – Estación Agroyaco (Río Guáitara)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

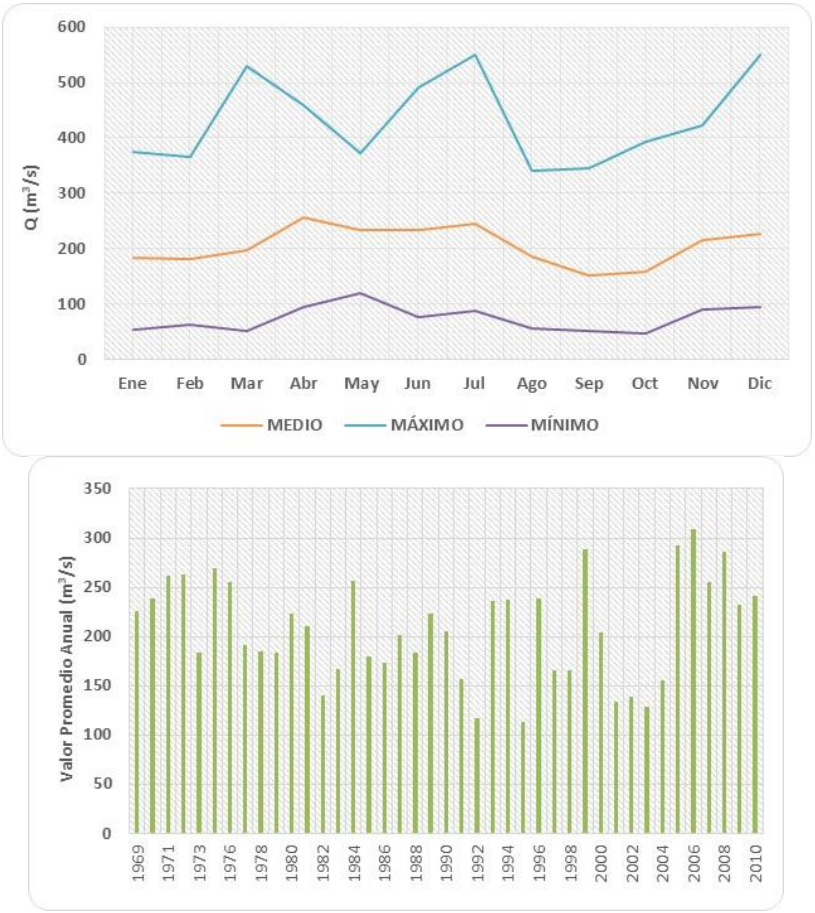


Figura 5.1.46 Distribución de Caudales Máximos – Estación Agroyaco (Río Guáitara)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

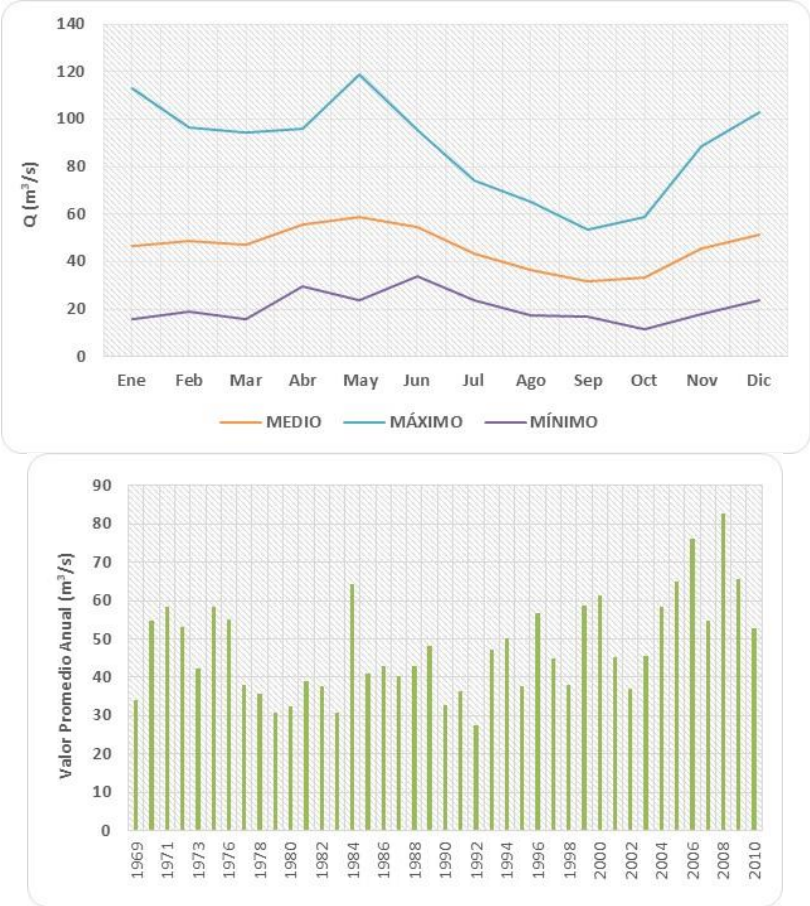


Figura 5.1.47 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Agroyaco (Río Guáitara)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El caudal medio promedio del río Guáitara en la estación Agroyaco es de 34,74 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 432,925 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 20,70 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a junio, con picos promedios del orden de 99,97 m^3/s, siendo abril el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a mayo, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 52,52 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Agroyaco desde el año 1969 hasta el año 2010, se puede concluir que en el año 2006 se presentó el mayor registro de caudal (309,02 m^3/s), seguido del 2005 (292,5 m^3/s), 2013 (288,34m^3/s) y 2008 (286,05 m^3/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de "La Niña", donde para

el año 2007-2008 la intensidad correspondió a un fenómeno muy fuerte.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Agroyaco y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 1992 (117,65 m^3/s), seguido de 1995 (113,5 m^3/s), correspondientes a uno de los años en los que se recibió el impacto socioeconómico del efecto climático del fenómeno de "El Niño", con una intensidad fuerte.

Finalmente, en la Figura 5.1.48 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Agroyaco (Río Guáitara), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.
- Por el último, el registro de caudales mínimos y máximos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

- Estación San Pedro

El río Guáitara también cuenta con la estación hidrométrica San Pedro operada por el IDEAM con un registro de 35 años desde 1980 hasta el 2014, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.49, Figura 5.1.50 y Figura 5.1.51 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

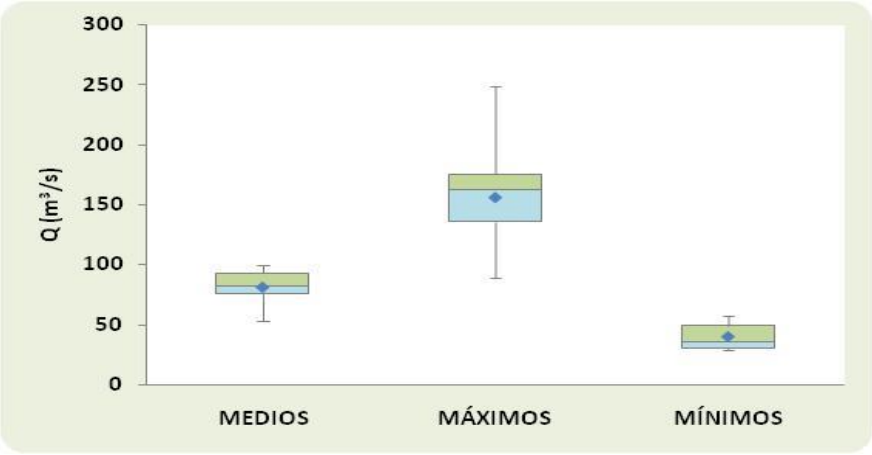
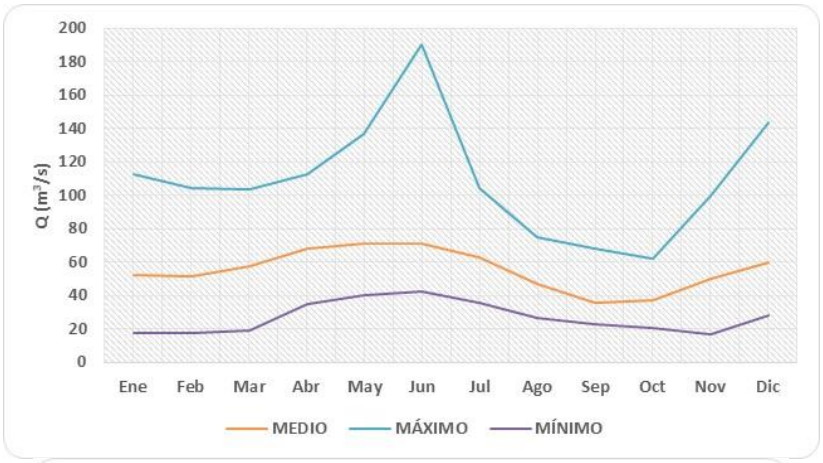


Figura 5.1.48Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación Agroyaco (Río Guáitara)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)



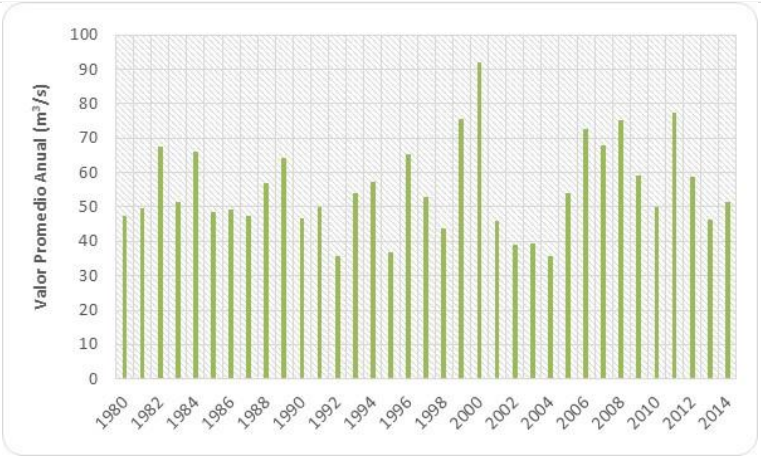


Figura 5.1.49 Distribución de Caudales Medios – Estación San Pedro (Río Guáitara)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

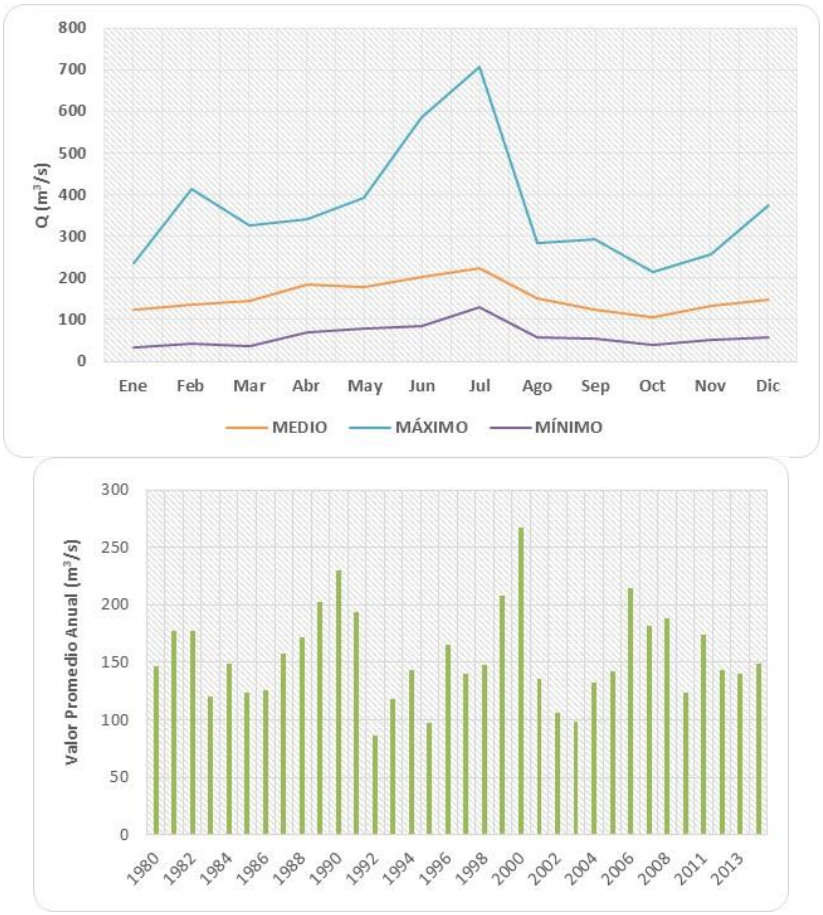


Figura 5.1.50 Distribución de Caudales Máximos – Estación San Pedro (Río Guáitara)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

Figura 5.1.51 Distribución de Caudales Mínimos – Estación San Pedro (Río Guáitara)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El caudal medio promedio del río Guáitara en la estación San Pedro es de 55,13 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 708,3 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 0,9 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a junio, con picos promedios del orden de 99,97 m^3/s, siendo abril el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a mayo, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 35,76 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación San Pedro desde el año 1980 hasta el año 2014, se puede concluir que en el año 2000 se presentó el mayor registro de caudal (92,07 m^3/s), seguido del 2010 (77,39 m^3/s), 1999 (75,45 m^3/s) y 2006 (72,61 m^3/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de “La Niña”, donde para el año

1999-2000 y 2009-2010 la intensidad correspondió a un fenómeno moderado.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación San Pedro y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 1992 (35,83 m^3/s), seguido de 2004 (35,55 m^3/s), correspondientes a uno de los años en los que se recibió el impacto socioeconómico del efecto climático del fenómeno de "El Niño", con una intensidad fuerte.

Finalmente, en la Figura 5.1.52 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación San Pedro (Río Guáitara), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.
- Por el último, el registro de caudales máximos y mínimos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

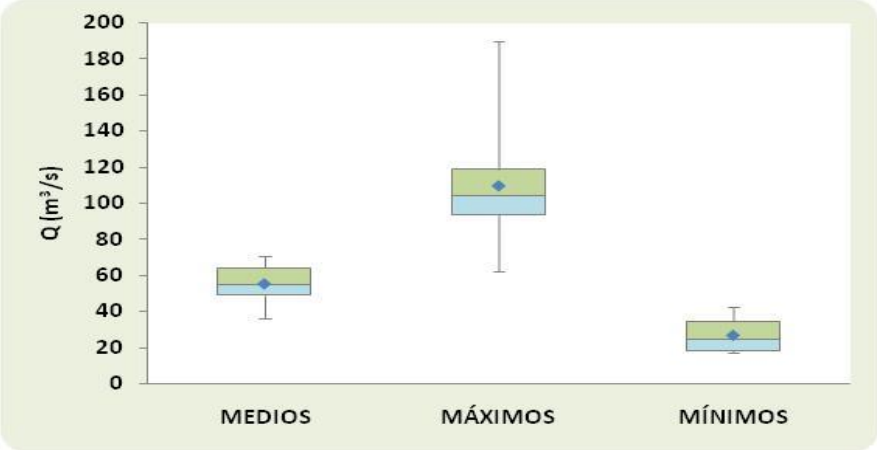


Figura 5.1.52 Diagrama de Cajas y Bigotes – Valores Medios Mensuales Multianuales - Estación San Pedro (Río Guáitara)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Unidad Hidrográfica Nivel I – Río Bobo*

○ Estación Casanare Automática

El río Bobo cuenta con la estación hidrométrica Casanare Automática operada por el

IDEAM con un registro de 24 años desde 1989 hasta el 2012, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.53, Figura 5.1.54 y Figura 5.1.55 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

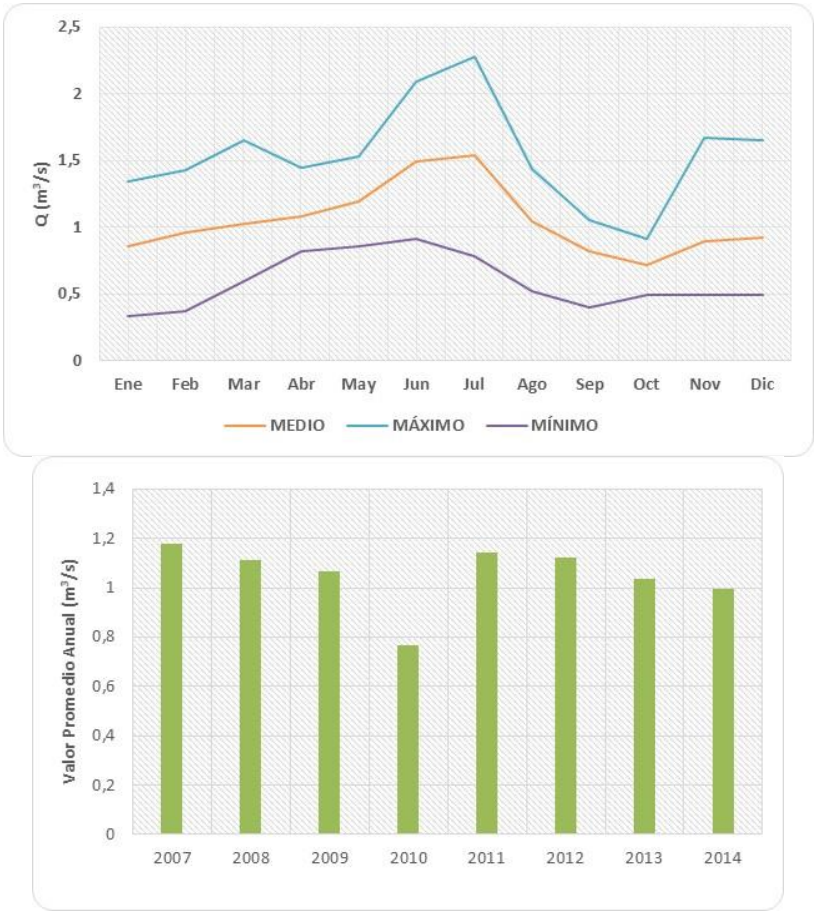


Figura 5.1.53 Distribución de Caudales Medios – Estación Casanare Automática (Río Bobo)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

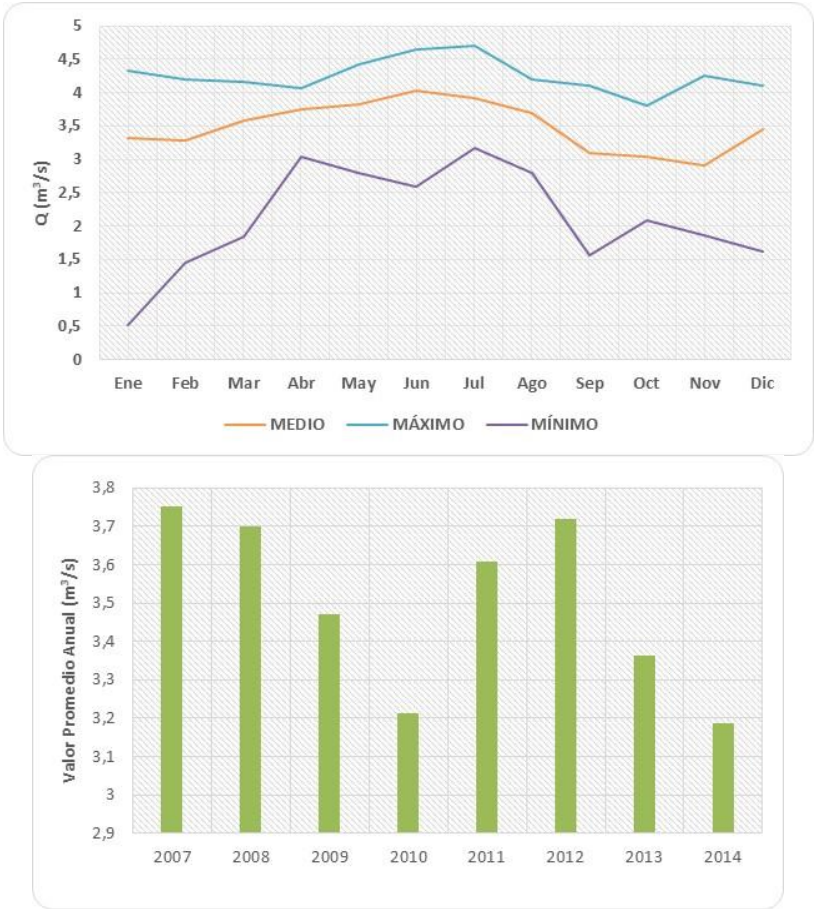


Figura 5.1.54 Distribución de Caudales Máximos – Estación Casanare Automática (Río Bobo)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

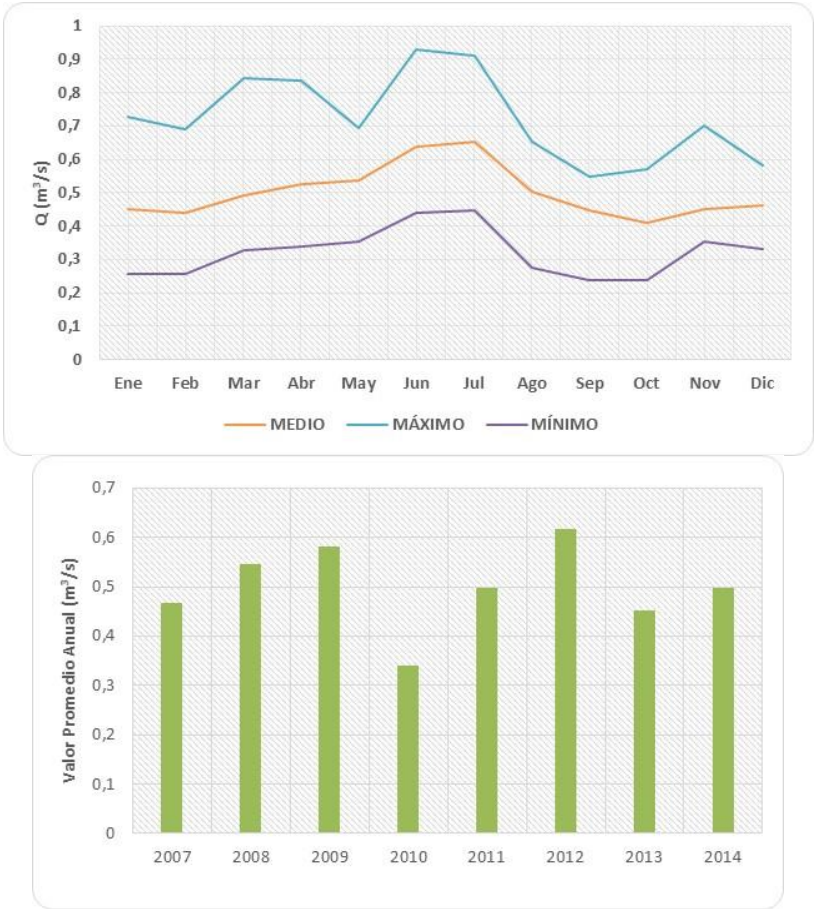


Figura 5.1.55 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática (Río Bobo)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El caudal medio promedio del río Bobo en la estación Casanare Automática es de 1,044 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 4,71 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 0,23 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de mayo a agosto, con picos promedios del orden de 1,53 m^3/s, siendo julio el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de septiembre a marzo, siendo octubre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 0,71 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Casanare Automática desde el año 2007 hasta el año 2014, se puede concluir que no se encuentran diferencias significativas en los registros de caudales apara estos años, sin embargo, en el año 2007 se presentó el mayor registro de caudal (1,17 m^3/s), seguido del 2014 (1,14 m^3/s), 2012 (1,12m^3/s) y 2008 (1,11 m^3/s).

Finalmente, en la Figura 5.1.56se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Casanare Automática (Río Bobo), concluyendo lo siguiente:

- El registro de caudales medios, máximos y mínimos mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

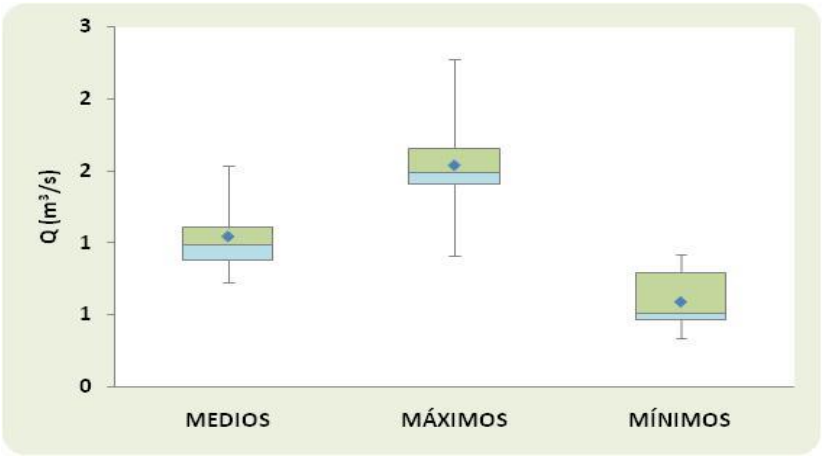


Figura 5.1.56 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales –Casanare Automática (Río Bobo)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Subzona Hidrográfica Río Juanambú*

o Estación Puente Juanambú

El río Juanambú cuenta con la estación hidrométrica Puente Juanambú operada por el IDEAM con un registro de 35 años desde 1987 hasta el 2014, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.57

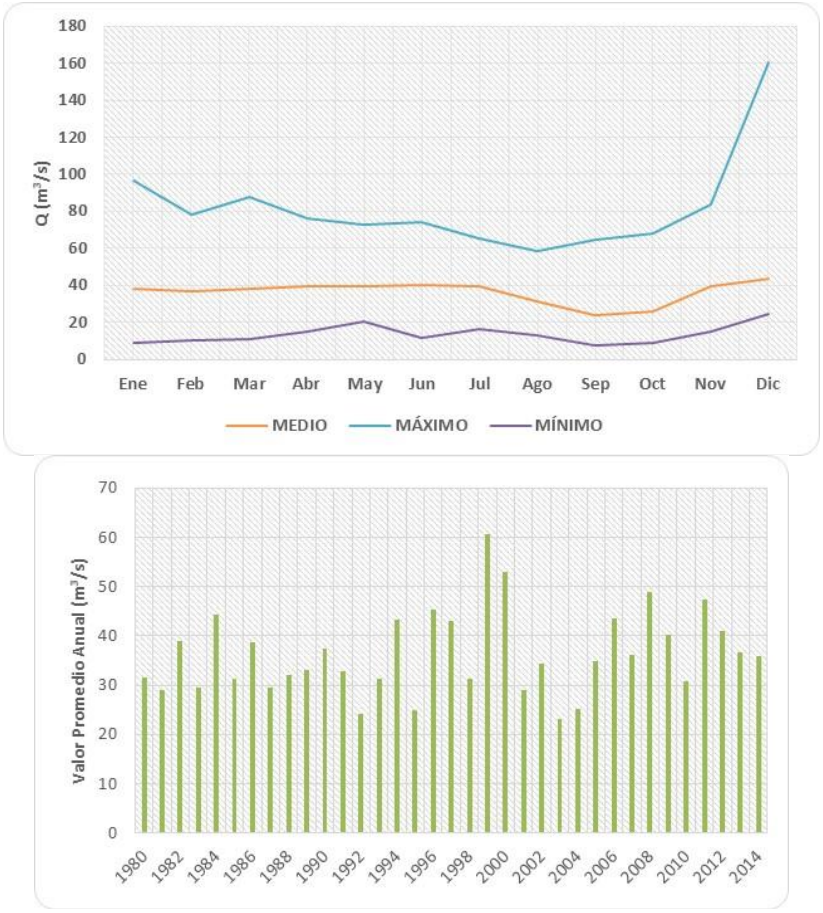
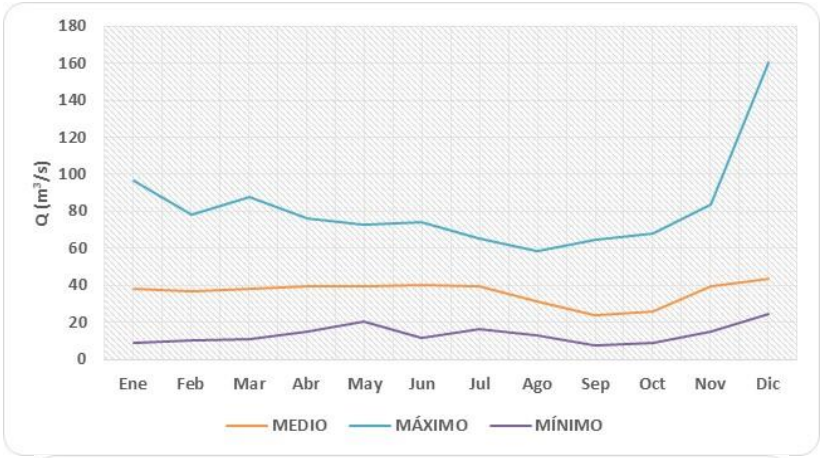


Figura 5.1.57 Distribución de Caudales Medios – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú)

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)



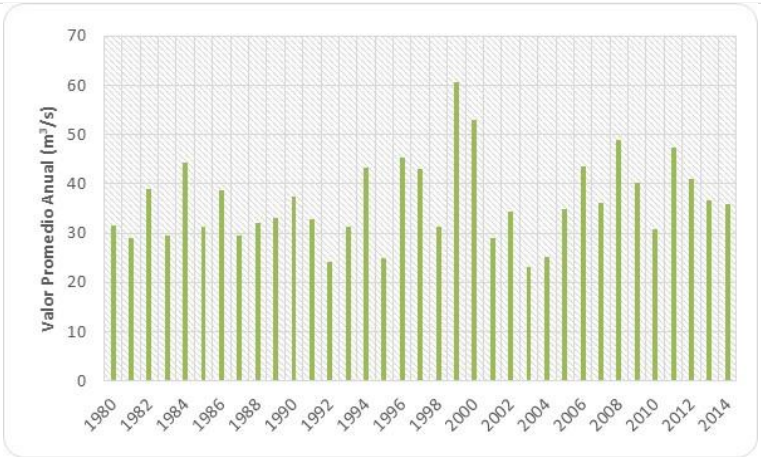


Figura 5.1.57, Figura 5.1.58 y Figura 5.1.59 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

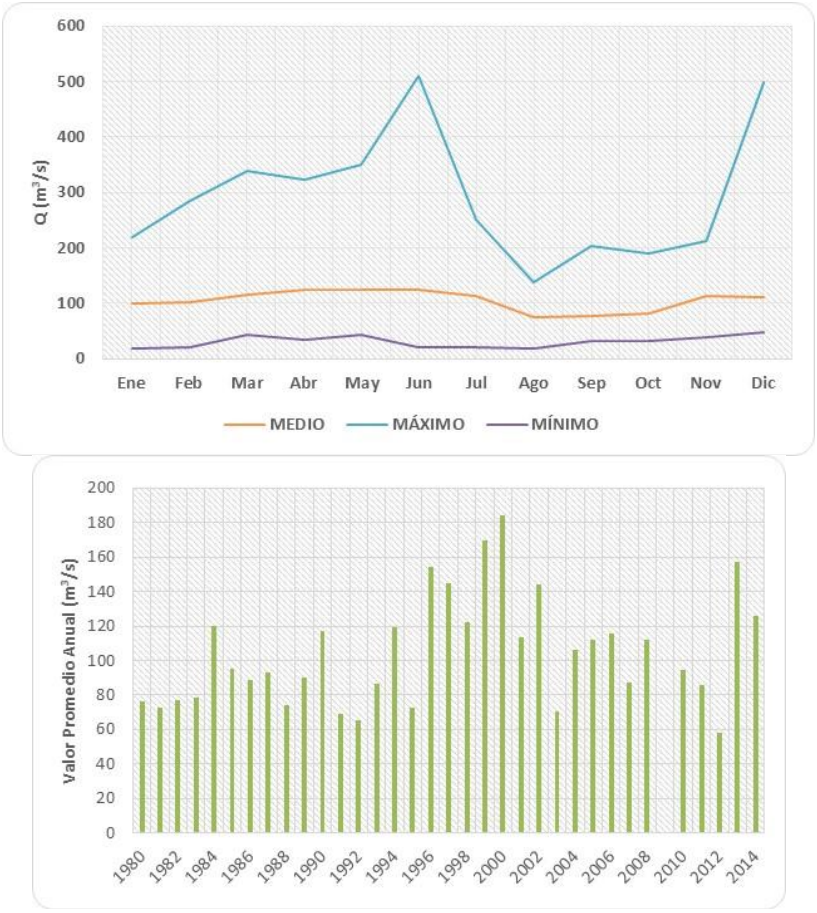


Figura 5.1.58 Distribución de Caudales Máximos – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

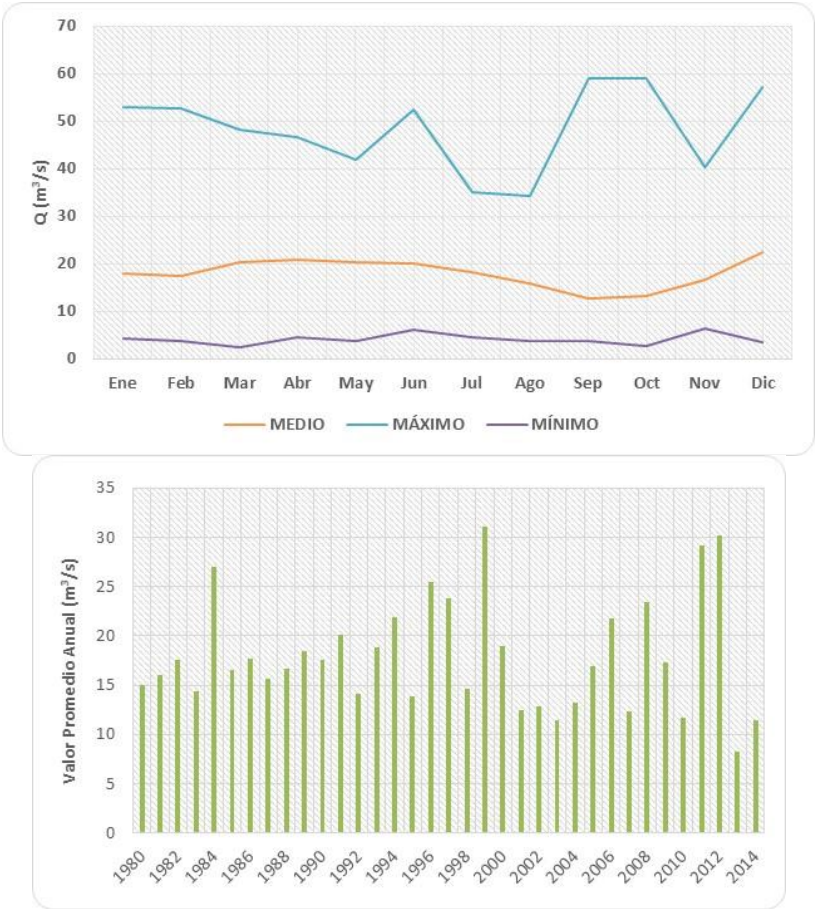


Figura 5.1.59 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú (Río Juanambú)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El caudal medio promedio del río Juanambú en la estación Puente Juanambú es de 36,233 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 509,5 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 2,325 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de diciembre a julio con picos promedios del orden de 43,31 m^3/s, siendo diciembre el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de agosto a noviembre, siendo septiembre el mes de septiembre donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 23,72 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Puente Juanambú desde el año 1980 hasta el año 2014, se puede concluir que en el año 1999 se presentó el mayor registro de caudal (60,74 m^3/s), seguido del 2000 (52,95 m^3/s), 2008 (48,87 m^3/s) y 2011 (47,39 m^3/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de “La Niña”, donde para el año

1999–2000 y 2010-2011 la intensidad correspondió a un fenómeno moderado.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Puente Juanambú y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 2003 (23,18 m^3/s), seguido de 1992 (24,09 m^3/s), correspondientes a uno de los años en los que se recibió el impacto socioeconómico del efecto climático del fenómeno de "El Niño", con una intensidad fuerte.

Finalmente, en la Figura 5.1.60se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Puente Juanambú (Río Juanambú), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.
- Por el último, el registro de caudales máximos y mínimos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

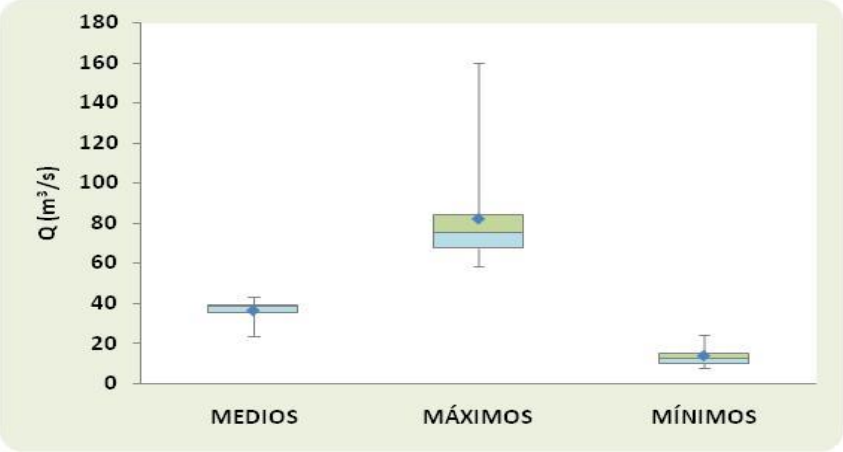


Figura 5.1.60 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales –Puente Juanambú (Río Juanambú)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

– *Unidad Hidrográfica Nivel I - Río Pasto*

○ Estación Providencia

El río Pasto cuenta con la estación hidrométrica Providencia operada por el IDEAM con

un registro de 24 años desde 1989 hasta el 2012, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.61, Figura 5.1.62 y Figura 5.1.63 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.

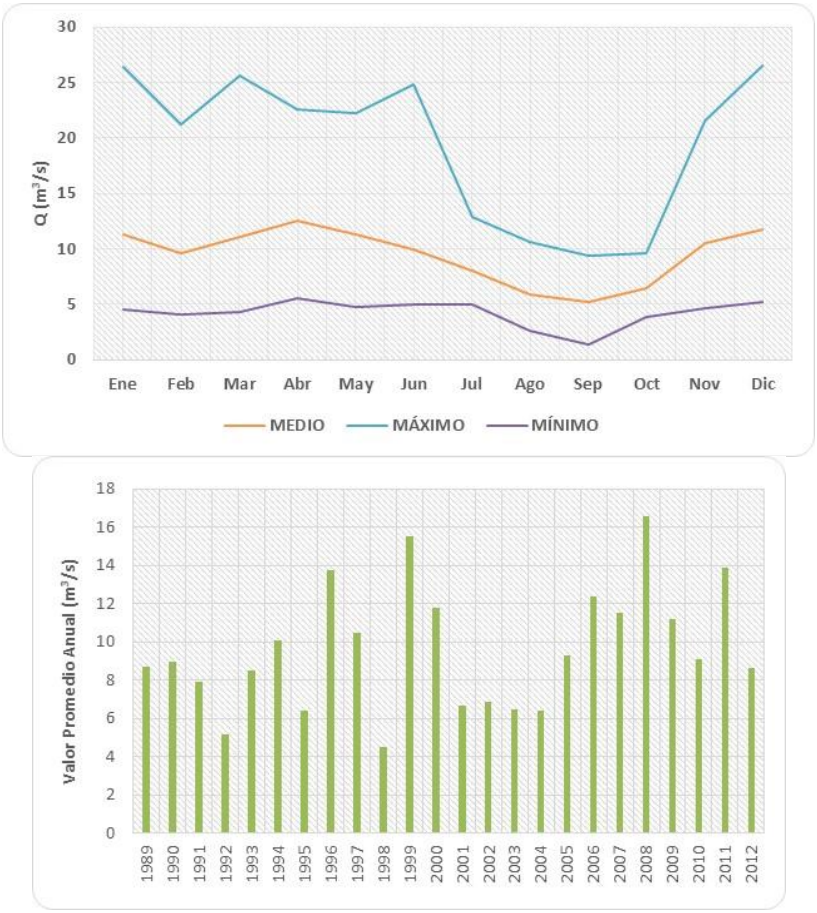


Figura 5.1.61 Distribución de Caudales Medios – Estación Providencia (Río Pasto)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

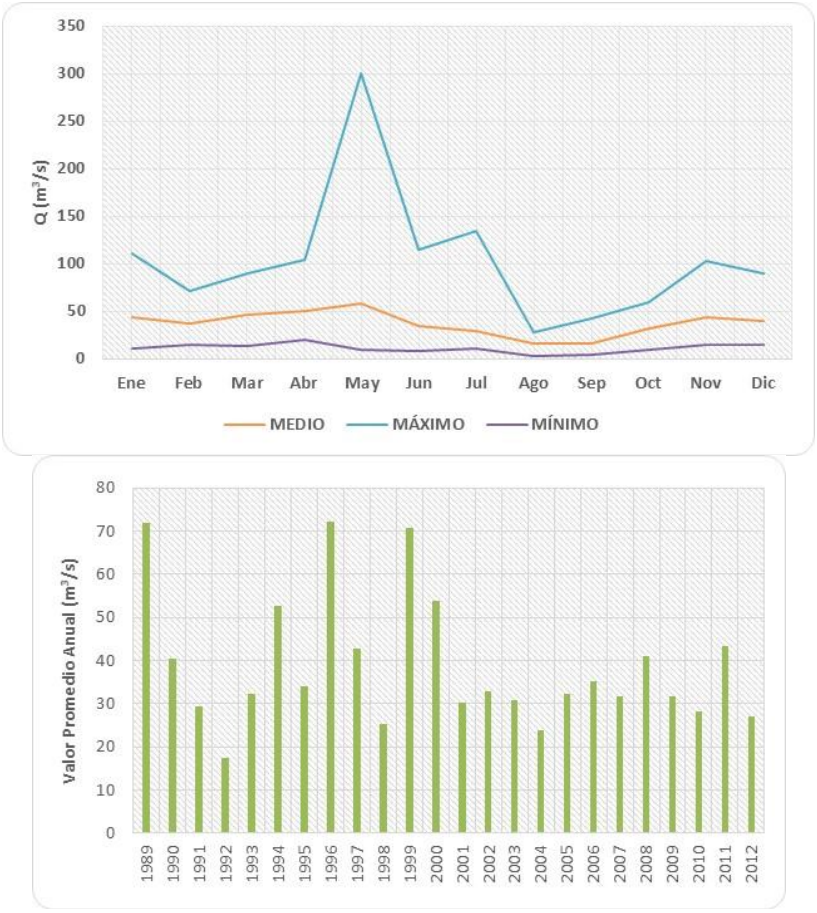


Figura 5.1.62 Distribución de Caudales Máximos – Estación Providencia (Río Pasto)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

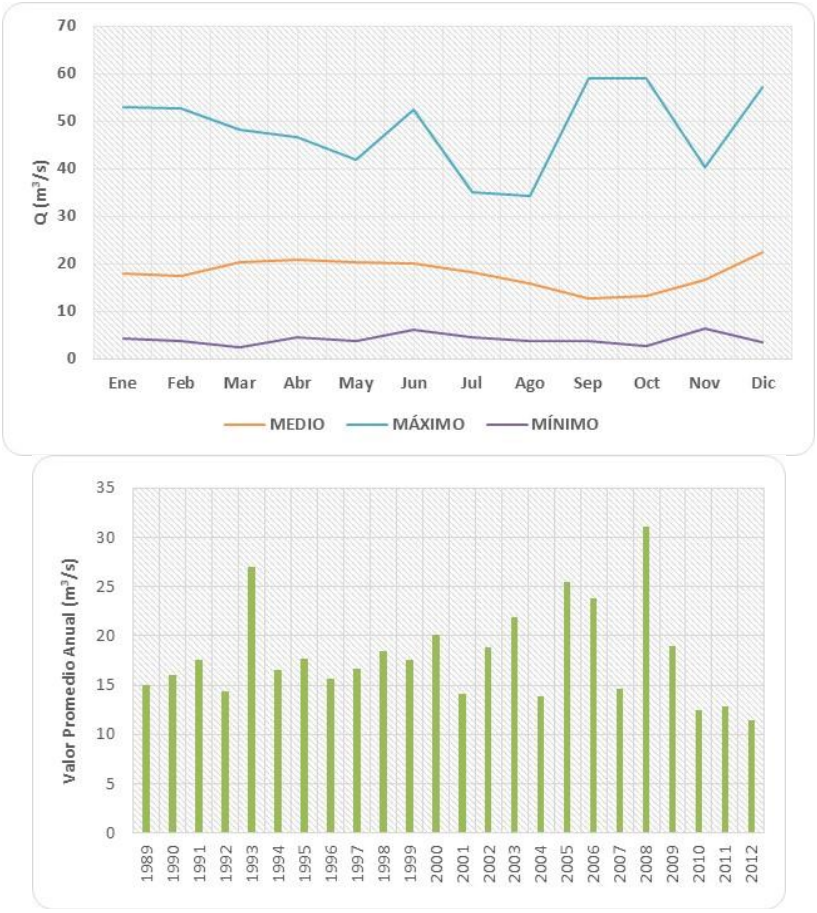


Figura 5.1.63 Distribución de Caudales Mínimos –Estación Providencia (Río Pasto)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

El caudal medio promedio del río Pasto en la estación Providencia es de 9,46 m³/s. El caudal máximo promedio multianual es de 300,8 m³/s, y de los caudales mínimos es de 2,32 m³/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a julio, con picos promedios del orden de 12,53 m³/s, siendo abril el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a junio, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 5,17 m³/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Providencia desde el año 1980 hasta el año 2014, se puede concluir que en el año 2008 se presentó el mayor registro de caudal (16,54 m³/s), seguido del 1999 (15,51 m³/s), 2011 (13,89 m³/s) y 1996 (13,73 m³/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de “La Niña”, donde para

el año 2007-2008, 1999–2000 y 2010-2011 la intensidad correspondió a un fenómeno entre moderado y muy fuerte.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Providencia y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 1998 (4,52 m^3/s), seguido de 1992 (5,19 m^3/s).

Finalmente, en la Figura 5.1.64 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Providencia (Río Pasto), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios, máximos y mínimos mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.

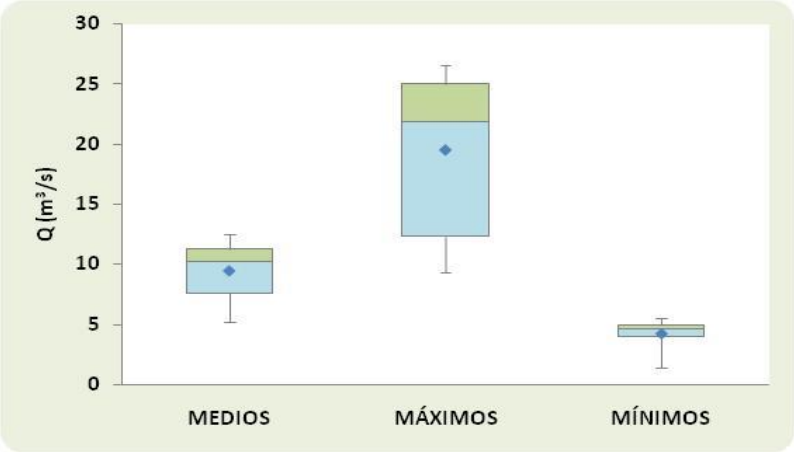
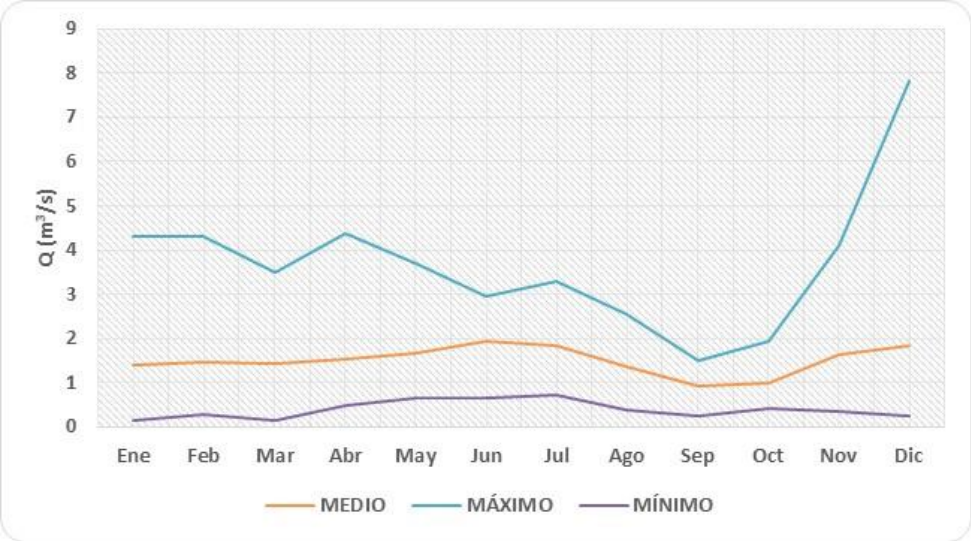


Figura 5.1.64 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales –Estación Providencia (Río Pasto)
Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

- Estación Bocatoma Centenario

El río Pasto también cuenta con la estación hidrométrica Bocatoma Centenario operada por el IDEAM con un registro de 24 años desde 1988 hasta el 2014, lo que permitió de manera directa caracterizar el régimen hidrológico. En la Figura 5.1.65, Figura 5.1.66 y Figura 5.1.67 se presenta la distribución temporal anual multianual de los caudales medios, máximos y mínimos. De estas figuras, se observa que el régimen de caudales es de tipo monomodal.



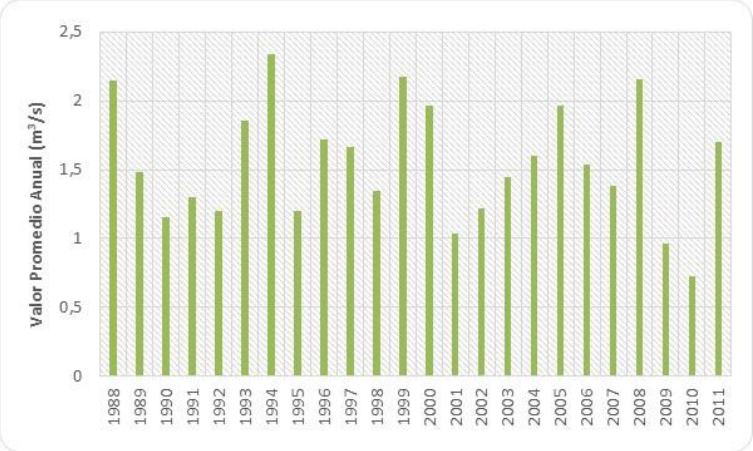


Figura 5.1.65 Distribución de Caudales Medios – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

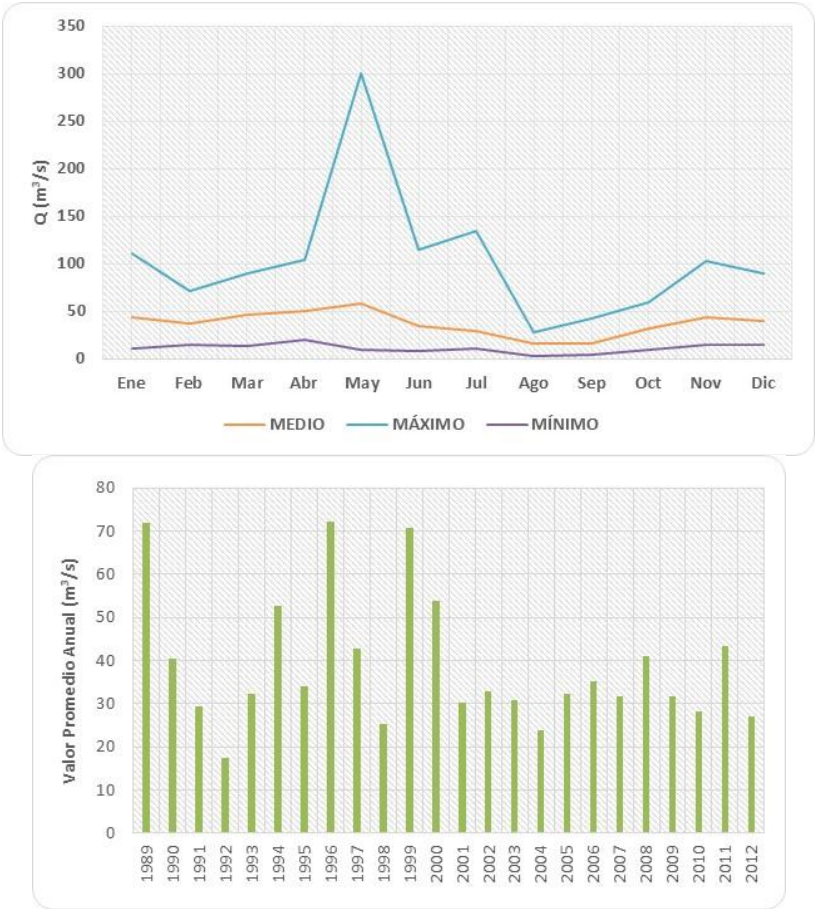


Figura 5.1.66 Distribución de Caudales Máximos – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto)

Fuente: **(Géminis Consultores Ambientales, 2016)**

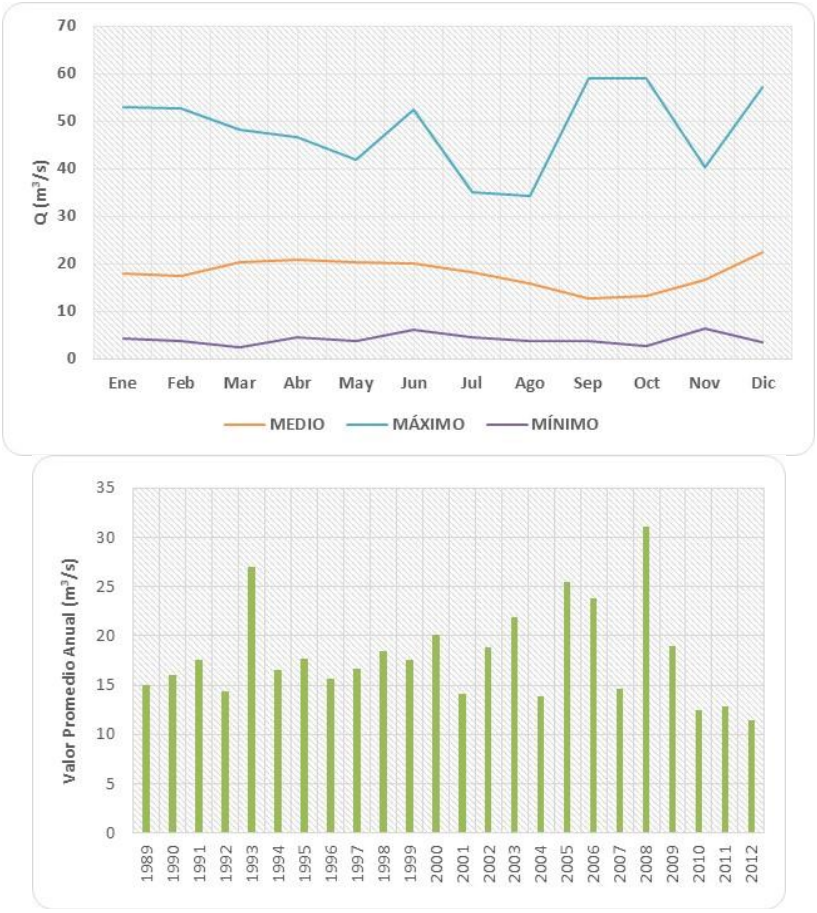


Figura 5.1.67 Distribución de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto)
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016.

El caudal medio promedio del río Pasto en la estación Bocatoma Centenario es de 1,50 m^3/s. El caudal máximo promedio multianual es de 117,1 m^3/s, y de los caudales mínimos es de 0,084 m^3/s. El período de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de noviembre a julio, con picos promedios del orden de 1,95 m^3/s, siendo junio el mes donde se presentan estos caudales. El período de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a junio, siendo septiembre el mes donde se registran los caudales más bajos, con un promedio multianual de 0,93 m^3/s.

Teniendo en cuenta los valores totales medios anuales de caudal para la estación Bocatoma Centenario desde el año 1988 hasta el año 2014, se puede concluir que en el año 1994 se presentó el mayor registro de caudal (2,33 m^3/s), seguido del 1999 (2,17 m^3/s), 2008 (2,15 m^3/s) y 1988 (2,14 m^3/s), coincidiendo con los años en los que se ha presentado crisis invernal en Colombia equivalente al fenómeno de “La Niña”, donde para

el año 2007-2008, 1999–2000 y 1988-1989 la intensidad correspondió a un fenómeno entre moderado y muy fuerte.

Por otro lado, y teniendo en cuenta los valores totales mínimos anuales de caudal para la estación Providencia y para los mismos años en estudio, se tiene que se presentó el menor registro de caudal en el año de 2010 (0,73 m^3/s), seguido de 2009 (0,96 m^3/s), correspondientes a uno de los años en los que se recibió el impacto socioeconómico del efecto climático del fenómeno de "El Niño", con una intensidad débil.

Finalmente, en la Figura 5.1.68 se presenta un resumen gráfico de las series de caudal en diagrama de cajas y bigotes (*boxplots*) utilizando los valores medios, máximos y mínimos de los registros medios mensuales multianuales de la estación Bocatoma Centenario (Río Pasto), concluyendo lo siguiente:

- Los registros de caudales medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica negativa o sesgada hacia la izquierda ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte superior de la distribución. La media se sitúa a la izquierda de la mediana.
- Los registros de caudales mínimos mensuales multianuales presentan una distribución simétrica a razón de que la media, mediana y moda de la distribución coinciden y los datos se distribuyen de igual forma a ambos lados de esa medida.
- Por el último, el registro de caudales máximos medios mensuales multianuales presentan una distribución asimétrica positiva o sesgada a la derecha, ya que los datos tienden a concentrarse hacia la parte inferior de la distribución. La media se sitúa a la derecha de la mediana.

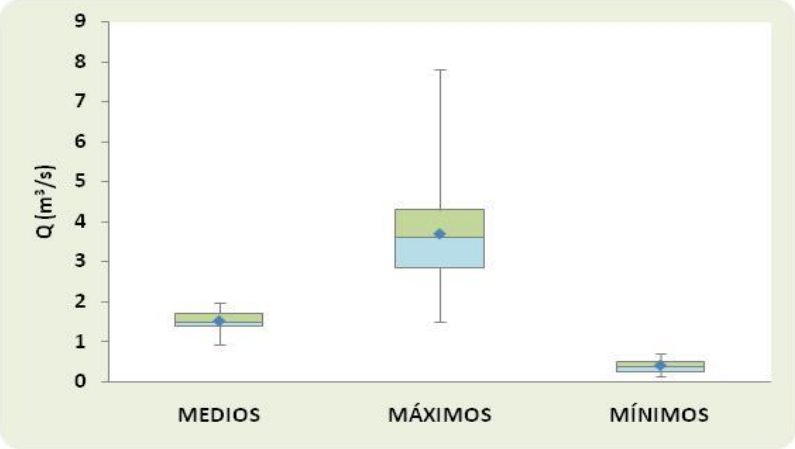


Figura 5.1.68 Diagrama de Cajas y Bigotes –Valores Medios Mensuales Multianuales –Estación Bocatoma Centenario (Río Pasto)
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016.

- Dinámica fluvial

– *Análisis de la dinámica fluvial del Río Guaitara*

Desde el punto de vista de la hidráulica fluvial, todos los ríos están sujetos en mayor o menor grado a procesos de erosión o degradación, equilibrio y sedimentación o agradación. Un río se considera en estado de equilibrio cuando no varía el perfil del fondo y de las márgenes del cauce y por lo tanto, existe compensación entre los sedimentos que son transportados hacia el sitio y desde el sitio.

La degradación se manifiesta cuando el nivel del lecho baja o si las márgenes se desplazan hacia afuera, lo que se presenta cuando la carga de sedimentos es inferior a la capacidad de transporte del flujo de agua. Este proceso se acelera e intensifica durante crecientes, que además originan el problema de las inundaciones sobre todo en las zonas planas aluviales de los ríos.

La Agradación es la acumulación de sedimentos, lo que se presenta cuando los sedimentos de un río superan la cantidad que dicho río puede arrastrar en su cauce. Este proceso se acelera e intensifica en las condiciones más secas del cauce que causan la disminución de flujo del río al mismo tiempo que los sedimentos se presentan en mayores cantidades

Los cambios morfológicos en los ríos pueden deberse a causas naturales o antrópicas. Las intervenciones humanas sobre un sistema hidráulico pueden desencadenar procesos a altas velocidades que naturalmente tardarían mucho tiempo en producirse y en algunos casos pueden llegar a ser irreversibles.

Para establecer la dinámica fluvial de las corrientes en especial la del río Guáitara, se realizó una comparación a través de imágenes satelitales de Google Earth de los años 2005 (periodo Niño débil) y 2015 (periodo Niño Fuerte).

Teniendo en cuenta el comportamiento del río Guáitara para los años 2005 y 2015, observado en la Figura 5.1.69 Figura 5.1.70 y Figura 5.1.71 , específicamente entre el límite del municipio de Contadero y Puerres, se puede concluir que se presentan cambios relacionados con la desaparición de patrones de drenaje de tipo trenzado en el año 2015 con respecto al 2005 (verFigura 5.1.69), como consecuencia del aumento de caudal intensificado en época de lluvia, por otro lado, se observan algunos cambios en los meandros característicos (Figura 5.1.70 y Figura 5.1.71), asociados también al aumento de caudal de la fuente en estudio.

Río Guáitara - Año 2005

Río Guáitara - Año 2015

Figura 5.1.69 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005

Fuente: Google Earth 2005 y 2015

Río Guáitara - Año 2005

Río Guáitara - Año 2015

Figura 5.1.70 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005

Fuente: Google Earth 2005 y 2015

Río Guáitara - Año 2005

Río Guáitara - Año 2015

Figura 5.1.71 Dinámica Fluvial del río Guaitara – Años 2015 y 2005 (Límite Entre el municipio de Puerres y Contadero)

Fuente: Google Earth 2005 y 2015

– *Posibles Alteraciones del Régimen Natural*

En la región de estudio existen diferentes amenazas en relación con las estaciones del año en el desencadenamiento de los procesos. Las inundaciones se asocian tanto a altas precipitaciones, en breves tiempos, como a crecidas de corrientes encauzadas, generando un pico de crecida que también pasa rápidamente, por lo que resulta un fenómeno más estrictamente vinculado a exclusivas condiciones de superficie. Los aumentos en los niveles hídricos que aportan un importante caudal a las corrientes permanentes elevando su nivel de base, ocasionando desbordes e invasión de zonas más altas topográficamente.

Es de destacar que el tratamiento del estudio de los peligros y de los riesgos, en general, no siempre contemplan la susceptibilidad o sensibilidad propia de cada ambiente geomorfológico expuesto al peligro. La respuesta de cada unidad geomorfológica o unidad territorial es diferente ante un mismo peligro o amenaza, debido a sus variaciones en sus propiedades intrínsecas (naturaleza y característica del depósito, cementación, suelos, otros) y externas del ambiente regional donde se encuentra. La susceptibilidad es la propensión o tendencia de una zona a ser afectada físicamente por un peligro. Está en función de su exposición al peligro natural, mientras esté más expuesta al peligro analizado, en este caso, inundaciones, mayor es la susceptibilidad.

Para esta área de estudio, el recurso hídrico constituye un elemento muy importante dentro del contexto hidrológico de la zona. En la zona baja la cuenca del río Guáitara

recibe los aportes de quebradas entre perennes e intermitentes, que vierten sus aguas principalmente en avenidas de invierno.

Para establecer la relación espacial de inundaciones en el área de estudio se consultó en primer lugar la cartografía del sistema de información ambiental de Colombia-SIAC, sin embargo, para el polígono definido como Área de Influencia Físico - Biótica no se especifican áreas susceptibles de inundación ni inundadas por el evento meteorológico extraordinario de la Niña 2010-2011.

Asimismo, y teniendo en cuenta la susceptibilidad a la inundación basada en la caracterización geomorfológica, se puede concluir que la zona de estudio por presentar un paisaje de Montaña (M) donde las pendientes son pronunciadas, se percibe un grado de amenaza por inundación casi nulo.

Para el tramo Pedregal – Catambuco, 38 eventos de inundaciones para los municipios de Imués, Yacuanquer, Tangua y San Juan de Pasto para los mismos años. Teniendo en cuenta los registros presentados en la Tabla 5.1-26, los eventos de inundación a nivel regional, en los municipios del área de estudio, no son frecuentes, sin embargo, el más crítico es el ocurrido en el municipio de Imués en el mes de diciembre del 2010 con 1.716 personas afectadas, seguido del ocurrido en el año 2010 en los municipios de Tangua, Imués y Pasto con 1.400, 1.716 y 1,274 personas afectadas.

Tabla 5.1-26 Consolidado de atención de emergencias para los eventos de inundaciones presentados durante los últimos diez años en los municipios asociados al área de estudio del Tramo Pedregal – Catambuco.

Fecha	Municipio	Afectación								Observaciones
		Personas Fallecidas	Persona Herida	Personas Afectadas	Familias Afectadas	Viviendas Destruidas	Viviendas Averiadas	Vías	Centros Educativos	
21/12/2014	Pasto	---	---	85	10	---	10	---	---	Se reporta desbordamiento de la quebrada el Barranco, en la vereda ramos sector de la Laguna de la Cocha, destruyo a 10 viviendas dejando sin sus enseres a 50 adultos y 35 niños.
25/12/2014	Pasto	---	---	165	33	---	33	---	---	Se reporta inundación en la Vuelta Negra afectando a 30 familias, en el barrio Cementerio 3 familias y en Cujacal bajo se hizo la remoción de tierra y lodo por las fuertes lluvias. La gran cantidad de agua que cayó colapsó el sistema de recolección de aguas generando rebose de alcantarillas en varias zonas de la ciudad.
02/11	Pasto	---	---	125	25	---	25	---	---	Inundaciones en los barrios

Fecha	Municipio	Afectación								Observaciones
		Personas Fallecidas	Persona Herida	Personas Afectadas	Familias Afectadas	Viviendas Destruidas	Viviendas Averiadas	Vías	Centros Educativos	
/2014										Pinar del Rio (3 familias afectadas con 12 personas), El Pilar (1 familia afectada con 6 personas), vereda Pejendino Reyes (7 familias con 34 personas), corregimiento de Buesaquillo (14 familias con 63 personas), para un total de 25 familias.
30/06 /2014	Pasto	---	---	1.650	330	---	80	2	---	En la vereda del Encando se presentó el día 30 de junio una inundación que afecto a la comunidad en cultivos piscícolas, debido a las fuertes lluvias en el sector, las cuales causaron, representando riesgo para los habitantes de las viviendas en las veredas Naranjal y Motilón. Por otro lado, como consecuencia del incremento del nivel de la Laguna de Cocha se presentaron inundaciones en las veredas el Puerto, Motilón, Santa Lucia, Ramos, Romerillo y Casapampa, afectando por inundación a 80 viviendas, las cuales la mayoría derivan sustento de actividades comerciales y turísticas, asimismo se encontró inundada la vía de acceso a causa de la inundación de los terrenos aledaños a las viviendas en la vereda el Puerto. Se presenta perdida de cultivos pecuarios (cerdos, pollos, cuyes, gallinas, conejos, vacas) y huertas de autoconsumo. Igualmente en las veredas el Naranjal, Santa Lucia, Ramos, Romerillo, Santa Rosa, Motilón, Santa Teresita, Carrizo y el Puerto se presentó afectación de la producción de trucha, afectando 45 familias que derivan su sustento de esa

Fecha	Municipio	Afectación								Observaciones
		Personas Fallecidas	Persona Herida	Personas Afectadas	Familias Afectadas	Viviendas Destruidas	Viviendas Averiadas	Vías	Centros Educativos	
										producción.
08/05/2014	Pasto	---	---	45	9	---	9	---	---	Inundación en los barrios Mijitayo, El Pilar y Chambú.
22/01/2014	Pasto	---	---	---	---	---	---	---	---	Desbordamiento del río Pasto
19/11/2013	Pasto	---	---	20	4	---	4	---	---	Por las lluvias registradas el alcantarillado colapso por rebosamiento, afectando a 4 viviendas.
25/07/2013	Pasto	---	---	120	24	---	24	---	---	Se reportó inundación en el corregimiento: El Encano, 13 viviendas afectadas, 5 familias afectadas, 5 restaurantes afectados, asimismo, se informaron inundaciones por aumento de nivel de la laguna de La Cocha, en el corregimiento el Encano, dejando: 24 familias afectadas.
27/05/2013	Pasto	---	---	8	2	---	1	---	---	Se presentó una inundación en una vivienda conformada por 2 familias de 8 personas en el barrio la Palma.
22/04/2013	Pasto	---	---	---	---	---	---	---	---	Se presentó una inundación en el barrio Santa Clara, afectando a una vivienda.
20/04/2013	Pasto	---	---	547	142	---	---	---	---	Inundación en el corregimiento el Encano con afectación de 142 familias, 547 personas, de las cuales 22 familias resultaron afectadas en enseres, 116 por daños en cultivos y animales.
22/03/2013	Pasto	---	---	29	8	---	5	---	---	Desbordamiento de la quebrada la Pila y Duarte, en el corregimiento de Cabrera, 4 viviendas, 5 familias, 18 personas afectadas, al igual que afectación de cultivos y animales. En el Corregimiento de Mocondino 1 vivienda, 3 familias 11 personas afectadas.
21/03/2013	Pasto	---	---	5	1	1	---	---	---	1 vivienda destruida, en la Carrera 22F Nº 11 - 12 Santiago, evacuación de 5 familias

Fecha	Municipio	Afectación								Observaciones
		Personas Fallecidas	Persona Herida	Personas Afectadas	Familias Afectadas	Viviendas Destruidas	Viviendas Averiadas	Vías	Centros Educativos	
29/11/2012	Pasto	---	---	224	58	---	45	---	---	Inundación en 18 barrios de la ciudad ellos son: Capusigra, el Pilar, Morasurco, Avenida Chile, Pandiaco, Club del Comercio, Villas de San Rafael, Santa Clara, la Paz, Potrerillo, Chapal, las Lunas, Progreso, Mercedario, Sendoya, Mitigallo, Obrero, Avenida Idema, afectando 45 viviendas, 224 personas, 58 familias, 2 parqueaderos.
16/11/2012	Pasto	---	---	90	18	---	15	---	---	Inundación en el corregimiento de Cabrera, municipio de Pasto, ocasionando afectación a 18 familias, 90 personas, 15 viviendas además cultivos de pancoger.
24/04/2012	Pasto	---	---	98	22	---	12	---	---	---
21/04/2012	Pasto	---	---	98	16	---	15	---	---	En el corregimiento de Abonuco se presentó afectación a 22 familias en el sector del Divino Niño.
19/04/2012	Yacuanquer	---	---	40	11	1	10	2	---	Desbordamiento de la quebrada Telpies en la vereda Tasnaque , afectación de las vías la Guada, la Pradera; afectación en cultivos de papa y arveja.
27/03/2012	Pasto	---	---	204	48	---	48	---	---	...
12/03/2012	Yacuanquer	---	---	---	---	---	---	---	---	---
29/07/2011	Pasto	---	---	241	107	---	---	---	---	Debido a fuertes lluvias y represamiento de la quebrada Guachucal fue afectando el mercado de Potrerillo y varias viviendas en los barrios Venecia, Chapal, Chambú, la Minga.
23/07/2011	Pasto	---	---	855	171	---	171	---	---	Debido a las fuertes lluvias en el sector se ha presentado inundación en el corregimiento el Encano, vereda el Puerto.
21/05/2011	Pasto	---	---	500	100	---	100	---	---	---
18/05/2011	Yacuanquer	---	---	264	66	---	66	---	---	---
11/05	Tangua	---	---	---	---	---	---	---	---	Vía San Antonio – La Cocha.

Fecha	Municipio	Afectación								Observaciones
		Personas Fallecidas	Persona Herida	Personas Afectadas	Familias Afectadas	Viviendas Destruidas	Viviendas Averiadas	Vías	Centros Educativos	
/2011										
16/02 /2011	Pasto	---	---	15	3	---	3	---	---	Creciente Quebrada Mijitayo.
15/12 /2010	Tangua	---	---	1400	1400	---	---	---	---	---
15/12 /2010	Imués	---	---	1716	1716	---	---	---	---	---
17/11 /2010	Pasto	---	---	1274	317	2	35	---	---	
04/04 /2010	Pasto	---	---	115	23	---	23	---	---	Barrios Bernal, el Pilar y Chapal. Sector Mijitayo
01/04 /2010	Pasto	---	---	280	56	---	56	---	---	Barrios San Martin, Santa Clara y El Pilar
15/10 /2009	Pasto	---	---	7	1	---	1	---	---	---
29/03 /2009	Pasto	---	---	310	62	---	62	---	---	Creciente río Pasto
25/12 /2008	Yacuanquer	1	---	---	---	---	---	---	---	---
01/11 /2008	Imués	---	---	---	---	---	---	---	---	---
01/11 /2008	Tangua	---	---	---	---	---	---	---	---	---
27/01 /2007	Pasto	---	---	---	---	---	---	---	---	Desbordamiento del rio Guamuez. Afectado el corregimiento del Encanto.
07/03 /2005	Pasto	---	---	30	12	---	---	---	---	Desbordamiento de la quebrada Malagato y aumento del caudal de los ríos Pasto y Chapal. Los sectores más afectados Figueroa, Quintas de San Pedro, Lorenzo de Aldana, Pandiaco, Juan 23, Santa Bárbara, Santa Mónica, Santiago, Rio Blanco, La Colina, Villa de San Rafael, El Pilar, El Chapal, Las Lunas.

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Características Morfométricos de las Unidades Hidrográficas Estudiadas

En análisis del sistema hídrico en el área de estudio, incluye índices determinados en función de factores geomorfológicos y características del flujo en las corrientes que

determinan las características de las cuencas que finalmente son la base para la estimación de caudales máximos de escorrentía superficial. A continuación se definen los índices para el análisis de la cuenca del río Guáitara y Juanambú.

- **Área (A):** El área de la cuenca se establece con apoyo del sistema de información geográfica y de acuerdo a la delimitación del área de estudio; los caudales promedios, mínimos y máximos variarán en función del área de la cuenca.

- **Perímetro (P):** El perímetro es la longitud del límite de la cuenca. Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por si solo se convierte en un factor fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca.

- **Pendiente Media de los Cauces (Pm**): Establece la inclinación promedio que tienen los drenajes desde el nacimiento hasta su desembocadura y permite determinar aspectos importantes como la capacidad de arrastre de sedimentos de distintos tamaños, área de posible inundación en crecidas, tiempo de concentración, entre otros. Se define como la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$Pm = \frac{Hmáx - Hmín}{L} * 100$$

Donde:

P_m: Pendiente Media
$H_{máx}$: Cota Máxima
$H_{mín}$: Cota Mínima
L: Longitud del Cauce

- **Tiempo de concentración (Tc):** Tiempo que dura el agua que cae en el punto más lejano, en llegar al nivel de base o desembocadura de la cuenca. Se puede definir por modelos matemáticos que tienen en cuenta variables como la longitud del cauce, pendiente, entre otras. Es útil para determinar la torrencialidad potencial de una cuenca en función de sus características físicas.

Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. Algunas de las fórmulas que se emplean para el cálculo de este tiempo son las siguientes:

Ventura - Heras: $Tc = a * \left(\frac{S^{0.52}}{i}\right)$

Passini: $Tc = a * \frac{(S*L)^{1/3}}{i^{0,5}}$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (horas)
L: Longitud del cauce principal en (km)
i: Pendiente del cauce principal (%)
S: Área de la cuenca (km²)
a: Alejamiento Medio ($a = \frac{L}{\sqrt{S}}$)

- **Longitud (L):** la longitud (L) de la zona hidrográfica puede estar definida como la distancia horizontal del punto aguas abajo de la zona hidrográfica de salida y un punto aguas arriba, donde la tendencia general del cauce principal corte la línea de contorno de la zona hidrográfica.

- **Factor de Forma:** Dada la importancia de la configuración de las cuencas, se trata de cuantificar las características de forma por medio de índices o coeficientes, los cuales relacionan el movimiento del agua y las respuestas de la cuenca a tal movimiento (hidrógrafa). Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es perfectamente cuadrada cuando el Factor de Forma es igual a la unidad. Este factor, como los otros que se utilizan en este análisis, son un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial de la cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación del agua de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos, por lo que se han realizado numerosos esfuerzos para tratar de cuantificar este efecto por medio de un valor numérico. Horton sugirió un factor adimensional de forma Rf, como índice de la forma de una cuenca así:

$$Rf = \frac{A}{{L^2}_b}$$

- **Coeficiente de Compacidad o Índice de Gravelius:** El coeficiente de compacidad está definido como la relación entre el perímetro P y el perímetro de un círculo que contenga la misma área A de la cuenca hidrográfica:

$$K = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde K es el radio del círculo equivalente en área a la cuenca. Por la forma como fue definido: K>=1. Obviamente para el caso K = 1, se obtiene una cuenca circular. La razón

para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque una cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas extremas dadas su simetría.

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea K, mayor será la concentración de agua

- **Coeficiente de Masividad:** El coeficiente de masividad define el tipo de relieve de montaña, relaciona la elevación media de la cuenca con su superficie.

$$Km = \frac{Altura\ Media\ de\ la\ Cuenca}{A}$$

Para rangos del coeficiente de masividad entre 0 y 35, la clase de masividad es muy montañosa, entre 35 y 70 es montañosa y entre 70 y 105 es moderadamente montañosa.

- **Densidad de Drenajes:** Está definida como la relación Dd entre la longitud total a lo largo de todos los canales de agua de la Microcuenca en proyección horizontal y la superficie total de la hoya:

$$Dd = \frac{\sum l_i}{A}$$

Donde:

Σl_i : longitud total de todos los canales de agua en km
A: área en km^2
L_i : longitud de cada cauce (km)

Los valores que por lo general se encuentran para la densidad de drenaje son de 7 para los mínimos, valores promedios en el rango de 20 a 40 y valores máximos del orden de 400. Valores bajos de Dd generalmente están asociados con regiones de alta resistencia a la erosión, muy permeables y de bajo relieve. Valores altos fundamentalmente son encontrados en regiones de suelos impermeables, con poca vegetación y de relieve montañoso. Principalmente se utiliza para determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca en cada uno de sus sectores, asumiendo directa proporcionalidad entre la densidad y la disponibilidad de agua en un área determinada. De otra manera a mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo

al pico del hidrograma.

La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca. Con el fin de catalogar una cuenca bien o mal drenada, analizando su densidad de drenaje, se puede considerar que valores de Dd próximos a 0,5 km/km^2 o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje. La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía. Por esto se tiene que para un valor alto de Dd corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas.

En la Tabla 5.1-27 y Tabla 5.1-28 se muestran los datos morfométricos correspondientes a los aspectos generales, forma, relieve y drenaje, como soporte del análisis a las unidades hidrológicas que hacen parte del área de estudio, para el tramo Pedregal – Catambuco, respectivamente.

Tabla 5.1-27 Datos Morfométricos de los Sistemas Lóticos pertenecientes al Área de Estudio, sector Pedregal – Catambuco.

Cuenca	Área (ha)	Área (km^2)	Perímetro (km)	Longitud Cauce Principal (km)	Cota máxima	Cota mínima	Pendiente Cauce	Altura Media	Longitud Total de Drenajes (km)	Longitud Axial (km)	Ancho Promedio (km)	Factor de Forma Horton (Kf)	Coeficiente de Compacidad de Gravelius (Kc)		
AFLUENTES DIRECTOS	28163,98	281,64	160,51	44,97	3261,19	1057,00	45,08	2284,66	318,46	49,49	6,26	0,115	Muy Poco Achatada	2,678	Rectangular Oblonga
RÍO PASTO	48102,75	481,03	130,73	33,22	4201,78	762,25	36,86	2592,90	556,52	40,01	14,48	0,300	Ligeramente Achatada	1,669	Forma Oval Oblonga a Rectangular Oblonga
RÍO BOBO	43840,83	438,41	112,73	23,98	3987,69	1683,61	34,43	3109,52	645,59	35,32	18,28	0,352	Ligeramente Achatada	1,507	Forma Oval Oblonga a Rectangular Oblonga

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Tabla 5.1-28 Datos Morfométricos de los Sistemas Lóticos pertenecientes al Área de Estudio

Cuenca	Indice de Alargamiento (Ia)		Densidad de Drenaje (Dd)		Coeficiente de Masividad (Dd)		Tiempos de Concentración (h)			Tiempos de Concentración	
							Ec. Kirpich	Ec. Culverts	Ec. US Bureau	Horas	Minutos
AFLUENTES DIRECTOS	3,96	Muy Alargada	1,131	Baja	8,11	Moderadamente Montañosa	3,964	3,969	3,949	3,961	237,6
RÍO PASTO	1,71	Moderadamente Alargada	1,157	Baja	5,390	Moderadamente Montañosa	2,354	2,357	2,345	2,352	141,1
RÍO BOBO	1,44	Moderadamente Alargada	1,473	Baja	7,093	Moderadamente Montañosa	1,886	1,888	1,878	1,884	113,0

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

5.1.6. Calidad del agua

La evaluación de la calidad del agua se realiza usando técnicas analíticas para determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas, para que los resultados de estas determinaciones sean representativos es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo, a las unidades y terminología empleadas. (Ver detalle en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_PC_014.)

5.1.6.1. Cuerpos de agua continentales

En el proyecto se presentan cuerpos de agua de tipo continental, los cuales hacen parte del sistema de cuenca hidrográfica del Río Guáitara y Juanambú.

- *Caracterización fisicoquímica*

La caracterización de calidad de agua ha sido realizada en los cuerpos de agua identificados como de susceptible intervención por el proyecto, por ser objeto, principalmente de solicitud de permisos de concesión de agua y vertimientos, y por tener prevista la construcción de obras civiles, como el caso del río Guáitara y la quebrada La Magdalena. Esta caracterización ha sido realizada en los dos (2) periodos climáticos, en las siguientes fecha:

Época seca:	entre abril 21 y mayo 01 de 2016
Época de lluvia:	entre diciembre 10 y 12 de 2016

A continuación en la Tabla 5.1.29 se presentan los sitios de muestreo, respectivamente georreferenciados, los cuales han sido seleccionados teniendo en cuenta los siguientes criterios, en aras de garantizar su representatividad en cuanto a cobertura espacial y temporal:

- Sitios que representen mejor las condiciones del área de intervención de los cuerpos de agua, bien sea por construcción de obras civiles o por acceso para captación de agua o descargas a realizar de residuos líquidos generados en campamentos (vertimientos). Este criterio hace referencia a la selección del sitio más cercano al lugar de intervención, siempre y cuando la accesibilidad para la toma de muestras lo permita.

- Sitios cuya caracterización permita identificar comprotamientos naturales o antrópicos de las corrientes de agua a intervenir que favorezcan cambios en sus condiciones físicoquímicas o hidrobiológicas. Este criterio hace referencia a la selección de sitios de muestreo aguas arriba y aguas debajo de los puntos de intervención por las actividades del proyecto.

- Sitios cuya ubicación de toma de muestras sea posible repetir durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

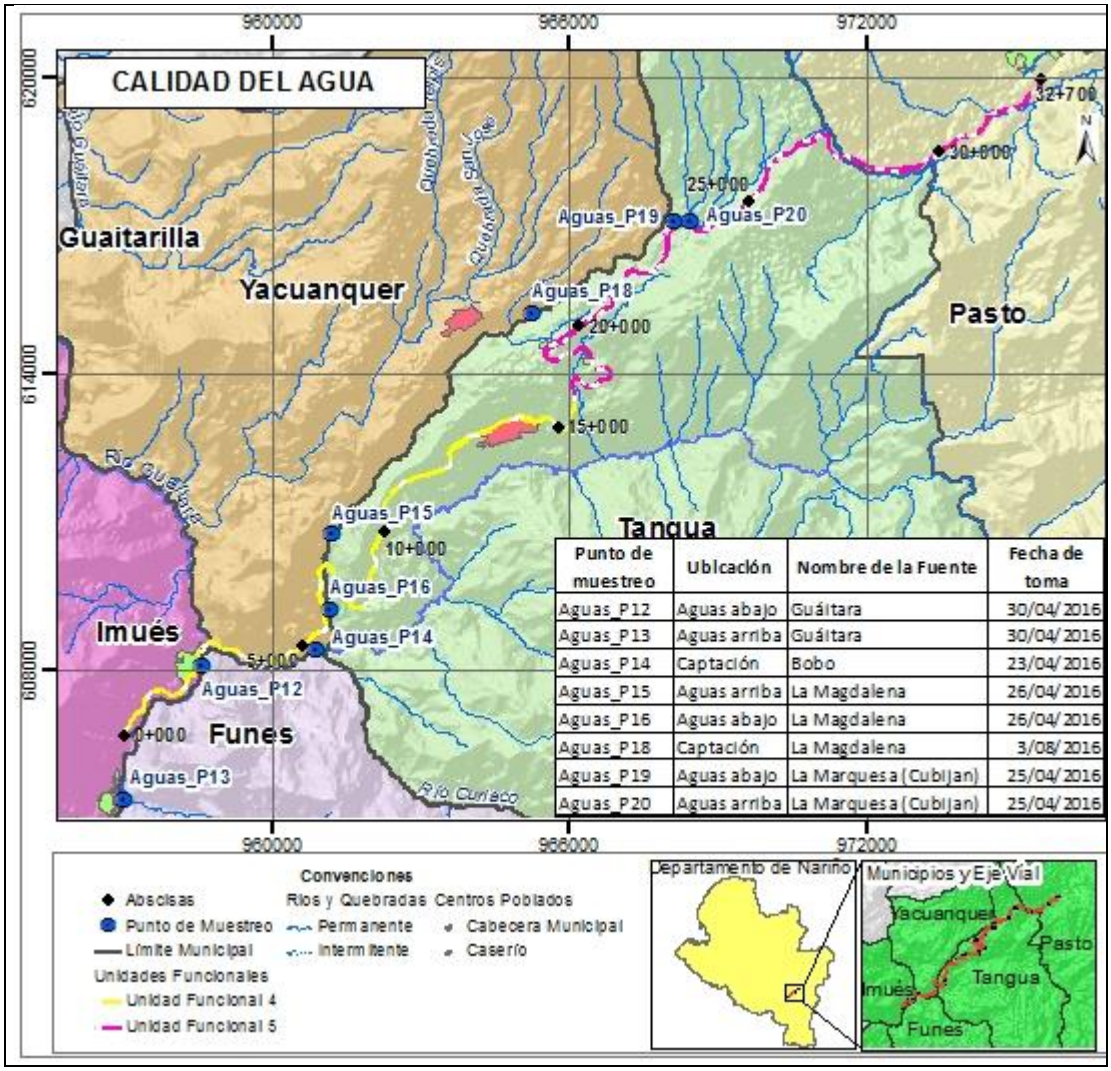
- En relación a la distribución temporal de la caracterización realizada, los sitios elegidos fueron muestreados en dos momentos del año (abril y diciembre), con el fin identificar diferencias y particularidades en los comportamientos de los parámetros caracterizados, en función de las variables climáticas y/o de las actividades antrópicas realizadas por la comunidad aledaña a los sitios de muestreo.

De acuerdo con lo anterior, los puntos de muestreo definidos son los siguientes:

Tabla 5.1.29 Puntos muestreo de cuerpos de agua superficiales, tramo Pedregal – Catambuco

N°	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE FUENTE	COORDENADA MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		LOCALIZACIÓN	TIPO DE MUESTREO
				ESTE	NORTE		
1	Imués	El Pedregal	Río Guáitara	958563,06	608087,61	Aguas abajo	Puntual
2	Imués	El Pedregal	Río Guáitara	956979,82	605390,87	Aguas arriba	Puntual
3	Yacuanquer	Inantas Bajo	Río Bobo	960904,88	608425,82	Puntual	Puntual
4	Yacuanquer	Inantas Alto	Q. La Magdalena	961200,09	610748,83	Aguas arriba	Puntual
5	Tangua	El Tablón	Q. La Magdalena	961152,91	609232,41	Aguas abajo	Puntual
6	Tangua	El Cebadal	Q. La Magdalena	965250,58	615213,67	Puntual	Puntual
7	Tangua	Los Ajos	Q. La Marquesa (Cubijan)	968133,68	617098,58	Aguas abajo	Puntual
8	Tangua	Los Ajos	Q. La Marquesa (Cubijan)	968462,98	617078,50	Aguas arriba	Puntual

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)



Punto de muestreo	Ubicación	Nombre de la Fuente	Fecha de toma
Aguas_P12	Aguas abajo	Guáitara	30/04/2016
Aguas_P13	Aguas arriba	Guáitara	30/04/2016
Aguas_P14	Captación	Bobo	23/04/2016
Aguas_P15	Aguas arriba	La Magdalena	26/04/2016
Aguas_P16	Aguas abajo	La Magdalena	26/04/2016
Aguas_P18	Captación	La Magdalena	3/08/2016
Aguas_P19	Aguas abajo	La Marquesa (Cubijan)	25/04/2016
Aguas_P20	Aguas arriba	La Marquesa (Cubijan)	25/04/2016

Figura 5.1.72 Puntos calidad agua, tramo Pedregal – Catambuco

El análisis en laboratorio fue realizado siguiendo las metodologías establecidas en "Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater", de AWWA, APHA y WEF, Edición 21 de 2005.

– ***Epoca seca***

El Monitoreo para época seca se llevó a cabo entre los días **21 de abril al 01 de mayo de 2016,** periodo de baja precipitacion debido al fenomeno del niño. Se evaluó la calidad del fluido de los puntos monitoreados, a partir del análisis y relación de las variables

fisicoquímicas, microbiológica e hidrobiológicas del agua. La caracterización estuvo a cargo de la empresa AGROSOLUCIONES AMBIENTALES (ASOAM), la cual cuenta con las acreditaciones del IDEAM (Ver anexo 5.1.6.1).

La metodología utilizada para la caracterización de cuerpos de agua se presenta en detalle en el capítulo 2 del presente estudio, dando cumplimiento a las especificaciones establecidas en los protocolos para monitoreo de aguas superficiales, a lo que referente a la toma de muestras, protocolo de preservación, almacenamiento, embalaje y transporte al laboratorio.

– *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica*

La definición de la calidad de agua se llevó a cabo con la medición de parámetros físico-químicos y bacteriológicos que permiten determinar la calidad del agua de las fuentes monitoreadas. Este procedimiento se hace con el objeto de conocer si los valores de estos parámetros se en cuentra dentro del intervalo que marca la legislación vigente. El análisis fisicoquímico se realizó teniendo en cuenta los lineamientos de PO-PSM-45 de muestreo de agua y técnicas del *Standard Methods* 1060 edición 22. En la Fotografía 5.1.58 y Fotografía 5.1.59 se muestra el registro del proceso de recolección de muestras de agua en campo.

Fotografía 5.1.58 Toma muestras de agua para análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos Quebrada La Marquesa aguas abajo
Coordenada Magna Sirgas Origen Oeste Y 617098,5774 – X 968133,6764
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Fotografía 5.1.59 Recolección de muestras análisis de calidad de agua Quebrada La Marquesa aguas abajo
Coordenada Magna Sirgas Origen Oeste Y 617098,5774 – X 968133,6764
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

A continuación se presentan los resultados de los parámetros medidos para la caracterización de las fuentes hídricas intervenidas directamente por el proyecto, ver Tabla 5.1-29

Tabla 5.1-29 Resultados análisis de laboratorio de puntos muestreados en el proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco

PARÁMETROS	PUNTOS DE MUESTREO EIA UF 4 y 5, SECTOR PEDREGAL - CATAMBUCO							
	Río Guáitara Aguas Arriba	Río Guáitara Aguas Abajo	Río Bobo Puntual	Q. La Magdalena Aguas Arriba	Q. La Magdalena Aguas Abajo	Q. La Magdalena Puntual	Q. La Marquesa Aguas Arriba	Q. La Marquesa Aguas Abajo
pH (Unidades)	6,82	7,92	7,21	7,23	7,12	7,04	7,42	7,11
Temperatura °C	15,3	15,8	19	19,4	19,9	10,7	20,0	19,8
Oxígeno Disuelto (mg/L)	4,01	3,98	4,32	4,12	4,25	7,9	3,98	4,06
Conductividad (uS/cm)	382	427	451	415	401	116,7	398	372
DBO mg/L	16,2	6,7	13,1	14,9	10,7	5	5,2	9,8
DQO mg/L	32,5	17,1	24,8	27,5	21	20	10,4	19,1

PARÁMETROS	PUNTOS DE MUESTREO EIA UF 4 y 5, SECTOR PEDREGAL - CATAMBUCO							
	Río Guáitara Aguas Arriba	Río Guáitara Aguas Abajo	Río Bobo Puntual	Q. La Magdalena Aguas Arriba	Q. La Magdalena Aguas Abajo	Q. La Magdalena Puntual	Q. La Marquesa Aguas Arriba	Q. La Marquesa Aguas Abajo
Solidos Suspendidos Totales mg/L	61	<20	<20	28	<20	<10	<20	<20
Grasas y Aceites mg/L	<9,0	<9,0	<9,0	<9,0	<9,0	<10	<9,0	<9,0
Alcalinidad mg/L	47,6	24,9	20,7	31,1	55,9	42,82	47,6	58
Dureza Total mg/L	48	24	68	36	40	52,16	40	24
Coliformes Totales NMP/mL	4900	1100	11000	230	5400	3500	790	22000
Coliformes Termotolerantes NPM/ml	240	260	4900	45	490	330	100	9200
E. Coli	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**	**Presencia**
Turbiedad NTU	*36,1*	*7,6*	2,22	21,5	19,2	2,5	6,88	4,37
Color Verdadero UPC	*117*	*26,5*	<5,00	46,2	35,1	38	22,4	17,4
Nitrógeno Total mg/L	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	<3,00	0,68	<3,00	<3,00
Fosforo Total mg/L	*<0,062*	*<0,062*	<0,062	0,096	0,102	<0,06	0,086	0,080
Fenoles Totales mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002
Zinc mg/L	*<0,014*	*<0,014*	<0,014	<0,146	<0,146	<0,05	<0,146	<0,146
Bario Total mg/L	<0,141	<0,141	<0,141	<0,141	<0,141	< 0,50	<0,141	<0,141
Cadmio Total mg/L	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,0048	<0,003	<0,0048	<0,0048

PARÁMETROS	PUNTOS DE MUESTREO EIA UF 4 y 5, SECTOR PEDREGAL - CATAMBUCO							
	Río Guáitara Aguas Arriba	Río Guáitara Aguas Abajo	Río Bobo Puntual	Q. La Magdalena Aguas Arriba	Q. La Magdalena Aguas Abajo	Q. La Magdalena Puntual	Q. La Marquesa Aguas Arriba	Q. La Marquesa Aguas Abajo
Cobre Total mg/L	<0,0088	<0,0088	<0,0088	<0,0088	<0,0088	<0,10	<0,0088	<0,0088
Cromo Total mg/L	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	-	<0,0046	<0,0046
Mercurio Total mg/L	<0,0006	<0,0006	0,0007	<0,0006	<0,0006	<1,00	<0,0006	<0,0006
Níquel Total mg/L	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,0045	<0,02	<0,0045	<0,0045
Plata Total mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,04	<0,007	<0,007
Plomo Total mg/L	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,0054	<0,01	<0,0054	<0,0054
Selenio Total mg/L	<0,0055	0,0062	<0,0055	<0,0055	<0,0055	<0,01	<0,0055	<0,0055
Arsénico mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 10	< 0,010	< 0,010

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

- Temperatura

Los registros de temperatura en los ocho (8) puntos de monitoreo se presentan en la Figura 5.1.733, para este parámetro se presenta valores entre 10,7 y 20,8 °C, estos valores son totalmente consistentes con las condiciones climáticas y la ubicación geográfica de los sitios de monitoreo.

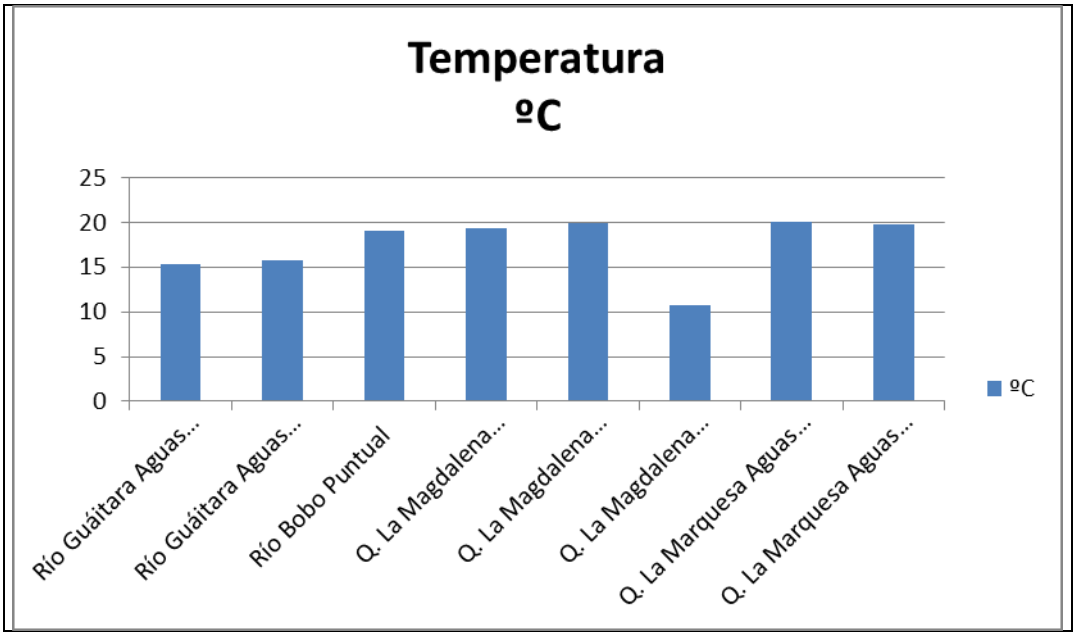


Figura 5.1.73 Resultados Temperatura fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Solidos suspendidos totales

La presencia de sólidos en suspensión produce el color aparente en las aguas y disminuyen el paso de radiación solar, lo que lleva consigo una disminución de la fotosíntesis y muerte de las plantas a las que no les llega esta radiación (EPHA, 1998), los Solidos Suspendidos Totales, registraron un máximo valor en el punto Río Guáitara Aguas Arriba de 61 mg/L y un valor mínimo en el punto Quebrada La Magdalena (Puntual) de < 10 mg/L.

Sin embargo, en los puntos Rio Guaitara Aguas Abajo, Rio Bobo, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo, Quebrada Cubijan Aguas Arriba y Quebrada Cubijan Aguas Abajo reportaron valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio con respecto a Solidos Suspendidos Totales, siendo estos <20 mg/L.

- Conductividad

Este parámetro íntimamente relacionado con los sólidos disueltos totales que representan la concentración de sustancias o minerales disueltos en las aguas naturales. La conductividad mide la capacidad del agua para transferir corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones disueltos y la temperatura, y se expresa como microSiemens por centímetro (µS/cm). Los valores de conductividad se

encuentran entre 116,7 y 451 µS/cm. El valor máximo se reportó en el punto Rio Bobo con un valor de 451 µS/cm. (Ver Figura 5.1.74).

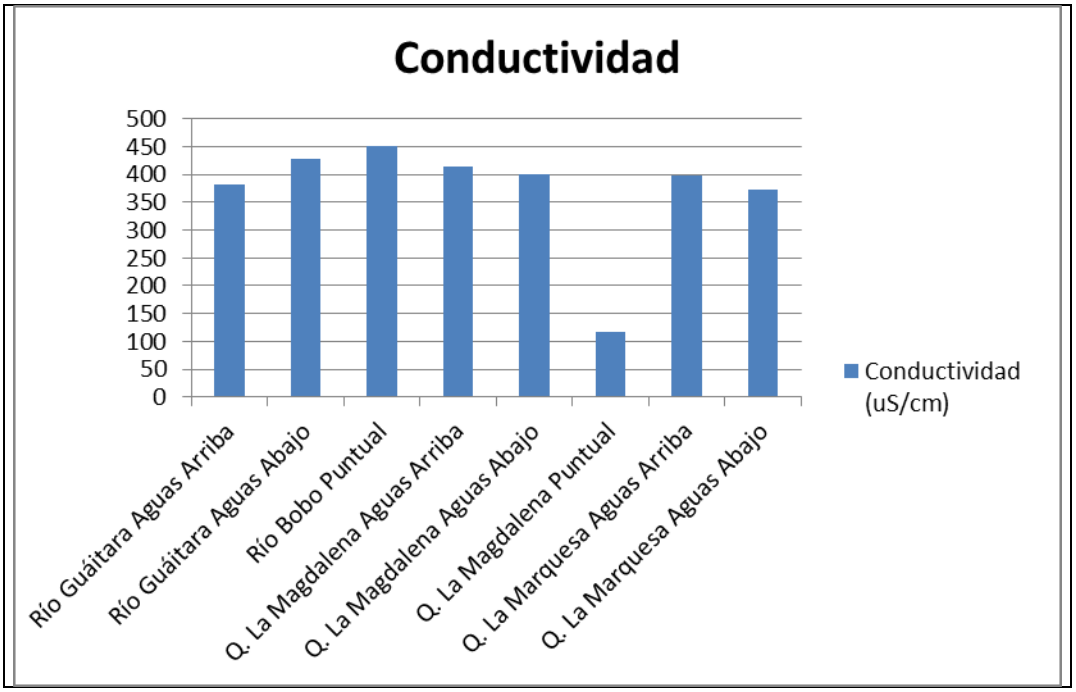


Figura 5.1.74 Resultados Conductividad fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

De acuerdo con lo anterior, el contenido de sales en todos los cuerpos hídricos muestreados es normal, sabiendo que son aguas continentales y que tienen una conductividad de entre 250 µS/cm y 750 µS/cm.

- pH

De acuerdo con Roldán Pérez (1992), el potencial de hidrógeno – pH, es una medida de la concentración de hidrogeniones [H+] presentes en los cuerpos de agua que sirve para determinar la acidez o basicidad en los mismos; a menor pH las aguas son más ácidas mientras que a mayor pH las aguas son más básicas.

El pH en aguas naturales varía por aporte de CO2 que forma ácido carbónico, el cual acidifica el agua, por el grado de eutrofización o enriquecimiento masivo de nutrientes inorgánicos en el agua, propiedades del suelo, descomposición de especies vegetales que da lugar a la formación de ácidos húmicos y otros compuestos, entre otras.

El pH en los 9 puntos de monitoreo se reportó dentro de los rangos definidos por la norma

para uso agrícola, pecuario y preservación de flora y fauna, donde se registraron valores entre 6,82 y 7,92 unidades, como se muestre en la Figura 5.1.755.

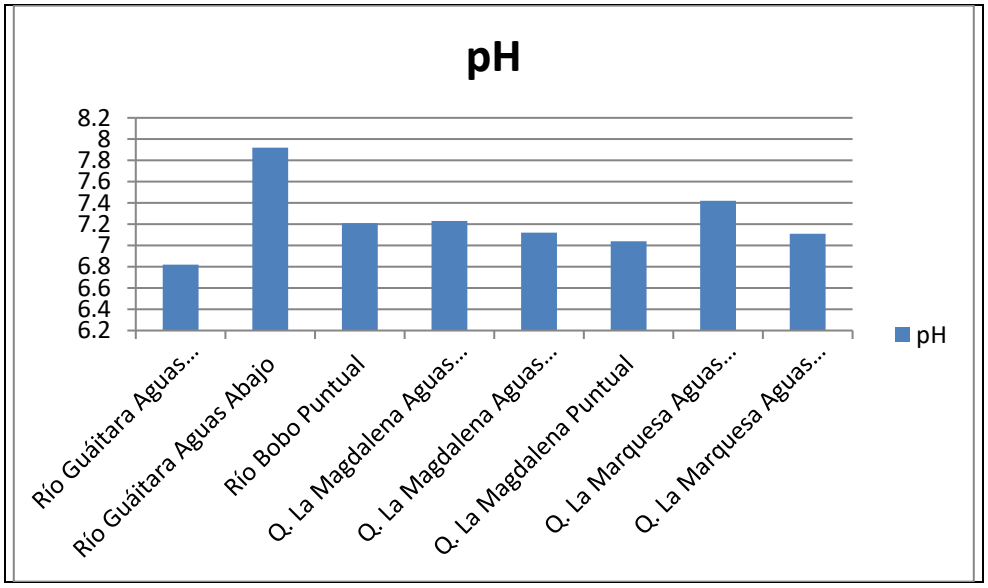


Figura 5.1.75 Resultados pH fuentes monitoreadas tramo Pedregal - Catambuco
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Turbiedad

La turbiedad es una expresión del efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, entre otros. En los puntos muestreados, la turbiedad presenta un valores entre 2.22o y 36.1 NTU para los puntos monitoreados.

De acuerdo a lo anterior, se puede concluir que en los puntos de muestreo para el rio Bobo y para la quebrada La Marquesa aguas arriba, el valor de turbidez es bastante bueno, desde la perspectiva del consumo humano, ya que presentan valores menores a 5 NTU, lo que indica una baja presencia de material en suspensión y microorganismos.

En cuanto al río Guáitara se evidencia un cambio drástico en los valores de turbidez pasando de las 7.6 NTU a las 36.1 NTU, esto posiblemente sucede por los aportes contaminantes realizados al río en la zona de Pilcuan; los demás cuerpos hídricos presentan características normales, teniendo en cuenta su cercanía a asentamientos humanos, ya establecidos.

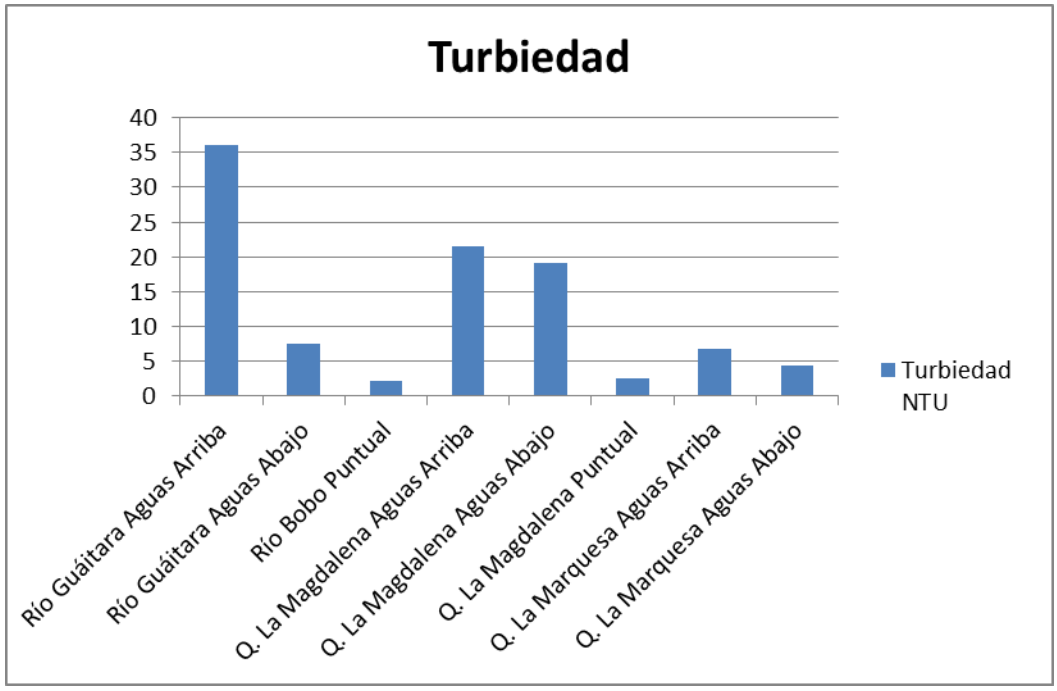


Figura 5.1.5.1.76 Resultados Turbiedad fuentes monitoreadas tramo Pedregal - Catambuco

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Oxígeno disuelto

Este parámetro constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración determina la existencia de especies, de acuerdo con su tolerancia y rango de adaptación, estableciendo la estructura y funcionamiento biótico de estos sistemas (Ramírez y Viña, 1998). Los resultados *in situ* para concentraciones de oxígeno disuelto en el agua se presentan en la Figura 5.1.77; los resultados obtenidos para todos los cuerpos hídricos varían entre 3,98 y 4,32 mg/L, estos son aceptables, ya que esta concentración de oxigeno permite la vida de la gran mayoría de especies del medio acuatico.

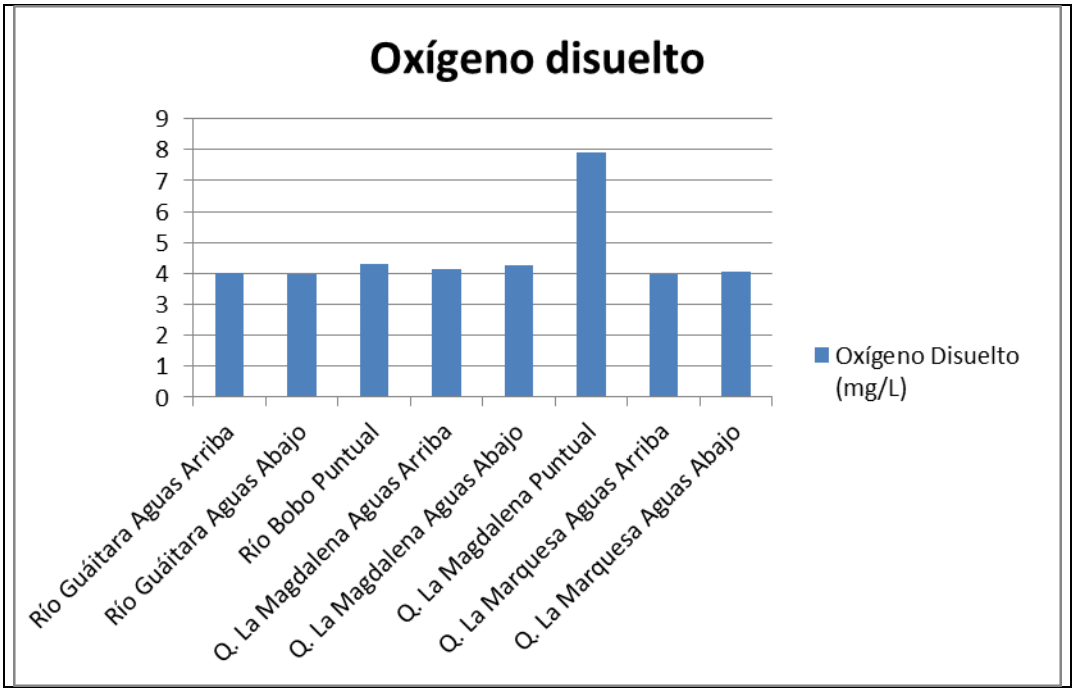


Figura 5.1.77 Resultados Oxígeno Disuelto fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Demanda bioquímica de oxigeno (DBO_5) - Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) es la medida de oxígeno requerida por los microorganismos para degradar la materia orgánica presente; mientras que la Demanda Química de Oxígeno (DQO), es una estimación del total de materia oxidable, biodegradable o no, presente en un cuerpo de agua. Ambas variables se encuentran estrechamente relacionadas y se utilizan como indicadores de la calidad del agua.

La DBO presenta concentraciones con valores entre 5 y 16.2 mg/L en los puntos muestreados. Por su parte la DQO se encontró proporcional y acorde con las concentraciones de la materia orgánica biodegradable, reportando valore entre 17.1 y 32.5mg/L, lo que indica una calidad de agua aceptable para el desarrollo de la vida acuática, ver Figura 5.1.78.

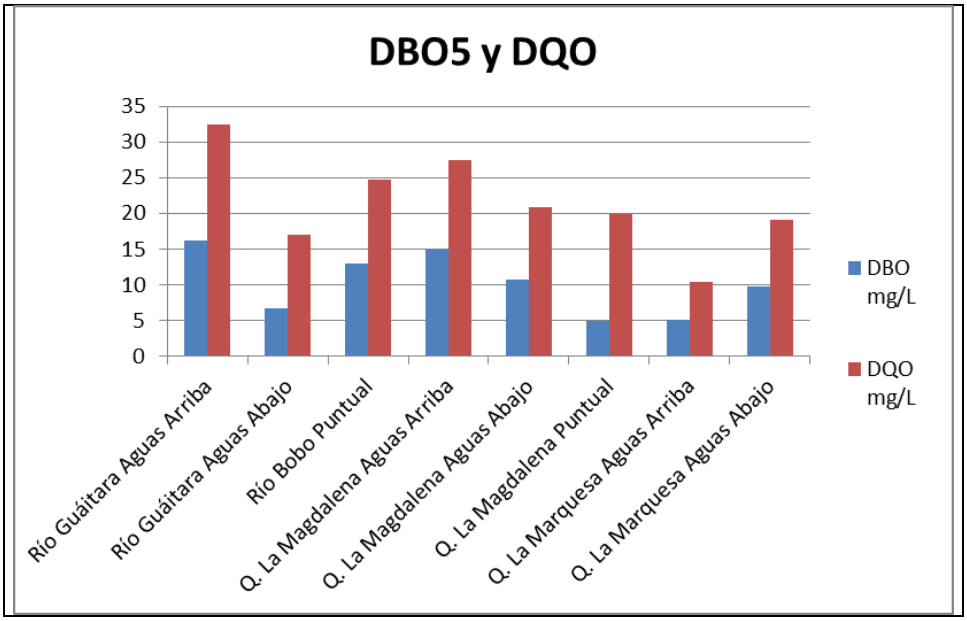


Figura 5.1.78 Resultados DBO5 Y DQO fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco

Fuente (ASOAM, 2016)

- Nitrógeno total

Los resultados de reportados se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio siendo este <3,00 mg/L.

- Fosforo total

Son nutriente esencial para los organismos vivientes; en aguas frescas y sistemas marinos está sujeto a procesos de transformación continua que incluyen consumo o desprendimiento del elemento en sus diferentes formas o especies (Sánchez, 2001), El fósforo se oxida rápidamente en las rocas terrestres como ortofosfato, el cual es muy soluble y es la fracción útil que absorben las plantas autótrofas. Los valores obtenidos hasta a la fecha de fosforo total se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio siendo este <0.062 mg/L.

- Grasas y Aceites

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos inmiscibles en el agua, constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, y también de origen antropogénico. Mayoritariamente llegan a los cuerpos de agua procedentes de restos de alimentos o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.), flotan formando películas en la superficie que impiden el paso de luz necesaria para realizar procesos de fotosíntesis y son metabolizados por las bacterias, disminuyendo las cantidades normales

de oxigeno (Kirchman, 2000).

En la legislación colombiana no se dispone de un valor permisible de Grasas y Aceites en cuanto a criterios de calidad para el uso de aguas superficiales; sin embargo, de acuerdo al Decreto 1594 de 1984, los cuerpos de agua destinados a preservación de fauna y flora o para recreación, no deben contener grasas y aceites que formen una película visible que interfiera con la actividad fotosintética o la calidad estética del ecosistema. No se evidencio presencia de aceites ni grasas para ninguno de los puntos.

- Alcalinidad

La alcalinidad se define como la medida para neutralizar ácidos, la cual le confiere propiedades buffer, es decir, dificulta sus cambios en el pH, está directamente relacionada con la cantidad de iones carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua; está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos; no obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. En el punto La Marquesa Aguas Abajo se registra el valor máximo igual a 58 mg/L, por su parte en el punto Río Bobo se reporta la mínima concentración de 20.7 mg/L, es decir que todos los cuerpos hídricos monitoreados poseen una alcalinidad baja, lo cual implica que estos cuerpos son susceptibles a acidificarse. (Ver Figura 5.1.79)

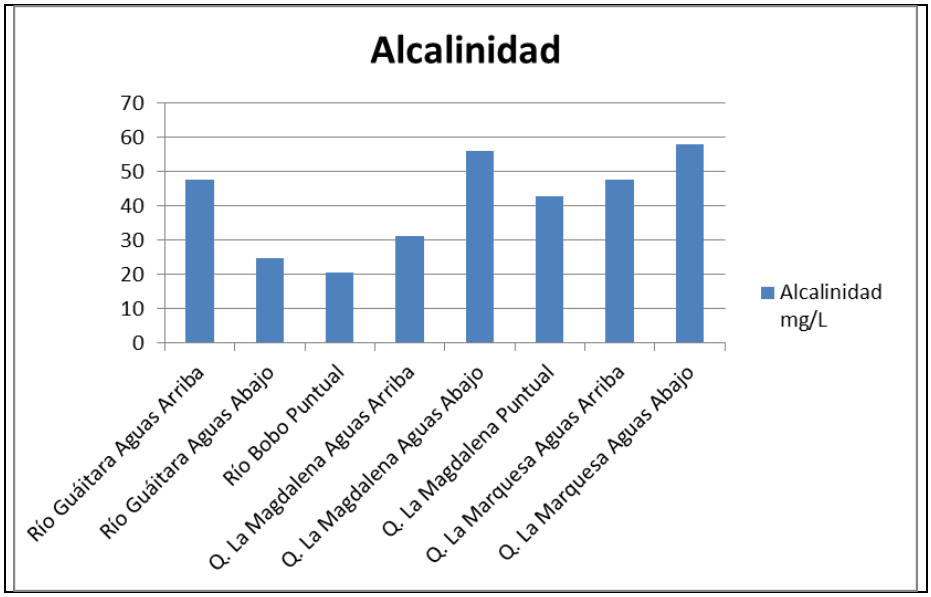


Figura 5.1.79 Resultados Alcalinidad fuentes monitoreadas tramo Pedregal – Catambuco

Fuente (ASOAM, 2016)

- Fenoles totales

Desde el punto de vista analítico, el término fenol engloba a este producto y sus homólogos inmediatos superiores, tales como los clorofenoles, fenoles y nitrofenoles. En bajas tasas de degradación de materia orgánica, la concentración de fenoles es mínima y no incide en la estructura y dinámica del ecosistema acuático. Cuando la concentración es alta, debido a que el fenol es más pesado que el agua, este se hunde disolviéndose lentamente y formando soluciones tóxicas (Marín, 2009). Los valores obtenidos de fenoles totales se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0.002 mg/L para todos los puntos.

- Metales

Los metales, generalmente se encuentran en concentraciones consideradas trazadas en los sistemas naturales y algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las plantas acuáticas. No obstante, varios de estos metales como los que poseen un peso molecular muy alto, cuando sus concentraciones son muy elevadas pueden resultar perjudiciales para los organismos.

Los valores obtenidos a la fecha de Zinc, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0.014 mg/L para el punto Río Bobo.

Los valores arrojados de Bario, Cadmio, Cromo, Plata, Plomo, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio para los puntos monitoreados.

Los valores obtenidos de Mercurio Total para el punto Rio Bobo fue de 0.0007 mg/L. Sin embargo, en los puntos Rio Guaitara Aguas Arriba, Rio Guaitara Aguas Abajo, Quebrada La Magdalena Aguas Arriba, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo, Quebrada Cubijan Aguas Arriba y Quebrada Cubijan Aguas Abajo encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0,0006 mg/L.

Los resultados arrojados de Níquel Total para los puntos Rio Guaitara Aguas Arriba, Rio Guaitara Aguas Abajo, Rio Bobo, Quebrada La Magdalena Aguas Arriba, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo, Quebrada Cubijan Aguas Arriba y Quebrada Cubijan Aguas Abajo, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0,0045mg/L.

Los valores arrojados de Selenio Total, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0,0055mg/L, para los puntos Rio Guaitara Aguas Arriba, Rio Bobo, Quebrada La

Magdalena Aguas Arriba, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo, Quebrada Cubijan Aguas Arriba y Quebrada Cubijan Aguas Abajo. Sin embargo, para el punto Rio Guaitara Aguas Abajo el valor obtenido fue de 0.0062 mg/L.

Las concentraciones obtenidas de Arsénico para todos los puntos, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio, siendo este <0,010mg/L.

- Coliformes totales y Escherichia coli

Los Coliformes totales son las Enterobacteriaceas lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37ºC, mientras que, los Coliformes fecales la fermentación de lactosa se hace a 44,5°C, dentro de este último grupo la E. Coli es la bacteria más representativa del grupo.

Tabla 5.1.5.1-30. Comparación de valores de Coliformes obtenidos con los limites máximos del Decreto 1076 de 2015

Punto de monitoreo	Valor	Art 2.2.3.3.9.3	Art 2.2.3.3.9.4	Art 2.2.3.3.9.5	Art 2.2.3.3.9.7
Rio Guáitara aguas arriba	4900	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
Rio Guáitara aguas abajo	1100	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
Rio Bobo	11000	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Q. La Magdalena aguas arriba	230	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Q. La Magdalena aguas abajo	5400	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Q. La Magdalena	3500	No cumple	No cumple	Cumple	No cumple
Q. La Marquesa aguas arriba	790	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Punto de monitoreo	Valor	Art 2.2.3.3.9.3	Art 2.2.3.3.9.4	Art 2.2.3.3.9.5	Art 2.2.3.3.9.7
Q. La Marquesa aguas abajo	22000	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Todos los cuerpos de agua superficial muestreados presentan valores de coliformes totales, de los cuales hay un porcentaje asociado a las heces fecales. Estos valores pueden estar directamente relacionados con las descargas de residuos líquidos de los asentamientos poblados cercanos y las actividades pecuarias de la zona. Al realizar la comparación con la norma se obtiene lo que se muestra en la Tabla 5.1.5.1-30.

- Índice de langelier

El índice langelier método se usa para determinar el equilibrio del agua, si el índice es 0 el agua está perfectamente equilibrada, si representa un índice es negativo indica que el agua es corrosiva por lo tanto su tendencia será a disolver carbonato cálcico; En general se interpreta como la posibilidad de que el agua sea agresiva, si el índice es positivo indica que el agua es incrustante por lo tanto el agua tendrá tendencia a formar incrustaciones de carbonato cálcico. Cuanto más alejado está el pH del agua del pH de saturación, más pronunciada será la inestabilidad. (Ver anexo 5.1.6.1)

- Capacidad buffer

La capacidad Buffer se determina por medio del cálculo de la alcalinidad y bicarbonato en un cuerpo agua, de acuerdo a lo establecido en lineamientos y técnicas recomendados en la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-U.S EPA en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Watewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua- AWWA- en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, bajo el código de *APHA-AWWA-WEF-SM-2320 B: Alkalinity, Titration Method. 22 Edition 2012 y APHA-AWWA-WEF-SM-3500-Ca B: Calcium, EDTA titulometric Method. 22 Edition 2012.*

Este procedimiento está a cargo de laboratorio de la compañía de SERAMBIENTE S.A.S.

Luego, de acuerdo a los resultados obtenidos se determina la capacidad Buffer siguiendo las recomendaciones generales para los límites superiores e inferiores de capacidad buffer suministrado por información secundaria. En la Tabla 5.1-31 se relacionan las categorías de la capacidad buffer.

Tabla 5.1-31 Categoria Capacidad Buffer

Capacidad	A	Bicarbonado ppm
Baja	Suave	<80 ppm (mg/L)
Moderada		100-200 ppm (mg/L)
Alta	Elevado	>200 ppm (mg/L) >60 ppm (mg/L) Ca >25 ppm (mg/L) Mg

Fuente (ASOAM, 2016)

Es importante recordar que la alcalinidad del agua no es un valor constante. Esta puede cambiar estacionalmente o a lo largo del tiempo. Los productores deben realizar pruebas de agua al menos una vez al año para conocer el pH y la alcalinidad de la misma. En la Tabla 5.1-32 se presenta la capacidad buffer de las fuentes hídricas monitoreadas.

Tabla 5.1-32 Relación de la presencia de bicarbonatos con la capacidad buffer de las fuentes monitoreadas

Muestra	Tipo de agua	Punto	Bicarbonato (mg/L)	Capacidad Buffer
38883	Superficial	Rio Bobo	20,7	B
38915	Superficial	Q. La Marquesa aguas arriba	47,6	B
38916	Superficial	Q. La Marquesa aguas abajo	58,0	B
38926	Superficial	Q. La Magdalena aguas arriba	31,1	B
38927	Superficial	Q. La Magdalena aguas abajo	55,9	B
39204	Superficial	Rio Guáitara aguas arriba	47,9	B
39205	Superficial	Rio Guáitara aguas abajo	24,9	B
38926	Superficial	Q. La Magdalena	43,5	B

Fuente (ASOAM, 2016)

– *Índice de calidad de agua*

Como una herramienta metodológica para la determinación de la calidad del agua de puntos monitoreados, se estimaron en el presente estudio los siguientes índices de contaminación del agua (ICO): Índices de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO) e Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), los cuales relacionan diferentes variables, tales como: la DBO5, Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno para el ICOMO y los sólidos suspendidos para el ICOSUS, cuyas variables involucradas, se especifican en la Tabla 5.1-33. Así mismo, cada índice viene definido por ecuaciones en las cuales se integran las variables fisicoquímicas, tal como se describe a continuación:

ICOMO = 1/3 (IDBO + Coliformes totales + Oxígeno%)
ICOSUS = -0,02 + 0,003 Sólidos suspendidos (mg/L)

Tabla 5.1-33 Variables tenidas en cuenta para la determinación de los índices de contaminación del agua

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN	
	DBO_5	Valor del ICO	Grado de Contaminación
ICOMO	Coliformes totales	0,000 – 0,200	Ninguna
	% de Saturación Oxígeno Disuelto	0,200 - 0,400	Bajo
ICOSUS	Sólidos suspendidos	0,400 – 0,600	Medio
		0,600 – 0,800	Alto
		0,800 – 1,000	Muy alto

Fuente: (Ramirez y Viña, 2016)

Tabla 5.1-34 Índice de Contaminación del Agua (ICO)

FECHA	PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICE DE CONTAMINACION	
		ICOSUS	ICOMO
30/04/2016	Rio Guaitara aguas arriba	0,163	0,273
30/04/2016	Rio Guaitara aguas abajo	0,040	0,062
23/04/2016	Rio Bobo	0,040	0,338
30/04/2016	Quebrada Magdalena aguas arriba	0,064	0,031
26/04/2016	Quebrada Magdalena aguas abajo	0,040	0,260
03/04/2016	Quebrada Magdalena	0,01	0,1170
25/04/2016	Quebrada La Marquesa aguas arriba	0,040	0,021
25/04/2016	Quebrada La Marquesa aguas arriba	0,040	0,358

Fuente: (ASOAM, 2016)

Para el Índice de Contaminación ICOMO en cuatro (4) de los ocho (8) puntos, se determina BAJO grado de contaminación por materia orgánica al reportar valores de 0.273 ,0.338, 0.260 y 0.358, Rio Guáitara Aguas Arriba, Rio Bobo, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo y Quebrada La Marqueza Aguas Abajo, respectivamente. Para el cálculo del contaminación ICOSUS, para los puntos Rio Guáitara Aguas Abajo, Rio Bobo, Quebrada La Magdalena Aguas Abajo, Quebrada Marquesa Aguas Arriba y Quebrada Marquesa Aguas Abajo se realizó de manera indicativa, puesto que se reportaron valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica utilizada por el laboratorio con respecto a Solidos Suspendidos Totales, siendo estos <20 mg/L. Consecuente a lo anterior, los índices ICOSUS de los ocho (8) puntos muestreados arrojaron valores entre 0.040 y 0.163, por tanto se determina NINGÚN grado de contaminación con respecto a los sólidos suspendidos totales.

- Índice de alteración potencial de calidad de agua (IACAL)

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica j en un período de tiempo t y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica estimada a partir de una serie de tiempo.

El indicador refleja la alteración potencial de la calidad de los sistemas hídricos superficiales en una subzona hidrográfica dada. Permite reconocer zonas susceptibles a los tipos de contaminación estimada en la medida que la categoría de amenaza es calificada como alta y muy alta en un intervalo de tiempo específico.

Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco):

Para año medio:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde:

IACALjt-añomed: Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio.

Catiacalijt-añomed: Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año medio.

N: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

Para año seco:

$$IACAL_{jt-añosec} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-añosec}}{n}$$

IACALjt-añosec: Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año seco.

Catiacalijt-añosec: Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año seco.

Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

En la Figura 5.1.80, elaborado para el Estudio Nacional del Agua 2010 (ENA) y modificado para la ERA, se presenta el esquema que sintetiza el proceso para obtener las estimaciones de carga contaminante y generación del IACAL.

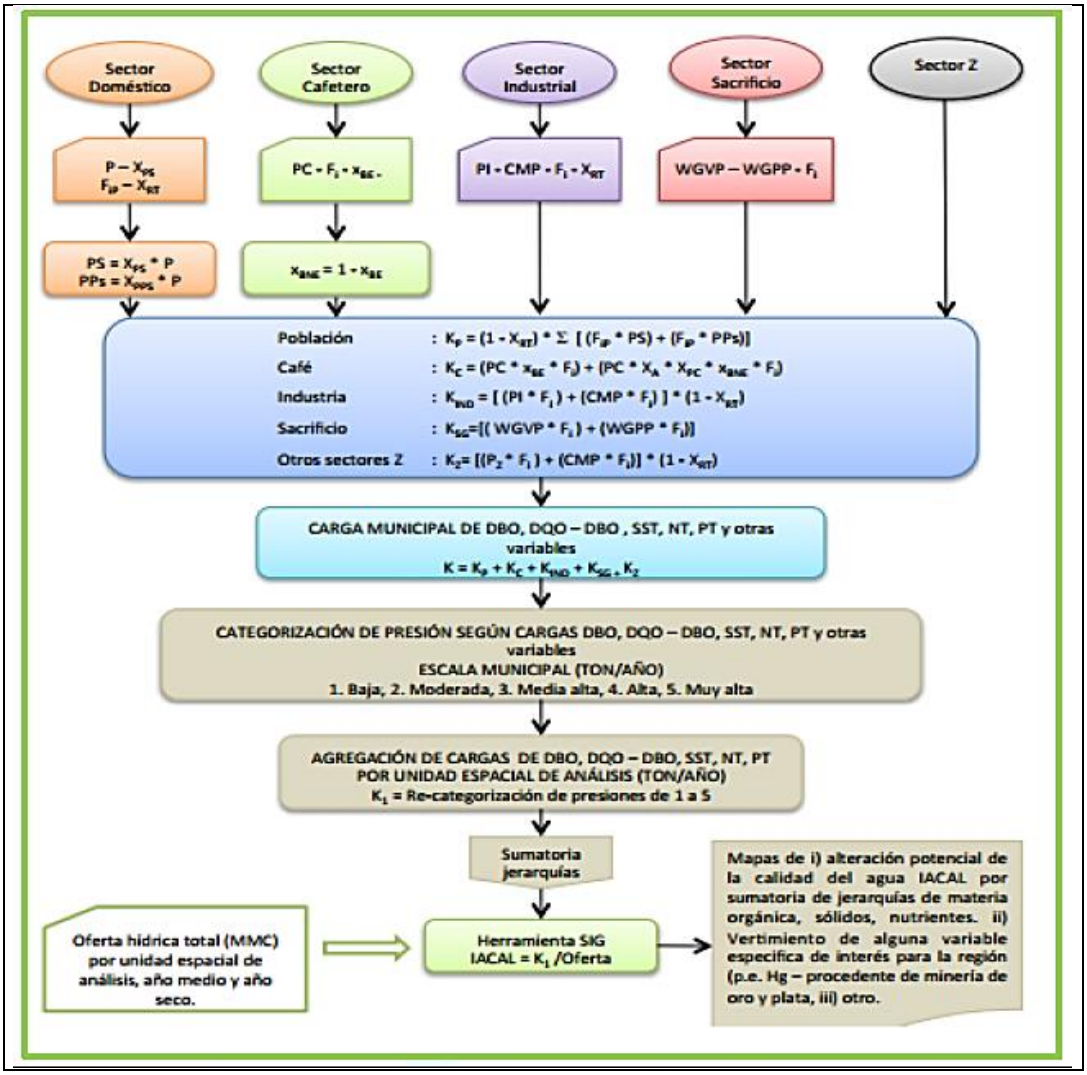


Figura 5.1.80 Diagrama metodología para procesamiento de información IACAL

Fuente (ASOAM, 2016)

La metodología para estimación de cargas vertidas, incluida las cargas removidas por sistemas de tratamiento de aguas residuales y la categorización de las presiones se puede consultar en el Estudio Nacional de agua 2014 (ENA), Capítulo 6. (IDEAM).

Tabla 5.1-35 Categoria y descriptor del IACAL

IACAL	
Promedio Categoria (NT+PT+SST+DBO+(DQO-DBO))/5	
Categoria	Valor

Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente (ASOAM, 2016)

– ***Epoca de lluvia***

La jornada de muestreo para la Epoca de lluvia se llevó a cabo los días **10 y 12 de diciembre de 2016** por parte de la Empresa INCO AMBIENTAL S.A.S., durante los cuales se colectaron muestras simples en ocho (8) puntos de muestreo para la caracterizacion fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológicas del agua. Las coordenadas planas asociadas a los puntos de muestreo se pueden apreciar en la Tabla 5.1.36. (Ver anexo 5.1.6.1).

Tabla 5.1-36 Puntos de monitoreo de calidad de agua – Época de lluvia

N°	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE FUENTE	COORDENADA MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE		LOCALIZACIÓN
				ESTE	NORTE	
1	Imués	El Pedregal	Río Guáitara	958563,06	608087,61	Aguas abajo
2	Imués	Pilcuán	Río Guáitara	956979,82	605390,88	Aguas arriba
3	Yacuanquer	Inantas Bajo	Río Bobo	960904,88	608425,82	Puntual
4	Yacuanquer	Inantas Alto	Q. La Magdalena	961200,09	610748,83	Aguas arriba
5	Tangua	El Tablón	Q. La Magdalena	961152,91	609232,41	Aguas abajo
6	Tangua	El Cebadal	Q. La Magdalena	965250,58	615213,67	Puntual
7	Tangua	Los Ajos	Q. La Marquesa (Cubijan)	968133,68	617098,58	Aguas abajo
8	Tangua	Los Ajos	Q. La Marquesa (Cubijan)	968462,98	617078,50	Aguas arriba

Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

Todo el proceso de recoleccion y toma de muestras fue realizado siguiendo los protocolos establecidos por el IDEAM. Se registro in situ valores de pH, Oxigeno disuelto, Conductividad y Temperatura. En la Tabla se resgistran los parametros fisicoquimicos medidos.

Tabla 5.1-37Registros de pH, Temperatura, OD y Conductividad

No.	MUNICIPIO	NOMBRE FUENTE	pH	Temperatura (°C)	Oxigeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)
1	Imues	Guáitara	8,10	20,1	6,2	0,179
2	Imues	Guáitara	8,13	17,4	6,1	0,191
3	Tangua	Bobo	8,13	18,0	5,8	0,099
4	Tangua	Magdalena	7,76	18,2	4,9	0,119
5	Tangua	Magdalena	7,00	18,9	5,3	0,082
6	Tangua	Magdalena	7,81	15,0	6,1	0,088
7	Tangua	Marquesa	6,73	12,8	4,9	0,092
8	Tangua	Marquesa	6,79	12,9	5,1	0,092

Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

- Temperatura

Los registros de temperatura en los ocho (8) puntos de monitoreo se presentan en la Figura 5.1.73, para este parámetro se presenta valores entre 12,8 y 20,1 °C, estos valores son totalmente consistentes con las condiciones climáticas y la ubicación geográfica de los sitios de monitoreo.

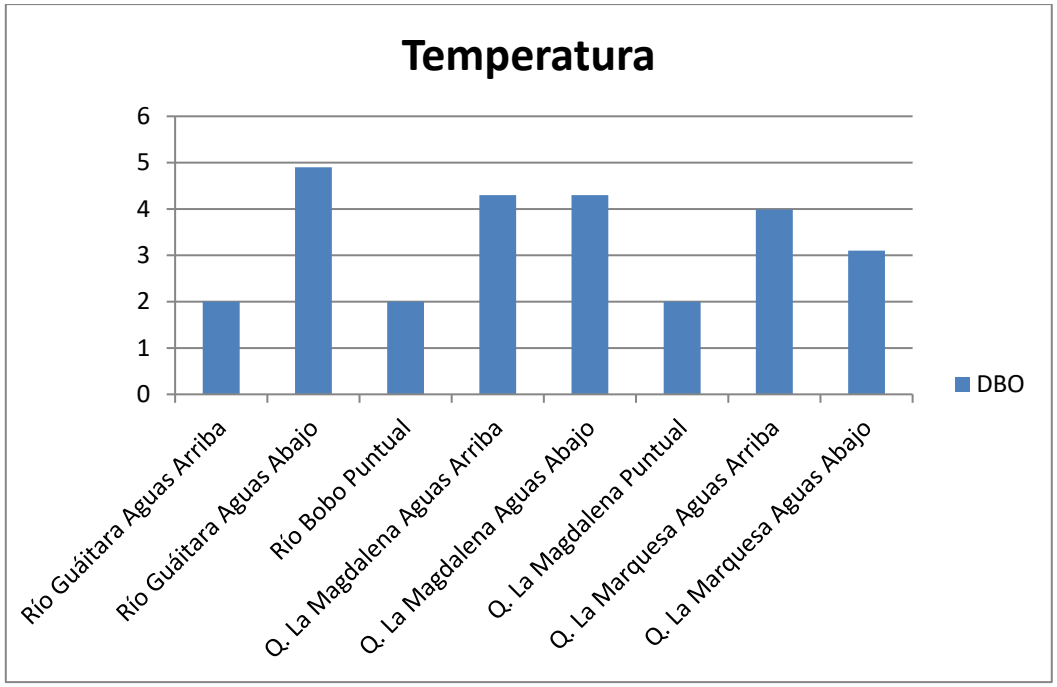


Figura 5.1.81 Valores de temperatura monitoreo

- pH

Es una medida del carácter ácido, neutro o alcalino del agua. Las normas sugieren que debe estar cercano a 7 unidades, es decir neutro. La mayor parte de las aguas superficiales tienen un pH que se encuentra entre 7 y 8 unidades. Para el cálculo del índice se utilizó el valor del pH de la muestra simple colectada en cada cuerpo de agua. En la Figura 5.1.82 se presenta la grafica de los valores de pH registrados para cada uno de los sitios monitoreados.

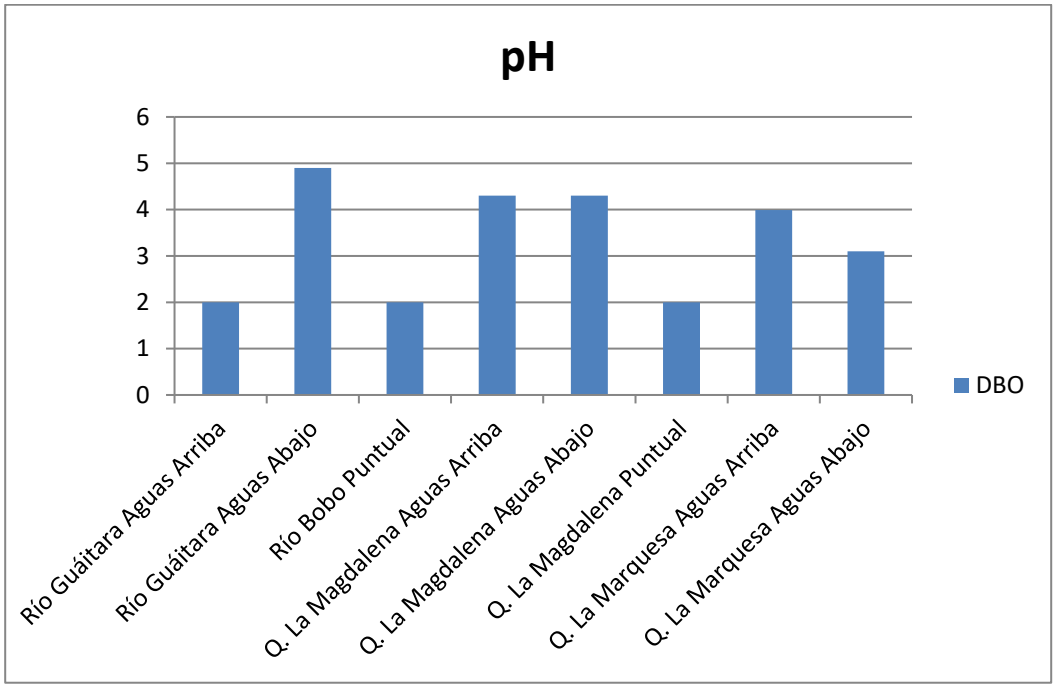


Figura 5.1.82 Valores de pH puntos de monitoreo

- Conductividad

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calcula como sigue:

I_{CE}= 1 – 10 $^{(-3,26+1,34\ log_{10}\ CE)}$

Cuando I_{CE} < 0, entonces I_{CE} = 0

Los valores de conductividad se encuentran entre 0,082 y 0,191 µS/cm. El valor máximo

se reportó en el punto Rio Guáitara aguas abajo con un valor de 0,191 µS/cm. (Ver Figura 5.1.74.

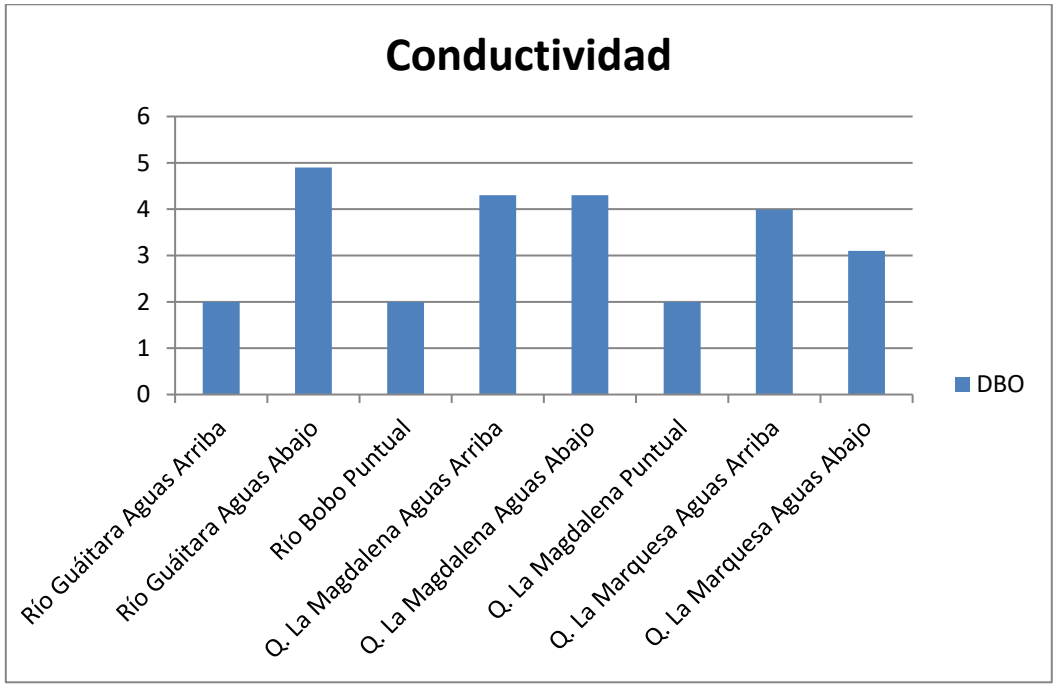


Figura 5.1.83 Regsitro de conductividad monitoreo

- Oxigeno disuelto

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

En un cuerpo de agua se produce y a la vez se consume oxígeno. La producción de oxígeno está relacionada con la fotosíntesis, mientras el consumo dependerá de la respiración, descomposición de sustancias orgánicas y otras reacciones químicas. También puede intercambiarse oxígeno con la atmósfera por difusión o mezcla turbulenta. La concentración total de oxígeno disuelto ([OD]) dependerá del balance entre todos estos fenómenos. En la Figura 5.1.84 se presentan los registros de OD para los puntos monitoreados.

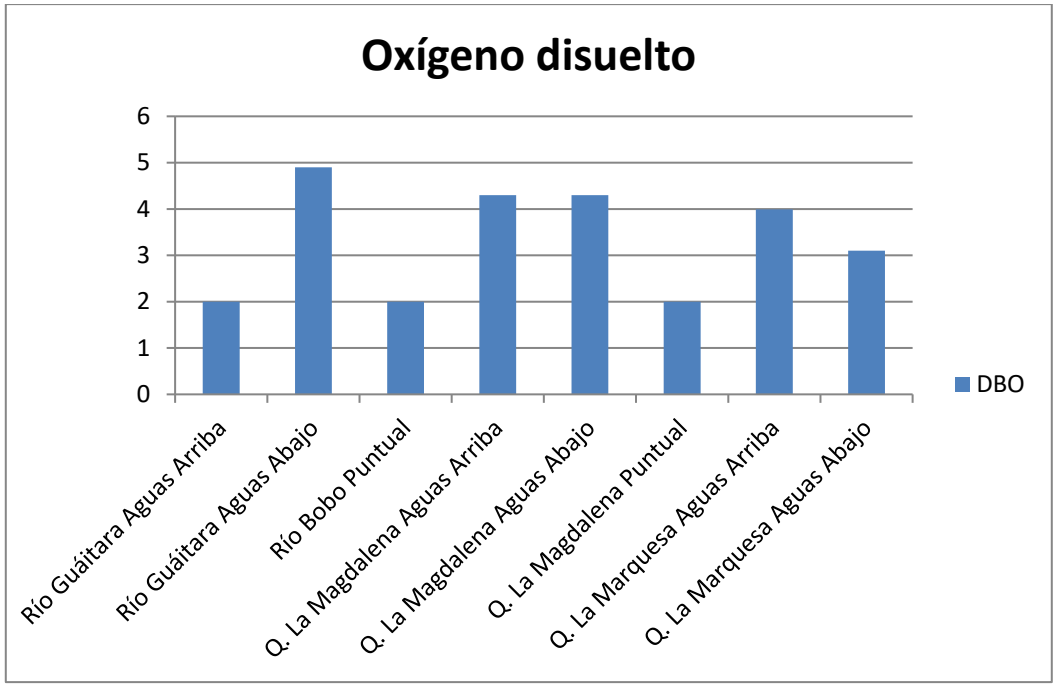


Figura 5.1.84 Regsitro de oxigeno disuelto monitoreo

- Solidos suspendidos totales (SST)

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

I_{SST}= 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)

Si SST = 4,5, entonces I_{SST} = 1
Si SST = 320, entonces I_{SST} = 0

En la Figura 5.1.85 se presentanlos resultados de SST obtenidos para los puntos monitoreados, donde se observa que el valor mas alto se registra en el punto río Guáitara con 110 mg CaCO3/L.

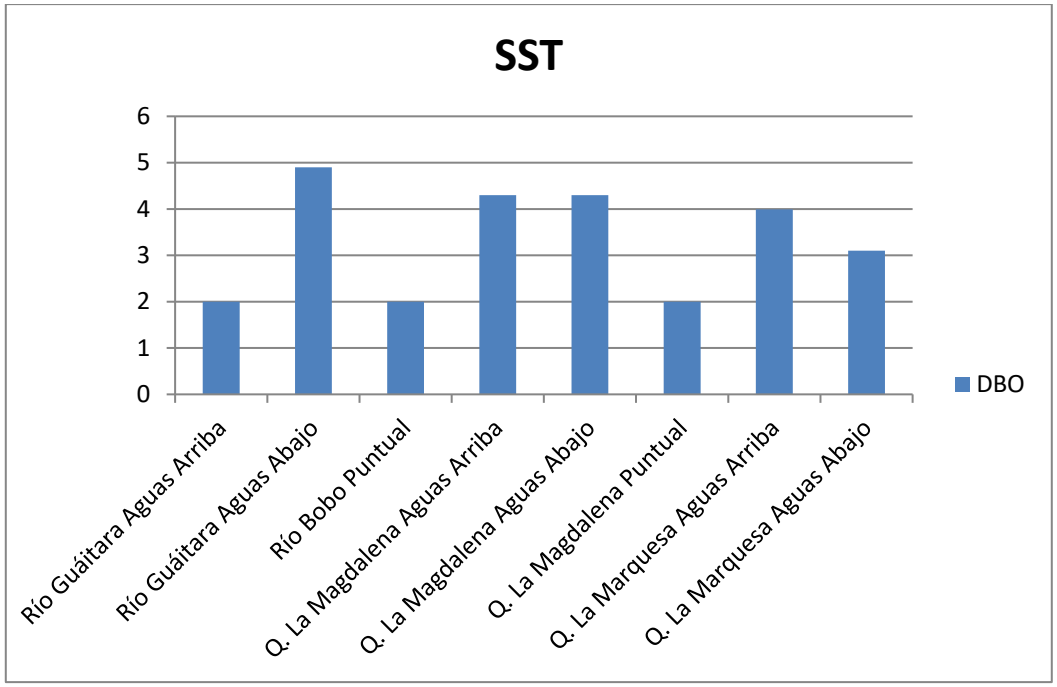


Figura 5.1.85 Regsitro Solidos suspendidos totales

- DBO

Es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. Es la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O2/L). En la Figura 5.1.86 se reportan los registros de DBO de los puntos monitoreados.

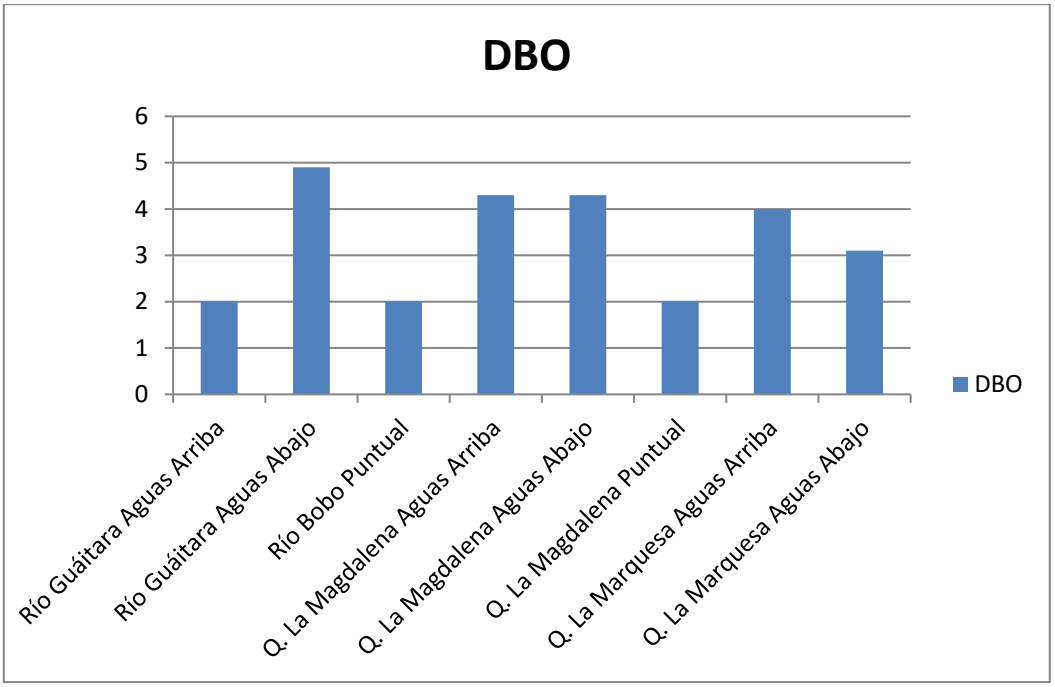


Figura 5.1.86 Regsitro de DBO puntos de monitoreo

Por su parte los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras puntuales, fueron desarrollados por el laboratorio acreditado ANALISIS AMBIENTAL S.A.S. (Cali), conforme a la Resolución No. 503 de abril de 2015 (Ver Anexo 5.1.6.1).

Tabla 5.1-38 Resultados de laboratorio

Parámetros	Unidades	NÚMERO DE PUNTO DE MUESTREO							
		Guáitara	Guáitara	Bobo	Magdalena	Magdalena	Magdalena	La Marquesa	La Marquesa
DBO	mg/L	<2.0	4.9	<2.0	4.3	4.3	<2.0	3.99	3.1
DQO	mg CaCO3/L	<2.0	12.42	2.7	10.62	9.9	<2.0	11.34	10.53
Sólidos suspendidos totales	mg CaCO3/L	110	28	36	38	38	26	24	18
Solidos disueltos totales	mg CaCO3/L	103.5	108.5	61	78	56	59	59	61
Aceites y grasas	UNT	10.59	8.57	4.83	4.18	3.14	6.93	5.65	3.52
Alcalinidad	UPC	69.18	68.87	54.42	58.84	45.22	50.5	38.32	40.13
Dureza	mg	68.86	69.59	49.2	53.81	46.51	51.55	46.13	47.96

Parámetros	Unidades	NÚMERO DE PUNTO DE MUESTREO							
		Guáitara	Guáitara	Bobo	Magdalena	Magdalena	Magdalena	La Marquesa	La Marquesa
tota	NO2/L			8					
Dureza cálcica	mg NO3/L	35.07	31.75	21.23	27.98	23.19	25.04	21.67	23.72
Turbiedad	mg N/L	46.40	10.80	9.51	21.40	20.30	4.90	6.12	7.56
Color verdadero	mg/L	53.30	103.00	92.00	120.00	73.70	39.00	54.00	63.40
Nitritos	mg/L	0.201	0.368	0.0315	0.607	0.0251	<0.018	0.0295	0.0234
Nitratos	mg/L	1.72	1.36	0.326	1.07	0.525	1.51	1.29	0.834
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	<5.00	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Fósforo	mg/L	<0.08	0.10	0.28	0.15	0.45	0.45	0.11	<0.08
Compuestos fenólicos	mg/L	0.02	0.02	<0.002	0.01	0.01	0.03	<0.002	<0.002
Zinc	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02
Bario	mg/L	<0.80	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
Cadmio	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Cobre	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Cromo	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Mercurio	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.01
Níquel	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.001
Plata	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Plomo	mg/L	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Selenio	mg/L	<0.0152	<0.0152	<0.0152	<0.0152	<0.0152	<0.0152	<0.0152	<0.0152
Arsénico	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Nitrógeno Total*	mg N/L	<6.92	<6.73	<5.36	<6.68	<5.55	<6.51	<6.3195	<6.8574
Coliformes Totales	NMP/100ml	33000	49000	3300	46000	920000	11000	94000	46000
Coliformes	NMP/100ml	17000	33000	1700	16000	9200	Ausencia	240	24000

Parámetros	Unidades	NÚMERO DE PUNTO DE MUESTREO							
		Guáitara	Guáitara	Bobo	Magdalena	Magdalena	Magdalena	La Marquesa	La Marquesa
Fecales									
E.Coli	NMP/100ml	17000	33000	1700	16000	9200	Ausencia	240	24000

Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

– *Índice de calidad del agua (ICA – NSF)*

Los parámetros que se requiere medir para calcular el índice ICA, según la metodología formulada por el IDEAM, son los siguientes: Oxígeno disuelto del cuerpo de agua en unidades de mg/L, Temperatura del agua en °C, Temperatura ambiente en ° C, SST en mg/L, DQO en mg/L de O2, Nitrógeno Total en unidades de mg/L, Fósforo Total en unidades de mg/L, Conductividad eléctrica en unidades de ɯs/cm, pH en unidades de pH y Altura del sitio de muestreo en unidades de msnm.

✓ Cálculo del ICA

El indicador se calcula como la sumatoria de los Índices calculados anteriormente (IOD, ISST, IDQO, ICE, INT/PT, IpH) ponderados por sus respectivos pesos relativos, los cuales se indican a continuación.

Tabla 5.1-39 Peso relativo para cada subíndice

Variable	Unidad de medida	Ponderación
OD	mg/L	0,17
DQO	mg/L	0,17
SST	mg/L	0,17
NT/PT	Adimensional	0,17
C.E.	µs/cm	0,17
Ph	Unidades de pH	0,15

Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

La fórmula para el cálculo del ICA es la siguiente:

$$ICA_{njt} = \sum_{i=1}^{6} W_i I_{ikjt}$$

A continuación se presenta la clasificación del índice de calidad del Agua según el ICA – NSF para los cuatro (4) cuerpos de agua superficiales evaluados. (Ver Tabla 5.1.40).

Tabla 5.1-40 Calculo del ICA, para cada estacion de monitoreo

ESTACIÓN	OD	Temperatura del cuerpo de agua	Temperatura ambiente	SST	DQO	NT	PT	CE	pH	Altura	Índice ICA	
	mg/L	°C	°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	µs/cm	Unid.	msnm		
Guáitara	6,2	20,1	22,1	110	1,87°	<5*	<0,08*	0,179	8,1	1728	**0,719**	**Buena**
Guáitara	6,1	17,4	19,4	28	12,42	<5*	0,1	0,191	8,13	1711	**0,744**	**Buena**
Bobo	5,8	18	20	36	2,7	<5*	0,28	0,099	8,13	1760	**0,846**	**Buena**
Magdalena	4,9	18,2	20,2	38	10,62	<5*	0,15	0,119	7,76	2051	**0,767**	**Buena**
Magdalena	5,3	18,9	20,9	38	9,9	<5*	0,45	0,082	7	1850	**0,852**	**Buena**
Magdalena	6,1	15	17	59	°1,67	<5*	0,45	0,088	7,81	2658	**0,86**	**Buena**
La Marquesa	4,9	12,8	14,8	24	11,34	<5*	0,11	0,092	6,73	3006	**0,75**	**Buena**
La Marquesa	5,1	12,9	14,9	18	10,53	<5*	<0,08*	0,092	6,79	2995	**0,77**	**Buena**

* Los resultados, reportados corresponden al valor mínimo de detección de la técnica de análisis.
° Los resultados están por fuera del valor de certidumbre de la técnica de análisis
Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

Como en cualquier modelo, el presente índice simplifica y organiza la inmensa cantidad de datos de calidad en un marco homogéneo que permite comunicar y evaluar el estado del cuerpo de agua en una forma comprensible y sin una distorsión importante en la información.

Se puede observar que todos los puntos monitoreados en la UF4 y UF5.1, indican un comportamiento similar, obteniéndose una valoración del ICA Buena, que es uniforme para toda el area de estudio.

✓ Indice de Langelier

También llamado Índice de estabilidad o Índice cosmetológico, se emplea como método de aproximación, para determinar la condición corrosiva o incrustante de un cuerpo de agua en un estanque o piscina. Normalmente es un valor asociado a las características de: pH, Alcalinidad Total, Dureza Total y Temperatura. (Ministerio de la protección social, 2010).

Los parámetros usados para la determinación del índice de Langelier son pH medido en unidades de pH, Alcalinidad Total medido en mg/L de $CaCO_3$, Dureza Total medida en unidades de ppm de $CaCO_3$ y Temperatura medida en unidades de °C. A partir de estos parámetros se calculan el Factor de Temperatura (CT), el Factor de Dureza (CD) y el Factor de Alcalinidad (CA). En la Tabla 5.1.41 se presentan los resultados del Indice de Langelier para cada punto monitoreado.

Tabla 5.1-41 Indice de Langelier para cada estación

ESTACIÓN	pH	CT	CD	CA	ÍNDICE	
Guáitara	8,1	0,489	1,439	1,835	-0,237	Corrosiva
Guáitara	8,13	0,431	1,444	1,828	-0,267	Corrosiva
Bobo	8,13	0,444	1,297	1,742	-0,487	Corrosiva
Magdalena	7,76	0,448	1,333	1,776	-0,783	Corrosiva
Magdalena	7	0,464	1,264	1,662	-1,71	Corrosiva
Magdalena	7,81	0,38	1,32	1,71	-0,89	Corrosiva
La Marquesa	6,73	0,32	1,26	1,59	-2,19	Corrosiva
La Marquesa	6,79	0,33	1,28	1,61	-2,09	Corrosiva

Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

De acuerdo al índice de Langelier, para todos los puntos de muestreo de la UF 4 y UF5.1 el agua presenta características de corrosividad.

✓ Indice de alteracion potencial de la calidad del agua (IACAL)

Los parámetros usados para el cálculo del índice de alteración potencial de la calidad del agua son: Caudal medido en L/sec, DBO5 medida en mg/L, DQO medida en mg/L, SST medida en mg/L, Nitrógeno Total medida en mg/L Fósforo Total medida en mg/L, además de los valores de oferta hídrica para año medio y año seco medidos por municipio en unidades de MMC (Millones de metros cúbicos). En la Tabla 5.1.42 se presentan los resultados de IACAL los puntos monitoreados.

Tabla 5.1-42 Resultados del IACAL para la UF4 y UF5.1

Índice de alteración potencial del agua IACAL - IDEAM										
ESTACIÓN	Caudal	DBO5	DQO	SST	NT	PT	CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN Y AMENAZA AÑO MEDIO		CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN Y AMENAZA AÑO SECO	
	L/sec	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				
Guáitara	8962	1,79*	1,87*	110	5*	0,08*	5	MUY ALTA	5	MUY ALTA

Índice de alteración potencial del agua IACAL - IDEAM										
ESTACIÓN	Caudal	DBO5	DQO	SST	NT	PT	CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN Y AMENAZA AÑO MEDIO		CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN Y AMENAZA AÑO SECO	
	L/sec	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L				
Guáitara	8962	4,9	12,42	28	5*	0,1	5	MUY ALTA	5	MUY ALTA
Bobo		1,47*	2,7	36	5*	0,28				
Magdalena	306	4,3	10,62	38	5*	0,15	3	MEDIA ALTA	4	ALTA
Magdalena	306	4,3	9,9	38	5*	0,45	4	ALTA	4	ALTA
Magdalena		1,58*	1,67*	59	5*	0,45	†	†	†	†
La Marquesa	56	3,99	11,34	24	5*	0,11	2	MODERADA	2	MODERADA
La Marquesa	56	3,1	10,53	18	5*	0,08*	1	BAJA	2	MODERADA

† No se pudo calcular debido a que no se tienen datos de caudal para esta estación.
* Los resultados, reportados corresponden al valor mínimo de detección de la técnica de análisis.
° Los resultados están por fuera del valor de certidumbre de la técnica de análisis
Fuente: INCOAMBIENTAL, 2017

Debido a las características de la zona de muestreo, no se pudieron determinar los caudales para el cuerpo de agua Bobo, por lo tanto no fue posible determinar el IACAL para el mismo. Con respecto al cuerpo de agua Guáitara, la categoría de clasificación del ICA se determinó como Muy Alta tanto para los años medios como para los años secos. En cuanto al cuerpo de agua Magdalena, exceptuando la estación aguas arriba durante los años medios; la alteración potencial de la calidad del agua se determinó como Alta, tanto para los años medios como para los años secos, aguas arriba y aguas abajo de la intervención.

- Analisis de los resultados

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos el pH de la quebrada La Magdalena presenta las condiciones óptimas; para los cuerpos de agua Guáitara y Bobo el Ph fue ligeramente básico, mientras que la quebrada La Marquesa presenta condiciones ligeramente ácidas. Con respecto al oxígeno disuelto las quebradas La Marquesa y Magdalena presentan condiciones adecuadas, mientras que la estación quebrada Magdalena aguas arriba presenta condiciones de hipoxia.

Para la UF4, los resultados del ICA se deben a que los cuerpos de agua presentan niveles altos de oxígeno disuelto y bajos niveles de Nitrógeno que están incluso por debajo del rango de medición del método. Es importante tener en cuenta que este índice se calculó mediante la metodología del IDEAM, que no tiene en cuenta parámetros como Coliformes Fecales ni Turbidez del agua.

En la UF5.1, los resultados del ICA para las estaciones del cuerpo de agua Magdalena y La Marquesa presentan resultados Buenos. Es importante tener en cuenta que este índice se calculó mediante la metodología del IDEAM, que no tiene en cuenta parámetros como Coliformes Fecales ni Turbidez del agua.

Por otra parte, según el índice de Langelier, el agua de todas las estaciones muestreadas de esta unidad funcional, presenta tendencia a la corrosividad, por lo que se recomienda, para actividades aguas abajo, hacer los ajustes de pH necesarios, para actividades tales como esparcimiento y captación mediante bombeo, etc.

En cuanto a los bioindicadores, todos los puntos de evaluados presentan características de contaminación con clasificación según el índice BMWP/COL y ASPT entre "DUDOSA y MUY CRÍTICA", debido a la presencia de macroinverterbrados altamente tolerantes a las bajas condiciones de calidad del medio acuático, concordando con los resultados obtenidos de contaminación potencial medidos mediante el índice IACAL de los cuerpos de agua de la cuarta unidad funcional.

- Caracterización de calidad de agua especifica para la Modelación de Vertimientos

En abril de 2017, se realizó el estudio para la modelación matemática de los vertimientos de las aguas residuales generadas en los campamentos de Cebadal y Tangua sobre la quebrada La Magdalena dentro del cual se realizaron nuevos monitoreos de calidad de agua requeridos para ese propósito, cuyos resultados se presentan en el Anexo Capitulo 7 Parte 1, Anexo 7.1.3.b. Modelación vertimiento.

Puesto que dichos monitoreos de calidad de agua se tomaron en época diferente a los realizados para la caracterización de las aguas y además se realizan con la finalidad de modelar dichos vertimientos sobre la fuente receptora (Quebrada La Magdalena) se considerá importante realizar el cálculo de los índices de contaminación – ICOS, que a continuación se listan presentando el método de cálculo para posteriormente presentar los resultados

- **Índice de contaminación por materia orgánica.**

$$\boldsymbol{ICOMO} = \frac{1}{3} * \left(I_{DBO_5} + I_{Coliformes\ Totales} + I_{\%OD}\right)$$

$$I_{DBO_5} = -0{,}05 + (0{,}70 * \log_{10} DBO)$$

$$I_{Coliformes\ Totales} = -1{,}44 + (0{,}56 \log_{10} CT)$$

$$I_{\%OD} = 1 - (0{,}01 * OD)$$

- **Índice de contaminación por mineralización.**

$$\boldsymbol{ICOMI} = \frac{1}{3} * (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

$$I_{Conductividad} = 10^{(-3{,}26+(1{,}34*\log_{10} Conductividad))}$$

$$I_{Dureza} = 10^{(-9{,}09+(4{,}40*\log_{10} Dureza))}$$
$$I_{Alcalinidad} = -0{,}25 + (0{,}005 * Alcalinidad)$$

- **Índice de contaminación por sólidos suspendidos.**

$$\boldsymbol{ICOSUS} = -0{,}02 + 0{,}003 * SST$$

- **Índice de contaminación trófico.**

Oligotrófico	<0,01	$(g \cdot m^{-3})$
Mesotrófico	0,01 - 0,02	$(g \cdot m^{-3})$
Eutrófico	0,02 - 1	$(g \cdot m^{-3})$
Hipereutrófico	>1	$(g \cdot m^{-3})$

- **Índice de contaminación por pH**

$$\boldsymbol{ICOpH} = \frac{e^{-31{,}08+(3{,}45*pH)}}{1 + e^{-31{,}08+(3{,}45*pH)}}$$

- **RESULTADOS OBTENIDOS**

En la Tabla 5.1-43 y la Tabla 5.1-44 se presentan los resultados del cálculo de cada uno de los ICO's descritos anteriormente.

Tabla 5.1-43. Resultados de los Índices de Contaminación – Campamento Tangua – Sector El Placer. Corriente receptora Q. la Magdalena

ÍNDICE	DEFINICIÓN	VARIABLES					RESULTADOS		
		DETERMINANTE	UNIDADES	M1	M2	M3	M1	M2	M3
ICOMO	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA*	DBO_5	*mg/l O_2*	2.0	3.0	2.0	0.250	0.388	0.398
		COLIFORMES TOTALES	*NMP/100ml*	2010.0	15000.0	13500.0			
		% OD	*%*	65.89	73.61	67.86			
ICOMI	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN*	CONDUCTIVIDAD	*µS/cm*	89.00	90.00	98.00	0.101	0.102	0.109
		DUREZA	*mg/l $CaCO_3$*	52.0	52.0	48.0			
		ALCALINIDAD	*mg/l $CaCO_3$*	60.0	60.0	60.0			
ICOSUS	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS*	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	*mg/l*	8.0	61.0	38.0	0.00	0.16	0.09
ICOTRO	*ÍNDICE DE CONTAMINA*	FÓSFORO TOTAL	*mg/l*	0.10	0.15	0.20	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO

ÍNDICE	DEFINICIÓN	VARIABLES					RESULTADOS		
		DETERMINANTE	UNIDADES	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	CIÓN TRÓFICO								
ICOpH	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR Ph*	pH	*Und*	7.57	7.57	7.73	0.0069	0.0069	0.0120

Tabla 5.1-44. Resultados de los Índices de Contaminación – Campamento Cebadal – Sector El Tambor. Corriente receptora Q. la Magdalena

ÍNDICE	DEFINICIÓN	VARIABLES					RESULTADOS		
		DETERMINANTE	UNIDADES	M1	M2	M3	M1	M2	M3
ICOMO	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA*	DBO_5	*mg/l* O_2	2.0	2.0	2.0	0.310	0.279	0.234
		COLIFORMES TOTALES	*NMP/100ml*	3610.0	2590.0	1900.0			
		% OD	*%*	62.36	63.50	69.45			
ICOMI	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN*	CONDUCTIVIDAD	*µS/cm*	57.00	59.00	71.00	0.043	0.046	0.061
		DUREZA	*mg/l* $CaCO_3$	33.0	38.0	46.0			
		ALCALINIDAD	*mg/l* $CaCO_3$	34.0	35.0	40.0			
ICOSUS	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS*	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	*mg/l*	7.0	6.0	5.0	0.00	0.00	0.00
ICOTRO	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO*	FÓSFORO TOTAL	*mg/l*	0.10	0.10	0.10	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO
ICOpH	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR Ph*	pH	*Und*	7.77	7.76	7.79	0.0137	0.0133	0.0147

- **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Con base en la Tabla 5.1-45 se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos, el cual se encuentra plasmado en la Tabla 5.1-46.

Tabla 5.1-45. Escalas de interpretación de los ICO's

ICOMO		
0 - 0,2	Ninguno	Recurso hidrico en estado natural.
0,2 - 0,4	Bajo	Reurso hidrico levemente contaminado por contenido de materia orgánica
0,4 - 0,6	Medio	Recurso hidrico regularmente contaminado por contenido de materia orgánica
0,6 - 0,8	Alto	Recurso hidrico contaminado por contenido de materia orgánica
0,8 - 1	Muy alto	Recurso hidrico altamente contaminado por contenido de materia orgánica

ICOSUS		
0 - 0,2	Ninguno	Recurso hidrico sin contaminación por sólidos suspendidos
0,2 - 0,4	Bajo	Reurso hidrico levemente contaminado por sólidos suspendidos
0,4 - 0,6	Medio	Recurso hidrico regularmente contaminado por sólidos suspendidos
0,6 - 0,8	Alto	Recurso hidrico contaminado. Agua altamente contaminada
0,8 - 1	Muy alto	Se ha sobrepasado la concentración de sólidos suspendidos para el cuerpo de agua

ICOMI		
0 - 0,2	Ninguno	Recurso hidrico en estado natural.
0,2 - 0,4	Bajo	Reurso hidrico levemente contaminado por mineralización
0,4 - 0,6	Medio	Recurso hidrico regularmente contaminado mineralización
0,6 - 0,8	Alto	Recurso hidrico contaminado por mineralización
0,8 - 1	Muy alto	Recurso hidrico altamente contaminado por mineralización

ICOTRO		
< 0,01	Oligotrófico	Sistemas acuáticos de bajo contenido de nutrientes y producción vegetal mínima
0,01 - 0,02	Mesotrófico	Sistemas acuáticos con características intermedias entre oligotrófico y eutrófico
0,02 - 1	Eutrófico	Sistemas acuáticos de alto contenido de nutrientes y producción vegetal considerable
>1	Hipereutrófico	Sistemas acuáticos de alto contenido de nutrientes y producción vegetal excesiva

Tabla 5.1-46. Análisis de resultados ICO´s

ÍNDICE	DEFINICIÓN	MUESTRA	CAMPAMENTO TANGUA - SECTOR EL PLACER		CAMPAMENTO CEBADAL - SECTOR EL TAMBOR	
			VALOR	GRADO DE CONTAMINACIÓN	VALOR	GRADO DE CONTAMINACIÓN
ICOMO	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA*	M1	0.250	BAJO	0.310	BAJO
		M2	0.388	BAJO	0.279	BAJO
		M3	0.398	BAJO	0.234	BAJO
ICOMI	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN*	M1	0.101	NINGUNO	0.043	NINGUNO
		M2	0.102	NINGUNO	0.460	MEDIO
		M3	0.109	NINGUNO	0.061	NINGUNO
ICOSUS	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS*	M1	0.000	NINGUNO	0.000	NINGUNO
		M2	0.160	NINGUNO	0.000	NINGUNO
		M3	0.090	NINGUNO	0.000	NINGUNO
ICOTRO	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO*	M1	0.100	EUTRÓFICO	0.100	EUTRÓFICO
		M2	0.150	EUTRÓFICO	0.100	EUTRÓFICO
		M3	0.200	EUTRÓFICO	0.100	EUTRÓFICO
ICOpH	*ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR Ph*	M1	0.0069	NINGUNO	0.0137	NINGUNO
		M2	0.0069	NINGUNO	0.0133	NINGUNO
		M3	0.0120	NINGUNO	0.0147	NINGUNO

5.1.6.2. Cuerpos de agua marino – costeros

Dentro del Proyecto vial doble calzada Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco, no se cuenta con cuerpos de agua marino – costeros.

5.1.7. Usos del agua

Los usos del agua son las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas. Estos usos incluyen el uso domestico, agrícola, pecuario e industriales, entre otros.

- Usos actuales

Los usos del agua son las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas. Estos usos incluyen los de abastecimiento de población, regadíos y usos agrarios, usos industriales, acuicultura, usos recreativos, entre otros.

- Usos actuales y proyectados

Teniendo en cuenta la información secundaria obtenida de los POMCAS y recolectada en campo se determinó que los usos actuales de las fuentes hídricas son básicamente para las actividades de uso doméstico, agrícola, pecuario, recreativo e industrial.

Se contemplan como usos proyectados de carácter industrial para actividades tales como compactación, humectación de vías de acceso, plantas de concreto, trituración, construcción y mejoramiento de obras hidráulicas que lo requieren el proyecto, así mismo se contempla mayor demanda de agua para mayores coberturas de uso agrícola y ganadero, uso recreativo, turístico y de servicios, esto a raíz que esta zona va tener mayor recurrencia de población

- Inventario de usos y usuarios

Con información secundaria y primaria se menciona algunos usos y usuarios que se identificaron en el POMCA del área de influencia a ser intervenida, adicionalmente se tuvo en cuenta información solicitada a la entidad ambiental competente (CORPONARIÑO) donde se obtuvo información de las concesiones autorizadas de forma legal para diferentes usos con sus respectivos usuarios, a continuación se evidencia las fuentes que van a ser afectadas por actividades del proyecto tales como:

Captación de agua que será utilizada de carácter industrial que serán utilizadas para la construcción del proyecto. (Ver Tabla 5.1-47)

Tabla 5.1-47 Usos y usuarios puntos de captación

UF	FUENTE	USOS	USUARIOS	CAUDAL CONCESIONADO l/s
4	LA MAGDALENA	Riego, pecuario, mantenimiento de ganado vacuno y porcino	782	1.5
4	RIO BOBO	Doméstico	24257	47
		Agrícola		40
		Pecuario		5
5	MARQUEZA (CUBIJAN)	Consumo humano	80	1.5

Para la ocupaciónes de cauce se definieron los siguientes usos y usuarios donde se identificaron la demanda de cada uno de los drenajes (Ver Tabla 5.1-48 y anexo GDB/cartograifa/PDF /EIADCRP_PC_015).

Tabla 5.1-48 **Usos y usuarios fuentes hídricas, Tramo Pedregal-Catambuco**

FUENTE	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADA	
			N	W
1	Inantas bajo	Yacuanquer	608362	960297
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial.			
USOS	Doméstico y agropecuario			
USUARIOS	15 suscriptores, 90 usuarios			
OBSERVACIONES	En la margen izquierda de la vía se observa canalización de mangueras tanto de agua limpia como aguas residuales, que se encuentran elevadas y otras cruzan la alcantarilla de la vía. El agua es suministrada del acueducto de Yacuanquer, que es utilizada para consumo humano, lavar marraneras y en época de verano para riego de cultivos de café, guayaba, plátano, entre otros. Presencia de abundante vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
2	Inantas bajo	Yacuanquer	608439	960500
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Acueducto Yacuanquer.			
USOS	Doméstico.			
USUARIOS	12 suscriptores, 60 usuarios			

OBSERVACIONES	En la margen izquierda de la vía se observa canalización de mangueras de agua limpia para consumo humano, proveniente del acueducto de Yacuanquer, estas cruzan por la alcantarilla de la vía al margen derecho. Presencia de abundante vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
3	Inantas bajo	Yacuanquer	608439	960500
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial			
USOS	Doméstico.			
USUARIOS	10 suscriptores, 60 usuarios			
OBSERVACIONES	Margen izquierda cruce de mangueras, desagües aguas residuales y del acueducto, que pasan a margen derecho por la alcantarilla de la vía, donde se observa cultivos de plátano, café, guayaba y vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
4	Inantas bajo	Yacuanquer	608709	960800
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Sin Nombre			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	8 personas			
OBSERVACIONES	Fuente sin caudal, vegetación secundaria, presencia de cultivos de café y plátano, ubicado a margen izquierda.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
5	Inantas bajo	Yacuanquer	608736	960866
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial.			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	5 personas			
OBSERVACIONES	Se observa fuente sin caudal, a su alrededor se evidencia abundante vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
6	Inantas bajo	Yacuanquer	609353	960950

TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial.			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	7 personas			
OBSERVACIONES	Se evidencia presencia de vegetación (eucalipto) además de cruce de tuberías rota de agua limpia, rebose del tanque de almacenamiento (acueducto) margen izquierdo perteneciente a la estación de servicio el placer, la cual recorre por la alcantarilla de la vía a margen derecha.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
7	Inantas bajo	Yacuanquer	609432	960929
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Ojo de agua			
USOS	Doméstico y Agrícola			
	7 suscriptores 30 usuarios			
OBSERVACIONES	Se observa cruce de mangueras de agua limpia proveniente del acueducto privado de Yacuanquer. A su alrededor presenta abundante vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
8	Inantas bajo	Yacuanquer	609422	960916
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada la Magdalena, Superficial			
USOS	Doméstico, agrícola e industrial.			
USUARIOS	35 personas aproximadamente			
OBSERVACIONES	Se observa la construcción de tanques de almacenamiento de agua sin tratamiento, los cuales abastecen la estación de servicio el Placer, el cual cuenta con hotel, restaurante, lavadero de vehículos y montallantas. La fuente cuenta con concesión de aguas "Resolución 209 del 21 de agosto de 2014, caudal otorgado 1.5 l/s para uso riego árboles frutales y café, pecuario, mantenimiento de ganado vacuno y porcino.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
9	Inantas Alto	Yacuanquer	610652	961069
TIPO DE	Afloramiento			

FUENTE Y NOMBRE				
USUARIOS	13 Suscriptores			
USOS	N.A			
OBSERVACIONES	Se encuentra ubicado a margen izquierdo de la vía, y a su alrededor posee vegetación secundaria.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
10	Inantas alto	Yacuanquer	610061	960939
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Sin Nombre			
USOS	Domestico			
USUARIOS	12 suscriptores 60 personas aprox.			
OBSERVACIONES	Fuente con abundante caudal, el cual permanece constante, a su alrededor se observa abundante vegetación.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
11	Tablón obraje	Tangua	610754	961237
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Afloramiento			
USOS	Doméstico			
USUARIOS	10 personas.			
OBSERVACIONES	Se encuentra ubicado margen izquierda de la vía, el agua es captada por medio de mangueras y llevadas a una caja de recolección donde posterior es transportada para su consumo. No tiene concesión de aguas. El flujo es constante, no varía con el clima.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
12	Tablón obraje	Tangua	610776	961215
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Magdalena			
USOS	Industrial			
USUARIOS	15 personas			
OBSERVACIONES	Posee abundante caudal, a sus alrededores está cubierta de diversidad de vegetación arbustiva, como también cultivos de plátano y fríjol,			

	sobre esta se realiza descarga de aguas residuales provenientes de la vivienda y el lavado de vehículos.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
13*	Tablón Obraje	Tangua	610217	961234
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Derivación quebrada Magdalena			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	5 personas			
OBSERVACIONES	A sus alrededor se observa abundante vegetación arbustiva, el agua es captada para riego, posee caudal medio.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
14	San pedro	Tangua	609775	961515
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Derivación quebrada Magdalena			
USOS	Agrícola y avícola			
Usuarios	7 usuarios			
OBSERVACIONES	Fuente hídrica con bajo caudal, aguas arriba hay captación en un tanque para ser transportada por medio de mangueras como se observa en el registro fotográfico adjunto. A su alrededor posee abundante vegetación arbustiva. Posee un caudal concesionado de 1,50 lps a nombre de Pollos al Dia S.A.S. con un periodo de duración de 5 años. Está vigente, vence en el año 2020.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
15	San Pedro	Tangua	610229	962035
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada la Magdalena			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	10 personas			

OBSERVACIONES	La fuente está ubicada a la margen derecha de la vía, corre por medio de un canal, que atraviesa las viviendas que están a su alrededor, esta es utilizada exclusivamente para riego; cultivos de plátano, café, maíz, árboles frutales, entre otros.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
16 *	San Pedro	Tangua	610282	961987
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada la Magdalena			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	23 usuarios			
OBSERVACIONES	Caída de agua proveniente de la quebrada la magdalena, el agua es captada para riego. Caudal concesionado 0.50 lps a nombre del Señor Carlos Omar Benavides Basante. Está vigente hasta el año 2019. Numero de Resolución 501.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
17	Tangua	Tangua	610476	961957
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	5 personas			
OBSERVACIONES	Caída de agua proveniente de la quebrada Magdalena, posee abundante vegetación arbustiva, se observa canalización de mangueras q son utilizadas para riego de cultivos de alverja, maíz, café y compost.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
18	Tangua	Tangua	612936	964199
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Nacimiento de agua			
USOS	Agrícola y doméstico			
USUARIOS	4 viviendas, 20 personas aproximadamente.			
OBSERVACIONES	El nacimiento de agua se encuentra ubicado al margen izquierdo de la vía, es utilizado para uso doméstico, riego de cultivos como maíz, tomate y granadilla, además es utilizado para criaderos de trucha. Hay presencia de abundante vegetación rasante y arbustiva. No hay			

	concesión de agua.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
19	Tangua	Tangua	612939	964214
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Afloramiento			
USOS	Doméstico y Agrícola			
USUARIOS	17 usuarios			
OBSERVACIONES	Este nacimiento de agua será usado para posible construcción de urbanización, posee abundante vegetación arbustiva. Se encuentra rodeado de plantas de sauce. Los asentamientos humanos, ubicados paralelamente a la captación del nacimiento de agua, realizan captaciones de agua por medio de mangueras trasladadas hacia tanques de almacenamiento para uso doméstico, riego y cultivos.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
20	Tangua	Tangua	613116	964899
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Superficial.			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	8 personas			
OBSERVACIONES	Caída de agua intermitente, cruce de mangueras, abundante vegetación arbustiva y herbácea, con presencia de cultivos de alverja y frijol. Sobre esta descarga aguas residuales de uso agrícola.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
21	El vergel	Tangua	613293	965216
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Sin Nombre			
USOS	Doméstico y agropecuario			
USUARIOS	29 viviendas, aproximado 174 habitantes			
OBSERVACIONES	Presenta vegetación rasante y arbustiva abundante. No hay presencia de asentamientos humanos en sus linderos, las instalaciones presentes			

	en el registro fotográfico están en estado de abandono.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
22	El vergel	Tangua	613097,0874	965569,064
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Fuente derivada de la quebrada Santa Isabel			
USOS	Doméstico y Agrícola			
USUARIOS	2 suscriptores, 12 personas aprox.			
OBSERVACIONES	Existen dos captaciones, una para consumo humano y otra para riego, estas captaciones de tipo cruzado con tuberías de diámetro pequeño (mangueras).			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
23	San Antonio	Tangua	613069,4363	965637,078
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Fuente derivada del Zanjón de San Antonio			
USOS	Doméstico y Agrícola			
	12 suscriptores, 72 usuario aprox			
OBSERVACIONES	Existen dos captaciones, una para consumo humano y otra para riego, estas captaciones de tipo cruzado con tuberías de diámetro pequeño (mangueras).			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
24	El Cebadal	Tangua	614119,8785	965952,538
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Fuente Zanjón de San Antonio 1			
USOS	Domestico, Agropecuario			
USUARIOS	7 suscriptores, 42 personas			
OBSERVACIONES	Existen dos captaciones, una para consumo humano y otra para riego, estas captaciones de tipo cruzado con tuberías de diámetro pequeño (mangueras).			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	

			N	W
25	El Cebadal	Tangua	614328	966206
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada Arrayan (Intermitente)			
USOS	Agrícola			
USUARIOS	4 personas			
OBSERVACIONES	Esta fuente es de tipo intermitente, debido al factor climático, se encuentra rodeada de vegetación de rasante y arbustiva.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
26	Chavez	Tangua	614635	966326
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Afloramientos			
USOS	Doméstico y agropecuario			
USUARIOS	5 suscriptores, 25 usuarios aprox.			
OBSERVACIONES	La extracción de agua se hace mediante una motobomba, en toda la zona predominan colchones de agua y vegetación rasante.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
27	Chávez	Tangua	614654	966264
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada el Quelal (Intermitente)			
USOS	Pecuario			
USUARIOS	3 personas			
OBSERVACIONES	Esta fuente es de tipo intermitente, debido al factor climático. Está rodeada de vegetación con estratificación arbustiva muy densa.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
28	El cebadal	Tangua	614356	965510
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Sin nombre			
USOS	Domestico			
USUARIOS	18 suscriptorres, 82 personas aprox.			
OBSERVACION	Esta fuente cuenta con un caudal bajo y se utiliza para la abastecimiento			

ES	sanitario de los domicilios aferentes.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
29	Cebadal	Tangua	614663	965624
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Acueducto de Tangua			
USOS	Doméstico			
USUARIOS	12 personas			
OBSERVACIONES	Cuentan con un tanque de almacenamiento el cual es abastecido por el acueducto de Tangua y se usa para consumo humano.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
30	Cebadal	Tangua	614986	966271
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Acueducto de Tangua			
USOS	Doméstico			
USUARIOS	154 usuarios			
OBSERVACIONES	La estación de servicio es abastecida por el acueducto de Tangua, donde se le da un uso doméstico y sanitario. Se tiene un caudal concesionado de 1.5 lps, para un total de 80 usuarios.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
31*	El Tambor	Tangua	616082	967297
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada La Marquesa (cubijan)			
USOS	Domestico, Agropecuario			
USUARIOS	23 Usuarios			
OBSERVACIONES	Paralelo al afluente existen asentamientos humanos y extensiones de cultivos medianamente amplios, con predominancia de arveja, ulloco, papa, cebada y trigo; así como uso ganadero. Se tiene un caudal concesionado de 7 lps con un total de 170 usuarios.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
32	El Tambor	Tangua	616248	967708
TIPO DE FUENTE Y	Nacimiento de agua – Hueco el Horno			

NOMBRE				
USOS	Doméstico			
USUARIOS	10 suscriptores, 45 personas aprox.			
OBSERVACIONES	El nacimiento de agua proviene de un afloramiento rocoso, las cuales impiden observar exactamente la ubicación del nacimiento.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
33*	El Tambor	Tangua	616269	967708
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada La Marquesa (cubijan)			
USOS	Pecuario			
USUARIOS	7 personas			
OBSERVACIONES	Está rodeada de vegetación rasante y arbustiva, se da un uso de carácter ganadero.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
34	El Tambor	Tangua	616506	968070
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Corriente directa de la Quebrada La Marquesa (Intermitente)			
USOS	Pecuario			
USUARIOS	6 personas			
OBSERVACIONES	Esta fuente tiene un caudal muy bajo, que se usa para actividades de ganadería, rodeada con vegetación rasante y arbustiva.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
35	El Paramo	Tangua	617141	969316
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Afloramiento No.1 (Finca Llano Grande)			
USOS	Doméstico y pecuario			
USUARIOS	3 suscriptores, 20 personas aprox. 3 personas			
OBSERVACIONES	Es un nacimiento de agua rodeado de vegetación rasante, usado para consumo humano; en los momentos de rebose del nacedero, también es aprovechado para la ganadería.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	

			N	W
36	El paramo	Tangua	617274	969452
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Afloramiento No. 2 (Finca Llano Grande)			
USOS	Agropecuario			
USUARIOS	5 suscriptores			
OBSERVACIONES	Es un nacimiento de agua donde existe un flujo continuo del recurso; se utiliza para ganadería y para fumigación de cultivos como papa, ulloco y haba. Cabe resaltar que hace aproximadamente 5 años se siembra eucalipto.			

FUENTE	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADA	
			N	W
37*	La palizada	Tangua	617934	969959
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Acueducto El Ajo			
USOS	Doméstico			
USUARIOS	15 Usuarios			
OBSERVACIONES	La estación de servicio está ubicada en la vereda la marquesa bajo, se abastecen del acueducto el Ajo y su uso es netamente doméstico. Aproximadamente el acueducto cuenta con conexión de 74 viviendas por 6 habitantes, para un total de 444 usuarios q se abastecen de este.			

FUENTE	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADA	
			N	W
38*	La Merced	Pasto	618535	974382
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Quebrada Miraflores			
USOS	Consumo humano y Doméstico			
OBSERVACIONES	• En la vereda la Merced, sector Miraflores está presente la quebrada Miraflores, donde escurre sus aguas al Río Pasto, La conducción de agua captada en la represa de río Bobo para consumo humano de los habitantes de la ciudad de Pasto, atraviesa la quebrada Miraflores por medio de un paso elevado en el sector del puente que comunica al caserío Miraflores con la vía Panamericana Sur, con destino a la Planta de Tratamiento de Agua Potable Centenario. • Como el cauce principal es un punto topográficamente bajo de la conducción, la empresa operadora de servicios públicos EMPOPASTO SA ESP tiene instalada una válvula purga, para el			

	vaciado de la tubería, cuya salida o desagüe está dirigido hacia la corriente hídrica. Tiene autorizado la captación de 120 lps. • El aporte de caudal de esta conducción hacia el cauce principal de la quebrada Miraflores es muy esporádico ya que se presenta únicamente cuando la empresa EMPOPASTO realiza la suspensión del servicio y vaciado de la tubería para reparaciones o reemplazo de algún accesorio • Cabe anotar que según información suministrada por los habitantes del sector, en épocas de verano cuando el caudal del Cauce Principal disminuye considerablemente, la purga es abierta por periodos cortos por parte de operarios de EMPOPASTO con el fin de aportar agua a la Quebrada de manera que garantice un caudal aguas abajo en el punto en donde se encuentra ubicada una bocatoma destinada también para el consumo humano de los habitantes de la ciudad de Pasto pertenecientes al área de influencia de la Planta de Tratamiento del barrio Mijitayo.			
FUENTE	**VEREDA**	**MUNICIPIO**	**COORDENADA**	
			N	**W**
39	La Merced	Pasto	619414	974686
TIPO DE FUENTE Y NOMBRE	Pozo subterrtaneo			
USOS	Doméstico			
USUARIOS	7 Usuarios			
OBSERVACIONES	La empresa Bavaria realizo una perforación para obtención de agua para consumo humano y domestico (baños y funcionamiento de la cafetería), se encuentra a una profundidad de 127m, con diámetro de 4m, tubería de 6” y caudal de 5,35 L/s. Cuenta con un total de 48 empleadosdistruibuidos en dos turnos al dia. Cuenta con concesión de aguas.			

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

A continuación, se hace una descripción de los usos más significativos que fueron recolectados y analizados (pecuario, agrícola, domestico e industrial). Los usos considerados más relevantes según la tabla anterior son:

-Uso Pecuario

Se entiende por uso pecuario del agua, su utilización para el consumo del ganado, Dentro del área de influencia se desarrollan actividades de ganadería en mayor magnitud que la red vial existente, por la ubicación rural; su fuente de hidratación son cuerpos de agua cercanos a los terrenos de pastoreo. En los puntos solicitados como puntos de captación

se identificaron usuarios directos sobre los cuerpos de agua, quienes de manera directa o indirecta por medio de mangueras transportan el agua hacia estanques o abrevaderos, que como la palabra lo dice son para dar de beber al ganado.

-Uso Agrícola

Se entiende por uso agrícola del agua, su utilización para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias. (MAVDT, 2010)

Para el área de influencia del proyecto, gran parte de los cuerpos lóticos (ríos, quebradas y nacimientos de agua) son utilizados para riego de cultivos propios de cada municipio, debido a que la mayor parte del AI del proyecto es de carácter rural.

-Uso Doméstico

Se entiende por uso de agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como:

1. Bebida directa y preparación de alimentos para consumo humano.
2. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
3. Preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración. (MAVDT, 2010)

En el área de influencia el suministro de agua para consumo humano se da por los cuerpos de agua aferentes al margen vial existente y proyectada, como quebradas y nacimientos de agua.

-Uso industrial

Se entiende por uso industrial, al empleo en actividades tales como, procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos y complementarios, Generación de energía y Minería. (MAVDT, 2010).

Dentro del área de influencia encontramos una gran variedad de establecimientos comerciales como, tiendas, restaurantes, proceso, distribución y venta de lácteos, minas de arena, ladrilleras, entre otras. Su fuente de suministro son nacimientos de agua, propios de los establecimientos.

- Balance hídrico

Teniendo en cuenta que los diferentes factores climáticos propician condiciones específicas para el transporte de agua y que determinan a la vez la oferta hídrica en una

zona determinada, se hace necesaria la elaboración de un balance hídrico en el cual se establezcan los periodos de escasez y de disponibilidad del recurso para el área de influencia. Esto se puede establecer a partir del análisis integrado de los fenómenos asociados a la dinámica del agua en la atmosfera y su intercambio con el suelo, como son: el proceso de evapotranspiración, la precipitación, los procesos de infiltración o almacenamiento y los procesos de escorrentía por exceso del recurso. Este balance correlaciona estos últimos parámetros bajo el principio de conservación de la masa dando como resultado final la disponibilidad o déficit del recurso.

Las estaciones utilizadas para realizar los balances hídricos, fueron aquellas que representan mejor las condiciones del área de influencia por su ubicación espacial. (Ver Tabla 5.1-49).

Tabla 5.1-49 Estaciones Utilizadas para el Cálculo del Balance Hídrico

Tipo	Cod	Estación	Municipio	Dpto	Latitud
SP	52055010	Apto San Luis	Ipiales	Nariño	0,51
AM	52055040	Botana	Pasto	Nariño	1,09
AM	52045010	Obonuco	Pasto	Nariño	1,11
CP	52055090	Sindagua	Tangua	Nariño	1,62

Fuente: IDEAM 2015.

El balance comienza a partir de los registros de precipitación y de la evaporación potencial, partiendo del mes que da fin al periodo más seco del año. Se toma como valor teórico de almacenamiento de agua en el suelo una columna de 100 mm, la cual al ser superada al final de mes, genera un exceso que se convierte en escorrentía superficial.

La evapotranspiración potencial, en principio se calculó por medio de la fórmula de Thornthwaite (Ver Tabla 5.1-50

Tabla 5.1-50 Calculo Evapotranspiración Potencial – Método Thornthwaite

Variable	Ecuación
Índice de Calor Mensual (i) – a partir de la temperatura media mensual	$i = (t / 5)^{1.514}$
Índice de Calor Anual (I) sumando los 12 valores de I	$I = \Sigma\, i$
ETP Mensual sin Corregir	$ETP_{sin\ corregir} = 16\,(10\,t / I)^{a}$ I: Índice calórico t: Temperatura media mensual a: Exponente empírico, función de I. $a: (675*10^{-9}\,I^{3}) - (771*10^{-7}\,I^{2}) + (1792*10^{-5}\,I) + 0.49239$
ETP Mensual Corregida	$ETP_{corregida} = ETP_{sin\ corregir} * N/12 * d/30$

Variable	Ecuación
	d: Número de días del mes N: Número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y la latitud

Fuente: Universidad de la Laguna. España. http://fjferrer.webs.ull.es/Bibliog/Biblio/Evapotranspiracion.pdf.

Los registros de temperatura para las estaciones en estudio no presentan valores superiores a los 26,5 ºC a nivel mensual, pues según la formulación dada por Thornthwaite, el punto de convergencia se presenta en este valor, por lo tanto no es necesario hacer el ajuste a estos valores.

A continuación en la Tabla 5.1-51 las evapotranspiraciones potenciales sin corregir para cada una de las estaciones a analizar en el balance hídrico, partiendo de las temperaturas medias mensuales multianuales registradas en cada una.

Tabla 5.1-51 Proyección de la Evapotranspiración Potencial Sin Corrección

Estación	ETP (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Apto San Luis	51,405	52,116	52,419	52,508	51,992	48,872	46,037	45,582	47,831	51,281	52,704	52,276
Botana	53,08	53,95	54,10	55,21	52,66	49,88	49,92	52,26	54,11	53,79	53,10	47,81
Obonuco	55,39	51,13	56,49	56,34	56,54	55,83	53,26	53,60	54,21	56,28	53,74	55,72
Sindagua	53,65	54,02	54,02	54,82	54,78	53,80	52,65	53,30	54,89	54,52	53,06	53,45

Con base en las anteriores estimaciones de evapotranspiración potencial y los históricos de precipitación, se realizó cada uno de los balances hídricos en las estaciones escogidas anteriormente, que representan las condiciones climáticas del área de estudio.

Balance Hídrico – Estación Botana

Como se puede observar el déficit en la zona adyacente a esta estación registra un valor de cero a lo largo del ciclo anual, por lo que no hubo para el periodo analizado, falta de cantidad de agua para cubrir las necesidades potenciales.

Entre los meses de octubre a abril, se presentan excesos, siendo noviembre el que registra un mayor índice de excesos (54,35 mm), asociado tal vez a que la mayor precipitación media mensual multianual se presenta en este mes (107,98 mm). Estos excesos, se perderán por escorrentía superficial o profunda.

Tabla 5.1-52: Balance hídrico estación Botana

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prec (mm)	80,35	75,31	92,67	96,62	85,72	64,87	54,01	38,32	42,44	90,07	107,98	93,40
ETP (mm)	53,08	53,95	54,10	55,21	52,66	49,88	49,92	52,26	54,11	53,79	53,10	47,81
Prec-ETP (mm)	25,15	24,60	36,41	40,86	32,54	12,99	2,09	-16,03	-12,21	34,13	54,35	43,68
RFU (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	32,54	78,07	100,00	83,97	71,75	100,00	100,00	100,00
AET (mm)	55,20	50,71	56,26	55,76	53,19	51,88	51,91	54,35	54,66	55,94	53,63	49,72
Déficit (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
Exceso (mm)	25,15	24,60	36,41	40,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,88	54,35	43,68
Escurrimiento (mm)	30,66	27,63	32,02	36,44	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	2,95	28,65	36,17

ETP: Evapotranspiración potencial del mes (mm)
Prec: Lluvia mensual (mm)
RFU: Cantidad de agua acumulada en el suelo y disponible para cultivos (mm)
AET: Evapotranspiración actual (mm)

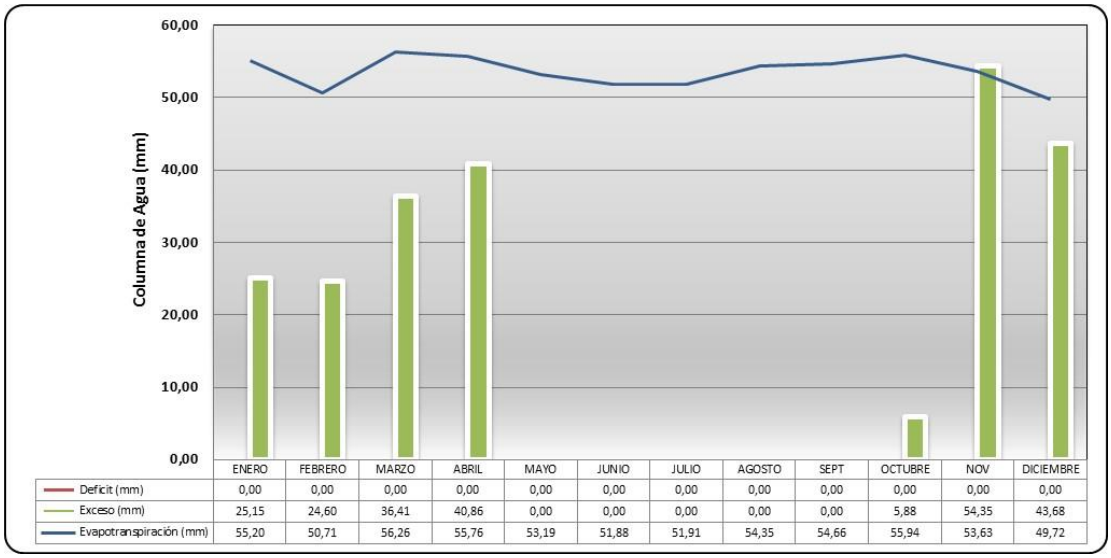


Figura 5.1.87 : Balance hídrico estación Botana
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Balance Hídrico – Estación Obonuco

Como se puede observar el déficit en la zona adyacente a esta estación registra un valor de cero a lo largo del ciclo anual, a excepción del mes de julio, agosto y septiembre. El volumen de déficit para estos meses equivale al volumen de agua que hace falta para cubrir las necesidades potenciales (evaporación y transpiración).

Por otro lado, se presentan excesos de agua en los meses de diciembre a abril, siendo abril el que registra un mayor índice de excesos (31,13 mm), asociado tal vez a que una de las mayores precipitaciones se presentan en este mes (87,47 mm). Este periodo se

caracteriza porque hay excedencia de agua de la reserva máxima, y los excesos se perderán por escorrentía superficial o profunda.

Tabla 5.1-53: Balance hídrico estación Obonuco

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prec (mm)	72,80	68,82	82,92	87,47	80,90	46,30	35,61	23,73	31,56	96,98	100,31	85,38
ETP (mm)	55,39	51,13	56,49	56,34	56,54	55,83	53,26	53,60	54,21	56,28	53,74	55,72
Prec-ETP (mm)	17,41	17,69	26,43	31,13	24,36	-9,54	-17,65	-29,87	-22,65	40,70	46,57	29,66
RFU (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	24,36	14,82	0,00	0,00	0,00	40,70	100,00	100,00
AET (mm)	55,39	51,13	56,49	56,34	56,54	55,83	50,43	23,73	31,56	56,28	53,74	55,72
Déficit (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,82	29,87	22,65	0,00	0,00	0,00
Exceso (mm)	17,41	17,69	26,43	31,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,66
Escurrimiento (m)	16,12	16,91	21,67	26,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	0,01	0,01	14,83

ETP: Evapotranspiración potencial del mes (mm)
Prec: Lluvia mensual (mm)
RFU: Cantidad de agua acumulada en el suelo y disponible para cultivos (mm)
AET: Evapotranspiración actual (mm)

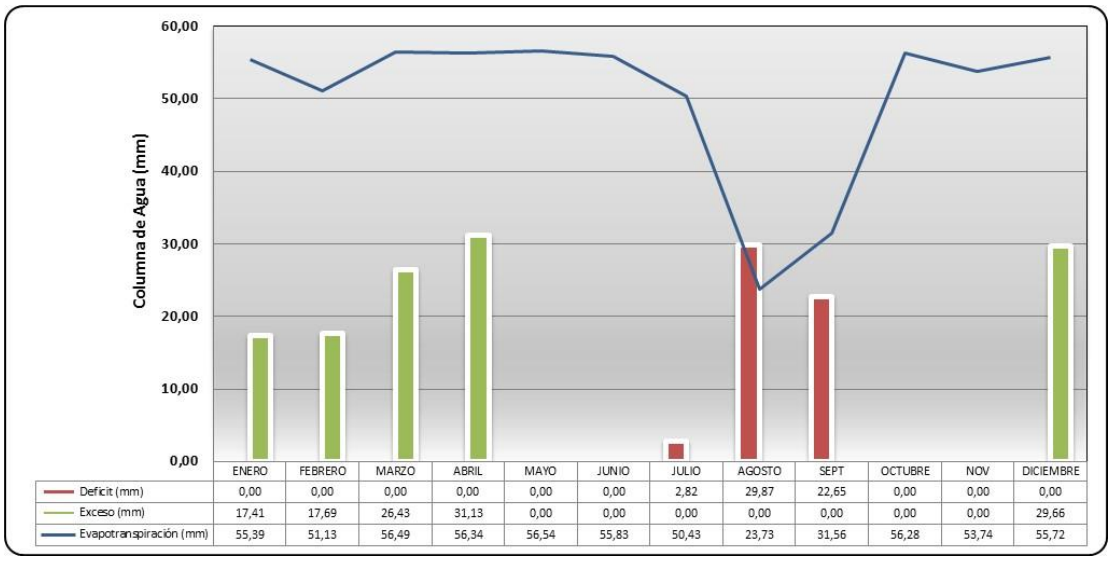


Figura 5.1.88: Balance hídrico estación Obonuco
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Balance Hídrico – Estación Sindagua

Como se puede observar el déficit en la zona adyacente a esta estación registra un valor de cero a lo largo del ciclo anual, a excepción del mes de agosto y septiembre. El volumen de déficit para estos meses equivale al volumen de agua que hace falta para cubrir las

necesidades potenciales (evaporación y transpiración).

Por otro lado, se presentan excesos en los meses de noviembre a abril, siendo abril el que registra un mayor índice de excesos (56,82 mm), asociado tal vez a que una de las mayores precipitaciones se presentan en este mes (112.18 mm). Este periodo se caracteriza porque hay excedencia de agua de la reserva máxima, y los excesos se perderán por escorrentía superficial o profunda.

Tabla 5.1-54**: Balance Hídrico – Estación Sindagua**

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Prec (mm)	94,47	81,97	94,22	112,18	94,91	53,53	33,66	21,27	45,71	107,80	132,92	108,23
ETP (mm)	55,80	50,78	56,18	55,36	55,33	55,95	54,76	55,43	55,44	56,70	53,59	55,58
Prec-ETP (mm)	38,67	31,19	38,04	56,82	39,58	-2,42	-21,10	-34,16	-9,73	51,10	79,33	52,65
RFU (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	39,58	37,16	16,06	0,00	0,00	51,10	100,00	100,00
AET (mm)	55,80	50,78	56,18	55,36	55,33	55,95	54,76	37,33	45,71	56,70	53,59	55,58
Déficit (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,10	9,73	0,00	0,00	0,00
Exceso (mm)	38,67	31,19	38,04	56,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,43	52,65
Escurrimiento (mm)	36,30	33,75	35,89	46,35	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03	0,01	15,22	33,94

ETP: Evapotranspiración potencial del mes (mm)
Prec: Lluvia mensual (mm)
RFU: Cantidad de agua acumulada en el suelo y disponible para cultivos (mm)
AET: Evapotranspiración actual (mm)

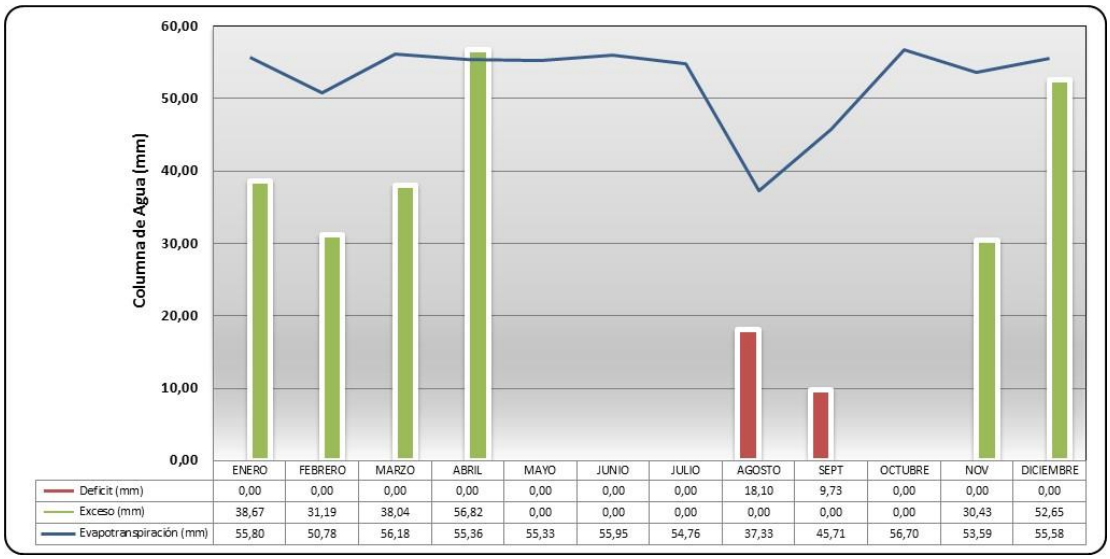


Figura 5.1.89: Balance Hídrico – Estación Sindagua
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Demanda hídrica real

Es la sumatoria de las demandas sectoriales se describen actividades antrópicas sociales y económicas.

-Demanda de agua por uso domestico

La población demandante se caracteriza por ser en su mayptía rural, según lo demuestran los datos obtenidos en campo. El consumo doméstico generalmente es para la preparación de alimentos, aseo personal y lavado de ropa; este proviene directamente de las quebradas por medio de conexiones domiciliarias de agua de forma artesanal y domiciliaria.

-Demanda de agua por uso pecuario

La economía familiar campesina se desarrolla en torno a la actividad agrícola seguida de la pecuaria siendo esta una de las fuentes de alimento e ingresos económicos. Para afrontar los gastos cotidianos y eventuales, se encuentra la crianza de algunos animales menores como aves y cuyes. Estas variaciones se deben a las condiciones propias que presenta cada comunidad en el espacio de la microcuenca, pues una mayor disponibilidad del recurso de pastos y agua, favorece a una mayor producción pecuaria que permite un desarrollo de la ganadería lechera con animales mejorados El mayor requerimiento de agua en la actividad pecuaria es para bebida de los animales que se crían y el desarrollo de sus actividades productivas; ya que normalmente los animales se encuentran en pastoreo, estos mismos se desplazan a las fuentes de agua como, riachuelos y sistemas de riego, etc. El consumo depende de las características del alimento que se ingiere, de las características medioambientales como la temperatura y humedad ambiental, de las distancias de lugar de alimentación a las fuentes de agua, así como de la categoría, edad y tipo de producción animal.

-Demanda de agua por uso Agrícola

Se caracterizan por su actividad productiva principal es la agrícola, con cultivos como la maíz, papa, mora, arveja, frijol cebada, trigo y hortalizas, El nivel tecnológico utilizado por las unidades de producción familiar es del tipo tradicional; caracterizada por el deficiente manejo de los recursos suelo y agua, ocasionando procesos erosivos por arrastre de la capa superficial; así como el deficiente manejo del agua

-Demanda de agua por uso de servicios

Cantidad de agua consumida por el sector servicios incluye el comercio, transporte y almacenamiento, alquileres de vivienda, servicios personales

- Conflictos actuales sobre disponibilidad y usos del agua

Estos conflictos ocurren cuando el recurso no satisface de manera cuantitativamente y cualitativamente en tiempo la demanda que generan los diferentes destinos del agua de una fuente hídrica. Esta categoría incluye conflictos entre usos actuales entre sí tales como el riego, abastecimiento de agua para unidades domésticas, pecuario, etc. Entre estos y nuevos usos que pueden ser modalidades extractivas novedosas, aprovechamientos que implican un uso más intensivo en el sentido de mayor uso consuntivo o de mayor impacto ambiental; la posibilidad de reservar una porción del recurso para aprovechamientos futuros trasvases entre cuencas, mantenimiento de caudales ecológicos (CEPAL).

El suministro de agua es una necesidad esencial para todas las personas. La determinación de la cantidad necesaria es uno de los primeros pasos para proveer el suministro. La provisión de suficiente agua para satisfacer las necesidades de todos puede ser difícil de lograr a corto plazo.

El uso de demasiada agua de un recurso limitado puede privar de agua a personas de ubicadas aguas abajo y tener un impacto negativo en el ambiente y en la salud.
La oferta hídrica se da principalmente por el agua suministrada por las quebradas y nacimientos de agua, que son la principal fuente de abastecimiento para el uso pecuario, agrícola, consumo humano e industrial, presentándose conflictos por el uso del agua entre los cuales se resalta la continuidad del servicio, cantidad de agua para satisfacción de los usos, disminución del caudal de las fuentes hídricas y el deterioro de la calidad del recurso por vertimientos domésticos, industriales y de servicios.

Sin embargo, la alta variabilidad temporal de las fuentes abastecedoras afecta la disponibilidad real de agua, debido a que una corriente con un régimen hidrológico muy inconstante es poco confiable como fuente abastecedora de agua.

Uno de los principales factores de presión sobre el recurso hídrico es el crecimiento poblacional, generando así consecuencias adversas que se revierten a la comunidad que demanda el agua. Al crecer la demanda de agua aumentan los vertimientos de aguas residuales que impactan la calidad del recurso hídrico, en algunos casos induciendo la escasez de agua, no por disponibilidad de la misma sino por calidad inadecuada para el consumo humano o para su utilización en las actividades productivas.

– *Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos para Diferentes Periodos de Retorno*

El análisis de frecuencias es un procedimiento para estimar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de eventos extremos pasados o futuros. De este modo, la representación gráfica de la probabilidad es un método de análisis de frecuencias.

Los valores mínimos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), deben ser tratados a través de distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana).

La información de caudales mínimos anuales de cada estación fue procesada y ajustada mediante software a funciones probabilísticas, a continuación, se presenta el análisis de cada una, se utiliza los caudales mínimos en los diferentes periodos de frecuencia ya que se hace un énfasis en periodos de estío o sequía dando como resultado que entre mas aumenta el periodo de retorno de 1.33, 2 y 5 años el caudal tiene una disminución significativa lo que implica una disponibilidad de menor caudal para los usuarios aguas debajo de la fuente captación que va ser utilizada para fines del proyecto.

- Estación Casanare Automática

El análisis de frecuencia para los registros máximos y mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Casanare Automática en el río Bobo, es el que se reporta en la Tabla 5.1-55y Figura 5.1.7990.

Tabla 5.1-55 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO DE Tr PARA CADA DISTRIBUCIÓN				
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON III	LOG PEARSON III	LOG NORMAL
(años)	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
1,33	0,54692	0,56006	0,55434	0,54701	0,55497
2	0,48705	0,50125	0,49246	0,47817	0,49396
5	0,43026	0,42851	0,42716	0,42231	0,42769
PRUEBA CHI CUADRADO	1,00000	3,00000	---	---	1,00000

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

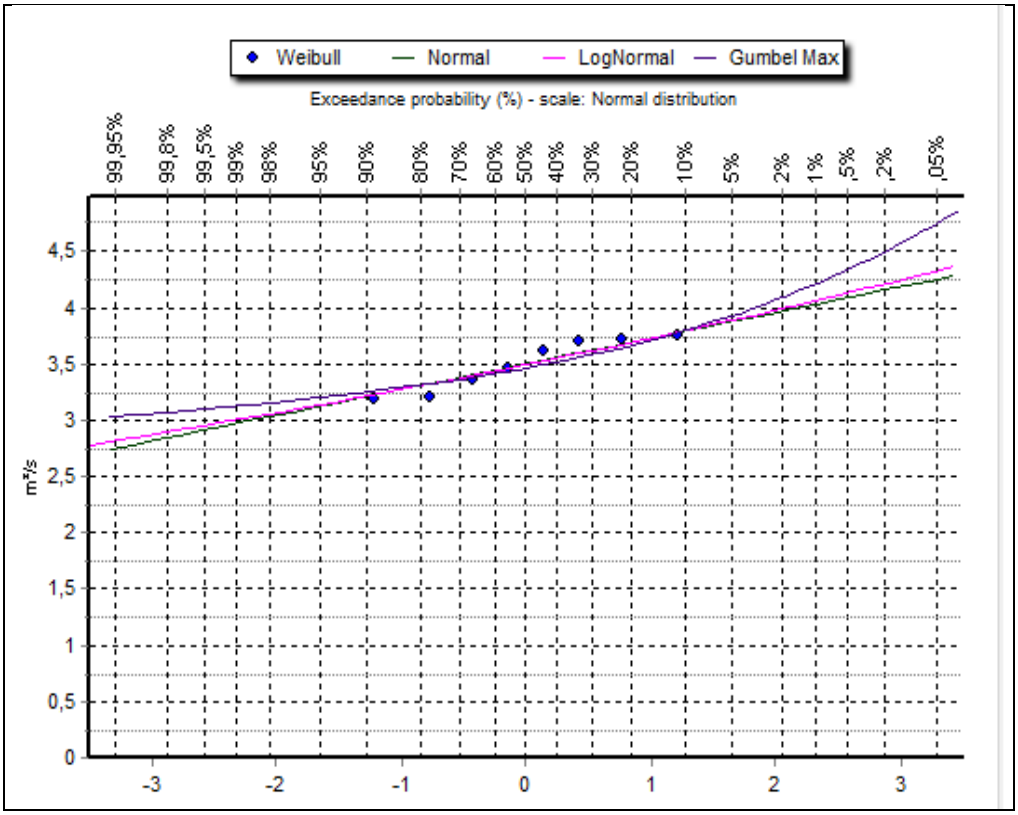


Figura 5.1.90 **Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Casanare Automática**
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Estación Puente Juanambú

El análisis de frecuencia para los registros máximos y mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Puente Juanambú en el río Juanambú, es el que se reporta en la **Error! Reference source not found.** y Figura 5.1.7991.

Tabla 5.1-56 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO DE Tr PARA CADA DISTRIBUCIÓN				
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON III	LOG PEARSON III	LOG NORMAL
(años)	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1,33	21,3119	22,1405	21,5605	21,1710	21,5239
2	17,5357	18,4315	17,6116	17,3680	17,6747
5	13,9540	13,8438	13,7767	13,9522	13,8520
PRUEBA CHI CUADRADO	0,33333	2,75758	---	---	1,78788

Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

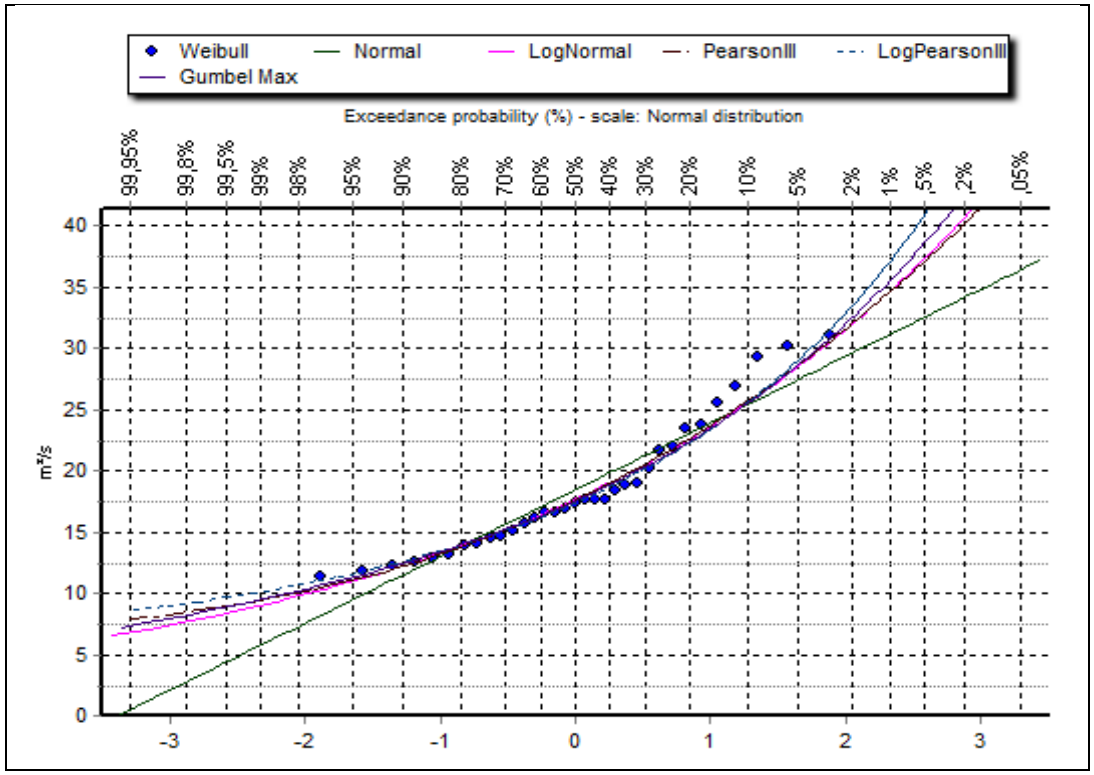


Figura 5.1.91 Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Puente Juanambú
Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

- Estación Bocatoma Centenario

El análisis de frecuencia para los registros máximos y mínimos anuales de caudal reportados durante todo el período de registro de la estación Bocatoma Centenario en el río Pasto, es el que se reporta en la Tabla 5.1-57 y Figura 5.1.7992.

Tabla 5.1-57 Análisis de Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO DE Tr PARA CADA DISTRIBUCIÓN				
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON III	LOG PEARSON III	LOG NORMAL
(años)	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1,33	0,86855	0,89856	0,89856	0,86590	0,87964
2	0,73179	0,76423	0,76423	0,70480	0,73994
5	0,60206	0,59807	0,59807	0,57890	0,59744
PRUEBA CHI CUADRADO	1,30769	1,30769	1,30769	4,38462	0,92308

Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

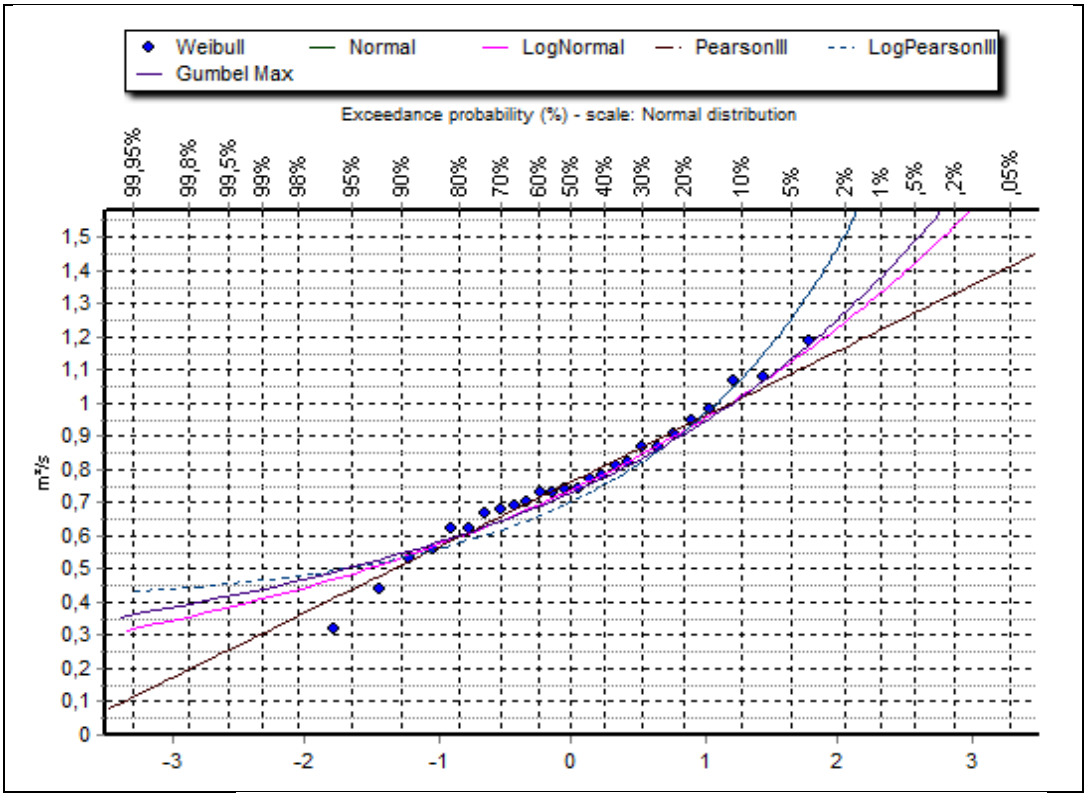


Figura 5.1.92 Frecuencias de Caudales Mínimos – Estación Bocatoma Centenario
Fuente Géminis Consultores Ambientales, 2016

5.1.8. Hidrogeología

El estudio tiene como objetivo plantear un modelo hidrogeológico conceptual que permita identificar las unidades hidrogeológicas y los procesos hidrodinámicos que se puedan estar presentando actualmente en el área de influencia del proyecto vial.
El plan metodológico para desarrollar el modelo hidrogeológico del área de influencia del proyecto, consistió en recopilar la cartografía base disponible de la plancha geológica 429 (Pasto) del Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100000 y de la información obtenida del Volumen III de la fase de diseño la UF4 y UF5 ejecutado por INGETEC, que incluye el levantamiento geológico del trazado vial Pedregal – Catambuco, tomando como base las Unidades de Geología para Ingeniería (que corresponde a las unidades sobre las cuales se llevará a cabo el proyecto) y los niveles piezométricos obtenidos de los sondeos ejecutados en la fase de diseño. También se tuvo en cuenta el inventario de puntos de agua y el estudio geofísico de los sondeos eléctricos verticales.

De acuerdo con la información de referencia se presenta el modelo hidrogeológico

conceptual a partir de las unidades hidrogeológicas y sus principales características como porosidad y permeabilidad derivadas de los aspectos texturales de las unidades de roca y suelo que afloran en el área. Además se contextualizaron las condiciones hidrodinámicas del área de influencia del proyecto vial Pedregal – Catambuco. (Ver Anexo 5.1.8)

- Niveles Piezométricos

En la fase de diseño del corredor vial Pedregal – Catambuco, se ejecutaron perforaciones con el fin de determinar las propiedades geológicas en profundidad. En algunos sondeos se instalaron piezómetros tipo Casagrande; donde se midieron niveles freáticos en diferentes fechas. En la Tabla 5.1-58 se presentan los promedios de los niveles freáticos medidos en diferentes fechas. Los sondeos con sus niveles freáticos se localizan en el Anexo 5.1.8, anexo 3. Mapa geológico, 4. Secciones de análisis y 5. Mapa hidrogeológico.

En general, en la UF4 los niveles freáticos se encuentran a profundidades superiores a 10 m, aunque en algunas zonas particulares pueden encontrarse a profundidades levemente inferiores. En la UF5 también es común encontrar niveles freáticos a profundidades superiores a 10 m, pero es más común encontrar zonas en las que el nivel freático está situado a profundidades inferiores a dicho valor.

Tabla 5.1-58 Niveles piezométricos de la UF4

SONDEOS UF4				
Sondeo	N	E	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
PEPA-PT-ZOD-1	606514	957154	13	3,3
PEPA-PT-TAL-1	607007	957145	15,1	no presenta
PEPA-PT-MUR-1	607742	958260	15	15
PEPA-PT-PTE-2-3	607931	958385	20	19
PEPA-PT-PTE-3-1	608115	958492	46	44
PEPA-PT-PTE-3-3	608234	958490	30	28
PEPA-PT-PTE-3-4	608293	958493	31,4	30
PEPA-PT-TAL-3	608442	958533	20	19,45
PEPA-PT-PTE-6-1	608475	958586	20,1	19
PEPA-PT-PTE-5-2	608519	958643	23,4	23
PEPA-PT-PTE-5-3	608550	958779	27,9	24
PEPA-PT-PTE-6-5	608504	958614	20,3	19
PEPA-PT-PTE-6-4	608542	958829	35,2	33,6
PEPA-PT-PTE-5-4	608518	958847	20,15	18
PEPA-PT-MUR-2A	608493	958874	20	17
PEPA-PT-ZOD-23	608853	960666	10,15	8,5
PEPA-PT-TAL-6	608832	961042	28	27
PEPA-PT-EST-1	609391	960999	13	13
PEPA-PT-TAL-8	610148	961042	20	5,9
PEPA-PT-TAL-9	610150	961062	20	14,9
PEPA-PT-ZOD-22	609433	962247	10	9,9
PEPA-PT-PTE-7-2	609529	962028	30	29,5
PEPA-PT-TAL-32	610137	962099	28	26
PEPA-PT-TAL-33	610751	962225	10	9,3
PEPA-PT-MUR-6	611000	962364	10	9,5
PEPA-PT-MUR-7	611965	963110	10	9,5
PEPA-PT-ZOD-18	611941	962657	10	8,7
PEPA-PT-TAL-34	612195	963593	18,1	17
PEPA-PT-TAL-13	612541	963672	35	33
PEPA-PT-TAL-15	613157	965003	23	17,2
PEPA-PT-ZOD-20	612906	965562	10	6,1
PEPA-PT-TAL-35	612903	965872	22,5	20,78

Fuente: (INGETEC, 2016)

Tabla 5.1-59 Niveles piezométricos de la UF5

SONDEOS UF5				
Sondeo	N	E	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
PEPA-PT-TAL-16	613817	966057	15	8,9
PEPA-PT-TAL-17	613907	966202	25,5	23,5
PEPA-PT-TAL-18	613885	966676	13	10,4
PEPA-PT-TAL-37	614097	966816	23	21,28
PEPA-PT-ZOD-11	614164	965421	16	14,35
PEPA-PT-TAL-19	614571	966297	16	12
PEPA-PT-TAL-20	615437	966906	18	9,9
PEPA-PT-TAL-21	616106	967723	15	13,5
PEPA-PT-TAL-23	616688	967994	15	6,85
PEPA-PT-BOX-1	617033	968213	13,3	5,3
PEPA-PT-TAL-24	616931	968669	17,5	0,85
PEPA-PT-TAL-25	617044	968903	16	14,4
PEPA-PT-TAL-26	618025	969987	10	7,3
PEPA-PT-TAL-27	618373	971516	10	1,2
PEPA-PT-TAL-28	618140	972651	20	18,87
PEPA-PT-TAL-29	618776	973877	16	15,29
PEPA-PT-TAL-30	619010	974404	16	no presenta
PEPA-PT-PP-1-1	619231	974504	13,35	12,5
PEPA-PT-PP-1-2	619209	974533	13,05	13
PEPA-PT-PP-2-1	621112	976409	14,09	9,5

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Puntos de Agua

Con el objeto de identificar los puntos de agua existentes en la zona de proyecto, se realizó una visita a campo entre el 23 de agosto y el 11 de septiembre del 2016. La longitud total del recorrido fue de 39 km en un ancho de 100 m a cada lado del eje. La información en campo se recopiló en formatos FUNIAS los cuales se presentan en el Anexo 5.1.8, anexo 2. (Formatos FUNIAS).

Como producto del recorrido se identificaron 14 puntos de agua a lo largo de todo el trazado de la vía los cuales fueron clasificados como manantiales, pozos o aljibes según las siguientes definiciones:

- Manantial: es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña. Pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a

cursos de agua, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener su origen en el agua de lluvia que se filtra o tener un origen ígneo.

- Pozo: Hoyo profundo que se hace en tierra, especialmente para sacar agua procedente de manantiales subterráneos.
- Aljibe: Depósito grande y generalmente bajo tierra que sirve para recoger y conservar el agua, especialmente de lluvia.

En cada uno de los puntos de agua donde fue posible, se midió el diámetro y la profundidad del mismo. Además, en los puntos identificados como pozos o aljibes se determinó el material con el que están construidos y el método de explotación para el aprovechamiento del recurso.

Se determinó también el tipo de uso de cada uno de los puntos de agua donde se encontraron principalmente los siguientes usos:

- Doméstico: Hace referencia al agua utilizada para preparar alimentos, para la limpieza de los hogares, lavado de ropa y para el higiene o aseo personal.
- Ganadería: Agua utilizada para la alimentación de los animales y en la limpieza de los establos y demás instalaciones dedicadas a la cría del ganado.
- Riego: Agua utilizada para el humedecimiento de los campos.

Los puntos de agua encontrados a lo largo del trazado de la vía, fueron clasificados según la unidad funcional a la que pertenecen. En la se observa el trazado de la vía y los puntos de agua identificados.

Debe mencionarse que algunos de puntos registrados se evidenciaron como intermitentes, dados más por forma y vegetación, pero sin la presencia de flujo de agua, otros casos, el punto de agua se hallaron fuera del Área de Influencia del proyecto, aunque su buffer de protección (100 metros) alcanzara a traslaparla. Finalmente se debe resaltar que la mayoría de puntos de agua, ya fueron afectados por la construcción de la via existente, aún de ello es necesario considerar el manejo adecuado y oportuno para su preservación.

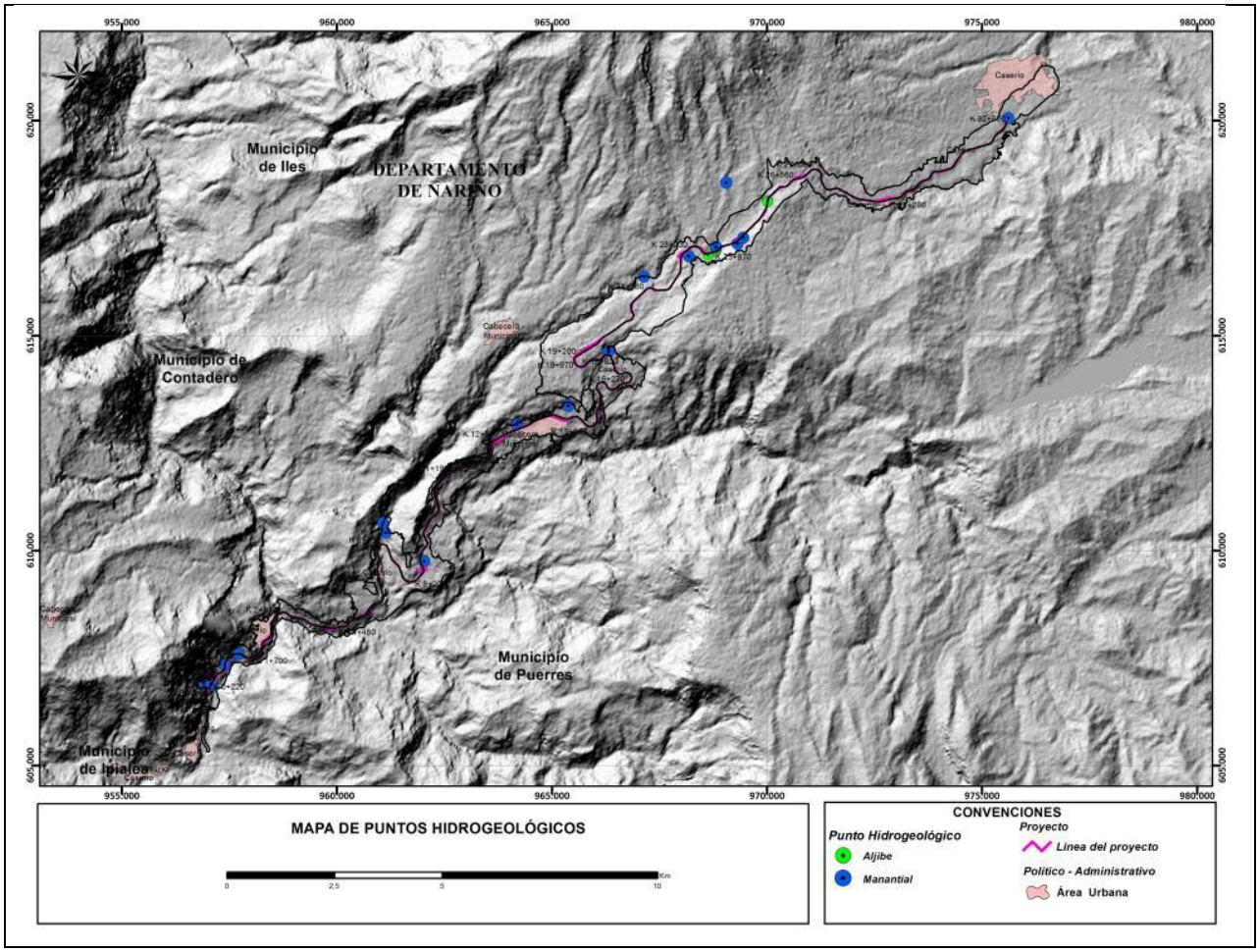


Figura 5.1.93 Puntos de agua identificados en el corredor vial Pedregal – Catambuco

Fuente: Equipo M&M

A continuación se presentan las unidades funcionales con los puntos de agua correspondientes y sus respectivas características:

– *Unidad Funcional 4*

En la unidad funcional 4 se identificaron 6 puntos de agua, todos manantiales. Dichos puntos se pueden observar en la Figura 5.1.93 Puntos de agua identificados en el corredor vial Pedregal – Catambuco con su respectiva ubicación, además en la Tabla 5.1-6056 se pueden observar los puntos de agua mencionados con sus principales características.

Tabla 5.1-60 Puntos de agua UF4

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA (msnm)	NOMBRE DEL PREDIO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TIPO DE PUNTO	TIPO DE MATERIAL / ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN	DIAMETRO (m)	PROFUNDIDAD (m)	METODO DE EXPLOTACIÒN	USO
PA-M-31	956919	606904	1887	La Lima	Israel Nandar	Manantial	Piedra	0,6		Manguera Gravedad	Doméstico e Irrigación
PA-M-32	957408	607351	1809	La Lima	Luis	Manantial	Cemento	Tanque 2.5x2		Manguera Gravedad	Doméstico
PA-M-33	957720	607590	1817	La Lima	Sobre la via	Manantial	Cemento	1.50		Gravedad	Doméstico
PA-M-34	961137	610415	2037	El tablan	Jose F Torres	Manantial	Cemento			Manguera Gravedad	Doméstico
PA-M-35	965384	613363	2545	B. Bolivar	Reynaldo	Manantial	Terreno	0.60	0.10	Manguera Gravedad	Doméstico
PA-M-36	961072	610643	2024	El placer	sin definir	Manantial	Hueco	0.50		Gravedad	Público

Fuente: (INGETEC, 2016)

A continuación se presentan algunos registros fotográficos de los puntos de agua identificados en esta unidad funcional (UF4). (Ver Fotografía 5.1.60, Fotografía 5.1.61 y Fotografía 5.1.62)

Fotografía 5.1.60 Punto de agua PA-M-31 y Punto de agua PA-M-32

Fuente: (INGETEC, 2016)

Fotografía 5.1.61 Punto de agua PA-M-33 y Punto de agua PA-M-34

Fuente: (INGETEC, 2016)

Fotografía 5.1.62 Punto de agua PA-M-35 y Punto de agua PA-M-36
Fuente: (INGETEC, 2016)

– *Unidad Funcional 5*

En la unidad funcional 5 se identificaron 8 puntos de agua de los cuales 4 son manantiales y 4 aljibes. En la tabla seguiente se pueden observar los puntos de agua mencionados con sus principales características.

Tabla 5.1-61 Puntos de agua UF5

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA (msnm)	NOMBRE DEL PREDIO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	TIPO DE PUNTO	TIPO DE MATERIAL / ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN	DIAMETRO (m)	PROFUNDIDAD (m)	METODO DE EXPLOTACIÒN	USO
PA-M-37	967146	616370	2842	sin dedinir	Comunidad	Manantial	Tanque Distribuidor 2.2x5.0	Lote		Acueducto Veredal	Irrigación
PA-M-38	968632	616880	3030	La Ladera	sin defninir	Aljibe	Brota del terreno			sin definir	Irrigación y ganadería
PA-M-39	968821	616988	3035	La victoria	Libardo Muñoz	Aljibe	Quebrado			Bocatoma	Irrigación y ganadería
PA-M-40	968818	617058	3032	Manguesa Baja	Flia Timona	Manantial	Pozo	1.70	0.20	Manguera Gravedad	Irrigación y ganadería
PA-M-41	970020	618129	3153	Manguesa Baja	Lievano Timona	Aljibe	Ninguno	1.0	0.20	Manguera Gravedad	Doméstico Irrigación y Ganadería
PA-M-42	969059	618554	3115	Manguesa Baja	Lievano Timona	Manantial	Pozo	0.80	0.15	Manguera Gravedad	Doméstico Irrigación y Ganadería
PA-M-43	966323	614624	2716	La Joya	Doris Santacruz	Manantial	Hueco Abierto	1.00	0.40	Baldeo	Doméstico
PA-A-09	970017	618118	3155	La Joya	Doris Santacruz	Aljibe	Piedra	1.0	2.0	Baldeo	Doméstico y gnadería

Fuente: (INGETEC, 2016)

A continuación se presentan algunos registros fotográficos de los puntos de agua identificados en esta unidad funcional (UF5). (Ver Fotografía 5.1.63, Fotografía 5.1.64, Fotografía 5.1.65 y Fotografía 5.1.66).

Fotografía 5.1.63 Punto de agua PA-M-37 y Punto de agua PA-M-38

Fuente: (INGETEC, 2016)

Fotografía 5.1.64 Punto de agua PA-M-39 y Punto de agua PA-M-40

Fuente: (INGETEC, 2016)

Fotografía 5.1.65 Punto de agua PA-M-41 y Punto de agua PA-M-42

Fuente: (INGETEC, 2016)

Fotografía 5.1.66 Punto de agua PA-M-43 y Punto de agua PA-A-09
Fuente: (INGETEC, 2016)

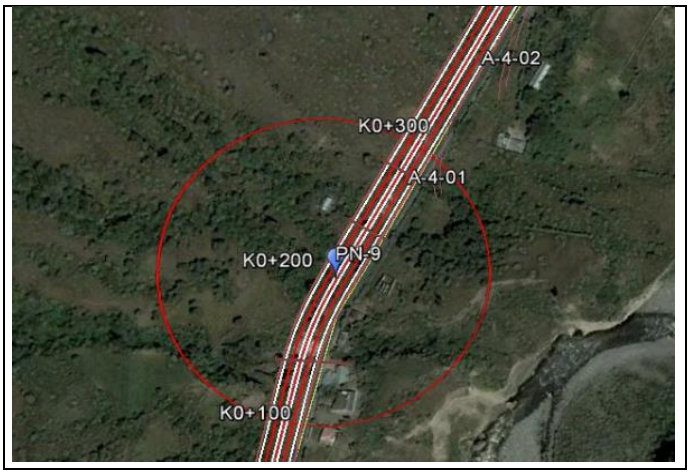
Ahora bien, en el marco del proceso de evaluación continua de la información, recorridos de campo y charlas con los habitantes de la región se lograron identificar nuevos sitios que posiblemente corresponden a afloramientos de agua subterránea. Los cuales se presentan a continuación con sus características generales e interaccion con el proyecto, y que como los anteriores serán objeto de control, manejo y protección en concordancia que puedan ser afectados por el proyecto.

- Posible nacimiento de agua PK 0+200

Este nacimiento de agua se ubica sobre el diseño de la calzada del proyecto, en la coordenada X 957067,88 – Y 606866,83, el agua es usada para fines agrícolas por el propietario del perdió. Fotografía 5.1.67

Fotografía 5.1.68 Nacimiento de agua PK 0+200
COORDENADA: X 957067,88 – Y 606866,83
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

En la Figura 5.1.95 se puede observar la ubicación del nacimiento de agua en relación en relación al proyecto, así como la ronda de protección de 100 metros (circulo de color rojo).



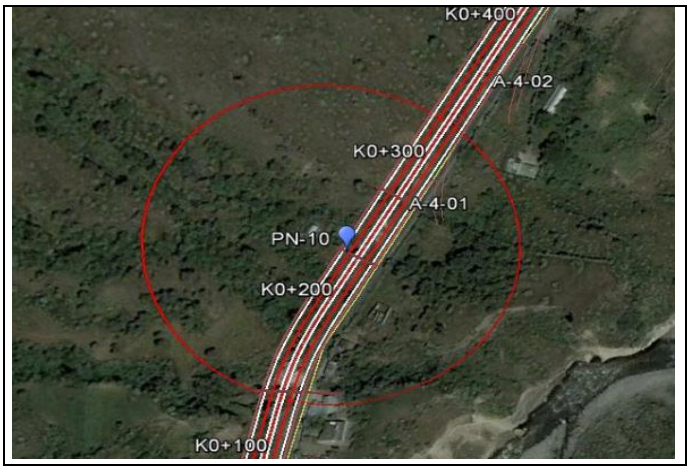
Fotografía 5.1.69 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 0+260

Este nacimiento de agua se ubica sobre el diseño de la calzada del proyecto, en la coordenada X 957081.68 – Y 606901.33, el agua es usada para fines agrícolas por el propietario del perdió. Fotografía 5.1.70

Fotografía 5.1.71 Nacimiento de agua PK 0+260
COORDENADA: X 957081.68 – Y 606901.33
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

En la **Error! Reference source not found.** se puede observar la ubicación del nacimiento de agua en relación en relación al proyecto, así como la ronda de protección de 100 metros (circulo de color rojo).



Fotografía 5.1.72 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 8+860

Este nacimiento de agua se ubica a 86 metros del borde de la vía proyectada, sobre el costado derecho, en la coordenada X 962032 – Y 609756, el agua es usada para fines agrícolas por el propietario del perdió. Fotografía 5.1.73.

Fotografía 5.1.74 Nacimiento de agua PK 8+860
COORDENADA: X 962032 – Y 609756
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

En la Figura 5.1.94 se puede observar la ubicación del nacimiento de agua en relación en relación al proyecto, así como la ronda de protección de 100 metros (circulo de color rojo).

Figura 5.1.94 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 13+300

Este nacimiento de agua se ubica a 100 metros del borde de la vía proyectada, sobre el costado izquierdo, en la coordenada X 964199 – Y 612936, el agua es usada para fines

agrícolas y domésticos por el propietario del perdió.

En la Figura 5.1.95 se muestra el buffer de protección de 100 metros del nacimiento de agua en relación al diseño del proyecto, donde se observa que el diseño de la calzada de la vía esta por fuera del buffer de protección, sin embargo el área de intervención se encuentra dentro de los 100 metros.

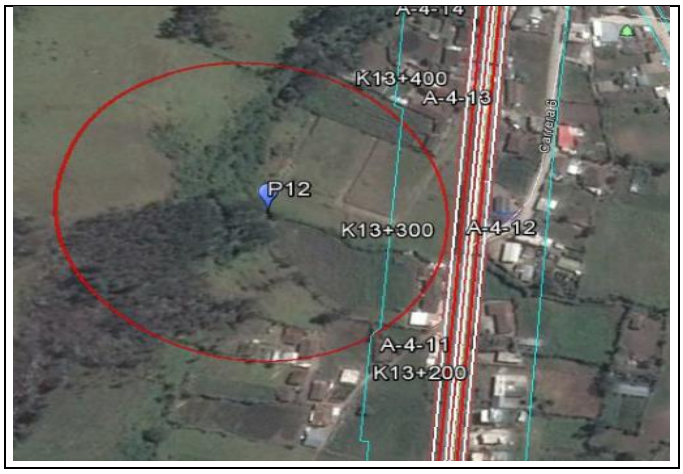


Figura 5.1.95 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 23+200

Este nacimiento de agua se ubica a 130 metros del borde de la vía proyectada, sobre el costado derecho, en la coordenada X 968189.01 – Y 616846.68, el agua es usada para fines agrícolas y domésticos por el propietario del perdió. Fotografía 5.1.75

Fotografía 5.1.76 Nacimiento de agua PK 23+200
COORDENADA: X 968189.01 – Y 616846.68
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

En la Figura 5.1.96 se muestra el buffer de protección de 100 metros del nacimiento de agua en relación al diseño del proyecto, donde se observa que el diseño de la calzada de la vía esta por fuera del buffer de protección, sin embargo el área de intervención se encuentra dentro de los 100 metros.

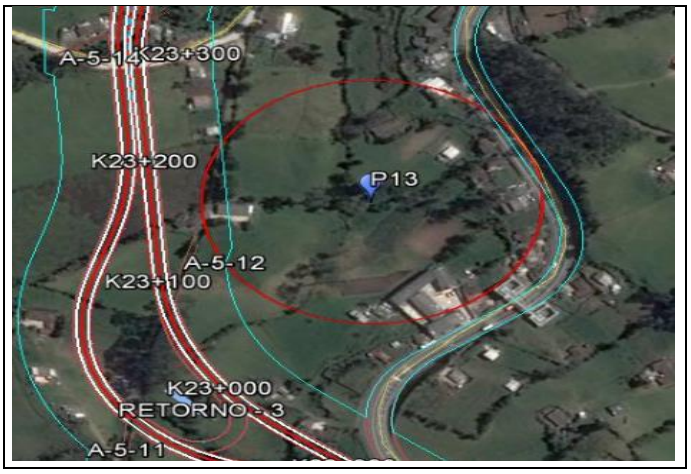


Figura 5.1.96 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 24+520

Este nacimiento de agua se ubica a 38 metros del borde de la vía proyectada, sobre el costado derecho, en la coordenada X 969316 – Y 617141, el agua es usada para fines

domésticos y pecuarios por el propietario del perdió. Cabe aclarar que este nacimiento es de tipo intermitente, razón por la cual la presencia de agua en el sitio no es constante.

En la Figura 5.1.97 se puede observar la ubicación del nacimiento de agua en relación al proyecto, así como la ronda de protección de 100 metros (circulo de color rojo).

Figura 5.1.97 Buffer de 100 m nacimiento de agua

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 24+700

Este nacimiento de agua se ubica a 35 metros del borde de la vía proyectada, sobre el costado derecho, en la coordenada X 969452 – Y 617274, el agua es usada para fines agropecuarios por el propietario del perdió. Cabe aclarar que este nacimiento es de tipo intermitente, razón por la cual la presencia de agua no es constante.

En la se puede observar la ubicación del nacimiento de agua en relación al proyecto, así como la ronda de protección de 100 metros (circulo de color rojo).

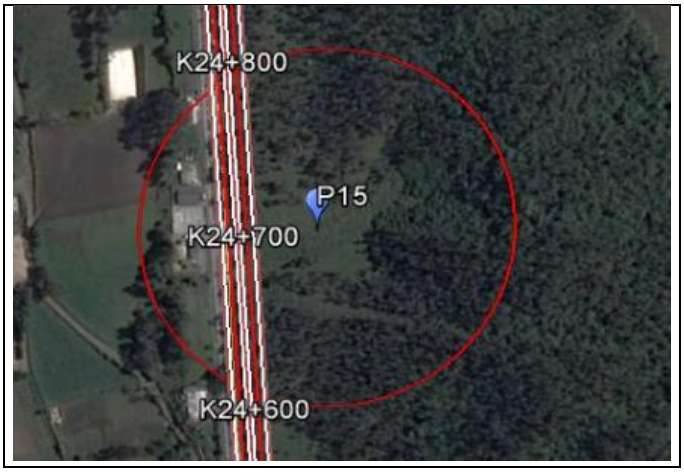


Figura 5.1.98 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Posible nacimiento de agua PK 32+800

Este nacimiento de agua se ubica a 125 metros de la sección final de la vía proyectada, en la coordenada X 975608 – Y 620056, el agua es usada para fines domésticos.

En la **Error! Reference source not found.** se muestra el buffer de protección de 100 metros del nacimiento de agua en relación al diseño del proyecto, donde se observa que el diseño de la calzada de la vía esta por fuera del buffer de protección, sin embargo el área de intervención se encuentra dentro de los 100 metros.

Figura 5.1.99 Buffer de 100 m nacimiento de agua
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Estudio Geoeléctrico

Dentro de los métodos geofísicos, la geoeléctrica es la de mayor aplicación para el estudio del subsuelo en la exploración y evaluación de zona acuíferas debido a sus bajos costos, su relativa facilidad de aplicación, y la posibilidad de correlación de sus resultados (valores de resistividad) con el grado de saturación de las rocas, cambios litológicos y con la calidad del agua (de salobre a dulce), lo cual permite la discriminación de capas geológicas permeables e impermeables, saturadas y no saturadas.

Para el estudio Hidrogeológico conceptual del proyecto vial Pedregal – Pasto se ejecutó en total 8 sondeos eléctricos verticales (SEV) de 50 metros de profundidad, cuatros SEV's por unidad funcional.

– *Metodología sondeos eléctricos verticales (SEV)*

La metodología aplicada en los SEV comprende básicamente la adquisición de datos en campo, el procesamiento de la información y la interpretación de los datos.

La adquisición de los datos en los SEV ejecutados para este proyecto, se realizó con un medidor de resistividad marca Allied Associates, con sus respectivos electrodos y cables para corriente y potencial.

Fotografía 5.1.77 Equipo medidor de resistencia Allied Associates
Fuente: (INGETEC, 2016)

– *Especificaciones técnicas de los sondeos eléctricos verticales (SEV)*

Un SEV se efectúa mediante la disposición de cuatro electrodos (Puntos A, B, M y N) colocados sobre una superficie en línea recta, de forma simétrica con respecto a un punto central.

A través de los electrodos exteriores (A y B) se pasa una corriente eléctrica por el subsuelo, y esto produce una caída de potencial entre los 2 electrodos interiores. Para iniciar el sondeo, se colocan los electrodos de corriente a una distancia media (AB/2) de 1.5 metros y los electrodos de potencial a una distancia media de 0.5 metros (MN/2). En la distribución Schlumberger, implementada en esta investigación, en cada sondeo se hace una serie de medidas aumentando, cada vez, la distancia AB. La distancia entre los electrodos de potencial (M y N) se amplía cuando la caída de potencial disminuye de tal manera que se dificulte su lectura.

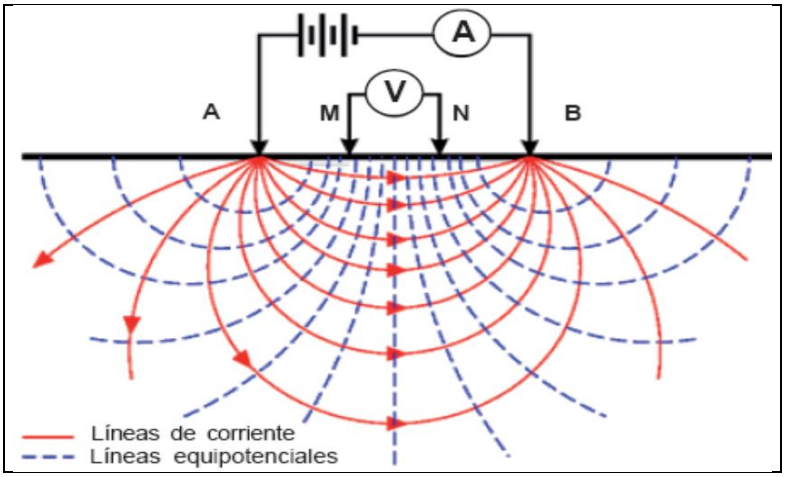


Figura 5.1.100 Esquema de un sondeo eléctrico vertical SEV o sondeo geoeléctrico

Fuente: Modificado por INGETEC, 2016

– *Interpretación de los sondeos eléctricos verticales*

Para el modelo Hidrogeológico Conceptual del proyecto vial Rumichaca – Pasto, se ejecutaron 8 sondeos eléctricos verticales (SEV) con tendidos entre 200 y 250 m y distribuidos en las unidades funcionales 4 y 5, lo cual permite obtener información de las resistividades hasta 50 m de profundidad. (Ver anexo 5.1.8, anexo 3. Mapa geológico).

El procedimiento que se aplica es el de comparar las resistividades determinadas para cada capa con las curvas teóricas establecidas para diferentes tipo de material. Este procedimiento se realiza de forma manual cuando en el análisis existen 3 o 4 capas. (Ver **Error! Reference source not found.**, Figura 5.1.104).

Tabla 5.1-62 Coordenadas sondeos eléctricos verticales

UF	SEV	COORDENADAS	
		NORTE	ESTE
4	UF4-SEV1	607161,0	957309,0

UF	SEV	COORDENADAS	
		NORTE	ESTE
	UF4-SEV2	610090,0	961069,0
	UF4-SEV3	611919,2	962928,8
	UF4-SEV4	613126,0	965610,0
5	UF5-SEV1	613734,0	966067,0
	UF5-SEV2	616923,5	969043,0
	UF5-SEV3	618385,0	971496,0
	UF5-SEV4	619242,0	974410,0

Fuente: (INGETEC, 2016)

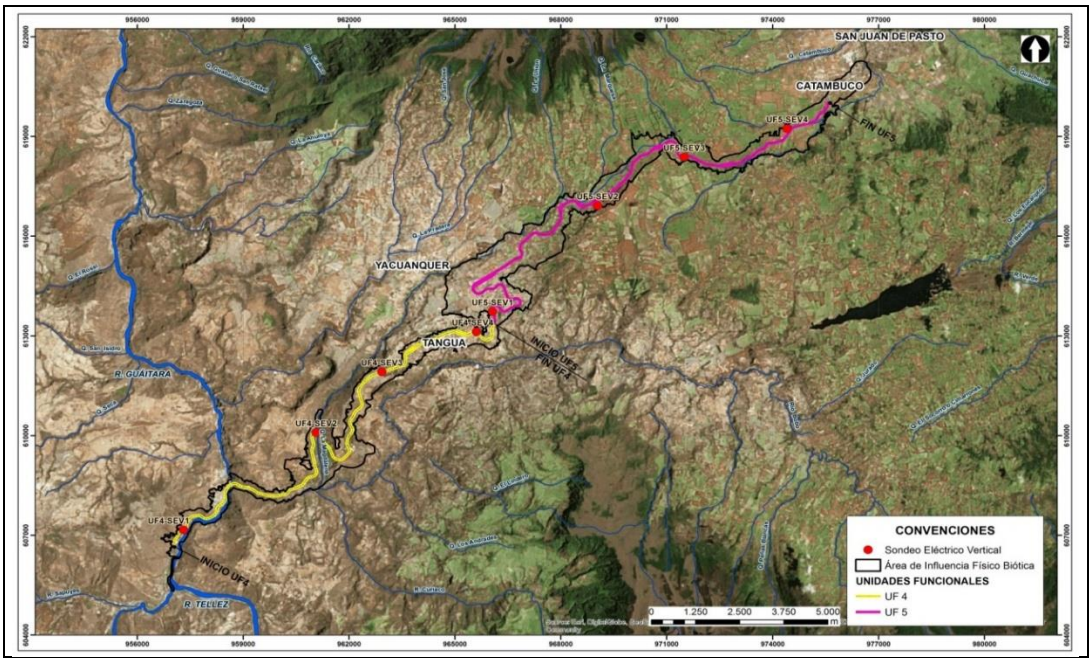


Figura 5.1.101 Localización de los SEV's ejecutados en la UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

A continuación se presentan los resultados para cada uno de los SEV's ejecutados para este proyecto.

- Unidad Funcional 4

En los SEV2-UF4, SEV3-UF4 y –SEV4-UF4 se observan resistividades bajas entre los 5.0 m y 10.0 m con valores entre 40 y 60 Ohm. En el UF4-SEV1 la caída de la resistividad se da a partir de los 25 m de profundidad con valores de 10 Ohm (color azul) (Figura 5.1.102105 y Figura 5.1.103).

La litología referente al SEV1-UF4 está conformada por fragmentos angulosos mal seleccionados de andesitas, traquitas, embebidos en matriz vítrea, se presentan algunos niveles de cenizas finas de la unidad de Flujos de Cenizas y Pumitas (TQvf); los SEV2-UF4

y SEV3-UF4 es de aglomerado volcánico, embebidos en matriz areno limosa compuesta por plagioclasa y líticos de roca volcánica de la Unidas Sedimentario volcánica La Magdalena (TQsv); el –SEV5-UF4 se ejecutó en la Unidad de Lahares y Piroclastos (TQvlp).

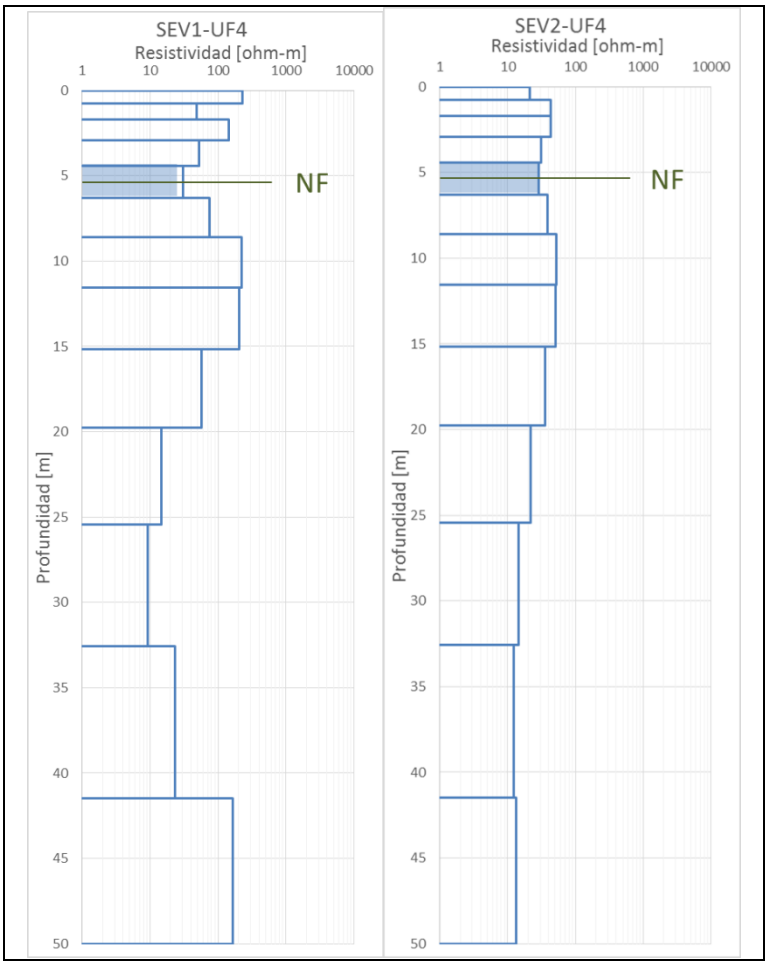


Figura 5.1.102 Resultados SEV´s 1 y 2 Unidad Funcional 4

Fuente: (INGETEC, 2016)

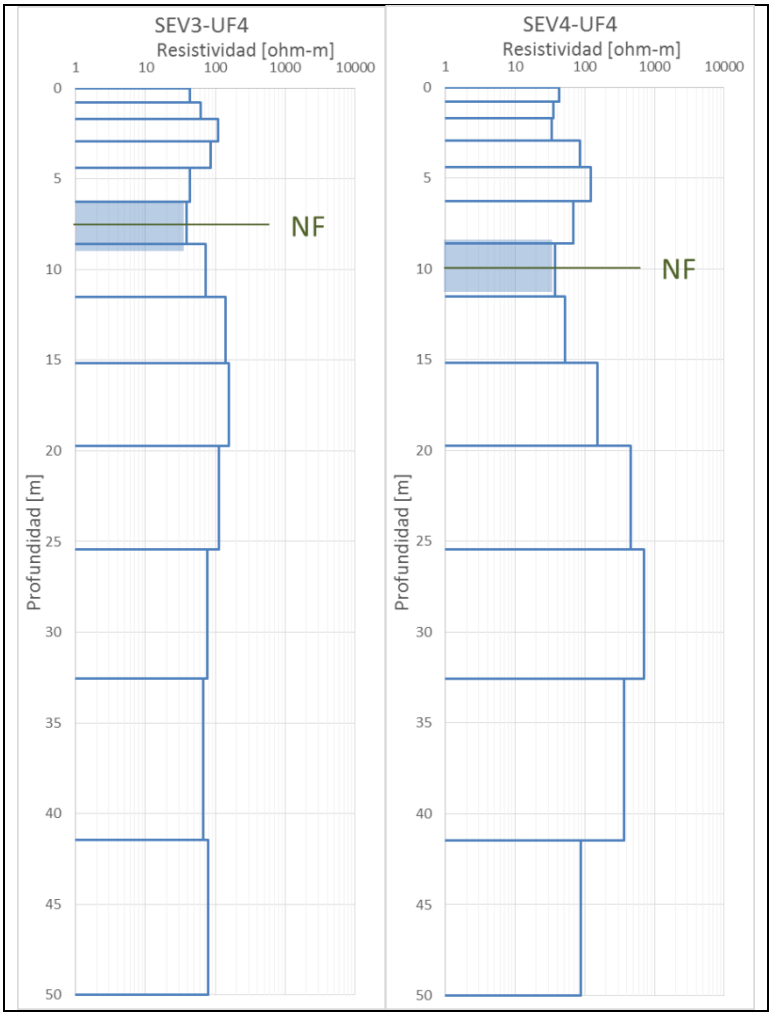


Figura 5.1.103 Resultados SEV´s 3 y 4 Unidad Funcional 4

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Unidad Funcional 5

En los SEV1-UF5, SEV3-UF5 la caída de la resistividad se da entre los 5.0m y 8.0 m con valores entre 50 y 80 Ohm; en el SEV2-UF5 las resistividades más bajas se presenta a partir de los 25 m y 33 m de profundidad con valores de 80 Ohm que indican la presencia de una zona permeable saturada (color azul) (Ver Figura 5.1.104 y Figura 5.1.105). El SEV2-UF5 no reporta zonas saturadas.

La litología que se reconoce para el SEV1-UF5 es de flujos laháricos y flujos piroclásticos de la Unidad (TQvlp); en el SEV2-UF5 la litología está conformada por cenizas de composición andesítica que cubren andesitas porfiriticas poco diaclasadas, de color gris con fenocristales de plagioclasa en matriz microcristalina de la Unidad de Lavas y Cenizas (TQvlc); el UF5-SEV3 presenta cenizas de lapilli de 4m de espesor, meteorizadas de

composición andesítica con minerales de plagioclasa y ferromagnesianos en menor proporción de la Unidad de Lluvias de Cenizas (Qvc). En el UF5-SEV4 se presentan cenizas finas de afinidad andesítica de la unidad de Flujos de cenizas y pumitas (TQvf).

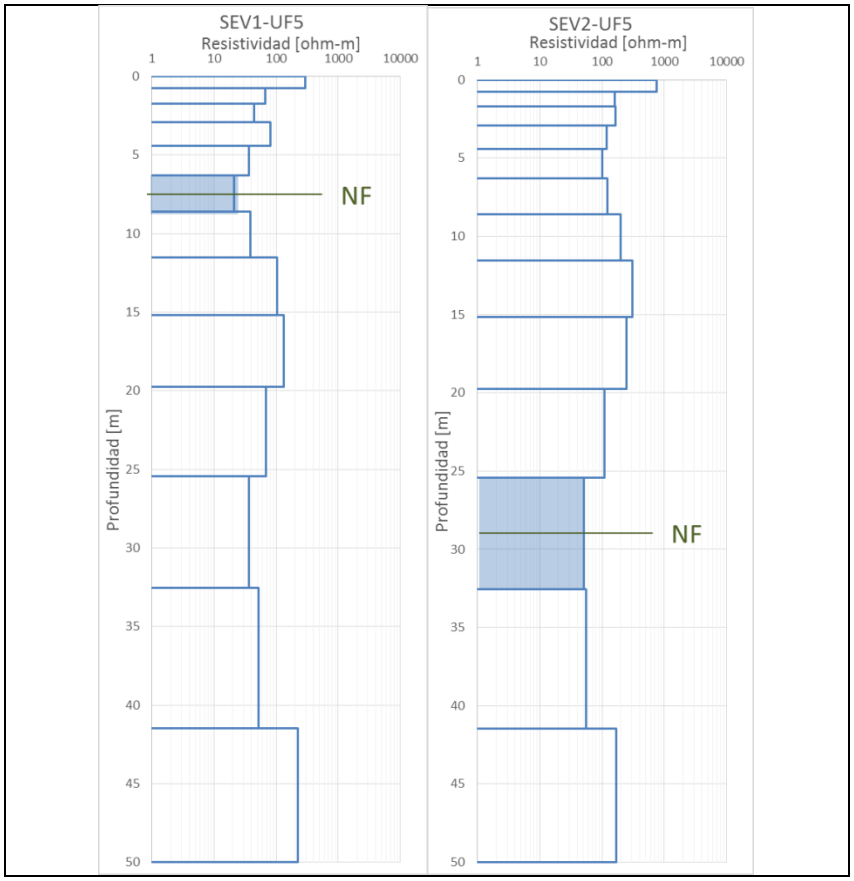


Figura 5.1.104 Resultados SEV´s 1 y 2 Unidad Funcional 5

Fuente: (INGETEC, 2016)

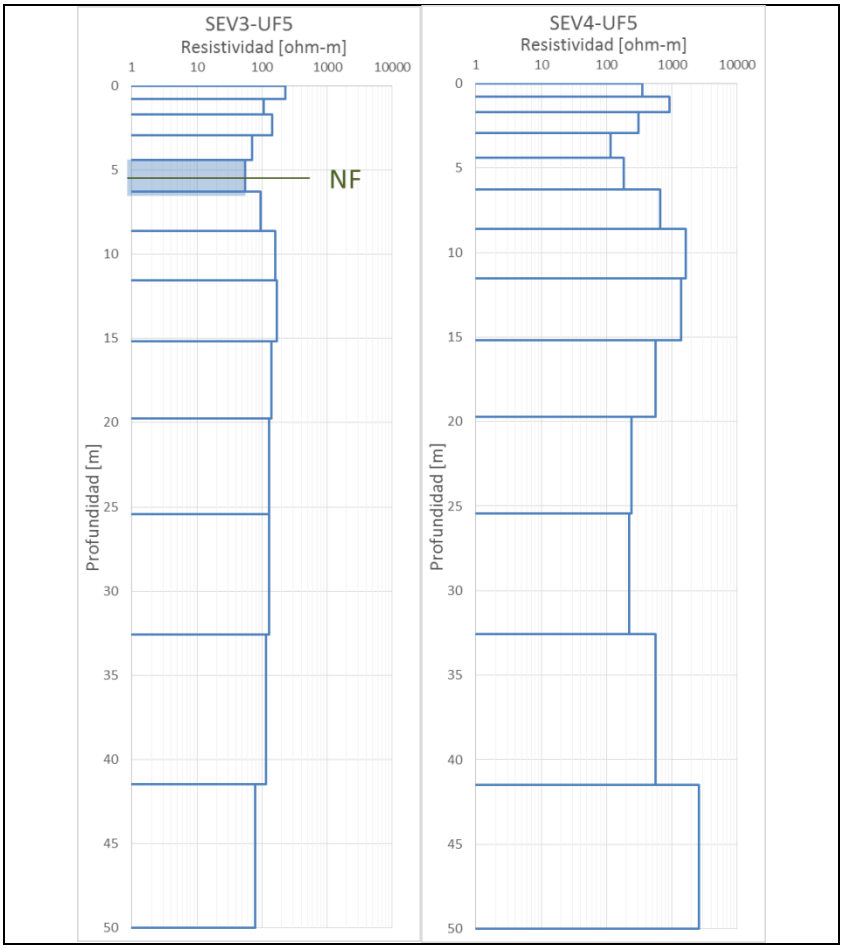


Figura 5.1.105 Resultados SEV´s 3 y 4 Unidad Funcional 5

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Hidrogeoquímica

Basado en el inventario de puntos de agua subterránea descrito en el numeral 5.1.8.2, se definió la campaña de muestreo de aguas subterráneas.

Los criterios establecidos para la definición de los sitios de muestreo corresponden a representatividad en las unidades funcionales, en las unidades geológicas, cercanía a sitios de obras, usos identificados y número de usuario, quedando seleccionados para la UF4 y UF5 los sitios presentados en la
Tabla 5.1-63.

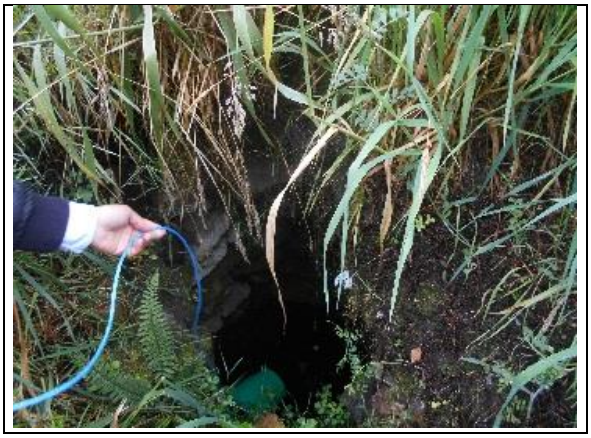
Tabla 5.1-63 Sitios seleccionados para toma de muestras de agua subterránea UF4 y UF5

UF	PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	NOMBRE DEL PREDIO	TIPO DE PUNTO	TIPO DE MATERIAL	USO
UF4	PA-M-32	957408	607351	1809	La Lima	Manantial	Cemento	Doméstico
UF5	PA-M-38	968632	616880	3030	La Ladera	Aljibe	Brota del terreno	Irrigación y ganadería
	PA-A-09	970017	618118	3155	La Joya	Aljibe	Piedra	Doméstico y ganadería

Fuente: (INGETEC, 2016)

– *Calidad del agua*

Se realizó la campaña de muestreo el día 28 de septiembre de 2016. La toma de muestras para análisis de laboratorio, análisis in situ, preservación y transporte se realizó por personal técnico del laboratorio de calidad de agua acreditado para muestreo simple, compuesto e integrado (Ambienciq Ingenieros S.A.S.). En el Anexo 5.1.8, anexo 1. Calidad de aguas, se presenta resolución de acreditación del laboratorio, certificados de calibración de los equipos, formatos de campo y resultados. Se realizó caracterización de agua subterránea en tres puntos para las unidades funcionales UF 4 y UF 5. (Ver Fotografía 5.1.784)



Fotografía 5.1.78 Toma de muestra PA-A-09 Unidad Funcional 5

Fuente: (INGETEC, 2016)

En la Figura 5.1.106 se presenta la localización de los sitios de muestreo.

Figura 5.1.106 Localización sitios de muestreo calidad de agua subterránea UF4 y UF5
Fuente: (INGETEC, 2016)

- Resultados

Los parámetros muestreados corresponden a los establecidos en la Tabla 5 de la Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015, bajo los títulos "Componente agua" y los específicos para la interpretación de análisis hidroquímicos. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 5.1-64

Tabla 5.1-64 Resultados calidad de agua subterránea UF4 y UF5

Parámetro	Unidad	Límite de cuantificación	UF4	UF5	
			PA-M-32	**PA-M-38**	**PA-A-09**
Conductividad a 25°C	µS/cm	0,1	208	149	144,5
pH a 25°C	unidades	0,01	6,99	6,04	7,26
Temperatura	°C	0,1	21,1	13,7	10,5
Oxígeno Disuelto	mg/L	0,01	6,86	5,14	5,58
Color	UPC	5	<5	9	<5
Turbiedad	UNT	0,01	1,6	55	1,7
Acidez a pH 8,3	mg/L	9,99	15	20	15
Alcalinidad a pH 4,5	mg/L	3,77	92	52	29

Parámetro	Unidad	Límite de cuantificación	UF4	UF5	
			PA-M-32	**PA-M-38**	**PA-A-09**
Bicarbonatos	mg/L	NE	87	51	27
Cloruros	mg/L	5	<5	<5	14
Dureza cálcica	mg/L	12	31	36	30
Dureza total	mg/L	5	163	64	89
DQO	mg/L	15	<15	<15	<15
DBO	mg/L	3	3	5	7
Aceites y Grasas	mg/L	0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Fenoles Totales	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrógeno Total	mg/L	0,5	2,3	2,3	2,3
Fósforo total	mg/L	0,05	0,27	0,3	0,25
Sulfatos	mg/L	3	12	11	11
Sólidos suspendidos totales	mg/L	6	8	122	<6
Sólidos disueltos totales	mg/L	10	151	140	88
Sólidos sedimentables	mL/L-h	0,1	0,1	1,5	0,3
Arsénico	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Bario	mg/L	0,4	<0,4	0,4	<0,4
Cadmio	mg/L	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Calcio	mg/L	0,1	1,99	1,51	3,5
Cobre	mg/L	0,1	<0,10	<0,10	<0,10
Cromo	mg/L	0,1	<0,10	<0,10	<0,10
Magnesio	mg/L	0,01	10,1	5,15	2,85
Mercurio	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Níquel	mg/L	0,1	<0,10	<0,10	<0,10
Plata	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Plomo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Potasio	mg/L	0,05	3,7	3,08	4,88
Selenio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sodio	mg/L	0,05	14,33	11,65	16,85
Zinc	mg/L	0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1	<1,0	200	100

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Análisis de resultados

Dentro de los parámetros in situ se destaca la temperatura, con valores oscilantes entre

10 y 21°C, concordantes con las condiciones climáticas de la zona. La menor temperatura se presenta en el aljibe PA-A-09 el cual se encuentra localizado en zona de páramo (3155 msnm). El PA-M-38 registró una temperatura de 13,7°C manantial ubicado a 3030 msnm y el manantial identificado como PA-M-32 ubicado en la cota 1809 msnm, reportó una temperatura de 21 °C.

El término pH es una forma de expresar la concentración del ión hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ión hidrógeno. De acuerdo con los valores obtenidos en el muestreo en la zona de estudio se registraron valores de pH entre 6,04 y 6,99 para los manantiales y de 7,26 unidades en el aljibe con tendencia a la basicidad. (Ver Figura 5.1.107).

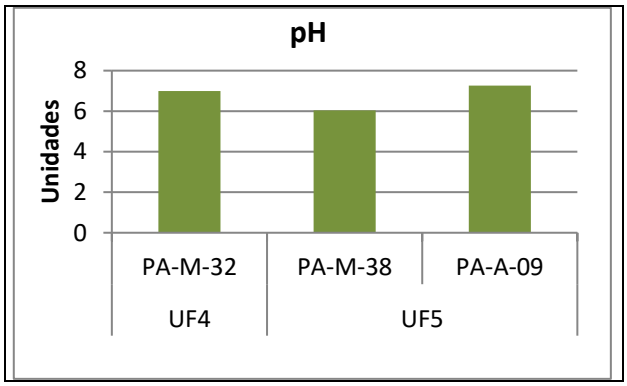


Figura 5.1.107 Datos pH UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

El grado de alcalinidad de las aguas se determina de la siguiente manera:

Alcalinidad baja: < 50 mg $CaCO_3$/l
Alcalinidad media: 50 – 150 mg $CaCO_3$/l
Alcalinidad alta: > 150 mg $CaCO_3$/l

La alcalinidad en los cuerpos de agua se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sin embargo, no presenta por sí misma, efectos nocivos para el consumidor. De los resultados obtenidos se concluye que el aljibe muestreado en la UF5, identificado como PA-A-09 presenta alcalinidad baja y los dos manantiales PA-M-32 (UF4) y PA-M-38 (UF5) reportan alcalinidad media. Respecto a la acidez, los tres cuerpos de agua subterránea presentan valores similares (entre 15 y 20 mg/l) (Ver Figura 5.1.108).

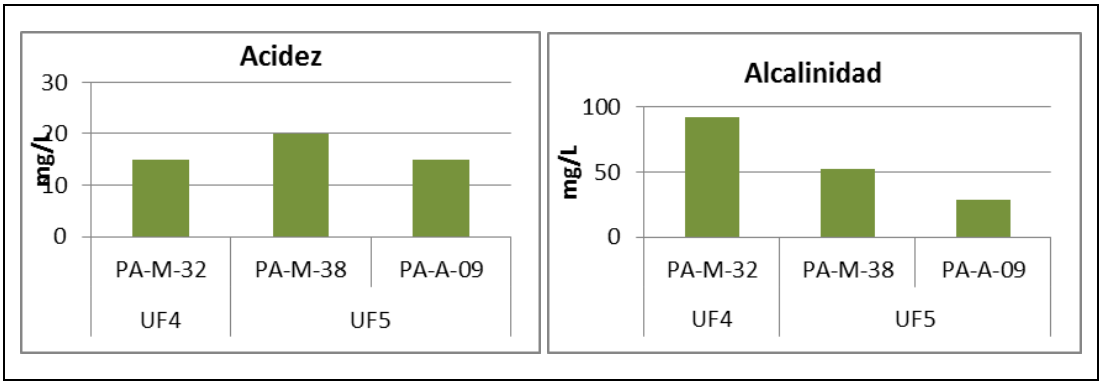


Figura 5.1.108 Acidez y Alcalinidad UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

El oxígeno disuelto en los tres sitios muestreados presenta concentraciones entre 5,1 y 6,8 mg/L, considerando que existe contacto con el aire de la atmósfera (Ver Figura 5.1.1091).

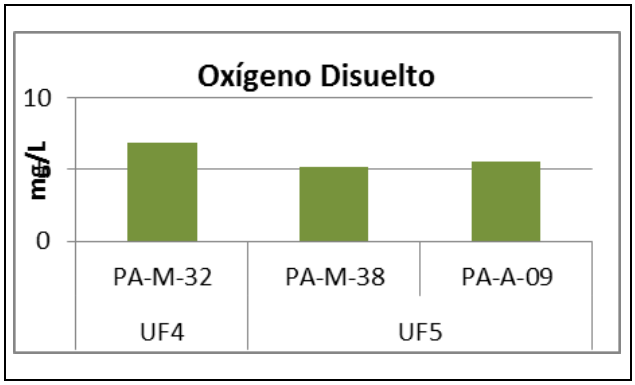


Figura 5.1.109 Oxígeno Disuelto UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

La DQO en aguas subterráneas varía desde 1 a 15 mg/L, rango dentro del cual se encuentran los valores reportados en los tres cuerpos de agua muestreados para la UF 4 y UF5. La demanda bioquímica de oxígeno reportó concentraciones mayores en el aljibe identificado como PA-A-09 a 1 mg/L, asociada a la cantidad de oxígeno para eliminar por procesos biológicos aerobios, la materia orgánica contenida en un agua (Ver Figura 5.1.110).

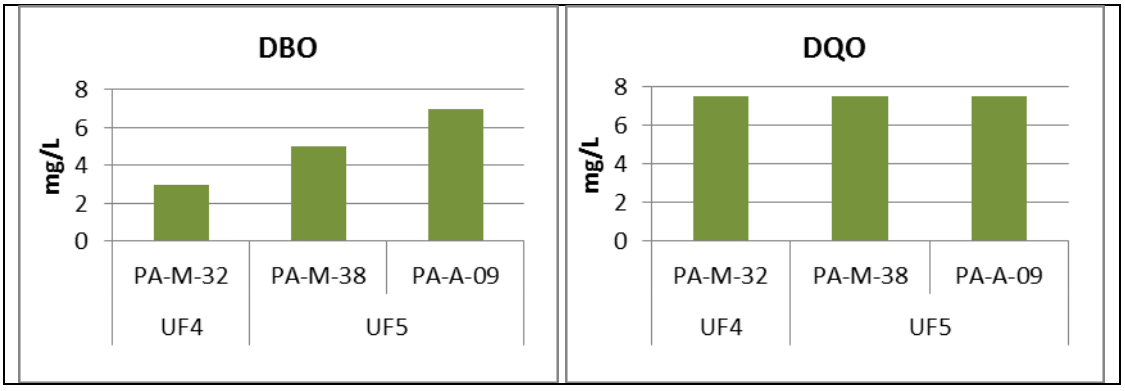


Figura 5.1.110 Resultados DBO – DQO UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua. Como se observa en la Figura 5.1.111, el comportamiento de la conductividad presenta similitud con el comportamiento de los sólidos disueltos, obteniendo mayores valores en el manantial ubicado en la UF4 identificado como PA-M-32 y menores valores en el aljibe de la UF5 identificado como PA-A-09.

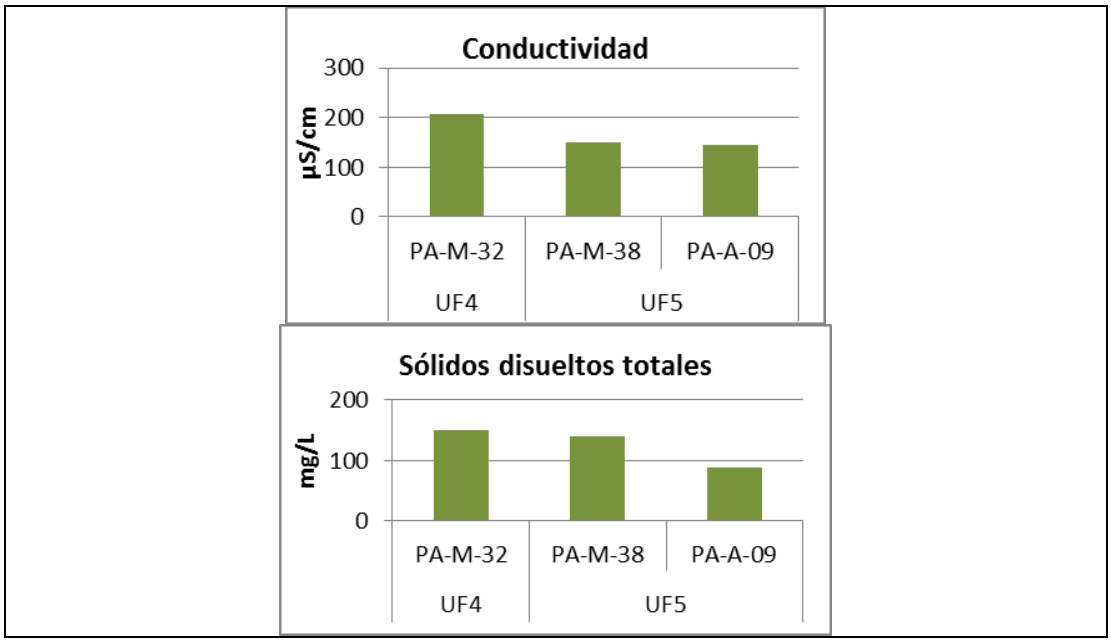


Figura 5.1.111 Resultados Conductividad y Solidos disueltos totales UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

Los iones disueltos en aguas subterráneas mayoritarios corresponden a cloruros, bicarbonatos, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio. Como se observa en la Figura

5.1.112, los cloruros en las aguas subterráneas muestreadas de la UF4 y UF5, reportan concentraciones bajas (14 mg/l en el aljibe PA-A-09) y concentraciones por debajo del límite de detección (<5 mg/l) en los dos manantiales.
El ión sulfato procede del lavado de terrenos formados en ambiente marino, de la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias, de la descomposición de substancias orgánicas. Etc. Sin embargo, la disolución de yeso (CaS0, 2H20) y anhidrita (CaSO) y otros tipos de sulfatos dispersos en el terreno, representa frecuentemente el aporte cuantitativamente más significativo de este ión a las aguas subterráneas. Los dos manantiales y el aljibe muestreado, reportan concentraciones bajas de sulfatos (11 y 12 mg/L)

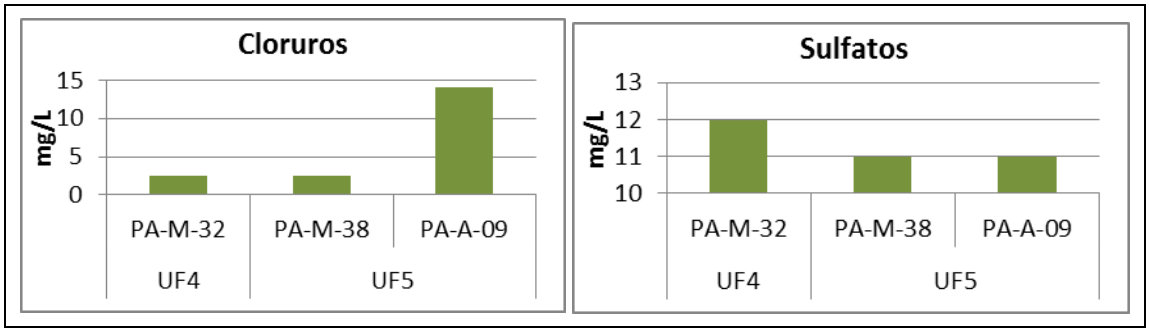


Figura 5.1.1124 Resultados Cloruros y Sulfatos UF4 y UF5
Fuente: (INGETEC, 2016)

El ión calcio, suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. El ión magnesio procede de la disolución de rocas carbonatadas (dolomías y calizas magnesianas), evaporitas y de la alteración de silicatos ferromagnesianos. Para los tres cuerpos de agua muestreados, se evidencia mayores concentraciones de magnesio frente al calcio (Ver Figura 5.1.113).

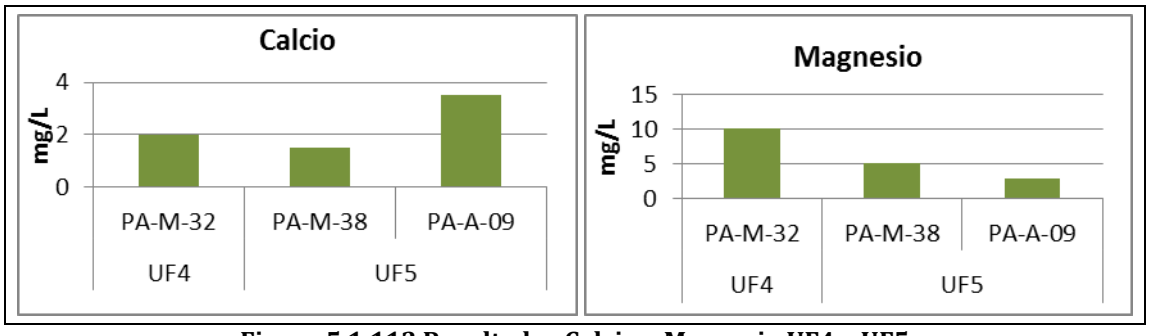


Figura 5.1.113 Resultados Calcio y Magnesio UF4 y UF5
Fuente: (INGETEC, 2016)

El sodio es un metal muy activo, que no existe libre en la naturaleza. Todas las sales de sodio son muy solubles en agua, por lo que es muy común hallar aguas con sodio. En los tres cuerpos de agua muestreados se reportaron concentraciones que oscilan entre 11,6 mg/L y 16,8 mg/l.

Ión potasio procede de la meteorización de los feldespatos y ocasionalmente de la solubilización de depósitos de evaporitas, en particular de sales tipo silvina (KCl) o carnalita (KCl MgCl2). El potasio tiende a ser fijado irreversiblemente en procesos de formación de arcillas y de adsorción en la superficie de minerales con alta capacidad de intercambio iónico. En aguas subterráneas no suele sobrepasar los 10 mg/l, acorde con los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo realizada en los tres cuerpos de agua de la UF4 y UF5 (Ver Figura 5.1.114).

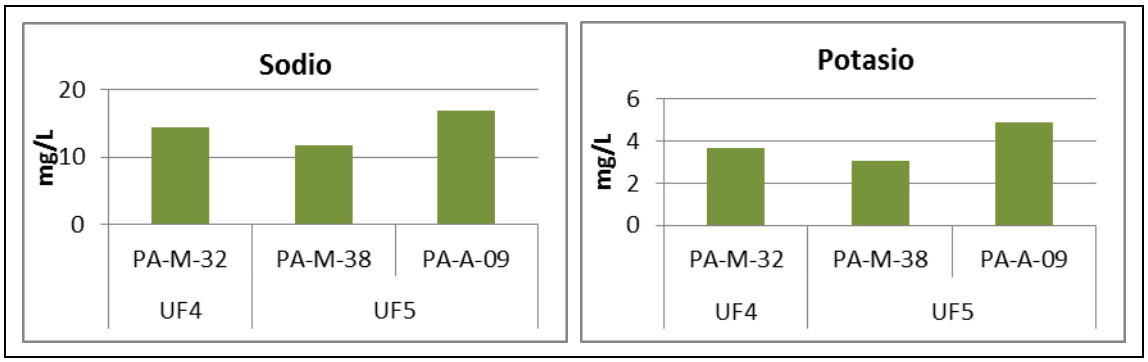


Figura 5.1.1146 Resultados Sodio y Potasio UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

El fósforo hace parte de un constituyente minoritario de las aguas subterráneas se encuentra en concentraciones menores considerando su tendencia a formar iones complejos y compuestos de baja solubilidad con un extenso número de metales y por ser adsorbido por sedimentos hidrolizados, especialmente minerales de la arcilla, en el suelo. Las concentraciones se encuentran entre 0,25 y 0,3 mg/L para los tres sitios muestreados.

El nitrógeno total es la medida de todas las varias formas de nitrógeno que se encuentran en una muestra. Los dos manantiales y el aljibe reportaron una concentración baja correspondiente a 2,3 mg/L (Ver Figura 5.1.115).

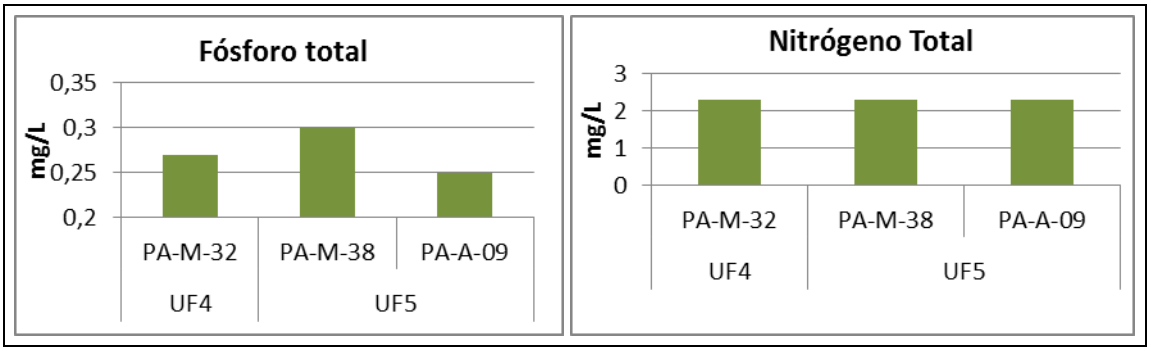


Figura 5.1.115 Resultados de Fosforo y Nitrógeno Total UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

En términos de dureza, las aguas pueden clasificarse así:

0 – 75 mg/L	Blanda
75 – 150 mg/L	Moderadamente Blanda
150 – 300 mg/L	Dura
>300 mg/L	Muy Dura

Teniendo en cuenta lo anterior, el manantial identificado como PA-M-38 se clasifica como agua blanda, con una concentración de 64 mg/L $CaCO_3$, el Aljibe identificado como PA-A-09 se clasifica como agua moderadamente blanda con una concentración de 89 mg/L $CaCO_3$ y el manantial identificado como PA-M-32 se clasifica como agua dura con una concentración de 163 mg/L $CaCO_3$ (Ver Figura 5.1.116).

Los valores obtenidos de dureza se consideran concordantes con las concentraciones de calcio y magnesio obtenidas en los tres cuerpos de agua monitoreados.

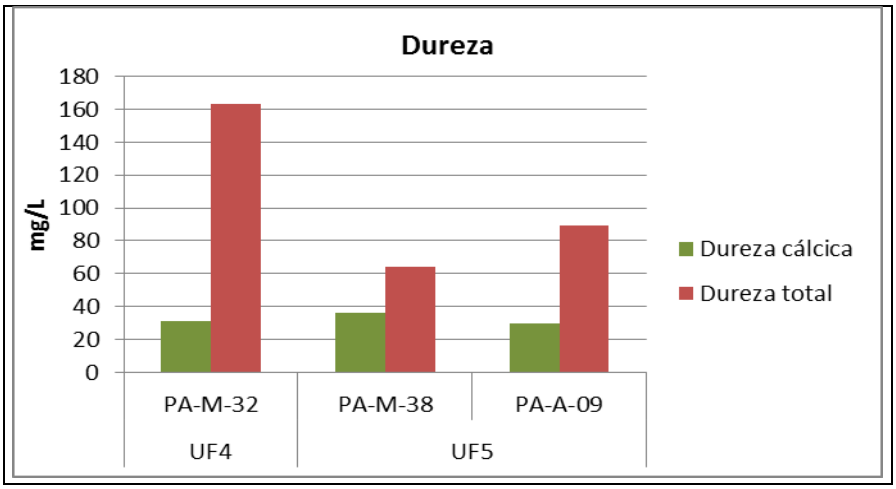


Figura 5.1.116 Resultados Dureza cálcica y total UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-negativas, no formadoras de esporas. Los coliformes no solamente provienen de los excrementos humanos sino también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo; por tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes.

Como se observa en la Figura 5.1.117, la cantidad de coliformes fecales representa menos del 1% de los coliformes totales, por lo que se infiere que el aporte de coliformes en los tres sitios de muestreo tiene un origen predominante por el suelo.

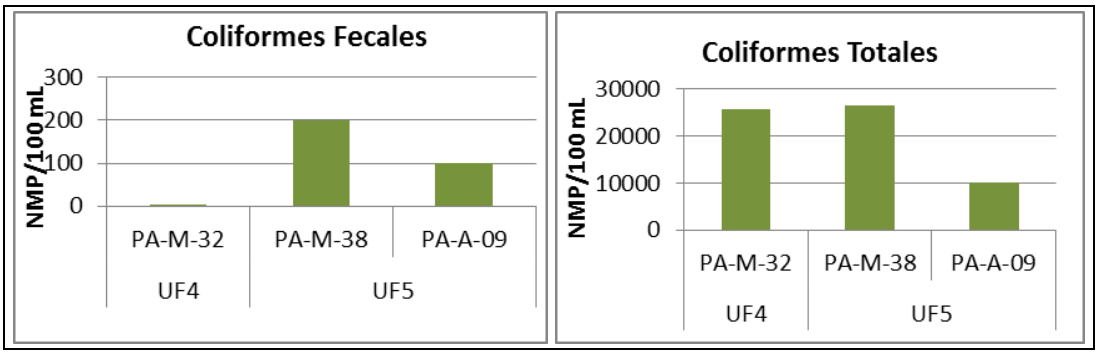


Figura 5.1.117 Resultados Coliformes fecales y Coliformes totales UF4 y UF5

Fuente: (INGETEC, 2016)

Respecto a los metales pesados arsénico, bario, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio y zinc, las aguas subterráneas muestreadas exhiben valores bajos, reportando valores por debajo del nivel de detección según técnica utilizada.

En la Tabla 5.1-65 se presenta valores límite establecidos en el decreto 1594 de 1984 para diferentes usos.

Tabla 5.1-65 Criterios de calidad destinación del recurso para diferentes usos (Decreto 1594 de 1984)

Parámetro	Humano y doméstico Tto. Convencional	Humano y doméstico Tto. Desinfección	Agrícola	Pecuario	recreativos contacto primario	recreativos contacto secundario
pH	5 – 9 unidades	6,5 a 8,5 unidades	4,5 -9,0 unidades	------	5 – 9 unidades	5 – 9 unidades
Color	75	20 unidades	------	------	------	------
Turbiedad	------	10 UJT	------	------	------	------
Cloruros	250	250	------	------	------	------
Compuestos fenólicos	0,002	0,002	------	------	0,002	------
Sulfatos	400	400	------	------	------	------
Arsénico	0,05	0,05	0,1	0,2	------	------
Bario	1	1	0,1	------	------	------
Cadmio	0,01	0,01	0,01	0,05	------	------
Cobre	1	1	0,2	0,5	------	------
Cromo	0,05	0,05	0,1	1	------	------
Mercurio	0,002	0,002	------	0,01	------	------
Níquel	------	------	0,2	------	------	------

Parámetro	Humano y doméstico Tto. Convencional	Humano y doméstico Tto. Desinfección	Agrícola	Pecuario	recreativos contacto primario	recreativos contacto secundario
Plata	0,05	0,05	------	------	------	------
Plomo	0,05	0,05	5	0,1	------	------
Selenio	0,01	0,01	0,02	------	------	------
Zinc	15	15	0,05	25	------	------
Coliformes totales	20000	1000	5000	------	1000	5000
Coliformes fecales	2000	------	1000	------	200	------

Fuente: Modificado po INGETEC, 2016

Basado en los resultados obtenidos, se evidencia que los tres cuerpos de agua monitoreados registraron concentraciones y valores dentro de los rangos establecidos en el decreto 1594 de 1984 excepto para coliformes totales, los cuales sobrepasan todos los valores límite establecidos en la normatividad, por lo que estas aguas no son aptas para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico.

Adicionalmente, el pH del manantial PA-M-38, se encuentra por fuera del rango establecido para destinar el recurso para consumo humano y doméstico en donde sólo requiera desinfección para su tratamiento

– *Caracterización hidrogeoquímica del agua*

El origen de las aguas subterráneas y la composición química primaria se encuentra en el agua lluvia, una vez esta infiltrada dependerá directamente de los minerales con que entre en contacto en el acuífero, y del tiempo de interacción que tenga con ellos, el que puede llegar a ser de miles de años. Así, a mayor tiempo de permanencia en el acuífero, mayor será la cantidad de sales presentes en el agua, debido a la mayor disolución de éstas. Se determina una secuencia entonces, la cual dice que las aguas con menor tiempo de permanencia en el subsuelo serán generalmente bicarbonatadas, y con el paso del tiempo se vuelven sulfatadas y finalmente cloruradas.

Análogamente para los cationes, aguas inicialmente cálcicas pasan a ser magnésicas y luego sódicas:

$$HCO^{3-} \rightarrow SO4^{2-} \rightarrow Cl^{-}$$
$$Ca2^{+} \rightarrow Mg^{2+} \rightarrow Na^{+}$$

El fin del análisis Hidrogeoquímico de las aguas subterráneas es determinar la composición química principal y predominante del agua captada en los manantiales y aljibe de la campaña de monitoreo para las unidades funcionales 4 y 5; además, de tener una visión acerca de la evolución química, que se produce una vez el agua entra en el proceso de recarga, tránsito y posterior descarga en puntos de agua.

Este análisis se basa en la relación que tienen los cationes y aniones mayores del agua subterránea con la composición mineralógica de las rocas por las cuales esta circula, incluyendo, además, el tiempo de permanencia y transporte. Los cationes que se analizan son el Calcio (Ca++), Magnesio (Mg++), Sodio (Na+) y el Potasio (K+), y los aniones analizados son, el Bicarbonato (HCO3-), los Sulfatos (SO4=) y los Cloruros (Cl-).

- Clasificación por Iones Dominantes

La clasificación de las aguas subterráneas por iones dominantes corresponde al anión o catión que sobrepasa el 50% de la suma respectiva. En caso de no sobrepasar el 50%, se nombrarán los iones más abundantes. Para esta clasificación se emplean los diagramas de Piper y Stiff, como se ilustra en la Figura 5.1.118.

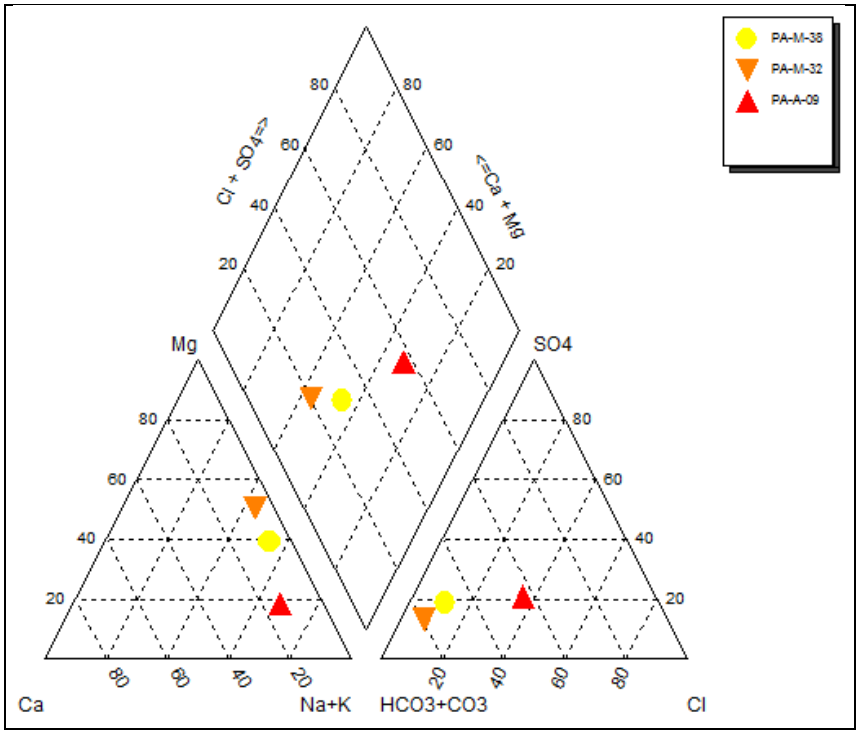


Figura 5.1.118 Diagrama de Piper UF4 y UF5
Fuente: (INGETEC, 2016)

La Figura 5.1.118 está representando un agua con la siguiente composición para cada uno de los sitios muestreados de la UF4 y de la UF5 (Ver **Error! Reference source not found.**).

Tabla 5.1-66 Composición del agua diagrama de Piper

Parámetro	Cationes	Aniones

		Calcio	Magnesio	Sodio + Potasio	Bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos
Unidad		**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
UF4	**PA-M-32**	5	50	43	80	7	15
UF5	**PA-M-38**	8	40	58	70	10	19
	PA-A-09	18	18	70	45	38	20

Fuente: (INGETEC, 2016)

El diagrama triangular de Piper, nos indica que la composición del agua del manantial identificado como PA-M-32 de la UF 4, presenta un quimismo de aguas con predominancia en cationes cálcicos y magnésicos, pobres en cloruros y sulfatos y predominancia en bicarbonatos.

La composición del agua del manantial identificado como PA-M-38 de la UF 5, presenta similitud a la composición del manantial de la UF4, representada principalmente por bicarbonatos.

Las aguas del aljibe PA-A-09 presentan un agua clorurada sódica y bajos valores de los cationes cálcicos y magnésicos. (Ver Figura 5.1.119, Figura 5.1.120 y Figura 5.1.121)

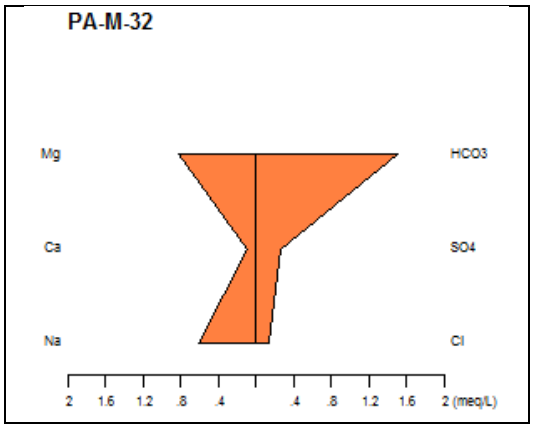


Figura 5.1.119 Diagrama Stiff PA-M-32
Fuente: (INGETEC, 2016)

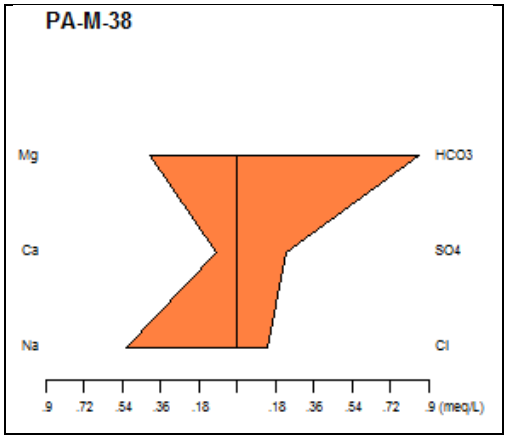


Figura 5.1.120 Diagrama Stiff PA-M-38
Fuente: (INGETEC, 2016)

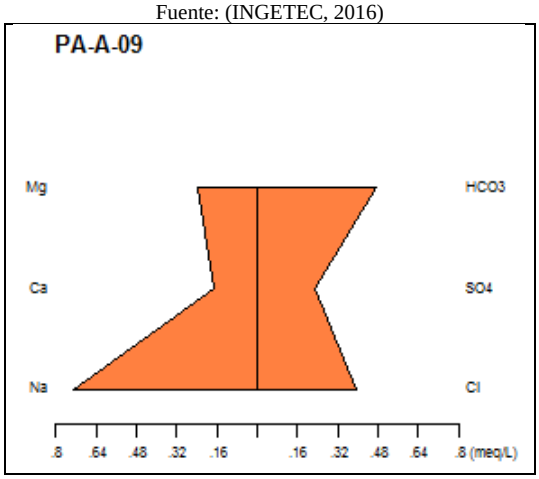


Figura 5.1.121 Diagrama Stiff PA-A-09
Fuente: (INGETEC, 2016)

La Tabla 5.1-67 nos muestra la clasificación presentada en los diagramas de Stiff. En general, se observa que las aguas de los tres cuerpos de agua presentan una secuencia con predominancia bicarbonatada por lo que se infiere que corresponde a aguas con menor tiempo de permanencia en el subsuelo.

Tabla 5.1-67 Composición del agua diagrama Stiff

UF	PUNTO	CLASIFICACIÓN
UF4	PA-M-32	Magnésica bicarbonatada
UF5	PA-M-38	Sódica bicarbonatada
	PA-A-09	Sódica bicarbonatada clorada

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Modelo Hidrogeológico Conceptual

Para entender la circulación de agua subterránea se necesita definir lo que se conoce como modelo hidrogeológico conceptual, el cual involucra las características de permeabilidad de la roca, las condiciones de recarga y descarga de agua, las unidades estratigráficas y las respectivas condiciones hidrogeológicas locales: direcciones de flujo del agua, gradientes hidráulicos, transmisividad y capacidad de almacenamiento, etc.

Para construir el modelo hidrogeológico conceptual se siguen tres etapas: 1) definir las unidades hidroestratigráficas presentes en el área del proyecto de acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas de cada unidad funcional dentro del área de influencia, 2) preparar un balance hídrico 3) definir el sistema de flujo (Anderson, 1991).

Las unidades hidroestratigráficas comprenden la identificación y caracterización de las unidades geológicas con rasgos litológicos y texturales que se relacionan con similares propiedades y comportamientos hidrogeológicos. Estas unidades son la columna vertebral del modelo conceptual. La información hidrológica asociada con la precipitación, evaporación, datos de niveles piezométricos, así como los datos geoquímicos son utilizados para analizar el movimiento del agua subterránea a través de todo el sistema. Con las cabezas piezométricas se definen zonas de recarga y descarga, conexiones entre acuíferos y sistemas de agua superficial.

– *Unidades hidrogeológicas*

Una unidad hidrogeológica es definida como una formación o un grupo de formaciones geológicas que presentan uniformidad en sus características hidrogeológicas como porosidad, permeabilidad, capacidad de infiltración, entre otras. Las unidades fueron interpretadas a partir de la litología, de las estructuras geológicas y la influencia de éstas sobre el flujo del agua subterráneo, de la identificación de puntos de agua, de la posición de los niveles piezométricos obtenidos de las exploraciones geotécnicas de la fase de diseño y de los resultados de los sondeos eléctricos verticales (SEV). Dado que el potencial de flujo del agua subterránea está condicionado por la litología (según las rocas tengan permeabilidad primaria, secundaria, o ambas), las unidades hidrogeológicas tienden a coincidir con las unidades litológicas en las que se observaron o asumen propiedades hidráulicas similares.

Los tipos de acuíferos identificados para el proyecto vial Pedregal – Catambuco, poseen ciertas características o parámetros que permiten definir y estimar el funcionamiento hidrodinámico; según los parámetros relacionados en términos de porosidad, permeabilidad y el coeficiente de almacenamiento para este tipo de materiales, los cuales han sido adaptados de la literatura para la clasificación de las unidades hidrogeológicas en el área de acuerdo con el IDEAM, 2001, el área el proyecto no presenta interés hidrogeológico en el ámbito regional (Ver Figura 5.1.122).

La permeabilidad varía entre un material y otro de manera significativa, siendo los suelos granulares los que presentan mayor permeabilidad; mientras que los arcillosos, son aquellos que presentan menor permeabilidad. Los productos piroclásticos de poca permeabilidad (principalmente las tobas litificadas y los depósitos de ceniza), que se encuentran interestratificadas con lavas (rocas sin porosidad efectiva pero con permeabilidad secundaria) las cuales actúan como barreras casi horizontales al flujo de agua subterránea.

En la Figura 5.1.123 Relación entre textura y porosidad[1]. A) Sedimento bien clasificado con alta porosidad; b) Sedimento mal clasificado con baja porosidad; c) Sedimento bien clasificado con granos porosos; d) Sedimento bien clasificado con porosidad disminuida por cementación; e) Porosidad desarrollado por disolución de la roca; f) Porosidad desarrollada por fracturación de la roca.

Debido a la diversidad litológica y la génesis de las formaciones volcánicas en el área, estas presentan características hidrogeológicas dentro del grupo de sedimentos y rocas semiconsolidadas y consolidadas. Los factores que determinaron las propiedades de almacenamiento en este tipo de rocas y depósitos están relacionados con la anisotropía y heterogeneidad del medio de formación, que influye en el comportamiento hidrogeológico (permeabilidad - trasmisividad) del agua subterránea en este tipo de materiales (Ver
).

Adicionalmente, la disposición espacial y geometría de los acuíferos está controlada principalmente por el contraste geológico de las formaciones permeables, semipermeables e impermeables entre los distintos materiales volcánicos y sedimentarios.

[1] Domenico, F.A. y Schwartz, F.W. (1998) Physical and Chemical Hydrogeology; John Wiley & Sons, 506 pp.

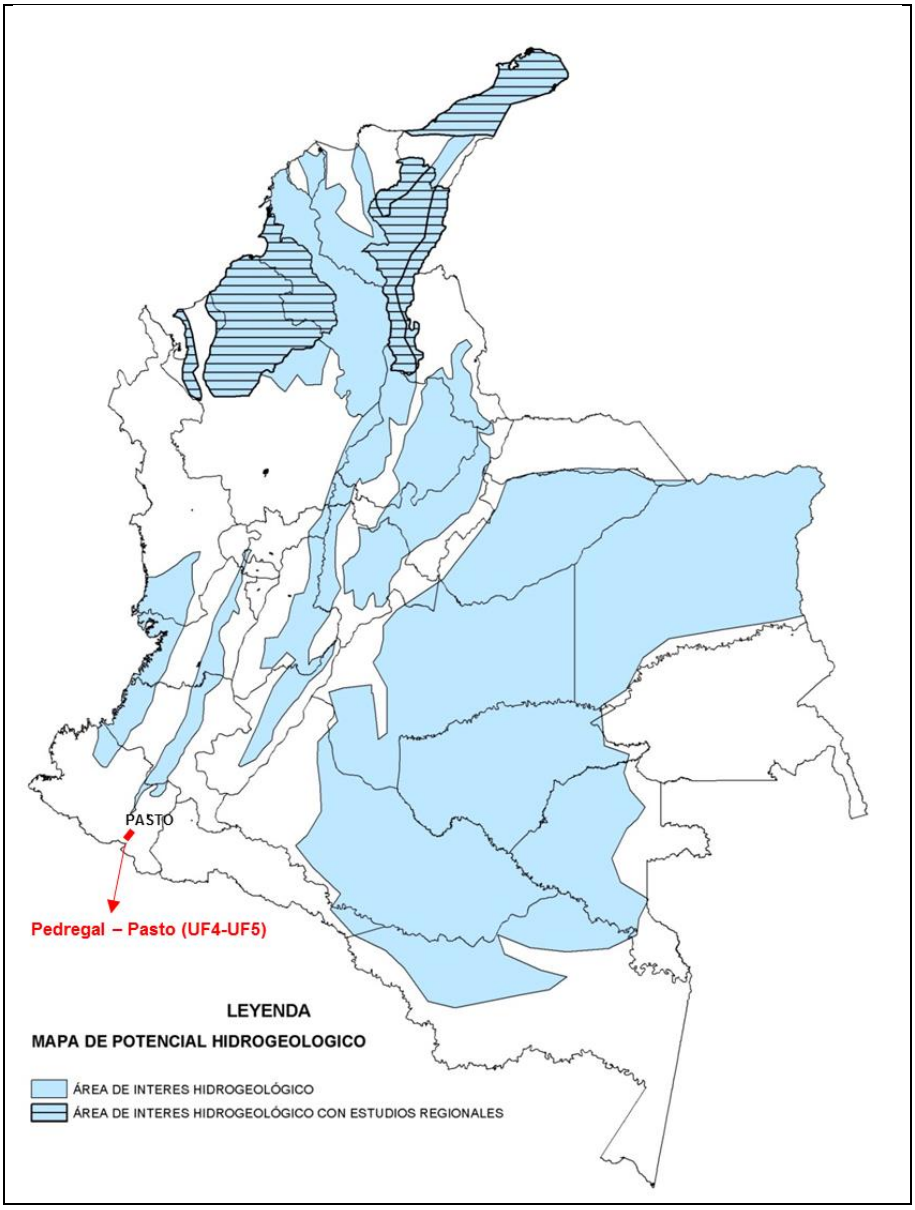


Figura 5.1.122 Mapa potencial hidrogeológico de Colombia.

Fuente: (IDEAM, 2001)

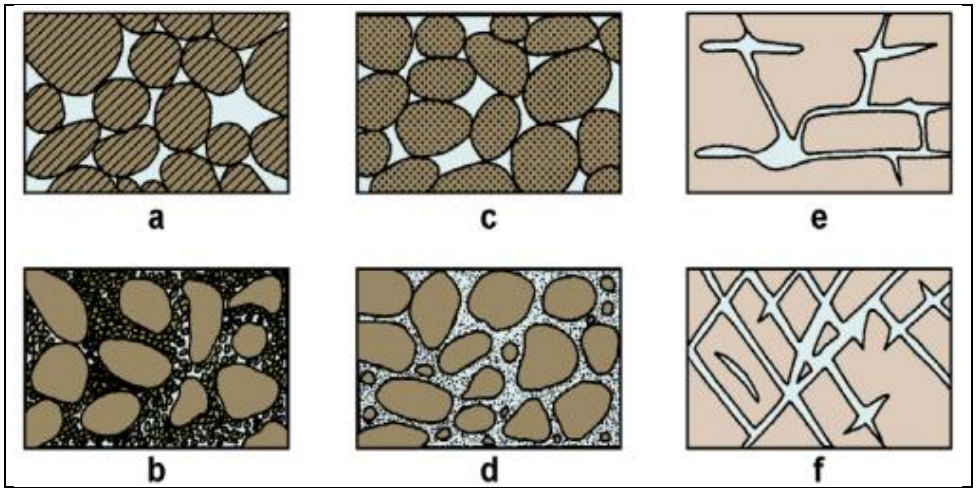


Figura 5.1.123 Relación entre textura y porosidad
Fuente: (INGETEC, 2016)

En la definición de las unidades hidrogeológicas se tuvo en cuenta el tipo de empaquetamiento textural de las partículas que componen cada una de las unidades con mayor potencial de almacenamiento (Ver Figura 5.1.123); estas características determinan el tipo de poro y así mismo la porosidad como tal. La interpretación de la porosidad en cada uno de los depósitos volcánicos se tiene en cuenta la siguiente clasificación:

- Depósitos de granulometrías homogéneas que le atribuyen mayor porosidad efectiva.
- Depósitos de granulometría heterogénea y de porosidad intermedia.
- Depósitos de granulometría homogénea cuya porosidad ha disminuido por cementación de sus intersticios.

Las diferencias en la porosidad en los depósitos radican en los siguientes aspectos en el análisis hidrogeológico:

- Forma de los granos que determinan la forma y dimensiones de los poros.
- Disposición de los granos.
- Tamaño del grano, su influencia en la porosidad.

La porosidad de las rocas volcánicas es muy variable en función del proceso de formación, variando entre el 10 y el 50% en rocas piroclásticas y hasta menos del 5% en lavas masivas y sin vesículas (Custodio, 1978).

Tabla 5.1-68 Porosidades totales y eficaces de diversos materiales geológicos.[2]

Material		Porosidad, n (%) Valores normales			Valores extraordinarios		Porosidad eficaz n_e (%)		
Tipo	Descripción	Media	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.
Rocas masivas	Granito	0.3	4	0.2	9	0.05	< 0.2	0.5	0.0
	Caliza masiva	8	15	0.5	20		< 0.5	1	0.0
	Dolomía	5	10	2			< 0.5	1	0.0
Rocas metamórficas		0.5	5	0.2			< 0.5	2	0.0
Rocas volcánicas	Piroclastos y tobas	30	50	10	60	5	< 5	20	0.0
	Escorias	25	80	10			20	50	1
	Pumitas	85	90	50			< 5	20	0.0
	Basaltos densos, fonolitas	2	5	0.1			< 1	2	0.1
	Basaltos vacuolares	12	30	5			5	10	1
Rocas sedimentarias compactadas	Pizarras	5	15	2	30	0.5	< 2	5	0.0
	Areniscas	15	25	3	30	0.5	10	20	0.0
	Creta blanda	20	50	10			2	5	0.2
	Calizas detríticas	10	30	1.5			3	20	0.5
Sedimentos	Aluviones	25	40	20	45	15	15	35	5
	Dunas	35	40	30			20	30	10
	Gravas	30	40	25	40	20	25	35	15
	Loess	45	55	40			< 5	10	0.1
	Arenas	35	45	20			25	35	10
	Depósitos glaciares	25	35	15			15	30	5
	Limos	40	50	35			10	20	2
	Arcillas sin compactar	45	60	40	85	30	2	10	0.0
	Suelos superiores	50	60	30			10	20	1

Fuente: (INGETEC, 2016)

– *Modelo geológico del área de intervención*

En el corredor vial Pedregal – Catambuco afloran rocas y depósitos de edad Plioceno – Holoceno, así como depósitos coluviales y aluviales de edad Holocena (Anexo 5.1.8, anexo 3. Mapa Geológico). El basamento está conformado por rocas precambrianas que corresponden a rocas ígneas de composición granodiorítica afectadas por fenómenos de blastesis, y metamórficas principalmente neises, paraneises y anfibolitas de la unidad Complejo Migmatítico de La Cocha.

[2] ITGE (1987) Manual de Ingeniería de Taludes; 1ª Edición. Instituto Tecnológico y Geominero de España. 456 pp.

El estilo estructural de la región es complejo, debido a que confluyen grandes sistemas de fallas que hacia el norte definen los límites entre las tres cordilleras colombianas. Las estructuras geológicas evidencian la actividad tectónica que ha dado la expresión actual del sistema montañoso de Los Andes del Norte, donde predominan fallas de alto ángulo de dirección N-NE, así como algunos lineamientos en dirección NW – SE.

– *Secciones de análisis*

Para complementar el análisis hidrogeológico se definieron ocho secciones de análisis sobre el área de influencia del corredor vial Pedregal – Catambuco, distribuyéndose cuatro por unidad funcional, con el objeto de determinar los espesores de las Unidades de Geología para Ingeniería - UGI en profundidad (Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de Análisis). La información obtenida de las secciones geoeléctricas de los Sondeos Electicos Verticales (SEV), se correlaciona con la información de las secciones geológicas, con el fin de estimar las profundidades en las que se encuentran las zonas permeables saturadas de acuerdo al contraste de resistividad de los diferentes materiales. Además se incluye la información de los niveles freáticos obtenidos a partir de los piezómetros realizados en la etapa de diseño, y la relación con la presencia de zonas de acumulación de agua para determinar el tipo de acuífero al que corresponde complementado con la porosidad y permeabilidad.

En general la tabla de agua definida para las diferentes secciones de análisis, se encuentran por debajo de los 9.0 m de profundidad y podrían estar ligadas al nivel base de los drenajes de las principales cuencas hidrográficas como los ríos Guáitara y Bobo, la quebrada La Magdalena y la quebrada Hato Viejo cerca de la ciudad de Pasto; sin que sea afectado por la construcción de la doble calzada entre Pedregal y Catambuco.

- Unidad funcional 4

✓ Sección A – A

Localización: Se localiza entre las coordenadas N607302; E957092 y N607067; E957452, con dirección NW – SE, la sección tiene 450 m de longitud. Escala 1:2500 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.124).

Unidades de Geología para Ingeniería: La sección atraviesa un depósito coluvial (Qc) de 3 m de espesor, matriz soportado con fragmentos angulosos de andesitas, que suprayace un flujo de detritos conformado por fragmentos angulosos mal seleccionados de andesitas, traquitas, embebidos en matriz areno limosa, con algunos niveles de cenizas finas de la unidad Flujos de cenizas y Pumitas (TQvf), tal como se aprecia en el sondeo PEPA-PT-TAL-1. La unidad de Flujos de cenizas y Pumitas (TQvf) suprayace andesitas porfiriticas diaclasadas (N65°W/77°NE), de color gris conformadas con fenocristales de

plagioclasa y feldespato en matriz microcristalina de la unidad Lavas (TQvl).

El depósito coluvial (Qc) pertenece a la unidad hidrogeológica de Sedimentos Libres con Flujos esencialmente intergranular (Albp). La unidad geológica Flujos de Pumitas y Cenizas (TQvf) corresponde a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp). La unidad geológica Lavas (TQvl), corresponde a la unidad hidrogeológica de Rocas Impermeables con Limitados recursos de Aguas subterráneas (Ri).

La falla Romeral localizada a 200 metros al oeste del SEV, sería la responsable de profundizar el nivel freático a 17 metros.

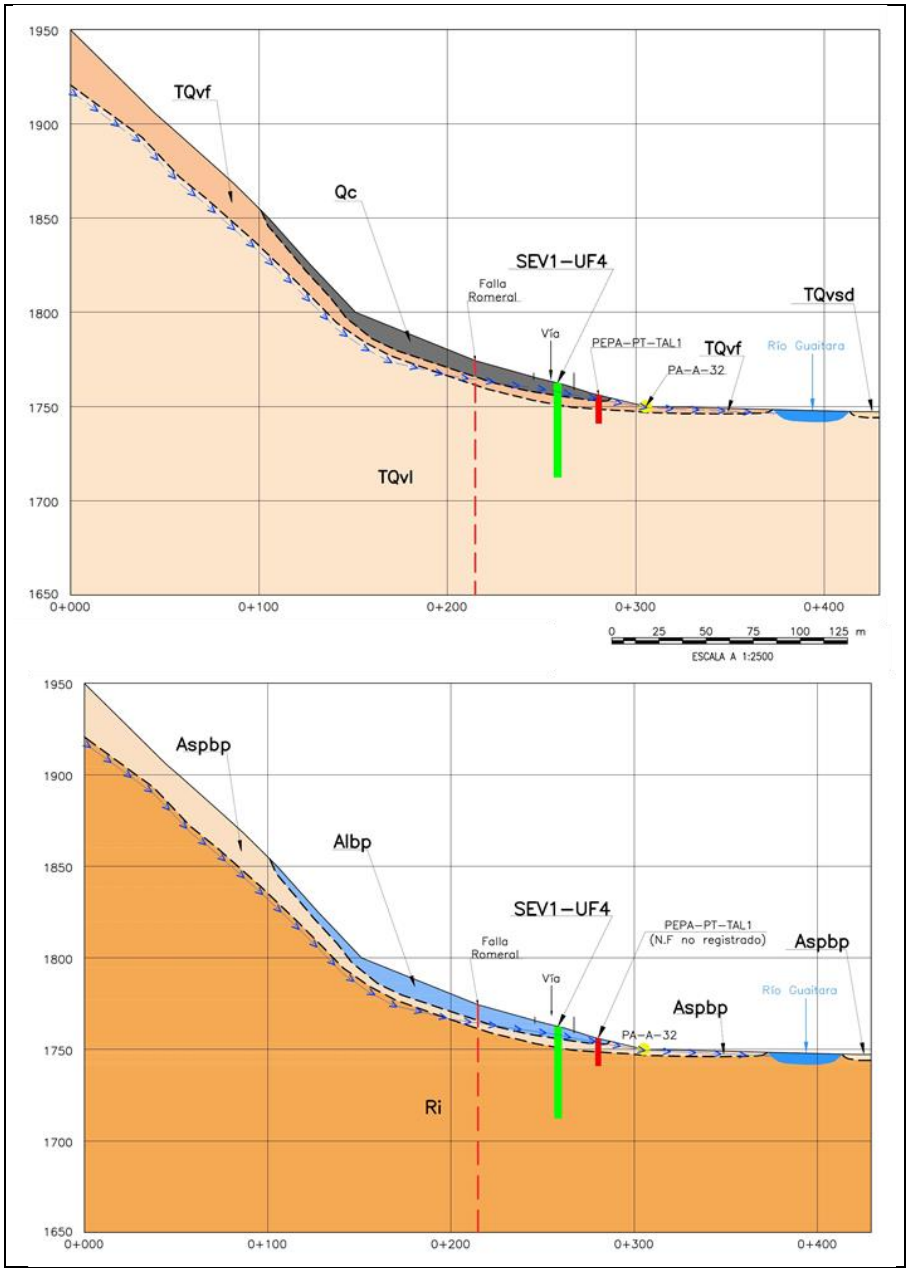


Figura 5.1.124 Sección de análisis A – A Geológica e Hidrogeológica

Fuente: (INGETEC, 2016)

✓ Sección B – B

Localización: la sección se presenta entre las coordenadas N610025; E960657 y N610293; E962457, con dirección SW – NE, con longitud de 1820 m. Escala 1:5000 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.125).

Unidades de Geología para Ingeniería: la litología que atraviesa la sección es de aglomerados volcánicos poco litificado y muy meteorizado, los fragmentos son angulosos y de composición andesítica y traquitica de la unidad Sedimentaria Volcánica la magdalena (TQsv). En ambas márgenes de la quebrada la Magdalena se presentan dos depósitos coluviales (Qc) de hasta 2m de espesor, estos depósitos están conformados por fragmentos angulosos de aglomerado volcánico, embebidos en matriz areno limosa compuesta por plagioclasa y líticos de roca volcánica.

Los depósitos coluviales (Qc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Sedimentos Libres con Flujos esencialmente intergranular (Albp). La unidad geológica Sedimentario Volcánica La Magdalena (TQsv) corresponde a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

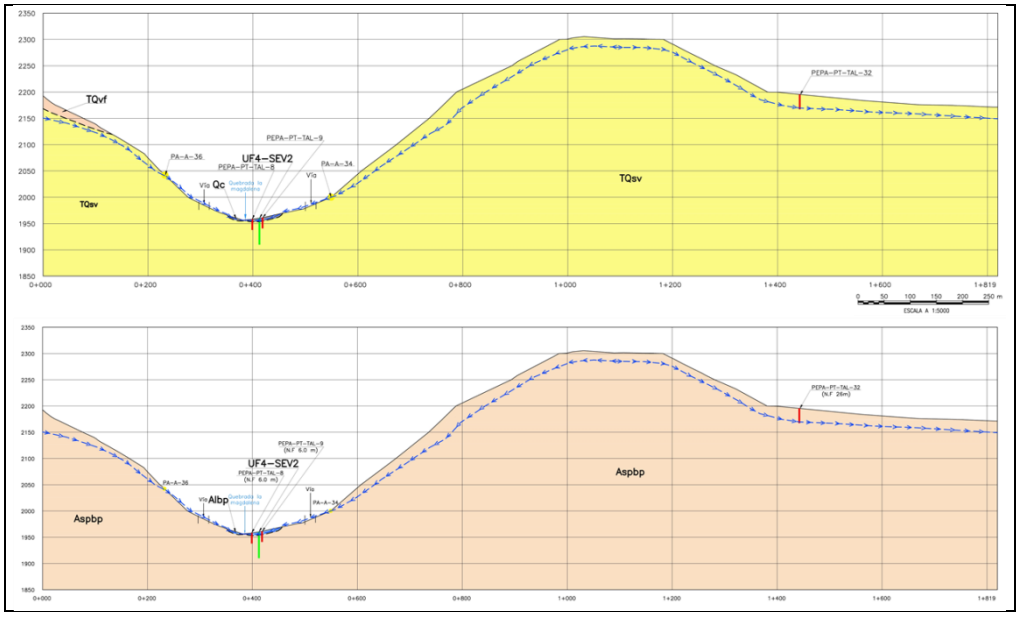


Figura 5.1.125 Sección de análisis B – B Geológica e Hidrogeológica

Fuente: (INGETEC, 2016)

✓ Sección C – C

Localización: está localizada entre las coordenadas N612195; E962493 y N611673; 963314, con dirección NW – SE y 937 m de longitud. Escala 1:5000 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.126).

Unidades de Geología para Ingeniería: La sección en la vía actual expone un depósito coluvial (Qc) de 5m de espesor, matriz soportado en fábrica limoarenosa con algunos fragmentos subangulosos tamaño grava de aglomerado volcánico y andesitas que suprayace discordantemente aglomerado volcánico meteorizado con líticos de andesitas y traquitas de la unidad Sedimentario Volcánico La Magdalena (TQsv), como se aprecia

en el sondeo PEPA-PT-MUR-7.

Los depósitos coluviales (Qc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Sedimentos Libres con Flujos esencialmente intergranular (Albp). La unidad geológica Sedimentario Volcánica La Magdalena (TQsv) corresponde a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

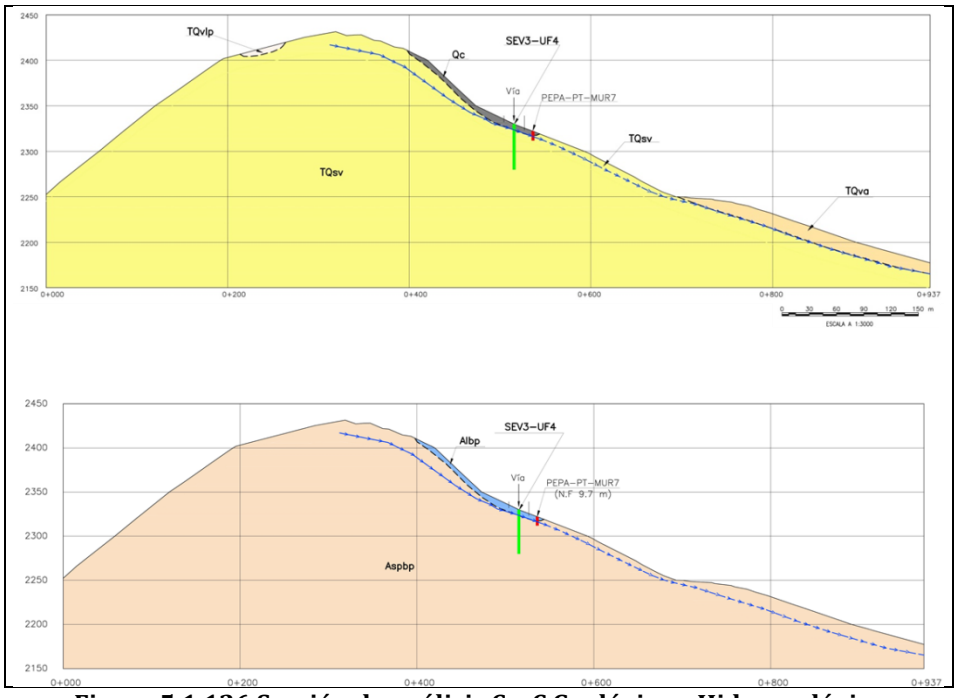


Figura 5.1.126 Sección de análisis C – C Geológica e Hidrogeológica

Fuente: (INGETEC, 2016)

✓ Sección D – D

Localización: La sección se localiza entre las coordenadas N613546; E965022 y N612552; E966365, con dirección NW – SE y tiene una longitud de 1669 m. Escala 1:5000 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.127).

Unidades de Geología para Ingeniería: Los afloramientos de la vía actual, presentan al SE de la sección flujos piroclásticos de la unidad lahares y Piroclastos (TQvlp) que consisten bombas subredondeadas de hasta 10cm de diámetro en matriz de ceniza y lapilli tal como se describe en el sondeo PEPA-PT-TAL-35; el depósito piroclástico se encuentra suprayaciendo la unidad Sedimentario Volcánica La Magdalena (TQsv).

La unidad geológica Lahares y Piroclastos (TQvlp) y la unidad geológica Sedimentario Volcánica La Magdalena (TQsv) corresponden a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

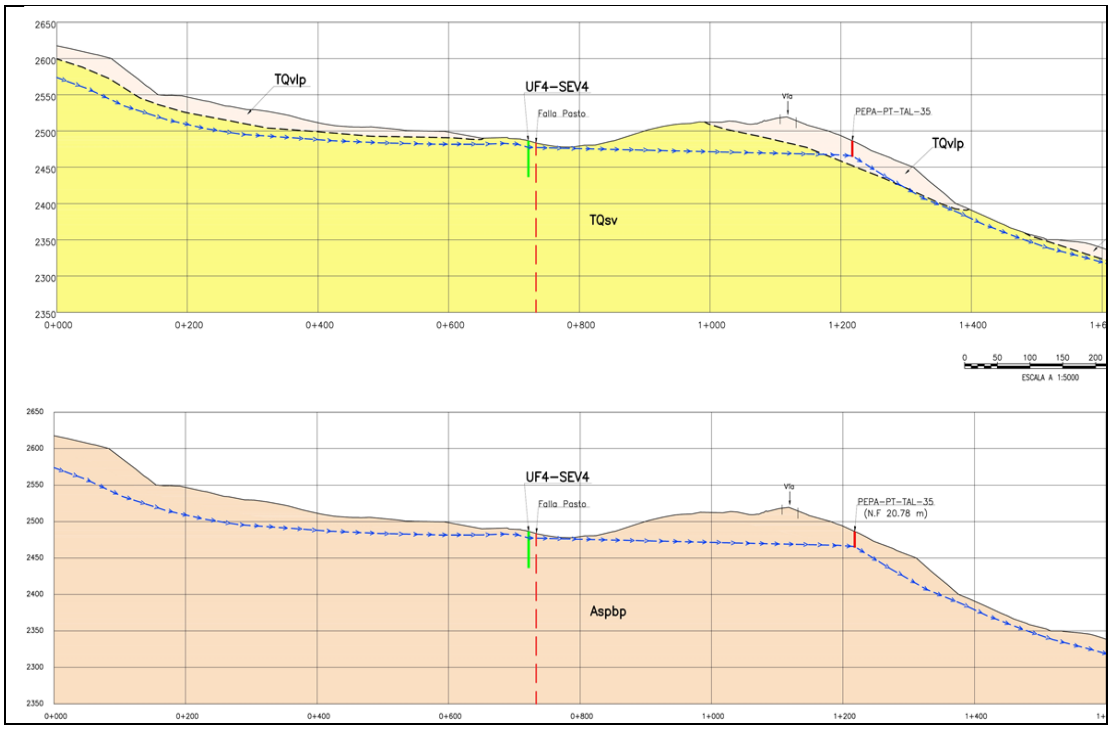


Figura 5.1.127 Sección de análisis D – D Geológica e Hidrogeológica

Fuente: (INGETEC, 2016)

- Unidad funcional 5

✓ Sección E – E'

Localización: se presenta entre las coordenadas N613623; E965815 y N614406; E967587, con dirección SW – NE, y de 1936 m de longitud. Escala 1:4000 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.128).

Unidades de Geología para Ingeniería: En los taludes de corte de la vía actual aflora la unidad Lahares y Piroclastos (TQvlp), los flujos laháricos están conformados por fragmentos angulosos de andesita de hasta 40cm de diámetro, embebidos en matriz limo arenosa a arenosa. Los flujos piroclásticos se componen de bombas subredondeadas de hasta 8cm de diámetro en matriz de ceniza y lapilli, tal como se registra en el sondeo PEPA-PT-TAL-16 y PEPA-PT-TAL-17, estos flujos se encuentran suprayaciendo rocas sedimentaria volcánicas de la formación la Magdalena (TQsv).

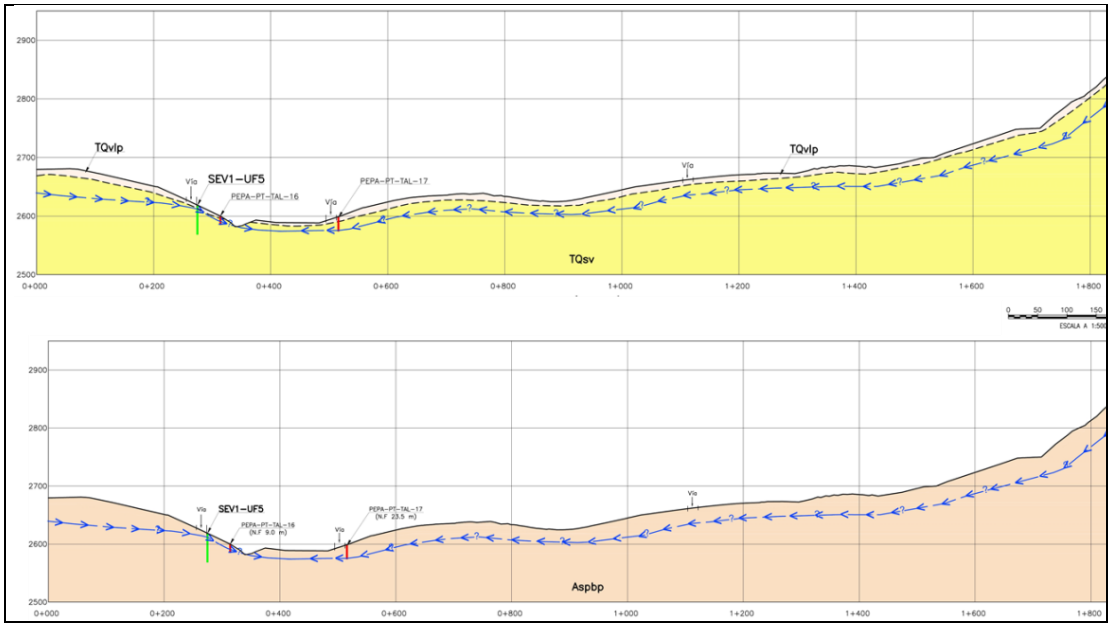


Figura 5.1.128 Sección de análisis E – E' Geológica e Hidrogeológica
Fuente: (INGETEC, 2016)

La unidad geológica Lahares y Piroclastos (TQvlp) y la unidad geológica Sedimentario Volcánica La Magdalena (TQsv) corresponden a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

✓ Sección F – F'

Localización: Se sitúa entre las coordenadas N617129; E968793 y N616893; E969079, con dirección NW – SE, con longitud de 400 m. Escala 1:1500 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.1291).

Unidades de Geología para Ingeniería: En los afloramientos cercanos a la sección se presentan depósitos de cenizas de composición andesítica de 16m de espesor, conformados por minerales félsicos y en menor proporción ferromagnesianos, se encuentran meteorizados y generan suelos orgánicos de 2m de espesor según el sondeo PEPA-PT-TAL-25; se presentan cubriendo andesitas porfiriticas poco diaclasadas, de color gris con fenocristales de plagioclasa en matriz microcristalina de la unidad de lavas y Cenizas (TQvlc).

El SEV2-UF5 reportó la resistividad más baja entre 25 m y 33 m con un valor de 45 Ohm. Entre la superficie y 25 m, y desde los 33 m, los valores de resistividad se presentan en un rango de 60 y 900 Ohm, considerando este intervalo como el de menor saturación y permeabilidad del SEV.

Los depósitos coluviales (Qc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Sedimentos

Libres con Flujos esencialmente intergranular (Albp). La unidad geológica lavas y Cenizas (TQvlc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

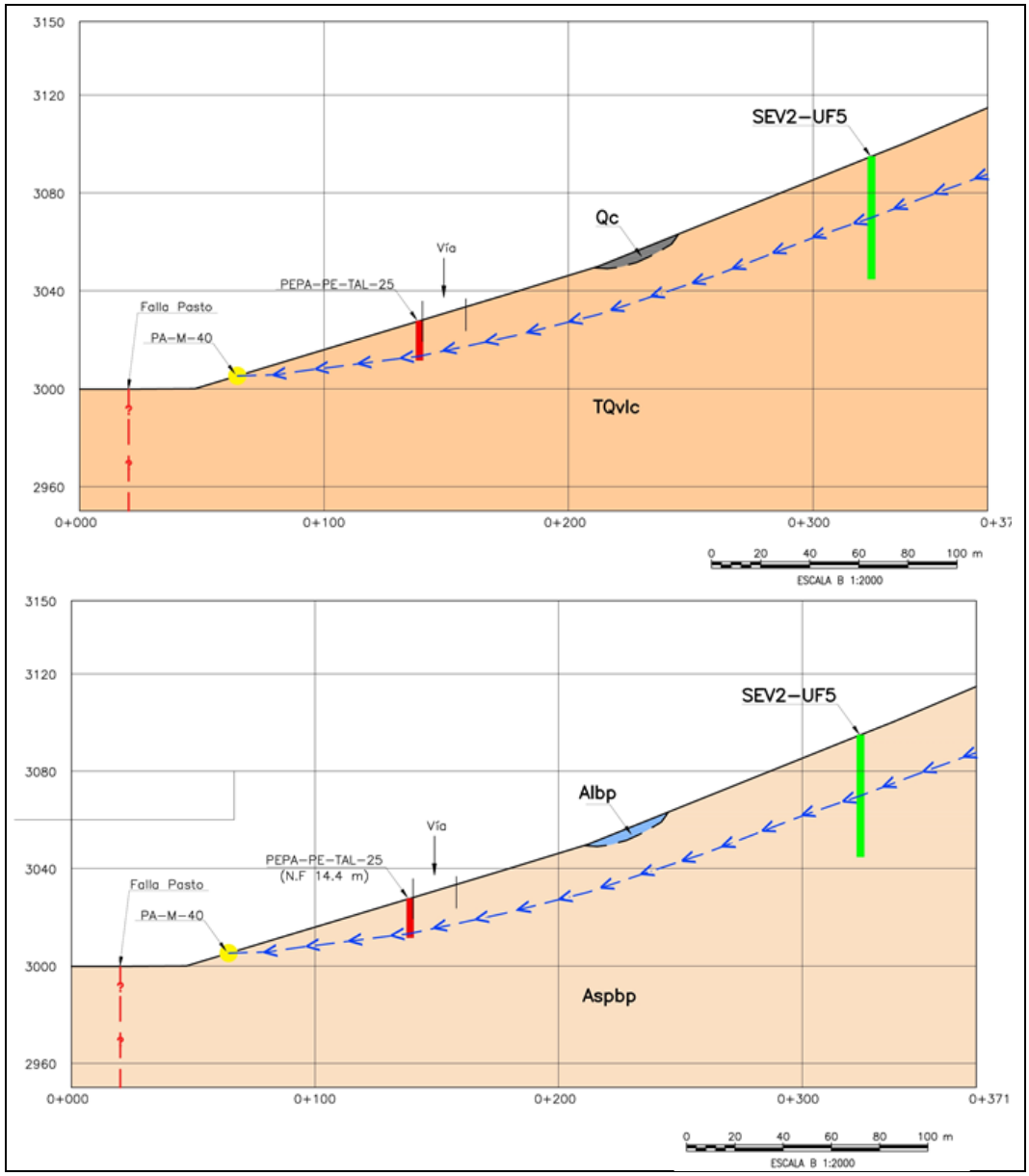


Figura 5.1.129 Sección de análisis F – F' Geológica e Hidrogeológica
Fuente: (INGETEC, 2016)

✓ Sección G – G'

Localización: Se encuentra entre las coordenadas N618255; E971241 y N618667; E972170, con dirección SW – NE, con longitud de 415 m. Escala 1:1500 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.130).

Unidades de Geología para Ingeniería: en el sector donde se trazó la sección aflora la unidad Lluvia de Cenizas (Qvc), conformada por cenizas de lapilli de 4m de espesor, se encuentran meteorizadas, son composición andesítica con minerales de plagioclasa y ferromagnesianos, presenta óxidos de hierro, como lo registra el sondeo PEPA-PT-TAL-27; estas cenizas se encuentra suprayaciendo la unidad de Lavas y Cenizas (TQvlc) conformada por andesitas porfiriticas.

La unidad geológica Lluvia de cenizas (Qvc) y la unidad geológica lavas y Cenizas (TQvlc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

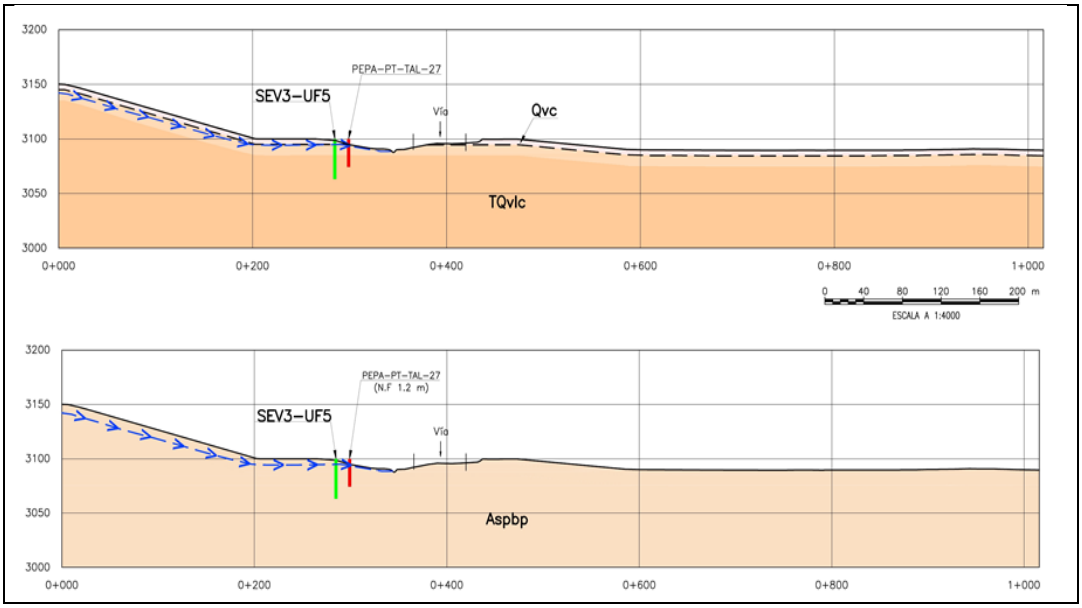


Figura 5.1.130 Sección de análisis G – G' Geológica e Hidrogeológica
Fuente: (INGETEC, 2016)

✓ Sección H – H'

Localización: La sección se encuentra entre las coordenadas N618405; E974071 y N619369; E974520, con dirección SW – NE, de longitud 610 m. Escala 1:1500 (Ver Anexo 5.1.8, anexo 4. Secciones de análisis) (Ver Figura 5.1.131).

Unidades de Geología para Ingeniería: Al SW de la sección aflora la unidad de Cenizas y

Pumitas (TQvf), donde se observan depósitos de cenizas tamaños de grano fino a lapilli de composición dacítica con minerales de plagioclasa y pocos minerales ferromagnesianos; las cenizas se encuentran meteorizadas con óxidos de hierro que generan suelos orgánicos de hasta 2m de espesor que suprayacen depósitos no litificados conformados por fragmentos subangulosos de aglomerado volcánico y andesita embebidos en matriz vítrea con algunos niveles de cenizas, tal como se registró en el sondeo PEPA-PT-TAL-30. Al NW afloran la unidad Lluvias de Cenizas (Qvc) conformado por cenizas de lapilli con óxidos de hierro y materia orgánica de 3m de espesor, tal como se registró en el sondeo PEPA-PT-PP1-1.

El SEV4-UF5 presenta resistividades entre 110 y 3000 Ohm, considerando que no presentan zonas saturadas o de permeabilidad. La unidad geológica Lluvia de cenizas (Qvc) y la unidad geológica lavas y Cenizas (TQvlc) corresponden a la unidad hidrogeológica de Rocas y Sedimentos Semipermeables de baja productividad (Aspbp).

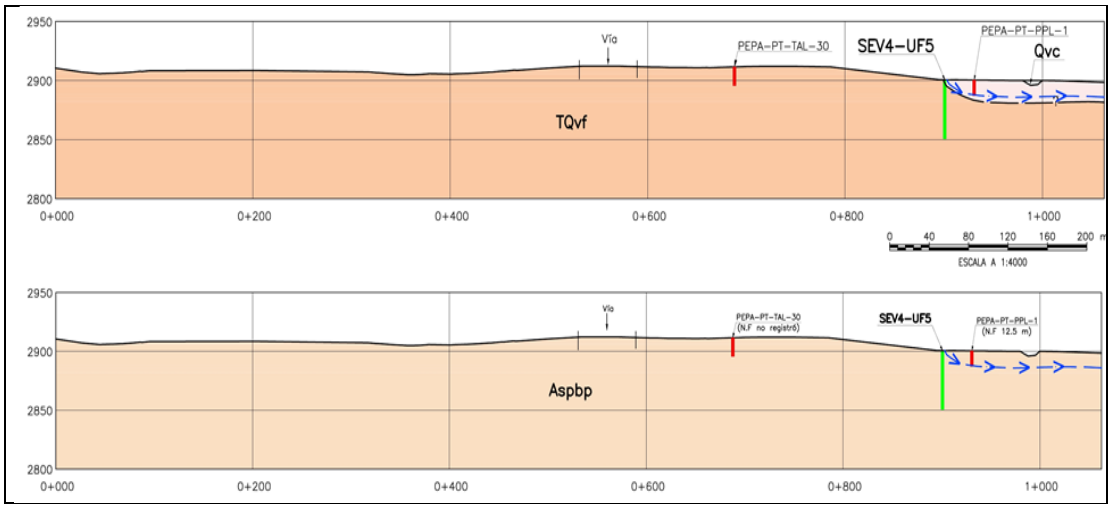


Figura 5.1.131 Sección de análisis H – H' Geológica e Hidrogeológica
Fuente: (INGETEC, 2016)

Tabla 5.1-69 Relación unidades hidrogeológicas con unidades litoestratigráficas

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	LITOLOGÍA	ABSCISADO
Albp: SEDIMENTOS LIBRES CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR: Acuíferos libres con flujo inetrgranular, doscontinuos de baja productividad y de carácter local.	Depósito Aluvial **(Qal)**	Localizado en las márgenes de la Quebrada La Magdalena. Está conformado por bloques de hasta 2m de espesor de aglomerado volcánico y andesítas en matriz arenolimosa.	K7+000 - k7+060
	Depósito Coluvial **(Qc)**	Depósito no consolidado. Los fragmentos del depósito son generalmente angulares a subangulares de hasta 60cm de diámetro que corresponden a rocas volcánicas extrusivas de composición básica e intermedia. La fábrica tiene una variación de matriz soportada a clasto soportada y es areno limosa. El espesor del depósito coluvial es de hasta 6m y forma suelos orgánicos de hasta 50cm de espesor.	0+450 - 0+910, K6+950 - K7+090, K11+295 - K11+575
Aspbp: ROCAS Y SEDIMENTOS SEMIPERMEABLES DE BAJA PRODUCTIIDAD:Acuitardos semiconfinados a confnados de carácter regional y local, discontinuos de baja productividad.	Conjunto Sedimentario Volcánico La Magdalena **(TQsv)**	En la base Intercalación de areniscas finas, arcillolitas y diatomitas finamente laminadas de color habano, parcialmente meteorizada; hacia el techo aglomerado volcánico poco litificado y muy meteorizado, los fragmentos son angulosos y de composición andesítica y traquitica.	K3+200 – K3+950, K5+150 – K5+700, K5+930 - K6+950, K7+090 - K11+295, K11+575 - K12+620, K14+700 - K15+120, K15+665 - K15+720, K15+722 - K16+050
	Flujo de Cenizas y Pumitas **(TQvf)**	Flujos de detritos con fragmentos de diversos tamaños (hasta 2m de diámetro), intercalados con cenizas volcánicas de color habano de hasta 1.5m de espesor. Los fragmentos son de dacitas y andesitas. La fábrica variable de matriz soportada a clasto soportada, es rica en líticos y pómez de tamaño arena a limo con algunos finos y presenta cambios de color como gris, ocre, rojo, siendo el más común el primer color. Forman suelos orgánicos de hasta 50cm de espesor.	K0+000 – K0+450, K0+910 - K1+265, K1+365 – K1+590, K2+280 – K2+550, K3+110 - K3+200, K4+160 – K5+150, K5+700 – K5+930, K30+030 – K31+300, K33+960 – K34+360, K36+828 – K37+076, K37+224 – K37+947
	Lavas y cenizas **(TQvlc)**	Andesitas porfiriticas cubiertas o intercaladas por cenizas tipo “ash fall” (cenizas y lapilli) y cenizas tipo “ash flow” (bombas piroclásticas de hasta 10cm de diámetro).	K22+250 - K22+540, K24+018 – K26+130, K29+000 – K30+030
	Lahares y Piroclastos **(TQvlp)**	Intercalaciones de flujos laháricos, flujos piroclásticos y capas de ceniza. Los eventos laháricos presetan fragmentos angulosos de rocas ígneas extrusivas de composición básica a intermedia de hasta 0.6m de diámetro, embebidos en fábrica matriz soportada compuestas de líticos y pómez varía de tamaño arena a limo con algunos finos. Los flujos piroclásticos contienen bombas subredondeadas de hasta 15cm de diámetro compuestas por lavas soldadas muy duras y la matriz es de composición volcánica generalmente feldespato y plagioclasa. Las cenizas volcánicas de tamaños de finos y lapilli con algunas bombas piroclásticas de hasta 3cm; la ceniza contiene vidrio volcánico, plagioclasa y cuarzo.	K12+620 – K14+700, K15+120 - K15+665, k16+050 - K18+876, K21+2900 - K24+018
	Luvia de Cenizas **(Qvc)**	Estos depósitos representan la actividad explosiva de los diferentes focos volcánicos, se observan suavizando la morfología preexistente y modelan, en gran parte, la actual.Generan suelos orgánicos de hasta 3m de espesor, su color predominante es habano a amarillento y su tamaño de grano es de ceniza y lapilli con esporádicas bombas de hasta 3cm .	K18+876 - K21+290, K26+130 – K29+000, K31+300 – K32+679, K32+679 - K33+960, K34+326 – K36+828, K37+076 – K37+224
Ri: ROCAS IMPERMEABLES CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: Rocas en condiciones de porosidad dadas por el fracturamiento.	Lavas **(TQvl)**	Andesitas grisáceas porfiríticas con fenocristales de plagioclasa de hasta 2mm, en matriz es microcristalina que generan suelos orgánicos que alcanzan espesores de hasta 1m.	K1+270 – K1+360, K1+590 - K2+000, K2+550 - K3+057, K3+070 - K3+110, K3+950 - K4+160

Fuente: (INGETEC, 2016)

Teniendo en cuenta los criterios arriba mencionados, se han clasificado las distintas formaciones geológicas según su potencial acuífero agrupándolas en tres unidades hidrogeológicas que dependen del tipo de porosidad, permeabilidad y de la ocurrencia o no de aguas subterráneas (capacidad de almacenamiento). La extensión y localización de dichas unidades se presentan en el Anexo 5.1.8, anexo 5. Mapa hidrogeológico (Figura 5.1.134).

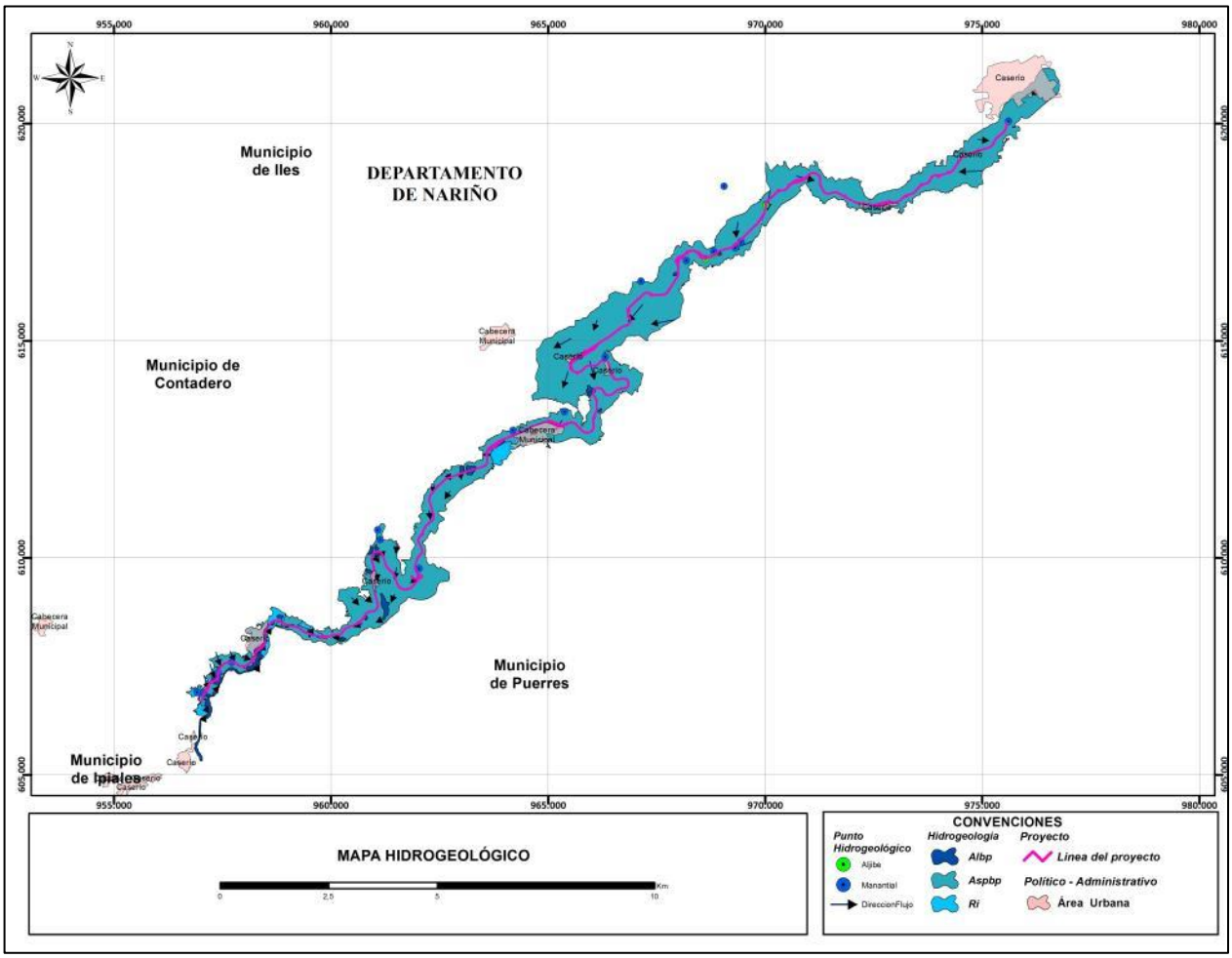


Figura 5.1.132 Mapa Hidrogeológico
Fuente: Equipo M&M

– *Dirección general de flujos subterráneos*

De manera general, la configuración gomorfológica del área de estudio corresponde a laderas que pueden variar de moderadamente inclinadas a totalmente escarpadas. En la dirección del abscisado, la configuración del terreno corresponde a una ladera descendente hacia la derecha con la vía proyectada a media ladera; en algunas zonas, la vía proyectada puede localizarse en cercanías del borde superior de la ladera, mientras que en otras esta se localiza en el borde inferior de la misma, cerca del cauce que recoge las aguas de escorrentía superficial y subterránea aportadas por la ladera y que transita los caudales aportadas por la cuenca correspondiente.

Los flujos subterráneos en el área de estudio corresponden al flujo descendente paralelo

a la superficie de la ladera, desde la zona alta de la misma hacia su zona baja, en la que en muchos casos se encuentra una corriente. En su recorrido descendente, la tabla de agua subterránea puede localizarse a distintas profundidades dependiendo de las características de la roca en la que esté conformada la ladera.

La concavidad del perfil de la ladera es determinante de la profundidad a la que se presenta la tabla de agua subterránea. En las zonas altas de la ladera, en las que puede presentarse una forma convexa cerca del borde superior de la misma, pueden presentarse tablas de agua profundas, mientras que en zonas bajas de la ladera, en las que pueden presentarse formas cóncavas en cercanías del cauce colector –al que van direccionadas tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas- la tabla de agua puede ser superficial e incluso pueden presentarse surgencias a la superficie.

– *Entradas y salidas del sistema*

Al sistema conformado por las diferentes unidades hidrogeológicas consideradas en el área de estudio pueden ingresar / salir flujos por efecto de los procesos de recarga por precipitación y descarga hacia corriente, además del caso trivial correspondiente al flujo desde / hacia otras unidades hidrogeológicas localizadas fuera del área de estudio.

- Recarga por Precipitación

La infiltración estimada en la subcuenca del río Bobo es de 26 mm al año, lo cual corresponde al 2,2% de la precipitación total anual promedio; estos valores son representativos de la recarga que se pude presentar en la totalidad de la UF4 y en la UF5 hasta el K26+500 aproximadamente.

En la subcuenca del río Pasto la infiltración estimada es de 10 mm al año, que corresponden al 0,9 % de la precipitación total anual promedio; estos valores son representativos de la recarga que se pude presentar en la UF5 a partir del K26+500 aproximadamente.

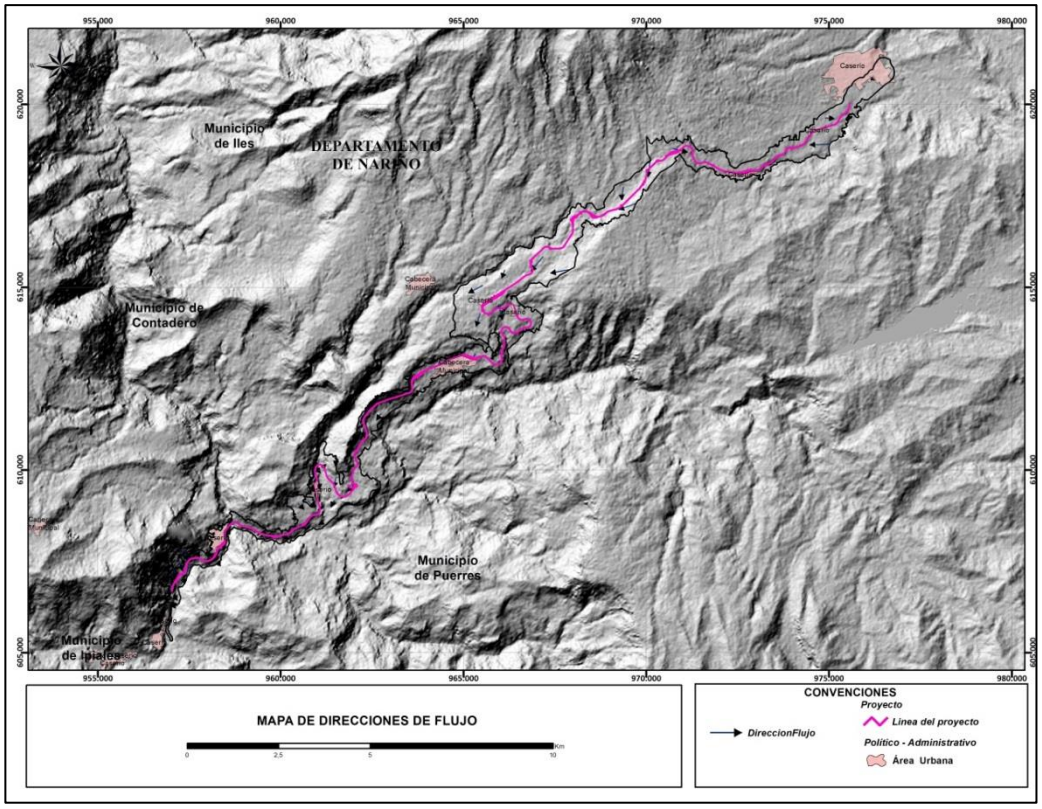


Figura 5.1.133 Mapa de dirección de líneas de flujo
Fuente: Equipo M&M

- Descarga hacia Corrientes

Por la configuración topográfica de la zona, el gradiente hidráulico asociado al agua subterránea presente en las laderas del valle del río es descendente; esto explica que la salida principal de las aguas subterráneas corresponda a las diferentes corrientes superficiales del área de estudio, entre las cuales se destacan el río Guáitara, su afluente el río Bobo y el río Pasto.

Los distintos afloramientos de agua encontrados en el desarrollo de las labores de campo del presente estudio ilustran el fenómeno.

– *Flujos principales*

Para describir los flujos principales asociados al sistema de unidades hidrogeológicas del área de estudio se han seleccionado cuatro secciones transversales en cada UF, las cuales son representativas de la dinámica del sistema. La configuración geológica de dichas secciones fue presentada en el numeral 5.1.8.5.2; a continuación se describen los flujos característicos en dichas secciones.

- Sección A – A’

La morfología de la sección es de laderas de montaña con pendientes entre 16° - 20°.

Desde el oeste de la sección, el nivel freático puede estarse presentando de manera más o menos paralela a la superficie de la ladera, a un nivel cercano al nivel de contacto de la unidad de Flujos de Cenizas y Pumitas (TQvf), de características semipermeables, y la unidad de Lavas (TQvl), de características impermeables. La mayor parte del tiempo es probable que la tabla de agua en esta zona esté localizada arriba del contacto entre las dos formaciones, en la medida que la unidad inferior se caracteriza por presentar limitados recursos de agua subterránea mientras que la unidad superior presenta cierta productividad, aunque esta se considera baja.

Teniendo en cuenta que en el sondeo PEPA-PT-TAL-1 no se reportó nivel freático, pero en el SEV1 se tienen indicaciones de cambio de resistividad cerca de los 5 m de profundidad, el flujo estaría ingresando al depósito coluvial en el tramo de la sección localizado entre ambos puntos.

Esta forma de la tabla de agua sería coherente con la identificación del punto de agua PA-M-32 en la cota 1750; a partir de este sitio de surgencia, la tabla de agua podría estar muy cerca de la superficie hasta descargar al rio Guáitara.

- Sección B – B’

La sección presenta una cuenca en forma de valle en “U” de laderas medias con pendientes entre 15° y 25°, perteneciente a la quebrada la Magdalena. Los materiales presentes en ambas márgenes del valle se caracterizan como de baja permeabilidad.

Teniendo en cuenta la concavidad de la sección así como los niveles freáticos registrados en campo, la tabla de agua estaría localizada a mayor profundidad en las zonas altas de la ladera, presentaría puntos de surgencia en las cotas 2045 y 2000 msnm en las laderas izquierda y derecha de la sección respectivamente, y podría estar desarrollándose muy cerca de la superficie desde dichos puntos hacia aguas abajo, hasta descargar en la corriente localizada al fondo del valle. En el depósito aluvial asociado a la corriente, la tabla de agua debe alejarse de la superficie del terreno, profundizándose en la medida que lo permitan los niveles de la corriente, los cuales controlarían los tramos finales de la tabla de agua en este sector aluvial.

Este comportamiento estaría evidenciado por los resultados del SEV2-UF4, según los cuales el nivel freático se identificó a 4.5m de profundidad, así como por los resultado de los sondeos PEPA-PET-TAL8 y PEPA-PT-TAL9, que presentan la tabla de agua a 6.0 metros de profundidad.

Las surgencias en las cotas 2045 y 2000 msnm fueron identificadas en los puntos de agua PA-M-36 y PA-M-34.

Los depósitos coluviales que se presentan en ambas márgenes de la quebrada La Magdalena, son catalogados como zona de descarga.

- Sección C – C'

En la medida que esta sección cubre las dos laderas de una misma montaña, el flujo en esta sección se da en dos direcciones, una en dirección NW y la otra en dirección SE. La morfología de la sección es de laderas de montaña con pendientes entre 16° - 20°.

En la cima de la montaña pueden esperarse profundidades de la tabla de agua superiores a 10 m. La tabla de agua que va hacia el SE iniciaría en la unidad TQvs – Sr+IIA y aproximadamente en la abscisa 400 de la sección estaría ingresando a la formación coluvial que aparece entre las cotas 2400 y 2300 msnm, atravesándola a profundidades entre los 10 m (esta es la profundidad del nivel freático reportada en la perforación PEPA-PT-MUR-7) y los 6,5 m (esta es la profundidad del nivel freático registrado en el SEV3-UF4).

La tabla de agua debe continuar en cercanías del contacto entre la unidad Avalanchas ardientes y Escombros (Tqva) y la unidad Sedimentario Volcánica la Magdalena (TQsv), hasta encontrarse posiblemente con el nivel base del río Bobo.

- Sección D – D'

Esta sección presenta pendientes entre 6° - 15°.
En la zona alta de la ladera se espera que la tabla de agua se encuentre a profundidades mayores a los 10 m, en cercanías del contacto entre la formación TQsv y la formación TQvlp, ambas con características de productividad baja.

Desde esta zona hasta la zona en la que se ejecutó el SEV4-UF4, se espera que la tabla de agua se vaya acercando gradualmente a la superficie hasta alcanzar la profundidad de 9 m registrada en el sondeo mencionado.

En el sondeo PEPA-PT-TAL-35 de 22 metros de profundidad y localizado a 510 metros al SE del SEV, se reportó el nivel freático a 20.78 m de profundidad, indicando que el flujo en esta zona se da a través de la formación TQvlp en dirección SE.

Desde esta zona y continuando hacia el SE, la tabla de agua debe estarse desarrollando de manera básicamente paralela a la superficie de la ladera hasta alcanzar el nivel del río Bobo.

- Sección E – E'

La morfología de esta sección corresponde a la de un valle aluvial abierto con laderas bajas y pendientes entre 15° - 20°.

Se identifican dos líneas de flujo que confluyen en la zona más baja de la sección en cercanías a las perforaciones PEPA-PT-TAL-16 y PEPA-PT-TAL-17.

La tabla de agua en la zona izquierda de la sección puede estar iniciando por debajo del contacto entre la formación TQvlp y la formación TQsv, ambas con características de baja productividad y se desarrollaría en forma descendente, siguiendo de manera aproximadamente paralela la orientación de la superficie de la ladera. En la zona correspondiente al SEV1-UF5 se estima que la profundidad de la tabla de agua es del orden de 9 m, mientras que en aquella asociada al sondeo PEPA-PT-TAL-16 se espera una profundidad de 15.0 metros de profundidad.

La tabla de agua en la zona derecha de la sección tendría un comportamiento similar al de la tabla de agua de la zona izquierda de la sección pero descendiendo no hacia el SE sino hacia el NW, con tendencia paralela a la superficie de la ladera; en el sondeo PEPA-PT-TAL-17 localizado a 740 metros al NE del SEV1-UF5 se registraron niveles freáticos a una profundidad de 25 metros.

Las tablas de agua a izquierda y derecha de la sección confluyen en la quebrada El Quetal, localizada al SW de la sección.

- Sección F – F'

En el SEV2-UF5 el nivel freático se presenta a 25m de profundidad; en el sondeo PEPA-PT-TAL-25 localizado a 120m del SEV y con 16 metros de profundidad, el nivel freático se presenta a 19.4m. La tabla de agua tiene la dirección de flujo hacia el NW y descarga en el punto de agua PA-M-40 en la cota 3018 msnm, en la zona en la que se da el cambio de pendiente de la ladera, que es del orden de 20ª hacia el SE y prácticamente horizontal hacia el NW.

La morfología del área es de colinas medias a bajas con pendientes entre 6° - 20°. La dirección de flujo es hacia el NW.

- Sección G – G'

La tabla de agua subterránea se desarrolla en dirección NE. Los resultados obtenidos en

el SEV3-UF5 indican una profundidad de tabla de agua de 5.0m, con lo cual es cercanías de dicho punto el flujo se estaría dando a través de la formación coluvial. Esto se confirma además con los resultados del sondeo PEPA-PT-TAL-27, localizado a 40m de distancia del SEV, en el cual se registró el nivel freático a 1.2m de profundidad.

La tabla de agua con dirección de flujo hacia el NE continúa hasta el nivel base de la quebrada Los Lirios. La morfología de la zona de la sección es de colinas bajas con pendientes entre 6° - 10°.

- Sección H – H'

Tanto el SEV4-UF5.y el sondeo PEPA-PT-TAL-30 de 16m de profundidad, localizados en la unidad de Cenizas y Pumitas (TQvf) no reportaron niveles freáticos. El sondeo PEPA-PT-PP1 de 13.35m de profundidad y localizado en la unidad de Lluvia de Cenizas (Qvc), registró el nivel freático a 12.5m de profundidad y se encuentra entre el contacto de las unidades mencionadas y presenta una dirección de Flujo hacia el SE, donde probablemente llegará el nivel base de la quebrada Piedra Pintada. La morfología de la sección es de colinas bajas con pendientes entre 6° - 15°.

– *Resultado del Modelo hidrogeológico conceptual*

La descripción del Modelo Hidrogeológico Conceptual de una determinada área está controlada por el desarrollo de su geología histórica y de sus patrones estructurales, que a su vez se convierten en el principal soporte para la manera cómo evolucionan sus condiciones hidrogeológicas. Con esta información se fijan las pautas para describir el citado modelo, de utilidad en la definición de la distribución espacial y en el subsuelo de las diferentes unidades hidrogeológicas con sus características litológicas, espesores, variaciones laterales y en profundidad, como también el comportamiento de cada una de ellas referido a la capacidad de almacenamiento de agua subterránea y a su calidad y a la dirección del flujo subterráneo. De este modo, se identifican zonas de recarga (infiltración), zonas de tránsito y zonas de descarga del agua subterránea.

La historia geológica para el área del proyecto Rumichaca – Pasto Tramo Pedregal – Pasto con una longitud total de 15.75 kilómetros y un área de influencia de 3.15 km^2, presenta un basamento conformado por del Complejo Migmatítico de la Cocha – Río Téllez localizado al este de la Cuchilla Loma Larga.

Se estima que en la acreción continental y orogénesis sucesivas; posiblemente durante el evento Orinoquense (1.200 m.a), las rocas fueron sometidas a metamorfismo de alto grado que produjo la migmatización y aparentemente conformó un cinturón granulítico en la parte occidental del escudo precámbrico que se correlaciona con el Complejo

Migmatítico de la Cocha – Río Téllez. Posterior al plegamiento de las unidades de basamento y de acuerdo a los estudios bibliográficos se asume que no hubo acumulación de otras unidades en el Cretácico Superior, al final del Mioceno esto a partir de la falta de exposición de elementos que confirmen o refuten esta hipótesis y que en el área no se ha reportado retrabajamiento de unidades diferentes a las volcánicas que son objeto de intervención en el trazado vial.

Estructuralmente el trazado vial se encuentra enmarcado en una tectónica compleja debido a la convergencia de las tres cordilleras Colombianas, junto con el estrechamiento y levantamiento de las depresiones interandinas del Valle del Magdalena y del Cauca – Patía, presentándose en la zona de influencia del trazado vial la influencia de las Fallas Patía-Guácara, Falla San Ignacio, el sistema de fallas del Romeral, el sistema de fallas del río Magdalena, Falla Afiladores y la Falla de Pasto.

La falla Guáitara, se ubica al sur de la ciudad de Pasto al suroeste de Colombia, presenta una cubierta volcánica de edad Neógeno. Esta falla se ha asociado al sistema de fallas de Romeral, con una geometría dextral, de acuerdo con el comportamiento común de otras fallas cercanas cuaternarias; compatible con el campo actual esfuerzo de compresión WSW-ENE, originando profundos valles en forma de V, características topográficas lineales y controlando los drenaje superficiales y subterráneos. (París et al., 2000; París, G., 1993 y, París, G., y Romero, J., 1994)

La falla San Ignacio se encuentra al Este del trazado vial a unos 5 kilometros de distancia, esta falla presenta una dirección NE atravesando los cráteres de los antiguos volcanes El Gallo, Ocoyuyo y San Fernando.

Según Paris et al., 2000, el Sistema de fallas de Romeral es uno de los sistemas de fallas más activos y continuos en Colombia. El nombre más antiguo es el megacizalla Guayaquil-Dolores, que implica toda una serie de fracturas paralelas en el oeste de Colombia. Su trazo principal pasa por el volcán Galeras, tiene una dirección N45°E y, hacia el sur tiende a N10°E, donde continua su trazo por el río Guáitara. La Falla Buesaco se asocia a este sistema; es común encontrar complejos caldériticos en el trazo de estas fallas.

El sistema de fallas del río Magdalena parte del Sistema de fallas del Romeral con dirección EW y N30°E. Este inicio de trazo se encuentra aproximadamente a 1 kilómetro del corredor vial en el sector del K2+300. Corta el trazado de la UF 4 en los primeros 5 kilómetros en tres sectores diferentes.

La falla Afiladores se presenta a 18 kilómetros del trazado vial en el constado oriental y es definida como una falla del cabalgamiento por Ponce, (1979) más al sur; y ejerce control tectónico sobre la Lagua La Cocha.

La falla de Pasto tiene un rumbo de N40°E a N50°E y cruza el proyecto vial a la altura del kilómetro 14.7, sin rasgos tectónicos en los afloramientos de la zona que evidencien el

trazo de este lineamiento.

Las condiciones estructurales y tectónicas que generan las fallas mencionadas y su convergencia en la zona de estudio generan un alto grado de diaclasamiento y fracturamiento de las rocas volcánicas presentes en la zona de estudio que pueden estar controlando los flujos subterráneos bien sea como zonas de flujo preferencial o como zonas de barreras o diques subterráneos.

En el área de estudio afloran rocas metamórficas precambrianas que conforman el basamento, donde se encuentran suprayaciendo discordantemente rocas y depósitos de afinidad volcánica reciente, además de depósitos de sedimentos superficiales concentrados en el río Guáitara y en sus afluentes principales.

El basamento hidrogeológico del área está representado por el Complejo Migmatítico de la Cocha y las rocas volcánicas como lo son el Conjunto sedimentario volcánico de la Magdalena, Lavas, Flujos de Ceniza y Pumita, Lahares y piroclásticos, rocas que afloran a lo largo del trazado vial UF4 y se encuentran cubiertas en gran medida por depósitos de origen volcánico reciente, así como de suelo residual o saprolito producto de la meteorización in situ y en las estribaciones de las principales corrientes superficiales se presentan depósitos aluviales.

Este basamento hidrogeológico desarrolla una porosidad secundaria por fracturas y diaclasas de carácter muy local que permite el almacenamiento de agua subterránea, ya que en el contexto regional se considera impermeable. El mencionado basamento es recargado entonces por las corrientes superficiales y la lluvia en aquellas zonas localmente fracturadas, originando flujos subterráneos que siguen la inclinación heterogénea de las fracturas y diaclasas, donde la capacidad de almacenamiento está supeditada a la densidad del fracturamiento, a la amplitud de esas fracturas, a su profundización y a su relleno.

En general, considerando la tectónica y la convergencia de los diferentes sistemas de fallas se manifiestan dos direcciones preferenciales NNE - SSW, longitudinal y extenso, común en toda la Cordillera Occidental y sistemas transversales menores de dirección NE – SW, el flujo subterráneo es controlado por ésta situación, ocurriendo su descarga a través de escaso número de manantiales que contribuyen al flujo base de pequeñas quebradas, las cuales a su vez contribuyen a la recarga del Depósito recientes y aluviales.

Los depósitos recientes que se encuentran en el área de estudio cubriendo sectorizadamente el basamento hidrogeológico son los depósitos volcánicos sin diferencias (TQvsd), los depósitos aluviales de terraza (Qt), los depósitos coluviales (Qc) y los depósitos aluviales (Qal), son depósitos heterogéneos de los materiales de arrastre como consecuencia de las fuertes pendientes en la zona y composición variada de las diferentes rocas presentes en el área de estudio, así como consecuencia de la depositación por la actividad volcánica en la zona, estos depósitos desarrollan una porosidad primaria.

De estos depósitos el comportamiento hidrogeológico es homogéneo para depósitos volcánicos sin diferencias (TQvsd) y los depósitos aluviales de terraza (Qt) los cuales no tienen gran importancia hidrogeológica ya que su capacidad de almacenamiento es muy baja y no tienen la capacidad de trasmitir agua. A pesar de esta condición hidrogeológica se pueden llegar a desarrollar manantiales con muy bajos caudales en el contacto de la roca y los depósitos, esto se puede dar con mayor frecuencia en zonas de fuerte pendiente. El comportamiento de los flujos en estos depósitos está influenciado primordialmente por la topografía en la cual se encuentran, siempre considerando una dirección de flujo en el sentido de la topografía, siempre de una mayor elevación y siguiendo el gradiente de la topografía.

Los depósitos coluviales (Qc) y depósitos aluviales (Qal) se caracterizan por una litológica predominantemente fina compuesta por un material arcilloso, arenas finas, limos y gravas muy poco compacto y sin estructuras evidentes; donde los minerales de la roca madre en buena parte han desaparecido por efecto de oxidación y diversos procesos de meteorización, permiten el desarrollo de una porosidad primaria. Estas dos unidades son las de mayor importancia hidrogeológica de la zona de estudio por su clasificación como acuíferos locales y en el caso de los depósitos aluviales pueden llegar a considerarse regionales. Los depósitos coluviales presentan una dirección de flujo en el sentido de las pendientes en el cual se encuentran soportados, mientras que los depósitos aluviales tienen gran influencia de las corrientes superficiales adyacentes, por lo cual se estiman direcciones de flujo en el mismo sentido de las corrientes superficiales y algunos flujos de recarga desde los ríos hacia los depósitos.

En el área de estudio no se puede determinar la caracterización hidráulica del basamento hidrogeológico representado principalmente por las diferentes unidades Volcánica, debido a la ausencia de captaciones que permitan la ejecución de pruebas de bombeo, condiciones asociadas a la fuerte compactación de estas rocas que las hacen regionalmente impermeables, exceptuándose aquellas zonas localmente fracturadas caracterizadas por la presencia de manantiales de bajo caudal. La extrapolación de parámetros hidráulicos conocidos en otras áreas, señalan para estas rocas solo para zonas fracturadas valores promedios para la Transmisividad de 0.25 m^2/día con Conductividad Hidráulica del orden de 0.0015 m/día, estimándose un espesor para las zonas fracturadas entre 10 y 20.0 m, razón por la cual se clasifica regionalmente como Acuicludo (impermeable) pero localmente como Acuitardo al estar supeditado a la densidad del fracturamiento.

En cuanto a la unidad hidrogeológica conformada por los depósitos recientes volcánicos sin diferencias (TQvsd) y los depósitos aluviales de terraza (Qt), su caracterización hidráulica se estima basados en la litología presentada en las muestras obtenidas de las perforaciones exploratorias, apiques y demás investigaciones de campo realizadas dentro del estudio, de los cuales se tienen que pueden tener espesores variables desde los 5 m hasta los 80 m y niveles estáticos por debajo de los 20 m de profundidad. Se

estima una Conductividad Hidráulica promedio de 0.0007 m/día y valores de Transmisividad que oscilan entre 0.0035 y 0.056 m^2/día. Por predominar en ésta unidad la granulometría fina con bajos valores para sus parámetros hidráulicos, se clasifica como Acuitardo.

Con respecto a los depósitos coluviales (Qc) y depósitos aluviales (Qal) dentro de las actividades de campo y principalmente del inventario, se identifican captaciones como aljibes por medio de los cuales se estiman espesores entre 5 a 20 m y basados en su explotación y composición litológica se estima una Conductividad Hidráulica entre 0.50 y 0.1 m/día, con Transmisividad entre 0.5 y 10 m^2/día, confiriéndole propiedades de acuífero de tipo libre, su recarga se da por la infiltración directa del agua lluvia y por la recarga directa desde las corrientes superficiales.

Con base en los resultados de la interpretación hidrogeoquímica de las tres fuentes de agua subterránea muestreadas se encuentran aguas con predominancia de bicarbonatos principalmente y contenidos de magnesio y sodio mostrando que las aguas almacenadas en las unidades hidrogeológicas captadas por estas tres fuentes muestreadas son aguas jóvenes con poco tiempo de recorrido y permanencia en la roca.

Como zonas de recarga importante en el área de estudio se encuentran las zonas con alta densidad de fracturas por la actividad tectónica, y principalmente en las partes altas donde la recarga adicionalmente del agua que se infiltre en eventos de precipitación, también se da por condensación de niebla durante gran parte del día; para los depósitos aluviales la recarga se da de forma directa por la interacción con las corrientes superficiales.

La descarga del sistema hidrogeológico de la zona se da mediante manantiales de bajo caudal, la interacción con las corrientes superficiales y en una menor medida la evapotranspiración que genera la vegetación presente en la zona.

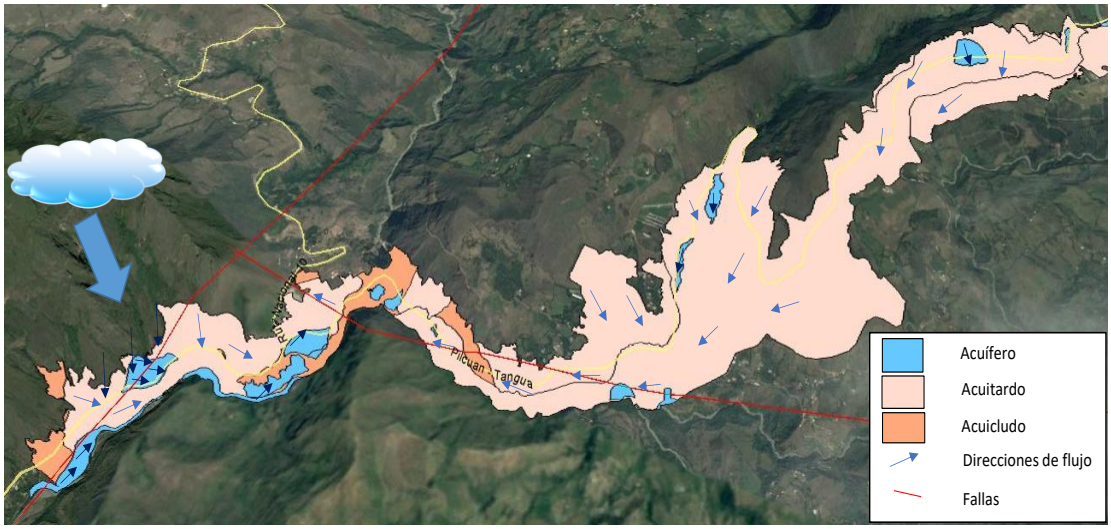


Figura 5.1.134 Comportamiento de los flujos en las unidades hidrogeológicas de la zona de estudio

– *Análisis conceptual de efecto de las obras sobre el sistema de aguas subterráneas*

Como se ha indicado en los numerales pasados de este capítulo, la configuración geomorfológica / hidrogeológica típica de la zona del proyecto consiste en laderas con distintos niveles de inclinación bajo cuyas superficies el agua subterránea genera una tabla de agua más o menos profunda, dependiendo de la forma específica de la sección, de las características hidrogeológicas de las formaciones geológicas existentes y de la presencia de cuerpos de agua.

Las obras del proyecto consisten básicamente en la conformación de una vía a media ladera, para lo cual se estarán conformando excavaciones del lado de la vía en el que la ladera presenta sus niveles más altos.

La Figura 5.1.135 muestra en azul la configuración esquemática del sistema previamente a la ejecución del proyecto; se ha considerado el caso de una ladera descendente hacia la izquierda. En el esquema pueden distinguirse la escorrentía superficial y la tabla de agua, con orientación más o menos paralela a la superficie de la ladera, terminando su recorrido en el cauce que cierra la ladera abajo.

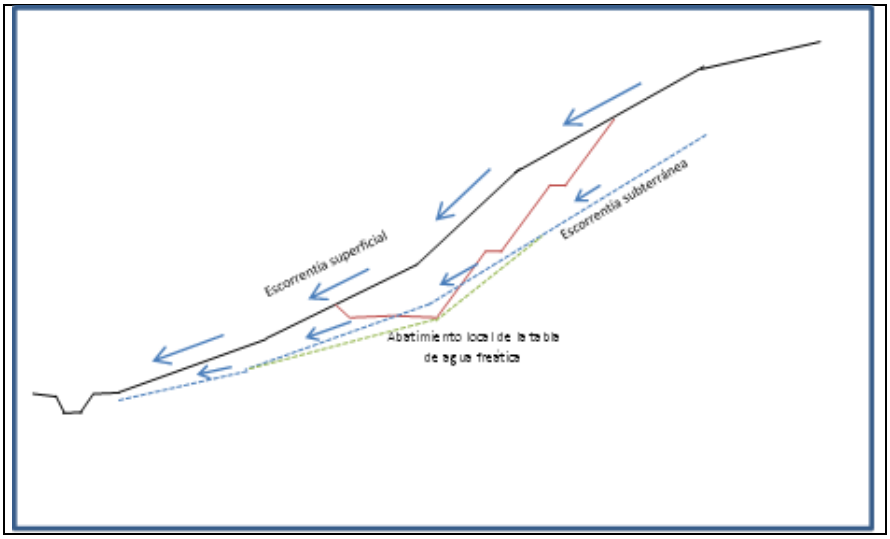


Figura 5.1.135 Configuración esquemática del sistema sin proyecto
Fuente: (INGETEC, 2016)

Con una línea roja continua se ha representado la superficie proyectada, con cortes altos a la derecha y bajos a la izquierda. El esquema muestra el caso en el que las superficies resultantes de las excavaciones asociadas a la conformación de la vía cortan la tabla de agua subterránea previa al proyecto. Esto puede o no suceder dependiendo de la profundidad a la que se encuentre la tabla de agua y de la profundidad de las excavaciones.

Como parte de la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos de la zona se realizó un análisis de profundidad de niveles freáticos en la zona de estudio. Este análisis partió de la información disponible en cuanto a puntos de agua y mediciones de profundidad del nivel freático e incluyó una evaluación de pendientes y concavidad / convexidad de las superficies para zonificar la zona de estudio de acuerdo a las profundidades esperadas de las aguas subterráneas. La zona de estudio se dividió en áreas con profundidades de tabla de agua subterránea entre 5 y 10 m y entre 10 y 20 m, observándose que este último caso puede ser el más frecuente.

En las zonas en las que la tabla de agua se encuentre por debajo de la zona intervenida por el proyecto, el efecto del mismo sobre las aguas subterráneas correspondería a una reducción en la recarga por precipitación asociada a la impermeabilización de una parte de la superficie de la ladera bien sea por pavimentación o por revestimiento de superficies de excavación; en la medida que el área asociada a este tipo de intervenciones es muy poco significativa con respecto al área en la que actualmente puede darse el proceso de infiltración y recarga, este efecto se considera muy poco significativo. Adicionalmente, es pertinente mencionar aquí que los caudales que dejen de infiltrarse serán drenados y entregados a las mismas corrientes receptores como aguas de escorrentía.

En las zonas en las que las excavaciones sí lleguen a interceptar la tabla de agua subterránea, como en el caso que se muestra en la Figura 5.1.135, adicionalmente al recién discutido efecto sobre la recarga del sistema se presentaría un efecto sobre los niveles freáticos así como sobre la cantidad de agua subterránea.

El efecto sobre los niveles freáticos se ilustra de manera conceptual en la Figura 5.1.135 mediante las líneas verdes: como consecuencia de la interrupción de las tablas de agua subterránea por la excavación se generaría un abatimiento de dichas tablas. Este abatimiento será de tipo local y estará asociado a que las aguas subterráneas interceptadas saldrán a superficie en un primer momento al nivel de intercepción, pero a largo plazo en el punto más bajo de la sección excavada del lado aguas arriba del flujo subterráneo. Teniendo en cuenta las características de baja conductividad propias de las formaciones de la zona, el abatimiento tendrá que ser local, limitándose principalmente a la zona localizada bajo la superficie de excavación y a algunos metros aguas arriba y aguas debajo de dicha superficie.

En cuanto a la cantidad de agua, la salida a superficie de las aguas subterráneas asociada a la excavación implicará una transformación de caudales subterráneos en caudales de escorrentía superficial. Teniendo en cuenta las características de baja conductividad hidráulica y baja porosidad de las formaciones de la zona, así como los consiguientes valores bajos de recarga por precipitación, se considera que los caudales que podrían estar surgiendo a superficie serían poco significativos en la dinámica hidrológica del sistema (los porcentajes de recarga estimados con respecto al total precipitado son inferiores al 3%) y se estima que su efecto en lo que se refiere a caudales base en las corrientes receptoras sería imperceptible.

- Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación

En este documento se presentan las definiciones de los principales conceptos relacionados con la vulnerabilidad de los acuíferos y la metodología empleada para su evaluación para el Tramo Pedregal – Catambuco.

La Asociación Internacional de Hidrogeólogos –AIH[3], emplea y recomienda el empleo del término vulnerabilidad como una propiedad intrínseca de un sistema hidrogeológico que depende de la sensibilidad del sistema a impactos de origen natural y humano. La caracterización de la vulnerabilidad es una aproximación cualitativa y no cuantitativa. La selección del método GOD, obedece a la cantidad, calidad y disponibilidad de información. En Colombia, la escogencia de la metodología es limitada debido a la escasez de información hidrogeológica.

[3] Vrba, J. y Zaporozec, A.: Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), 1994

Este documento se enfoca en el método de índice GOD, dado su amplio reconocimiento y utilización. Este método evalúa la vulnerabilidad a una carga contaminante puesta en superficie (flujos verticales descendentes).

De acuerdo con Custodio[4], la vulnerabilidad corresponde a una medida cualitativa o cuantitativa de la mayor o menor facilidad con la que se puede causar un perjuicio (daño, deterioro o degradación). Refiere a un perjuicio potencial concreto y a la susceptibilidad que tiene un determinado medio natural a ser afectado por ese perjuicio. Por lo tanto la vulnerabilidad intrínseca se refiere a la sensibilidad del acuífero a una cierta acción o forma de acción y no a la intensidad, oportunidad y aplicación de esta acción, factores que conforman el riesgo. Para el caso concreto de los acuíferos, constituye a proteger el agua subterránea.

– *Evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos*

o Metodología

La propuesta metodológica está basada en la combinación de diferentes parámetros (litología, suelo, espesor de la zona no saturada, etc.), y se utilizan para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca. Cada parámetro es puntuado cuantitativamente y se le asigna un distinto valor de ponderación para determinar el resultado final que es un índice numérico de vulnerabilidad (iV). Para un método n de parámetros P y n factores de ponderación fP, el índice de vulnerabilidad iV se calcula como:

$$iV = \sum_{j=1}^{n} fP_j \times P_j$$

Mediante la obtención de este valor iV, y de acuerdo con el método usado, la vulnerabilidad de los acuíferos se clasifica desde baja, media, alta, muy alta hasta extrema, definidos en la Tabla 5.1-70

Tabla 5.1-70 Definición de las clases de vulnerabilidad[5]

CLASE DE VULNERABILIDAD	DEFINICION
Muy Alta	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación
Alta	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fuertemente absorbidos o fácilmente transformados) en muchos escenarios de contaminación

[4] Emilio Custodio, Ramón Llamas. Hidrología Subterránea. [ed.] Omega. 1994. Vol. II.
[5] Assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination: The Italian" combined" approach. Civita, Massimo y Maio, Marina de. 1990. En Propuesta metodológica ANLA, 2010.

Moderada	Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados
Baja	Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo
Muy Baja o Despreciable	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante

Fuente: Modificado por INGETEC, 2016

Los resultados del cálculo del *iV* pueden variar <0,1 y 1,0, obteniendo las categorías de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación, presentados en la Tabla 5.1-71.

Tabla 5.1-71 Categorías de vulnerabilidad para el método GOD

PUNTAJE	VULNERABILIDAD
0.7 – 1.0	Muy Alta
0.5 – 0.7	Alta
0.3 – 0.5	Moderada
0.1 – 0.3	Baja
<0.1	Muy Baja o Despreciable

Fuente: Modificado por INGETEC, 2016

El mapa de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación representa sectores de vulnerabilidad homogénea para el área de influencia asociada al Tramo Pedregal – Catambuco, como resultado de la aplicación de la metodología descrita GOD. Este mapa representa la capacidad que tiene el medio para proteger los acuíferos de la contaminación. Cabe aclarar que este mapa representa la vulnerabilidad del acuífero y no de los puntos de captación específicos (perímetros de protección) y, por consiguiente, busca proteger el recurso hídrico subterráneo y no a las captaciones.

El mapa de vulnerabilidad corresponde a una primera aproximación del riesgo potencial del agua subterránea a la contaminación para el área de influencia asociada al Tramo Pedregal – Catambuco; y debe ser actualizado periódicamente a medida que la información que alimenta el modelo es actualizada o ampliada. El mapa involucra el modelo geológico del área de influencia asociada al Tramo Pedregal – Catambuco y sus respectivas unidades hidrogeológicas representadas según el tipo de acuífero asociado.

- Resultados

La metodología para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca, se enfoca hacia los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés (Acuíferos someros y profundos – Acuíferos con flujo intergranular – Zona de recarga asociada cuenca del río Bobo y la quebrada La Magdalena), ya que se considera que las características de la zona no saturada, son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante y una vez contaminados, este fenómeno se puede inducir fácilmente hacia

los horizontes profundos.

El régimen hidráulico para el área de influencia Pedregal – Catambuco está representado por acuíferos libres a confinados. La profundidad del agua subterránea varía en los acuíferos libres entre 3 y 7 m de profundidad (vulnerabilidad moderada) y para los acuíferos confinados entre 8 y 30 m (vulnerabilidad baja a muy baja). Para estos últimos implica que el tiempo de tránsito para un contaminante en alcanzar el agua subterránea será mayor también, lo que proporciona más posibilidad de atenuación de una cierta carga contaminante por degradación o retención natural. Las características litológicas determinan las áreas asociadas a los depósitos cuaternarios como los medios acuíferos con granulometrías mayores no litificadas con menor capacidad de atenuación de la zona no saturada o de las capas semiconfinantes a los elementos contaminantes.

El área de intervención directa del trazado Pedregal – Catambuco y sus obras anexas se ubican principalmente sobre unidades con vulnerabilidad muy baja a moderada, cuyo predominio se enfoca en la vulnerabilidad muy baja asociada a acuíferos confinados con escasos a limitados recursos de aguas subterráneas, sin efectos de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de los acuíferos dadas las características diagnósticas descritas en este documento (Ver Anexo 5.1.8, anexo 5. Mapa Hidrogeológico 6. Mapa Vulnerabilidad Acuíferos).

El acuífero más somero es libre, aunque con algunos lentes arcillosos que producen confinamientos muy puntuales; por no encontrarse conectado hidráulicamente, se le asigna un índice de 0.8 en el Parámetro “G” considerándose regionalmente en condiciones de no confinamiento. Está conformado por depósitos aluviales (Qal), corresponde a sedimentos tipo limo arenas y gravas, los fragmentos están compuestos por andesitas porfiríticas y aglomerado volcánico y pertenece a la cuenca de la quebrada La Magdalena. Este depósito aluvial se considera como acuífero libre con permeabilidad alta, pero controlado por las laderas medias del valle en “U”. Otros depósitos aluviales están asociados al río Guáitara, Bobo y Sapuyes. Otro acuífero libre presente en el AID, incluye los depósitos coluviales (Qc) se caracterizan por presentar baja permeabilidad, y están conformados acuíferos de extensión local y discontinua. Son en general heterométricos, pobremente seleccionados, de granulometría heterogénea y de porosidad intermedia.

Este acuífero presenta variaciones faciales en la horizontal y vertical y en el espesor de los sedimentos, que aumentan hacia la parte central del valle del rio Bobo y la quebrada La Magdalena; la base de este acuífero, corresponde a depósitos de cenizas y pumitas y rocas del Complejo Sedimentario Volcánico La Magdalena. El acuífero es esencialmente confinado semiconfinado. La distribución de vulnerabilidad a la contaminación baja se distribuye entre las abscisas K0+450-K0+910, K2+000-K2+280, K3+060-K3+070, K3+500-K3+550, K6+035-K6+520, K3+150-K3+170, K24+050-K24+150, K27+400-K27+420 y en el K31+390-K31+405.

Las áreas de baja vulnerabilidad a la contaminación indican que la zona no saturada es de gran espesor y con gran contenido de materiales semipermeables con baja capacidad de almacenamiento y transmisividad.

Las áreas de vulnerabilidad moderada, se asocian a los acuíferos más someros que de acuerdo a que son inconfinados y litológicamente más permeables, son los más susceptibles a ser afectados adversamente por una carga contaminante (Mapa Vulnerabilidad de los acuíferos ver Anexo 5.1.8, anexo 6. La vulnerabilidad moderada se distribuye entre las abscisas K6+960-K7+070, K11+295-K11+575, K12+400-k12+450 que litológicamente corresponde a depósitos coluviales y en la abscisa K12+850-K13+000 en depósitos antrópicos, pero las intervenciones de las actividades en estos sectores durante construcción corresponden a Terraplenes, cortes y mejoramiento de obras estructurales como ponteaderos.

La vulnerabilidad moderada representa en el Tramo Pedregal – Catambuco que la zona saturada está conformada capas y/o horizontes de sedimentos de bajo espesor cuyo predominio litológico incluye sedimentos con texturas con altos contenidos de arena, grava de alta permeabilidad y capacidad de almacenamiento.

Distribución de los tipos de vulnerabilidad intrínseca evaluada para el área de influencia del Tramo Pedregal – Catambuco.

La distribución de las categorías de vulnerabilidad presentes en el Tramo Pedregal – Catambuco, se describen a continuación. (Ver
Tabla 5.1-72 y Tabla 5.1-73).

Tabla 5.1-72 Categorías de vulnerabilidad en el tramo Pedregal – Catambuco

TIPO VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	AREA (m2)
Baja	Acuíferos vulnerables a contaminantes muy móviles y persistentes y a eventos de contaminación continuos durante largos periodos de tiempo.	699,4
Moderada	Acuíferos vulnerables a contaminantes relativamente móviles y/o persistentes o a eventos continuos de contaminación causados durante largos periodos de tiempo.	281,7
Muy baja	Capas confinantes que representan un obstáculo que dificulta en alto grado un flujo significativo de los contaminantes hacia el acuífero.	18.355,0

Fuente: Modificado por INGETEC, 2016

Con base en la caracterización realizada el área de estudio se considera una zona con bajo potencial hidrogeológico, en la medida que en su mayor parte está cubierta por unidades hidrogeológicas de baja productividad o bien por rocas impermeables con limitados recursos de aguas subterráneas; adicionalmente como se mencionó en la mayor parte del

área de estudio se estiman profundidades de la tabla de agua mayores a los 10 m, mientras que los valores de recarga por precipitación estimados son inferiores al 3%.

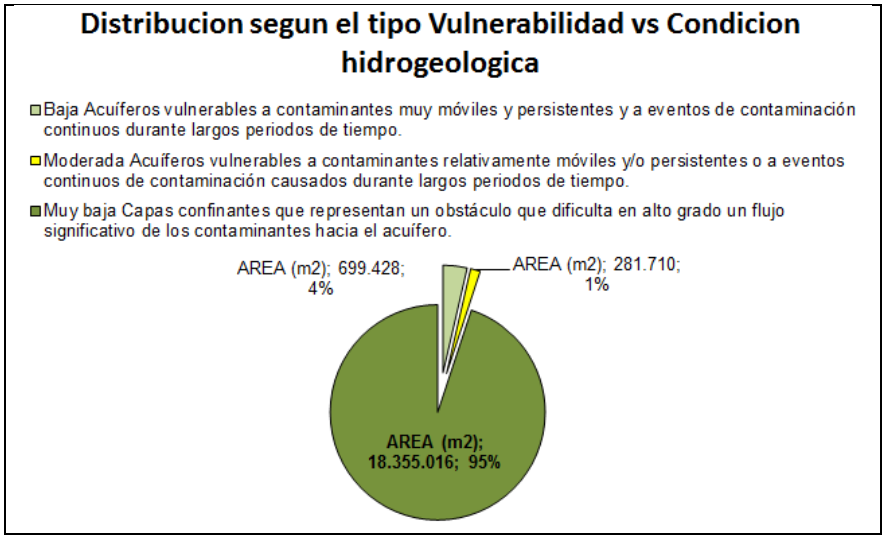


Figura 5.1.136 Distribución según tipo de Vulnerabilidad vs Condición hidrogeológica

Fuente: (INGETEC, 2016)

De acuerdo con lo anterior, no se espera ningún efecto significativo del proyecto sobre el sistema hídrico subterráneo de la zona de estudio. Por efecto de la impermeabilización de superficies asociada al proyecto se presentaría una reducción del área de recarga por infiltración; este efecto se considera no significativo debido a que la proporción del área intervenida al área en la que se puede estar dando actualmente el proceso de recarga es muy pequeña.

En zonas puntuales en las que las superficies de excavación pudieran llegar a interceptar la tabla de agua, podrían presentarse abatimientos locales del nivel freático alrededor de la superficie excavada y salida a superficie de los caudales de agua subterránea cuya tabla de agua sea interceptada. Este efecto se considera no significativo debido a que los abatimientos se darían básicamente bajo las mismas superficies excavadas o bien a algunos metros de la misma y a que los caudales de escorrentía subterránea –cuyo aporte a las corrientes de la zona de estudio puede considerarse poco relevante debido a los reducidos valores de recarga estimados- no se estarían perdiendo sino que se estarían convirtiendo en caudales de escorrentía superficial.

El régimen hidráulico en el área de influencia Pedregal – Catambuco está representado por acuíferos libres a confinados, donde la profundidad del agua subterránea varía en los acuíferos libres a nivel superficial hasta los 7 m de profundidad se considera que estos presentan una vulnerabilidad moderada, mientras que para los acuíferos confinados varía entre 8 y 30 m, son considerados de vulnerabilidad baja a muy baja. Para estos últimos implica que el tiempo de tránsito para una carga contaminante en alcanzar el

agua subterránea será mayor, lo que proporciona más posibilidad de atenuación del medio subterráneo de cierta carga contaminante por degradación o retención natural. Las características litológicas determinan las áreas asociadas a los depósitos cuaternarios como los medios acuíferos con granulometrías mayores no litificados con menor capacidad de atenuación de la zona no saturada o de las capas semiconfinantes a los elementos contaminantes, constituyen las zonas con mayor sensibilidad a la carga contaminante y menor capacidad de atenuación a la misma.

Las áreas de baja vulnerabilidad a la contaminación indican que la zona no saturada es de gran espesor y con gran contenido de materiales semipermeables con baja capacidad de almacenamiento y transmisividad, asociadas principalmente a acuíferos confinados con baja permeabilidad, niveles freáticos entre 10 y 20 m de profundidad ubicados en zonas con escurrimientos altos y baja capacidad de almacenamiento acorde con el balance hídrico superficial de la cuenca del río Bobo y La Magdalena. La vulnerabilidad moderada representa en el Tramo Pedregal – Catambuco que la zona saturada está conformada capas y/o horizontes de sedimentos de bajo espesor cuyo predominio litológico incluye sedimentos con texturas con altos contenidos de arena, grava de alta permeabilidad y capacidad de almacenamiento.

La vulnerabilidad muy baja de los acuíferos a la contaminación en el Tramo Pedregal – Catambuco es la predominante en un 95% del área de intervención, seguida de la vulnerabilidad baja con un 4% y finalmente con la vulnerabilidad moderada en un 1%.

5.1.9. Geotecnia

- Zonificación y cartografía geotécnica

Las características de estabilidad de los terrenos que serán afectados por cortes, rellenos y otros tipos de ocupación o nuevo uso, son esenciales para establecer medidas de tipo geoambiental a lo largo del corredor y en las áreas de infraestructua asociada al proyecto vial Rumichaca – Pasto sector Pedregal – Catambuco.

El carácter lineal y continuo de la futura nueva calzada Pedregal – Catambuco, induce a aplicar estrategias de caracterización geotécnica por sectores homogéneos acudiendo al análisis integral de subcomponentes geológicos, hidroclimáticos y morfológicos junto con el comportamiento de ingeniería esperado para los diferentes tipos de materiales (suelos y macizos rocosos) que existen a lo largo del corredor vial proyectado.

Se aprovecharán las categorizaciones de estabilidad asociadas a geoformas, unidades geológicas, procesos erosivos, pendiente del terreno y demás características geoambientales del territorio.

La zonificación y cartografía geotécnica se realizó con base en la información geológica, edafológica, geomorfológica y meteorológica. De acuerdo a la información presente en la

GDB del EIA se utilizaron los siguientes parámetros:

Tabla 5.1-73 Parámetros utilizados en la GDB del EIA

Componente	Parámetro GDB
Geología	Unidad Geológica
Topografía	Pendientes
Geomorfología	Erosión, Unidad Geomorfológica
Meteorología	Zonificación Climática

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Para el respectivo procedimiento de clasificación se asignaron valores de 1 a 5 en donde 1 es muy buena aptitud y 5 es muy mala aptitud frente a la estabilidad del terreno

Geología: Se estableció la estabilidad Geotecnia de la zona mediante la información suministrada por la formación o unidad geológica, de la siguiente manera. (Ver Tabla 5.1-74)

Tabla 5.1-74 Clasificación por unidad geológica

Unidad Geológica	*Descripción*	*Grado de Inestabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
Flujos de ceniza y pumita (TQvf)	Flujos laháricos compuestos por fragmentos de pumita, andesita, brecha en matriz areno limosa con algunas intercalaciones de cenizas volcánicas	3	Bajo
Lavas y cenizas (TQvlc)	Lavas andesíticas intercaladas con cenizas tipo “ash fall” y “ash flow”	3	Bajo
Lahares y piroclastos (TQvlp)	Intercalaciones de lahares con flujos piroclásticos	2	Medio
Lavas (TQvl)	Intercalación de lavas andesíticas, tobas y brechas volcánicas.	2	Medio
Conjunto sedimentario volcánico La Magdalena (TQsv)	Delgadas intercalaciones de arcillolitas, limolitas y arenisca de grano fino de colores claros con remanentes de diatomeas.	3	Bajo
Avalanchas ardientes y escombros (Tqva)	Tobas de lapilli y aglomerados producidos a partir de emisiones volcánicas de color violeta.	2	Medio
Depósitos aluviales (Qal)	Sedimentos de origen fluvial, asociados a niveles del rio Guaitará.	3	Bajo
Lluvia de cenizas (Qvc)	Cenizas “ash fall” que modelan la topografía actual, presentes niveles de paleosuelos.	3	Bajo

Unidad Geológica	*Descripción*	*Grado de Inestabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
Depósitos coluviales (Qc)	Depósitos matriz soportados con fragmentos angulares de rocas volcánicas intrusivas con composición básica a intermedia.	3	Bajo
Relleno antrópico (Qant)	Acumulación artificial de suelos naturales, fragmentos de roca o material de desecho.	2	Medio

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Erosión del Suelo: Se estableció el nivel de erosión del suelo mediante el parámetro Suelos. (Ver Tabla 5.1-75)

Tabla 5.1-75 (20) Clasificación según la erosión del suelo.

Erosión del Suelo	*Descripción*	*Grado de Estabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
Sin erosión	No se identifican procesos erosivos ni de sedimentación. Son zonas estables que presentan una condición aceptable. Por la tendencia regional a la deforestación se recomienda implementar medidas de protección ambiental para aguas y suelos.	1	Alta
Severa	Ausencia avanzada de cobertura vegetal y deterioro extremo de suelos por erosión natural clima seco y/o actividades antrópicas. Perdida > 75 % del horizonte A. Estas zonas no son aptas para ser intervenidas. Grado de erosión muy alto.	3	Baja
Sedimentación activa	No hay procesos erosivos Grado de erosión media.	2	Media

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Pendiente: Se estableció el valor de inclinación del terreno mediante un DEM (Modelo digital del terreno) asociado al parámetro geomorfología de la GDB. (Ver **Error! Reference source not found.**)

Tabla 5.1-76 Clasificación por pendiente del suelo

Pendiente del terreno	*Descripción*	*Grado Estabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
Pendiente de 0 a 8°	Terreno plano ha ligeramente inclinado, los procesos morfodinámicos son principalmente agradacionales.	1	Alta
Pendiente de 8 ° a 15°	Terreno inclinado.	1	Alta
Pendiente de 15° a 25°	Terreno fuertemente inclinado susceptible a fenómenos de remoción en masa.	2	Media
Pendiente de 25 a 45°	Terreno escarpado altamente susceptible a fenómenos de remoción en masa.	3	Baja
Pendiente > 45°	Terrenos no aptos para construcción de infraestructura.	3	Baja

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Geomorfología: Se estableció mediante el relieve de la zona. (Ver Tabla 5.1-77)

Tabla 5.1-77 Clasificación por geomorfología.

Geoforma	*Descripción*	*Grado de Estabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
Lomeríos de depósitos piroclásticos	Geoforma de origen volcánico y denudacional que exhiben relieves ondulados a planos, con pendientes bajas.	1	Alta
Colinas de mantos piroclásticos denudadas	Geoforma de origen volcánico y denudacional que exhiben relieves ondulados, con pendientes medias	2	Media
Laderas denudadas de pendiente abrupta	Geoforma de origen denudacional sobre depósitos de lavas y piroclastos que forma laderas inclinadas, con pendientes altas proclives a presentar fenómenos de remoción en masa y erosión avanzada.	3	Baja
Vallecito coluvio-aluvial de disección profunda	Valles coluvio-aluviales en forma de V producto de la erosión hídrica sobre laderas y colinas del área.	3	Baja
Valle aluvial pronunciado	Valle aluvial en forma de V con paredes de pendientes altas producto de procesos fluviales que ocasionan principalmente erosión sobre la	3	Baja

Geoforma	*Descripción*	*Grado de Estabilidad*	*Aptitud Frente a la Estabilidad*
	litología del área.		
Cuerpos antrópicos	Cuerpos antrópicos que exhiben relieves planos de pendientes menores a 12%.	1	Alta
Coluviones	Cuerpos sedimentarios de formas irregulares ubicadas topográficamente en zonas bajas y medias con respecto al relieve del área. Exhiben una topografía de inclinada a relativamente plana.	2	Media
Movimientos en masa, coronas y erosión	Corresponden a cuerpos de deslizamientos, flujos lodos, fenómenos de remoción en masa y superficies erosivas	3	Baja

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Descripción Geotécnica

Para la obtención de resultados se cruzó la información cartográfica mediante la siguiente estructura lógica. (ver Tabla 5.1-78)

Tabla 5.1-78 Estructura lógica de cualificación de la aptitud frente a la estabilidad del terreno.

Valor 1	*Valor 2*	*Valor Final*
Alto	Medio	Alto
Alto	Bajo	Medio
Alto	Muy Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Medio
Medio	Muy Bajo	Bajo
Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Muy Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alto	Medio	Alto
Muy Alto	Bajo	Medio
Muy Alto	Muy Bajo	Bajo

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Luego de cruzar las capas temáticas de información gracias a la cartografía desarrollada en cada componente explicado en los apartados precedentes, se obtienen los resultados

resumidos en la Tabla 5.1-79, en donde se definen tres "unidades geotécnicas" (nomenclatura ajena a la de "unidades funcionales") con diferenciales de comportamiento en cuanto a su estabilidad.

Tabla 5.1-79 Resultados geotécnicos generales

Unidad geotécnica	Aptitud frente a la estabilidad geotécnica total	Grado de estabilidad geotécnica total	Aptitud frente a la susceptibilidad total	Grado de estabilidad susceptibilidad total	Tipo de material	Área total (%)
Unidad 1	Alto	1	Bajo	3	Depósitos volcánicos, Roca	35%
Unidad 2	Bajo	3	Alto	1	Depósitos Cuaternarios	15%
Unidad 3	Medio	2	Medio	2	Depósitos volcánicos	50%

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Susceptibilidad, ver **Error! Reference source not found.**

Tabla 5.1-80 Clasificación por susceptibilidad del terreno en el proyecto.

	Descripción	*Estabilidad del terreno*	*Medidas correctivas o preventivas*
Muy Alta	La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es muy alta debido a sus características físicas	Totalmente inestable	Zonas no aptas para construcción de infraestructura.
Alta	La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es alta debido a sus características físicas.	Parcialmente inestable	Estabilización de taludes mediante terracéo, manejo adecuado de drenajes y reforestación de los mismos. Esto previene la erosión y reduce la capacidad de socavación del agua. Ocasionalmente se pueden construir gaviones o jarillones para contener el movimiento del material.
Media	El colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es ocasional y puntual.	Estable con medidas correctivas	Las medidas correctivas deben ir enfocadas a la reforestación de taludes, mantenimiento de los canales de desagüe y disminución de la velocidad del agua de escorrentía.
Baja	Se presentan movimientos de material aislados.	Estable	En este caso deben tomarse preventivas como evitar la deforestación, formación de surcos que faciliten la disección del suelo y la desviación de cauces.
Muy Baja	La probabilidad de colapso del terreno y ocurrencia de movimientos de material es muy alta debido a sus características físicas	Totalmente estable	Ninguno. Se deben tomar medidas preventivas como en el caso anterior.

Fuente: (Géminis consultores S.A.S., 2016)

Posterior a la verificación de los datos obtenidos se pudo inferir que la estabilidad geotécnica en su gran porcentaje este definida entre baja y media, esto explicado en gran parte a que elementos como la amenaza por sismo y remoción en masa de la zona es alta y media respectivamente. Se identifican procesos erosivos por perdida de capa vegetal y de sedimentación (solo en las márgenes del rio). Las zonas más estables que presentan

una condición aceptable se encuentran en donde la pendiente es muy baja o la calidad de la roca está bien consolidada (Tqva y TQsv), además que este tipo de materiales tiene una baja permeabilidad lo cual impide la percolación del agua lluvia lo que favorece la estabilidad del terreno, sin embargo se presentan movimientos de material debido a los distintos patrones de drenaje favorecidos por altas pendientes en algunas zonas del trazado, por esta razón se tienen que implementar sistemas adecuados de drenaje para que la porosidad dada por diaclasas (porosidad secundaria) no vaya a afectar en ningún momento la estabilidad de la obra además de tomar medidas preventivas como evitar la deforestación con el propósito de que la roca no quede expuesta a intemperismo y se puedan generar procesos erosivos a futuro (formación de surcos y cárcavas). Sin embargo cuando la pendiente es de escarpe aún con esta litología se presentaría una baja estabilidad.

Por otra parte las zonas de mayor inestabilidad se ubican donde se presentan depósitos cuaternarios (Movimientos en masa) ya que presentan procesos de socavación debido a que es material no consolidado, lo que los hace vulnerables a deslizamientos. Además de esto en la zona se pueden observar tramos que denotan una pendiente moderada a alta en los cuales sería común procesos de remoción en masa en cualquiera de los depósitos cuaternarios mencionados (volcánicos o aluviales), para estas zonas con alta inestabilidad es recomendable incurrir en procesos de estabilización de taludes y reforestación para así contrarrestar los efectos que puedan causar desprendimiento de material. Sin embargo la mayor parte del área del proyecto estaría clasificado como estabilidad geotécnica media debido al conjunto de litología consolidada (Tqva, TQsv y TQvl) y poco consolidada (Qvc, TQvf y TQvlp), pendientes bajas y algo moderadas, erosión donde no hay cobertura vegetal y geoformas denudativas (Figura 5.1.141).

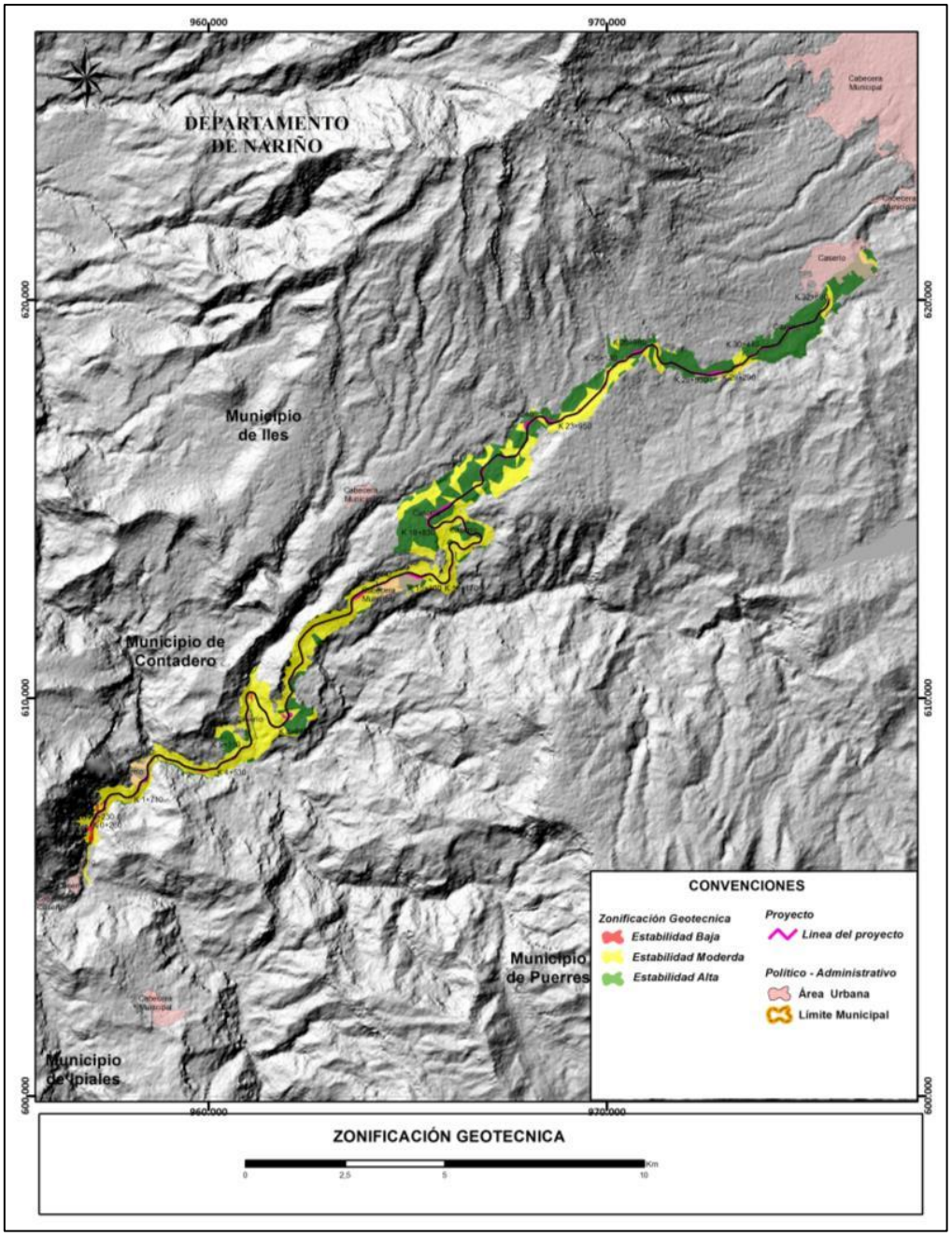


Figura 5.1.137 Zonificación geotécnica Tramo Pedregal – Catambuco
Fuente: Equipo M&M

5.1.10. Atmosfera

El presente estudio pretende dar a conocer la situación actual y los aspectos

concernientes con el clima y las condiciones meteorológicas, fuentes de emisiones, calidad de aire y ruido a nivel local, así como las condiciones, seguimientos y generalidades de las diferentes variables y parámetros que influyen en el comportamiento del clima en el área de influencia del proyecto.

5.1.10.1 Meteorología

Para determinar el comportamiento de las diferentes variables meteorológicas y el clima se seleccionaron estaciones climáticas empleando los siguientes criterios:

- Proximidad geográfica: se identificaron las estaciones cercanas a el área de influencia del proyecto y se localizaron espacialmente, para determinar la distancia a la zona del mismo.
- Representatividad, distribución homogénea sobre el área de estudio y tipo de estación: se adelantó un estudio de representatividad sobre el área del proyecto, con base en el tipo de estación, lo que permitió descartar estaciones que registraran el menor número de parámetros climatológicos (pluviométricas y pluviográficas).
- Duración de las series de tiempo: a las estaciones preseleccionadas en el punto anterior se adelantó un análisis de duración del periodo registrado, descartando aquellas que fueron suspendidas o que su registro fuera muy cortó. (Ver detelle en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_PC_016).

Para el análisis climatológico de la zona tramo Pedregal-Catambuco, se emplearon las estaciones del IDEAM las cuales conforman la red meteorológica oficial existente en el departamento de Nariño. (Ver Tabla 5.1-81).

Tabla 5.1-81 Estaciones meteorológicas tramo Pedregal-Catambuco

CÓDIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	TIPO*	ELEVACIÓN m.s.n.m.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
					LONGITUD	LATITUD
52055040	Botana	Pasto	AM	2820	977596,783	620034,667
52045010	Obonuco	Pasto	AM	2710	975237,610	624236,710
52057010	Pilcuán	Imués	LG	2550	953087,191	608426,705
52055090	Sindagua	Tangua	CP	2800	965331,117	614175,231
52050080	Tangua	Tangua	PM	2420	965108,364	612737,762

SP: Estación Sinóptica Principal, AM: Estación Agrometeorológica, LG: Estación Limnigráfica, PM: Estación Pluviométrica, CO: Estación Climatológica Ordinaria, CP: Estación Climatológica Principal
Fuente: IDEAM 2016

Para el análisis de las diferentes variables climatológicas del área de estudio se tomó en cuenta las estaciones que aportaron la suficiente información, es decir confiabilidad de la toma de datos, continuidad de las series y la representatividad de la zona. (Ver Figura 5.1.138).

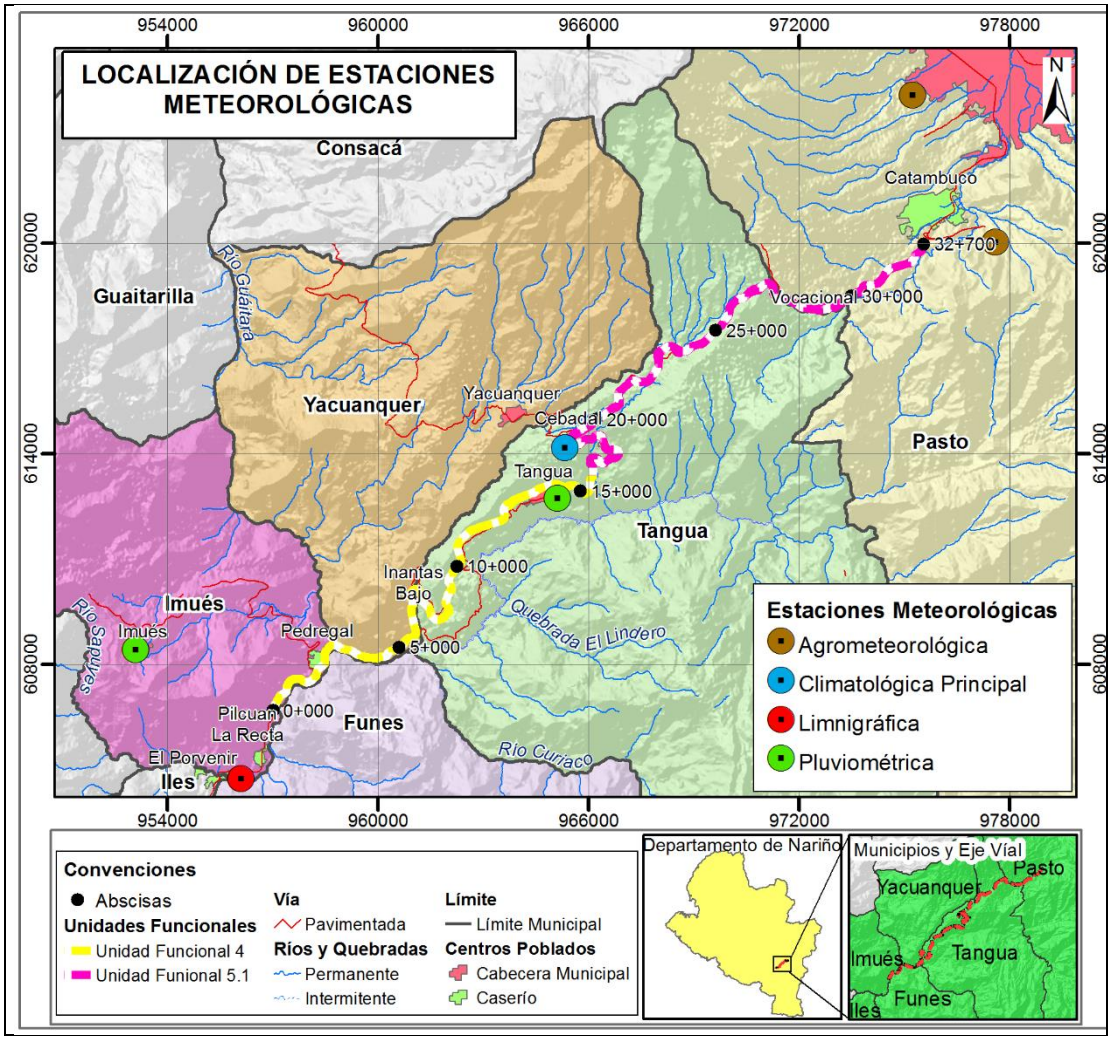


Figura 5.1.138 Estaciones metereologicas Tramo Pedregal – Catambuco

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Los promedios mensuales de cada estación son de aproximadamente los últimos veinte y nueve años (29), estimados de 1987 a 2015. Los parámetros climáticos a evaluar y que son operadas por parte del IDEAM son:

- Temperatura
- Presión atmosférica
- Precipitación
- Humedad Relativa
- Viento

- Radiación Solar
- Nubosidad
- Evaporación

A continuación, se presenta el análisis meteorológico para las variables anteriormente nombradas:

– *Temperatura*

La temperatura es un parámetro del estado térmico de la materia. Esta variable se determina como un a magnitud física, que caracteriza el movimiento aleatorio medio y presenta una variabilidad en función de la elevación. (Ver anexo en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_IP_018).

El comportamiento de la temperatura se obtuvo mediante la información de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de estudio para un periodo de 29 años con el fin de garantizar la confiabilidad de la información:

Tabla 5.1-82 Valores medios mensuales de temperatura (ºC)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	12,50	12,60	12,80	12,80	12,30	11,80	11,80	12,20	12,60	12,50	12,40	12,40	12,40
Obonuco	12,90	13,10	13,10	13,30	13,40	12,90	12,50	12,50	12,90	13,07	12,90	12,90	13,00
Sindagua	13,05	13,10	13,10	13,20	13,20	13,08	12,80	12,90	13,20	13,20	12,90	13,01	13,10

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

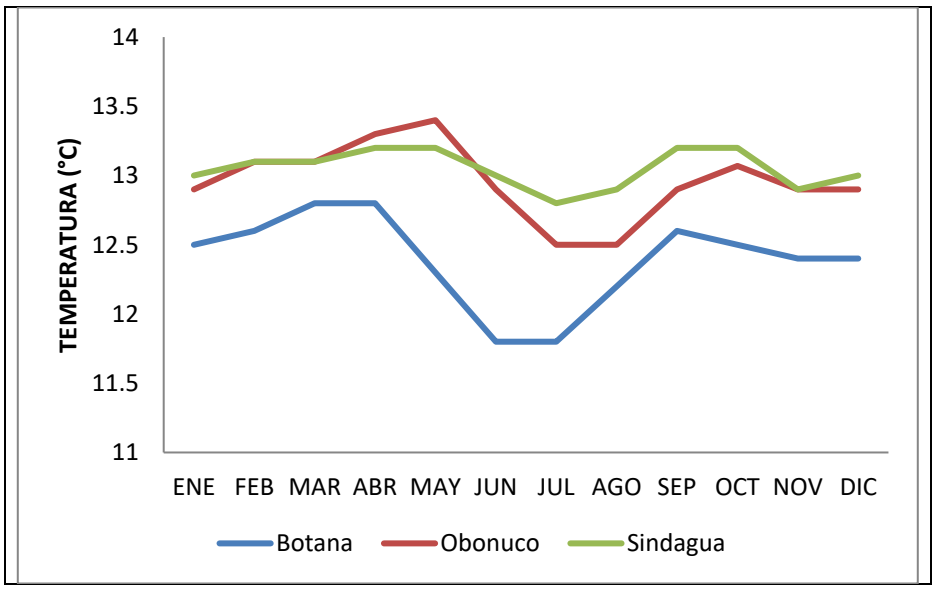


Figura 5.1.139 Gráfica lineal de frecuencia para valores de temperatura registrados en las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

En la Figura 5.1.140 se observa la distribución de la temperatura media mensual para las tres (3) estaciones seleccionadas para el análisis; en un periodo de 29 años. Graficamente el mes de mayo alcanza un valor maximo de 13,40 °C y un valor mínimo en los meses de junio y julio de 11,80 °C., con el fin de visualizar el comportamiento espacial de la temperatura se generaron isotermas, tomando como referencia valores registrados por las estaciones localizadas en área del proyecto, las cuales muestran que los índices de temperatura van de 11°C a 13°C lo que evidencia un comportamiento ascendente anual.

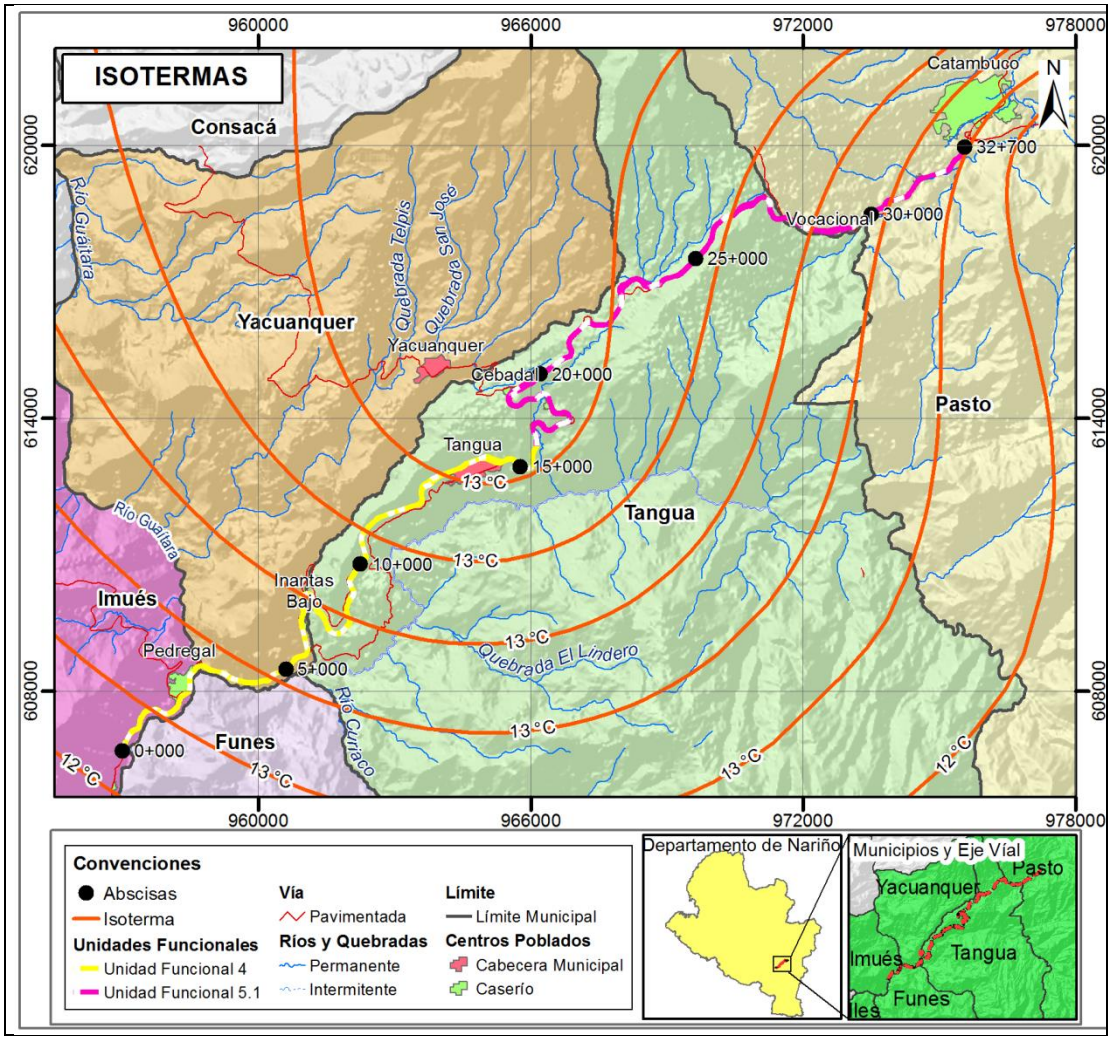


Figura 5.1.140 Isotermas, Tramo Pedregal – Catambuco

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Presión atmosférica*

El parámetro de presión atmosférica se reporta únicamente para algunos aeropuertos en Colombia (IDEAM, 2011), razón por la cual no se tiene en cuenta para el presente estudio, dado que la estación climatológica que se registra en este diagnóstico en el Departamento de Nariño está localizada fuera del área de influencia del proyecto.

Sin embargo, de acuerdo a la consulta de información secundaria se establece que la presión atmosférica para la ciudad de pasto es de 614,68 mmHg (Worldmeteo, 2016).

– *Precipitación*

La precipitación se define como la caída de hidrometeoros que alcanzan finalmente el suelo y es una variable meteorológica con gran variabilidad espacial y temporal. El comportamiento de la precipitación se proyecta teniendo como referencia la información registrada por las estaciones de Botana, Imués, Obonuco, Sindagua y Tangua, en un periodo de 29 años, como se observa en la Tabla 5.1-83. (Ver detalle en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_IP_017).

Tabla 5.1-83 Valores medios mensuales de precipitación (mm)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	80,30	75,30	92,60	96,60	85,70	64,80	54,00	38,30	42,40	90,06	107,90	93,30	921,70
Obonuco	72,80	68,80	82,90	87,40	80,90	46,20	35,60	23,70	31,50	96,90	100,30	85,30	812,70
Sindagua	94,40	81,90	94,20	112,10	94,90	53,50	33,60	21,20	45,70	107,80	132,90	108,20	980,80
Tangua	96,10	78,90	102,90	121,30	103,90	44,70	29,70	19,40	44,80	121,40	137,10	104,20	1004,90
Imues	88,40	85,50	106,10	123,40	97,70	47,50	31,50	26,30	45,70	111,70	127,10	112,50	1003,80

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

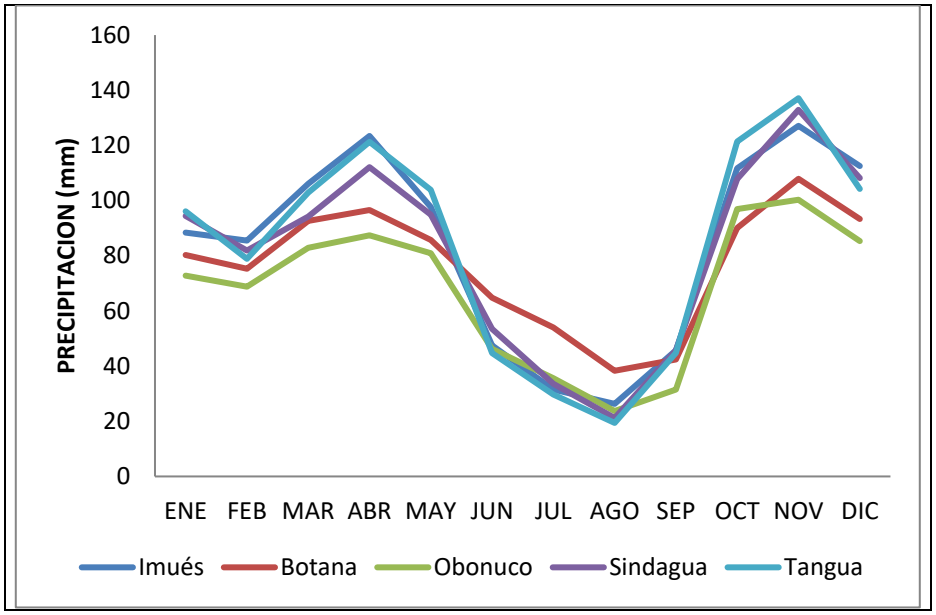


Figura 5.1.141 Histograma para los valores de precipitación registrados en las estaciones Botana, Obonuco, Sindagua, Tangua e Imues
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Como se observa en la Figura 5.1.142 la precipitación presenta un comportamiento monomodal, con un periodo lluvioso entre los meses de octubre – mayo, siendo el mes de noviembre el que presentó un valor maximo de 137,10 mm. Por otra parte, el periodo seco se registra entre los meses de junio a septiembre, donde el mes de agosto se caracteriza como el de más baja precipitación, con un valor mínimo de precipitación de 19,40 mm.

Con el fin de visualizar la distribución y comportamiento espacial de la precipitación y tomando como referencia valores registrados por las estaciones localizadas dentro del proyecto, se generaron isoyetas que muestran un régimen de precipitación ascendente de 880mm a 1000mm siendo este último valor su punto máximo, y una vez alcanzado este punto el régimen de precipitación decrece en igual medida hasta llegar a 820mm.

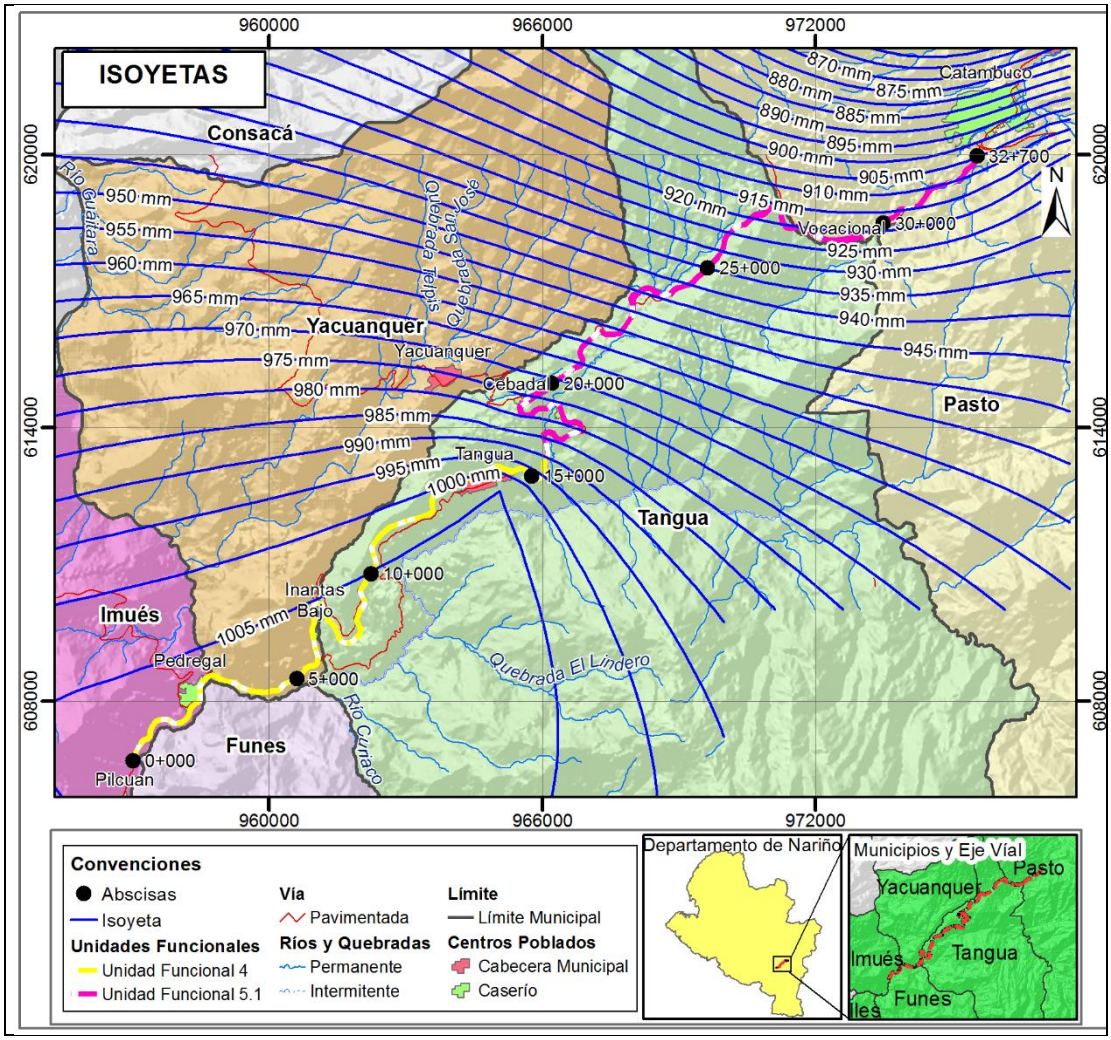


Figura 5.1.142 Isoyetas, Tramo Pedregal – Catambuco

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Humedad Relativa*

La humedad es un elemento meteorológico que tiene una relación estrecha con el componente de la estabilidad atmosférica y por consiguiente con la ocurrencia y distribución de la precipitación en una zona o porción terrestre. En general, la humedad no tiene fuertes variaciones en sus valores medios debido al alto contenido que normalmente se presenta en la zona tropical. A partir de los registros de humedad relativa de las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua, en el área de influencia del proyecto, tramo Pedregal-Catambuco

Tabla 5.1-84 Valores medios mensuales de Humedad Relativa (%)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	80	80	81	80	79	78	77	74	74	78	81	82	79
Obonuco	81	82	82	81	80	78	76	74	74	79	83	83	80
Sindagua	80	80	80	80	80	79	77	75	74	78	82	81	79

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

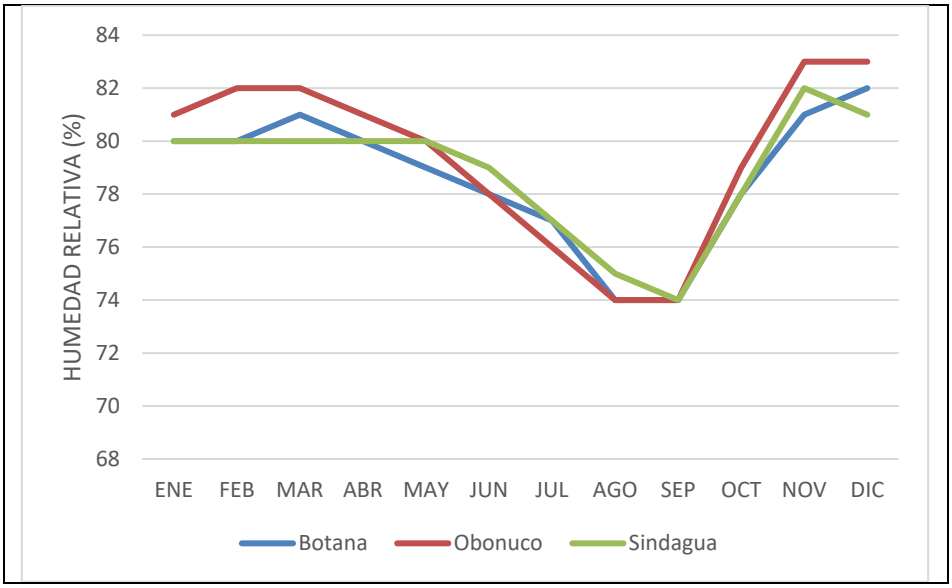


Figura 5.1.143 Gráfica lineal de frecuencia para valores de humedad relativa registrados en las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Se establece una humedad relativa promedio anual de 79,3% lo que significa que es una región húmeda, (Ver Tabla 5.1-84). Gráficamente se puede afirmar que los valores medios mayores en los meses de lluvias altas son noviembre y diciembre con el 83% respectivamente, en tanto que las menores se presentan en los meses relativamente secos o bajas lluvias en los meses de agosto y septiembre con un valor de 74%. (Ver Figura 5.1.1437).

– *Rosa de vientos*

La rosa de vientos que se muestra en la Figura 5.1.144 para la estación Obonuco indica un comportamiento fuertemente direccional con predominio del viento procedente del sur, con velocidades superiores a 3 m/s durante la mayor parte del tiempo.

A nivel general puede concluirse que los vientos predominantes son los vientos alisios

procedentes del sur, los cuales cobran mayor fuerza hacia el tercer trimestre del año entre los meses de julio y septiembre. En cuanto a la dirección predominante del viento se observa una mayor tendencia hacia el Sureste.

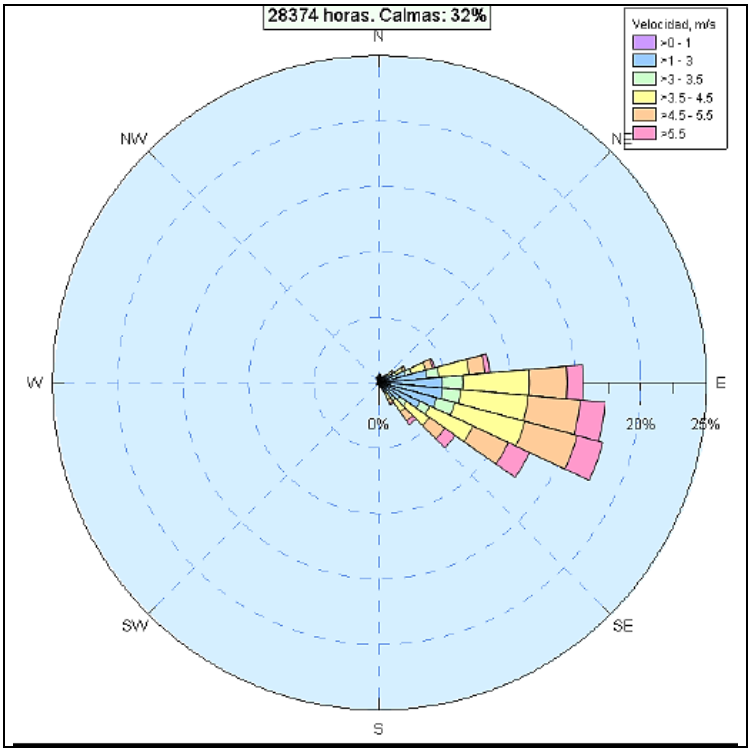


Figura 5.1.144 Rosa de vientos horaria, estación Obonuco del IDEAM

– *Brillo Solar*

El brillo solar es uno de los factores más importantes en la determinación de la caracterización climática de cualquier zona. La distribución de los valores de este parámetro está relacionada en forma inversa con otros elementos como la nubosidad y la precipitación.

A continuación, se presentan los registros de brillo solar para las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua para el área de influencia del proyecto en un periodo de tiempo de 29 años. (Ver Tabla 5.1-85)

Tabla 5.1-85 Valores medios mensuales de brillo solar (horas)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	100,6	88,5	72,2	79,5	88,5	88,3	110,3	123,6	116,7	106,7	96,4	78,0	1149,4

Obonuco	110	83,9	76,0	81,3	94,2	100,4	110,2	113,6	60,4	106,3	99,4	107,4	1143,0
Sindagua	121,4	106,6	93,1	99,3	112,9	121,8	156,0	159,2	131,5	122,5	149,9	112,3	1486,3

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

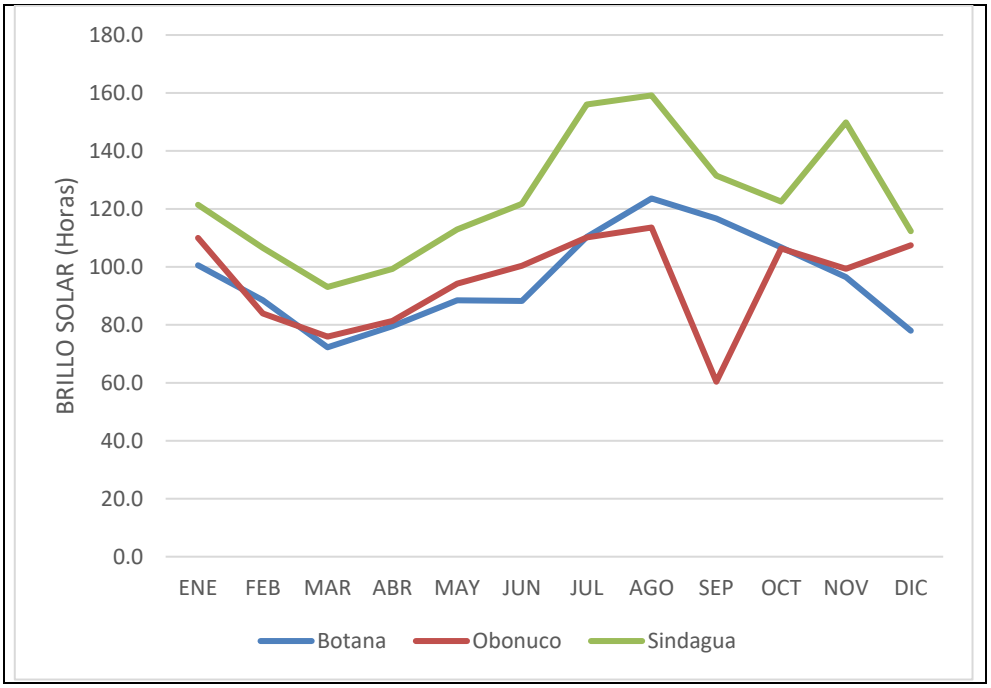


Figura 5.1.145 Gráfica lineal de frecuencia para valores de brillo solar registrados en las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

En la figura anterior se observa que los mayores valores se presentan en los meses de Julio, Agosto y Noviembre, y los de menor valor durante los meses de las temporadas lluviosas como son Marzo y Septiembre.

Los registros más altos se registran en la estación Sindagua, con 159, 2 horas de sol en agosto y 149,9 horas en noviembre respectivamente. Los valores menores se observan en las estaciones de Obonuco y Botana, con 60 a 72,2horas de sol para los meses de marzo y septiembre, apreciándose la influencia de relieve y por consiguiente de la mayor presencia de nubosidad.

– *Nubosidad*

La medida de nubosidad, es decir, la cantidad de cielo cubierto que se observa en un instante dado en el firmamento, se da en octas, para tal efecto la bóveda celeste se divide en ocho (8) partes como se observa en la Tabla 5.1.81

Tabla 5.1.81 Definición de octas para categorizar el estado del tiempo

OCTAS	DEFINICIÓN	CATEGORÍA
0	Despejado	Sin nubes
1	1/8 de cielo cubierto o menos, pero no cero	Ligeramente nublado
2	2/8 de cielo cubierto	Ligeramente nublado
3	3/8 de cielo cubierto	Ligeramente nublado
4	4/8 de cielo cubierto	Parcialmente nuboso
5	5/8 de cielo cubierto	Mayormente nublado
6	6/8 de cielo cubierto	Mayormente nublado
7	7/8 de cielo cubierto o más, pero no 8/8	Mayormente nublado
8	8/8 de cielo completamente cubierto, sin claros	Cubierto

Fuente: www.titulosnauticos.net/metereologia. Adaptación German Bernal

Para el análisis de la nubosidad se tuvo en cuenta los datos registrados por las estaciones de Botana y Sindagua respectivamente. (Ver **Error! Reference source not found.**).

Tabla 5.1-86 Valores medios mensuales de nubosidad (octas)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,2	6,1	6,4	6,6	6,5	6,5
Sindagua	3,5	3,7	3,8	3,6	3,3	2,9	2,7	2,6	2,7	3,3	4	3,7	3,3

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

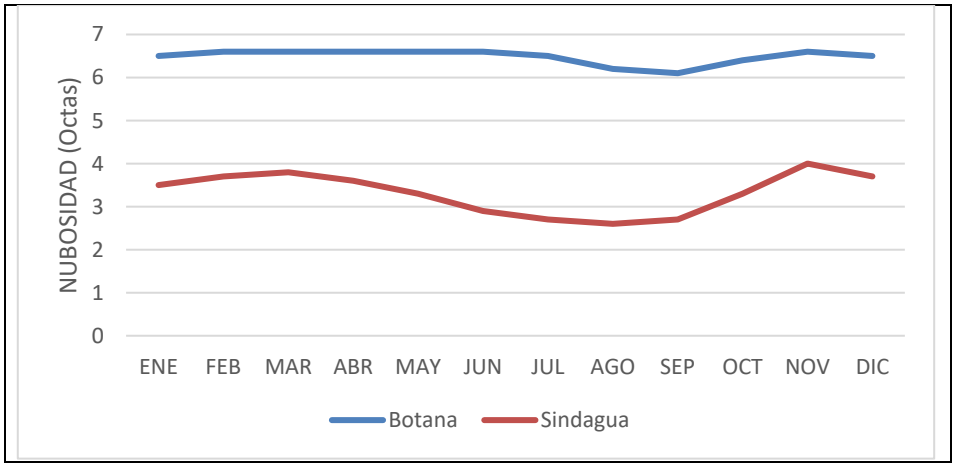


Figura 5.1.146 Gráfica lineal de frecuencia para valores de nubosidad registrados en las estaciones de Botana y Sindagua

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

En la Figura 5.1.147 se observa el comportamiento de la nubosidad ara el área de influencia del proyecto, para lo cual se estima un valor máximo de 6,6 octas en el mes de Noviembre, que sustenta un cielo mayormente nublado correspondiente a 6/8 de cielo cubierto, por el contrario, en el mes de Agosto que presenta un valor mínimo de 2, 6 octas,

lo que expresa un cielo ligeramente nublado correspondiente a 2/8 de cielo cubierto.

– *Evaporación*

La evaporación es un proceso físico por el cual el agua de una superficie húmeda, o de una superficie de agua libre es introducida en el aire en forma de vapor a una temperatura por debajo del punto de ebullición, las estaciones que se indican a continuación son las que presentan mayor confiabilidad de información. (Ver **Error! Reference source not found.**3).

Tabla 5.1-87 Valores medios mensuales de evaporación (mm)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	73,7	68,2	69,5	67,6	70,4	66,2	75,5	82,5	83,5	83,7	74,1	70,3	885,9
Obonuco	88,1	76,71	79,41	78,8	83,1	83,4	91,7	101,8	47,9	96,1	82,6	81,3	986,1
Sindagua	86,9	80,8	80,3	83	79,6	86,7	100,1	110,9	106,4	98,9	83,7	84	1081,8

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

El índice de evaporación se define como la cantidad de agua perdida por una unidad de superficie en una unidad de tiempo, se mide milímetros (mm) de agua evaporada.

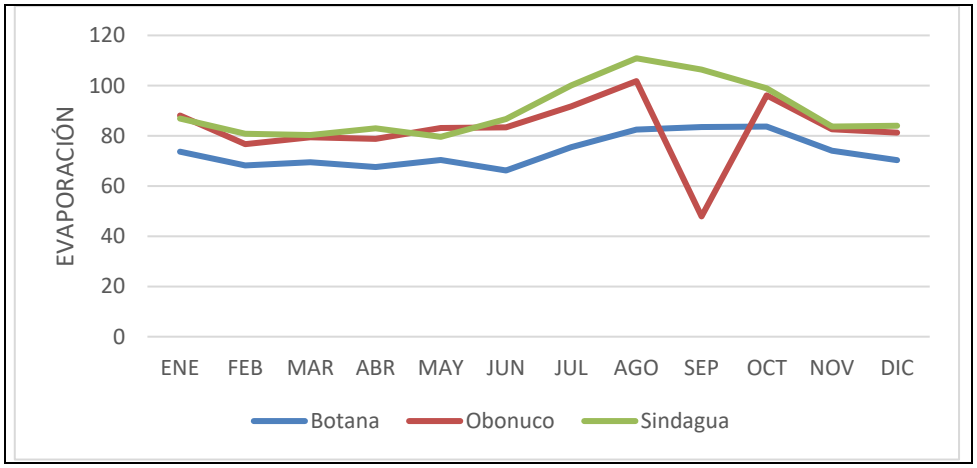


Figura 5.1.148 Gráfica lineal de frecuencia para valores de evaporación registrados en las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua

Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Se muestra la figura 5.1.149, la evaporación presenta un valor maximo de 110,9 mm en el mes de Agosto en concordancia ala relación inversa con la precipitación y la húmedad relativa, el mes de Septiembre presenta un valor minimo de evaporacion de 47,9 mm, considerado el mes mas lluvioso.

– *Recorrido del Viento*

Para el análisis medio del recorrido del viento se tomo la información de las estaciones Botana, Obonuco y Sindagua. (Ver Tabla 5.1.84).

Tabla 5.1-88 Valores medios mensuales de recorrido del viento (km/s)

ESTACIONES	MESES DEL AÑO												VALOR ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Botana	3575,7	3349,6	3581,0	3612,6	3866,9	4477,0	5117,2	5255,9	4592,1	3865,3	3195,8	3262,2	44431,8
Obonuco	4327,3	3923,2	4099,6	3920,3	4533,4	5513,5	6554,1	7150,0	5679,6	4625,0	3747,6	3953,5	54632,6
Sindagua	3353,1	3010,0	3149,6	2992,4	3062,8	3830,8	4638,3	5057,7	4469,6	3511,8	2891,3	3121,0	40545,7

Fuente: Adaptado IDEAM, 2016

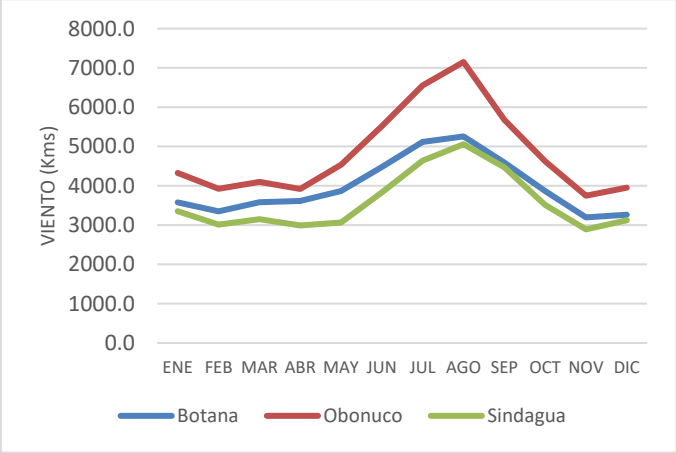


Figura 5.1.151 Gráfica lineal para valores de frecuencia registrados en las estaciones de Botana, Obonuco y Sindagua
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Según los datos de la figura 5.1.151 el comportamiento del recorrido del viento es monomodal, se observa que empieza aumentar en el mes de abril con 3920, 3 km/s, alcanzando un máximo en el mes de agosto con un valor de 7150 km/s ya que en este predomina los vientos alisios del sur-sureste debido a la zona de confluencia intertropical (ZCIT) se encuentra desplazada hacia el norte del ecuador y por lo tanto registran sus mayores valores de velocidad.

5.1.10.2 Identificación de las fuentes de emisiones

En el proyecto encontramos tres clases de fuente de emisiones atmosféricas existentes en el área de influencia las cuales son fijas, móviles y de área. (Ver anexo en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_IP_021)

– *Fuentes fijas*

Son aquellas que operan en un punto fijo, es decir, el foco de emisión no se desplaza en forma autónoma en el tiempo; ejemplo de este tipo de fuentes son las chimeneas industriales y domésticas, en la **Error! Reference source not found.** encontramos la relación de las fuentes fijas que están presentes en el Proyecto. (Ver Figura 5.1.150)

Tabla 5.1-89 Relación de fuentes fijas, Tramo Pedregal – Catambuco.

TIPO DE FUENTE	ACTIVIDAD INDUSTRIAL	COORDENADAS PLANAS Magna Sirgas Origen Oeste	
		ESTE	NORTE
Fuente Fija	Horno Crematorio Jardines Cristo Rey	976047,12	620671,47
Fuente Fija	Ladrillera	965858,96	614741,21
Fuente Fija	Ladrillera	965982,95	614821,70

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

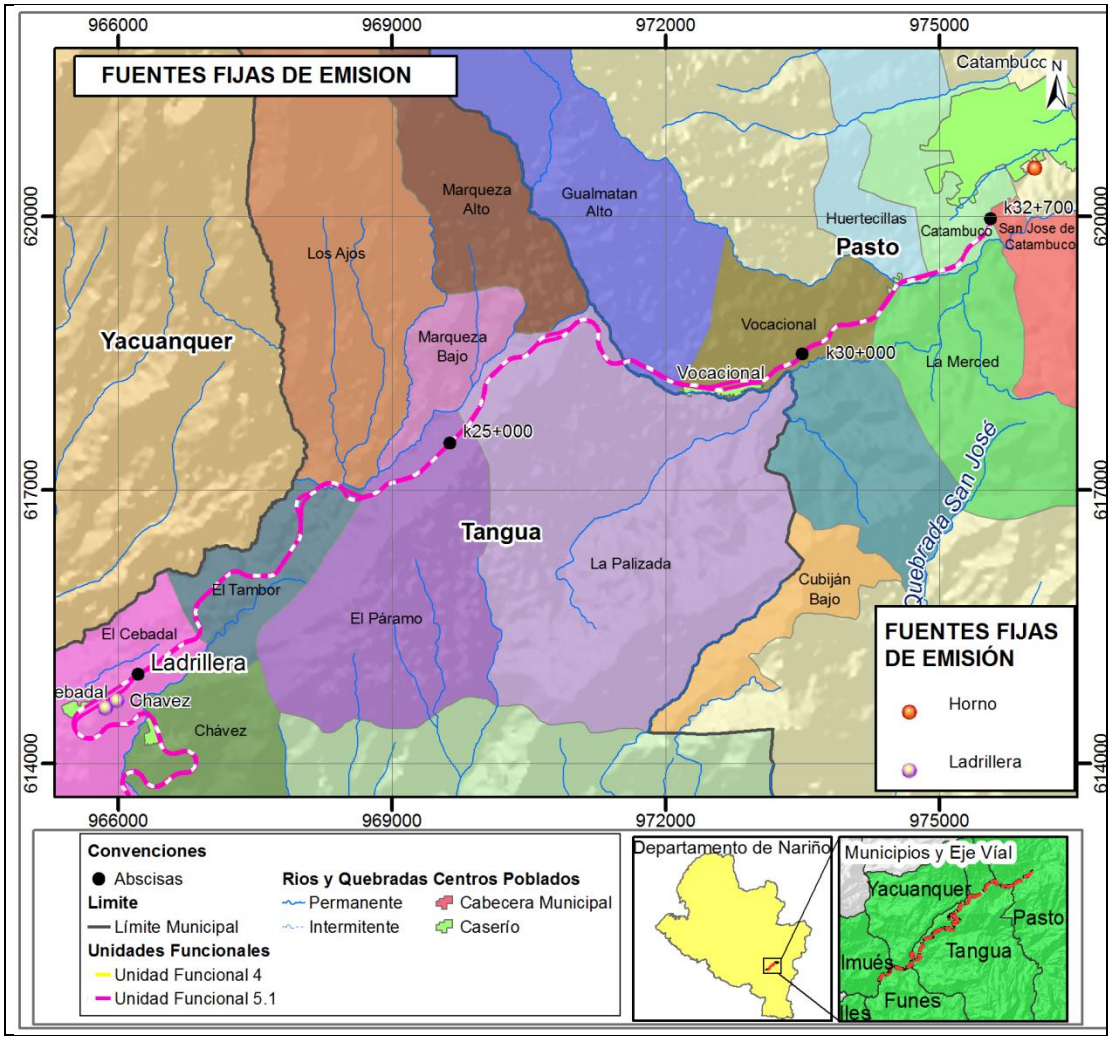


Figura 5.1.150 Fuentes fijas de emisión

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Horno Crematorio

El horno Crematorio (ver 5.1.79) cuenta con dos cámaras: una primaria de cargue, combustión e ignición de los residuos con una temperatura mínima de 850°C y una secundaria de postcombustión donde se queman los gases de combustión con una temperatura mínima de 1200oC. Los residuos son alimentadas las cámaras únicamente cuando se hayan alcanzado y mantenido estas temperaturas.

- El Tiempo de residencia de los gases en la cámara de post-combustión son mínimo de dos 2 segundos.
- Cada una de las cámaras operan con su propio e independiente quemador y

control automático de temperatura.
- El incinerador deberá registrar automáticamente la temperatura de operación en ambas cámaras.

Con relación a las emisiones atmosféricas emitidas por el horno crematorio se establece una concentración de monóxido de carbono (CO), material articulado, (MP), hidrocarburos totales (HCT) y Benzopirenos y Dibenzo.

Fotografía 5.1.79 Crematorio Cristo Rey (976047.12X – 620671.47)
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

- Chircales

Como se observa en la Fiogura 5.1.80, las actividades industriales más representativas en el AID del proyecto son los chircales. A continuación se describe el proceso de fabricación de ladrillo se detalla a continuación.

- Almacenamiento de materias primas: Consiste en el almacenamiento de pilas de arcilla para la elaboración del ladrillo.
- Molienda y mezclado: Teniendo en cuenta que el proceso de fabricación del ladrillo es artesanal se utiliza una molienda de tipo húmedo con laminadores y molinos de rulos para ser pisoteada varias veces por equinos. La arcilla, una vez molida puede ser mezclada con distintos aditivos (arena, carbonato de bario etc.) según los requerimientos de calidad del producto final.
- Conformado: El conformado es el modelo del ladrillo, la arcilla pasa a través de un molde perforado empujado por una hélice giratoria, esta arcilla extorsionada el perfil de la boquilla incorporada, pidiéndose modificar en función del tipo de pieza a producir.
- Secado: Se realiza de manera natural almacenando el ladrillo conformado bajo techo el cual por acción del viento del sol va reduciendo la humedad.

- Cocción: Es la etapa en que se retira toda la humedad del ladrillo, la cual se puede llevar a cabo en un horno rustico de pareceres en mampostería con emisiones a cielo abierto (ver Fotografía 5.1.80) El material energético para la cocción es leña o madera que a fuego continúo aproximadamente unas 30 horas, hasta alcanzar unos 1000°C de temperatura produce Dióxido de Carbono (CO2), humo, ceniza y material particulado.

Fotografía 5.1.80 Horno rustico para la cocción del ladrillo (965982.96X – 614821.70 Y)
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Fuentes móviles*

Son las que pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes en su trayectoria, Los vehículos que transitan en el corredor vial Rumichaca – Pasto son automóviles, camiones, tracto – camiones, motocicletas y autobuses diseñados para operar en carreteras públicas. En la mayor parte de las áreas urbanas los vehículos automotores influyen directamente en la calidad del aire medidiante las emisiones de CO, Nox, Sox, partículas.

El inventario de fuentes móviles que transitan por el corredor vial se extrajo del estudio de Transito, Capacidad y Niveles de Servicio Corredor 3: Rumichaca– Pasto. (Ver **Tabla 5.1-90**

Tabla 5.1-90 Inventario fuentes móviles en el área de influencia del proyecto vial doble calzada Rumichaca –Pasto, tramo Pedregal – Catambuco.

SECTOR	VEHÍCULOS/DÍA	TIPO DE VEHÍCULO	CATEGORÍA
Pedregal –	177	Buses	Categoría II

SECTOR	VEHÍCULOS/DÍA	TIPO DE VEHÍCULO	CATEGORÍA
Catambuco	1,526	Automóviles	Categoría I

Fuente: Adaptado Estudio de transito **Capacidad y Niveles de Servicio Rumichaca –Pasto**

– *Potenciales receptores*

Los potenciales receptores de las fuentes de emisión para el tramo Pedregal – Catambuco, están constituidos principalmente por la presencia de ascentamientos ploblacionales, tal y como se puede observar en la siguiente figura. (Ver Figura 5.1.151).

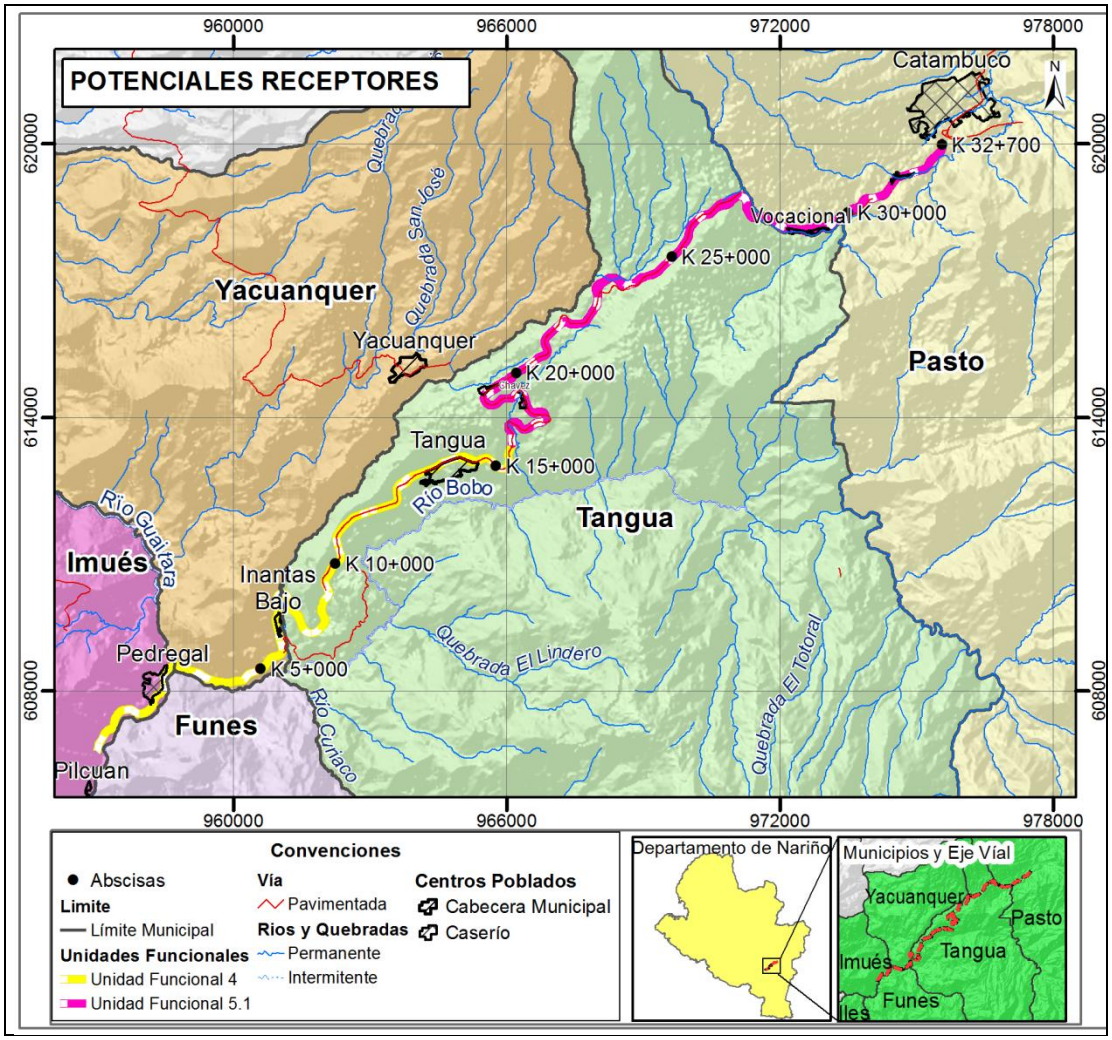


Figura 5.1.151: Potenciales receptores
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Entre los principales centros poblados identificados en el tramo de estudio, catalogados como potenciales receptores, tenemos a Pedregal, Cabecera municipal de Tangua y Catambuco, los cuales se encuentran sobre el área de influencia del proyecto.

En la Tabla 5.1-91, se presentan los resultados de las concentraciones de PM10, Dióxido de azufre, Dióxido de nitrógeno y Monóxido de carbono para los potenciales receptores.

Tabla 5.1-91 Concentracion de contaminantes potenciales receptores

Parámetro	Pedregal	Tangua cabecera municipal	Catambuco
PM10	27,26	27,13	87,54
dióxido de azufre	16,72	20,65	30,22
Dióxido de nitrógeno	2,61	15,91	4,29
Monóxido de carbono	1,54	1,46	1,68

Fuente: (ASOAM, 2016)

5.1.10.3 Calidad del aire

Para la determinación de la calidad de aire en el área de estudio se llevaron a cabo monitoreos, donde se determinaron los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos de Particulas menores a 10 micras (PM10), Óxidos de Azufre (Sox), Óxidos de Nitrógeno (Nox) y Monóxido de Carbono (CO). Los resultados obtenidos nos permiten conocer las condiciones y características actuales de calidad del aire y las principales fuentes de emisión que aportan contaminantes a la atmosfera.

Una vez tomadas las muestras de campo, analizadas en el laboratorio y posteriormente aprobadas por el supervisor de calidad, se determina si las muestras cumplen con todos los requerimientos para ser validadas y tenidas en cuenta en el tratamiento estadístico.

Los monitoreos de PM10 fueron obtenidos a partir de equipos de alto volumen para Material Particulado (Hi-Vol) mediante el método de análisis Gravimétrico y los resultados de Nox y Sox fueron obtenidos a partir de equipos RAC tres gases con método de análisis espectrofotométrico.

En el Anexo 5.1.10.3, se pueden observar el informe de calidad de aire con todas las variables obtenidas en el monitoreo para las estaciones y las concentraciones presentes en los contaminantes monitoreados.

Con base en la normatividad vigente y de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y

Seguimiento de la calidad del aire, se instalarán cinco estaciones de monitoreo de material particulado y de gases, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

-Instalación de campamentos industriales donde se establecerá la planta de asfalto y la planta de triturado.

-Los Centros poblados (catalogados como potenciales receptores) que por el desarrollo de las actividades del proyecto puedan verse afectados.

Los parámetros evaluados de acuerdo con el Protocolo de Seguimiento y Monitoreo de Calidad de Aire. En la Tabla 5.1-92 se describe las características generales de los parámetros evaluados en el monitoreo de calidad de aire.

Tabla 5.1-92 Características generales de los parámetros evaluados.

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FUENTES	EFECTOS	VARIOS
Material Particulado	Cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada, según medición por los métodos federales de referencia (40 CFR 53	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales, entre otros.	Efectos en la respiración y el sistema respiratorio, agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura.	Ejemplos: Polvo, humo, gotitas de petróleo, berilio asbesto
Monóxido de Carbono	Gas incoloro, inodoro, venenoso, más ligero que el aire, producido por la combustión incompleta del carbón presente en los combustibles.	Fuentes estacionarias y móviles que queman combustibles (motores de combustión interna, principalmente motores a gasolina). Es producido en cantidades mucho menores en fuentes domésticas, gases volcánicos, gases emanados de los pantanos, minas de carbón, las tormentas eléctricas, la foto disociación del CO2 en la atmósfera superior, incendios y	Pueden ser mortales en corto tiempo en áreas cerradas. Reacciona con la hemoglobina de la sangre, evitando la transferencia de oxígeno.	Se encuentra en la atmósfera en concentraciones promedio de 0,1 ppm

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FUENTES	EFECTOS	VARIOS
		animales acuáticos y terrestres, entre otras.		
Óxidos de Nitrógeno	Se identifican seis tipos de óxidos de nitrógeno: NO, NO2, N2O, N2O3, N2O4, N2O5. A Nivel de contaminación del aire se hace referencia solo a NO y NO2 (Gases incoloros) y se expresan típicamente como Nox.	Producidos al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del nitrógeno del aire. También son producidos a partir de nitrógeno del carbón y los aceites pesados: grandes generadores de energía eléctrica, grandes calderas industriales, motores de combustión interna, plantas de ácido nítrico.	Visibilidad reducida, irritación de la nariz y los ojos, edema pulmonar, bronquitis y neumonía; reaccionan con los VOCs bajo la influencia de la luz para formar Ozono. Los óxidos de Nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutroficación en las zonas costeras.	Concentraciones excesivas de NO y NO2 en la baja atmósfera ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en la franja azul-verde del espectro.
Óxidos de Azufre	Acre, corrosivo, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre.	Artículos eléctricos, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinerías de petróleo, fuentes de automóviles, calentadores residenciales y comerciales.	Dificultad para respirar cuando se disuelven en la nariz y en las vías superiores; tos crónica y secreción en las mucosas. Contribuye a la lluvia ácida y a fenómenos de visibilidad disminuida (de acuerdo con su concentración).	Los óxidos de azufre (SOX), generalmente se forman por la combustión de sustancias que contienen azufre (carbón y aceite), particularmente durante la fabricación del acero. Es percibido por el olfato en concentraciones desde 3 ppm (0,003%) a 5 ppm (0.005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FUENTES	EFECTOS	VARIOS
				la frecuencia respiratoria y el pulso sanguíneo.

Fuente: Resolución 2154 Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo de la Calidad del Aire.

Los monitoreos de calidad de aire para el sector Pedregal – Catambuco se realizaron mediante la ubicación de cinco estaciones en la zona de influencia del proyecto por un periodo de 18 días continuos las 24 horas del día.

Durante este tiempo se evaluaron los parámetros de PM10, Dióxidos de nitrógeno y Dióxidos de azufre. La ubicación de las estaciones de monitoreo establecidas para el proyecto se pueden observar en la Tabla 5.1-93, donde se especifica el nombre con el cual se identifica la vereda y el municipio al que pertenece y las respectivas coordenadas; así mismo se muestra la localización general de los puntos de las estaciones en el área de estudio. (Ver Figura 5.1.152).

Tabla 5.1-93 **Localización estaciones de monitoreo de calidad de aire, tramo Pedregal – Catambuco**

SECTOR	PUNTO CALIDAD DEL AIRE	VEREDA	MUNICIPIO	COORDENADAS PLANAS MAGNA SIRGAS ORIGEN OESTE	
				ESTE	NORTE
Pedregal – Catambuco	6	Pedregal	Imués	958439,945	608235,425
	7	Cabecera Municipal	Tangua	964268,717	612785,492
	8	Chávez	Tangua	966837,780	614411,568
	9	El Tambor	Tangua	967320,276	616111,612
	10	Catambuco	Pasto	975477,928	620217,086

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

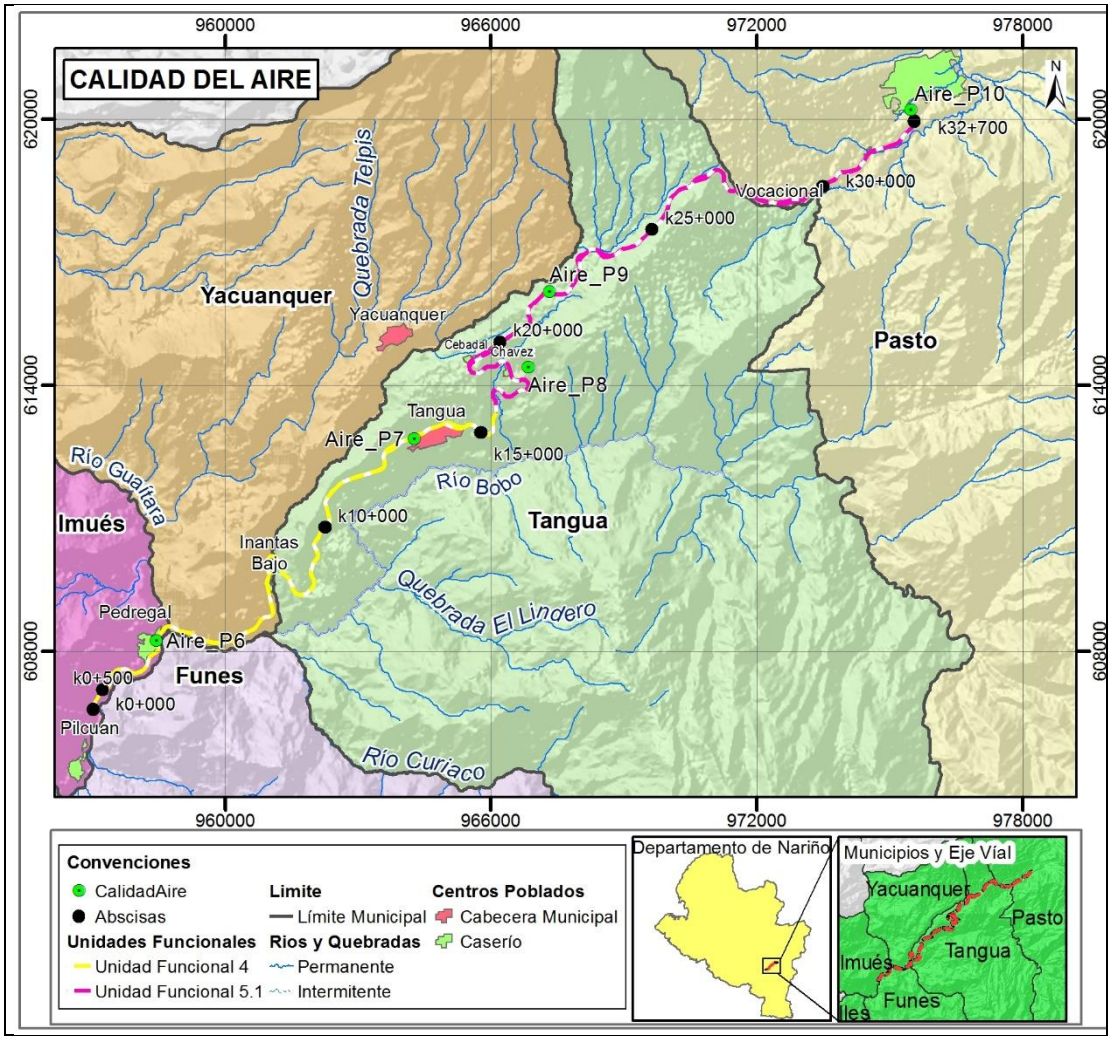


Figura 5.1.152 Puntos de monitoreo calidad de aire, Tramo Pedregal – Catmabuco
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

A continuación se relacionan los resultados de las concentraciones de calidad de aire (PM10, Sox y Nox) obtenidas para cada uno de los contaminantes evaluados.

– *Resultados Monitoreo PM10*

Se muestran los resultados diarios del análisis de partículas (PM10) para las cinco (5) estaciones de monitoreo. Se puede observar que los valores máximos obtenidos, se hallan por debajo de del límite máximo establecido por la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) de 100 µg/m3 para un periodo de 24 horas. (Ver Tabla 5.1-94)

Tabla 5.1-94 **Resultados PM10 Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco**

FECHA	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9	PUNTO 10
	µG/M3	µG/M3	µG/M3	µG/M3	µG/M3
21/04/2016	6,59	4,94	---	18,56	53,04
22/04/2016	5,35	4	22,99	Descartada	Descartada
23/04/2016	2,15	22,76	Descartada	5,42	42,77
24/04/2016	2,8	13,51	3,02	0,92	40,78
25/04/2016	9,85	10,26	2,37	8,47	41,68
26/04/2016	Descartada	14,09	Descartada	5,18	32,14
27/04/2016	8,67	23,5	9,05	5,88	38,82
28/04/2016	6,64	12,24	2,98	Descartada	33,06
29/04/2016	9,09	11,4	2,62	1,16	32,35
30/04/2016	8,48	6,84	3,32	4,31	37,29
01/05/2016	7,24	10,93	4,47	Descartada	26,42
02/05/2016	10,39	13,17	8,36	5,64	74,75
03/05/2016	15,18	Descartada	11,52	10,47	Descartada
04/05/2016	14,56	11,78	11,17	Descartada	87,54
05/05/2016	Descartada	27,13	Descartada	9,71	9,93
06/05/2016	11,94	Descartada	8,71	11,13	Descartada
07/05/2016	27,26	20,1	15,05	11,06	22,76
08/05/2016	17,33	4,04	20,76	4,82	37,63
09/05/2016	---	---	19,05	---	---
Máximo	**27,26**	**27,13**	**22,99**	**18,56**	**87,54**
Mínimo	**2,15**	**4**	**2,37**	**0,92**	**9,93**
Promedio	**10,22**	**13,17**	**9,7**	**7,34**	**40,73**
Rango	**25,11**	**23,13**	**20,62**	**17,64**	**77,61**

Fuente: (ASOAM, 2016)

En la Figura 5.1.153 se presentan los datos individuales por día, obtenidos en cada una de las cinco (5) estaciones para PM10. De acuerdo a esta información podemos observar que las estaciones no sobrepasaron el límite normativo diario de (100 µg/m3).

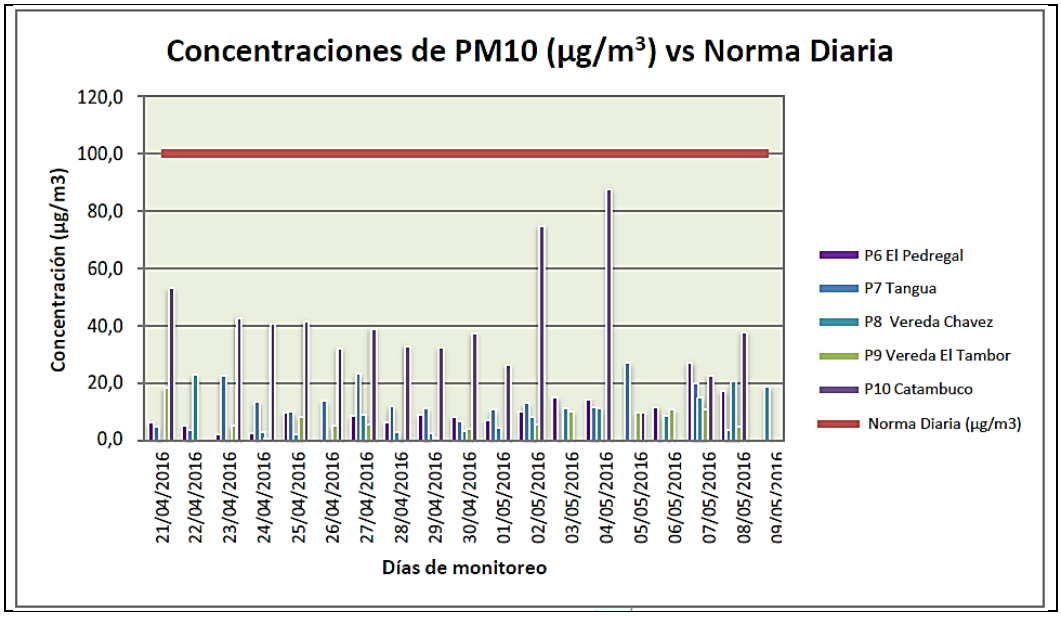


Figura 5.1.153 Datos de calidad de aire para PM10 vs Resolucion 610 de 2010

Fuente (ASOAM, 2016)

En la Figura 5.1.154 se presentan los valores máximos de las concentraciones de Partículas menores a 10 micras (PM10) obtenidos para cada uno de las estaciones y la comparación con la norma (Resolucion 610 de 2010); según el análisis de los datos se observa que la mayor concentración se presentó en la estación P10 Catambuco con un valor máximo de 87,54 µg/m3, mientras que la menor concentración se registró para la estación P9 El Tambor con un valor minimo de 18,56 µg/m3.

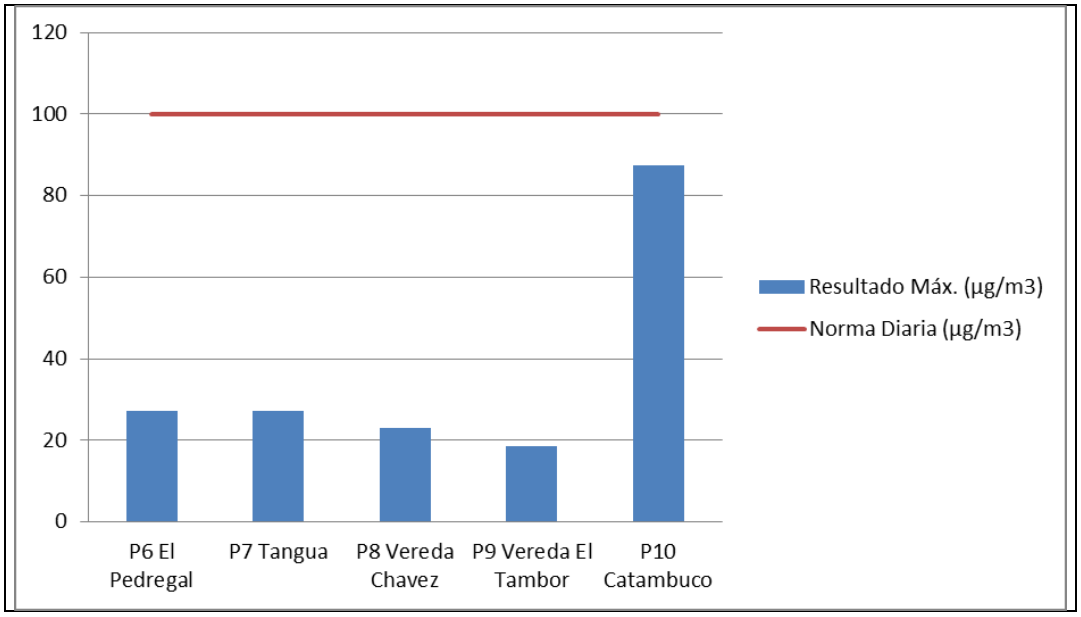


Figura 5.1.154 Concentraciones máximas de PM10 (µg/m3) vs Norma Diaria (Res. 610 de 2010)
Fuente: (ASOAM, 2016)

Las concentraciones de partículas menores a 10 micras (PM10) para las cinco (5) estaciones de monitoreo ubicadas en el tramo Pedragal – Catambuco, se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolucion 610 de 2010 para tiempo de exposición diaria (100 µg/m3).

Las partículas en suspensión abarca un amplio espectro de sustancias orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, pueden proceder de fuentes naturales y artificiales (ladrilleras artesanales, vehículos, horno crematorio,etc). La combustión de carburantes fósiles generada por el tráfico (vehículos pesados y livianos)es una de las principales fuentes de contaminación por partículas a los largo del corredor vial y área de influencia, puede producir diversos tipos de partículas: partículas grandes, por la liberación de materiales inquemados (cenizas volátiles), partículas finas, formadas por la condensación de materiales vaporizados durante la combustión, y partículas secundarias, mediante reacciones atmosféricas de contaminantes desprendidos como gases. En relación con sus efectos sobre la salud se suelen distinguir; las PM10 (partículas "torácicas" menores de 10 µm que pueden penetrar hasta las vías respiratorias.

– *Resultados Monitoreo Sox*

En la Tabla 5.1-95 se muestran los resultados diario del análisis de Dióxido de azufre (Sox) para las cinco (5) estaciones de monitoreo. Al realizar la comparación de los valores de concentración de Sox obtenidos con la Resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 del

MAVDT, podemos precisar que estos no superan el límite máximo establecido de 250 µg/m3 para un periodo de 24 horas.

Tabla 5.1-95 **Resultados Sox Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco**

FECHA	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9	PUNTO
	µG/M3	µG/M3	µG/M3	µG/M3	µG/M3
21/04/2016	16,72	18,08	13,37	Descartada	10,6
22/04/2016	13,08	20,65	15,68	17,11	18,15
23/04/2016	6,68	14,25	12,81	7,37	10,39
24/04/2016	8,57	Descartada	12,83	Descartada	30,22
25/04/2016	12,5	14,42	3,78	3,76	14,24
26/04/2016	12,49	2,21	6,75	13,14	14,38
27/04/2016	6,73	6,73	7,14	5,98	5,23
28/04/2016	11,69	11,75	7,29	5,92	7,3
29/04/2016	7,7	8,06	5,25	6,76	12,18
30/04/2016	4,99	5,98	8,28	4,48	8,39
01/05/2016	3,61	7,24	5,97	3,78	9,06
02/05/2016	8,2	9,47	5,14	8,94	8,22
03/05/2016	4,61	3,73	2,98	5,22	5,2
04/05/2016	3	5,35	5,98	4,44	4,5
05/05/2016	3,85	5,99	6,77	4,65	2,99
06/05/2016	9,1	5,36	3,79	5,25	4,49
07/05/2016	2,96	6,75	3,7	2,98	6,96
08/05/2016	4,5	4,49	4,5	4,65	5,25
Máximo	**16,72**	**20,65**	**15,68**	**17,11**	**30,22**
Mínimo	**2,96**	**2,21**	**2,98**	**2,98**	**2,99**
Promedio	**7,83**	**8,85**	**7,33**	**6,53**	**9,87**
Rango	**13,76**	**18,44**	**12,7**	**14,13**	**27,23**

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

En la Figura 5.1.155 se presentan los valores máximos de las concentraciones de Sox obtenidos para cada uno de las estaciones, donde podemos identificar una mayor concentración en la estación P10 Catambuco con un valor máximo de 30,22 µg/m3, mientras que la menor concentración se registró para la estación P8 Vereda Chavez con un valor máximo de 15,68 µg/m3.

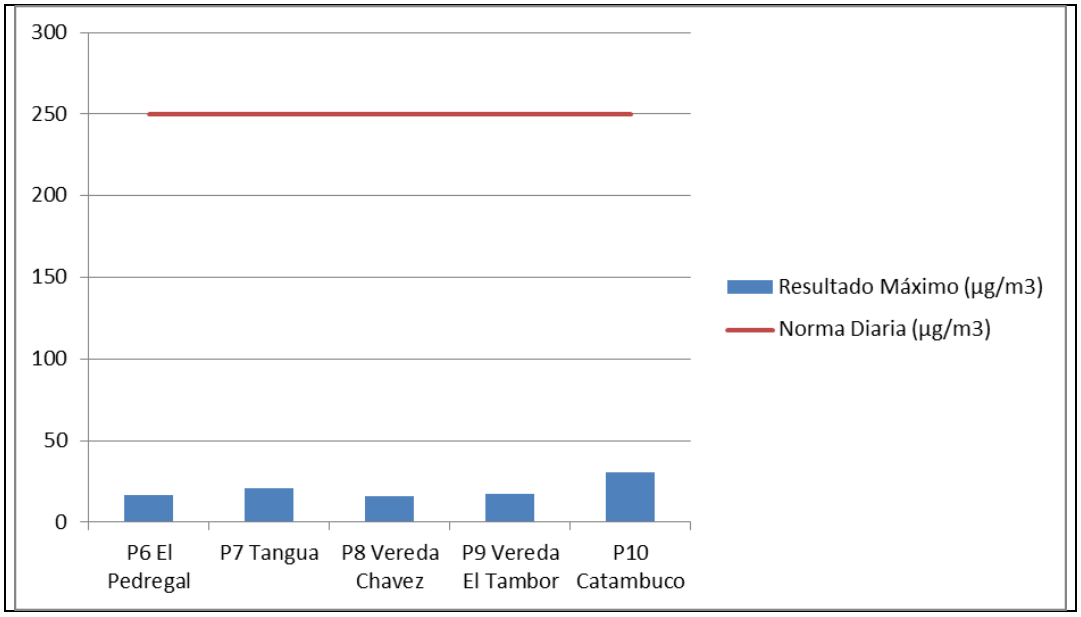


Figura 5.1.155 Concentraciones máximas de Sox (µg/m3) Vs Norma Diaria (Res. 2010 de 2010)
Fuente: (ASOAM, 2016)

Las concentraciones de Dióxido de azufre (Sox) para el área de estudio se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolucion 610 de 2010 para tiempo de exposición diaria (250 µg/m3).

La fuentes de emisión externas identificadas que inciden en los resultados obtenidos para Dióxido de azufre son el horno crematorio, las ladrilleras artesanales y fuentes móviles (vehículos pesados y livianos que transitan por la vía). El impacto ambiental generado por este compuesto proviene especialmente de la quema de combustibles fósiles sulfurosos como carbón, petróleo, gas natural, etc. Y el transito vehicular.

– *Resultados Monitoreo Nox*

En la Tabla 5.1-96 se muestran los resultados diario del análisis de Dióxido de nitrógeno (Nox) para las cinco (5) estaciones de monitoreo. Al realizar la comparación de los valores de concentración de Nox obtenidos con la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 del MAVDT, observamos que estos se encuentran por debajo del límite máximo establecido de 150 µg/m3 para un periodo de 24 horas.

Tabla 5.1-96 **Resultados Nox Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco**

FECHA	PUNTO 6 µG/M3	PUNTO 7 µG/M3	PUNTO 8 µG/M3	PUNTO 9 µG/M3	PUNTO µG/M3
21/04/2016	1,97	2,33	2,01	2,08	2,05
22/04/2016	2,09	2,15	2,13	2,02	2,14
23/04/2016	2,01	2,03	2,18	2	2,01
24/04/2016	1,94	Descartada	2,05	Descartada	2,16
25/04/2016	2,12	2,17	2,05	2,04	4,29
26/04/2016	1,99	2	2,03	2,1	3,59
27/04/2016	2,03	2,03	1,94	2,03	3,33
28/04/2016	1,98	2,66	1,98	2,64	1,98
29/04/2016	2,34	15,91	2,03	2,57	2,62
30/04/2016	2,21	2,03	2,04	2,03	2,07
01/05/2016	1,96	2,54	2,02	2,05	2,05
02/05/2016	2,61	1,97	1,99	2,53	2,86
03/05/2016	2,08	2,02	2,02	2,48	2,02
04/05/2016	2,03	2,07	2,03	2,01	2,03
05/05/2016	2,09	2,03	2,04	2,1	2,02
06/05/2016	2,06	2,08	2,06	2,03	2,03
07/05/2016	2	2,03	2,01	2,02	2,57
08/05/2016	2,03	2,03	2,03	4,3	2,36
Máximo	**2,61**	**15,91**	**2,18**	**4,30**	**4,29**
Mínimo	**1,94**	**1,97**	**1,94**	**2,00**	**1,98**
Promedio	**2,09**	**2,95**	**2,03**	**2,29**	**2,45**
Rango	**0,68**	**13,94**	**0,24**	**2,3**	**2,31**

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

En la Figura 5.1.156 se presentan los valores máximos de las concentraciones de Nox obtenidos para cada uno de las estaciones, donde podemos observar una mayor concentración en la estación P7 Tangua con un valor máximo de 15,91 µg/m3, mientras que la menor concentración se registró en la estación P8 Vereda Chávez con un valor máximo de 2,18 µg/m3.

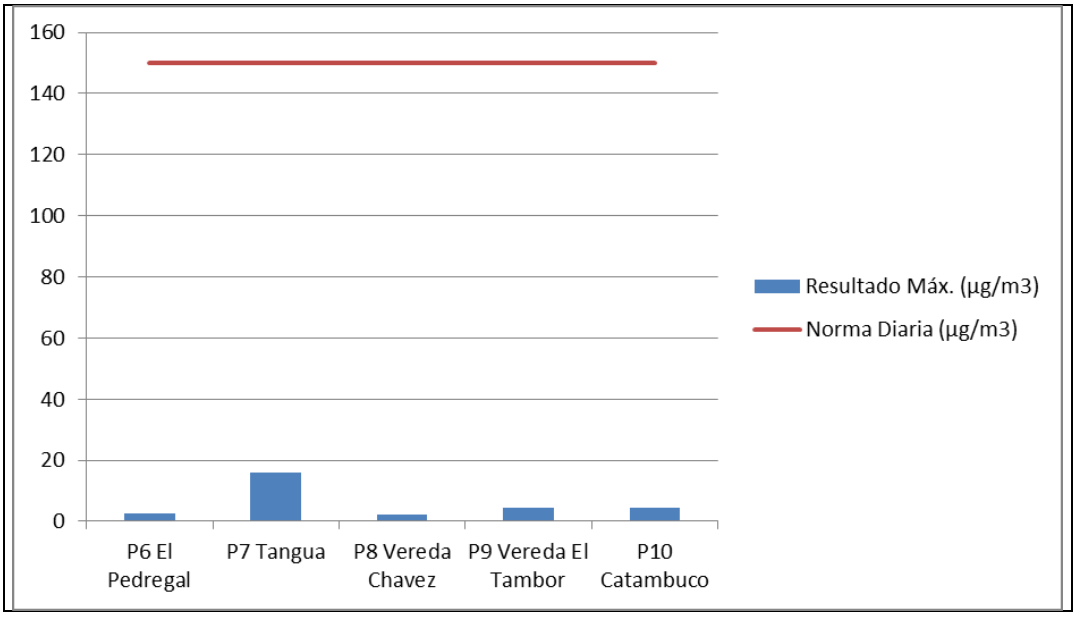


Figura 5.1.156 Concentraciones máximas de Nox (µg/m3) Vs Norma Diaria
Fuente: (ASOAM, 2016)

Las concentraciones de Dióxido de nitrógeno (Nox) para la zona de estudio se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolucion 610 de 2010 para el tiempo de exposición diaria (150 µg/m3).

La fuentes de emisión externas identificadas que inciden en los resultados obtenidos para Dióxido de nitrógeno son el horno crematorio, las ladrilleras artesanales y fuentes móviles (vehículos pesados y livianos que transitan por la vía).

Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire que respiramos, Cuando se liberan al suelo, pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno pueden evaporarse al aire. Sin embargo, la mayor parte será convertida en ácido nítrico u otros compuestos. (enfermedades, 2016)

- Resultados Monitoreo CO

En la Tabla 5.1-97 se muestran los resultados diario del análisis de Monóxido de carbono (CO) para las cinco (5) estaciones de monitoreo. Al realizar la comparación de los valores de concentración de CO obtenidos con la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 del MAVDT, observamos que estos se encuentran por debajo del límite máximo establecido de 40 µg/m3 para un periodo de exposición de 1 horas.

Tabla 5.1-97 **Resultados CO Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco**

Medidas #	Punto 6 (mg/m3)	Punto 7 (mg/m3)	Punto 8 (mg/m3)	Punto 9 (mg/m3)	Punto 10 (mg/m3)
1	1,54	1,16	1,57	0,59	0,83
2	0,6	1,46	1,17	0,95	1,49
3	0,79	1,26	1,67	0,83	1,68
4	1,07	0,99	0,59	0,81	0,58
5	1,37	1,04	1,4	0,64	0,87
6	0,74	0,62	1,19	1,35	1,41
7	0,61	0,81	1,67	1,69	1,51
8	0,9	0,67	1,16	1,23	0,95
Máximo	**1,54**	**1,46**	**1,67**	**1,69**	**1,68**
Mínimo	**0,6**	**0,62**	**0,59**	**0,59**	**0,58**
Promedio	**0,95**	**1**	**1,3**	**1,01**	**1,17**
Rango	**0,94**	**0,84**	**1,08**	**1,1**	**1,1**

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

En la Figura 5.1.157 se presentan los valores máximos de las concentraciones de CO obtenidos para cada uno de las estaciones, donde podemos observar una mayor concentración en la estación P8 Vereda El Tambor con un valor máximo de 1,69 µg/m3, mientras que la menor concentración se registró en la estación P7 Tangua con un valor máximo de 1,46 µg/m3.

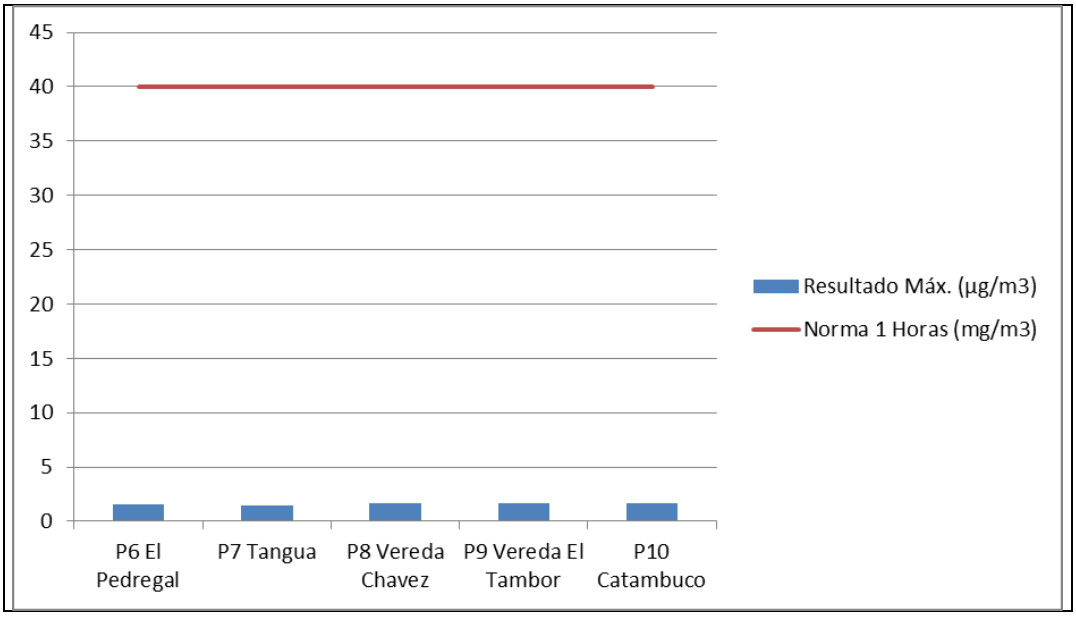


Figura 5.1.1579 Concentraciones máximas de CO (µg/m3) Vs Norma 1 Hora
Fuente: (ASOAM, 2016)

Las concentraciones de Dióxido de nitrógeno (Nox) para el área de estudio se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolucion para tiempo de exposición de 1 hora (40 µg/m3).

Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel pueden ser vehículos pesados y livianos que transitan por la vía; los procesos industriales como las ladrilleras artesanales presentes en el área de estudio. Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables de aproximadamente 80 % de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera.

En conclusión, del estudio de calidad del aire realizado se puede decir que:

- Las concentraciones de Partículas menores a 10 micras (PM10) para las estaciones los estudios los EIA (UF4, UF5), se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolución 610 de 2010, tanto para el tiempo de exposición Diaria (100 µg/m3) y Anual (50 µg/m3).

- Las concentraciones de Óxido de Azufre (SOx), para los estudios EIA (UF4, UF5), se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolución 610 de 2010 para tiempo de exposición Diaria (250 µg/m3) y Anual (80µg/m3).

- Las concentraciones de Óxido de Nitrógeno (NOx), para los estudios EIA (UF4, UF5),

se encuentran por debajo de los valores de referencia establecidos en la Resolución 610 de 2010 para tiempo de exposición Diaria (150 µg/m3) y Anual (100µg/m3).

- Las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) para los estudios y EIA (UF4, UF5), se encuentran por debajo de los valores normativos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010 para tiempo de exposición de 8 horas.

5.1.10.4 Ruido

– *Fuentes generadoras*

A través del corredor vial objeto del Proyecto se identificaron distintas fuentes generadoras de ruido ambiental, así como asentamientos poblacionales e infraestructura social.

Entre los principales centros poblados correspondente al sector de Pedregal del municipio de Imués, cabecera municipal de Tangua y corregimiento de Tangua. En lo relacionado con infraestuctura social tenemos Centros educativos, iglesias, centros de salud y escenarios deportivos (Ver anexo en GDB/cartografía/PDF/EIADCRP_PC_022).

En la siguiente tabla se presentan las principales fuentes emisoras de ruido identificadas durente el desarrollo del monitoreo de ruido diurno y nocturno. (Ver Tabla 5.1-98)

Tabla 5.1-98 Fuentes generadoras de ruido Ipiales – Pedregal

Fuentes sonoras	Tipo de emisión	Descripción
Trafico terrestre	Ruido de motor: propio de los vehículos en donde intervienen los elementos vibrantes que participan en la propulsión tales como: motor, transmisión, frenos, escapes y suspensión etc. Ruido aerodinámico: producido por la interacción entre la carrocería del vehículo y el aire. y Ruido de rodadura: Por la interacción entre el neumático y el pavimento	Impacto de ruido constante generado por motocicletas, vehículos livianos y pesados, siendo responsables del incremento de los niveles sonoros en los puntos monitoreados.
Comunitario	Ruido domestico	Ruido proveniente de actividades domesticas generadas en las viviendas

Fuentes sonoras	Tipo de emisión	Descripción
		aledañas
Fauna	Ruido Fauna silvestre	En esta zona habitan animales silvestre y domésticos, que provienen de la zona aledañas al área de influencia, algunos de ellos especialmente ruidosos, como los perros con sus ladridos, aves, etc.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S, 2016

- Ruido vehicular

De manera directa o indirecta todos contribuimos a la generación del ruido ambiental. Las grandes masas de gente que se desplazan diariamente por las redes viales primaria y secundaria recorriendo distancias cada vez mayores, propician también un uso creciente de unidades de transporte colectivo o individual en circulación que produce ruido en diversas formas.

Está demostrado que los vehículos automotores en circulación son los que contaminan en mayor medida el ambiente con ruido. El creciente número de vehículos en circulación, al predominio del ruido producido por el contacto de los neumáticos con el pavimento (territorial, 2016)

El ruido emitido por los vehículos circulando por las carreteras depende de factores tales como las características del propio vehículo, la velocidad y régimen de circulación y las características de la rodadura. Desde el punto de vista acústico, el ruido de un automóvil depende del tipo de vehículo, su masa, la potencia del motor, tecnología de la combustión, de su estado de conservación, etc. Respecto a su emisión sonora, los vehículos se pueden clasificar en:

- Vehículos ligeros, aquellos con peso en carga menor de 3,5 toneladas
- Vehículos pesados, con peso en carga mayor de 3,5 toneladas
- Motorizados de dos ruedas (ECHAZARRETA, 2016)

- Ruido urbano

Es el ruido de fondo predominante en una comunidad. Está compuesto por sonidos provenientes de muchas fuentes próximas y lejanas, asociados a las costumbres de los pobladores, e observan tendencias sociales que son irreversibles, como el crecimiento de la población, la densificación de ciertos espacios a costa de otros que pierden población y el incremento de las concentraciones urbanas, creando, en contrapartida, espacios ralos y con muy pocos habitantes. (territorial, 2016) En un centro urbano el ruido varía notablemente desde las áreas suburbanas más silenciosas hasta los sectores bordeados

por vías de intenso tráfico y establecimientos comerciales. El ruido varía de acuerdo con las horas del día de acuerdo con las actividades predominantes. Las molestias causadas por el ruido constituyen la principal causa de queja de la ciudadanía. (cauca, 2016)

El ruido es cada vez más un elemento ligado a nuestra civilización y está presente, de una manera o de otra, en los diferentes espacios. En correspondencia con la especialización funcional de nuestras sociedades han surgido diferentes formas de ruido, que se acomodan y se corresponden con las características de estos espacios. (territorial, 2016)

- Ruido industrial

El ruido generado por obras civiles es otra fuente frecuente de ruido urbano y rural, y de gran impacto vecinal para los pobladores más cercanos. En general, el ruido es emitido por la maquinaria de procesamiento y los vehículos de transporte de carga en movimiento; algunas máquinas como hincadoras de pilotes y martillos neumáticos, generan elevados niveles de presión acústica acompañados de vibraciones mecánicas que afectan las áreas aledañas a las obras. Existen también obras en construcción en predios intercalados en zonas habitacionales y de oficinas, que son frecuente motivo de denuncias por la generación de ruido, vibraciones y emisiones contaminantes de la atmósfera. El ruido procedente de las construcciones en general puede ser constante durante largos períodos o fluctuar considerablemente, y aumentar en determinados (territorial, 2016)

- <u>Monitoreo de ruido</u>

Con la finalidad de evaluar el comportamiento del ruido ambiental, en zonas identificadas como puntos de referencia ambiental, debido a la suceptibilidad de estas áreas a los incrmentos en el nivel de ruido, se desarrollaron los monitoreos de ruido, para de esta manera caracterizar las emisiones de ruido de fuentes específicas y determinar su incidencia sobre las zonas de evaluación e interés ambiental.

La medición de ruido se realizó en cinco (5) estaciones distribuidas a lo largo del área de estudio, donde se efectuó el monitoreo en jornada diurna y nocturna, según lo estipulado en la Resolución 627 de 2006, tomando cinco (5) mediciones de tres (3) minutos en cada punto, con intervalos de nueve (9) minutos, sobre un trípode de cuatro metros del suelo y con radio de 4 metros sin interferencia, tal y como se observa en la siguiente fotografía. (Ver Fotografía 5.1.81)

Fotografía 5.1.81 Medición del ruido ambiental
(Coordenadas: 964230.5 X – 614418 Y)
Fuente: Géminis Consultores Ambientales, 2016

Para el tramo Pedregal – Catambuco del proyecto vial se ubicaron un total de cinco (5) estaciones de monitoreo de ruido, tomando los potenciales receptores identificados sobre el área de influencia y las zonas proyectadas para la instalación de campamentos y plantas de proceso; todos los puntos de monitoreo se encuentran en el Sector D. Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderada, como limites máximos admisbles en este sector se tienen 55 dBA y 45 dBA, para horario diurno y nocturno respectivamente.

En el Anexo 5.1.10.4 se pueden observar el informe de ruido ambienal con todas las variables obtenidas en el monitoreo para las estaciones y las concentraciones presentes en los contaminantes monitoreados.

La ubicación de las estaciones de monitoreo establecidas para el proyecto se pueden observar en la

Tabla 5.1-99, donde se especifica el nombre con el cual se identifica, la vereda, el municipio al que pertenece y las respectivas coordenadas. En la Figura 5.1.158 se muestra la localización general de los puntos de las estaciones en el área de estudio.

Tabla 5.1-99 Ubicación Estaciones de Monitoreo de Ruido Proyecto vial Rumichaca – Pasto, tramo Pedregal – Catambuco

SECTOR	PUNTO CALIDAD DEL AIRE	VEREDA	MUNICIPIO	NORTE	ESTE
Pedregal – Catambuco	6	Pedregal	Imués	608240,807	958421,386
	7	Cabecera Municipal	Tangua	612790,996	964250,115
	8	Chávez	Tangua	614417,118	966819,165
	9	El Tambor	Tangua	616117,179	967301,637
	10	Catambuco	Pasto	620222,805	975459,265

Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

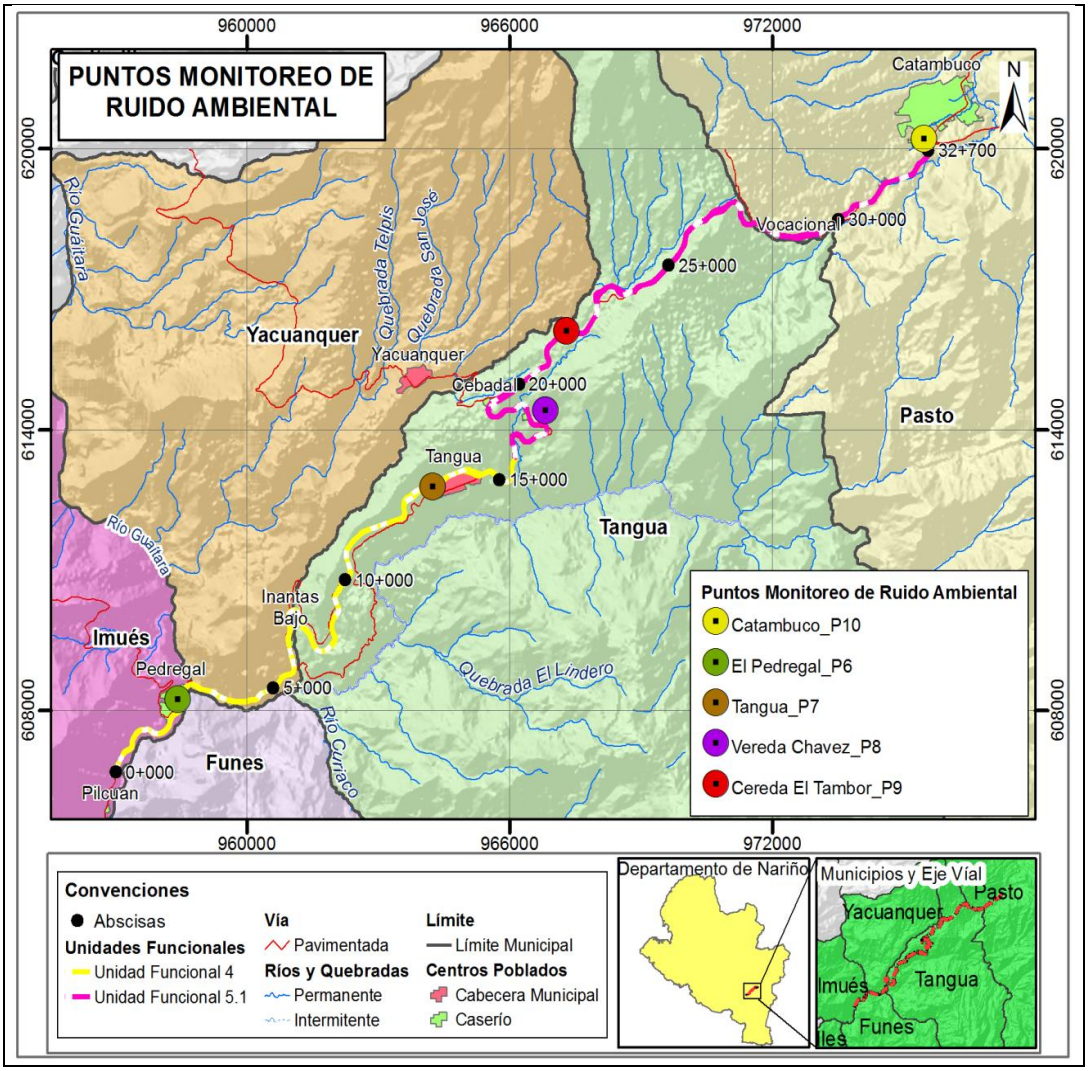


Figura 5.1.158 Puntos monitoreo Ruido,Tramo Pedregal – Catambuco
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Resultados de monitoreo de ruido diurno*

En la Tabla 5.1-100 se presentan los resultados de ruido Laeq Corr, Lmax y Lmin obtenidos para cada punto, así como su respectiva comparación con la norma diurna. Podemos observar que para los cinco (5) puntos monitoreados 4 no cumplen con el límite permisible sobrepasando los 55 dB (A) para jornada diurna.

Tabla 5.1-100 Resultados Ruido Ambiental y Comparación con la Norma

Ruido Ambiental Diurno					
Punto	**Laeq Corr**	**Lmax**	**Lmin**	**Norma Diurna**	**Cumplimiento**
P6 El	73,85	76,30	51,60	55	NO
P7 Tangua	64,63	71,30	57,70	55	NO
P8 Chavez	52,35	59,70	46,10	55	SI
P9 El	70,45	71,60	66,50	55	NO
P10	74,09	71,30	66,10	55	NO

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

En el anexo 5.1.10.4 se puede evidenciar los reportes de muestreo sin procesamiento, junto con la memoria de sumatoria de niveles y la aplicación de los ajustes K

En la Figura 5.1.159 se presenta gráficamente los resultados obtenidos para la respectiva estación de monitoreo y se puede observar las variaciones entre las mismas y su respectiva comparación con el cumplimiento de la norma. Estos resultados se encuentran influenciados por el alto flujo vehicular que trascurre por la zona, por el sonido emitido de animales domésticos y silvestres y por el tránsito de personas cerca de los puntos; El único punto que cumple con los parámetros establecidos en la norma es el P8 Vereda Chávez con 52,35 dB.

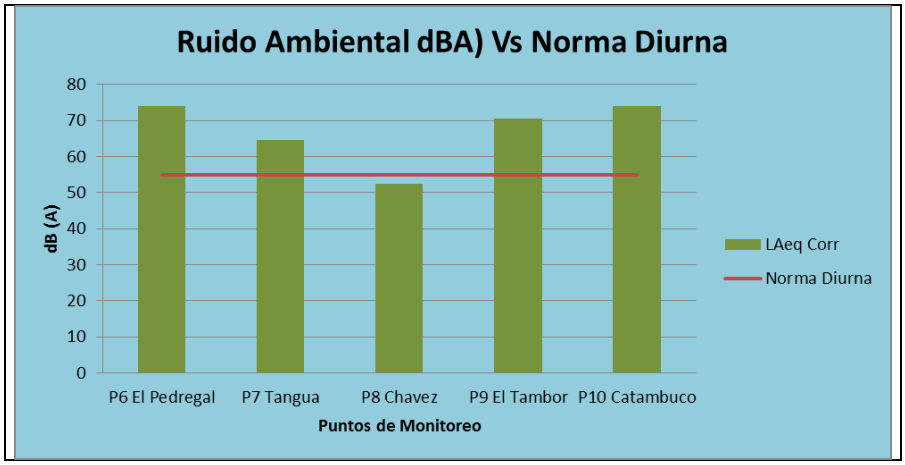


Figura 5.1.159 Resultados Ruido Ambiental y su Comparación con la Norma
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Los resultados de ruido obtenidos están influenciados por el alto flujo vehicular que transcurre por la zona, por el sonido emitido por animales silvestres y domésticos y por el tránsito de personas cerca a los sitios monitoreados.

– *Resultados de monitoreo de ruido nocturno*

De acuerdo a los resultados en el Figura 5.1.160, el ruido en horario nocturno se puede evidenciar que cuatro (4) de los cinco (5) puntos monitoreados no cumplen el límite permisible para jornada nocturna (45dB(A)); el nivel máximo de ruido se presenta en P6 que corresponde al Pedregal con un valor de 66.8 dB, en el p8 vereda Chavez presenta un valor de 42,35 dando cumplimiento a la norma establecida.

Los resultados resultados pueden estar influenciados por el alto flujo vehicular que trascurre por la zona, por el sonido emitido por animales domésticos y silvestre y por el tránsito de personas cerca de los puntos.

Tabla 5.1-101 Resultados Ruido Nocturno y Comparación con la Norma

Ruido Ambiental Diurno					
Punto	**Laeq Corr**	**Lmax**	**Lmin**	**Norma Nocturna**	**Cumplimiento**
P6 El Pedregal	66,85	66,3	44,6	45	NO
P7 Tangua	57,63	64,3	47,7	45	NO
P8 Chavez	42,35	49,7	39,1	45	SI
P9 El Tambor	63,45	64,6	56,5	45	NO
P10 Catambuco	64,09	63,3	66,1	45	NO

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

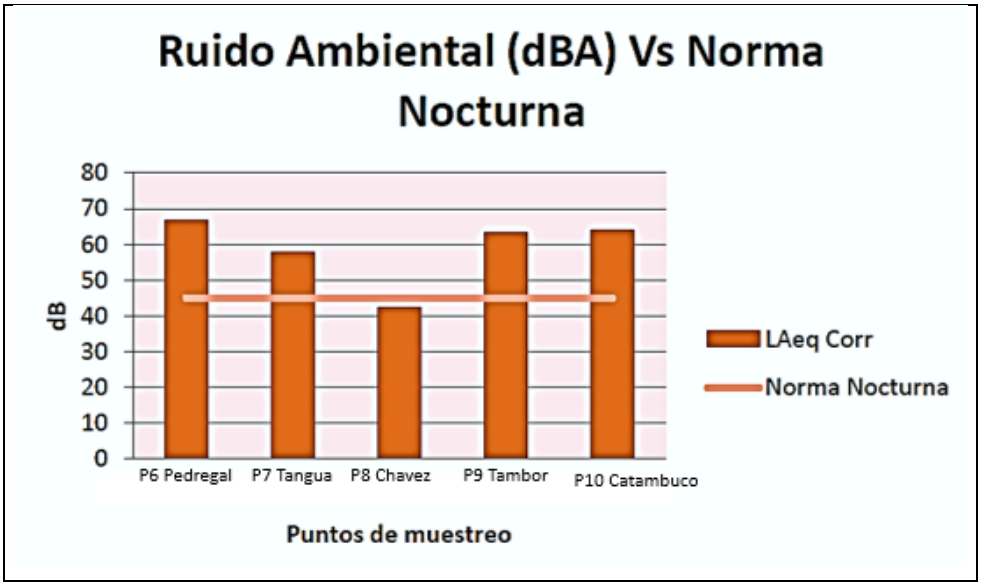


Figura 5.1.160 Resultados Ruido nocturno y su Comparación con la Norma
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Ruido nocturno Vs. Ruido diurno*

Para el proyecto vial se monitoreo ruido ambiental según la resolución 627 del 2006 considerando que Para efectos de aplicación de esta resolución, se establecen los siguientes horarios; diurno De las 7:01 a las 21:00 horas y nocturno De las 21:01 a las 7:00 horas.
Se establecen los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles ponderados A (dB(A)) también se identifica el sector y el subsector al cual pertenece ver Tabla 5.1-102 estandares máximos permisibles

Tabla 5.1-102 estandares máximos permisibles

Sector	subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Dia	Noche
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruído Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como		

Sector	subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Dia	Noche
	parques naturales y reservas naturales.		

Según la normatividad el valor máximo permisible para el dia es de 55 dB, para la noche 45 dB el punto que cumple con los valores en el rango establecido es la vereda chavez del municipio de Tangua ver Figura 5.1.161 Ruido diurno Vs. Nocturno. Debido a los motivos anteriormente mencionado

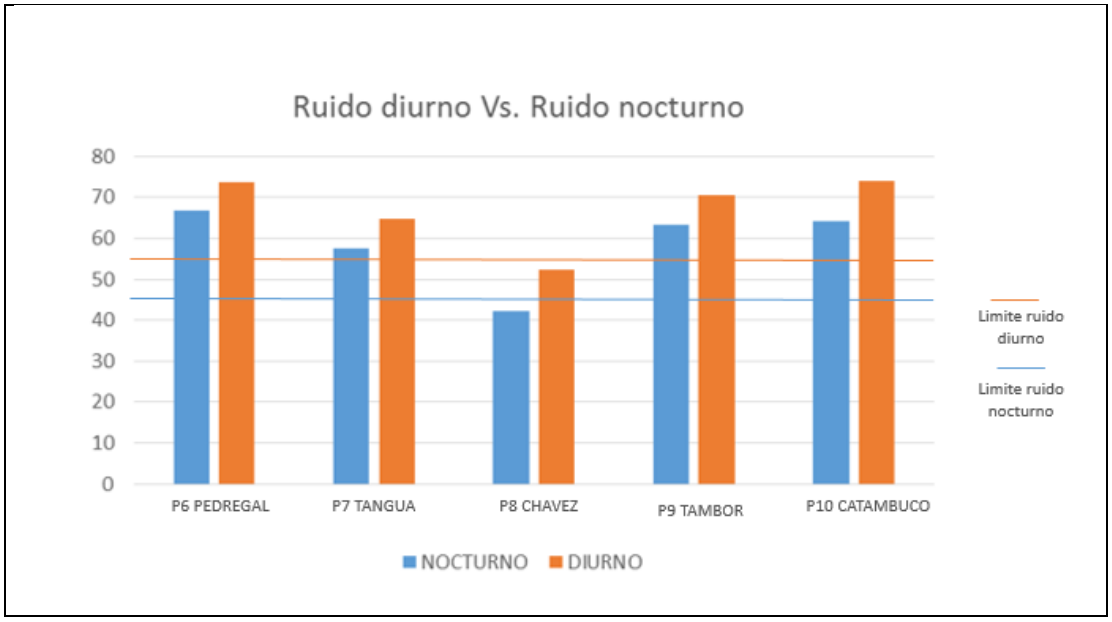


Figura 5.1.161 Ruido diurno Vs. Nocturno
Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Resultados de monitoreo de ruido diurno día no hábil*

En la Tabla 5.1-100 se presentan los resultados de ruido en días no hábiles obtenidos para cada punto, así como su respectiva comparación con la normatividad. Se puede observar que de cinco (5) puntos monitoreados cuatro (4) no hay cumplimiento con el límite permisible sobrepasando los 55 dB (A) estándar máximo permisible.

Tabla 5.1-103 Resultados Ruido Ambiental Vs Comparación con la Norma

Ruido Ambiental Diurno Día No Hábil					
Punto	**Laeq Corr**	**Lmax**	**Lmin**	**Norma Diurna**	**Cumplimiento**
P6 El	69,79	74,62	60,39	55	NO
P7 Tangua	55,54	63,35	48,27	55	NO
P8 Chavez	47,79	52,52	45,90	55	SI
P9 El	62,58	69,02	56,25	55	NO
P10	68,71	70,34	63,85	55	NO

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

En el anexo 5.1.10.4 se puede evidenciar los reportes de muestreo sin procesamiento, junto con la memoria de sumatoria de niveles y la aplicación de los ajustes K

En la Figura 5.1.159 se presenta gráficamente los resultados obtenidos y su respectiva comparación con el cumplimiento de la norma. El Incremento en los niveles de ruido en los cuatro (4) puntos es ocasionado generalmente por motocicletas, vehículos livianos y pesados, asi como por actividades domésticas aledañas a la zona de influencia directa de los monitoreos.El punto que cumple con la normatividad ambiental vigente es el P8 ubicado en la vereda Chávez municipio de Tangua registrando un valor de 47,79dB.

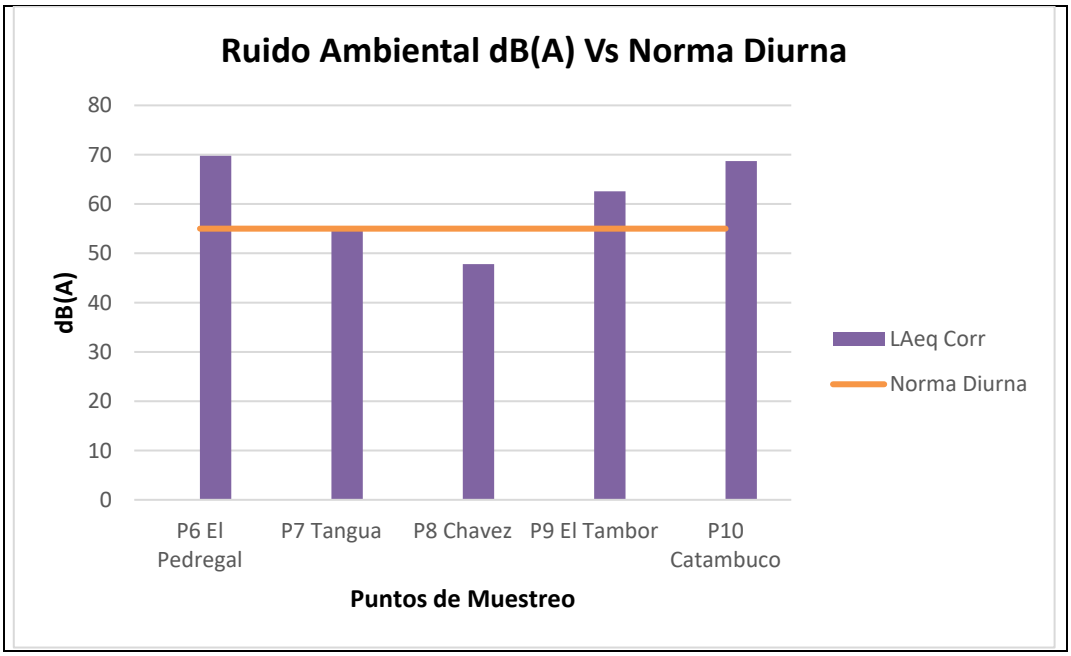


Figura 5.1.162 Resultados Ruido Ambiental Vs Comparación con la Norma
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Resultados de monitoreo de ruido nocturno día no hábil*

En la Tabla 5.1-100 se presentan los resultados de ruido Laeq Corr, Lmax y Lmin obtenidos para cada punto, así como su respectiva comparación con la normatividad para el periodo nocturno en día No hábil. Se puede observar que de cinco (5) puntos monitoreados cuatro (4) no cumplen con el límite permisible sobrepasando los 45 dB (A) estándar máximo permisible resultados que pueden estar influenciados por el alto flujo vehicular que trascurre por la zona, por el sonido emitido de animales domésticos y silvestre y por el tránsito de personas cerca de los puntos. Graficamente en la Figura 5.1.160 se observa que que al igual que para la jornada diurna el único punto muestreado que cumple con el valor máximo permisible tal y como lo establece la normatividad ambiental vigente es el punto 8 (P8) ubicado en la vereda Chávez municipio de Tangua con un valore de 39,93dB.

Tabla 5.1-104 Resultados Ruido Nocturno Vs Comparación con la Norma

Ruido Ambiental Nocturno Día No Hábil					
Punto	**Laeq Corr**	**Lmax**	**Lmin**	**Norma Nocturna**	**Cumplimiento**
P6 El Pedregal	61,81	66,63	52,45	45	NO
P7 Tangua	47,57	55,03	40,32	45	NO
P8 Chavez	39,93	44,55	38,08	45	SI
P9 El Tambor	54,42	60,86	48,49	45	NO
P10 Catambuco	60,71	62,54	55,94	45	NO

Fuente: (ASOAMSAS, 2016)

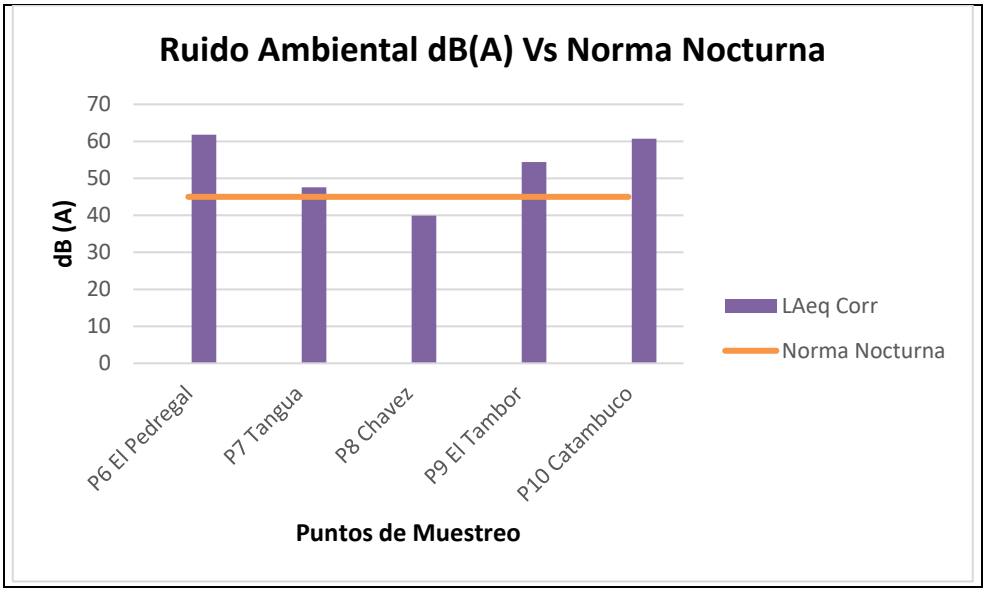


Figura 5.1.163 Resultados Ruido Nocturno Vs Comparación con la Norma
Fuente: (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

– *Ruido nocturno en día no hábil Vs. Ruido diurno en día no hábil*

La Resolución 0627 del 2006 del MAVDT establece estándares máximos permisibes tanto para el periodo diurno en horario de las 7:01 a las 21:00 horas (55dB) como para el periodo nocturno en horario de las 21:01 a las 7:00 horas (45dB) ver Tabla 5.1-102 estandares máximos permisibles. Sin embargo y teniendo en cuenta los resultados de los puntos monitoreados solo el punto ocho (P8) da cumpliento a los requerimientos de la norma para los dos casos como se puede observar en la Figura 5.1.161 Ruido diurno Vs. Nocturno por tanto puede ser clasificado como un sector D es decir una zona suburbana o rurla de tranquilidad y ruido moderado.

Tabla 5.1-105 Estandares Máximos Permisibles

Sector	subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Dia	Noche
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruído Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como		

Sector	subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Dia	Noche
	parques naturales y reservas naturales.		

Por otra parte, se puede expresar que indistintamente del periodo en que sean tomados los monitoreso ya se diurno o nocturno las variaciones en el comportamiento de la zona son poco significativas pues al ser esta una principal vía de acceso, dichos incrementos van a estar sustentados por el constante flujo vehicular (motocicletas, vehículos livianos y pesados), actividades domésticas aledañas a la zona de influencia del proyecto así como por animales silvestres y domésticos.

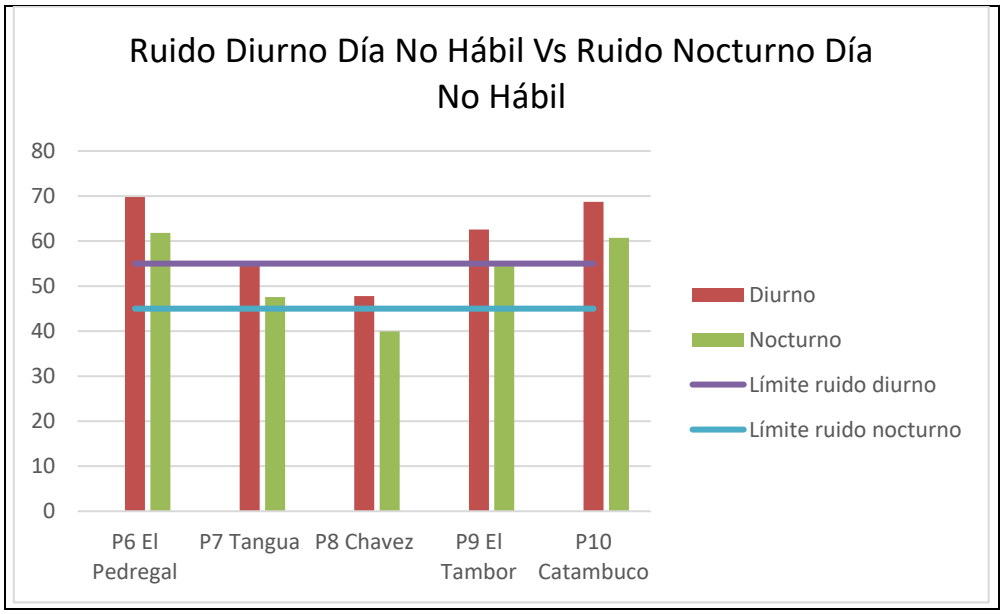


Figura 5.1.164 Ruido Diurno Día No Hábil Vs. Ruido Nocturno Día No Hábil

Fuente (Géminis Consultores Ambientales, 2016)

Bibliografía

Gómez García , G. (s.f.). *2013*. Obtenido de http://proyectorrr14.blogspot.com/2013/10/las-3r.html

Unshelm Báez , C. (2015). *Misredes.* Obtenido de http://misredes.com.ve/misredes_2.0/los-desechos-peligrosos/

UrielL Gallego, A. (2004). *Manual de señalización. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia.* Recuperado el 2015, de file:///C:/Users/LENOVO%20C225/Downloads/Capitulo4_SENALIZACION_CALLES_OBRAS.pdf

Acosta-Galvis. (2013). *Lista de los Anfibios de Colombia. Versión. 2013. http://amphibiacolombia.jimdo.com/.*

Acosta-Galvis, A. (2000). Ranas, Salamandras y Caecilias (Tetrapoda: Anphibia) de Colombia. *Biota Colombiana*, 289-319.

Acosta-Galvis, A. R. (2012). Anfibios de los enclaves secos del área de influencia de los Montes de María y la Ciénaga de La. *Biota Colombiana*, 211-231.

Acosta-Galvis, A. R. (2016). *Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en linea V.05.2015.0 Pagina web accesible en http://www.batrachia.com; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.* Recuperado el 12 de Marzo de 2016, de http://www.batrachia.com

Ahumada, J. (2001). Impacto de la fragmentación sobre la reproducción, estructura y comportamiento de la comunidad de colibríes de bosque altoandino. Proyecto N°973. Fundación para la promoción de la investigación y la tecnología. Pontificia Universidad Javeriana. 31pp.

Alcaldía de Ipiales. (2013). *Diagnóstico Rural del Municipio de Ipiales.*

Angulo A., J. V.-A.-M. (2006). Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Bogotá D.C.: Panamericana Formas e Impresos S.A., .

ANI. (2015). *ftp://ftp.ani.gov.co/Segunda%20Ola/Rumichaca%20Pasto/.*

Arango J, P. A. (1982). *Mapa geológico del Departamento de Nariño.* Bogotá: INGEOMINAS.

ASOAM. (2016). *SERAMBIENTE S.A.S.*

ASOAMSAS. (2016).

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2009). *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia.* Bogotá. Obtenido de http://www.understandrisk.org/sites/default/files/EstudioGeneraldeAmenazaSsmicadeColombia2009_UR%20(1).pdf

Bedoya, A. (2015). *Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y demolición .* Obtenido de

http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/538/1/Propuesta_Manejo_Integral_Bran_2011.pdf

Birdlife. (2010). Birdlife International Y Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Quito, Ecuador: BirdLife International (Serie de Conservación de.

Bolívar W., C. L. (2004). *Gastrotheca espeletia. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas*. Recuperado el 03 de 2016, de Http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55332A11294531

Calderón, J. C. (2011). Checklist Aves del Departamento de Nariño. *11*.

Calderón, J., Flórez, C., Cabrera, A., & Rosero, Y. (2001). Checklist Aves del Departamento de Nariño. *Biota Colombiana, 11*, 33-119.

Cardona Cogollo, J., & Urbina Cardona, N. (2008). Patrones de Diversidad y Composición de Reptiles en fragmento de Bosque Seco Tropical en Cordoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 397-416.

Castaño , O. V., Cardenas , G., & Castro - Herrera, F. (2002). *Reptiles en el Choco Biogeografico.* Bogotá: Conservación Internacional.

Castaño-Mora, O. (2002). *Libro Rojo de Reptiles de Colombia. Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia.* Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del medio Ambiente, Conservación InternacionalColombia.

Castro, F. H. (2010). *Hypodactylus elassodiscus. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas*. Recuperado el 03 de 2016, de Http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T56575A11498921

cauca, C. a. (2016). *Campañas contra el ruido .* Pasto .

CEPAL. (s.f.). ANÁLISIS, PREVENCIÓN Y RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS POR EL AGUA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. 64.

Chaparro. (2013).

Coloma, L. A. (2004). *Gastrotheca orophylax. La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas*. Recuperado el 03 de 2016, de Http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55349A11297121

Contadero, A. M. (2012 - 2015). *Plan de Desarrollo Municipal.* Obtenido de: http://www.contadero-narino.gov.co/apc-aa-files/31323035343164316366653332303035/p.d.m.-el-contadero-para-todos-2012-2015.pdf.

CORANTIOQUIA. (2008). *Resolución 10194 del 10 de Abril del 2008 " por medio del cual se reglamenta el uso y aprovechamiento de la flora amenazada en la jurisdicción de CORANTIOQUIA".*

Corantioquia. (2015). *Gestión De Residuos Sólidos En La Jurisdicción De Corantioquia.* Obtenido de http://www.corantioquia.gov.co/docs/LOGROS/GIRS.htm

CORPONARIÑO. (2007). *Zonificación y codificación de cuencas en el departamento de Nariño.*

CORPONARIÑO. (12 de 2009). Plan de Ordenacion y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guáitara (POMCH). San Juan de Pasto, Nariño.

CORPONARIÑO. (2011). *Determinantes ambientales para el ordenamiento territorial. Resolución 738 de 2011.*

CORPONARIÑO. (2012). *PLAN DE GESTION AMBIENTAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO, PGAR 2015-2032.*

CORPONARIÑO. (2015). *Resolucion No. 409 Permiso de Emisiones Atmosféricas .* Pasto.

CORPONARIÑO. (2016). *http://www.corponarino.gov.co/*.

Delgado , A., Ruiz, S., Arévalo, L., Castillo, G., Viles, N., Calderón, J., . . . Ramos, R. (2007). *lan de Accion en Biodiversidad del departamentos de Nariño 2006 - 2030 - Propuesta Técnica. .* Pasto.

ECHAZARRETA, F. S. (2016). *Ruido de trafico : carreteras .* Pasto .

enfermedades, A. p. (10 de Noviembre de 2016). *http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html*. Obtenido de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html.

Eraso, M. M. (12 de 2008). Gestión del riesgo hídrico en comunidades vulnerables. *Scielo, 17*(1). Recuperado el 06 de 07 de 2015, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-42652008000200012&script=sci_arttext

Estrada, A. (2004). Fragmentación de las selvas y la conservación de la biodiversidad: el caso de las aves y mamíferos silvestres, Instituto de Biología - Universidad Nacional Autónoma de México, .

Freitas Torres, D., Oliveira, E. S., Nóbrega Alves, R. R., & Vasconcellos, A. (2009). Etnobotanica e etnozoologia em unidades de conservacao: uso da biodiversidade na Apa de Genipabu, Rio Grande Do Norte, Brasil. *Interciencia, 34*(9), 623-629.

Frost, D. R. (2006). The amphibian tree of life. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist, 297*, 1-370.

García, R. (2002). *Biología de la conservacion: conceptos y prácticas.* Santo Domindo, Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio).

Gardner, A. L. (2008). Mammals of South America, Vol 1: Marsupials, xenarthrams, shrews and bats. *The University of Chicago Press*.

GBIF. (10 de Marzo de 2016). *Global Biodiversity Information Facility (GBIF) en Sistema de Informacion sobre biodiversidad SIB Colombia*. Obtenido de http://www.sibcolombia.net/web/sib/cifras

Géminis Consultores Ambientales. (2016).

Géminis Consultores Ambientales. (2016).
Géminis Consultores Ambientales. (2016).
Géminis Consultores Ambientales. (2016).
Géminis Consultores Ambientales. (2016).
Géminis Consultores Ambientales. (2016).
Géminis Consultores S.A.S. (2015).
Géminis Consultores S.A.S. (2015).
Géminis Consultores S.A.S. (2016).
Géminis Consultores S.A.S. . (2015).
Géminis Consultores S.A.S. . (2015).
Géminis Consultores S.A.S. (2015).
Géminis consultores S.A.S. (2016).
Géminis Consultores S.A.S. (2016).
Google. (Agosto de 2016). *Google Earth - Imagen Landsat*.
GRUPO CONSULTOR LAND GROUP. (2013). *INFORME FINAL AMBIENTAL RUMICHACA - PASTO.*
Guayasamín, J. M. (2010). *Centrolene buckleyi* . Recuperado el 03 de 2016, de La Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas: Http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T54908A11220443
Higiene y seguridad industrial. (2011). Obtenido de http://saludocupacional11blogspotcom.blogspot.com/2011/06/formacion-entrenamiento-y-capacitacion.html
HSE Services ltda. (2015). *HSE & SO Services*. Obtenido de http://hseservicesltda.com/web/index.php/servicios-hseq/capacitacion-entrenamiento/brigadistas?showall=1&limitstart=
ICONTEC. (2004). *NTC 5254.* ICONTEC.
ICONTEC. (2015). *Norma tecnica Colombiana GTC 24.* Obtenido de http://www.estra.com/eco/pdf/norma.pdf
ICONTEC. (2015). *Norma tecnica Colombiana GTC 024.* Obtenido de http://www.estra.com/eco/pdf/norma.pdf
IDEAM. (s.f.). *2001.*
IDEAM. (2013). Zonoficación y codificación de unidades hidrograficas e hidrogeologicas de Colombia. Bogota D.C.
IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000.* Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios.
IIAP, I. d. (Febrero 2013). Plan estrategico de la macrocuenca dle pacifico, . Quibdo.

Iles, A. M. (2012 - 2015). *Plan de Desarrollo Municipal.* Obtenido de: http://www.iles-narino.gov.co/apc-aa-files/32636534643131366534643064393762/PLAN_DESARROLLO_ILES.pdf.

Iles, M. d. (2003). *Esquema de Ordenamiento Territorial Dimensión Físico Biótica (2003 - 2012).*

Imúes, A. M. (2012 - 2015). *Plan de Desarrollo Municipal .* http://imues-narino.gov.co/apc-aa-files/37363163333063616630633234373437/2.-acuerdo-pdm-2012-2015.pdf.

INGEOMINAS. (2000).

(2016). *INGETEC.*

INGETEC, M. p. (2016).

INVIAS. (2011). *Guía de manejo ambiental.* Recuperado el 2015

INVIAS. (2011). *Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura - Subsector vial.*

INVIAS. (2011). *Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura Subsector Vial.*

INVIAS. (2011). Guía de Manejo Ambiental de Proyectos de Infraestructura, Subsector Vial.

Ipiales, A. M. (2012 – 2015). *Plan de Desarrollo Municipal .* Obtenido de: http://ipiales-narino.gov.co/apc-aa-files/65366238396435326233633735353738/plan-todos-por-ipiales-2012-2015sin-firmas.pdf.

IUCN. (Septiembre de 2015). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.4.* Recuperado el Marzo de 2016, de www.iucnredlist.org

Mahaney, P. (1994). Effects of freshwater petroleum contamination on amphibian hatching and metamorphosis. *Environ. Toxicol., Chem.13:*, 259-265.

MAVDT. (2010). *DECRETO 3930.* BOGOTÁ D.C.

MAVDT. (2010). *Metodología general para la presentación de estudios ambientales. Zapata P., Diana M., Londoño B Carlos A et ál. (Eds.) González H Claudia V.; Idárraga A Jorge.; Poveda G Amanda.; et ál. (Textos).* Bogotá, D.C.: Colombia.: MAVDT.

MAVDT, M. d. (2010). *Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales.* Bogotá.

Monroy, O. 2. (2005). Principios Generales de Biología de la Conservación. Centro de Investigación en Recursos Bióticos. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. *Instituto Literario 100 Ote, Col. Centro, Toluca, México*.

MUNICIPIO DE CONTADERO. (2006). ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EOT. Contadero, Nariño.

MUNICIPIO DE ILES. (2003). ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EOT. ILES, Nariño.

Naranjo, L. G.-G.-S. (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia.

Nariño, C. a. (2007). *Plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrograficas* . Pasto .

Nuñez, A. (2003). *Reconocimiento geológico regional de las planchas 411 La Cruz-San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco, Departamentos de Caquetá, HUila, Nariño y Putumayo, Escala 1:100000.* Bogota: INGEOMINAS.

PROINTEC. (2016).

Ramírez - Chavez, H., & Noguera Urbano, E. (2010). Lista preliminar de los mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento de Nariño, Colombia. *Biota Colombiana, 11*(1-2), 117-140.

Ramirez y Viña. (20 de Julio de 2016).

Ramírez-Chaves, H. E., & Noguera Urbano, E. A. (2010). *Lista preliminar de los mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento de Nariño, Colombia,.* Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt.

Renjifo, L. M.-T.-V.-E.-G. (2014). *Libro rojo de aves de Colombia,* (Vol. Volumen I: bosques humedos de los Andes y la costa Pacifica.). Bogota: Editorial Pontificia.

Robertson, K. (2013). *Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100000.* Bogota: IDEAM.

Rodriguez, B. (2005). *Procesamiento e interpretación estructural de imágenes satelitales del Altiplano Nariñense.* Bogota: Universidad Nacional.

Rojas Díaz, V., Reyes Gutiérrez, M., & Alberico, M. (2012). Mamíferos (Synapsida, Theria) del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana, 13*(1), 99-116.

Ron, S. C. (2016). *Atelopus ignescens. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org>.* Recuperado el 03 de 2016, de www.iucnredlist.org

Rueda Almonacid J.V., J. L. (2004). *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia.* Bogotá Colombia: Conservación internacional Colombia, Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente.

Rueda-Almoacid, J. V. (2004). Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Serie de libros rojos de Especies amenazadas de Colombia. Conservación internacional Colombia., Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia. *Ministerio de Medio Ambiete*, 384pp.

Ruiz-Carranza, P. M.-R. (1996). Lista actualizada de la fauna Amphibia de Colombia. *Revista Acad. Colomb. Cienc. 20(77)*, 365-415.

S.A.S, G. C. (2016).

Secretaria de Salud. (2007). *Resolución 0705.* Obtenido de http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=31885

Servicio Geológico Colombiano. (2003). *Catografía geológica de las zonas Andinas Sur y Garzón-Quetame .* Bogotá.

SIB. (2015). Recuperado el 1 de 10 de 2015, de Sistema de Información de Biodiversidad: http://www.sibcolombia.net/web/sib/home

Sistema Único de Información de Trámites. (15 de Diciembre de 2015). *SUIT*. Obtenido de SUIT: http://www.suit.gov.co

Solari S., Y. M.-S.-M.-C. (2013.). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. . *Mastozoología Neotropical 20:* , 301–365.

solostock. (13 de 07 de 2015). Obtenido de http://www.solostocks.com/venta-productos/modulos-prefabricados/banos-portatiles/alquiler-de-sanitarios-portatiles-en-cordoba-6561838

Sonora, I. T. (07 de 07 de 2015). Recuperado el 07 de 07 de 2015, de http://www.itson.mx/micrositios/laboratorios/Documents/plan_de_contingencia_csh.pdf

Suzan, G. F. (2000). La Importancia del Estudio de Enfermedades en la Conservación de Fauna Silvestre. *Universidad Nacional Autónoma de México. Vet. Méx.,*, 31 (3).

territorial, P. d. (2016). *Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad.* Pasto .

Tirira, D. G. (2009). Mamíferos Ecuatorianos en museos de historia natural y colecciones cientificas:1. El Museo de Historia Natural de Ginebra (Suiza). Centro de Investigaciones IASA. *Boletín Técnico 8, Serie Zoológica, 4-5*, 74-100.

Uetz, P. &. (2015). *The Reptile Database*. Recuperado el 03 de 2016, de http://www.reptile-database.org

UrielL Gallego, A. (2004). *Manual de señalización. Dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia.* Recuperado el 2015, de file:///C:/Users/LENOVO%20C225/Downloads/Capitulo4_SENALIZACION_CALLES_OBRAS.pdf

Velandia, F. e. (2008). Estratigrafia de los depósitos volcánicos del Altiplano Nariñense, Colombia. *Geologia Colombiana*, 33.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad.* Bogotá: Instituto de investigacion de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Viloria, J. (2007). *Economía del Departamento de Nariño: Ruralidad y Aislamiento Geográfico.* Banco de la República. Obtenido de: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-87.pdf.

Walker, R. (1984). Facies models. *Geoscience Canda Geological Society*.

Willson, M. &. (2003.). Efectos de la Fragmentación de Bosques Para las Aves de los Bosques Australes Chilenos. . *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, Vol. XIX / Nº 3 y 4.

(2016). *Worldmeteo.*

Young, B. E. (2004). Joyas que están desapareciendo: El estado de los anfibios en el Nuevo Mundo. *Nature Serve, Arlington, Virginia.*, 60 pp.