ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARQUE EÓLICO CASA ELÉCTRICA

CAPÍTULO 5.1 – MEDIO ABIÓTICO



AES COLOMBIA & JEMEIWAA KA'I

Diciembre, 2021

TABLA DE CONTENIDO

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 31
5.1. MEDIO ABIÓTICO 31
5.1.1. Geología 31
5.1.1.1. Evolución Geológica de la Alta Guajira 32
5.1.1.2. Litoestratigrafía de Unidades Aflorantes en la Alta Guajira 34
5.1.1.2.1. Rocas Metamórficas 34
5.1.1.2.2. Rocas Sedimentarias 36
5.1.1.2.3. Depósitos Cuaternarios 41
5.1.1.3. Geología Estructural 48
5.1.1.3.1. Fallamiento y amenaza sísmica 48
5.1.1.4. Estratigrafía del Área de Estudio 55
5.1.1.4.1. Formación Uitpa (E2n2-Sm) 56
5.1.1.4.2. Abanicos Aluviales y Depósitos Coluviales (Q-ca) 58
5.1.1.4.1. Depósitos de llanura aluvial (Q-al) 60
5.1.1.4.2. Relleno Antrópico (Q-at) 63
5.1.1.5. Prospección Geoeléctrica 65
5.1.1.5.1. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-01b 66
5.1.1.5.2. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-02 67
5.1.1.5.3. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-03 68
5.1.1.5.4. Sondeo eléctrico vertical CESE-2 70
5.1.1.5.5. Conclusiones de la Prospección Geofísica 71
5.1.2. Geomorfología 72
5.1.2.1. Unidades Geomorfológicas 72
5.1.2.2. Morfogénesis 74
5.1.2.2.1. Ambiente Denudacional 75
5.1.2.2.2. Ambiente Fluvial 77
5.1.2.2.3. Formas Antropogénicas 81
5.1.2.3. Morfodinámica 82
5.1.2.3.1. Pendientes o Inclinación de las Laderas 82
5.1.2.3.2. Susceptibilidad a la Erosión 89

5.1.2.3.3. Amenaza por Movimientos en Masa 91
5.1.2.4. Dinámica Fluvial 110
5.1.2.4.1. Morfología del Drenaje 114
5.1.2.4.2. Tipos de Corriente 115
5.1.2.4.3. Geomorfología de los Cauces 116
5.1.2.4.4. Hidrodinámica Actual 133
5.1.2.4.5. Amenaza por Inundación 137
5.1.2.4.6. Amenaza por Tsunamis 154
5.1.3. Suelos y Uso del Suelo 158
5.1.3.1. Caracterización de los Suelos 158
5.1.3.1.1. Asociación Sodic Haplocalcids - Typic Natrargids (RZB) 160
5.1.3.1.2. Asociación Typic Aquisalids, Calcic Haplosalids, Sodic Haplocambids. (RZC) 160
5.1.3.1.3. Consociación Typic Haplocambids (RZD) 161
5.1.3.1.4. Grupo Indiferenciado Typic Haplocambids y/o Typic Torriorthents y/o Calcic Haplosalids (RZJ) 162
5.1.3.1.5. Consociación Typic Torrifluvents (RZK) 164
5.1.3.2. Clasificación Agrológica de los Suelos 165
5.1.3.3. Uso Actual de los Suelos 167
5.1.3.3.1. Descripción de los Usos Actuales de los Suelos 167
5.1.3.4. Uso Potencial del Suelo o Capacidad de Uso Agrológico 171
5.1.3.5. Conflictos de Uso del Suelo 173
5.1.3.5.1. Tierras Sin Conflictos de Uso o Uso Adecuado (Símbolo USA) 174
5.1.3.5.2. Conflictos por Sobreutilización (Símbolo SO): 174
5.1.3.5.3. Conflictos por Subutilización (Símbolo SU) 174
5.1.3.6. Resultados y Análisis de los Monitoreos de Suelos Ejecutados 177
5.1.3.6.1. Estado Actual de los Suelos desde el Punto de Vista Fertilidad y Presencia de Metales Pesados. 177
5.1.3.7. Análisis del Estado de Degradación de Suelos (Erosión, Salinización, Desertificación) 180
5.1.3.7.1. Erosión 180
5.1.3.7.2. Desertificación 184

5.1.4. Hidrología 185
5.1.4.1. Localización del proyecto en la zonificación nacional 186
5.1.4.2. Identificación de sistemas lénticos, lóticos y zonas de recarga potencial 188
5.1.4.2.1. Sistemas lénticos 188
5.1.4.2.2. Sistemas lóticos 191
5.1.4.2.3. Zonas de recarga potencial 193
5.1.4.3. Características morfométricas de las subcuencas analizadas. 193
5.1.4.3.1. Área de drenaje 194
5.1.4.3.2. Perímetro 196
5.1.4.3.3. Longitud del cauce principal 196
5.1.4.3.4. Factor de forma de Horton 197
5.1.4.3.5. Índice de compacidad 198
5.1.4.3.6. Pendiente media del cauce 198
5.1.4.3.7. Desnivel altitudinal 199
5.1.4.3.8. Tiempo de concentración 199
5.1.4.3.9. Índice de sinuosidad 202
5.1.4.3.10. Densidad de drenaje 203
5.1.4.4. Caracterización de variables climáticas 220
5.1.4.4.1. Caracterización de la precipitación 221
5.1.4.4.2. Evapotranspiración Potencial 240
5.1.4.4.3. Balance Hídrico 242
5.1.4.5. Caracterización hidrológica 242
5.1.4.5.1. Caudales medios 243
5.1.4.5.2. Caudales máximos 266
5.1.4.6. Huracanes en la zona de proyecto 291
5.1.4.6.1. Evaluación de la amenaza de ciclones tropicales en Colombia 293
5.1.4.7. Caudales mínimos 293
5.1.4.8. Caudal ambiental 294
5.1.4.9. Índices hidrológicos 294
5.1.4.9.1. Análisis del índice del uso de aguas superficiales 294
5.1.4.9.2. Índice de regulación hídrica 295
5.1.4.9.3. Índice de vulnerabilidad hídrica 296

5.1.4.9.4. Índice de aridez 297
5.1.5. Usos actuales del agua 299
5.1.5.1. Antecedentes y Metodología 299
5.1.5.2. Oferta Hídrica 300
5.1.5.2.1. Jagüeyes 301
5.1.5.2.2. Casimbas 305
5.1.5.2.3. Suministro por carro tanque 306
5.1.5.2.4. Recolección de agua lluvia 307
5.1.5.3. Almacenamiento doméstico del agua 309
5.1.5.4. Transporte. 310
5.1.5.5. Usos actuales 311
5.1.5.5.1. Doméstico 311
5.1.5.5.2. Agropecuario 312
5.1.5.6. Demanda de agua 313
5.1.5.7. Síntesis de Abastecimiento por Comunidad 314
5.1.5.8. Síntesis de Abastecimiento por Comunidad 317
5.1.5.9. Evaluación de jagüeyes e identificación de obras en su área de influencia o descarga 318
5.1.6. Calidad del Agua 321
5.1.6.1. Informe Fisicoquímico Aguas Superficiales 321
5.1.6.2. Resultados 326
5.1.6.2.1. Temperatura del agua 326
5.1.6.2.2. pH 327
5.1.6.2.3. Oxígeno Disuelto 329
5.1.6.2.4. Conductividad 330
5.1.6.2.5. Alcalinidad 331
5.1.6.2.6. Acidez 332
5.1.6.2.7. Color Triestimular 332
5.1.6.2.8. Turbiedad 333
5.1.6.2.9. Dureza 334
5.1.6.2.10. DBO5 335
5.1.6.2.11. DQO 336

5.1.6.2.12. Fosforo Total 337
5.1.6.2.13. Nitrógeno Total....338
5.1.6.2.14. Detergentes....338
5.1.6.2.15. Grasas y Aceites 339
5.1.6.2.16. Fenoles 340
5.1.6.2.17. Hidrocarburos....340
5.1.6.2.18. Cloruros y sulfatos 340
5.1.6.2.19. Sólidos Suspendidos y Disueltos Totales 342
5.1.6.2.20. Coliformes Fecales o Termotolerantes 344
5.1.6.2.21. Coliformes Totales 345
5.1.6.2.22. Arsénico 346
5.1.6.2.23. Bario....347
5.1.6.2.24. Cadmio....347
5.1.6.2.25. Cobre 347
5.1.6.2.26. Cromo 348
5.1.6.2.27. Hierro 348
5.1.6.2.28. Níquel....349
5.1.6.2.29. Plata....349
5.1.6.2.30. Mercurio 349
5.1.6.2.31. Plomo....350
5.1.6.2.32. Potasio 350
5.1.6.2.33. Selenio 351
5.1.6.2.34. Zinc 351
5.1.6.2.35. Índices de Contaminación del Agua (ICOS'S). 351
5.1.6.2.36. ICOMI....353
5.1.6.2.37. ICOSUS. 353
5.1.6.2.38. ICOTRO 353
5.1.6.2.39. ICOMO....354
5.1.6.2.40. ICOpH. 354
5.1.6.2.41. Índices de Calidad de Agua (ICA). 355
5.1.6.2.42. Medición de caudales. 356
5.1.6.3. Conclusiones....358

5.1.7. Geotecnia 361
5.1.7.1. Pendiente 364
5.1.7.2. Litología 365
5.1.7.3. Coberturas de la Tierra 366
5.1.7.4. Geomorfología 368
5.1.7.5. Edafología 369
5.1.7.6. Hidrogeología 370
5.1.7.7. Usos del Suelo 370
5.1.7.8. Mapa de Zonificación Geotécnica 371
5.1.8. Atmósfera 374
5.1.8.1. Meteorología 374
5.1.8.1.1. Huracanes 375
5.1.8.1.2. Evaluación de la amenaza de ciclones tropicales en Colombia 377
5.1.8.1.3. Tormenta eléctrica 378
5.1.8.1.4. Tormenta de arena 380
5.1.8.1.5. Vendavales 380
5.1.8.1.6. Tsunamis 381
5.1.8.1.7. Meteorología área de estudio 382
5.1.8.1.8. Temperatura 385
5.1.8.1.9. Variación anual de la temperatura media 387
5.1.8.1.10. Precipitación 390
5.1.8.1.11. Humedad relativa 394
5.1.8.1.12. Vientos 399
5.1.8.1.13. Brillo solar 411
5.1.8.1.14. Radiación solar 412
5.1.8.1.15. Nubosidad 414
5.1.8.1.16. Presión atmosférica 415
5.1.8.1.17. Evaporación 417
5.1.8.1.18. Zonificación climática 418
5.1.8.2. Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas 421
5.1.8.2.1. Fuentes actuales área de influencia 421
5.1.8.2.2. Aforo vehicular 447

5.1.8.2.3. Línea férrea - Cerrejón 456
5.1.8.3. Modelación de contaminantes y Calidad del aire 459
5.1.8.3.1. Monitoreo de calidad del aire 459
5.1.8.3.2. Modelo de dispersión 507
5.1.8.4. Ruido 513
5.1.8.4.1. Monitoreo de ruido 513
5.1.8.4.2. Modelación de ruido 546

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Porcentaje de área ocupada Unidades Geológicas en el área de influencia 55
Tabla 5-2 Colores usados para las Unidades Geológicas.....55
Tabla 5-3 Jerarquización geomorfológica de acuerdo con SGC para la ventana cartográfica 73
Tabla 5-4 Área ocupada por cada unidad geomorfológica dentro de la zona de estudio ..74
Tabla 5-5 Rango de inclinación de las laderas.....83
Tabla 5-6 Procesos Erosivos. Erosión laminar, Surcos, Barrancos y Cárcavas 85
Tabla 5-7 Características de los procesos erosivos del Área de Influencia del Proyecto ..87
Tabla 5-8 Susceptibilidad a la degradación de los suelos por erosión en el área de influencia 90
Tabla 5-9 Categorías de clasificación de Susceptibilidad 100
Tabla 5-10 Valoración de unidades y grado de suceptibilidad 100
Tabla 5-11 Categorías de clasificación de Amenaza 107
Tabla 5-12 Criterios de zonificación de amenaza por Movimientos en Masa en el Área de Influencia 108
Tabla 5-13 Clasificación básica de las inundaciones 138
Tabla 5-14 Estadísticas departamento de La Guajira 139
Tabla 5-15 Nivel de riesgo por inundación municipio de Uribia y Manaure (Alta Guajira)140
Tabla 5-16 Reporte de Eventos por Inundación y sus afectaciones para el municipio de Uribia 142
Tabla 5-17 Categorías de clasificación de Susceptibilidad 143
Tabla 5-18 Categorías de clasificación de Amenaza 147
Tabla 5-19 Valoración del tipo de material para la amenaza de inundación 148
Tabla 5-20 Valoración de la cobertura vegetal para la amenaza por inundación.....149
Tabla 5-21 Valoración de geomorfología para zonificación de amenaza a inundación ...149
Tabla 5-22 Valoración edafológica para la amenaza por inundación.....150
Tabla 5-23 Criterios de zonificación de amenaza por inundación específicos para el área de estudio 151
Tabla 5-24 Porcentaje y área de cubrimiento por amenaza de inundación de la zona de estudio 152
Tabla 5-25 Descripción de las unidades de Zonificación por Amenaza de inundación....154

Tabla 5-26 Clasificación de Amenazas por Tsunamis (Alta Guajira) 156
Tabla 5-27 Análisis de Vulnerabilidad municipio de Uribia.....156
Tabla 5-28 Nivel de riesgo por tsunami municipio de Uribia 156
Tabla 5-29 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio.....158
Tabla 5-30 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio.....166
Tabla 5-31 Unidades de Capacidad de Uso del Suelo presentes en el área de estudio. 172
Tabla 5-32 Unidades de Conflictos de Uso del Suelo presentes en el área de estudio...174
Tabla 5-33 Coordenadas de los puntos de monitoreo de suelos 177
Tabla 5-34 Resultados de los análisis realizados a las muestras de suelos. 178
Tabla 5-35 Resultados de los análisis U.S.L.E a las muestras de suelos.....184
Tabla 5-36 Valores del índice de P/ETP y el tipo de clima.....184
Tabla 5-37 Zonificación hidrográfica.....187
Tabla 5-38 Principales cuerpos de agua lénticos en el área de influencia hídrica 189
Tabla 5-39 Coordenadas de los jagüeyes localizados en el ámbito de estudio 189
Tabla 5-40 Clasificación del factor de forma de la cuenca 197
Tabla 5-41 Clasificación del índice de compacidad de la cuenca 198
Tabla 5-42 Ecuaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración 199
Tabla 5-43 Clasificación del índice de sinuosidad de la subcuenca.....203
Tabla 5-44 Características morfométricas de subcuencas hasta el área de influencia del proyecto.....206
Tabla 5-45 Características morfométricas de áreas de drenaje hasta infraestructura del proyecto.....207
Tabla 5-46 Características de las estaciones climatológicas 220
Tabla 5-47 Resultados de prueba de normalidad series de precipitación.....222
Tabla 5-48 Resultados de p-value, pruebas de consistencia y homogeneidad 223
Tabla 5-49 Análisis de dobles masas precipitación.....224
Tabla 5-50 Evapotranspiración potencial en mm (método de Tanque evaporímetro). Estación Aeropuerto Puerto Bolívar 241
Tabla 5-51 Balance hídrico Precipitación - Evapotranspiración (mm) 1988-2020.....242
Tabla 5-52 Coeficientes de escorrentía.....246
Tabla 5-53 Porcentaje de incidencia de las estaciones y coeficiente de escorrentía para cada área de drenaje aferente a la infraestructura del proyecto 248

Tabla 5-54 Porcentaje de incidencia de las estaciones y coeficiente de escorrentía para las cuencas generales.....254
Tabla 5-55 Valores de caudales medios mensuales (l/s) en las áreas de drenaje hasta el cruce con la infraestructura del proyecto periodo 1988-2020.....255
Tabla 5-56 Valores de caudales medios mensuales (l/s) en las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto, periodo 1988-2020.....259
Tabla 5-57 Caudales característicos (l/s) de subcuencas en estudio 260
Tabla 5-58 Caudales característicos (l/s) de subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto.....264
Tabla 5-59 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia en mm. Estación Aeropuerto Puerto Bolívar 271
Tabla 5-60 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia. Estación Santana Urraich 271
Tabla 5-61 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia. Estación Irraipa 272
Tabla 5-62 Valores de CN II para diferentes usos de tierra 278
Tabla 5-63 Valores de CN de las áreas de drenaje hasta los cruces con la infraestructura del proyecto 280
Tabla 5-64 Valores de CN de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto.....282
Tabla 5-65 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (Tr) en años 285
Tabla 5-66 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (Tr) en años, cuencas generales.....290
Tabla 5-67 Calificación de Rangos del Índice de Regulación Hídrica.....295
Tabla 5-68 Cálculo del índice de regulación hídrica para la subcuenca 70-1 296
Tabla 5-69 Calificación de rangos del índice de aridez.....298
Tabla 5-70 Jagüeyes de los que se provee el agua las comunidades del área de influencia 302
Tabla 5-71. Programa de entrega de agua P.E. Casa Eléctrica 2018-2019. 306
Tabla 5-72 Fuentes de las que se provee el agua las comunidades del área de influencia 314

Tabla 5-73 Fuentes de abastecimiento con los que se surten las comunidades y sus importancias conforme a sus porcentajes de uso. 316
Tabla 5-74 Evaluación de jagüeyes e identificación de obras en su área de influencia o descarga.....319
Tabla 5-75 Códigos y relación de los puntos de monitoreo de agua superficial 322
Tabla 5-76 Clasificación de la conductividad.....330
Tabla 5-77 Valor de los índices ICO's. 351
Tabla 5-78 Valores calculados de los índices ICO's. 352
Tabla 5-79 Valor del índice de Calidad de Agua ICA. 355
Tabla 5-80 Índice de Calidad del Agua ICA - Agua Superficial. 355
Tabla 5-81 Aforo de Caudal Punto de Monitoreo ARR04.....357
Tabla 5-82 Aforo de Caudal Punto de Monitoreo ARR06.....357
Tabla 5-83 Calificación de cada variable.....363
Tabla 5-84 Criterios de zonificación geotécnica específicos para el área de estudio. 363
Tabla 5-85 Valoración de los rangos de pendientes para la zonificación geotécnica 364
Tabla 5-86 Valoración del tipo de material para la zonificación geotécnica.....366
Tabla 5-87 Valoración de la cobertura vegetal para la zonificación geotécnica.....367
Tabla 5-88 Valoración de geomorfología para zonificación geotécnica 368
Tabla 5-89 Valoración edafológica para la zonificación geotécnica.....369
Tabla 5-90 Valoración de unidades hidrogeológicas para la zonificación geotécnica.....370
Tabla 5-91 Valoración de uso actual del suelo para la zonificación geotécnica.....371
Tabla 5-92 Rangos para clasificación de estabilidad geotécnica para el área de estudio 371
Tabla 5-93 Porcentaje y área de cubrimiento por rango de estabilidad de la zona de estudio 372
Tabla 5-94 Descripción de las unidades de Estabilidad Geotécnica del Área de Influencia del Proyecto.....374
Tabla 5-95 Nivel Ceráunico promedio en Colombia desde 2012 hasta 2017. 379
Tabla 5-96 Densidad de Descargas a Tierra promedio en Colombia desde 2012 hasta 2017. 379
Tabla 5-97 Estaciones Climatológicas seleccionadas.....382
Tabla 5-98 Periodo de análisis. 384

Tabla 5-99 Valores anuales de temperatura de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar...389
Tabla 5-100 Valores anuales de temperatura de la estación Paici. 390
Tabla 5-101 Valores anuales de temperatura de la estación Toromana. 390
Tabla 5-102 Valores anuales de temperatura de la estación Propia del proyecto. 390
Tabla 5-103 Periodos de registros de precipitación recopilados 391
Tabla 5-104 Porcentaje de vacío de estaciones % 392
Tabla 5-105 Comparación de parámetros estadísticos para datos complementados y sin complementar. Periodo 1998-2019 392
Tabla 5-106 Valores de mayor y menor registro de velocidades del viento. 407
Tabla 5-107 Denominación termal-Mapa de temperaturas 419
Tabla 5-108 Denominación por rangos de precipitación anual-Mapa de precipitación 420
Tabla 5-109 Área de influencia del proyecto 420
Tabla 5-110 Localización y características fuentes fijas - Cocinas 422
Tabla 5-111 Localización y características fuentes fijas – Quema de residuos 434
Tabla 5-112 Caracterización punto aforo 1 449
Tabla 5-113 Caracterización punto aforo 2 449
Tabla 5-114 Caracterización punto aforo 3 449
Tabla 5-115 Caracterización punto aforo 4 450
Tabla 5-116 Caracterización punto aforo 5 450
Tabla 5-117 Aforo vehicular Punto 1 en día hábil.....450
Tabla 5-118 Aforo vehicular punto 1 en día no hábil 451
Tabla 5-119 Aforo vehicular Punto 2 en día hábil.....452
Tabla 5-120 Aforo vehicular punto 2 en día no hábil 452
Tabla 5-121 Aforo vehicular Punto 3 en día hábil.....453
Tabla 5-122 Aforo vehicular punto 3 en día no hábil 453
Tabla 5-123 Aforo vehicular Punto 4 en día hábil.....454
Tabla 5-124 Aforo vehicular punto 4 en día no hábil 455
Tabla 5-125 Aforo vehicular Punto 5 en día hábil.....455
Tabla 5-126 Aforo vehicular punto 5 en día no hábil 456
Tabla 5-127 Área de influencia del proyecto 460
Tabla 5-128 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire (km) .461

Tabla 5-129 Distancia de asentamientos poblacionales a las estaciones de monitoreo (km) 462
Tabla 5-130 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-01 - Amaiseo 465
Tabla 5-131 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-02 - Ichichon 465
Tabla 5-132 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-03 – Casa Eléctrica 466
Tabla 5-133 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-04 – Walerushi 467
Tabla 5-134 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire 468
Tabla 5-135 Resumen de los detalles relativos al muestreo 469
Tabla 5-136 Identificación de equipos de calidad del aire 469
Tabla 5-137 Niveles máximos permisibles para contaminantes 471
Tabla 5-138 Datos meteorológicos - Temperatura media – T(°C) 473
Tabla 5-139 Datos meteorológicos – Humedad Relativa – (%) 475
Tabla 5-140 Datos meteorológicos – Presión atmosférica – (mmHg) 476
Tabla 5-141 Datos meteorológicos – Precipitaciones – (mm) 478
Tabla 5-142 Datos meteorológicos – Velocidad del Viento – (m/s) 482
Tabla 5-143 Concentraciones Diarias Material Particulado $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) 487
Tabla 5-144 Tratamiento estadístico para los datos de $PM_{2.5}$ 489
Tabla 5-145 Concentraciones Diarias Material Particulado PM_{10} ($\mu g/m^3$) 489
Tabla 5-146 Tratamiento estadístico para los datos de PM_{10} 491
Tabla 5-147 Concentraciones Diarias Dióxidos de Azufre SO_2 ($\mu g/m^3$) 493
Tabla 5-148 Concentraciones Diarias Dióxidos de Nitrógeno NO_2 ($\mu g/m^3$) 494
Tabla 5-149 Concentraciones Máximas, µg/m3 – dióxido de nitrógeno (NO_2) 495
Tabla 5-150 Tratamiento estadístico para los datos de NO_2 497
Tabla 5-151 Concentraciones máximas horarias Monóxido de Carbono (CO) 498
Tabla 5-152 Concentraciones promedio y máximas, µg/m3 – Monóxido de Carbono CO – 1 hora 499
Tabla 5-153 Concentraciones promedio y máximas, µg/m3 – Monóxido de Carbono CO – 8 horas 500

Tabla 5-154 Tratamiento estadístico para los datos de Monóxido de Carbono CO 501
Tabla 5-155 Índice de Calidad de Aire 502
Tabla 5-156 Niveles máximos de inmisión (percentil 98) – Línea base. Diaria y Anual ...512
Tabla 5-157 Niveles máximos de inmisión (percentil 98) – Línea base. 1 hora y 8 horas512
Tabla 5-158 Coordenadas de los puntos de Monitoreo Ruido Ambiental – Parque Eólico Casa Eléctrica, Uribía. Guajira 513
Tabla 5-159 Punto 1. Jeyudshe 2. Ichipa a 1.5 km al O 516
Tabla 5-160 Punto 2. Suhuna 516
Tabla 5-161 Punto 3. Casa Eléctrica 517
Tabla 5-162 Punto 4. Casitas - 1. Chinchorrito. 2. Isashika 3. Iperrain a 1.8km al N-O ...517
Tabla 5-163 Punto 5. Ichichon 518
Tabla 5-164 Punto 6. Ullaransen 518
Tabla 5-165 Punto 7. Walerushi 519
Tabla 5-166 Punto 8. Kasia 519
Tabla 5-167 Localización y características fuentes fijas de ruido 520
Tabla 5-168 Flujo vehicular identificado en campo 523
Tabla 5-169 Potenciales receptores de interés - Cementerios 525
Tabla 5-170 Potenciales receptores de interés - Iglesias 526
Tabla 5-171 Potenciales receptores de interés - Aulas 526
Tabla 5-172 Potenciales receptores de interés - Viviendas. 527
Tabla 5-173 Elementos cercanos a las estaciones de ruido ambiental 540
Tabla 5-174 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno hábil 541
Tabla 5-175 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Diurno Hábil ..541
Tabla 5-176 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno hábil.542
Tabla 5-177 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Nocturno Hábil 543
Tabla 5-178 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno no hábil543
Tabla 5-179 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Diurno No Hábil 544
Tabla 5-180 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno no hábil 544

Tabla 5-181 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Nocturno No Hábil 545

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Mapa tectónico del Caribe y el norte de Sur América 31
Figura 5-2 Localización de las unidades metamórficas de La Alta Guajira 35
Figura 5-3 Columna estratigráfica generalizada de la Formación Uitpa. Modificado de Rollins (1965).....38
Figura 5-4 Mapa de localización de los abanicos y coluviones 42
Figura 5-5 Perfil regional sobre la Serranía de Carpintero y el Área del Proyecto 43
Figura 5-6 Conos de deyección en el piedemonte noroccidental de la Serranía de Carpintero 44
Figura 5-7 Fallas principales que afloran en la Alta Guajira 49
Figura 5-8 Mapa de valores de aceleración sísmica para Colombia 50
Figura 5-9 Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia 51
Figura 5-10 Mapa de Amenaza sísmica 52
Figura 5-11 Eventos sísmicos recientes (ene y feb. 2021).....53
Figura 5-12 Localización de la Estación Sismológica Uribia 53
Figura 5-13 Aceleración y Velocidad de las ondas sísmicas para el área del proyecto 54
Figura 5-14 Intensidad del sismo en la región de la Alta Guajira 54
Figura 5-15 Geología del Área de Influencia del Proyecto 65
Figura 5-16 Ubicación de los sondeos geoeléctricos para el proyecto Casa Eléctrica 66
Figura 5-17 SEV PCE-01b.....66
Figura 5-18 Perfil estratigráfico del PCE-01b 67
Figura 5-19 SEV PCE-02.....68
Figura 5-20 Perfil estratigráfico del PCE-02 68
Figura 5-21 SEV PCE-03.....69
Figura 5-22 Perfil estratigráfico del PCE-03 70
Figura 5-23 *SEV CESE-2* 71
Figura 5-24 Perfil estratigráfico del CESE-2 71

Figura 5-25 Mapa de unidades geomorfológicas del área de influencia física del proyecto 73
Figura 5-26 Esquema del ambiente de depósito de los abanicos aluviales del área del proyecto 78
Figura 5-27 Intervalos de pendiente en el área de influencia 84
Figura 5-28 Mapa de los procesos morfodinámicos en el área de influencia 86
Figura 5-29 Mapa del grado erosión del Área de Influencia del proyecto 91
Figura 5-30 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa del departamento de La Guajira 97
Figura 5-31 Esquema del método para la generación del mapa de susceptibilidad y de amenaza relativa por movimientos en masa 98
Figura 5-32 Mapa de susceptibilidad total a movimientos en masa 99
Figura 5-33 Mapa de Susceptibilidad de Amenaza por Movimientos en Masa 106
Figura 5-34 Mapa de Zonificación de Amenaza a Movimientos de Remoción en Masa ..109
Figura 5-35. Morfologías del banco: (a) casi vertical; (b) corte vertical; (c) planar; (d) con depósito de sedimentos en el pie del banco; (e) convexo hacia arriba; (f) cóncavo hacia arriba; (g) complejo 111
Figura 5-36 Subcuencas hidrográficas del Parque Eólico Casa Eléctrica. En rojo puntos de control de campo 117
Figura 5-37 Principales Cauces de la zona de estudio 118
Figura 5-38 Zonas afectadas por inundación de la Niña del 2011 140
Figura 5-39 Mapa de susceptibilidad a inundación en el área de influencia 144
Figura 5-40 Porcentaje Eventos Hidro meteorológicos del municipio Uribia (2010-2017) 145
Figura 5-41 Proyecciones de cambios en la variable de precipitación en la subregión de la Alta Guajira para el periodo 2011-2100 del promedio de los modelos para cada concentración de emisiones representativas (RCP) 147
Figura 5-42 Mapa de Zonificación de Amenaza por Inundación para el área de estudio 153
Figura 5-43 Riesgo de Tsunamis en el borde Sur de la placa Caribe 155
Figura 5-44 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio 159
Figura 5-45 Clases agrológicas por capacidad de uso de las tierras 165
Figura 5-46 Unidades de Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio 171

Figura 5-47 Unidades de Capacidad Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio 173
Figura 5-48 Unidades de Conflictos de Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio .175
Figura 5-49 Puntos de Muestreo realizados en las Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio 179
Figura 5-50 Factores L.S. según grados de pendientes.....181
Figura 5-51 Valores de Cobertura Vegetal (C) 183
Figura 5-52 Valores de Tolerancias.....183
Figura 5-53 Localización del proyecto en la zonificación Nacional 186
Figura 5-54 Unidad hidrográfica Nivel I 188
Figura 5-55 Principales Cauces de la zona de estudio 192
Figura 5-56 Delimitación de unidades hidrográficas en el área de influencia del proyecto 195
Figura 5-57 Delimitación de áreas de drenaje hasta los puntos de intervención del proyecto en el área de influencia abiótica 196
Figura 5-58 Áreas de drenaje asociadas a las obras de drenaje 204
Figura 5-59 Áreas de drenaje asociadas a la ocupación de cauce por ubicación de plataformas y redes eléctricas 205
Figura 5-60 Localización espacial estaciones climatológicas base 221
Figura 5-61 Distribución temporal de la precipitación en la estación Irraipa. 225
Figura 5-62 Distribución temporal de la precipitación en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1988 - 2020 226
Figura 5-63 Distribución temporal de la precipitación en la estación Santana Urraich. Periodo 1988- 2020 227
Figura 5-64 Comportamiento espacial de la precipitación. Anual (mm) 228
Figura 5-65 Comportamiento espacial de la precipitación. Enero (mm).....229
Figura 5-66 Comportamiento espacial de la precipitación. Febrero (mm).....230
Figura 5-67 Comportamiento espacial de la precipitación. Marzo (mm) 231
Figura 5-68 Comportamiento espacial de la precipitación. Abril (mm) 232
Figura 5-69 Comportamiento espacial de la precipitación. Mayo (mm) 233
Figura 5-70 Comportamiento espacial de la precipitación. Junio (mm).....234
Figura 5-71 Comportamiento espacial de la precipitación. Julio (mm) 235
Figura 5-72 Comportamiento espacial de la precipitación. Agosto (mm) 236

Figura 5-73 Comportamiento espacial de la precipitación. Septiembre (mm) 237
Figura 5-74 Comportamiento espacial de la precipitación. Octubre (mm) 238
Figura 5-75 Comportamiento espacial de la precipitación. Noviembre (mm) 239
Figura 5-76 Comportamiento espacial de la precipitación. Diciembre (mm) 240
Figura 5-77 Mapa de cobertura vegetal en la zona de estudio 247
Figura 5-78 Mapa de coeficientes de escorrentía en la zona de estudio 248
Figura 5-79 Distribución temporal de caudales medios mensuales. Subcuenca 70-1 260
Figura 5-80 Curva de Duración de Caudales. Subcuenca 70-1 265
Figura 5-81 Hidrograma Unitario Triangular del SCS 269
Figura 5-82 Localización de estaciones en la zona de estudio 270
Figura 5-83 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Aeropuerto Puerto Bolívar 272
Figura 5-84 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Santana Urraich 273
Figura 5-85 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Irraipa 274
Figura 5-86 Curvas PADF. Período de retorno de 100 años 276
Figura 5-87 Distribución de precipitación para el periodo de retorno de diseño (Tr 10 años), cuenca 39-7 (eje 39) 277
Figura 5-88 Mapa de número de curva en la zona de estudio 279
Figura 5-89 Componentes del modelo HMS 284
Figura 5-90 Topología del modelo HMS 285
Figura 5-91 Zonas de desarrollo de ciclones tropicales 291
Figura 5-92 Amenaza de ciclones tropicales (Viento - Tr 100 años) (Valores calculados por Ingeniar: Risk Intelligence) 293
Figura 5-93 Sitios de Aplicación de las Encuestas 300
Figura 5-94 Ubicación espacial de los Jagüeyes utilizados por la comunidad. 304
Figura 5-95 Porcentaje de Uso de las diferentes formas de abastecimiento. 309
Figura 5-96 Porcentaje de Uso de las diferentes formas de transporte de agua 311
Figura 5-97 Puntos de monitoreo de aguas superficiales 325
Figura 5-98 Temperatura del agua primera campaña 326
Figura 5-99 Temperatura del agua segunda campaña 327

Figura 5-100 Potencial de hidrógeno (pH) primera campaña....328
Figura 5-101 Potencial de hidrógeno (pH) segunda campaña....329
Figura 5-102 Oxígeno disuelto primera campaña....329
Figura 5-103 Oxígeno disuelto segunda campaña....330
Figura 5-104 Alcalinidad aguas superficiales primera campaña....331
Figura 5-105 Color triestimular....332
Figura 5-106 Turbiedad primera campaña....333
Figura 5-107 Turbiedad segunda campaña....334
Figura 5-108 Dureza total....335
Figura 5-109 Demanda biológica de oxígeno ($DB0_5$) primera campaña....336
Figura 5-110 Fósforo total primera campaña....337
Figura 5-111 Nitrógeno total primera campaña....338
Figura 5-112 Grasas y aceites primera campaña....339
Figura 5-113 Hidrocarburos totales....340
Figura 5-114 Cloruros y sulfatos primera campaña....341
Figura 5-115 Cloruros y sulfatos segunda campaña....342
Figura 5-116 Sólidos Disueltos y Sólidos Suspendidos primera campaña....343
Figura 5-117 Sólidos Disueltos y Sólidos Suspendidos segunda campaña....344
Figura 5-118 Coliformes Fecales y/o Termotolereantes....345
Figura 5-119 Coliformes Totales....346
Figura 5-120 Bario Total....347
Figura 5-121 Hierro Total....348
Figura 5-122 Mercurio Total....349
Figura 5-123 Potasio Total.....350
Figura 5-124 Perfil - ARR04.....357
Figura 5-125 Perfil - ARR06.....357
Figura 5-126 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa....362
Figura 5-127 Mapa de Estabilidad geotécnica para el área de estudio....373
Figura 5-128 Regiones preferenciales, trayectorias y estaciones para el desarrollo de ciclones tropicales.....376
Figura 5-129 Amenaza de ciclones tropicales (Viento – Tr 100 años).....378
Figura 5-130 Mapa de niveles ceráunicos....379

Figura 5-131 Municipios con mayor impacto por vendavales durante el periodo.....381
Figura 5-132 Localización espacial estaciones climatológicas.....383
Figura 5-133 Localización espacial estaciones climatológicas en Área de Influencia.....383
Figura 5-134 Distribución temporal de la temperatura media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020.....385
Figura 5-135 Distribución temporal de la temperatura media estación Paici. Periodo 2006-2020.....386
Figura 5-136 Distribución temporal de la temperatura media estación Toromana. Periodo 2018-2020.....386
Figura 5-137 Distribución temporal de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019.....386
Figura 5-138 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020.....387
Figura 5-139 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Paici. 387
Figura 5-140 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Toromana.388
Figura 5-141 Variación anual y tendencia de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019.....388
Figura 5-142 Variación anual de la temperatura media en las estaciones para el periodo común. Periodo 2013-2019.....389
Figura 5-143 Distribución temporal de la precipitación en la estación Irraipa. Periodo 1988 - 2020.....393
Figura 5-144 Distribución temporal de la precipitación en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1988 - 2020.....393
Figura 5-145 Distribución temporal de la precipitación en la estación Santana Urraich. Periodo 1988 - 2020.....394
Figura 5-146 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020.....395
Figura 5-147 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2006-2020.....395
Figura 5-148 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020.....396

Figura 5-149 Distribución temporal de la humedad relativa media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019.....396
Figura 5-150 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020 397
Figura 5-151 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2006-2020 397
Figura 5-152 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020 398
Figura 5-153 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019 398
Figura 5-154 Variación anual de la humedad relativa media en las estaciones para el periodo común. Periodo 2013-2019 399
Figura 5-155 Rosa de vientos general estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020 .399
Figura 5-156 Rosa de vientos general estación Paici. 2014-2020 400
Figura 5-157 Rosa de vientos general estación Toromana. 2014-2020.....400
Figura 5-158 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020.....401
Figura 5-159 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Paici. 2014-2020 401
Figura 5-160 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Toromana. 2014-2020.....402
Figura 5-161 Rosa de vientos horaria estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020 ..402
Figura 5-162 Rosa de vientos horaria estación Paici. 2014-2020 403
Figura 5-163 Rosa de vientos horaria estación Toromana. 2014-2020 403
Figura 5-164 Rosa de vientos mensual estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020404
Figura 5-165 Rosa de vientos mensual estación Paici. 2014-2020.....404
Figura 5-166 Rosa de vientos mensual estación Toromana. 2014-2020 405
Figura 5-167 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 83,3 m. Periodo 2013 - 2019.....405
Figura 5-168 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 81,0 m. Periodo 2013 - 2019.....406
Figura 5-169 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 60,0 m. Periodo 2013 - 2019.....406

Figura 5-170 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 40,0 m. Periodo 2013 - 2019.....407
Figura 5-171 Rosa de los vientos promedio histórico a 83.3m.....408
Figura 5-172 Rosa de los vientos promedio histórico para el horario diurno medido a 83.3m 408
Figura 5-173 Rosa de los vientos promedio histórico para el horario nocturno medido a409
Figura 5-174 Rosa de los vientos mes de julio promedio histórico 409
Figura 5-175 Distribución de frecuencias mes de julio promedio histórico.....410
Figura 5-176 Rosa de los vientos 04/07/2012 410
Figura 5-177 Distribución de frecuencias 04/07/2012 411
Figura 5-178 Distribución temporal del brillo solar en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1986-2019 412
Figura 5-179 Distribución temporal de la radiación solar para la estación Nazareth. Periodo 1986 - 1994.....413
Figura 5-180 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2005-2017.....413
Figura 5-181 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020 414
Figura 5-182 Distribución temporal de la nubosidad Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1997 - 2019.....414
Figura 5-183 Distribución temporal de la nubosidad media estación Nazareth. Periodo 1986 - 1994.....415
Figura 5-184 Distribución temporal de la presión atmosférica en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020 416
Figura 5-185 Distribución temporal de la presión atmosférica en la estación Toromana. Periodo 2005-2020 416
Figura 5-186 Distribución temporal de la presión atmosférica en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 - 2019.....417
Figura 5-187 Distribución temporal de la evaporación media estación Paici. Periodo 2005-2017.....417
Figura 5-188 Distribución temporal de la evaporación media estación Toromana. Periodo 2005-2018.....418

Figura 5-189 Zonificación Climática 421
Figura 5-190 Categorías de vehículos según clasificación nacional 448
Figura 5-191 Puntos de aforo vehicular en las vías aledañas a fuentes de emisión proyectadas 448
Figura 5-192 Ubicación Estaciones de Muestreo Cerrejón 458
Figura 5-193 Comportamiento de Concentraciones Anuales en Estaciones de Muestreo PM10 458
Figura 5-194 Comportamiento de Concentraciones Anuales en Estaciones de Muestreo PM2.5 459
Figura 5-195 Criterios de macro localización 460
Figura 5-196 Ecosistemas estratégicos cercanos a las estaciones de monitoreo 461
Figura 5-197 Asentamientos poblacionales cercanos a las estaciones de monitoreo 462
Figura 5-198 Geoposición estación de monitoreo AIR01 - Amaiseo.....463
Figura 5-199 Geoposición estación de monitoreo AIR02 - Ichichon 463
Figura 5-200 Geoposición estación de monitoreo AIR03 – Casa eléctrica 464
Figura 5-201 Geoposición estación de monitoreo AIR04 - Walerushi.....464
Figura 5-202 Geoposición Puntos de Monitoreo 468
Figura 5-203 Distribución temporal de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013 – 2019.....472
Figura 5-204 Variable Meteorológica – Temperatura Media Diaria.....473
Figura 5-205 Distribución temporal de la humedad relativa de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 – 2019.....474
Figura 5-206 Variable Meteorológica – Humedad Relativa (%) 475
Figura 5-207 Distribución temporal de la presión atmosférica en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 – 2019.....476
Figura 5-208 Variable Meteorológica – Presión Atmosférica (mm Hg) 477
Figura 5-209 Distribución temporal de la precipitación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1998 – 2019.....478
Figura 5-210 Variable Meteorológica – Precipitaciones (mm).....479
Figura 5-211 Distribución temporal de la nubosidad Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1997 – 2019.....480

Figura 5-212 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013 – 2019 481
Figura 5-213 Rosa de los vientos periodo julio – agosto 2019 481
Figura 5-214 Variable Meteorológica – Velocidad del Viento (m/s) 483
Figura 5-215 Rosa de Vientos Total 484
Figura 5-216 Rosa de Vientos Diurna 485
Figura 5-217 Rosa de Vientos Nocturna 486
Figura 5-218 Diagrama de Caja y Bigotes globales – Material Particulado PM2.5 488
Figura 5-219 Frecuencia Relativa Concentraciones $PM_{2.5}$ 489
Figura 5-220 Diagrama de Caja y Bigotes globales – Material Particulado PM_{10} 491
Figura 5-221 Frecuencia Relativa Concentraciones PM_{10} 492
Figura 5-222 Concentraciones Diarias Dióxido de Azufre SO_2 493
Figura 5-223 Concentraciones Máximas Diarias Dióxido de Azufre SO_2 494
Figura 5-224 Concentraciones máximas de Dióxido de Nitrógeno NO_2 495
Figura 5-225 Concentraciones Diarias dióxido de nitrógeno (NO_2) 496
Figura 5-226 Diagrama de Caja y Bigotes globales – dióxido de nitrógeno (NO_2) 497
Figura 5-227 Frecuencia Relativa Concentraciones NO_2 498
Figura 5-228 Concentraciones Máximas Horarias Monóxido de carbono CO 499
Figura 5-229 Concentraciones Monóxido de carbono – Medias Móviles 8 horas 500
Figura 5-230 Diagrama de Caja y Bigotes globales - Monóxido de Carbono CO 501
Figura 5-231 Frecuencia Relativa Concentraciones CO 502
Figura 5-232 Índice Calidad del Aire Diario para PM_{10} 504
Figura 5-233 Índice Calidad del Aire Diario para $PM_{2.5}$ 504
Figura 5-234 Índice Calidad del Aire Diario para CO 504
Figura 5-235 Índice Calidad del Aire Diario para NO_2 505
Figura 5-236 Mapa de isoconcentración de PM10 (percentil 98) – Tiempo de exposición 24 horas – Línea base 507
Figura 5-237 Mapa de isoconcentración de PM10 – Tiempo de exposición anual – Línea base 508
Figura 5-238 Mapa de isoconcentración de PM2.5 (percentil 98) – Tiempo de exposición 24 horas – Línea base 508
Figura 5-239 Mapa de isoconcentración de PM2.5 – Tiempo de exposición anual – 509

Figura 5-240 Mapa de isoconcentración de SO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 509
Figura 5-241 Mapa de isoconcentración de SO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 510
Figura 5-242 Mapa de isoconcentración de NO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 510
Figura 5-243 Mapa de isoconcentración de NO2 – Tiempo de exposición anual – Línea base 511
Figura 5-244 Mapa de isoconcentración de CO (percentil 98) – Tiempo de exposición ..511
Figura 5-245 Mapa de isoconcentración de CO (percentil 98) – Tiempo de exposición ..512
Figura 5-246 Localización general puntos de monitoreo.....515
Figura 5-247 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....546
Figura 5-248 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....547
Figura 5-249 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....547
Figura 5-250 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....548
Figura 5-251 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....548
Figura 5-252 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base.....549

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 5-1 Afloramiento de las arenitas calcáreas de la Fm. Uitpa en el Arroyo Surimana ..56
Foto 5-2 Sistemas de diaclasas en las arenitas limosas de la Fm. Uitpa.....57
Foto 5-3 Yeso cortando la estratificación en suelo residual de la Formación Uitpa 57
Foto 5-4 Lodolita y Limolitas de la Fm. Uitpa con yeso en contacto superior con los Depósitos de Abanico.....58
Foto 5-5 Perfil de los depósitos de abanico en el puente del Arroyo Jichipa 59
Foto 5-6 Fragmentos de cuarzo lechoso y rocas metamórficas sobre suelo residual de la Fm Uitpa 59
Foto 5-7 Secuencia de los depósitos de abanico aluvial.....59
Foto 5-8. Secuencia del abanico sobre el cauce del Arroyo Orochón.....59
Foto 5-9 Afloramiento de la parte más distal del antiguo abanico aluvial.....60
Foto 5-10 Muestra de la parte más distal del antiguo abanico aluvial.....60
Foto 5-11 Depósitos de la llanura de inundación del Arroyo Kasia 61
Foto 5-12 Depósito aluvial (Q-al) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero.....61
Foto 5-13 Depósitos de Llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Orochón 62
Foto 5-14 Perfil del depósito (Q-al) de la llanura de inundación del Arroyo Orochón 62
Foto 5-15 Cauce rectilíneo del Arroyo Orochón. 62
Foto 5-16 Depósito de cauce del Arroyo Orochón 62
Foto 5-17 Perfil del contacto del depósito de llanura de inundación (Q-al) sobre el antiguo depósito de abanico (Q-ca). Arroyo Orochón 63
Foto 5-18 Ondulitas longitudinales en el lecho del Arroyo Orochón.....63
Foto 5-19 Relleno antrópico que conforma el terraplén de la vía principal 64
Foto 5-20 Material heterogéneo compuesto de arenas, gravas y limos.....64
Foto 5-21 Trabajos de prospección Geoeléctrica para el proyecto eólico Casa Eléctrica .69
Foto 5-22 Vista panorámica de la Planicie (Dp) en la ranchería Kasuchi 76
Foto 5-23 Panorámica de la Planicie (Dp).....76
Foto 5-24 Glacis de erosión (Dge) en la zona del aerogenerador CAS-43 77
Foto 5-25 Glacis de erosión (Dge), al fondo Bahía Portete.....77
Foto 5-26 Glacis de erosión (Dge).....77
Foto 5-27 Panorámica Glacis de Erosión (Dge) en suelo residual de la Formación Uitpa (Eu), desarrollo de drenaje intermitente en temporada de lluvias 77

Foto 5-28 Cauce aluvial del Arroyo Kasia cerca al aerogenerador CAS-06.....79
Foto 5-29 Cauce aluvial (Fca) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero 79
Foto 5-30 Cauce aluvial encañonado del Arroyo Orochón.....80
Foto 5-31 Cauce aluvial Arroyo Jichipa.....80
Foto 5-32 Panorámica de la llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Orochón.....80
Foto 5-33 Llanura de inundación del Arroyo Orochón.....81
Foto 5-34 Llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Kasia 81
Foto 5-35 Cárcavas originadas por erosión pluvial, cerca de la ranchería Kasia.....87
Foto 5-36 Erosión tipo cárcava, erosión antrópica, sobre el terraplén de la vía principal. .87
Foto 5-37 Cauce aluvial (Fca) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero. 88
Foto 5-38 Cabeceras de caída en cauces sinuosos.....93
Foto 5-39 Procesos morfodinámicos en los bordes de la unidad Planicie 94
Foto 5-40 Morfología de avenidas torrenciales en puntos 8 y 76.....94
Foto 5-41 Ripples en cauce trenzado - punto 128.....111
Foto 5-42 Dunas en cauce recto - punto 174 112
Foto 5-43 Pozo y cúmulos de vegetación en cauce trenzado - punto 128.....112
Foto 5-44 Isla en cauce recto a ligeramente sinuoso - punto 21.....113
Foto 5-45 parches gravosos y arenosos sobre el lecho del punto 29 113
Foto 5-46 Ejemplos de cauce recto. Punto 49.....114
Foto 5-47 Ejemplo de Cauce meándrico. Punto 18.....115
Foto 5-48 Ejemplo de la respuesta de un cauce a un evento de precipitación intensa. Punto 172-A 116
Foto 5-49 Arroyo del punto 5, Cuenca A 119
Foto 5-50 Drenaje menor del punto 7, Cuenca A.....120
Foto 5-51 Arroyos del punto 8 recto, Cuenca B 121
Foto 5-52 Caño del punto 10 recto, Cuenca B 121
Foto 5-53 Arroyo del punto 16 trenzado de banca compleja. Cuenca C.....122
Foto 5-54 Caño del punto 15, sinuoso con banca planar (tendida), cuenca C.....123
Foto 5-55 Drenaje menor del punto 18, sinuoso, con banca casi vertical, cuenca C.....123
Foto 5-56 Arroyo del punto 51 ligeramente sinuoso con banca de tipo convexo hacia arriba, relieve de piedemonte serranía de Carpintero, cuenca D 124

Foto 5-57 Arroyo del punto 36 ligeramente sinuoso con banca planar (tendida), cuenca E 125
Foto 5-58 Arroyo del punto 46 de tipo trenzado con banca planar (tendida), cuenca E ..125
Foto 5-59 Margen derecha del arroyo del punto 29 y 152, de tipo trenzado, sin evidencia de banca, Cuenca F 126
Foto 5-60 Arroyo del punto 75, sinuoso, con banca planar (tendida) Cuenca I 127
Foto 5-61 Arroyo del punto 171 ligeramente sinuoso, con banca vertical. Cuenca I 127
Foto 5-62 Arroyo del punto 133, de tipo trenzado, sin evidencia de banca. Cuenca K....128
Foto 5-63 Arroyo del punto 49, cauce recto, con banca, Cuenca L 129
Foto 5-64 Arroyo de los puntos 116, cauce recto, banca vertical, Cuenca L 129
Foto 5-65 Arroyo del punto 119, cauce recto a ligeramente sinuoso, banca vertical. Cuenca L.....130
Foto 5-66 Arroyo del punto 112, recto, con banca compleja. Cuenca M.....131
Foto 5-67 Margen derecha del arroyo en el punto 129, de tipo trenzado.....131
Foto 5-68 Arroyo del punto 173, de tipo trenzado, sin evidencia de banca, cuenca M 132
Foto 5-69 Arroyo del punto 131, de baja sinuosidad y con banca planar, cuenca P.....133
Foto 5-70 Socavación lateral en curva sobre margen derecha del cauce punto 8.....135
Foto 5-71 Punto 166. Procesos erosivos incipientes (surcos y zanjas) 135
Foto 5-72 Punto 175 Procesos erosivos de cárcavas y surcos.....136
Foto 5-73 Arroyo del punto 21 ligeramente sinuoso, banca casi vertical, socavación lateral en su margen izquierda, cuenca C.....136
Foto 5-74 Socavación del terraplén que afectó las obras de drenaje de la vía principal .137
Foto 5-75 Desborde del Arroyo Surimana sobre la planicie.....141
Foto 5-76 Perfil típico de un suelo Typic Haplocambids en Clima Cálido y Árido 162
Foto 5-77 Perfil típico de un suelo Typic Torriorthents en Clima Cálido y Árido 164
Foto 5-78 Cultivos de Maíz en el Área de Estudio 167
Foto 5-79 Cultivo de Ahuyama en el Área de Estudio.....167
Foto 5-80 Combinación de Pastos y Arbustos en el Área de Estudio.....168
Foto 5-81 Zonas arenosas naturales.....168
Foto 5-82 Vivienda en el Área de Estudio 169
Foto 5-83 Estructura típica de las viviendas.....169
Foto 5-84 Relictos de Bosque de Galería.....169

Foto 5-85 Cuerpo Lótico 170
Foto 5-86 Cuerpo de Agua Artificial para almacenamiento de agua 170
Foto 5-87 Vía Principal 170
Foto 5-88 Vía de Ferrocarril....170
Foto 5-89 Jagüeyes típicos de donde se abastecen de agua comunidades del área influencia....301
Foto 5-90 Casimba en un jagüey seco en la comunidad de Cubamana 305
Foto 5-91 Distribución de agua en carro tanque a comunidades del área de influencia ..306
Foto 5-92 Formas de captación y almacenamiento de Agua de Lluvia....308
Foto 5-93 Formas de almacenamiento de agua en las comunidades - Ichipa 309
Foto 5-94 Tanque de almacenamiento de agua....310
Foto 5-95 Mujeres abasteciéndose de agua 312
Foto 5-96 Ganadería de caprinos y corral 313
Foto 5-97. Ejemplo jagüey ID=70 318
Foto 5-98 Zonas de bajas pendientes: estabilidad geotécnica alta.....365
Foto 5-99 Zonas de pendientes moderadas: estabilidad geotécnica media. 365
Foto 5-100 Estabilidad geotécnica baja (izq) y muy baja (der) para las unidades geológicas dentro del área de influencia 366
Foto 5-101 Ejemplo de Zona de estabilidad alta por Coberturas. Arroyo Orochón. 367
Foto 5-102 Ejemplo de zonificación de estabilidad baja por coberturas. 368
Foto 5-103 Estabilidad geotécnica muy alta (izq.) y Muy Baja (der.) 369

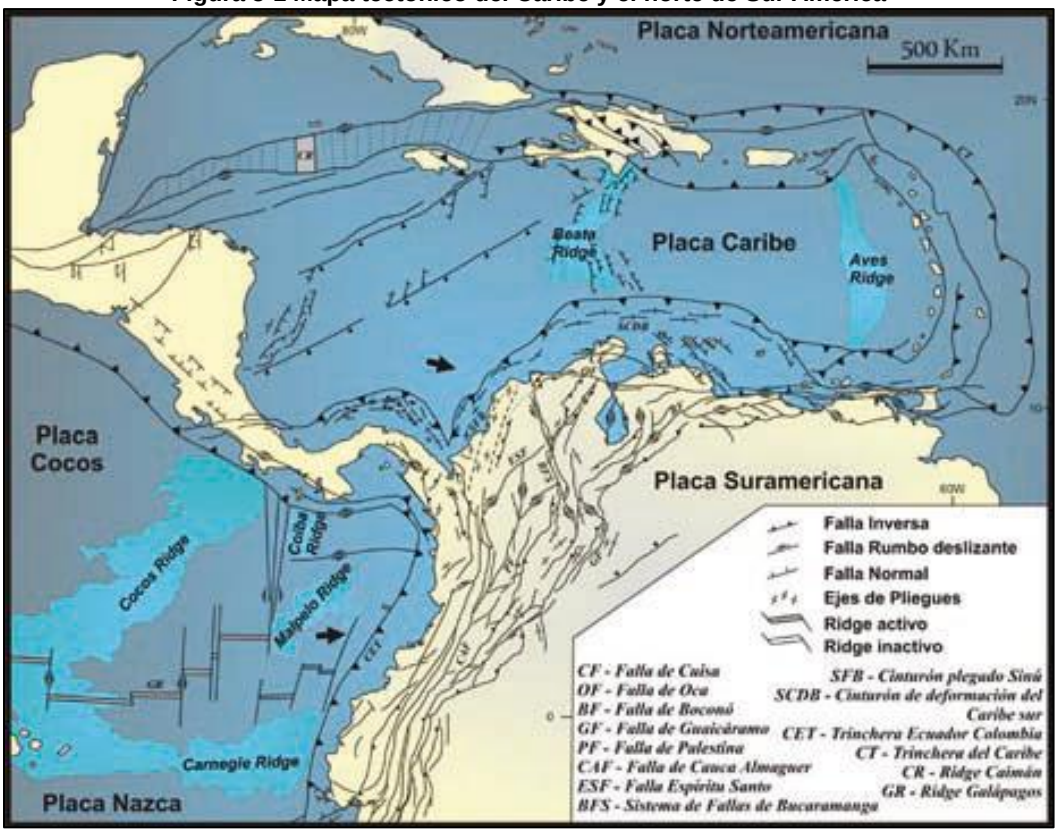
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1. MEDIO ABIÓTICO

5.1.1. Geología

La Alta Guajira es un sector de la Península del mismo nombre en el extremo más septentrional de América del Sur. Esta región constituye la margen norte de la placa suramericana y forma parte de una zona en la que se produce una compleja interacción entre las placas Caribe, Suramericana y Nazca (Figura 5-1).

Figura 5-1 Mapa tectónico del Caribe y el norte de Sur América



Fuente: López I., et al. Boletín de Geología, Vol. 34, No 2, 2012

El conjunto de bloques o microplacas[1] limitados por fallas de rumbo como son las de Cuiza y Simarúa en la Alta Guajira, son el producto de la interacción de las placas mencionadas, a través de un proceso donde bloques menores se mueven, evidenciando así los efectos de la convergencia de placas con diferentes desplazamientos relativos[2]. Una de las

[1] López I., Julián A.; Zuluaga C. Carlos A., Neis De Macuira: Evolución Tectónica De Las Rocas Metamórficas Paleozoicas De La Alta Guajira, Colombia, Boletín de Geología, Vol. 34, N° 2, julio-diciembre de 2012.
[2] Kellogg and Bonini, 1982; Kellogg, 1984; Pindell and Ericsson, 1994; Taboada et al., 2000; Gómez et al., 2007; López et al., 2011a, b; Mora et al., 2011

mencionadas fallas que limita estos bloques, la Falla de Cuiza, pone en contacto las rocas metamórficas Paleozoicas del Neis de Macuira, con rocas sedimentarias Mesozoicas (Grupo Cosinas) y metamórficas Mesoproterozoicas a Neoproterozoicas (Neis de Jojoncito).

Dicha falla es interpretada como una falla de rumbo con un desplazamiento lateral de 15 a 25 kilómetros[3]. Presenta una cinemática dextral con un componente en buzamiento donde el bloque sur de la falla es levantado[4].

Las rocas del Cretácico de la Alta Guajira ubicadas al norte de la Falla de Simarua están representadas por unidades metamórficas, mientras al sur dominan rocas sedimentarias que localmente fueron afectadas por un metamorfismo dinámico. Las unidades metamórficas cretácicas como los Esquistos de Jarara, el Conjunto Metamórfico Etpana, y las metamorfitas asociadas, (ver Figura 5-2) están constituidas por filitas, esquistos, cuarcitas, serpentinitas, mármoles, metarenitas arcósicas, metaconglomerados, y metagabros[5].

Las unidades sedimentarias con metamorfismo dinámico, como son el Complejo Estructural de Alas y la Formación Paráuinkrein) contienen areniscas, conglomerados, calizas y arcillolitas con grado variable de cataclasis[6]. El Cretácico sedimentario consta de conglomerados y brechas sedimentarias, calizas (micritas y esparitas con fauna fósil), arenitas y shales calcáreos, margas, arenitas y lodolitas foliadas en contactos gradacionales y frecuentes variaciones laterales, y están representadas por las formaciones Poschachi, Palanz, Moina, Yuruma Superior y La Luna.

El Paleógeno sedimentario se encuentra conformado por areniscas y rocas calcáreas con abundante fauna fósil[7].

Por último, las unidades ígneas observadas representan dos fases de magmatismo: una durante el Jurásico (Granodiorita de Ipapure, Riodacita de Ipapure – Cerro de La Teta, Tonalita de Cosinas, Granodiorita de Siapana) y otra durante el Terciario (Cuarzodiorita de Parashi).

5.1.1.1. Evolución Geológica de la Alta Guajira

La evolución de la península de la Guajira hasta finales del Cretácico y principios del Cenozoico, está ligada con la geología del norte de los Andes. Posteriormente, partir del Eoceno temprano a medio, se dio un importante cambio causado por el choque de la Placa

[3] Raasveldt, 1956: Alberding, 1957; MacDonald, 1964; Álvarez, 1967; Krause, 1971; Gómez, 2001.
[4] Renz, 1960; Rollins, 1965; Álvarez, 1967
[5] Radelli, 1960; MacDonald, 1964; Lockwood, 1965; Álvarez, 1967; Maya, 2001; Rodríguez y Londoño, 2002; Zuluaga et al., 2009.
[6] Álvarez, 1967; Rollins, 1960; Rollins, 1965; Renz, 1956; Zuluaga et al., 2009.
[7] Lockwood, 1965

Caribe contra la Placa Suramericana, que desligó a esta región del norte de la cordillera andina.

Con respecto a las rocas sedimentarias, el mar que cubría la región durante el Jurásico continuó allí durante el Cretácico y transgredió lentamente hacia el valle del Río Cesar según Toussaint, 1996.En la región, la sedimentación Cretácica se inició por un ambiente de carbonatos con el Miembro Kesima de la formación Palanz, seguido por un depósito clástico perteneciente a la misma formación durante todo el Cretácico.

Las formaciones sedimentarias del Paleógeno - Neógeno están localizadas en tres cuencas en la Península de la Guajira: Cosinas, Chichibacoa y Portete, limitadas por áreas levantadas de rocas más antiguas. Las formaciones del Cenozoico indican un ciclo marino transgresivo - regresivo[8], que fue interrumpido durante el Paleoceno, pero que continuó en el Eoceno con el depósito de la Formación Macarao.

Durante el Eoceno – Oligoceno se produjeron fuertes eventos orogénicos que originaron el levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y de la Serranía de Perijá, interrumpiendo la sedimentación. El Oligoceno tardío marca el comienzo de un período con gran deformación tectónica, con fallas de desplazamiento de rumbo como las fallas Santa Marta - Bucaramanga y Oca[9].

Hacia el norte de la mencionada área levantada, la Cuenca de la Guajira permaneció sumergida durante la mayor parte del Oligoceno - Mioceno y posiblemente Plioceno. La transgresión del Oligoceno medio depositó los conglomerados, calizas fosilíferas y shales de la Formación Siamaná, sobre la mayor parte de la Alta Guajira. Complejos arrecifales circundaron las serranías expuestas, mientras en la parte más profunda, se sedimentaron shales y shales calcáreos. Esta transgresión continuó hasta el Oligoceno tardío o Mioceno temprano[10], con la sedimentación en un ambiente de aguas profundas de la Formación Uitpa, la cual se extendió sobre gran parte de la Alta Guajira.

En el Mioceno temprano a medio comenzó una regresión que probablemente permitió que las serranías conectadas formaran un área central en la Alta Guajira. La Formación Jimol se depositó en la cuenca al sur de estas serranías y probablemente también al norte de estas, bajo rocas más jóvenes. Esta regresión continuó durante el Mioceno medio - tardío con la sedimentación de la Formación Tucacas (Castilletes) representada por calizas margosas y arcillas con limolitas y areniscas hacia el techo, lo que sugiere condiciones marinas someras[11].

A finales del Neógeno la Cuenca de la Guajira correspondía a una plataforma marina estable y llana, interrumpida solamente por una serie de altos, que hoy día equivalen a las

[8] Hall y Cediel, 1971
[9] Arias y Morales, 1999
[10] Rollins, 1960
[11] Hall y Cediel, 1971

serranías de Jarara, Macuira, Cosinas, Carpintero y el Cerro de La Teta, entre otros[12]. Estos altos actuaron como rompe olas y permitieron el desarrollo de arrecifes, así como la sedimentación en un mar relativamente tranquilo.

5.1.1.2. Litoestratigrafía de Unidades Aflorantes en la Alta Guajira

La descripción geológica regional de las unidades aflorantes para el área de influencia físico - biótica se hace, según Zuluaga et al. (2009)[13], como unidades litológicas que se describen de acuerdo con el tipo de roca en unidades metamórficas, ígneas y sedimentarias. Las unidades de cada grupo se organizan en este documento de la más antigua a más reciente y a nomenclatura sigue a Gómez, J., et al. (2019)[14].

La descripción detallada de cada una de las unidades consta de: nombre y código de la unidad, lugares donde se encuentran las mejores exposiciones, distribución areal y morfología, características litológicas, origen y edad.

Para el caso de los depósitos cuaternarios tipo abanico aluvial de edad subreciente (Q-ca), se tuvo en cuenta la cartografía realizada por Gómez, J., et al. (2007)[15]

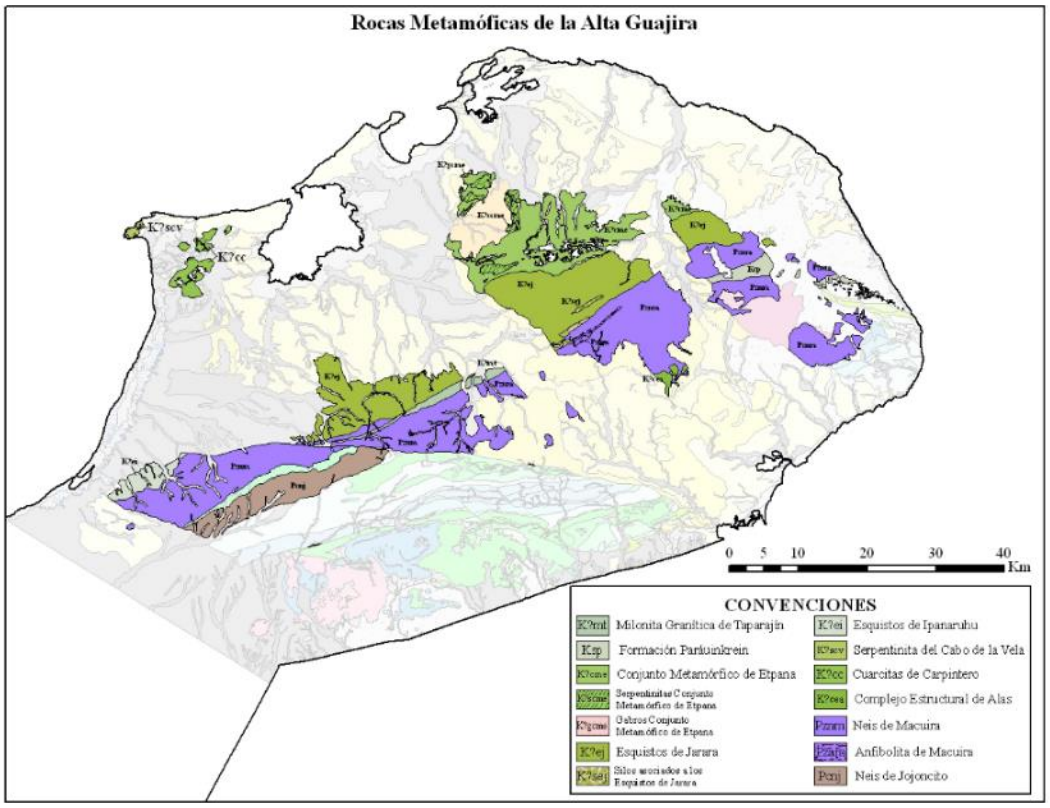
5.1.1.2.1. Rocas Metamórficas

Las unidades metamórficas de la Alta Guajira son de edades Precámbricas (Neis de Jojoncito), Paleozoicas (Neis de Macuira) y Mesozoicas (Complejo Estructural de Alas, Esquistos de Jarara, Conjunto Metamórfico de Etpana, Cuarcitas de Carpintero, Serpentinitas del Cabo de la Vela, Formación Paraúinkrein, Esquistos de Ipanaruhú y Milonita Granítica de Taparajín) (Figura 5-2).

Específicamente, afloran cerca al área del proyecto las Cuarcitas de Carpintero, que se describen a continuación.

[12] Hall y Cediel, 1971
[13] Cartografía e Historia Geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.
[14] Gómez, J., et al., Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:2.000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2019.
[15] Gómez, J., Nivia, Á. & Diederix, H. et al., Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1'000.000, Servicio Geológico Colombiano, 2007.

Figura 5-2 Localización de las unidades metamórficas de La Alta Guajira



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2009. Modificado AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

✓ Cuarcitas de Carpintero (K2-Mmbbg)

Este término fue propuesto por Zuluaga *et al.* (2009)[16] para designar las rocas metamórficas que afloran a lo largo de la Serranía de Carpintero, previamente denominadas como Formación Carpintero por Álvarez (1967), quien modificó el nombre planteado por Radelli (1962). Este nombre es acorde con el Código Estratigráfico Norteamericano (2005) para la designación de unidades litodémicas.

- Afloramientos

Las Cuarcitas de Carpintero se encuentran ubicadas en la zona occidente de la Alta Guajira, aproximadamente 10 km al suroriente del Cabo de la Vela y a cerca de 1 km del área del proyecto. Afloran en una Serranía que posee una longitud de 9 km, un ancho máximo de 5 km (promedio 3 km) y una elongación en sentido nororiente. Este cuerpo metamórfico abarca un área de 30 km^2 y se encuentra aislado de las litologías similares por unidades sedimentarias.

[16] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

- Geomorfología

Topográficamente la unidad aflora como una serranía de poca altura, cuya cúspide apenas sobrepasa los 150 msnm. Es un cuerpo delgado con pendientes inclinadas en sus flancos oriente-occidente y de bajo ángulo en sus flancos suroriente y noroccidente. Se observan en él abundantes plegamientos suaves y múltiples diaclasas, además de lineamientos y fallas de corta longitud, en sentido nororiente principalmente.

- Origen

Por la presencia de rocas de origen sedimentario de afinidad oceánica (básica y ultra básica), esta unidad se interpreta como un depósito de mélange con matriz cuarzosa (cuarcitas y milonitas) y bloques de rocas meta ultrabásicas (serpentinitas) y meta básicas (esquistos de actinolita). Las cuarcitas son el producto del metamorfismo en facies esquisto verde de una secuencia sedimentaria de cuarzoarenitas de grano fino cuyo origen probablemente se dio en un ambiente marino somero. Las metarenitas aflorantes en el sector sur, y relacionadas con el Miembro Ushinia, provienen de secuencias predominantemente feldespáticas de grano medio, que según Álvarez (1967) fueron depositadas al tope de la unidad[17].

- Edad y correlación

Stutzer et al. (1934) considera pre-Cretácicas a las cuarcitas de Carpintero. Bürgl (1958) les asigna una edad pre-Devónica mientras que Renz (1960 en Rollins, 1965) considera a estas rocas y a los Esquistos de Jarara de edad Cretácica. Por su parte, Radelli (1962) les asigna una edad Paleozoica temprana o Precámbrica. Finalmente, Álvarez (1967) les otorga una edad Cretácica superior, por su similitud con el Conjunto Metamórfico de Etpana.

5.1.1.2.2. Rocas Sedimentarias

✓ Formación Uitpa (E2n2-Sm)

Definida por Renz (1960 en Rollins, 1965) y modificada por Rollins (1965), toma su nombre de la denominación indígena del manantial de Uitpa, ubicado en el borde suroriente de la Serranía de Jarara. El término se emplea para describir capas de lodolitas abigarradas y limolitas amarillo-cafés.

- Afloramientos

La Formación Uitpa es posiblemente la formación del Neógeno con mayor extensión y uniformidad en la Alta Guajira. Aflora en dos franjas importantes: la primera de estas en la parte central de la Alta Guajira expone la Formación Uitpa desde el arroyo Sillamahana hasta el sur de la Serranía de Jarara, y en dirección occidente entre las Serranías de

[17] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

Cosinas y Jarara hasta Bahía Portete, rodeando la bahía hacia el sur, hasta inmediaciones de la Serranía de Carpintero.

La segunda franja de exposición de la unidad se encuentra en la parte más septentrional de la Alta Guajira, aflorando desde el borde central de Bahía Hondita y de allí en dirección oriente-suroriente hasta el valle que limita con el flanco norte de Serranía de Macuira llegando hasta el Arroyo Aray[18].

- Geomorfología

La Formación Uitpa posee una morfología típica de valles amplios y colinas suaves, que permite reconocerla fácilmente. Su litología con predominio de lodolitas y limolitas semiconsolidadas, genera una topografía característica, suavemente ondulada, compuesta por una serie de colinas de poca altura (de entre 2 m y 10 m) y suaves pendientes, separadas entre sí por amplias zonas planas cuyas alturas no sobrepasan los 6 m y que permanecen a lo largo y ancho de grandes valles irregulares.

Por su litología, la Formación Uitpa se eroda con facilidad, siendo cortada por pequeños arroyos estacionales; se caracteriza también por un desarrollo incipiente de vegetación, que se da sobre material meteorizado en donde ocasionalmente, aún es posible distinguir relictos de la roca sedimentaria parental.

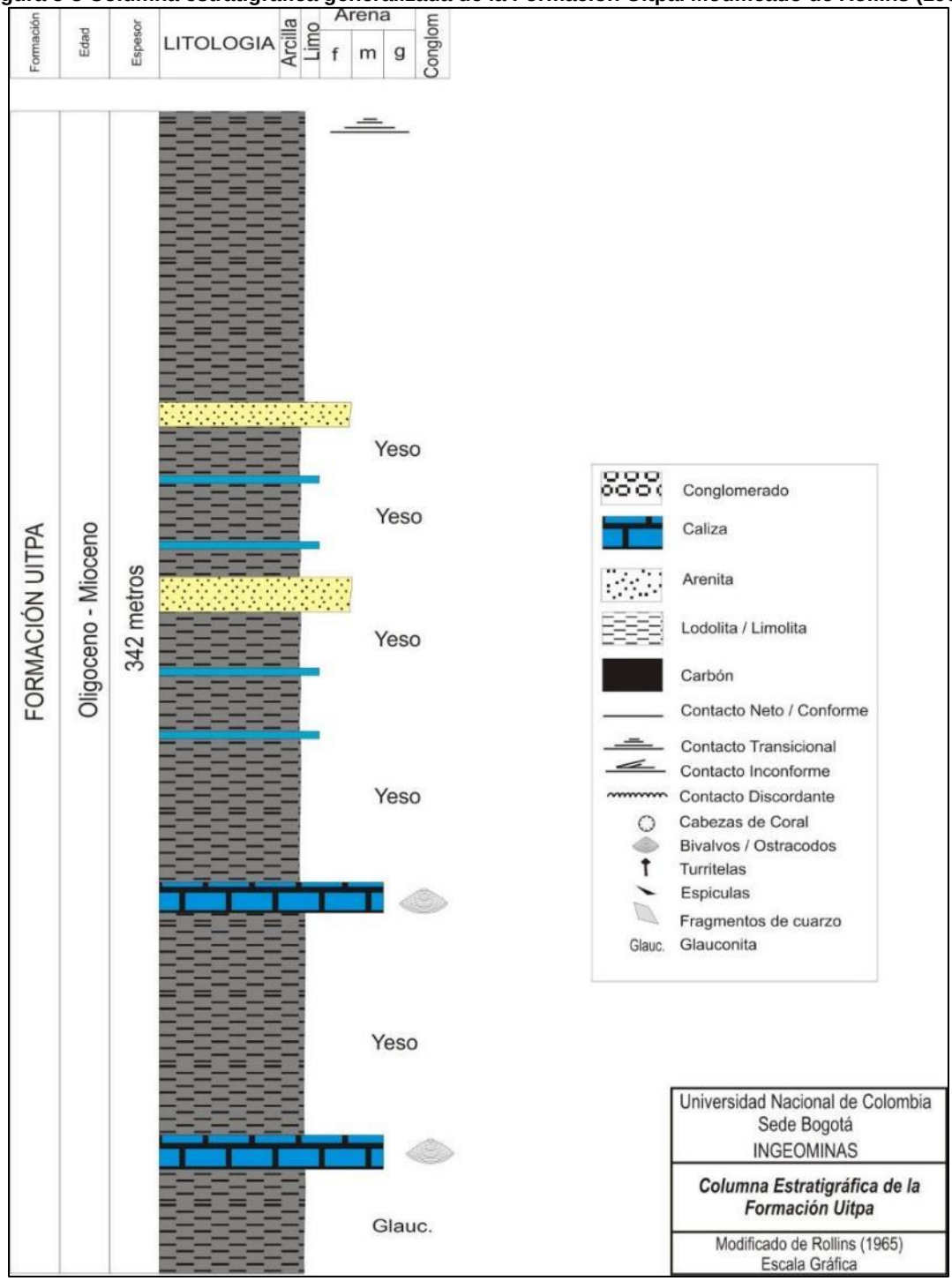
Además, está cubierta en casi el 80% de su extensión areal, por clastos angulares, subangulares y subredondeados de cuarcita, chert, cuarzo lechoso, cuarzo con venillas rojizas, arenitas negras de grano fino y fragmentos de conchas recientes. Dicho recubrimiento de clastos, que comprenden los tamaños gránulo (70%) y guijo fino – medio (30%), es el que produce las coloraciones rojizas, negras y grises, típicas del paisaje del sector. Este depósito, cuyo espesor no supera los 10 cm., está asociado a procesos aluvio-coluviales de eventos cuaternarios (abanicos y coluviones).[19]

- Descripción

Litológicamente, la Formación Uitpa agrupa de base a tope una secuencia granodecreciente de arenitas muy finas y limolitas, en su mitad inferior y lodolitas en su parte superior (Figura 5-3).

[18] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.
[19] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

Figura 5-3 Columna estratigráfica generalizada de la Formación Uitpa. Modificado de Rollins (1965)



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2009.

Según Zuluaga et al. (2009)[20], la unidad inicia con una serie de capas medias a gruesas de arenitas muy finas. Las escasas estructuras sedimentarias apreciables muestran una laminación plano-paralela y ligeramente ondulada. Estas arenitas se encuentran intercaladas con niveles ocasionales de rocas calcáreas en capas medias a delgadas con guijos finos a medios de cuarzo lechoso.

Intercalados se encuentran niveles de limos, que se inician como láminas gruesas y poco a poco van aumentando su espesor a medida que se asciende estratigráficamente, hasta llegar a capas muy gruesas de decenas de metros. Estas capas, generalmente plano paralelas no poseen estructuras internas distinguibles y son de color amarillo quemado, café claro, amarillo limón y pardo claro, calcáreas. Composicionalmente, el armazón presenta granos redondeados a subredondeados de cuarzo monocristalino (35%), fragmentos biogénicos generalmente de conchas de bivalvos (20%), fragmentos líticos (15%), glauconita oxidada (10%) y óxidos de hierro negros (5%). La matriz es lodosa y calcárea, constituyendo cerca del 15% de la roca. Son comunes los niveles delgados a muy delgados (1 cm. -3 cm.) de yeso acicular y laminar, algunos de los cuales se disponen paralelamente a la estratificación aparente. Los niveles yesíferos más gruesos (5 cm. -6 cm.), que son más abundantes hacia la base de las colinas, cortan la estratificación en varias direcciones, formando enrejados y están asociados principalmente a los niveles lodolíticos de la unidad.

El yeso es acicular y bien cristalizado: se reportan grandes cristales de selenita, entre otras especies de yeso y es común también como relleno de fracturas. Faunísticamente, la base de la Formación Uitpa es altamente fosilífera, con abundantes gasterópodos en posición de vida, en los que predominan las turritelas; también se registran bivalvos, espinas de peces, foraminíferos de gran tamaño, esporádicos fragmentos de equinodermos y múltiples fragmentos de conchas. Esta unidad es más resistente a la meteorización que las lodolitas que la suprayacen y se puede apreciar mejor expuesta hacia la mitad del carreteable que de la ranchería de Sillamahana conduce a la ranchería de Porshina.

De la parte media hacia el tope, esta Unidad es predominantemente lodolítica, en bancos de hasta 10 m. de láminas delgadas a medias de lodolitas abigarradas con esporádicas intercalaciones de niveles limolíticos de hasta 40 cm. supeditados a las lodolitas. Estos niveles limosos muestran una coloración gris oscura en muestra fresca, pero se les suele encontrar meteorizadas, abigarradas con tonos rojizos, cafés, amarillos, verdes, violetas, blancos y grises.

Al tope, la Formación Uitpa presenta intercalaciones de bioesparitas en capas delgadas supeditadas a las limolitas y lodolitas. El tamaño de grano se torna ligeramente más grueso, y los niveles de arenitas y limolitas poseen un notorio componente calcáreo, probablemente

[20] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

por la lixiviación de las formaciones que suprayacen la Formación Uitpa (formaciones Jimol y Castilletes).

Algunas capas hacia el tope de la unidad poseen estructuras plano-paralelas, ondulosas y evolutas, presentándose bioturbadas.

Petrográficamente las lodolitas descritas corresponden a limolitas calcáreas, con partículas tamaño limo grueso y arenita muy fina (en menor proporción) y con laminación muy delgada. Está compuesta por una matriz con alto contenido de materia orgánica en la que se observan granos de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, moscovita y biotita. Se identifica además calcita, minerales opacos diagenéticos y múltiples fracturas que se rellenan con óxidos. No es posible determinar restos de fauna.

En la mitad superior de la Formación Uitpa la macrofauna no es habitual en los niveles lodolíticos. Se reportan en cambio foraminíferos bentónicos, que, aunque no son comunes, cuando se les encuentra son fácilmente apreciables por su tamaño y buen estado de conservación.

- Espesor

Renz (1960 en Rollins, 1965) propone un espesor para la formación Uitpa de 150 m. en su sección tipo, identificando este mismo espesor en el área de Siamaná. Este mismo autor aclara que hacia la parte central de la cuenca, entre las serranías de Jarara y Cosinas, el espesor de la formación aumenta considerablemente, ya que, aclara el autor, al parecer la sedimentación continuó durante un periodo más largo.

- Límites

Estratigráficamente, la Formación Uitpa suprayace la Formación Siamaná en un contacto angular, e infrayace a la Formación Jimol en la franja central de La Alta Guajira y a la Formación Castilletes en la franja más septentrional de la península. En ambos casos, los contactos registrados son netos, observándose expuestos en la zona de Anshirrú donde la Formación Uitpa infrayace la Formación Jimol y al norte, en Punta Gallinas, donde infrayace la Formación Castilletes. Rollins (1965) propone un contacto inconforme entre la Formación Uitpa y la Formación Jimol, en cercanía de la Bahía de Cosinetas. Se propone igualmente la posibilidad de un contacto transicional por la intercalación de limolitas y arenitas calcáreas con niveles de biomicritas observadas en inmediaciones de la desembocadura del al Arroyo Maasichi.

- Ambiente de depósito

Por su litología y fauna reportada se propone para la Formación Uitpa un ambiente somero que, rápidamente alcanzó grandes profundidades, condición que se mantuvo constante por bastante tiempo, lo que se deduce por el espesor de las lodolitas. Hacia el tope de la

secuencia se insinúa una rápida somerización de la cuenca. A la base, la secuencia litológica sugiere ambientes cercanos a la playa, con escaso aporte de material terrígeno, asociado con aguas claras y poco profundas. Esta cuenca se hundió rápidamente, alcanzando grandes profundidades; Becker & Dusenbury (en Rollins, 1965) proponen un ambiente de depósito en aguas neríticas a grandes profundidades marinas, que alcanzaron de 100 a 300 fathoms[21].

- Edad y correlación

Los diferentes autores reportan, basados en la fauna fósil, edades diferentes para la Formación Uitpa. Becker & Dusenbury et al. (1958, en de Porta, 1974) dan una edad de Aquitaniano mientras que Renz (1960, en Rollins, 1965) la ubica en la parte superior del Oligoceno medio y Rollins la ubica en el intervalo Oligoceno - Mioceno inferior. Este mismo autor reporta la siguiente fauna macrofósil para los niveles limolíticos y arenosos de la Formación Uitpa, identificada por H. Bürlg (en Rollins, 1965): Pecten sp, Flabelipecten fraterculus avaticus Combaluzier, Ostrea costaricensis Olsson, Ostrea Álvarezii d´Orbigny, Turritela gatunensis Conrad, Scutelaster interlineatus (Stimpson).

En la parte media hacia el tope, la macrofauna no es común en la Formación Uitpa, pero se registra microfauna compuesta por foraminíferos, de los cuales Rollins (1965) reporta las especies: Catapsydrax stainforthi (Bolli, Loeblich, y Tappan), Catapsydrax dissimilis (Cushman y Bermudez), Globorotalia klugleri (Bolli).

Estos especímenes fueron facilitados por A. B. Whitman de la compañía Richmond Exploration a Rollins (1965). Con esta asociación microfaunística y basado en un reporte privado de la compañía, el mismo autor considera que la edad puede extenderse del Oligoceno al Mioceno temprano.

La unidad no es correlacionable con litologías o ambientes similares de carácter terciario en la península de la Alta Guajira Colombiana, aunque Rollins (1965) reporta correlación de la Formación Uitpa con la parte superior de la Formación Guacharaca y con la inferior de San Lorenzo en el oriente del estado de Falcon, Venezuela.

5.1.1.2.3. Depósitos Cuaternarios

En la Alta Guajira se presenta una amplia variedad de depósitos recientes, algunos de los cuales aún están en formación en procesos que ocurren de manera simultánea, pero unos más activos que otros. Son cuerpos semiconsolidados e inconsolidados de gran extensión areal, ya que recubren las topografías desarrolladas por las unidades metamórficas y sedimentarias descritas anteriormente. Dichos depósitos son: Abanicos y Coluviones, Cauces Aluviales, Evaporíticos Recientes y Llanura de Inundación.

[21] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

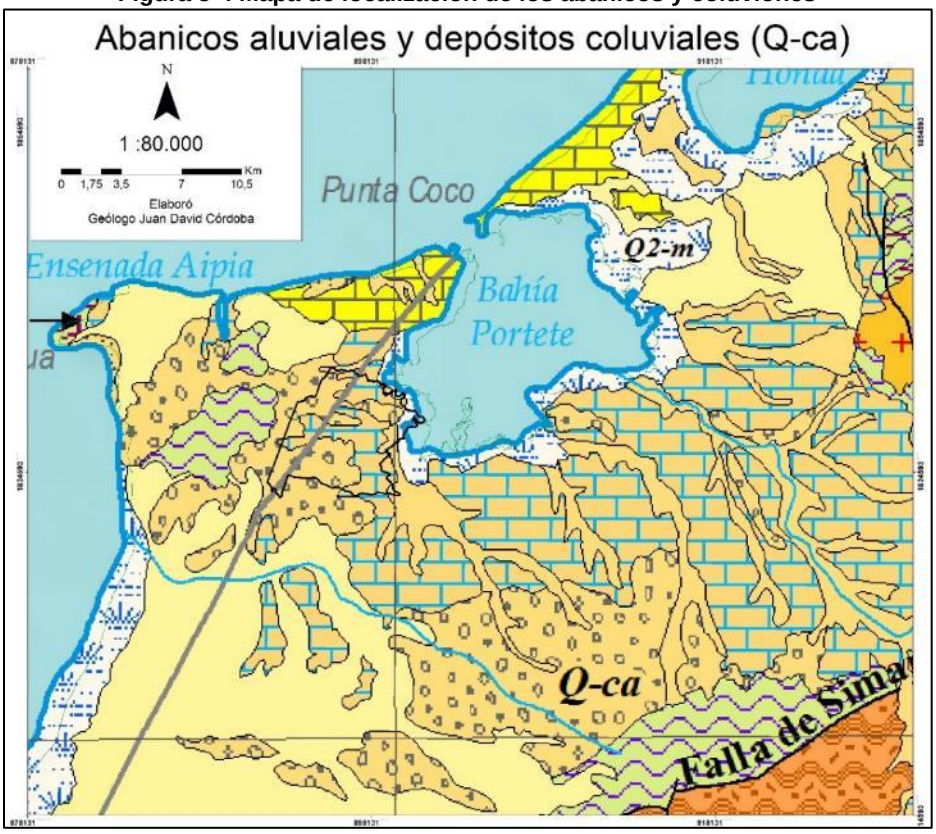
✓ Abanicos aluviales y depósitos coluviales (Q-ca)

Nombre informal que agrupa los depósitos inconsolidados recientes a subrecientes de pendiente.

- Afloramientos

Se manifiestan en los piedemontes de las áreas montañosas, especialmente los de las serranías de Carpintero, Simarúa, Jarara y Macuira; en la Serranía de Cosinas su presencia es reducida. Se observan en la vía que bordea el norte de la Serranía de Simarúa, al oriente de la Serranía de Macuira y en el piedemonte oriental de la Serranía de Carpintero. En la Figura 5-4 se distinguen los abanicos mediante la sigla Q-ca con simbología de círculos sobre la unidad de color amarillo. El área de estudio se muestra mediante polígono de líneas negras.

Figura 5-4 Mapa de localización de los abanicos y coluviones



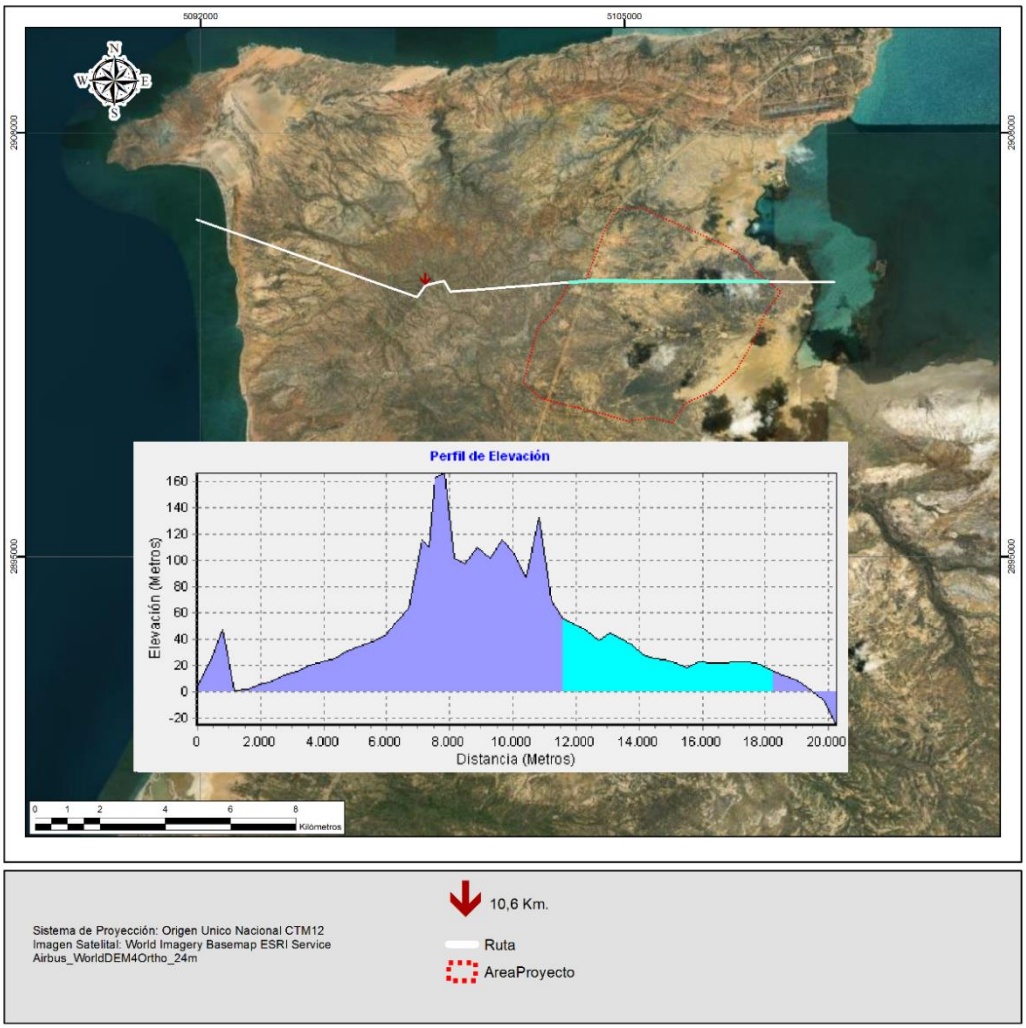
Fuente: Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1'000.000, Servicio Geológico Colombiano, 2007.

- Geomorfología

Los abanicos se distinguen en las imágenes de satélite por presentar una geometría típica y una mayor reflectancia (con tonalidades claras, Figura 5-6) sobre las rocas de su entorno.

Localmente se identifican abanicos pequeños de pendientes fuertes y granulometría de bloque, mientras que las formas cartografiables poseen pendientes más suaves, con una granulometría dominante de tamaño guijo. (Figura 5-5).

Figura 5-5 Perfil regional sobre la Serranía de Carpintero y el Área del Proyecto



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- Descripción

Son materiales producidos y depositados por procesos dinámicos y gravitatorios en zonas de piedemonte, con aporte aluvial. Bajo esta categoría se agrupan los derrubios de pie de ladera propiamente dichos, los derrubios de ladera con retrabajamiento aluvial y los conos de deyección de características netamente de actividad aluvial.

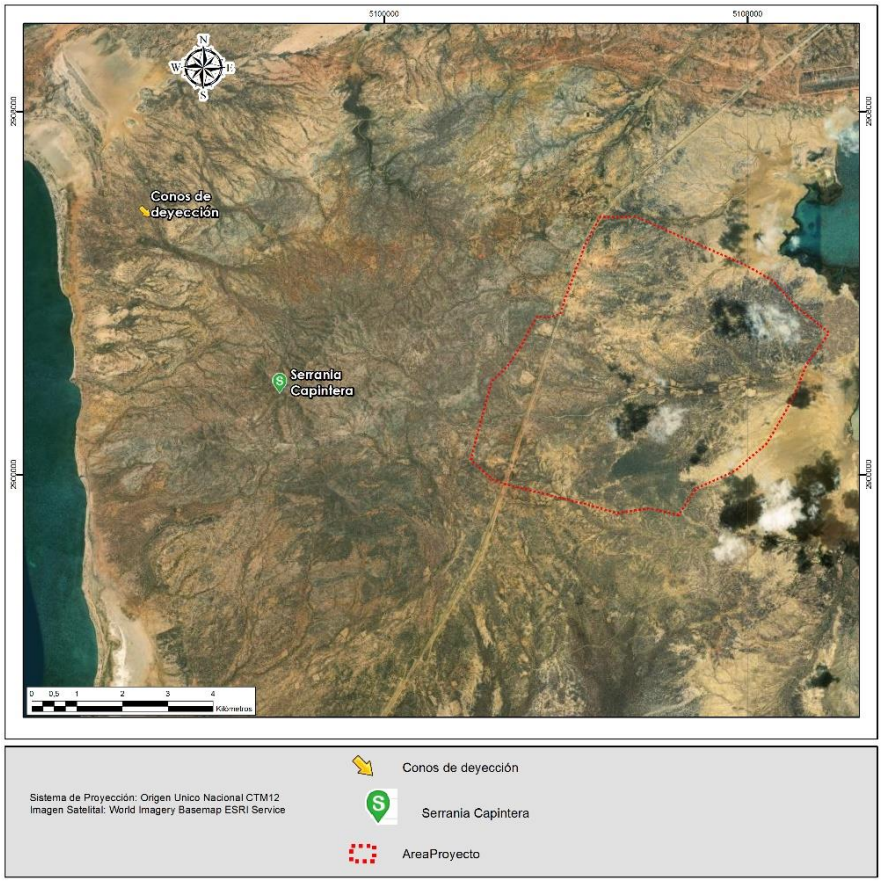
Los derrubios de pie de ladera se componen de fragmentos de roca y bloques sueltos de formas irregulares, muy angulares, con un bajo porcentaje de matriz, poco o nada

consolidados, con sorteamiento incipiente. Su composición está determinada por las rocas aflorantes en las partes superior y media de la ladera donde se forman.

Los depósitos coluvio-aluviales ocurren en algunas depresiones intramontañosas (Serranía de Carpintero) y piedemontes (Serranía de Macuira) en donde se presentan depósitos de ladera retrabajados por corrientes aluviales que han aportado al abanico materiales compuestos por arenas y limos con fragmentos angulares a subangulares de diferente tamaño. En estos casos, el porcentaje de matriz aumenta, pero aún son clastosoportados.

Los conos de deyección se manifiestan en el piedemonte noroccidente de la Serranía de Carpintero, como conos asociados a corrientes fluviales, con más del 80% de fragmentos de rocas metamórficas tipo cuarcitas y cuarzo lechoso (Figura 5-6). Igualmente, se observaron en el piedemonte de la Serranía de Simarúa en donde con una pendiente suave cubren un área relativamente extensa[22].

Figura 5-6 Conos de deyección en el piedemonte noroccidental de la Serranía de Carpintero



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

[22] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

- Espesor

Son extensos. Su espesor no está determinado, pero es muy variable debido a su extensión areal y a la pendiente donde se acumulan. El espesor máximo observado es de 4 m. en un abanico en el piedemonte de la Serranía de Jarara[23].

- Limites

Reposan discordantemente sobre otros depósitos cuaternarios, así como sobre las diversas unidades litológicas aflorantes en la región y a partir de las cuales se derivan sus fragmentos.

- Ambiente de depósito

Se originan por la caída gravitatoria de fragmentos y bloques de rocas diaclasadas, meteorizadas y expuestas en pendientes fuertes. Localmente pueden ser afectados por escorrentía lo que acelera su formación. También pueden generarse por cambios abruptos de pendiente de arroyos que emergen del núcleo de las serranías, al abandonar las zonas altas, depositando inmediatamente su carga de sedimentos en las formas típicas de abanico.

- Edad y correlación

Son depósitos aún en proceso de formación y pueden considerarse coetáneos con parte de los demás depósitos cuaternarios de La Alta Guajira.

✓ Depósitos de llanuras aluviales (Q-al)

El nombre de esta unidad es retomado de Gómez, J., et al. (2019)[24] para denominar depósitos acumulados en las márgenes de ríos y arroyos perennes. En los períodos de sequía se reducen al interior de los cauces de arroyos intermitentes.

- Afloramientos

Esta unidad aflora asociada a los cauces de los arroyos actuales que transcurren por la zona de estudio. Existe una gran cantidad de cauces; dentro de estos, los más importantes por su extensión o su significancia son: Arroyo Shirimahana (desemboca en Punta Chichibacoa), Arroyo Aray (afluente del arroyo Shirimahana), Arroyo Jorotuy que desemboca en inmediaciones de Punta Taroa, Arroyo Yuruapua (desemboca en Bahía Portete), Arroyo Kashushi (cuyo cauce se dirige hacia Venezuela), Arroyo Guerrero que igualmente drena hacia el vecino pais y Arroyo Jaranohuro que desemboca en la Bahía de Cocinetas.

[23] Cartografía e Historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.
[24] Gómez, J., et al., Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:2.000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2019.

- Geomorfología

Generalmente esta unidad presenta superficie plana, de textura suave y tamaño de grano fino que rellena bajos topográficos y que en imágenes presenta alto contraste respecto a las unidades circundantes, puesto que cuando se encuentra seca obtiene tonalidades más claras y cuando se está húmeda presenta tonalidades oscuras. Es frecuente encontrarla asociada con vegetación desarrollada en las riberas de arroyos importantes. Su extensión es muy variable, puesto que a pesar de que pueden alcanzar decenas de kilómetros de largo, su ancho puede oscilar entre pocos metros hasta uno o dos kilómetros. Igualmente, su espesor oscila desde pocos centímetros hasta decenas de metros.

La comparación de sensores remotos multitemporales permite deducir que a pesar de que la morfología se ha mantenido muy similar a lo largo del tiempo, la ubicación y extensión puede variar de manera significativa en intervalos muy cortos. Los altos regímenes pluviométricos estacionales de la zona hacen que eventualmente, estos cauces trasporten material de manera torrencial que puede llegar a desbordarse modificando el cauce del arroyo, dependiendo de las condiciones hídricas de cada corriente.

Un ejemplo de ello es el arroyo Orochón, curso principal del área de estudio, que se caracteriza por un desarrollo significativo de depósitos de cauce aluvial que, al ser analizados mediante sensores remotos multitemporales, presentan variaciones importantes en la delimitación espacial de los sedimentos[25].

- Límites

Los depósitos aluviales recientes suprayacen de manera irregular a todas las unidades sobre las cuales se depositan. No se encontraron relaciones falladas entre esta unidad y las unidades infrayacentes.

- Ambiente de depósito

Estos depósitos se forman debido a la actividad actual de las principales corrientes de agua continental que tienen su mayor caudal en las épocas invernales.

- Edad y correlación

Los depósitos aluviales son de edad reciente ya que suprayacen la totalidad de las unidades cartografiadas en este estudio, y es evidente su proceso continuo de formación.

✓ Depósitos Evaporíticos Recientes (Q2–m)

Nombre informal empleado para denominar los depósitos marinos restringidos o cerrados que están cercanos a la costa actual, asociados con la evaporación de aguas ricas en sales.

[25] Cartografía e Historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

Se diferencian de los depósitos de llanura mareal en que estos se desarrollan como consecuencia de los ciclos mareales diarios, mientras que los evaporíticos no obedecen a dichos ciclos. Coloquialmente, los habitantes de la zona conocen estos depósitos como "Salinas"

Esta unidad aflora en cercanías a playas y playones recientes dentro de la línea regional de costa. Los afloramientos más importantes se localizan en Cardón, Bahía Portete, Bahía Honda y Bahía Hondita; también al sur de Punta Soldado y al oriente de Taroa. Acumulados a nivel del mar, se extienden en varios kilómetros cuadrados de extensión.

- Descripción

Los depósitos evaporíticos en la Alta Guajira están asociados con aguas poco profundas y tranquilas, en playas que conservan diferentes proporciones de humedad en su interior. Están conformados por sedimentos semiconsolidados con tamaños de grano arena media a fina, color café oscuro, en fragmentos subangulares y bien seleccionados. La composición principal es de cuarzo, feldespato y eventualmente magnetita. Los fragmentos terrígenos comprenden cuarcitas y algunos fragmentos biogénicos. Igualmente, contienen arcillas plásticas que cuando el agua de mar se evapora, forman polígonos de desecación de colores oscuros cuando están asociados con materia orgánica.

En las zonas costeras se aprecian extensiones métricas de láminas de precipitados de sales marinas, que en algunas rancherías son explotadas de manera artesanal. La mayor concentración de precipitados corresponde a yeso, halita y posiblemente a carbonatos ya que efervecen ligeramente al contacto con el ácido clorhídrico[26].

- Límites

Se encuentran suprayaciendo todas las unidades costeras aflorantes en la zona de estudio. Esta unidad es coetánea con todos los depósitos marinos recientes dado que actualmente se están produciendo nuevos depósitos de este tipo.

- Ambiente de depósito

Estos depósitos se forman por la evaporación de aguas marinas estancadas en pequeñas ensenadas y en lagunas cercanas a la costa, en ambientes de poca energía y alta radiación solar. El yeso se precipita químicamente directamente a partir de soluciones sobresaturadas afectadas por la evaporación intensa en conexión con rocas calcáreas y arcillas. El material precipitado es soluble en agua, tiene baja dureza y baja densidad.

[26] Cartografía e historia geológica de La Alta Guajira, Servicio Geológico Colombiano, 2009.

- Edad y correlación

Las evaporitas tienen una edad reciente, teniendo como referencia el hecho de que suprayacen otras unidades y a que es visible actualmente la precipitación de este tipo de minerales en sectores como Bahía Portete.

5.1.1.3. Geología Estructural

Según Zuluaga et al. (2009)[27], la Alta Guajira se encuentra ubicada cerca de la zona de contacto de las placas Cocos, Caribe y Suramericana, por lo que su configuración actual es el resultado del efecto de la convergencia y desplazamiento relativos de estas placas y su interacción marca significativamente la configuración geológica actual y los estilos estructurales de la Península de La Guajira.

Los estilos estructurales se manifiestan de manera regional como sistemas de fallamiento muy claros en las imágenes y a nivel local se muestran como una serie de rasgos de estructuras planares como foliaciones, clivajes y lineaciones minerales, además de pliegues isoclinales apretados, pliegues invertidos, pliegues intrafoliales abiertos y ptigmáticos, fallas locales y lineamientos.

Se presentan tres tendencias estructurales (mencionados por McDonald (1964), Lockwood (1965), Rollins (1965), Álvarez (1967), Rodríguez & Londoño (2002)). La primera corresponde a sistemas de falla N-NE entre las que se destacan las fallas de Ororio, Uraitchipa, Simarúa, Kasipoch, Santa Ana, Alas, y Puralapo. La segunda tendencia agrupa fallas de dirección NW-SE representada por las fallas de Narap, Huimatirra, Macuira, Nazareth, Orocho y el sistema NW de Cosinas con su falla principal Ararieru. El tercer estilo estructural corresponde a una tendencia E-W en la que sobresale la Falla de Cuisa y todas las fallas E-W y E-NE del Sistema de Falla de Cosinas.

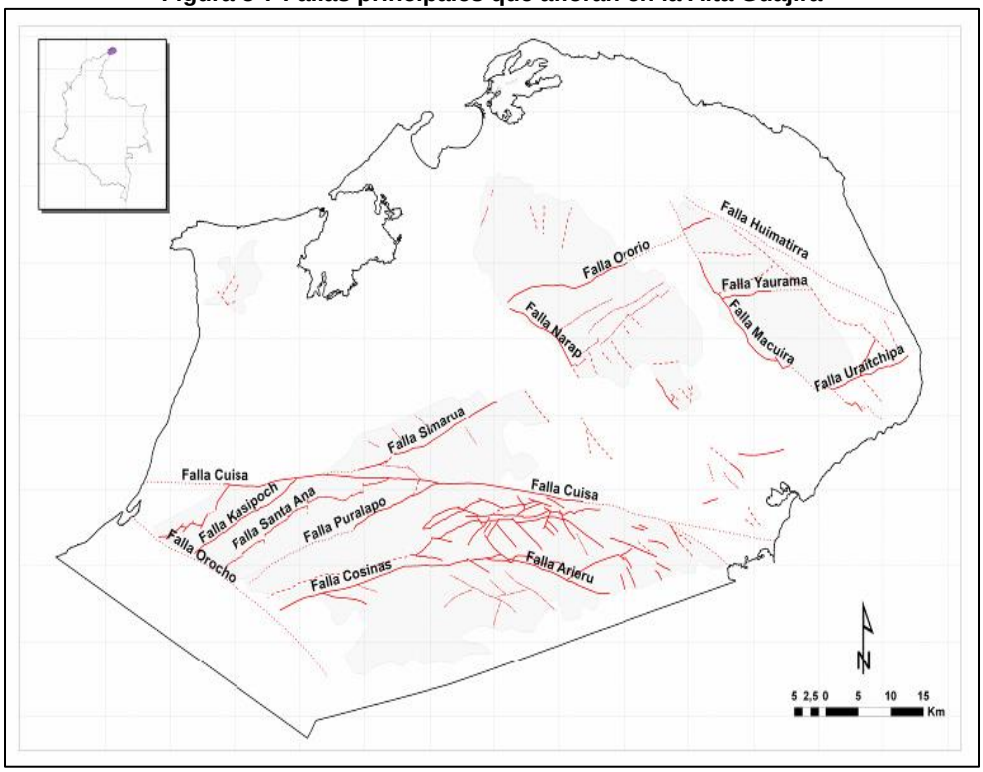
5.1.1.3.1. Fallamiento y amenaza sísmica

- ✓ Fallas principales

A nivel regional se evidencia la ocurrencia consecutiva de una serie de eventos tectónicos sucedidos en diferentes períodos. Es así que las fallas más representativas de la Alta Guajira son fallas de rumbo fácilmente reconocibles en imágenes, caracterizándose por presentar trazos largos que alcanzan decenas de kilómetros, por poseer no solo componentes de rumbo sino también movimientos verticales -normales o inversos según la dinámica diferencial- y por presentar fallas sintéticas y antitéticas asociadas al plano principal. Sin embargo, en el área de influencia del proyecto no se evidenciaron rasgos estructurales ni lineamientos fallados (Figura 5-7).

[27] Ibidem

Figura 5-7 Fallas principales que afloran en la Alta Guajira



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2009, modificado AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Sismicidad

Un sismo se define como *"Sacudida brusca del terreno causado por un proceso de liberación súbita de la energía acumulada en la corteza terrestre, que puede resultar en desplazamiento o deformación de partes de la corteza y en la emisión de ondas elásticas que se propagan por el interior de la tierra. Al llegar a la superficie estas ondas producen la sacudida del terreno, que es la causa del daño y la destrucción." (SNGRD, 2017).*

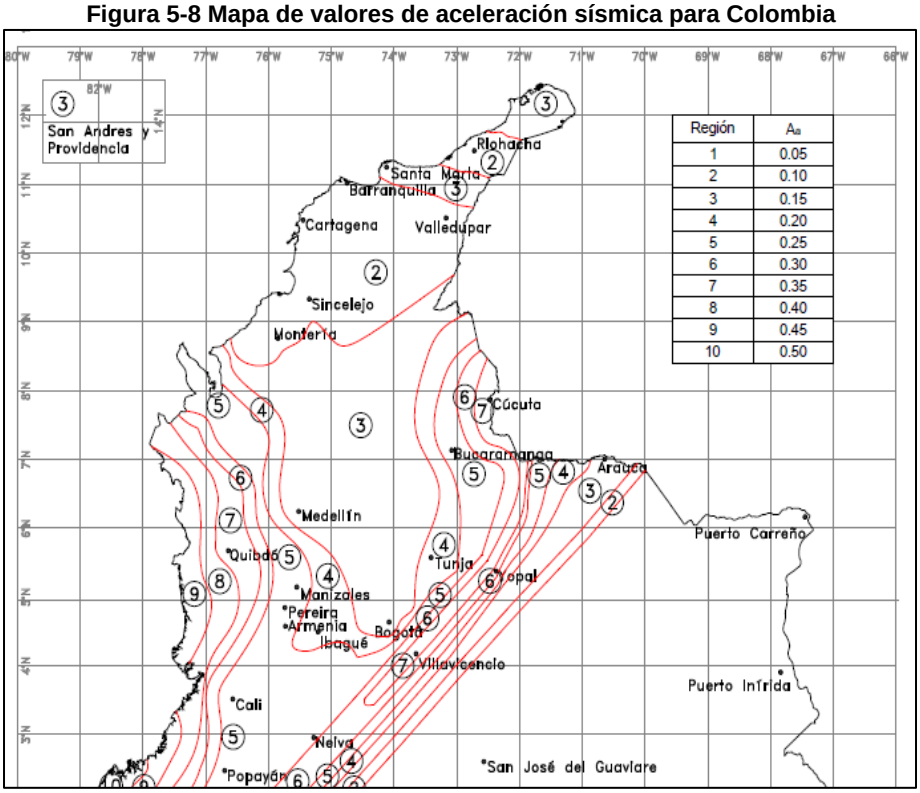
La actividad de fallas cercanas a la zona del proyecto, como la Falla de Cuisa, determina la actividad sísmica en el sector, junto con las condiciones de las placas tectónicas en el Mar Caribe.

Para el municipio de Uribia, la amenaza está clasificada como Intermedia, asociada a la presencia de las fallas de Cuiza y Oca (PMD de Uribia, 2016), estas fallas se han desplazado en dirección E-W configurando el levantamiento y rotación hacia el Este de la Sierra Nevada de Santa Marta y hacia el Norte del departamento.

El mapa de amenaza sísmica de Colombia representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno en cuanto la ocurrencia de sismos. Se calcula en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA), y se estima para probabilidades del 2%, 10% o 50% de ser sobrepasado en un tiempo de 50 años, tiempo estimado de vida útil de una

construcción corriente. Estas probabilidades se asocian con la frecuencia de ocurrencia (o período de retorno) de los sismos potencialmente destructores, así: de ocurrencia excepcional (período de retorno de 2475 años), frecuentes (período de retorno de 475 años) o muy frecuentes (período de retorno de 75 años). De acuerdo con la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (2009)[28] los valores de la aceleración pico esperada para la Alta Guajira son de 0,15 (ver Figura 5-8).

Figura 5-8 Mapa de valores de aceleración sísmica para Colombia

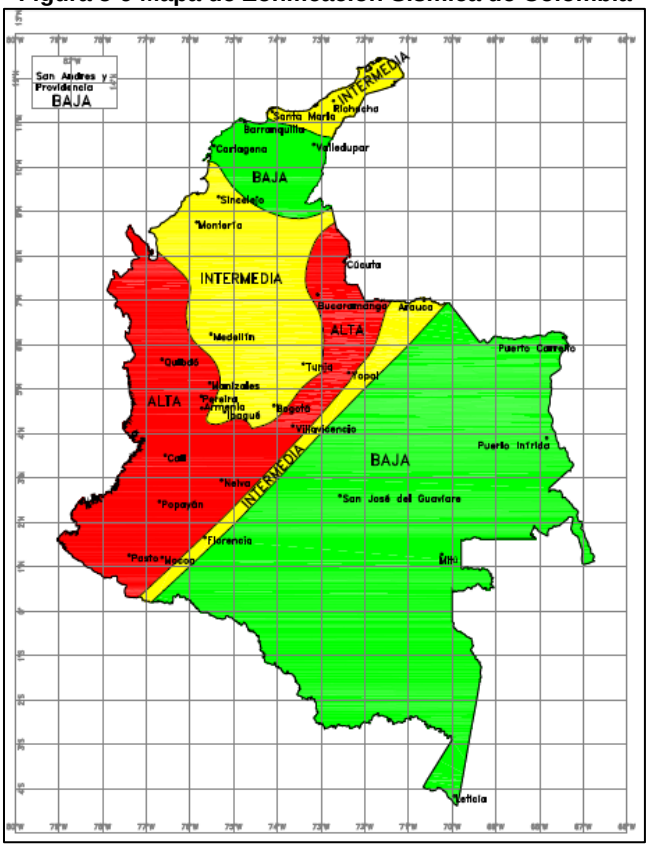


Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2009

Por otra parte, la zonificación sísmica corresponde al nivel Intermedio, y el nivel de amenaza sísmica está señalado como Medio, como muestran la Figura 5-9.

[28] Estudio General de Amenazas Sísmicas de Colombia, Comité AIS-300: Amenaza Sísmica, 2009.

Figura 5-9 Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia

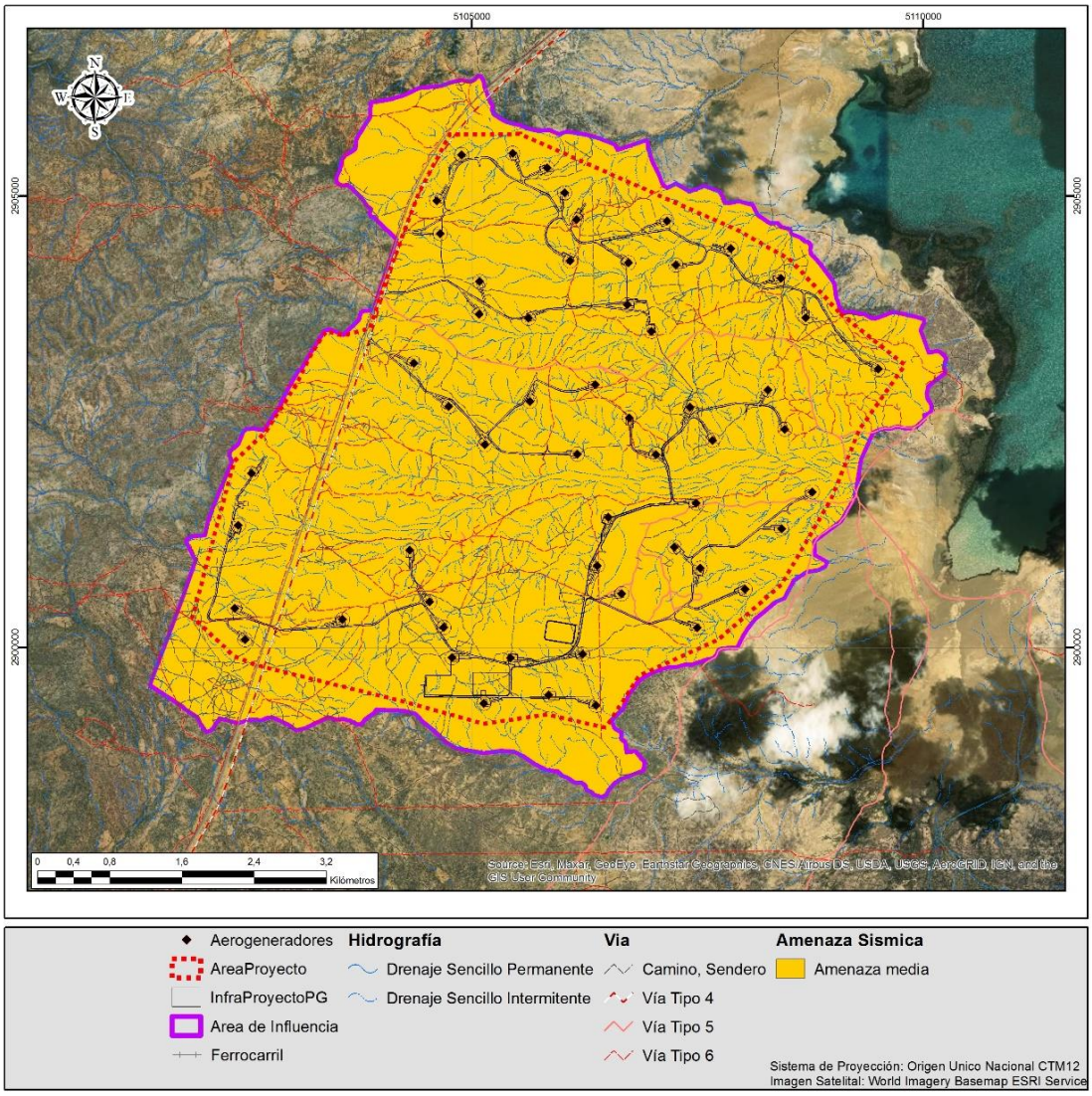


Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Comité AIS - 300, 2009.

Así, de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano, la totalidad del área del proyecto se encuentra en zona media de amenaza sísmica, debido a la presencia de las fallas de Ororu, Cuisa y Cosinas, que afectan las rocas aflorantes de la Serranía de Jarara, aunque no se haya reportado actividad sísmica reciente sobre ellas[29] (Figura 5-10).

[29] Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Planchas 4 - 5 El Cardón - Bahía Portete, Servicio Geológico Colombiano, 2017.

Figura 5-10 Mapa de Amenaza sísmica



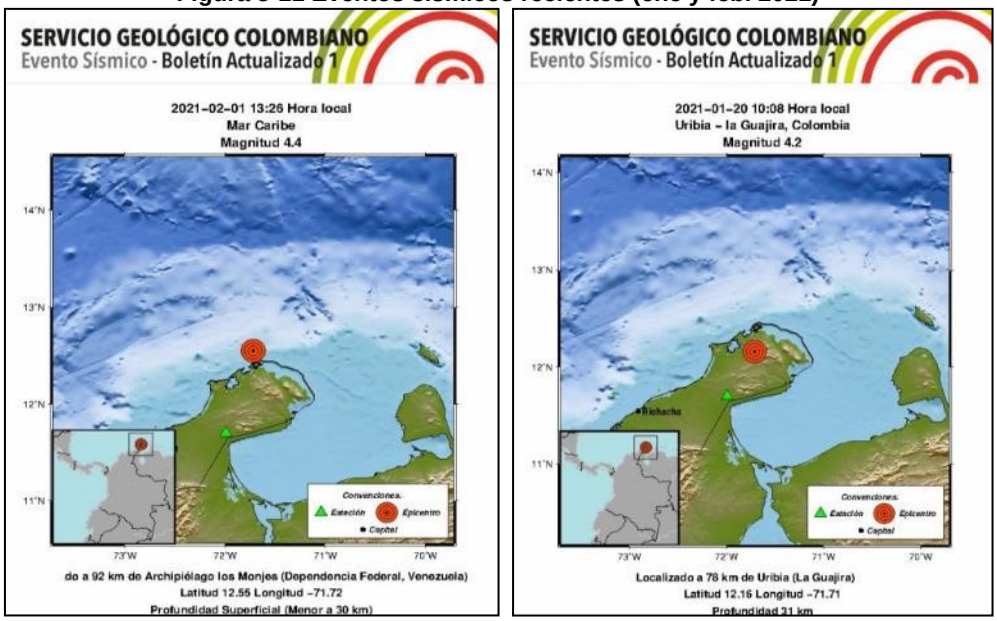
Fuente: Servicio Geológico de Colombia, adaptado por AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En cuanto a actividad muy reciente, según el Boletín Sísmico del Servicio Geológico Colombiano, el día 2 de febrero de 2021 ocurrió un evento sísmico superficial de magnitud 4,6, a 92 km del Archipiélago de los Monjes, a 105 km de Uribia y a 136 km de Maicao.

Es importante destacar que el epicentro estuvo a menos de 50 km del área de influencia del proyecto (Figura 5-11).

Once días antes se presentó otro sismo de magnitud 4,2, esta vez al Norte del área del proyecto Casa Eléctrica, a 78 kilómetros del municipio de Uribia, como muestra a la derecha en la Figura 5-11.

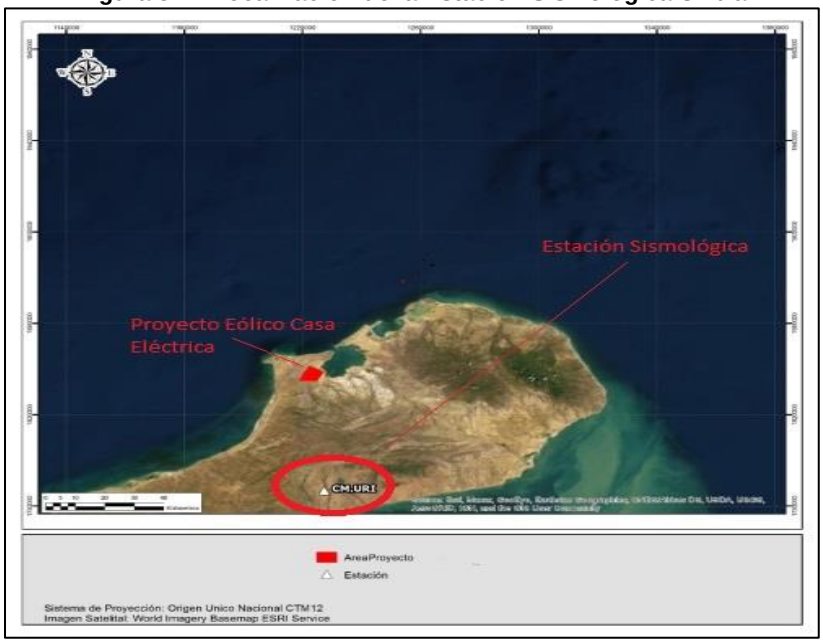
Figura 5-11 Eventos sísmicos recientes (ene y feb. 2021)



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2021.

La información fue tomada por la Estación Uribia (CM.URI) una de las Estaciones Red Sismológica Nacional de Colombia-Servicio Geológico Colombiano, al sur, muy cercana al área de estudio del proyecto eólico (Figura 5-12). Los datos de la Estación Sismológica URI son los siguientes: Red: CM, Sigla: URI, Nombre: Uribia, Guajira, Colombia, Latitud: 11.702, Longitud: -71.993, Localizador: 10, Elevación: 68, Dist. EPI: 99.

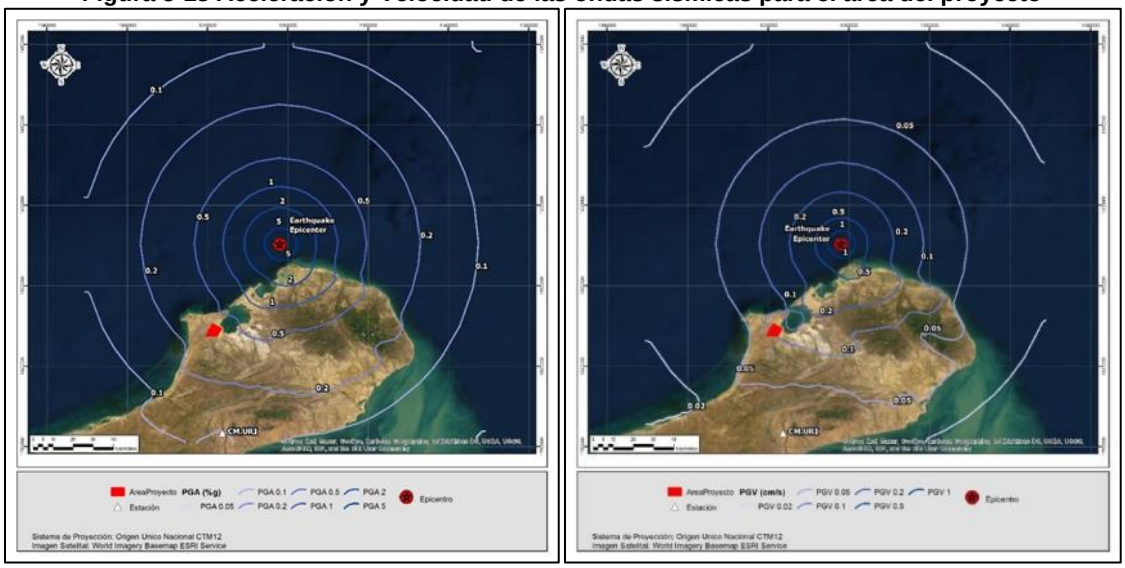
Figura 5-12 Localización de la Estación Sismológica Uribia



Fuente: Servicio Geológico de Colombia, modificado AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

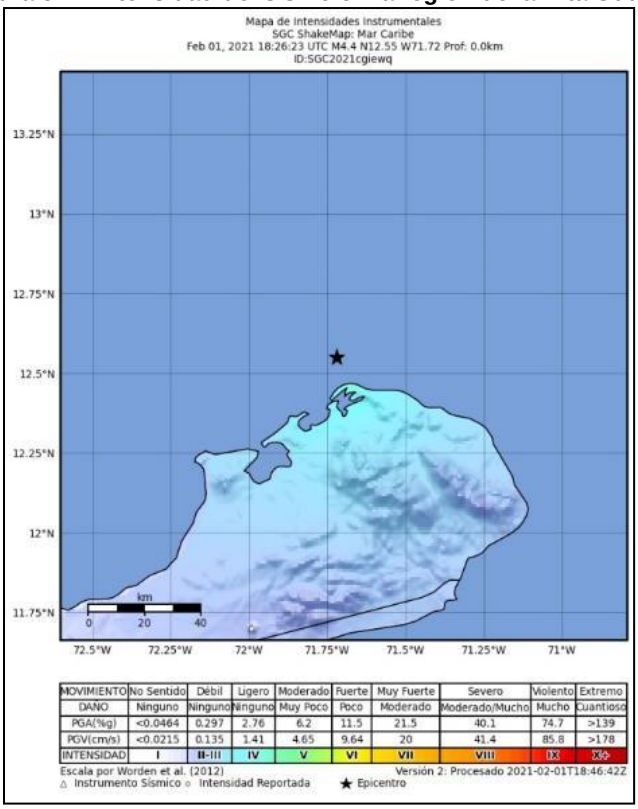
En la Figura 5-13 se observan las características del sismo, así como la aceleración y velocidad de las ondas e intensidad del evento. La intensidad se grafica en la Figura 5-14.

Figura 5-13 Aceleración y Velocidad de las ondas sísmicas para el área del proyecto



Fuente: Servicio Geológico de Colombia, modificado AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-14 Intensidad del sismo en la región de la Alta Guajira



Fuente: Servicio Geológico de Colombia, 2021.

5.1.1.4. Estratigrafía del Área de Estudio

La caracterización geológica del área de influencia contempló la realización de un trabajo de campo dentro de dicha zona, así como en los sitios estratégicos para la descripción de las características estratigráficas de las unidades geológicas que hacen parte del proyecto.

Una vez realizada la labor en el sitio, fue posible establecer que la totalidad del área de influencia del presente proyecto se encuentra sobre de las rocas sedimentarias de la Formación Uitpa (E2n2-Sm) y los Depósitos coluvio-aluviales (Q-ca) que cubren parcialmente la anterior. Esta información registrada en campo fue corroborada con una fotointerpretación de imágenes satelitales disponibles en varias plataformas, así como la imagen satelital del presente proyecto.

De acuerdo con el modelo de almacenamiento de información cartográfica de ANLA (Resolución 2182 de 2016), a continuación, se presentan las características en la tabla del tiempo geológico de la Formación Uitpa y los Depósitos coluvio-aluviales dentro de la zona de estudio, así como el área ocupada por ellos (Tabla 5-1).

Tabla 5-1 Porcentaje de área ocupada Unidades Geológicas en el área de influencia

Eón	Era	Periodo	Época	Nombre	Nomenclatura	Al (Ha)	Al (%)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Relleno antrópico	Q-at	86,0	2,2
				Depósitos y llanuras aluviales	Q-al	565,2	14,2
				Depósitos coluvio-aluviales	Q-ca	2589,2	64,8
		Paleógeno	Oligoceno	Formación Uitpa	E2n2-Sm	754,2	18,9
Total						**3994,6**	**100**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Con base en la información bibliográfica y los datos recolectados en campo, a continuación, se describen las unidades lito-estratigráficas que afloran en el área de influencia del proyecto, la nomenclatura utilizada es según Gómez, J., et al. (2019)[30] y los colores de las unidades geológicas según el Mapa Geológico de Colombia del Servicio Geológico Colombiano, 2019, (Tabla 5-2).

Tabla 5-2 Colores usados para las Unidades Geológicas

Unidad Crono estratigráfica
Q-at
Q–al
Q–ca
E2n2–Sm

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

[30] Gómez, J., et al., Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:2.000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2019.

5.1.1.4.1. Formación Uitpa (E2n2-Sm)

Es la única formación consolidada aflorante en el área de estudio, ya que las demás unidades corresponden a depósitos aluviales de uno u otro tipo. Tal y como se mencionó anteriormente, se localizan buenos afloramientos hacia la parte occidental del área, sobre el Arroyo Urayansein. En términos generales, la Formación Uitpa en esta área se encuentra compuesta por arenitas calcáreas de grano fino intercaladas con limolitas y lodolitas, altamente diaclasadas, (Foto 5-2).

Los afloramientos de esta formación en el área de estudio tienen un espesor máximo de 1, 5 metros, generalmente a lo largo de los cauces de los arroyos con mayor disección en el terreno, como los arroyos Surimana y Kasia. (Foto 5-1).

Foto 5-1 Afloramiento de las arenitas calcáreas de la Fm. Uitpa en el Arroyo Surimana



Orientación NW-SE. Este: 5103841.5 m - Norte 2903168.1 m. 42,8 msnm. 6/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Estos cursos disectan los antiguos pedimentos de los depósitos de abanico (Q-ca), exponiendo la formación Uitpa con sus capas limo arenosas de tamaño de grano fino a muy fino con composición calcárea altamente diaclasada (Foto 5-2) y con presencia de icnofósiles (Foto 5-2).

Foto 5-2 Sistemas de diaclasas en las arenitas limosas de la Fm. Uitpa



(izq.) Este: 5103841.5 m – Norte: 2903168.1 m; Icnofósiles (der.) Este: 5103892.2 m - Norte 2903089.4 m 6/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Igualmente sucede en la parte más oriental del área, exponiendo las capas arcillosas altamente meteorizadas y con presencia de yeso cortando la estratificación en varias direcciones, formando enrejados en suelo residual y en otros casos, capas de limolitas altamente diaclasadas a manera de relictos circundados por pedimentos (Foto 5-3). La unidad es cartografiable a escala 1:25.000 en las zonas donde predomina la alta disección del drenaje superficial que la expone, expresada en cárcavas y zanjas con disección profunda. Corresponde al 18,9% del área de influencia y su exposición predomina al nororiente y oriente de ella.

Foto 5-3 Yeso cortando la estratificación en suelo residual de la Formación Uitpa



(izq.) Este: 5106822.5 m – Norte: 2904945.0 m, 30.2 msnm, y Relicto de la Formación rodeado de Depósitos de Abanico (der) Este: 5107183.5 m – Norte: 2905108.9, 22.1 msnm. 2/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Foto 5-4 se observa el contacto con los depósitos de abanico que se describen en el siguiente numeral. La descripción de los perfiles de meteorización dentro del área de estudio se realizó teniendo en cuenta la metodología del Servicio Geológico Colombiano

(2004), dependiendo de si corresponde a roca inalterada o a suelo residual. Dichos perfiles de meteorización fueron observados donde procesos erosivos como las cárcavas lo permitieron, observándose el material desde débilmente, hasta fuertemente meteorizado, siempre asociado con la Formación Uitpa (Foto 5-4).

Foto 5-4 Lodolita y Limolitas de la Fm. Uitpa con yeso en contacto superior con los Depósitos de Abanico.



Este: 5107183.5 m – Norte: 2905108.9. 22.1 msnm. 2/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.1.4.2. Abanicos Aluviales y Depósitos Coluviales (Q-ca)

Esta es la unidad cuaternaria más extensa en el área de influencia, pues los depósitos de abanico aluvial y coluvial suprayacen las rocas y suelos residuales de la Formación Uitpa. Igualmente, se encuentran infrayaciendo depósitos aluviales de llanura de inundación en algunos sectores alrededor de los arroyos más importantes, como el Orochón.

Se componen de fragmentos de roca y bloques sueltos de formas irregulares, muy angulares, con un bajo porcentaje de matriz, poco o nada consolidados, con sorteamiento incipiente. Los depósitos de abanico aluvial y coluvial se extienden en zonas ligeramente planas (1-3% inclinación) y alturas mayores a los 35 msnm del área de estudio. Estos depósitos están constituidos por pedimentos provenientes de la Serranía Carpintero, como conos asociados a corrientes fluviales, con más del 80% de fragmentos de rocas metamórficas tipo cuarcitas y cuarzo lechoso (Foto 5-6).

Foto 5-5 Perfil de los depósitos de abanico en el puente del Arroyo Jichipa



Foto 5-6 Fragmentos de cuarzo lechoso y rocas metamórficas sobre suelo residual de la Fm Uitpa



Este: 5106822.5 m – Norte: 2904945.0 m, 30.2 msnm. 2/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Algunas veces se evidencia el aporte o retrabajamiento aluvial (Foto 5-7 y Foto 5-8).

Foto 5-7 Secuencia de los depósitos de abanico aluvial



Este: 5104773.0 m – Norte: 2901462.8 m. 20.2 msnm. 6/11/2020.

Foto 5-8. Secuencia del abanico sobre el cauce del Arroyo Orochón



Este: 5104691.3 m - Norte: 2903797.3 m. 38.8 msnm. 4/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la parte más distal, corresponden a lodolitas conglomeráticas de color rojizo con guijarros de cuarzo lechoso poco redondeados (Foto 5-9 y Foto 5-10). La unidad es cartografiable a escala 1:25.000. Corresponde al 65,3% del área de influencia y su exposición predomina al sur y suroccidente.

Localmente no se evidenciaron rasgos estructurales, pero se vio que las rocas aflorantes de la Formación Uitpa se encuentran ligeramente plegadas, con buzamientos menores a 10º, y están altamente diaclasadas.

Foto 5-9 Afloramiento de la parte más distal del antiguo abanico aluvial



Este: 5107097.7 m – Norte: 2901685.4 m. 8.6 msnm.4/11/2020.

Foto 5-10 Muestra de la parte más distal del antiguo abanico aluvial



Este: 5107097.7 m – Norte: 2901685.4 m. 8.6 msnm. 4/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.1.4.3. Depósitos de llanura aluvial (Q-al)

Esta unidad corresponde a los depósitos aluviales y de llanura de inundación en sistema de par asociados a la sedimentación de los arroyos principales del área de influencia, como los arroyos Kasia, Surimana, Orochón y Jichipa. Corresponde a depósitos no consolidados de origen aluvial que en algunos lugares se encuentran mezclados con material de origen eólico, por disgregación de la capa superior del suelo actual o de las unidades geológicas sobre las que discurren las corrientes. Lo anterior se deduce a partir de que los sedimentos conservan local y parcialmente las características de las unidades de donde se derivan.

Los depósitos de llanuras aluviales están constituidos por gravas, arenas y arcillas en proporciones muy variables de acuerdo con la distancia a la fuente de transporte (ver Foto 5-11, Foto 5-14 y Foto 5-17), cubriendo áreas extensas en las zonas planas y bajas topográficamente.

De acuerdo con la fotointerpretación, análisis e interpretación de imágenes satelitales y la verificación en campo, se evidencia que los cauces modifican su curso rápidamente y en proporciones significativas, por lo que estos depósitos se encuentran diseminados en proporción variable por toda la zona de estudio.

No es frecuente el desarrollo de gradación en el tamaño de grano de los sedimentos dado que la mayoría de estos son de tamaño menor a arena muy fina (Foto 5-11). No obstante,

las corrientes, dependiendo de la cantidad de energía que tengan, desarrollan ondulitas longitudinales sobre los sedimentos de fondo (Foto 5-18) y puntuales depósitos de desborde de canal los cuales son cartografiados como pertenecientes a los depósitos de cauce actual. (Foto 5-12, Foto 5-15, Foto 5-16 y Foto 5-17).

Foto 5-11 Depósitos de la llanura de inundación del Arroyo Kasia



Este: 5107310.5 m - Norte: 2904465.0 m. 8.0 msnm. 3/11/2020

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

La unidad es cartografiable a escala 1:25.000. Corresponde al 14,2% del área de influencia y su exposición corresponde a los valles aluviales de los arroyos Kasia, Surimana, Jichipa y Orochón.

Foto 5-12 Depósito aluvial (Q-al) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero



Orientación S-N. Puente A. Jichipa.
Este: 5101453.36 m – Norte: 2900795.21 m.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Foto 5-13 Depósitos de Llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Orochón



Este: 5107053.4 m – Norte: 2901686.1 m. 10.2 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-14 Perfil del depósito (Q-al) de la llanura de inundación del Arroyo Orochón



Este: 5107053.4 m – Norte: 2901686.1 m. 10.2 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-15 Cauce rectilíneo del Arroyo Orochón.



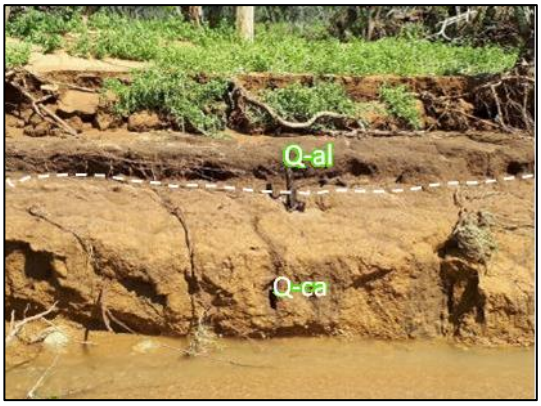
Orientación N-S. Este: 5107097.7 m – Norte: 2901685.4 m. 8.6 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-16 Depósito de cauce del Arroyo Orochón



Este: 5108458.0 m – Norte: 2902137.3 m. 14.4 msnm. 5/11/2020.

Foto 5-17 Perfil del contacto del depósito de llanura de inundación (Q-al) sobre el antiguo depósito de abanico (Q-ca). Arroyo Orochón



Orientación W-E. Este: 5108458.0 m – Norte: 2902137.3 m. 14.4 msnm. 5/11/2020.

Foto 5-18 Ondulitas longitudinales en el lecho del Arroyo Orochón



Orientación W-E. Este: 5108458.0 m – Norte: 2902137.3 m. 14.4 msnm. 5/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.1.4.4. Relleno Antrópico (Q-at)

En este documento se denomina terraplén al relleno realizado para levantar el nivel del terreno y obtener un plano de apoyo adecuado para la construcción de una obra longitudinal, como es la línea férrea de El Cerrejón.

Se trata de material transportado y compactado para la instalación de la estructura. Se la consideró una geoforma de origen antrópico con el objetivo de realizar la mencionada obra de ingeniería que modificó la morfología natural del terreno. En la Foto 5-19 y Foto 5-20 se muestra la obra del terraplén afectada por socavación durante las fuertes lluvias desencadenadas por la proximidad del Huracán Iota durante los trabajos de campo. La unidad es cartografiable a escala 1:25.000, corresponde al 1,64% del área de influencia y su exposición corresponde a la vía férrea y vehicular no pavimentada que comunica el casco urbano de Uribia con el Cabo de la Vela.

Foto 5-19 Relleno antrópico que conforma el terraplén de la vía principal



Este: 5103029.7 m – Norte: 2900822.5 m. 27.2 msnm. 4/11/2020

Foto 5-20 Material heterogéneo compuesto de arenas, gravas y limos

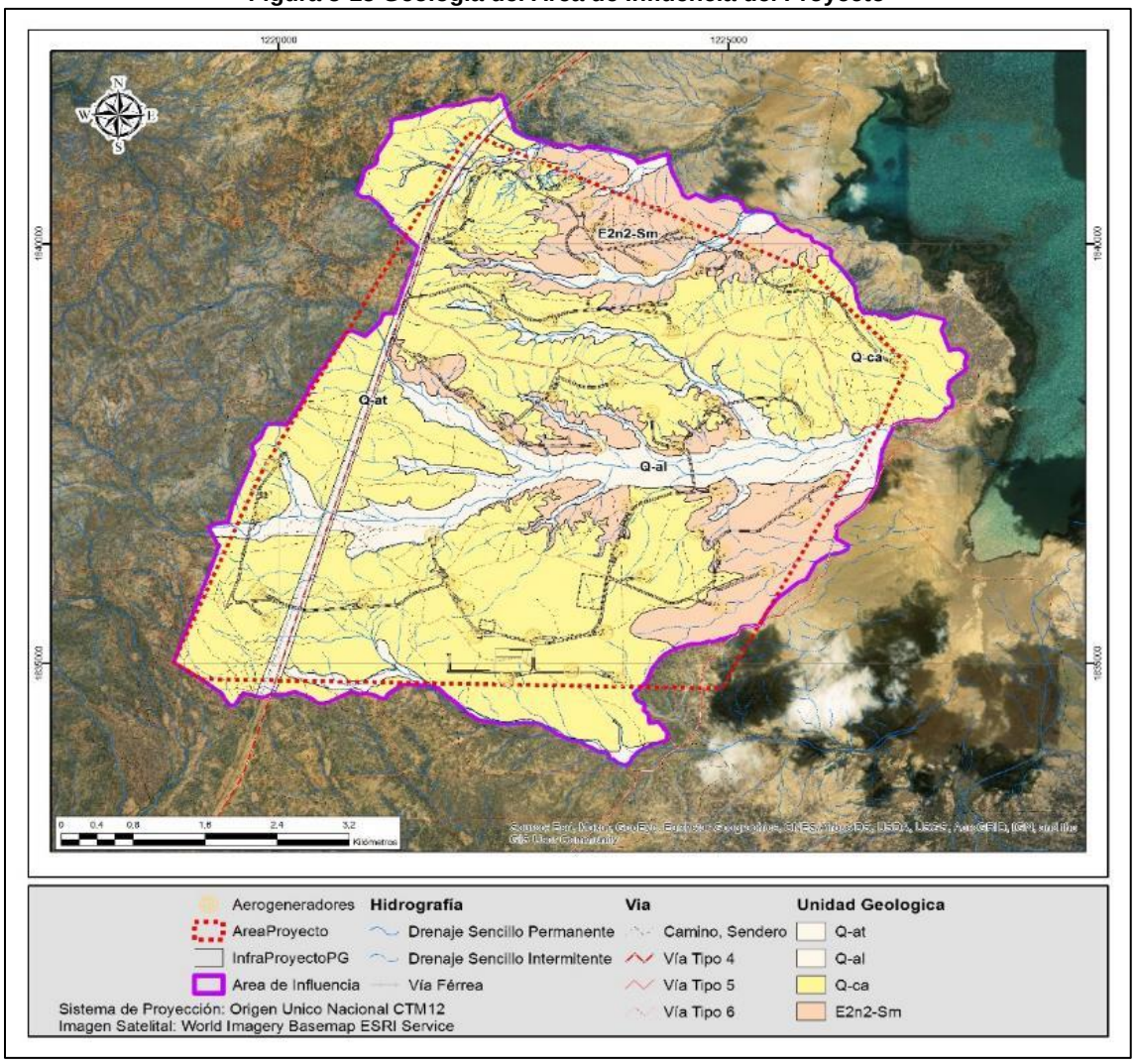


Este: 5103029.7 m – Norte: 2900822.5 m. 27.2 msnm. 4/11/2020

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

En la Figura 5-15 y en el Mapa 3. Geológico (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se presentan las unidades geológicas para el área de influencia del proyecto.

Figura 5-15 Geología del Área de Influencia del Proyecto



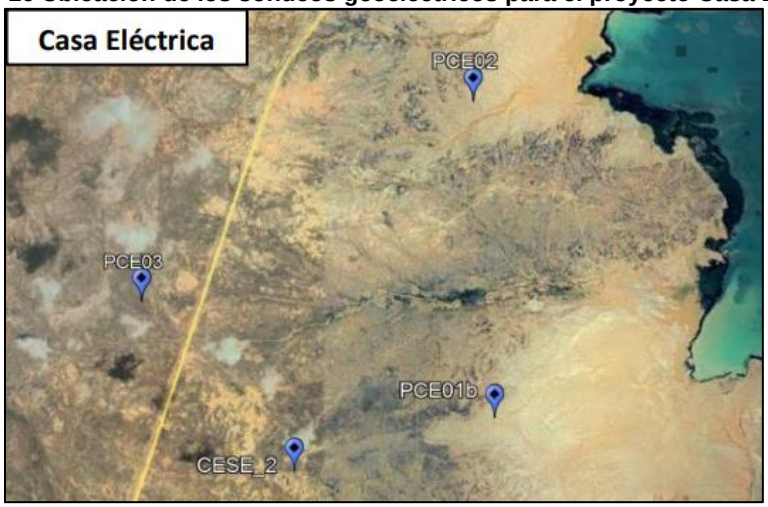
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

5.1.1.5. Prospección Geoeléctrica

Durante el año 2019 se realizaron en el área de estudio, expresamente para el proyecto eólico Casa Eléctrica cuatro sondeos geoeléctricos verticales PCE-01b, PCE-02, PCE-03 y CESE-2 que permitieron visualizar la estratigrafía detallada en los sitios de prospección que muestra la Figura 5-16. El informe completo se encuentra en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/A-Geofisico/3-Estudio geoelectrico).

Los cuatro se realizaron con una apertura de 100 metros, que corresponde a la profundidad de investigación como puede verse en los correspondientes gráficos.

Figura 5-16 Ubicación de los sondeos geoeléctricos para el proyecto Casa Eléctrica



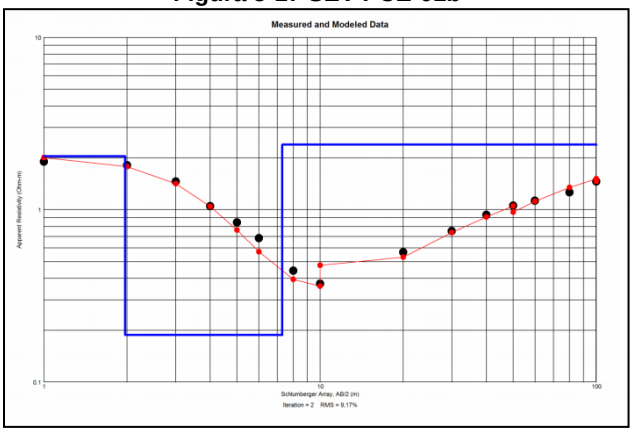
Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

A continuación, se describen los resultados obtenidos mediante los cuatro sondeos.

5.1.1.5.1. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-01b

La Figura 5-17 muestra la curva resultante para el primer sondeo, con un delgado nivel de suelo y dos capas claramente individualizadas.

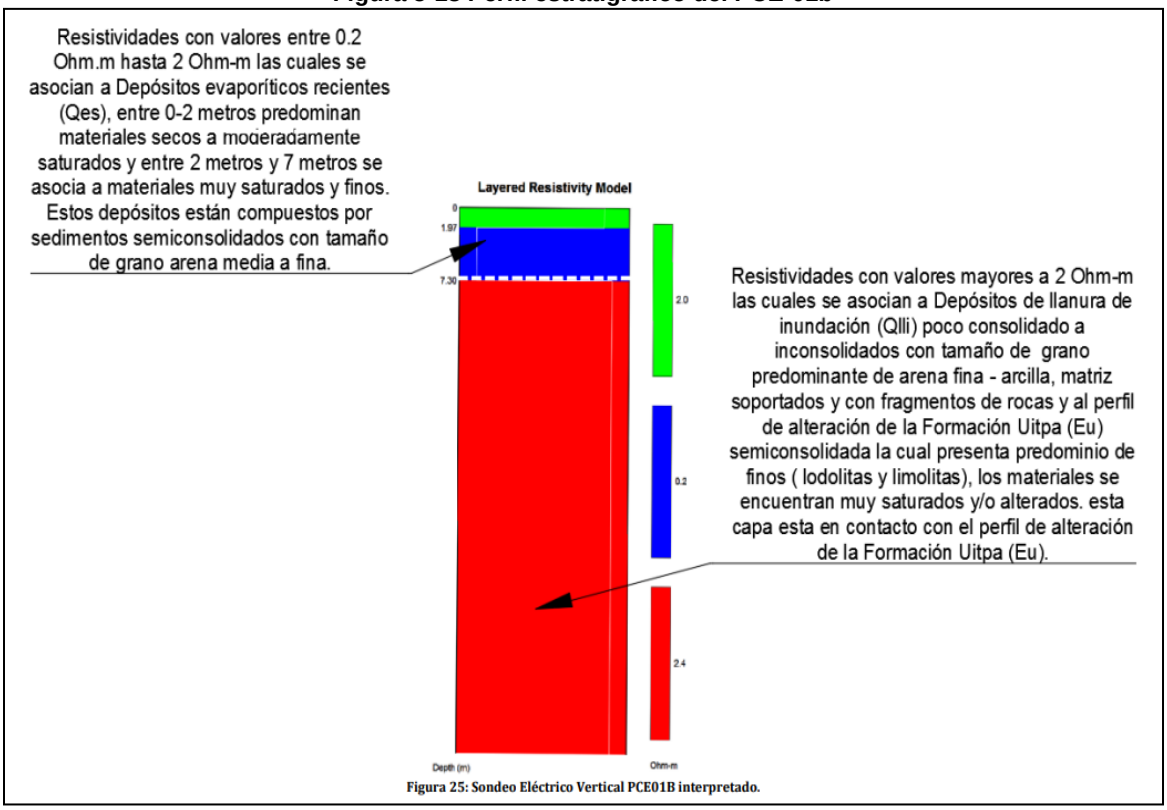
Figura 5-17 SEV PCE-01b



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

La interpretación alcanza cerca de los 100 metros de profundidad dando como resultado el perfil estratigráfico que muestra la Figura 5-18.

Figura 5-18 Perfil estratigráfico del PCE-01b



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

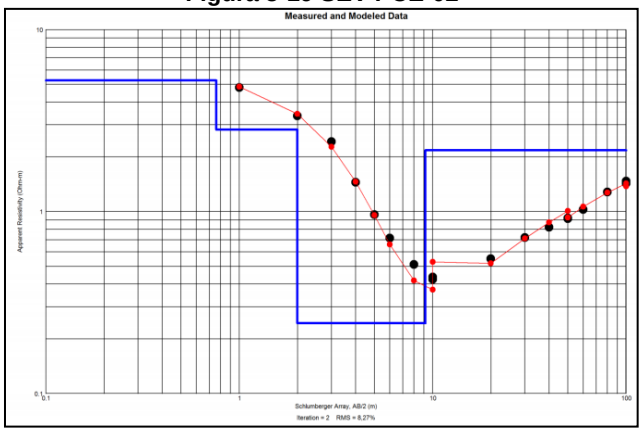
Este perfil muestra el predominio de los Depósitos de Llanura de Inundación con fragmentos alterados de la formación Uitpa, parcialmente cubiertos por 7 metros de evaporitas.

5.1.1.5.2. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-02

Ubicado al noreste del área de estudio, toca también en la superficie al nivel evaporítico.

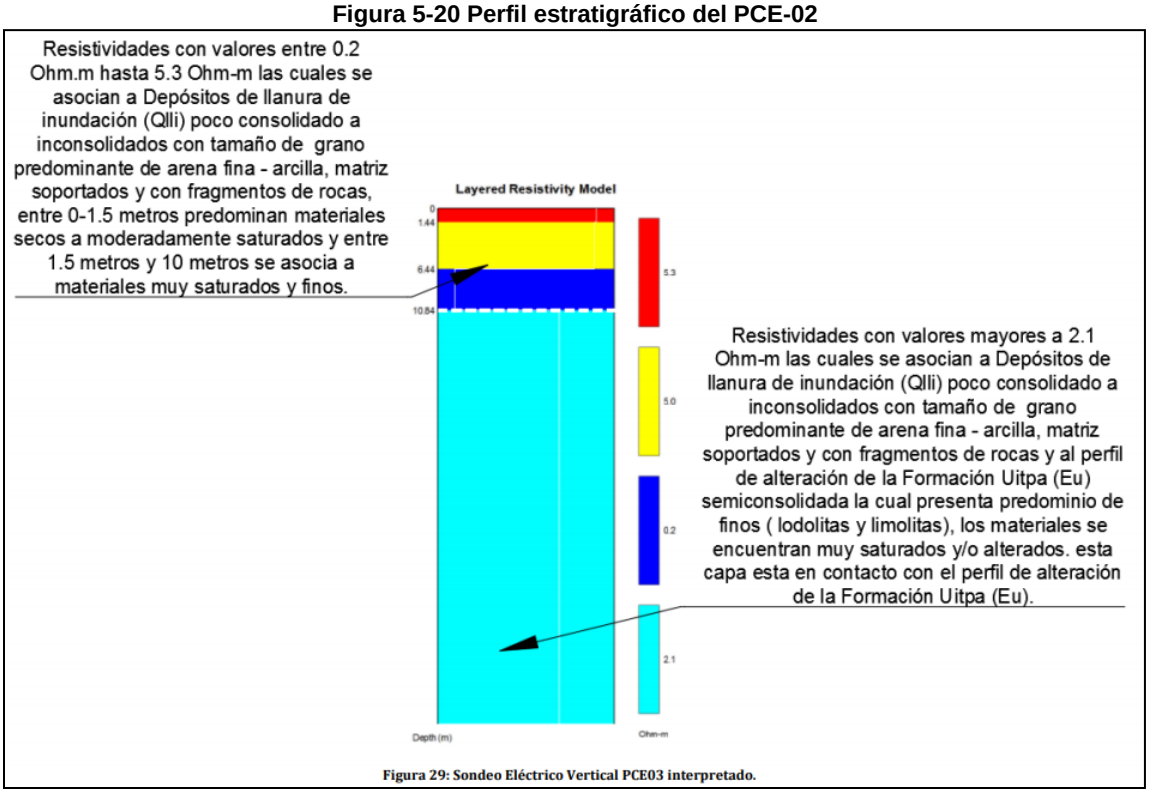
Su curva se muestra en la Figura 5-19 y la correspondiente interpretación se lee en la Figura 5-20, donde es evidente que en la parte nororiental del área de estudio existe la separación de los sedimentos de llanura de inundación en dos segmentos de diferente grado de saturación: material seco el superior hasta los 10 metros de profundidad y muy húmedo el nivel inferior.

Figura 5-19 SEV PCE-02



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

Figura 5-20 Perfil estratigráfico del PCE-02

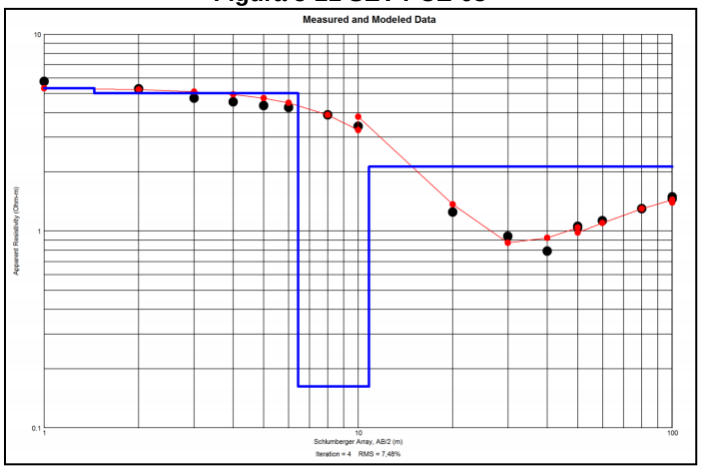


Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

5.1.1.5.3. Sondeo Eléctrico Vertical PCE-03

Localizado al occidente de la línea férrea y la vía el PCE-03 produjo la curva de resistividad que se presenta en la Figura 5-21.

Figura 5-21 SEV PCE-03



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

La interpretación dada por la geofísica se muestra en la Figura 5-22, que vuelve a dar un perfil estratigráfico de llanura de inundación, esta vez en las cabeceras del arroyo Orochón, con una capa seca a moderadamente saturada en la parte superior, y otro nivel del mismo origen fluvial que le subyace, presentando alta saturación.

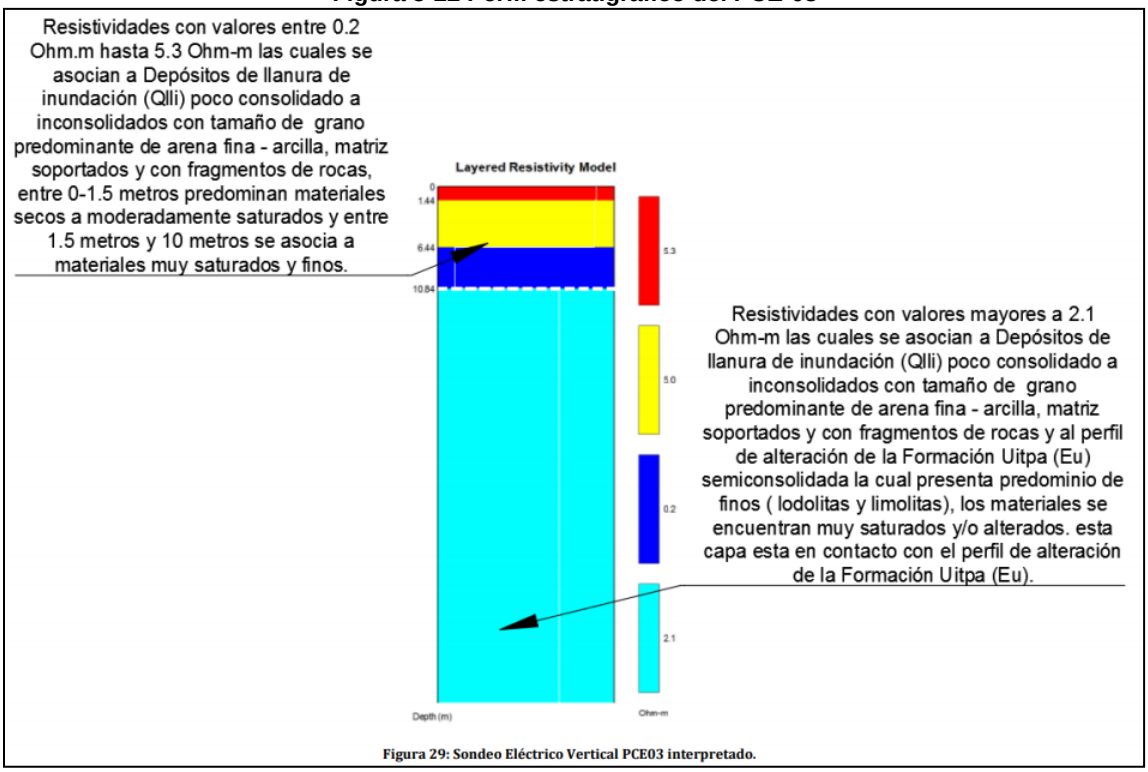
Este último está constituido por material muy alterado por la misma circunstancia del agua que alberga en sus poros. En la Foto 5-21 se muestra una panorámica de los trabajos de prospección en uno de los puntos de los sondeos eléctricos verticales.

Foto 5-21 Trabajos de prospección Geoeléctrica para el proyecto eólico Casa Eléctrica



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

Figura 5-22 Perfil estratigráfico del PCE-03

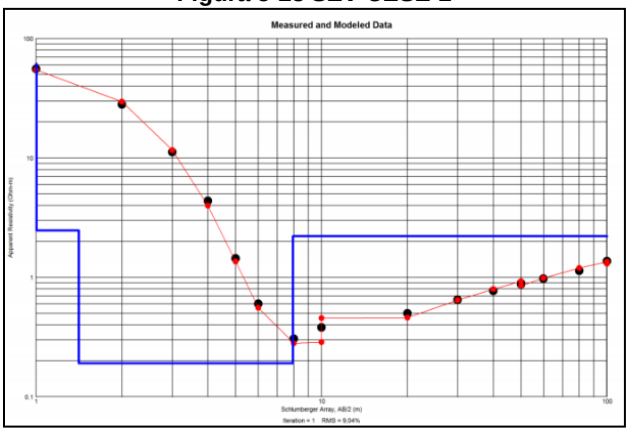


Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

5.1.1.5.4. Sondeo eléctrico vertical CESE-2

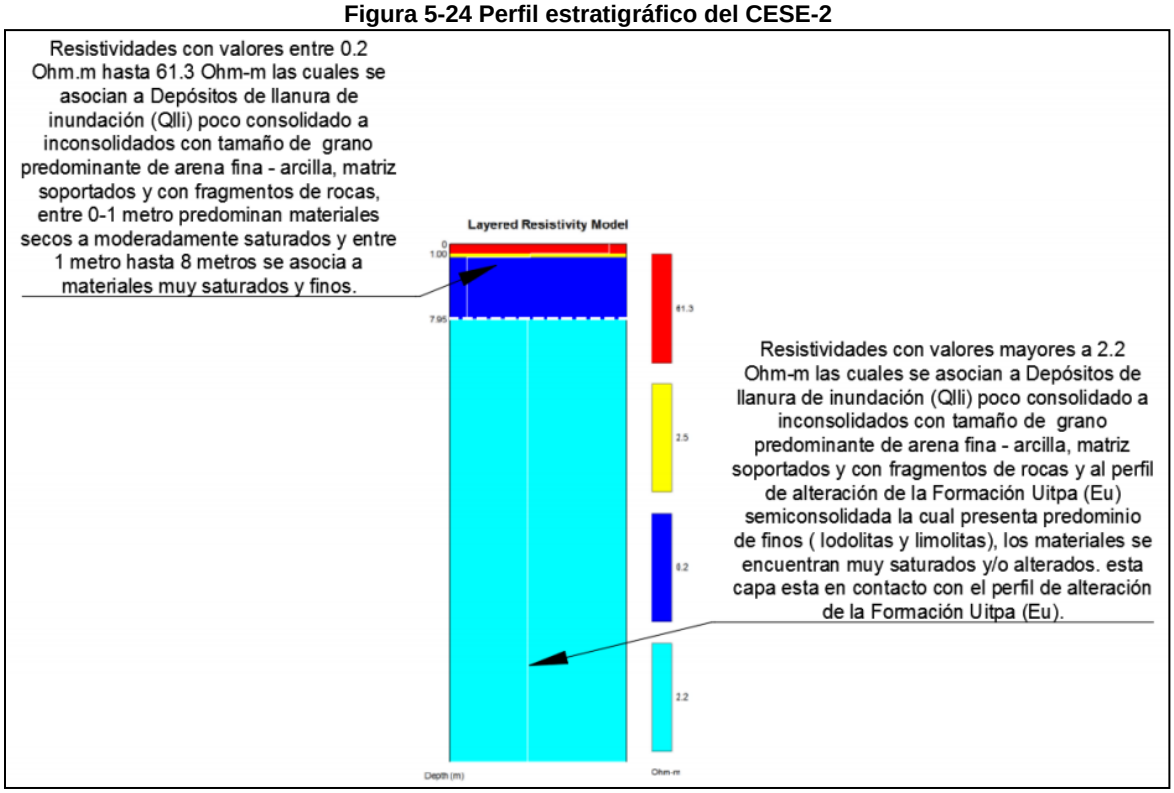
El último sondeo geoeléctrico se ubicó al suroeste del área de Casa Eléctrica y la gráfica resultante fue la que muestra la Figura 5-23. La interpretación muestra una estratigrafía similar al SEV anterior, pero bajo la delgada capa de cobertura de suelo de 1 metro de espesor, existe un nivel muy saturado entre 1 y 8 metros de profundidad (Figura 5-24). El depósito de Llanura de Inundación que viene a partir de los 8 metros también está con elevada saturación de agua.

Figura 5-23 *SEV CESE-2*



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

Figura 5-24 Perfil estratigráfico del CESE-2



Fuente: Ulloa & Diez Ltda., C.I.C Consultores de Ingeniería y Cimentaciones, 2019.

5.1.1.5.5. Conclusiones de la Prospección Geofísica

Los sitios donde se realizaron los sondeos mediante el método geoeléctrico en el parque eólico Casa Eléctrica, coincidentemente correspondieron con sectores bajos donde la unidad geomorfológica es la Llanura de Inundación. Lamentablemente no se ubicó ningunos de ellos sobre la Planicie que es donde se encuentra la mayoría de los

aerogeneradores proyectados en este parque eólico y que se supone es una unidad bien drenada y más estable que la que compone los cauces de los arroyos.

No obstante, lo anterior, lo que es visible y útil a partir de esta investigación es que los depósitos derivados de la dinámica fluvial son de espesores muy importantes, ya que la profundidad de investigación en los cuatro casos estuvo cercana a los 100 metros.

Otra conclusión es que, aunque la primera decena de metros está seca a moderadamente húmeda, a partir de los 8 o 10 metros de profundidad la roca se encuentra alterada y casi completamente saturada, lo que puede tener implicaciones y medidas para la cimentación de la infraestructura.

5.1.2. Geomorfología

5.1.2.1. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo con la jerarquización geomorfológica del Servicio Geológico Colombiano el área geográfica enmarcada dentro del área de Influencia del proyecto se localiza en la parte suroccidental de la Provincia Geomorfológica de la Alta Guajira. En ella, se fotointerpretaron unidades geomorfológicas correspondientes a los ambientes aluviales como llanuras aluviales y geoformas denudacionales como el glacis.

Para la generación de las unidades geomorfológicas se emplearon los insumos básicos establecidos dentro del proceso metodológico, complementados por la integración de capas temáticas dentro de la plataforma ArcGIS®, imágenes satelitales de Google Earth y Google Maps, donde posteriormente se llevó a cabo la verificación respectiva en las áreas donde se dieron las condiciones de acceso, seguridad y orden público favorables.

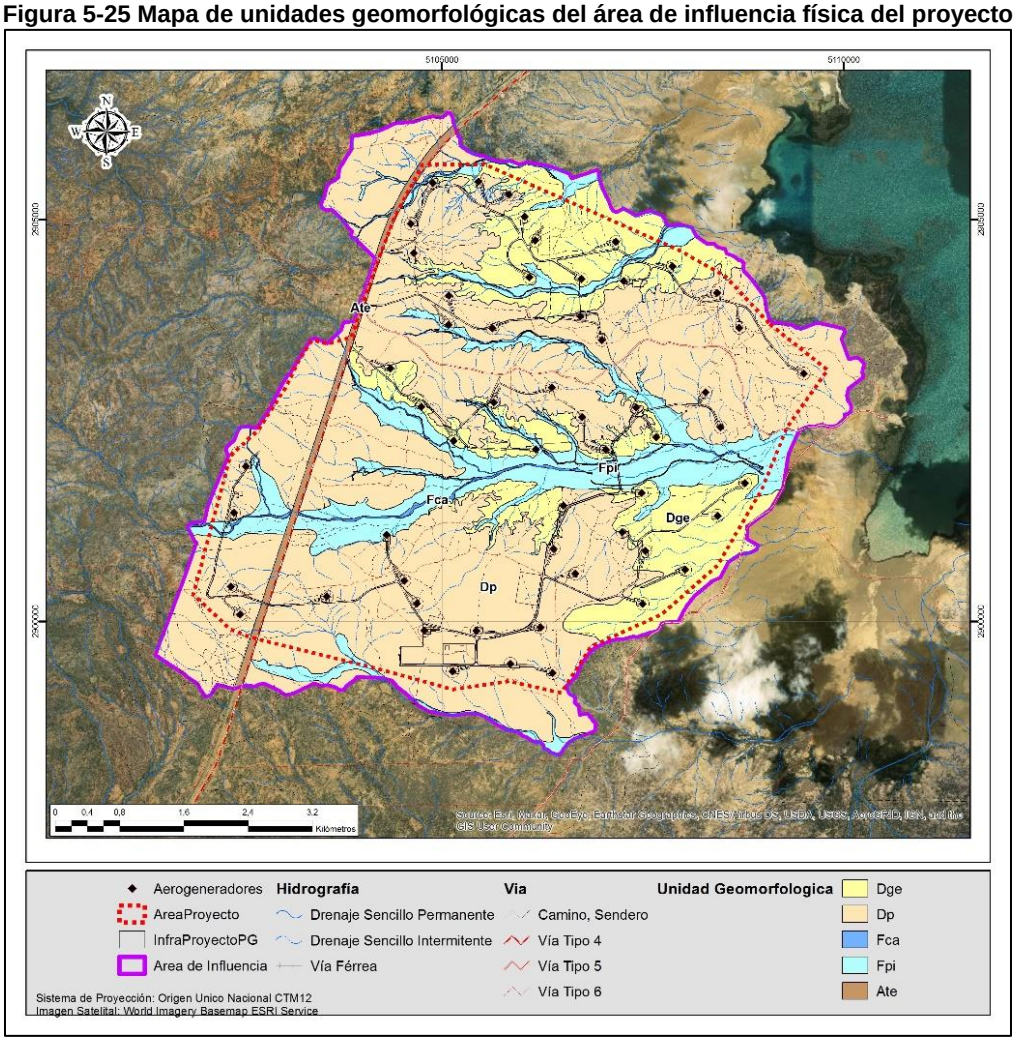
La Tabla 5-3 muestra la jerarquización geomorfológica definida para esta zona, de acuerdo con la metodología del SGC. Según la escala del proyecto (1:10.000) se adopta como sistema de trabajo la subunidad geomorfológica. En esta Tabla se presentan además los códigos de los dominios estipulados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Dichos códigos se presentan dentro de paréntesis enseguida de cada dominio. En la Figura 5-25 y el Mapa 4. Unidades geomorfológicas (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se presentan las unidades geomorfológicas de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano.

Tabla 5-3 Jerarquización geomorfológica de acuerdo con SGC para la ventana cartográfica

Geomorfología Estructural	Provincia	Región	Unidad	Subunidad	Componente	Nombre unidad Geomorfológica	Nomenclatura
Megacuenca de sedimentación	Serranías de la Alta y baja Guajira	Ambiente Antropogénico	Pedimentos de acumulación	Terraplén	-	Terraplén	Ate
		Ambiente Denudacional		Glacis de erosión	-	Glacis de erosión	Dge
				Planicie	-	Planicie	Dp
		Ambiente Fluvial		Plano o llanura de inundación	-	Plano o llanura de inundación	Fpi
				Cauce aluvial	-	Cauce aluvial	Fca

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Figura 5-25 Mapa de unidades geomorfológicas del área de influencia física del proyecto



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL, 2020.

En términos generales, la categorización geomorfológica definida para el área de influencia del presente proyecto, a partir de la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC) determina cuatro (4) unidades geomorfológicas: Terraplén, Glacis de erosión, Planicie y Plano o llanura de inundación.

Estas unidades fueron originadas a partir de ambientes denudativos y fluviales. La delimitación de estas unidades geomorfológicas fue realizada a partir de la imagen satelital del proyecto, con un respectivo control de campo.

El área ocupada por las diferentes unidades geomorfológicas presentes dentro del área de estudio se muestra en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Área ocupada por cada unidad geomorfológica dentro de la zona de estudio

Unidad Geomorfológica	Símbolo	AIII	
		ha	%
Terraplén	Ate	65,5083	1,64 %
Glacis de erosión	Dge	754,5229	18,89 %
Planicie	Dp	2607,0531	65,26 %
Plano o llanura de inundación	Fpi	532,1258	13,32 %
Cauce aluvial	Fca	35,3567	0,89 %
Total		**3994,5669**	100,00%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL, 2020.

5.1.2.2. Morfogénesis

La morfogénesis es el conjunto de todos los procesos exógenos y endógenos que conducen al modelado de las geoformas del terreno. Esto involucra todas las actividades naturales y antrópicas que pueden afectar las formas de la superficie terrestre.

Implica la definición del origen y evolución de las formas del terreno, en este sentido el origen de una geoforma depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempo geológico. El ambiente morfogenético de las unidades geomorfológicas está determinado por los procesos geodinámicos que intervienen en su formación; estos se clasifican en procesos endógenos, los cuales son adjudicados a las fuerzas naturales que tienen su origen en el interior de la corteza terrestre y procesos exógenos, asignados a las fuerzas morfogenéticas que tienen su origen en/o sobre la superficie terrestre.

Unido a los procesos que intervienen en la génesis de las unidades geomorfológicas, el ambiente morfogenético define los factores que intervienen en la modelación de las diferentes geoformas que presenta la superficie. Estos se clasifican en ambientes estructurales, agradacionales o fluviales, antropogénicos y denudacionales.

Las unidades geomorfológicas presentes en el área del proyecto eólico Casa Eléctrica son de origen denudativo y fluvial (agradacional). La distribución de la morfogénesis dentro del área de estudio se presenta a continuación.

5.1.2.2.1. 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, como es el caso, las 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, en otros climas, las condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con 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.[31]

En el área geográfica del área de influencia del proyecto se presenta la unidad Planicie, cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen aluvial y pluvial.

A continuación, se describe cada una de las unidades geomorfológicas que integran el Ambiente Denudacional para el área de influencia.

- ✓ Planicie (Dp)

Las planicies son porciones del terreno extensas, planas, no confinadas, de posición baja y pendiente mínima (menor a 3%). Se destacan por presentar sistemas fluviales complejos, donde son frecuentes las difluencias de las corrientes y las inundaciones en temporada de lluvias. Esta unidad es la más extendida en el área del proyecto, correspondiendo al 65,26%. Se desarrolla sobre materiales con fragmentos rocosos (cuarcitas y cuarzo lechoso) y sedimentos aluviales (gravas y arenas). En la Foto 5-22 y Foto 5-23 se presentan algunas imágenes para ilustrar la morfología de dicha unidad.

[31] Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1:100.000, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2013.

Foto 5-22 Vista panorámica de la Planicie (Dp) en la ranchería Kasuchi



Este: 5104405.0 m – Norte: 2904754.5 m. 35.3 msnm. 1/11/2020

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL, 2020.

Foto 5-23 Panorámica de la Planicie (Dp)



Orientación S-N. Este: 5106822.5 – Norte: 2904945.0 m. 30.2 msnm. 2/11/2020

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL, 2020.

- ✓ Glacis de erosión (Dge)

El glacis de erosión es una superficie de erosión larga a muy larga, cóncava y suavemente inclinada, esculpida en las unidades blandas de la zona como arcillas y suelos residuales, por procesos de escorrentía superficial en las condiciones climáticas áridas a semiáridas de la Alta Guajira. Se caracteriza por un fuerte carcavamiento. Esta es la segunda unidad más extendida dentro del área de influencia, correspondiendo al 18,89% de la extensión total. En las Foto 5-24, Foto 5-25 y Foto 5-26 se presentan algunas imágenes para ilustrar la morfología de dicha unidad. En temporada de lluvias las mencionadas cárcavas evolucionan a drenajes intermitentes disectando las unidades geológicas.

Foto 5-24 Glacis de erosión (Dge) en la zona del aerogenerador CAS-43



Orientación NE-SW. Este: 5107564.9 m – Norte: 2901235.2 m. 11.8 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-25 Glacis de erosión (Dge), al fondo Bahía Portete



Orientación NE-SW. Este: 5107564.9 m – Norte: 2901235.2 m. 11.8 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-26 Glacis de erosión (Dge)



Orientación SW-NE. Este: 5107412.2 m - Norte: 2904410.1 m. 12.7 msnm. 3/11/2020.

Foto 5-27 Panorámica Glacis de Erosión (Dge) en suelo residual de la Formación Uitpa (Eu), desarrollo de drenaje intermitente en temporada de lluvias



Orientación N10ºW. Este: 5106822.5 m – Norte: 2904945.0 m. 30.2 msnm. 2/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL, 2020.

5.1.2.2.2. Ambiente Fluvial

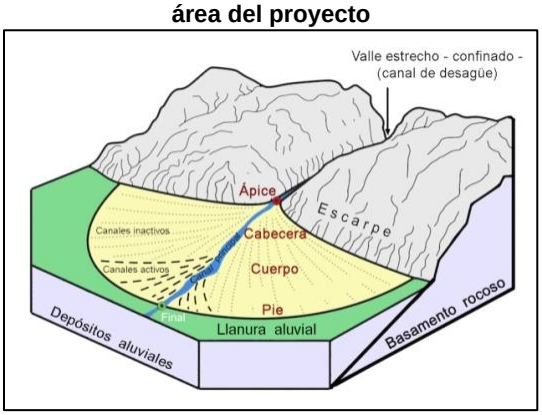
El ambiente fluvial está dominado por la acción de los cursos de agua y el transporte de sedimentos. Los arroyos de la zona transportan su carga tanto líquida como sólida a lo largo del sistema fluvial, generando procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del ambiente fluvial, entre ellos abanicos de piedemonte, vegas

aluviales de divagación y albardones (o diques aluviales). Igualmente, llanuras de inundación y conos torrenciales. En dichas geoformas, la composición de los sedimentos varía significativamente, aspectos que pueden analizarse para la reconstrucción de los ambientes (Walker, 1987).

Dentro de los subambientes más destacados en la zona de estudio se incluye el piedemonte con varios abanicos coalescentes con distintos grados de disección y edad. En la Figura 5-26 se observa un esquema que ilustra cómo se generaron los abanicos de la zona noroccidental del proyecto, a partir de un piedemonte ya erosionado, ubicado hacia el occidente. La disección observada en campo en esta unidad se asocia con los arroyos principales y en los sectores de disección avanzada, incluye los drenajes superficiales menores, lo que es un fuerte indicio de su actual inactividad y antigüedad. No se observan orillares ni otras evidencias de migración reciente de los cursos hídricos, puesto que, como abanicos antiguos, en Casa Eléctrica solamente presentan superficies disectadas y suelos superficiales evolucionados.

Otras geoformas de origen fluvial son originadas por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichos cauces, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar geoformas aledañas a los arroyos y en el fondo de sus cauces, cuyos materiales fueron transportados y posteriormente acumulados al perder la capacidad de arrastre.

Figura 5-26 Esquema del ambiente de depósito de los abanicos aluviales del área del proyecto



Fuente: Esquema general de un abanico aluvial, Gabriel Castilla, 2010.

Para el área de influencia del proyecto Casa Eléctrica, cuyo terreno corresponde en gran porcentaje a un antiguo abanico aluvial, es posible identificar unidades tales como cauces aluviales y llanuras de inundación asociadas a los mismos, tales como los arroyos Kasia, Jichipa y Orochón.

A continuación, se describe cada una de las unidades geomorfológicas que integran este ambiente para el área de influencia.

- ✓ Cauces aluviales (Fca)

Son canales de forma irregular excavados por la disección de corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos o caudal, pueden persistir por distancias considerables. Dentro de los cauces más importantes en el área de estudio se destacan los ya mencionados arroyos Kasia, Jichipa y Orochón. Estos cauces se encuentran secos la mayor parte del año, pero en periodos de lluvia pueden volverse torrentosos y en algunos casos llegan a formar encharcamientos y rápidos. En la mayor parte del área de estudio en época de lluvias las vías se suelen convertir en arroyos caudalosos con socavación lateral, dificultando el tránsito de vehículos y población local. Efectivamente, en la comisión de campo, realizada en época invernal extrema debido a la influencia del huracán Iota sobre la península, se observaron daños importantes a las obras civiles de drenaje.

Dentro de los materiales que pueden ser identificados en el lecho de los cauces se observan sedimentos areno-limosos (Foto 5-28, Foto 5-29, Foto 5-30 y Foto 5-31), con una profundidad que varía entre unos pocos centímetros y no mayor a un (1) metro, como se evidenció en algunos casos. No obstante, los espesores de algunos de ellos son importantes, como se evidenció en la investigación geo eléctrica ya descrita.

Esta unidad corresponde al 0,89 % del área de influencia, Tabla 5-4.

Foto 5-28 Cauce aluvial del Arroyo Kasia cerca al aerogenerador CAS-06



Orientación S-N. Este: 5107310.5 m - Norte: 2904465.0 m. 8.0 msnm. 3/11/2020.

Foto 5-29 Cauce aluvial (Fca) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero



Este: 5101453.36 m – Norte: 2900795.21 m. Puente Arroyo Jichipa, 6/11/2020.

Foto 5-30 Cauce aluvial encañonado del Arroyo Orochón



Orientación NW-SE. Este: 5107125.0 m – Norte: 2901684.0 m. 10.3 msnm. 4/11/2020.

Foto 5-31 Cauce aluvial Arroyo Jichipa



Orientación NW-SE. Este: 5104773.0 m – Norte: 2901462.8 m. 20.2 msnm. 6/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Plano o llanura de inundación (Fpi)

Superficie de morfología plana, eventualmente inundable, generada por los arroyos Kasia, Surimana, Orochón, Jichipá, entre otros (Foto 5-32 y Foto 5-33). Su depósito está constituido por sedimentos arcillosos y arenosos, originados durante eventos de inundación, que luego del retiro de la lámina de agua muestran grietas de desecación (Foto 5-34). Es común que en temporada de lluvias se desarrollen procesos de licuación de los materiales inconsolidados. Esta unidad corresponde al 13,32% del área de influencia.

Foto 5-32 Panorámica de la llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Orochón



Este: 5107391.9 m – Norte: 2902113.4 m. 13.7 msnm, 5/11/2020.

Foto 5-33 Llanura de inundación del Arroyo Orochón



N-S. Este: 5108458.0 m – Norte: 2902137.3 m. 14.4 msnm. 5/11/2020.

Foto 5-34 Llanura de inundación (Fpi) del Arroyo Kasia



Orientación SW-NE. Este: 5105921.14 m – Norte: 2903931.19 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.2.2.3. Formas Antropogénicas

Se trata de geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno con el objetivo de realizar construcción de obras de ingeniería como la adecuación de nuevas vías, lo que modifica la morfología natural del terreno. En este caso, el Terraplén (Ate) de la vía férrea y de la carretera a Puerto Bolívar. Se trata de un plano construido con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos a la construcción de la vía

principal. Técnicamente son hechos de gravas, bloques y arena bien compactados, como se ve en las Foto 5-19 y Foto 5-20. Esta unidad corresponde al 1,64% del área de influencia.

5.1.2.3. Morfodinámica

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata de los procesos geodinámicos externos, tanto los antiguos como los que continúan modelando el relieve y son los responsables del estado actual del terreno[32].

Todos los elementos móviles determinados por fuerzas de cambio capaces de transportar y depositar los productos de la meteorización y la sedimentación, se conocen como agentes morfodinámicos, siendo los más importantes aquí la escorrentía, las corrientes hídricas superficiales y el viento. A estos factores de cambio se pueden agregar los animales y las comunidades.

Las propiedades morfográficas de las geoformas son resultado de la combinación de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña. Así las cosas, para dicho análisis y clasificación se hace uso de la generación y categorización de modelos digitales de elevación, para obtener los valores de los diferentes parámetros geomorfológicos descriptivos como: rugosidad del terreno, pendientes, contraste del terreno o índice relativo, inclinación del terreno, la longitud y forma de las laderas, el patrón, la densidad – frecuencia y textura del drenaje, y la composición litológica de las formas del terreno.

A continuación, se presenta una caracterización de la zona en función de los parámetros referidos.

5.1.2.3.1. Pendientes o Inclinación de las Laderas

El grado de inclinación del terreno es un factor que limita el desarrollo de actividades sobre el terreno; y es además un indicador para la determinación del análisis geomorfológico de una ladera a presentar procesos de infiltración, escorrentía, transporte o deposito, entre otros, por lo que para el presente estudio se presenta un análisis de los intervalos de pendiente que aparecen dentro del área de influencia.

Morfométricamente se presentan tres intervalos de pendiente: a nivel (0-1%), ligeramente plana (1-3%) y ligeramente inclinada (3-7%), tal y como se aprecia en la Tabla 5-5 y en la Figura 5-27 que muestra el área abarcada por cada unidad.

[32] Ibidem

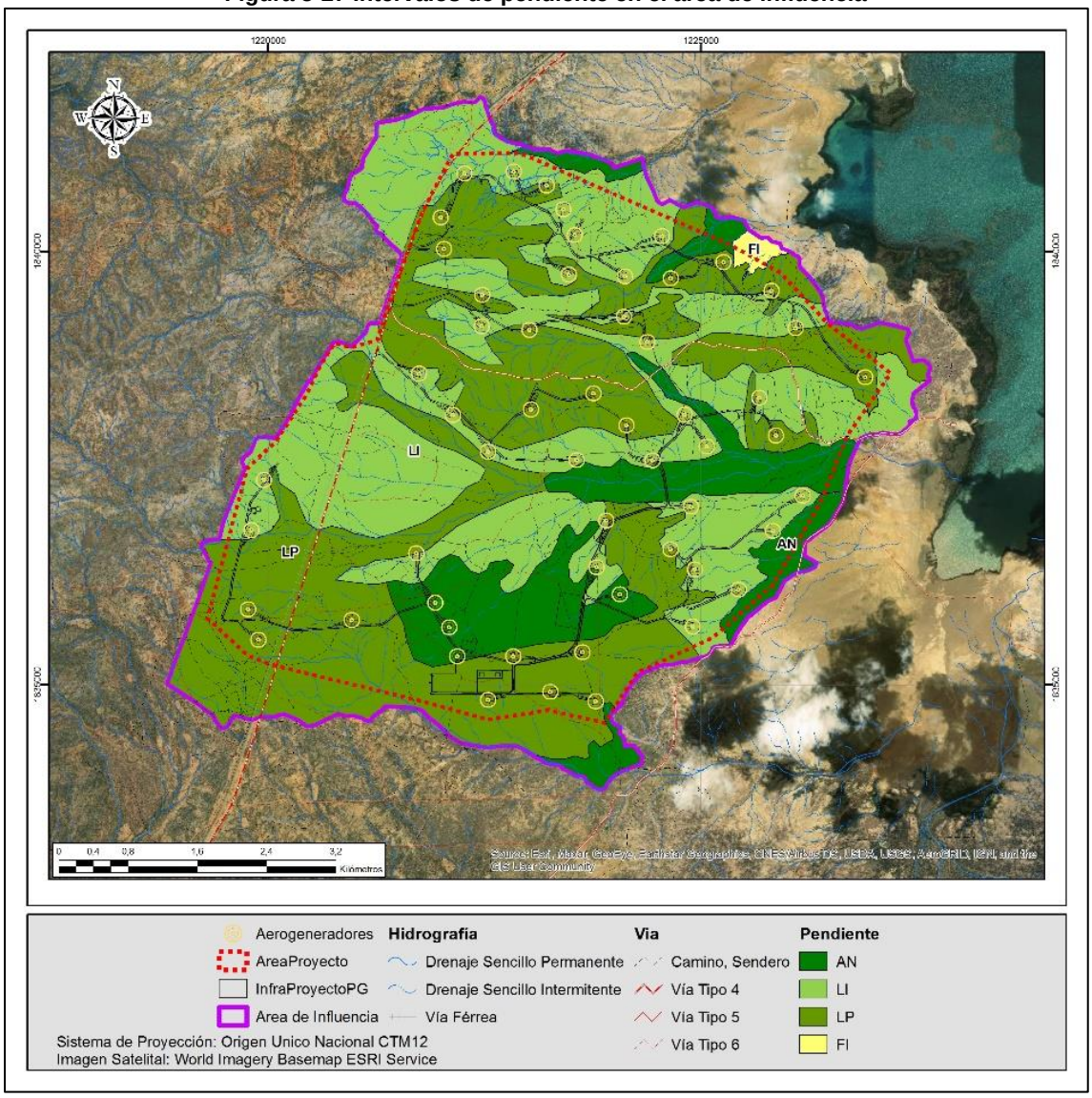
Tabla 5-5 Rango de inclinación de las laderas

Nomenclatura	Pendiente	Área_HA	Porcentaje AIU
AN	A nivel, 0-1% (a)	586,2	14,7%
LP	Ligeramente plana, 1-3% (a)	1818,6	45,5%
LI	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	1571,6	39,3%
FI	Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	18,2	0,5%
Total		**3994,6**	**100%**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

A partir de los intervalos de pendiente mostrados se aprecia que el rango de pendiente que más prevalece en el área es la Ligeramente plana, 1-3%, cubriendo un 45,5%, asociada por lo general con las formas de Planicie del Ambiente Denudacional. Este rango es seguido en un segundo lugar por la Ligeramente inclinada, 3-7%, con un 39,3% del área y asociado con el tipo de relieve de ondulado del Ambiente Denudacional. En tercer lugar, aparece el intervalo de pendiente denominado A Nivel, con pendiente de 0-1%, cubriendo un 14,7% del área y relacionado con el tipo de relieve plano o llanura de inundación del Ambiente Fluvial. En la Figura 5-27 así como en el Mapa 5. Pendientes (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se observa la representación espacial de dichos intervalos.

Figura 5-27 Intervalos de pendiente en el área de influencia



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

La morfodinámica trata principalmente del análisis de los procesos erosivos que se detecten, los cuales pueden deberse tanto a agentes internos (Endógenos) como externos (Exógenos). Así mismo, dichos procesos permiten dar un nivel de susceptibilidad en la afectación del terreno por inestabilidad.

Para la obtención del mapa de procesos morfodinámicos fue necesario realizar tres (3) fases, a saber: la primera consistió en realizar la interpretación de los principales procesos morfodinámicos visibles a la escala de trabajo 1:10.000. La segunda consistió en la ejecución de la fase de campo realizada en el mes de noviembre de 2020 y la tercera fase fue ajustar la interpretación con la información obtenida en campo.

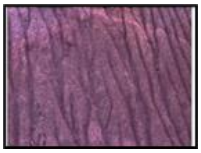
Como resultado de las tres fases, para el área de influencia del proyecto no se identificaron movimientos en masa ni ningún proceso de remoción en masa. Sin embargo, sí se identificaron diferentes procesos de erosión del suelo.

- ✓ Erosión del suelo como proceso morfodinámico principal

El proceso de erosión pluvial se inicia con el efecto de las gotas de lluvia que van disgregando el material, dejándolo expuesto para que sea arrastrado posteriormente por la escorrentía que genera inicialmente un escurrimiento difuso y luego una erosión laminar en capas de suelo.

En etapas posteriores y dependiendo de la intensidad del fenómeno, la acción de la escorrentía se va acentuando, generando la formación de surcos, barrancos y cárcavas, y en estados más avanzados procesos de erosión regresiva o remontante, (Tabla 5-6).

Tabla 5-6 Procesos Erosivos. Erosión laminar, Surcos, Barrancos y Cárcavas

Tipos de Erosión	Espaciamiento Entre Canales (m)						Gráfico y/o Diagrama
	<5	5 a 15	15 a 50	50 a 150	150 a 500	>500	
Erosión Laminar	Severa	Moderada	Suave				
Surcos (<50 cm de Prof.	Severa	Severa	Moderada	Suave			
Barrancos (50 -147 cm. de Prof.)	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave		
Cárcavas (> 150 cm de Prof.)	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	

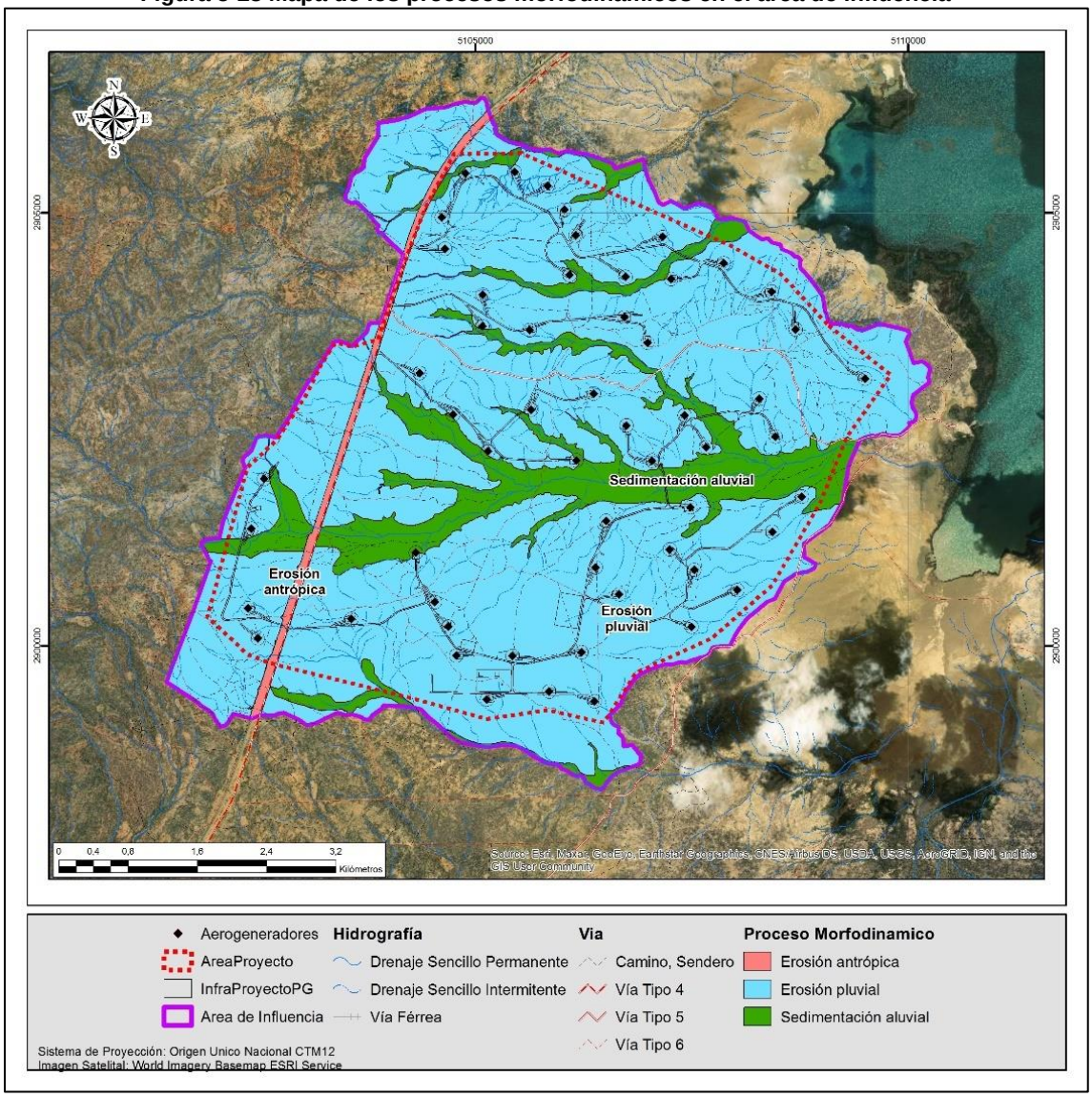
Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2012.

Como derivación de las tres fases para la obtención de mapa de procesos morfodinámicos, a continuación, se presentan los resultados:

La representación gráfica de los procesos morfodinámicos identificados en el área de influencia del proyecto es de tipo polígono. El 84,2 % corresponde a procesos de erosión de tipo pluvial, (0,9 %) corresponden a procesos de tipo fluvial, (1,6 %) corresponden a procesos de erosión antrópica y (13,3 %) están asociados con procesos de sedimentación activa (Tabla 5-7).

En la Figura 5-28 y en el Mapa 6. Procesos morfodinámicos (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se representan los Procesos Morfodinámicos del área de Proyecto.

Figura 5-28 Mapa de los procesos morfodinámicos en el área de influencia



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-7 Características de los procesos erosivos del Área de Influencia del Proyecto

Tipo Proceso	Nombre del Proceso	Descripción	Foto	(ha)	%
Denudativo	Erosión Pluvial	Corresponde a los procesos denudativos como resultado de las fuertes, pero poco frecuentes lluvias que se desarrollan en la región; estos procesos generan geoformas como cárcavas, surcos, hondonadas que se encuentran bien definidas en el área de influencia debido a las condiciones de los materiales.	**Foto 5-35 Cárcavas originadas por erosión pluvial, cerca de la ranchería Kasia.**  *Este: 5107183,5 m – Norte: 2905108,9 m. 22,1 msnm. 2/11/2020*	3361,5	84,15
Denudativo	Erosión Antrópica	Corresponde a procesos de erosión generados por actividad antrópica; estos procesos son más acelerados y se encuentran localizados sobre las unidades geológicas de origen antrópico. La erosión antrópica puede generar impactos significativos si no se hace un correcto control sobre estos procesos.	**Foto 5-36 Erosión tipo cárcava, erosión antrópica, sobre el terraplén de la vía principal.**  *Este: 5102726,9 m – Norte: 2899915,3 m. 27,4 msnm. 4/11/2020*	65,5	1,64

Tipo Proceso	Nombre del Proceso	Descripción	Foto	(ha)	%
Constructivo	Sedimentación Aluvial	Este proceso corresponde a la depositación de los materiales finos que han sido movidos y transportados por las corrientes hacia las partes más bajas. Hacen parte importante de Área de Influencia del Proyecto, y están en constante cambio.	**Foto 5-37 Cauce aluvial (Fca) del Arroyo Jichipa. Al fondo la Serranía Carpintero.**  *Orientación S-N. Puente Arroyo Jichipa, 6/11/2020* *Este: 5101453.36 m – Norte: 2900795.21 m.*	567,6	14,21

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.2.3.2. Susceptibilidad a la Erosión

Se define susceptibilidad como la potencialidad que tiene una unidad de terreno a presentar procesos erosivos, por la combinación de diferentes factores propios del terreno y antrópicos. Para el análisis y determinación de la susceptibilidad se determinó en una primera fase el estado del arte disponible tanto en entidades gubernamentales como privadas, en una segunda fase se determinó la susceptibilidad del Área de Influencia a presentar procesos de erosión a través del uso de un método cualitativo también llamados heurísticos, por medio de la evaluación de diferentes variables mediante la calificación subjetiva de las mismas a través de un grupo de profesionales. Este método es ampliamente utilizado en la zonificación de la susceptibilidad, teniendo en cuenta la selección y la evaluación de las variables temáticas (Vargas, 1999), la información adquirida en campo y la información recopilada del área de influencia.

Teniendo como base la información sobre el estado del arte en referencia a la erosión de los suelos en Colombia[33], adelantado para el año 2001 – 2011, a escala 1:100.000, por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), año 2015, se realizó la compilación de dicho resultado.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el área de influencia, se presentan cinco (5) categorías de degradación de los suelos, a saber: desde muy severa hasta sin evidencia de erosión (Tabla 5-8 y Figura 5-29). La erosión severa (polígonos en color naranja) se encuentra localizada hacia el centro del área de influencia, ocupando el 50 % del área en mención. El grado de erosión moderada (polígono de color amarillo) se presenta a lo largo y ancho del área de influencia, ocupa el 18,9 % del área en mención. La erosión de grado ligera (polígono en color verde limón) se encuentra localizada principalmente hacia el costado norte y en el costado centro - occidental del área de influencia, ocupa el 16,1 % del área de influencia. La calificación de áreas sin evidencia de erosión (polígono de color verde) se presenta indistintamente en el área de influencia, ocupa el 6,5 % del área en mención, y finalmente, las áreas identificadas como cuerpos de agua ocupan el 1,0 % del área de influencia (Ver Mapa 7. Susceptibilidad a procesos erosivos y remoción en masa, Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

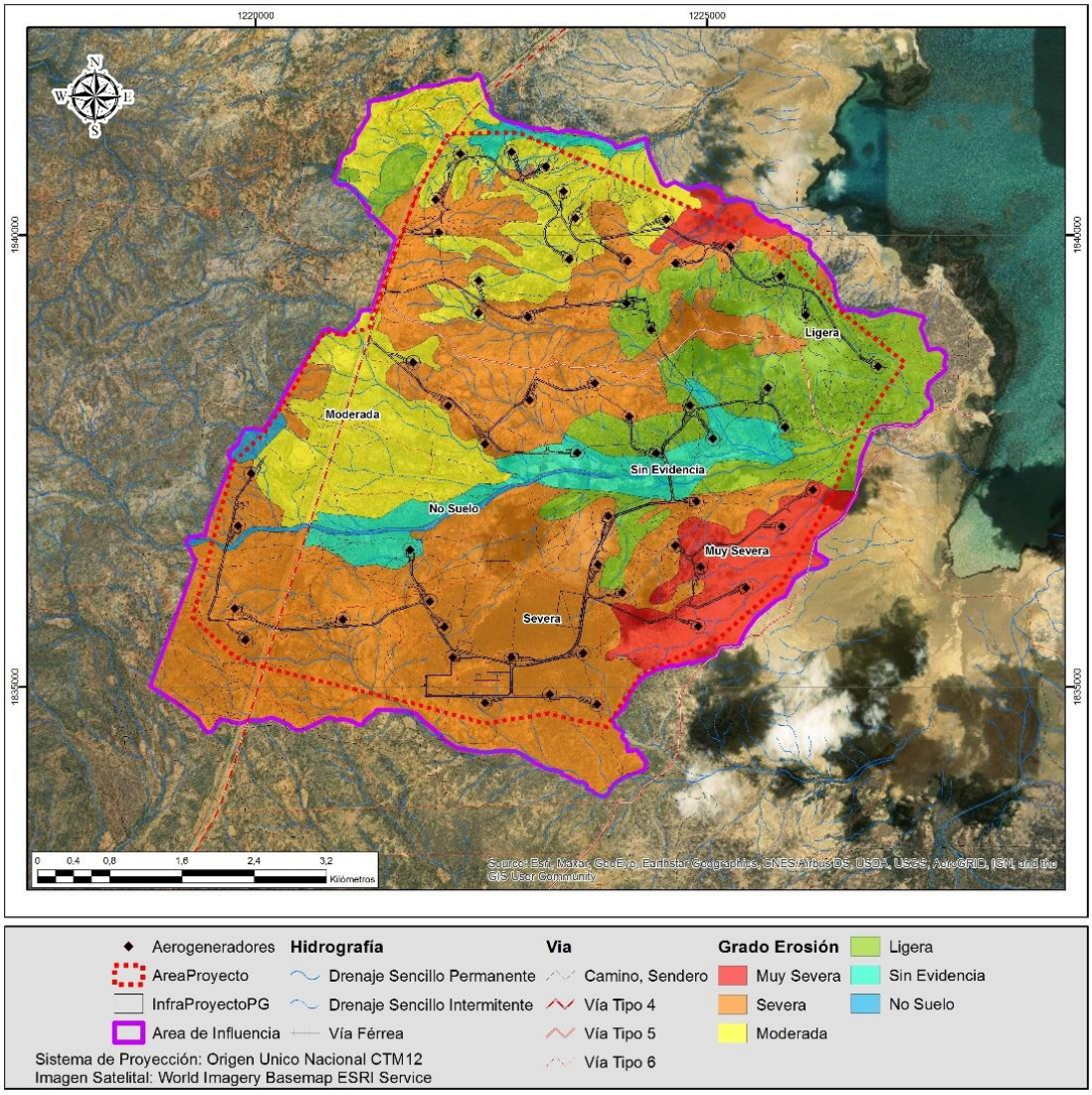
[33] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Zonificación de la degradación de Suelos por erosión, Área Continental de Colombia, a escala 1:100.000 (2015).

Tabla 5-8 Susceptibilidad a la degradación de los suelos por erosión en el área de influencia

Grado de Erosión	Descripción	ha	%
Muy Severa	Son áreas ocupadas por corrientes de agua que drenan solo en época de lluvias torrenciales características de la región. Los suelos presentes en estos cauces están conformados por depósitos aluviales poco consolidados. Estas áreas son de muy alta sensibilidad ya que son los únicos cuerpos de aguas naturales que existen en la región y, cuando estos presentan agua en su superficie, tienen extrema importancia para el ecosistema.	304,3	7,6%
Erosión severa	Los horizontes superficiales del suelo están completamente removidos y los horizontes subsuperficiales expuestos; el color del suelo es más claro debido a la pérdida del horizonte A y queda expuesto el horizonte B. Se observan con frecuencia surcos, terraceo y cárcavas con moderada frecuencia. La pérdida de suelo se estima en más de 75% de su espesor. Las funciones y los servicios ecosistémicos originales del suelo se encuentran ampliamente destruidos.	1995,3	50,0%
Erosión Moderada	Se evidencia remoción de los horizontes superficiales del suelo y la capa superficial de suelo ha perdido espesor. Aparecen en la superficie distintos colores de suelo como producto de la pérdida del horizonte superficial y la exposición de horizontes subsuperficiales. Se aprecian manifestaciones de escurrimiento superficial, surcos, terraceo y pequeñas cárcavas. Se presenta pérdida considerable del horizonte A e incluso en sectores aparece el horizonte B o C. Las funciones y los servicios originales de los suelos se encuentran parcialmente destruidos.	753,6	18,9%
Erosión Ligera	Se presenta alguna evidencia de pérdida de suelo en los horizontes superficiales del suelo, por escurrimiento superficial. En varias ocasiones la capa de suelo se adelgaza uniformemente y la pérdida del suelo puede llegar hasta un 25 o 50% del horizonte A, según su espesor. Las funciones y los servicios originales de los suelos comienzan a disminuir y se encuentran poco alterados.	641,6	16,1%
Sin Evidencia de Erosión	Sin procesos de degradación del suelo por erosión; también se expresa como "Sin evidencia".	258,7	6,5%
Sin Suelo con cuerpos de agua	Corresponde a los cuerpos de agua	41,0	1,0%
Total, Área		**3994,6**	**100,0%**

Fuente: (Zonificación de la degradación de Suelos por erosión, Área Continental de Colombia, a escala 1:100.000 (2015). y adaptado por AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020)

Figura 5-29 Mapa del grado erosión del Área de Influencia del proyecto



Fuente: Zonificación de la degradación de Suelos por erosión, Área Continental de Colombia, a escala 1:100.000 (2015) adaptado por AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.2.3.3. Amenaza por Movimientos en Masa

- ✓ Metodología

Para el análisis de amenaza a movimientos en masa se utilizó la Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1:25.000 elaborada por el Servicio Geológico Colombiano, 2017.

En ella se considera este ejercicio como el primer insumo en la gestión del riesgo. Sin embargo, al ser un método estadístico, fundamentalmente, requiere que se posean datos

confiables, -si es posible multitemporales- de la zona estudiada. Por ello, la guía misma recomienda la intervención de diversas disciplinas, considerando escencial el juicio de experto, -tal como se hizo en el presente documento-, en el que el conocimiento geomorfológico y de procesos altitudinales estableció las pautas generales para la definición de la amenaza.

Se partió de conocimiento general en estudios previos de la zona. Luego, la metodología fue complementada con trabajos de campo y fotointerpretación, para lograr el detalle necesario en cuanto a la identificación de procesos puntuales y localizados de remoción en masa.

Con los insumos previos se realizó finalmente un ejercicio de cartografía SIG, ubicando los eventos identificados sobre el mapa de susceptibilidad, lo que produjo un Mapa de Zonificación por Amenaza a Movimientos en Masa que fue de utilidad en las posteriores decisiones constructivas de la infraestructura del proyecto eólico.

- ✓ Características geoambientales

Con en ánimo de precisar la susceptibilidad al detalle 1:25.000 requerido, según las condiciones ambientales particulares del área de estudio, las temáticas propuestas para este numeral siguiendo la metodología del S.G.C. se dividieron en tres títulos principales: Inventario de procesos morfodinámicos, factores condicionantes y factores detonantes.

- Inventario de procesos morfodinámicos

Para obtener un inventario confiable, inicialmente se llevó a cabo la recopilación y análisis de información temática del área de estudio (imágenes de satélite y modelos digitales de elevación) y se generaron insumos que ayudaron a la interpretación de los sensores remotos, como el Modelo Digital de Sombras en diferentes ángulos, el mapa de pendientes y la superposición de las unidades geológicas.

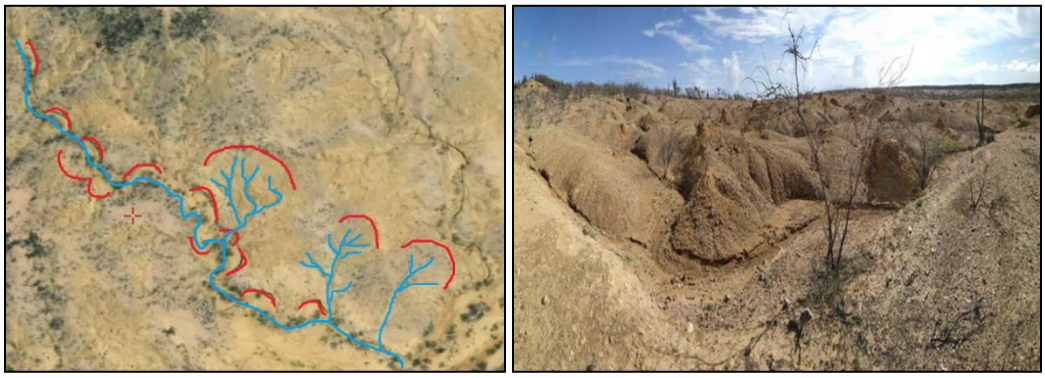
La interpretación de imágenes se llevó a cabo para identificar los procesos morfodinámicos específicos, delimitar subunidades geomorfológicas, así como en la ubicación de rasgos determinantes de inestabilidad. Los resultados fueron los siguientes:

Ambiente denudativo - Glacis de Erosión En este ambiente que ha sido extensamente descrito y cuya litología corresponde a las lodolitas yesíferas de la formación Uitpa, se encontró una alta densidad de cabeceras de desplome a lo largo de las quebradas que discurren por esta unidad geomorfológica.

Sobre este material homogéneo y de grano fino, que se caracteriza por su baja permeabilidad y pendiente, los cursos hídricos disminuyen su velocidad adquiriendo un patrón sinuoso estrecho. El corte del material va de medio a profundo, con taludes verticales muy inestables, de manera que se generan caídas de pequeña a mediana magnitud a lo largo de todo el perfil de la corriente por socavación de la base del talud.

Estos movimientos originan en cabeceras semicirculares que incrementan la sinuosidad del cauce, como muestra la imagen en la Foto 5-38.

Foto 5-38 Cabeceras de caída en cauces sinuosos



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Estos rasgos de movimientos en masa por caída gravitacional de material seco, pero socavado en su base por la corriente, son muy abundantes, bordeando prácticamente la totalidad de los cauces en la mencionada unidad, que corresponde a la formación Uitpa.

El aspecto superficial de estos drenajes corresponde a lo mostrado más adelante en el numeral de Dinámica Fluvial en la Foto 5-52.

Los movimientos por gravedad que se inventariaron equivalen a los clasificados en la guía metodológica como Procesos de Caída de pequeña magnitud, pero que acumulativamente significan un volumen apreciable de remoción en masa, que se aporta lateralmente a las corrientes modelando su patrón y degradando paulatinamente el terreno.

Ambiente denudativo - Planicie. En el mismo ambiente se observó en la fotointerpretación de detalle, que la litología propia del depósito coluvio – aluvial no presenta procesos cartografiables más que en sus bordes con algunas zanjas y carcavamiento incipiente, ya que por lo general la litología heterogénea y sin consolidación permite la infiltración de las aguas lluvias, sin generarse procesos morfodinámicos en su interior.

Lo mismo sucede en las elevaciones remanentes de esta unidad, como se muestra en la Foto 5-39.

Foto 5-39 Procesos morfodinámicos en los bordes de la unidad Planicie



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2020

La razón de esta respuesta al clima, es que se trata de material granular sin cementación, que en los bordes está sujeto a la acción de la escorrentía dada su permeabilidad alta. Se trata de clastos de tamaño arena y gravilla hasta grava y algunos bloques redondeados, dispuestos en gradación, que depende de la distancia a su fuente. Esta fuente se infiere en una elevación ya erodada, cercana a la Serranía de Carpintero. De esta forma, los cantos de mayor tamaño están en esta unidad en la zona occidental del área de estudio.

Ambiente Acumulativo - Llanura de inundación. Tanto la revisión de imágenes como los trabajos de campo revelaron que en esta unidad geomorfológica existen evidencias de avenidas torrenciales con movimientos de remoción en masa importantes, que se suceden durante los picos invernales excepcionales que se mencionaron. Este clima particular de aguaceros torrenciales espaciados por periodos de años, y regulado en gran parte por huracanes y ciclones esporádicos, genera en los arroyos más importantes geoformas de ensanchamiento y taludes de socavación lateral tras la época lluviosa, rasgos que se pudieron comprobar en campo, como muestra la Foto 5-42.

Foto 5-40 Morfología de avenidas torrenciales en puntos 8 y 76



Fuente INGETEC, 2020

Esas avenidas torrenciales detectadas se encuentran siempre dentro de la Llanura de Inundación de los arroyos principales, aunque también en algunos casos en el ingreso de algunos de sus afluentes. Estos movimientos en masa significan el transporte súbito de volúmentes importantes de material clástico proveniente de las cabeceras del curso de agua, que se depositan en leves cambios de pendiente formando ensanchamientos extensos del lecho mayor de las quebradas.

Al respecto, se revisaron las características morfométricas de las microcuencas estudiadas en el tema Hidrológico, resultando que una decena de ellas tienen áreas grandes con relación a su longitud de cauce, lo que podría favorecer las avenidas torrenciales cuando el clima lo inicia.

Es importante anotar que en ningún caso se observó infraestructura vulnerable a estos procesos, a excepción de algunas rozas (cultivos estacionales caseros), que paulatinamente han perdido importancia para la economía de la población, por la profundización de la tabla de agua en los largos periodos de verano.

- Factores condicionantes

Disciplinas como la geología y la geomorfología configuraron la predisposición del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa; igualmente, la cobertura de la tierra y el uso del suelo se tomaron como factores condicionantes, pues influyen en la eventual desprotección del material, facilitando los procesos de remoción. No obstante, lo anterior, la situación especial de la Alta Guajira hace que cada tema se trate de manera única; y factores usados para valorar la amenaza de movimientos en masa en otras partes del país, no aplican en el modelado desértico. Por ejemplo, la escasa cobertura de suelos y la vegetación xerofítica original no significan un mayor grado de protección al terreno. Por otra parte, la intervención antrópica es muy baja, pues las comunidades viven amigablemente con el entorno y no practican actividades productivas extensas que signifiquen cambios en el uso de la tierra.

- Factores detonantes

En las condiciones climáticas normales del municipio de Uribia, la precipitación es muy baja, por lo que no existe la humedad requerida para los procesos morfogenéticos que llevarían a deslizamientos y otros casos de solifluxión. Es así, que la erosión pluvial y la erosión eólica de superficies desprotegidas, son las predominantes la mayor parte del año. Sin embargo, las amenazas tipo caída y tipo avenida torrencial que se detectaron mediante la fotointerpretación de sectores escogidos, suceden puntualmente cuando actúa alguno de tres factores detonantes: lluvia, socavación de taludes o sismo.

    - **Lluvia** (expresada en huracanes o ciclones)

      La lluvia intensa relacionada con los huracanes y los ciclones del Caribe es la detonante de las avenidas torrenciales y los consecuentes movimientos en masa

que alimentan los ensanchamientos de la llanura de inundación de algunas corrientes.

- **Socavación de la base de los taludes**

  Los procesos de caída descritos se generan por la acción de la gravedad ante la socavación de la base de los taludes de las corrientes que discurren en la formación arcillo – limosa Uitpa. La erosión diferencial ejercida por el arroyo en ocasionales crecientes, socava delgados estratos más granulares del talud, causando los desplomes que se describieron más arriba, en los cauces de aspecto sinuoso en el glacis de erosión. No obstante, lo dicho, se trata de un proceso que indirectamente también depende del detonante lluvia, pues sucede en los cambios de nivel del agua en el cauce, cosa que no sucede en verano.

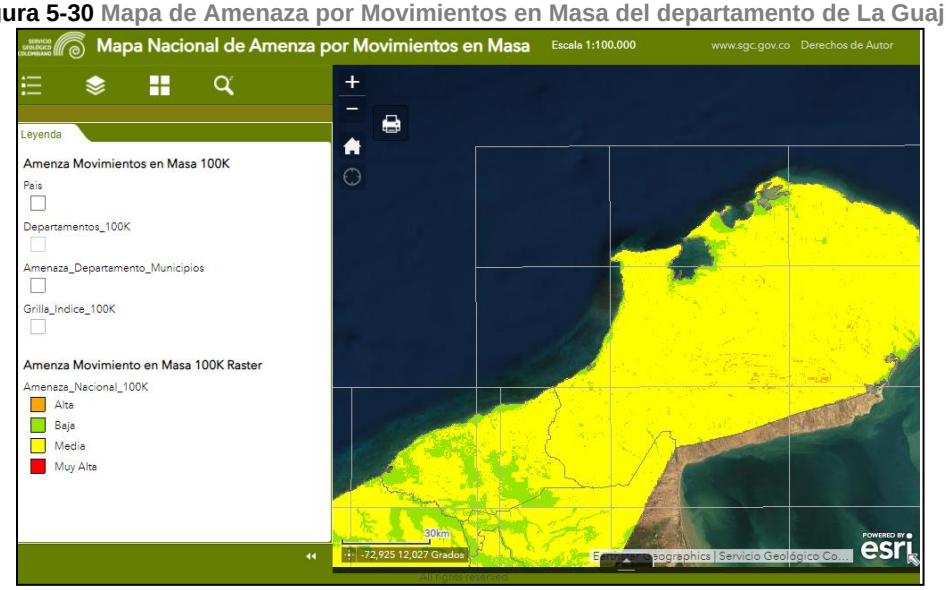
- **Sismo.** La amenaza sísmica es media, pero dadas las pendientes bajas, no se esperaría afectación natural o a infraestructura de importancia. Además, fue claro que los epicentros de los pocos movimientos que tiene la Placa del Caribe se concentran en el litoral y en la plataforma continental, lo que hace pensar que el factor detonante sismo no es el más significativo en el presente análisis.

  ✓ Estudios previos

Según información del (Servicio Geológico Colombiano, 2017), el área de estudio está sobre una zona de Amenaza Media a movimientos en masa, Figura 5-30, y corresponde a una zona de susceptibilidad total media y con importante contribución del detonante climático.

Como en esta zona afloran rocas sedimentarias de grano variable, con pendientes topográficas moderadas a bajas y depósitos aluviales, se espera la ocurrencia de avenidas torrenciales debido a las lluvias cortas e intensas en las partes altas de la Serranía de Jarara, que en principio podrían desencadenar movimientos de remoción en masa. Sin embargo, las condiciones climáticas de la Alta Guajira no son favorables para solifluxión tipo deslizamiento, pues el material en muy pocas ocasiones alcanzará la humedad (límite plástico en laboratorio de suelos) necesaria para fluir pendiente abajo.

Figura 5-30 Mapa de Amenaza por Movimientos en Masa del departamento de La Guajira

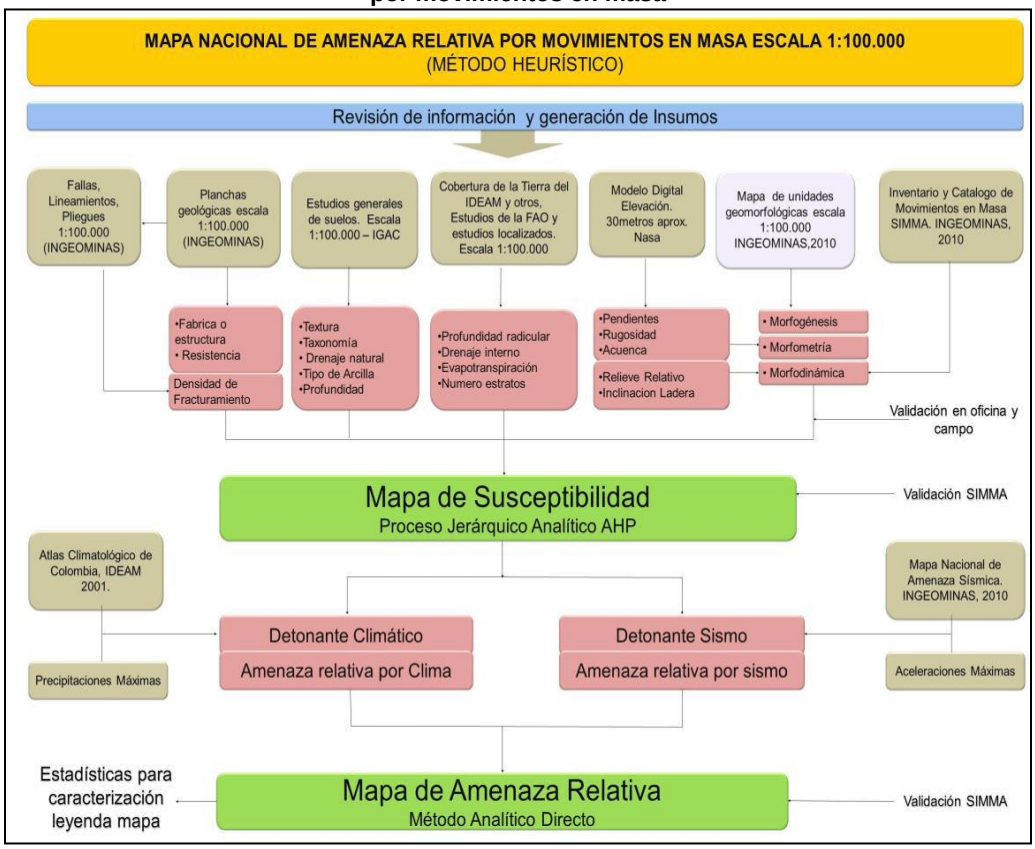


Fuente: Servicio Geológico Colombiano, Geoportal, 2021.

Así, la metodología usada en la generación de los mapas de Susceptibilidad de Amenaza por Movimientos en Masa del área de influencia corresponde a la desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano (2013), y se presenta en la Figura 5-31.

La obtención del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa se basó en la valoración de variables intrínsecas del terreno: geología, geomorfología, suelos y coberturas de la tierra, las que se trataron siguiendo el Proceso Jerárquico Analítico (AHP, por sus siglas en inglés) establecido por Saaty (1987).

Figura 5-31 Esquema del método para la generación del mapa de susceptibilidad y de amenaza relativa por movimientos en masa



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2013.

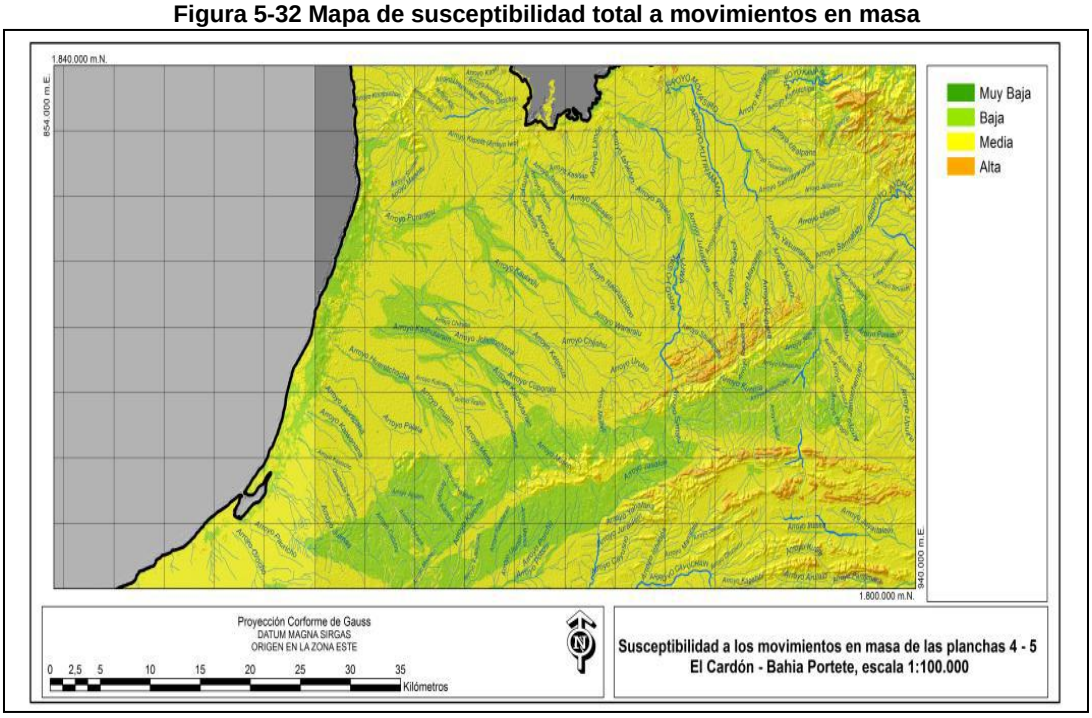
Los insumos utilizados para la elaboración de este numeral explicativo de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa fueron: el documento metodológico mencionado, SGC (2013) y la información obtenida en el desarrollo de este proyecto, en cuanto a determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa por las variables geología, geomorfología, suelos edáficos, coberturas de la tierra, amenaza por detonante climático y amenaza por detonante sísmico.

Como ya se dijo, es claro que movimientos en masa propiamente dichos no pueden darse en un clima desértico como el de la Alta Guajira, puesto que la solifluxión ocurre cuando el material alterado se mueve por saturación. En este caso y dada también la poca elevación del terreno, los movimientos en masa se limitan a desplomes en los que actúa predominantemente la gravedad.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta el resultado del análisis de susceptibilidad por Movimientos en Masa para el Área de Influencia, siendo necesario tener en cuenta que la zonificación de la susceptibilidad se dividió según cinco rangos: Muy Alta (color rojo), Alta (color naranja), Media (color amarillo), Baja (verde claro) y Muy Baja (verde oscuro).

De acuerdo con los resultados obtenidos para cada una de las variables involucradas descritas en el capítulo anterior, mediante la aplicación de la metodología del SGC (2013), se obtuvo la susceptibilidad a movimientos en masa y la combinación de este resultado con la contribución de los detonantes lluvia y sismo dio como resultado final la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa, tal y conforme se presenta en este capítulo (Figura 5-32).

Figura 5-32 Mapa de susceptibilidad total a movimientos en masa



Fuente: Planchas 4-5 El Cardón-Bahía Portete.

Este resultado es regional, pues se presenta escala 1:100.000; por esta razón, fue usado solamente como referencia, efectuándose posteriores precisiones para el área de interés con base en la fotointerpretación de procesos morfodinámicos y los trabajos de campo.

- ✓ Análisis de susceptibilidad a amenaza de movimientos en masa

Según expone la guía en mención, en esta etapa del trabajo se debe establecer la relación entre un factor o combinación de factores condicionantes y la posibilidad de que suceda un movimiento de remoción en masa. Para ello se combinó la información hidrológica, climática y coberturas, con la geomorfología que en sí misma ya involucra análisis de pendientes y las observaciones de campo. Pues, aunque puede asumirse que el clima de la zona es seco (desértico), el papel preponderante en los procesos de remoción en masa lo tienen los eventos lluviosos pico que se relacionan con huracanes caribeños que se acercan ocasionalmente a la Alta Guajira, con precipitaciones excepcionales.

Con este criterio, se realizó un algebra de mapas con el sofware ARGICS 10.5 en donde se recalificaron las unidades para producir el Mapa de Susceptibilidad de Amenaza a Movimientos en Masa, en la Tabla 5-9 se presentan las categorías de clasificación para la susceptibilidad y en la Tabla 5-10 se aprecia la valoración final resultante de la superposición de capas. Dicho resultado se observa en la Figura 5-33. (Ver Mapa 7. Susceptibilidad a procesos erosivos y remoción en masa, Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

Tabla 5-9 Categorías de clasificación de Susceptibilidad

Suceptibilidad	Valoración
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021

Tabla 5-10 Valoración de unidades y grado de suceptibilidad

Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
Bosques y Áreas Seminaturales	Bosques	Bosque de galería y/o ripario	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
				/	Bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
	Áreas	Arbust	Detritos	De 50 cm -		A nivel, 0-1% (a)	Media	3

Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
					Gravas, arenas y limos	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	Baja	2
	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Zonas arenosas naturales	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
						Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2

Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	Baja	2
		Tierras desnudas y degradadas	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
Territorios Artificializados	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
				/	Depósitos con bloques	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2

Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
					de rocas metamórficas	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
				150	Lodolitas	Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
	Zonas urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
				150	Lodolitas	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
			Roca			Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
	Zonas verdes artificializadas, no	Zonas verdes urbanas	Detritos	/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
			Detritos			Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
Territorios Agrícolas	Cultivos transitorios	Otros cultivos transitorios	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3

Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
Superficies de Agua	Aguas continentales	Cuerpos de agua artificiales	Detritos	De 50 cm - Dec. de m	Gravas, arenas y limos	A nivel, 0-1% (a)	Media	3
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
						Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	Baja	2
		Ríos	Detrito	De 50 c		A nivel, 0-1% (a)	Media	3

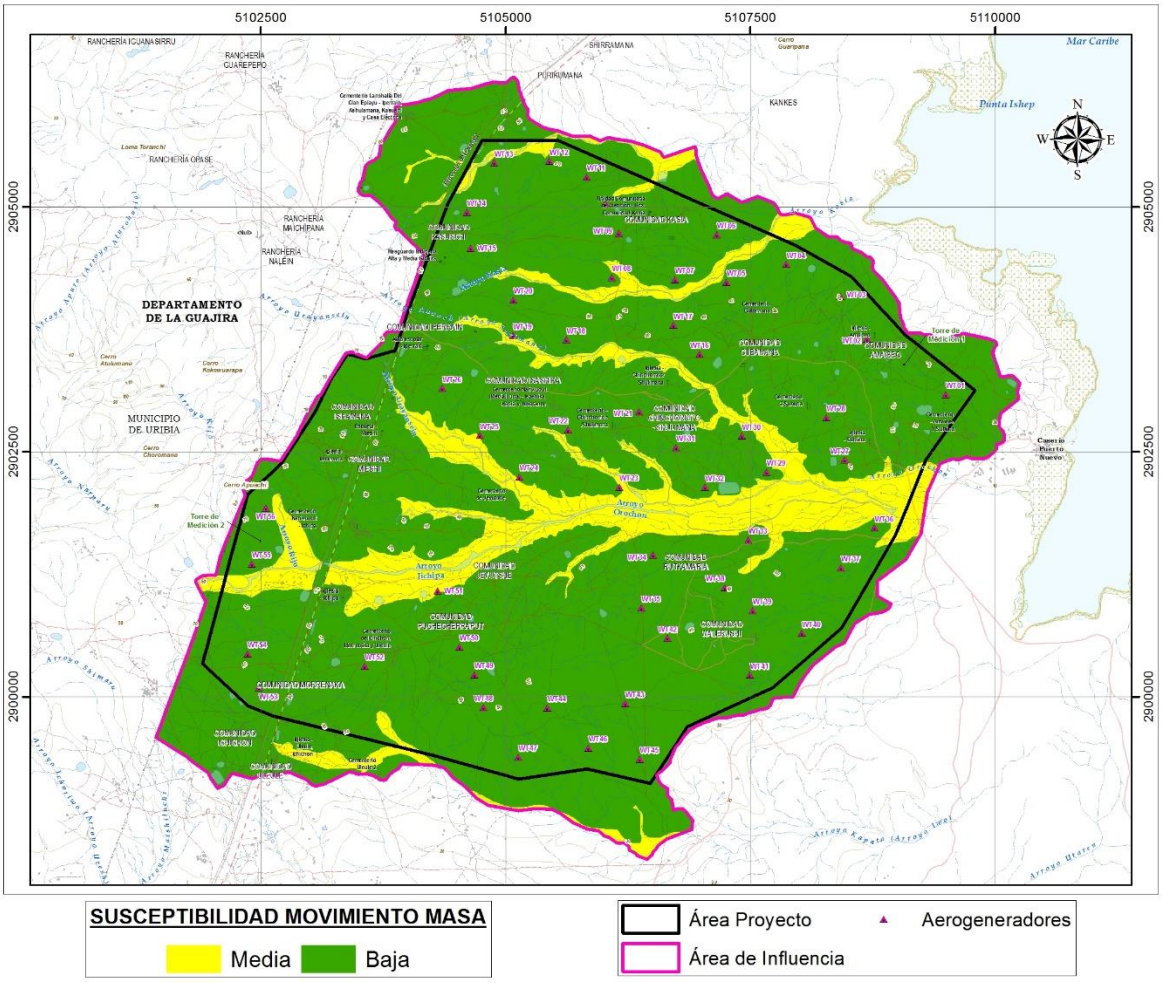
Cobertura			Material	Espersor	Litología	Pendiente	Grado de suceptibilidad	Valoración
					Gravas, arenas y limos	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Media	3
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Media	3
				/	Depósitos con bloques de rocas metamórficas	Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2
			Roca	150	Lodolitas	A nivel, 0-1% (a)	Baja	2
						Ligeramente plana, 1-3% (a)	Baja	2
						Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	Baja	2

Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021

Se observa que las unidades que determinan el grado de susceptibilidad del área de estudio frente a los procesos de remoción en masa son las litológicas, relacionadas con los depósitos de Llanura aluvial y Planicie, las cuales presentan materiales detríticos (gravas, arenas y limos) que se caracterizan por su baja cohesión, por sus partículas de grano heterogéneo.

En la Figura 5-33 se muestra el mapa resultante.

Figura 5-33 Mapa de Susceptibilidad de Amenaza por Movimientos en Masa



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

El resultado muestra dos categorías (media para las partes más bajas topográficamente y baja para el resto del área).

- ✓ Caracterización de la amenaza

Los movimientos en masa se conocen como desplazamientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de suelos, por efectos de gravedad, ya sea en estado seco o saturado. La clasificación de movimientos en masa comprende caídas, deslizamientos, reptación, flujos y propagación lateral (SNGRD, 2017). Este tipo de procesos gravitatorios se interrelacionan mutuamente con las precipitaciones altas, de tal forma que las lluvias torrenciales son detonantes de movimientos en masa. Esto sucede porque aumentan las fuerzas desestabilizadoras y reducen la cohesión de los materiales que conforman el suelo, incrementando la presión de poros de los fluidos intersticiales.

De acuerdo con la información climática y características geomorfológicas del área de estudio, se identificaron dos tipos de amenazas por movimiento en masa: una de ellas es la caída y la otra es la avenida torrencial, ambas producto de lluvias intensas, que generan aumento súbito de caudal, de corta duración. Ambas aparecen en la zona de estudio únicamente ante el factor detonante de la lluvia torrencial, ocasionada por eventos climáticos excepcionales (aunque cada vez más frecuentes, debido posiblemente al cambio climático). Sin embargo, en las condiciones ambientales usuales, de baja precipitación y elevada temperatura, características del modelado desértico de la Alta Guajira, estos procesos no suelen suceder.

Por lo anterior, el mapa de zonificación de amenazas a movimientos en masa que se presenta en el numeral siguiente no debe tomarse como una condición general, sino ocasional y dependiente de fenómenos climáticos especiales.

- ✓ Zonificación de Amenazas a Movimientos en Masa

Considerando los análisis que se presentaron en el desarrollo de los anteriores numerales y el desarrollo metodológico ilustrado, se procesó la información para generar en el área de influencia del proyecto eólico el Mapa de Zonificación de Movimientos en Masa que se presenta en la Figura 5-34.

Tabla 5-11 Categorías de clasificación de Amenaza

Amenaza	Valoración
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021

Partiendo del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se hizo el ejercicio cartográfico de superponerle las unidades geomorfológicas con evidencia de movimientos en masa, tanto de caída como de avenida torrencial, que suceden solamente en condiciones climáticas de lluvia torrencial y cuyas características se resumen a continuación.

- **Caída**, expresada en desplomes por acción de la gravedad en drenajes sinuosos que experimentan socavación de taludes durante crecientes excepcionales, en materiales consolidados de granulometría fina y heterogénea.

- **Avenidas torrenciales** dentro de la llanura de inundación de arroyos con recorrido corto en relación a su área de drenaje, en materiales de tamaño y litología heterogénea, sin consolidación.

Tabla 5-12 Criterios de zonificación de amenaza por Movimientos en Masa en el Área de Influencia

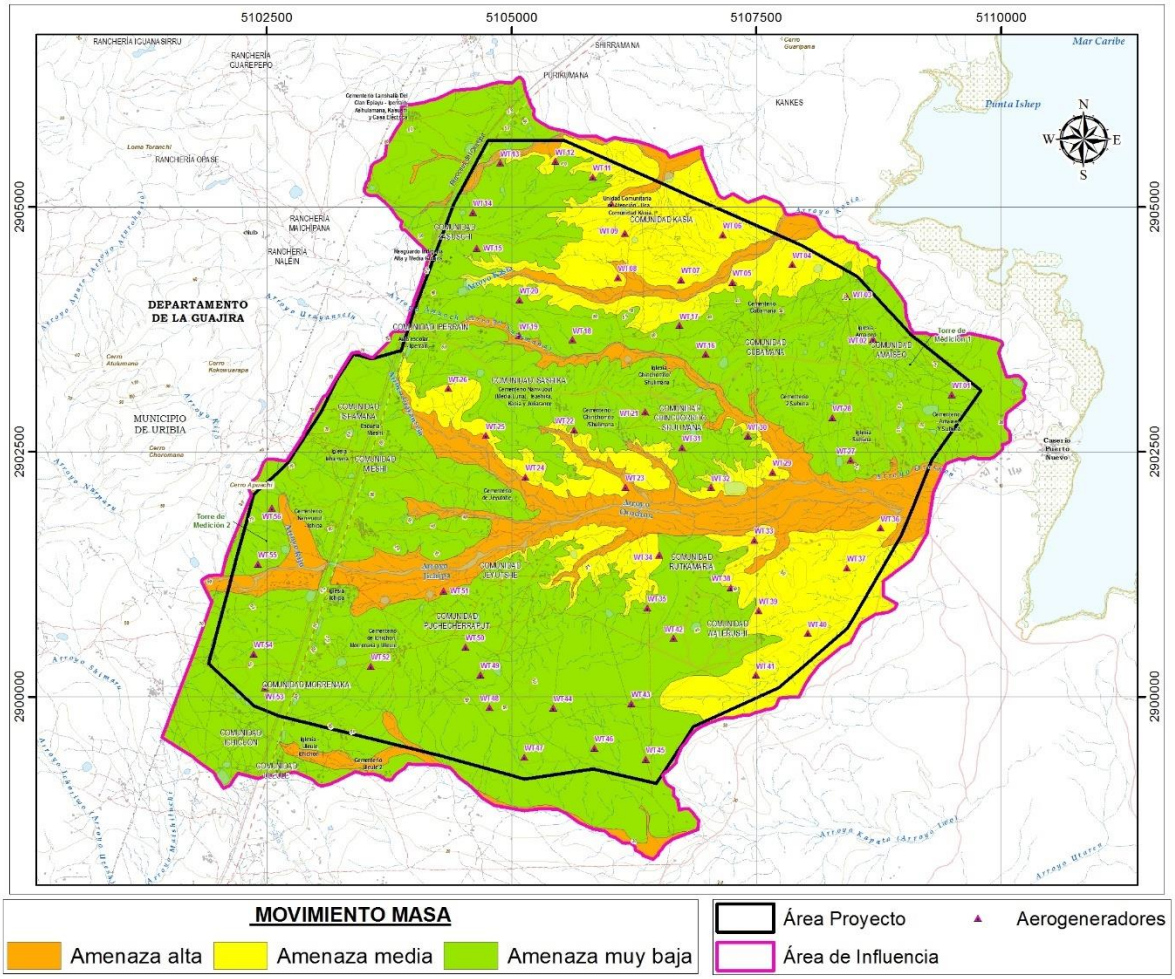
Grado de Susceptibilidad	Descripción	ha	%
Muy baja	Zonas de depósitos coluviales y relleno antrópico, que se caracterizan por su morfología de Planicie abarcando la zona de terraplén construida y mantenida antrópicamente.	2674	67%
Media	Esta zona de amenaza baja engloba rocas sedimentarias de grano fino de la formación Uitpa (lodolitas y arcillolitas en extensos depósitos de origen lagunar y evaporítico,) con escasa vegetación xerofítica, que las hace relativamente estables.	755	19%
Alta	Estas áreas se encuentran localizadas a lo largo de las planicies de inundación de las corrientes fluviales, donde hay escasa presencia de vegetación, y con poco desarrollo del perfil edáfico. Con alta probabilidad de presentar fenómenos de avenidas torrenciales ante altas precipitaciones asociadas a eventos climáticos externos como eventuales huracanes.	566	14%
Total, Área		**3995**	**100,0**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En conclusión, en el área, dado su clima y su suave topografía, solo el 33% de la zona presenta algún grado de amenaza de remoción en masa, asociada a la litología, principalmente en las llanuras aluviales (Amenaza Alta) y la formación Uitpa (Amenaza Media). El resto (67% del área) presenta una amenaza baja asociada a los depósitos coluviales.

El resultado gráfico fue el Mapa de Zonificación de Amenaza a Movimientos de Remoción en Masa en el área del proyecto eólico Casa Eléctrica que se muestra en la Figura 5-35.

Figura 5-34 Mapa de Zonificación de Amenaza a Movimientos de Remoción en Masa



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2020

Como se observa, las unidades resultantes fueron de categorías Alta, Media y Muy Baja, debidas a la detección puntual de rasgos tipo Caída y tipo Avenida torrencial, que solamente se manifiestan en condiciones hidroclimáticas especiales, como el paso de huracanes. El resto del año, con las condiciones climáticas usuales, estas amenazas son prácticamente inexistentes.

Complemento del análisis realizado para la amenaza de remoción en masa es el estudio de la dinámica fluvial que se presenta a continuación y que muestra de manera gráfica los rasgos especiales de los drenajes del área de estudio, estrechamente relacionados con su hidrodinámica.

5.1.2.4. Dinámica Fluvial

Gracias a que la comisión de campo para los temas geológicos e hidrológicos se desarrolló durante una etapa invernal inusual en la Alta Guajira, determinada por la vecindad del huracán Iota a la costa Caribe colombiana, fue posible evidenciar la enorme influencia de los cursos de agua sobre la estabilidad del terreno.

Si bien estos aguaceros torrenciales son poco frecuentes en la zona de estudio, se vio la importancia de analizar la dinámica fluvial que en estudios previos había podido ser desestimada, por encontrarse secos los cursos de agua durante la mayor parte del año. Lo anterior por sus implicaciones potenciales sobre las obras de infraestructura del futuro proyecto.

Fue así que el equipo geológico visitó gran parte de los cursos del área de influencia, comprendiendo que podían ser clasificados en tres tipos dependiendo de sus dimensiones y eventuales caudales:

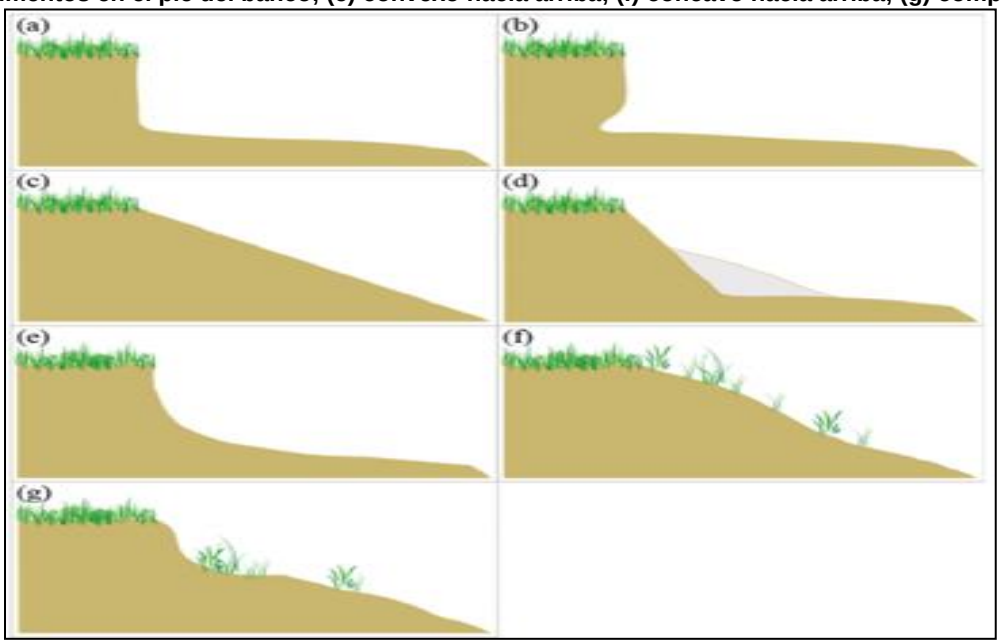
- Arroyos
- Caños
- Drenajes menores

La dinámica fluvial o fluviomorfología estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual el arroyo (en este caso) ha llegado a ella. Así se puede inferir su comportamiento futuro porque las formas que puede adoptar pueden originarse o ser una consecuencia de determinadas acciones internas propias del curso de agua o externas (climáticas, por ejemplo), de la intervención antrópica, o una combinación de ellas.

Los criterios geomorfológicos para los cauces dentro de cada subcuenca estuvieron enfocados principalmente en el tipo y clasificación en términos del flujo, ya fuera permanente, intermitente o efímero, así como los aspectos morfológicos de la vaguada o canal del cauce, erosión, rugosidad y el tipo de sedimentos que transportara, entre otros.

Partiendo del insumo asociado a las diferentes unidades de suelo, roca y depósitos cuaternarios que enmarca los sitios donde se ejecutarán obras civiles para no alterar la dinámica fluvial, se definió el tipo de corriente desde el punto de vista de su posición como unidad de relieve. También se definieron parámetros del cauce como pendiente, ancho, tipo y número de cursos asociados, número de orden de corrientes según Horton, 1945, caudal y red de drenaje, con el fin de especificar si eran de tipo recto, sinuoso, trenzado o anastomosado. Se analizó igualmente, la forma de la vaguada o canal activo del cauce de acuerdo a la morfología de la banca que presenta cada cauce, como se puede observar en la Figura 5-35.

Figura 5-35. Morfologías del banco: (a) casi vertical; (b) corte vertical; (c) planar; (d) con depósito de sedimentos en el pie del banco; (e) convexo hacia arriba; (f) cóncavo hacia arriba; (g) complejo



Fuente: "The Geomorphic Units survey and classification System (GUS)". M. Rinaldi, B. Belletti, F. Comiti, L. Nardi, M. Bussettini, L. Mao y A.M. Gurnell, 2015, adaptado por INGETEC, 2020

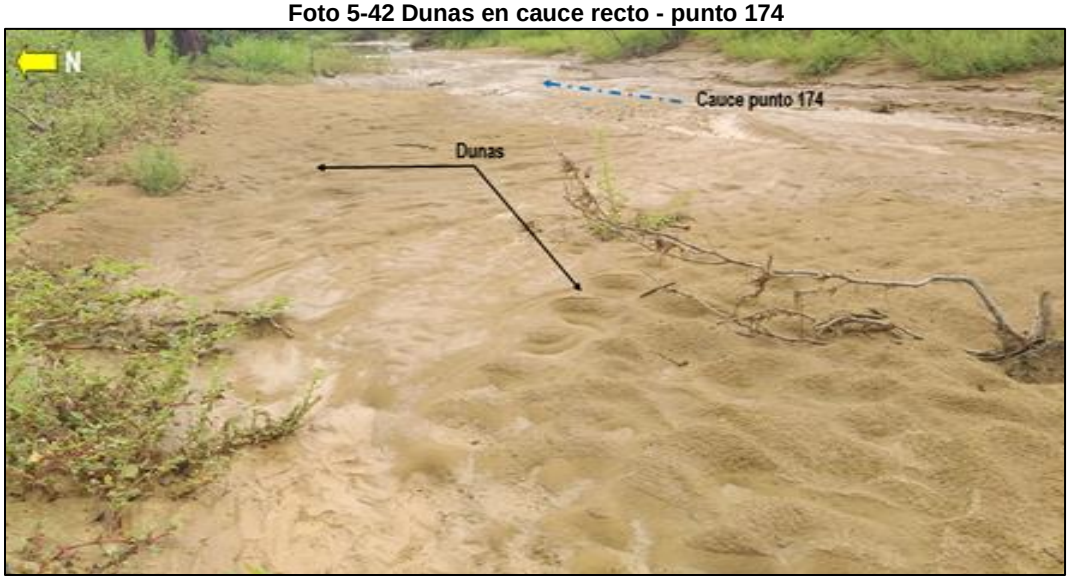
Esta evaluación de la forma del banco del canal permitió caracterizar la morfología del cauce a escala de tramo, y además, ayudó a entender otros aspectos morfológicos en términos de erosión, fundamental para las obras a ejecutar.

Se evaluó la rugosidad que presenta el lecho del cauce en términos de generación de estructuras sedimentarias como ondulitas (ripples) (Foto 5-41) y dunas (Foto 5-42).

Foto 5-41 Ripples en cauce trenzado - punto 128



Foto 5-42 Dunas en cauce recto - punto 174



Fuente: INGETEC, 2020.

Formación de pozos (Foto 5-43), barras locales, islas, acumulación de arenas, sedimentos finos, cantos, gravas y bloques parches, entre otros.

Foto 5-43 Pozo y cúmulos de vegetación en cauce trenzado - punto 128



Fuente: INGETEC,2020

El tipo de sedimentos que conforma el lecho del sistema fluvial permitió caracterizar el cauce en términos de su proveniencia y zonas de depositación.

Foto 5-44 Isla en cauce recto a ligeramente sinuoso - punto 21



Fuente: INGETEC, 2020.

Foto 5-45 parches gravosos y arenosos sobre el lecho del punto 29



Fuente: INGETEC, 2020.

El componente fundamental para el análisis y clasificación geomorfológica en el marco jerárquico propuesto consistió en las unidades morfológicas, las cuales representaron las unidades para caracterizar la morfología del cauce a escala de tramo, donde se involucrarán posiblemente, obras de drenaje en términos de la ocupación de cauce y ronda hídrica.

5.1.2.4.1. Morfología del Drenaje

Cuando se habla de la forma de los arroyos del área de estudio, debe entenderse que esto equivale a describirlos tal como se ven desde el aire. Sin embargo, se debe tener presente que la forma de los ríos no se mantiene a lo largo del tiempo, ya que dependiendo de la época de estiaje o en la época de lluvias, se generan diferentes formas de acumulación y erosión.

Una vista aérea de los ríos indicaría que sus formas variadas, por lo que, en general, se identificaron tres clases de cauces en función de su forma en planta, como Cauces rectos, Cauces trenzados y Cauces sinuosos.

A veces, estas diferentes formas pueden presentarse en tramos sucesivos de una misma corriente en función de la pendiente, del caudal líquido, del caudal sólido, de la granulometría, la geología y otros factores.

- **Cauces rectos:** Poseen una sinuosidad muy baja en una distancia de varias veces el ancho de la sección transversal de éste, aunque el curso de agua es de todas maneras sinuoso y muestra partes más profundas (pozos), alternándose con partes menos profundas donde el flujo tiene mayor velocidad (rápidos). Estos cauces rectos pueden cambiar su rumbo a causa de acrecimiento o erosión lateral.

Foto 5-46 Ejemplos de cauce recto. Punto 49



Fuente: INGETEC, 2020.

- **Cauces trenzados:** Poseen varios canales y brazos que se entrelazan y separan dentro del cauce principal debido a cambios de pendiente longitudinal y transversal, a incrementos bruscos de carga aluvial durante las avenidas y a la pérdida de capacidad de transporte de material al disminuir la pendiente o el caudal. Los materiales gruesos

se acumulan en barras o puntas que actúan como obstáculos naturales, desviando la corriente hacia uno o ambos lados o taponando brazos.

Esto tiene lugar durante las crecientes, produciendo inundaciones y el súbito abandono de un canal para ocupar otro. Al bajar el caudal, quedan islas de sedimentos que, con el tiempo, pueden estabilizarse y adquirir vegetación permanente.

- **Cauces sinuosos o meándricos:** Los sinuosos presentan una serie de curvas, meandros o cinturones alternados, que le dan al cauce, visto en planta, una forma de S. En general se puede establecer, como punto de referencia, que un cauce se considera sinuoso cuando presenta una sinuosidad mayor de 1,3.

  Se define la sinuosidad como la relación existente entre la longitud del cauce principal (Lt) y la longitud del valle (Lv) o lecho por el cual discurre dicho cauce.

Foto 5-47 Ejemplo de Cauce meándrico. Punto 18



Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.2.4.2. Tipos de Corriente

Se definió el tipo de corriente como permanente, intermitente o efímera. Las corrientes permanentes o continuas son masas de agua que por lo general fluyen en un cauce natural sin interrupción espacio - temporal durante el año hidrológico. Por otro lado, las corrientes intermitentes y efímeras varían de la anterior por la discontinuidad del flujo a lo largo del año. Mientras las intermitentes fluyen en períodos del año (e.g. período húmedo), las efímeras sólo lo hacen en respuesta a eventos de precipitación (Guía técnica para el acotamiento de rondas hídricas en Colombia).

Foto 5-48 Ejemplo de la respuesta de un cauce a un evento de precipitación intensa. Punto 172-A



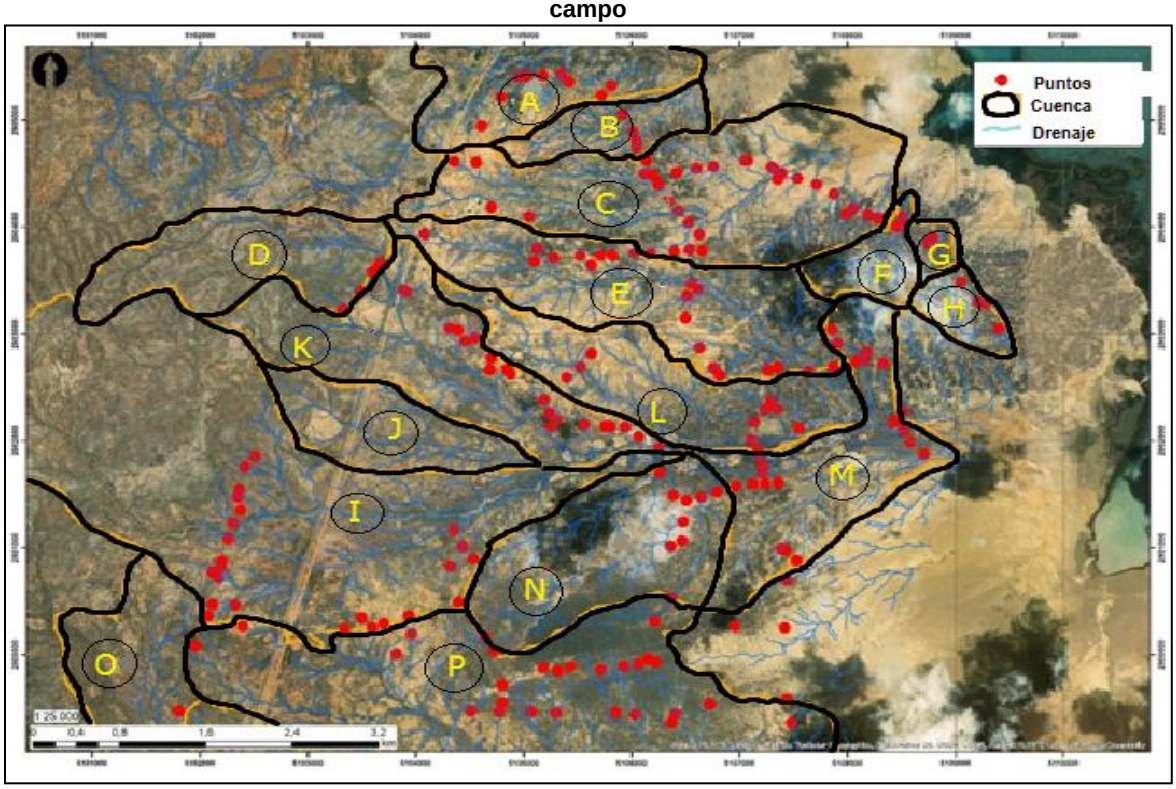
Fuente: INGETEC, 2020.

Se encontró que todos los drenajes de la zona de estudio corresponden a corrientes de tipo efímero, pues ninguna mantiene caudal permanente.

5.1.2.4.3. Geomorfología de los Cauces

Con el fin de realizar la caracterización geomorfológica de los sitios identificados de ocupación de cauce, se realizó un reconocimiento de campo a los sitios de cruce de vías con cursos de agua, en donde se identificó la geomorfología general de los cauces dividiendo el área de análisis en microcuencas hidrográficas (Figura 5-36 líneas de color amarillo) que fueron definidas teniendo en cuenta el criterio geomorfológico de la red drenaje que en cada subcuenca tuvo como drenaje principal un drenaje de orden 3 o 4.

Figura 5-36 Subcuencas hidrográficas del Parque Eólico Casa Eléctrica. En rojo puntos de control de campo



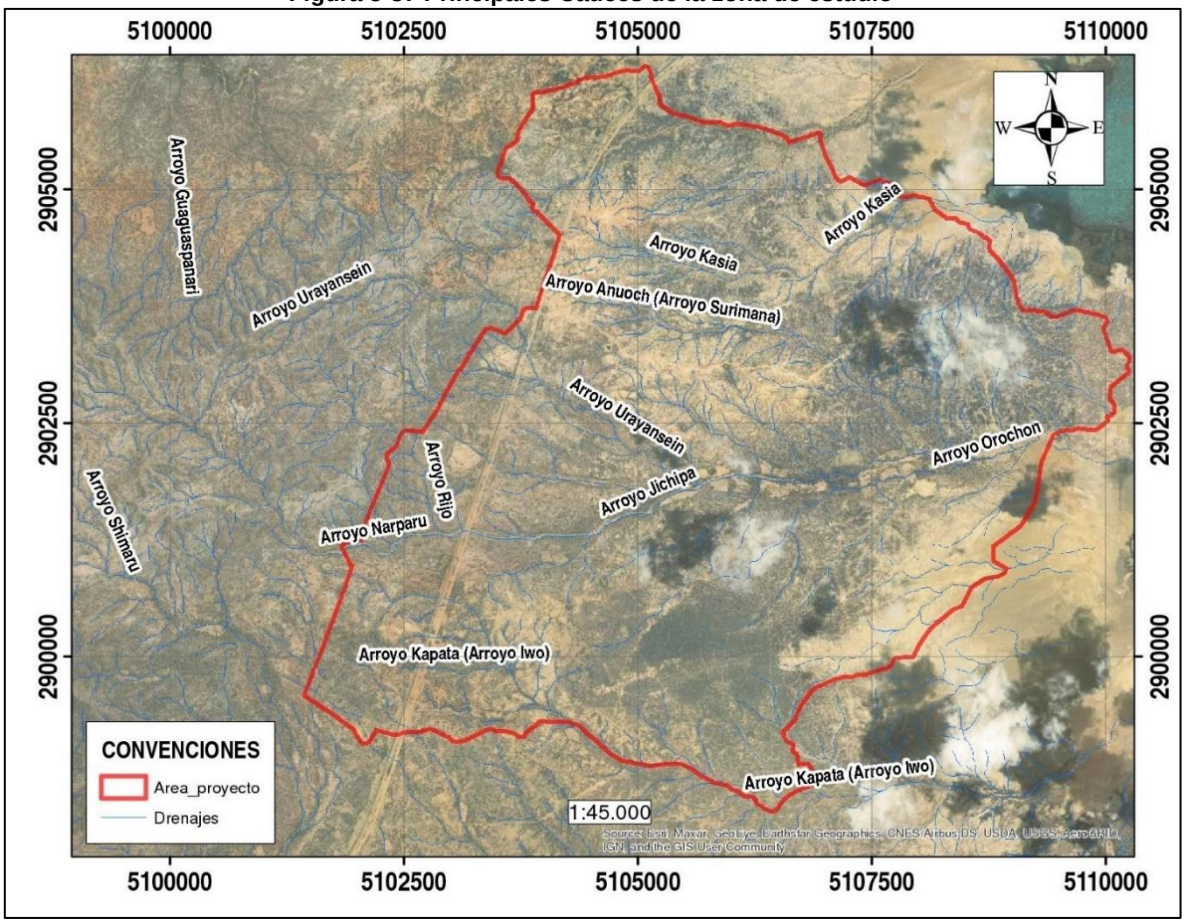
Fuente: INGETEC, 2020.

El análisis geomorfológico por microcuenca permitió identificar que la morfología del lecho de los cauces principales es más amplia de lo que se podría esperar y con pendientes menores, lo que le brinda mayor dinámica en su llanura de inundación.

Este hecho es interesante puesto que algunos de estos cursos de agua se presentan en época de estiaje con delgadas corrientes paralelas compartiendo un mismo lecho de gran amplitud. No obstante, al haber revisado la dinámica fluvial durante un periodo excesivamente lluvioso, se pudo apreciar que los grandes caudales torrenciales después de unos días de alta pluviosidad, ocupan toda la llanura aluvial.

De manera macro se encuentran tres cauces principales: en la zona norte del proyecto el Arroyo Kasia, al sur del proyecto el Arroyo Kapata y en la zona central el Arroyo Orochón, el cual se conforma por los arroyos Jichipa y Urayasein. (Figura 5-37).

Figura 5-37 Principales Cauces de la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2020

A continuación, se muestran las características típicas de algunas sub cuencas de mayor interés en cuanto a la dinámica fluvial. Sin embargo, en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/A-Geofisico/2-Geomorfologia cauces), se encuentra el documento completo con el análisis para cada una de las sub cuencas.

- ✓ Cuenca A

Esta cuenca se localiza al noroeste del área de estudio y hace parte de la comunidad de Kasushi.

En general, sus drenajes corresponden a arroyos propiamente dichos, dadas sus características asociadas a corrientes efímeras de tipo torrencial. Rectos, amplia llanura aluvial y de orden 4 (según Horton). No poseen una banca definida; su lecho está conformado por arenas finas a medias, con algunas arcillas, fragmentos de rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos, filitas), fragmentos de cuarzo lechoso y esporádicos fragmentos de rocas sedimentarias (limolitas, arcillolitas, areniscas) con tamaños que van

desde gránulos hasta en algunos casos bloques, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. Las geoformas dominantes en el lecho de estos arroyos corresponden a parches de arenas, arcillas y de gravas, ripples, dunas, pozos, cúmulos de vegetación, barras laterales e islas (Foto 5-49).

Foto 5-49 Arroyo del punto 5, Cuenca A



Fuente: INGETEC, 2020.

Otros cursos de esta cuenca presentan una vaguada menor a los anteriores. Se han clasificado como caños de acuerdo con sus características de tipo torrencial; son rectos, efímeros, de pendiente media y de orden 2 y 3. Disectan por lo general morfologías onduladas en rocas sedimentarias de edad terciaria de la formación Uitpa.

Otros disectan morfologías más planas en depósitos de llanura de inundación. Sus bancas por lo general son de tipo planar (tendidas) y algunas casi verticales; su lecho está conformado por arenas finas con algunas arcillas, fragmentos de rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos), fragmentos de cuarzo lechoso y esporádicos fragmentos de rocas sedimentarias (limolitas, arcillolitas, areniscas) con tamaños que van desde gránulos hasta en algunos casos bloques, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. Sus lechos presentan geoformas asociadas a la generación de parches arenosos, gravosos y en menor proporción parches arcillosos, con esporádicos cúmulos de vegetación, algunos con escalones y ripples y su característica principal es la erosión por socavación en zonas de curva.

Los cauces clasificados como drenajes menores corresponden a cauces cuya vaguada es mucho menor a la de los caños: por lo general, inferior a un metro de ancho en su lecho.

Son de tipo torrencial, efímeros, de pendiente baja, de orden 1 y se encuentran disectando morfologías bajas en rocas terciarias de la formación Uitpa, así como los depósitos de llanura de inundación.

En general, los lechos de estos cauces están constituidos por arenas finas y gravas de rocas metamórficas y sedimentarias con tamaños gránulos hasta guijarros en algunos casos, esporádicos fragmentos de cuarzo lechoso, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. La forma de las bancas de estos drenajes menores en general, es de tipo planar tendida, aunque en alguno s casos de forma casi vertical, desarrollan geoformas asociadas a parches arenosos y gravosos, mucha vegetación y procesos de erosión como surcos y cárcavas, evidenciados en la Foto 5-50.

Foto 5-50 Drenaje menor del punto 7, Cuenca A



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca B

Esta microcuenca se localiza al noroeste del área de estudio en la comunidad de Kasushi.

Corresponden a arroyos dadas sus características asociadas a corrientes efímeras de tipo torrencial; rectos, generan una llanura aluvial y son clasificados como de orden 4 (según Horton). Poseen una banca casi vertical, de baja sinuosidad.

Las geoformas dominantes en el amplio lecho de estos arroyos corresponden a los parches de arenas, de gravas y bloques aislados, erosión por socavación lateral en curva en las partes sinuosas de estos cauces, como se puede observar en la Foto 5-51 y Foto 5-52).

Foto 5-51 Arroyos del punto 8 recto, Cuenca B



Fuente: INGETEC, 2020.

El punto 10 de esta cuenca y los cercanos, presentan vaguadas menores a los anteriores, por lo que se han clasificado como caños de acuerdo con su bajo caudal. Son rectos, efímeros, de pendiente media y de orden 2 y 3 de acuerdo con Horton. Disectan por lo general morfologías onduladas en rocas sedimentarias de edad terciario de la formación Uitpa, asociadas a arcillolitas abigarradas.

Su banca es casi vertical. Estos lechos presentan geoformas asociadas a la generación de parches arenosos, gravosos y de bloques, además de erosión por socavación en zonas de curva donde el cauce es más sinuoso, como el observado en el drenaje de la Foto 5-52.

Foto 5-52 Caño del punto 10 recto, Cuenca B



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca C

Esta cuenca se localiza al noroeste del área de estudio en las comunidades de Kasia, Kasuchi, Iperrain, Cubamana y Chinchorrito.Los cursos de esta cuenca C, corresponden a arroyos dadas sus características asociadas a corrientes efímeras de tipo torrencial, rectos o trenzados. Conforman una llanura aluvial de mediana amplitud y son clasificados de orden 4 (según Horton).

Poseen una banca que varía entre planar (tendida), casi vertical aquellos con baja sinuosidad y sin evidencia de banca para los de tipo trenzado.

Las geoformas dominantes en el lecho corresponden a parches de arenas, de gravas y bloques aislados, dunas, ripples, barras laterales e islas, cúmulos de vegetación, pozos (huecos) para los de tipo trenzado, mientras que para los arroyos rectos a ligeramente sinuosos se generan parches arenosos, parches de arcillas, de gravas y cúmulos de vegetación, erosión por socavación lateral en curva en las partes sinuosas de estos cauces, como se puede observar en la Foto 5-53.

En la Foto 5-54 se observa la morfología de un caño de esta sub cuenca y en la Foto 5-55 un conjunto de drenajes menores típicos de este sector.

Foto 5-53 Arroyo del punto 16 trenzado de banca compleja. Cuenca C



Fuente: INGETEC, 2020.

Foto 5-54 Caño del punto 15, sinuoso con banca planar (tendida), cuenca C



Foto 5-55 Drenaje menor del punto 18, sinuoso, con banca casi vertical, cuenca C



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca D

Esta cuenca se localiza en las comunidades de Iperrain y Uyarancen. Los puntos visitados corresponden a arroyos dadas sus características asociadas a corrientes efímeras de tipo torrencial ya que provienen de las elevaciones cercanas; rectos a ligeramente sinuosos, abarcan una llanura aluvial y clasificados de orden 4; poseen una banca de tipo planar (tendida) a convexo hacia arriba.

Las geoformas dominantes en el lecho corresponden a parches de arenas, de gravas y bloques, cúmulos de vegetación con desarrollo de socavación lateral en curva en las partes sinuosas de estos cauces, como se puede observar en la Foto 5-56.

Foto 5-56 Arroyo del punto 51 ligeramente sinuoso con banca de tipo convexo hacia arriba, relieve de piedemonte serranía de Carpintero, cuenca D



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca E

Esta cuenca se localiza al norte del área de estudio en las comunidades de Cubamana, Iperrain, Jullarancen y Chinchorrito. De acuerdo con la clasificación de los cauces, en esta cuenca varias corrientes corresponden a arroyos propiamente dichos, dadas sus características asociadas a corrientes efímeras de tipo torrencial, ligeramente sinuosas y trenzadas, que determinan una llanura aluvial y clasificados de orden 4.

Poseen una banca de tipo planar (tendida) excepto en los trenzados.

Las geoformas en los sedimentos del lecho corresponden a parches de gravas y bloques, cúmulos de vegetación con desarrollo de socavación lateral en curva en las partes sinuosas de estos cauces, característicos de los arroyos sinuosos, mientras que los arroyos trenzados incluyen geoformas como las barras laterales, islas, dunas, ripples, múltiples canales, cúmulos de vegetación, parches arenosos y gravosos, como se puede observar en la Foto 5-57 y Foto 5-58.

Foto 5-57 Arroyo del punto 36 ligeramente sinuoso con banca planar (tendida), cuenca E



Foto 5-58 Arroyo del punto 46 de tipo trenzado con banca planar (tendida), cuenca E



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca F

Esta cuenca se localiza al noreste del área de estudio en terrenos de la comunidad de Cubamana. Su principal curso de agua es una corriente efímera de tipo torrencial, trenzado, que ha generado una llanura aluvial y está clasificado como de orden 4. No se evidencia banca en su cauce. Las geoformas en el lecho corresponden a barras laterales, islas, dunas, ripples, múltiples canales, parches arenosos y gravosos, como se puede observar en la Foto 5-59.

Foto 5-59 Margen derecha del arroyo del punto 29 y 152, de tipo trenzado, sin evidencia de banca, Cuenca F



Fuente: INGETEC,2020.

- ✓ Cuenca I

Esta cuenca se localiza al suroeste del área de estudio en las comunidades de Ichipa, Ichicho, Morrenakat y Puchecherat. En ella los puntos identificados corresponden a arroyos, dadas sus características de corrientes efímeras de tipo torrencial, ligeramente sinuosos, rectos y trenzados, abarcan una llanura aluvial y clasificados de orden 4.

Presentan una banca que varía entre planar (tendida), compleja y vertical; disectan morfologías planas en depósitos de llanura de inundación y onduladas en rocas terciarias de la formación Uitpa.

Las geoformas están constituidas por parches arenosos, gravosos, de bloques, pozos, ondulitas (ripples), barras laterales, cúmulos de vegetación.

Se observó socavación lateral por curva en los cauces de tipo sinuoso, como se puede observar en la Foto 5-60 y Foto 5-61.

Foto 5-60 Arroyo del punto 75, sinuoso, con banca planar (tendida) Cuenca I



Foto 5-61 Arroyo del punto 171 ligeramente sinuoso, con banca vertical. Cuenca I



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca K

Esta cuenca se localiza al noroeste del área de estudio en las comunidades de Uyarancen y Chinchorrito.

Teniendo en cuenta la clasificación de cauces, corresponden a arroyos de tipo torrencial, ligeramente sinuosos, rectos y trenzados, abarcando una llanura aluvial con banca que varía entre planar (tendida), casi vertical, vertical y sin evidencia de banca para los aroyos de tipo trenzado; disectan morfologías onduladas en rocas terciarias de la formación Uitpa; su lecho está conformado por arenas finas a medias, esporádicas arcillas, gravas de rocas

metamórficas y sedimentarias, con fragmentos de cuarzo lechoso, cristales de yeso, las gravas poseen tamaños que van desde gránulos hasta bloques, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. Las geoformas dominantes en el lecho corresponden a socavación lateral por curva en los cauces de tipo sinuoso y procesos erosivos tipo surcos y cárcavas, como se puede observar en la Foto 5-62.

Foto 5-62 Arroyo del punto 133, de tipo trenzado, sin evidencia de banca. Cuenca K



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca L

Esta cuenca se localiza en la parte central del área de en las comunidades de Uyarancen y Chinchorrito y Cubamana. (Foto 5-63 a Foto 5-65).

Son arroyos efímeros de tipo torrencial, ligeramente sinuosos, rectos y trenzados, que constituyen una muy amplia llanura aluvial. Se caracterizan por bancas que varían entre verticales a sin banca, donde el drenaje se desplaza sobre su llanura de inundación mostrando un drenaje trenzado.

Disectan morfologías planas en depósitos de cauce aluvial y onduladas en rocas terciarias de la formación Uitpa. Las geoformas dominantes en ellos son bloques, pozos, ondulitas (ripples), barra lateral, socavación lateral en los meandros en los cauces de tipo sinuoso.

Foto 5-63 Arroyo del punto 49, cauce recto, con banca, Cuenca L



Foto 5-64 Arroyo de los puntos 116, cauce recto, banca vertical, Cuenca L



Fuente: INGETEC, 2020.

Foto 5-65 Arroyo del punto 119, cauce recto a ligeramente sinuoso, banca vertical. Cuenca L



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca M

Cuenca que se localiza al sureste del área de estudio abarcando las comunidades de Walerrutshi, Chinchorrito, Amaiserü, Suhuná y Cubamana.

Los puntos identificados corresponden a arroyos que, dadas sus características de corrientes efímeras de tipo torrencial, trenzados, rectos a ligeramente sinuosos, presentan una amplia llanura aluvial y una banca que varía entre planar (tendida), casi vertical, compleja y sin evidencia de banca para los aroyos de tipo trenzado; disectan morfologías planas en depósitos de llanura de inundación y morfologías onduladas en rocas terciarias de la formación Uitpa. (Foto 5-66).

Foto 5-66 Arroyo del punto 112, recto, con banca compleja. Cuenca M



Fuente: INGETEC, 2020.

Su lecho está conformado por arenas finas a medias, esporádicas arcillas, gravas de rocas metamórficas y sedimentarias, con fragmentos de cuarzo lechoso, las gravas poseen tamaños que van desde gránulos hasta bloques, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. Las geoformas dominantes en el lecho están relacionadas con la socavación lateral por curva en los cauces de tipo sinuoso y procesos erosivos tipo surcos y cárcavas.

Foto 5-67 Margen derecha del arroyo en el punto 129, de tipo trenzado



Fuente: INGETEC, 2020.

Foto 5-68 Arroyo del punto 173, de tipo trenzado, sin evidencia de banca, cuenca M



Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Cuenca P

Cuenca que se localiza al suroeste del área de estudio en las comunidades de Jeyutsi, Ichicho, Puchecherat, Walerrutshi, Morrenakat y Uleule.

Los puntos identificados 103, 104 y 131 corresponden a arroyos torrenciales, trenzados y rectos, que generan llanuras aluviales. Presentan bancas que varían entre planar (tendida), vertical y sin evidencia de banca, esta última para los aroyos de tipo trenzado.

Disectan morfologías planas en depósitos de cauce aluvial y morfologías onduladas en rocas terciarias de la formación Uitpa; su lecho está conformado por arenas finas a medias, esporádicas arcillas, gravas de rocas metamórficas y sedimentarias, con fragmentos de cuarzo lechoso, las gravas poseen tamaños que van desde gránulos hasta gravas gruesa, de formas subangulares a ligeramente subredondeados. Las geoformas dominantes en el lecho corresponden a la generación de parches arenosos, gravosos, pozos, ripples, barra lateral, islas, cúmulos de vegetación, socavación lateral por curva en los cauces de tipo sinuoso y procesos erosivos tipo surco y laminar. (Foto 5-69).

Foto 5-69 Arroyo del punto 131, de baja sinuosidad y con banca planar, cuenca P



Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.2.4.4. Hidrodinámica Actual

La dinámica fluvial descrita en detalle en el numeral precedente está ligada a la hidrodinámica que es la expresión de la energía de las aguas sobre el material donde se instalan los arroyos, los caños y los drenajes menores.

Efectivamente, aunque la alta Guajira tiene un clima semidesértico, el hecho de sus altas precipitaciones torrenciales puntuales genera procesos de socavación por la baja consolidación de los materiales y la escasa cobertura de suelos y vegetación. También por su hábito divagante y los cambios de caudal extremos, no se establece una banca o barranco que delimite claramente el lecho de cada arroyo, como se vio en la descripción uno a uno. Esta ausencia de delimitación estable, sin ningún tipo de dique en la mayoría de las corrientes, favorece los desbordes e inundaciones. A continuación, se muestran algunos ejemplos.

- ✓ Procesos de Socavación y carcavamiento

Es muy interesante ver cómo la dinámica fluvial de las corrientes del área de estudio muestra la acción de los episodios torrenciales esporádicos sobre los materiales poco consolidados que predominan en la zona. Las características climáticas extremas a que se ven sometidos favorecen la disgregación de las rocas, no consolidadas en gran porcentaje, de manera que más que de acumulación, el ambiente fluvial en la Alta Guajira es de disección.

Ya se dijo que, como resultado de las inspecciones de campo a los cauces, la mayor parte se clasificaron -en correspondencia con la caracterización Hidrológica de este EIA- como

arroyos; una menor proporción como caños y finalmente, algunos en las partes más altas topográficamente, como drenajes menores.

Aunque todos los cauces identificados corresponden a corrientes de tipo efímero, la identificación de procesos erosivos asociados a la generación de surcos y cárcavas tuvo una representación del 11% del total de sitios evaluados.

Lo anterior demuestra la necesidad de prestar atención a la degradación del material y los cambios de morfometría de los cauces en épocas lluviosas, ya que pueden afectar la infraestructura del proyecto si no está adecuadamente cimentada o protegida de la acción erosiva de las corrientes, incluyendo en este término a los drenajes menores.

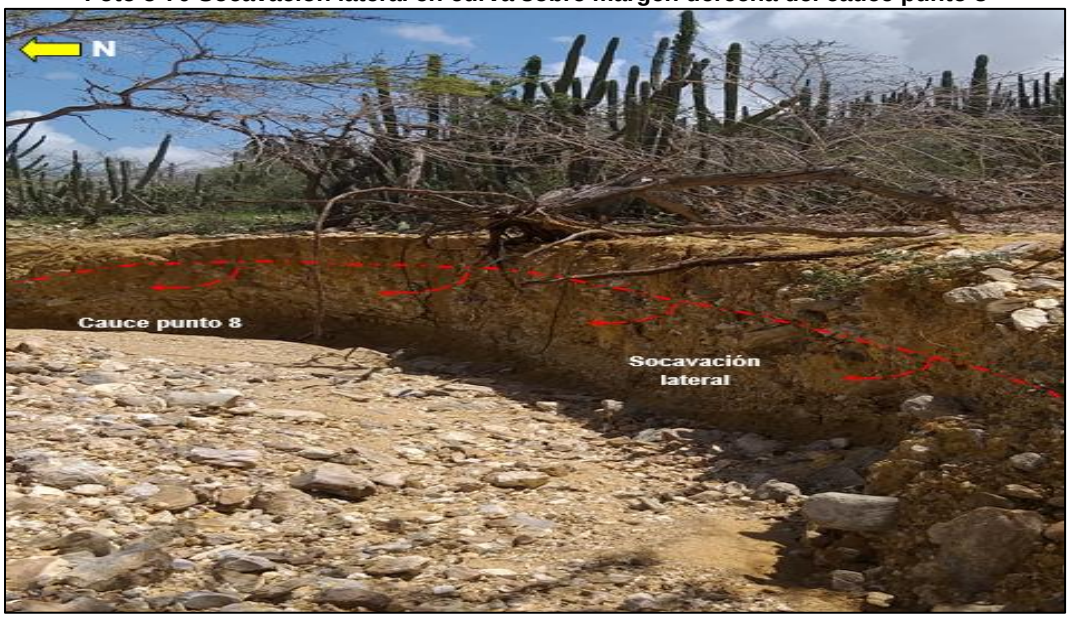
Efectivamente, aunque en condiciones de sequía el material pueda presentar valores de resistencia aceptables, una vez húmedo y además, con la acción de la presión de la corriente, puede ser arrastrado fácilmente o incluso licuarse físicamente bajo la obra. De ahí el cuidado dedicado durante el diseño definitivo del proyecto a retirar cualquier infraestructura del proyecto de la ronda de los arroyos principales y secundarios.

No se evidenciaron usos importantes de los cauces visitados. Únicamente se tuvo registro de dos arroyos (Puntos 116 y 117) y dos drenajes menores (Punto 89 y Punto 145) que alimentaban en temporada de invierno algunos jagüeyes en uso por parte de alguna comunidad.

No obstante, lo anterior, la práctica ancestral consiste en que los jagüeyes se excaven siempre dentro del lecho de los arroyos para garantizar así el flujo subsuperficial que los mantiene en época de verano y provee un desborde en época de invierno.

Se identificaron procesos morfodinámicos asociados al cauce, entre ellos, los relacionados con la ocurrencia de socavación (Foto 5-70), erosión y sedimentación.

Foto 5-70 Socavación lateral en curva sobre margen derecha del cauce punto 8



Fuente: INGETEC, 2020.

Por otra parte, en los puntos denominados 166 y 175 se identificaron zonas de erosión y se corroboró el carcavamiento, como se observa en la Foto 5-71 y Foto 5-72.

Foto 5-71 Punto 166. Procesos erosivos incipientes (surcos y zanjas)



Fuente: INGETEC, 2020.

Foto 5-72 Punto 175 Procesos erosivos de cárcavas y surcos



Fuente: INGETEC, 2020.

En general, después de la antecedente descripción detallada de la morfología y la dinámica de las corrientes en algunas microcuencas del área de estudio, puede destacarse que por razones climáticas la superficie del terreno está totalmente desprotegida pues la cobertura vegetal y edáfica es muy escasa. Igualmente, los niveles de suelo son de poco espesor, porque las rocas y sedimentos se encuentran expuestos directamente a la meteorización generada por los extremos de temperatura y la acción del viento.

Foto 5-73 Arroyo del punto 21 ligeramente sinuoso, banca casi vertical, socavación lateral en su margen izquierda, cuenca C



Fuente: INGETEC, 2020.

De manera similar, el material no opone mayor obstáculo al transporte granular en suspensión, por lo que gravas, arenas y limos son arrastrados fácilmente por las corrientes cuando existe caudal invernal. Esto es notorio en la socavación lateral de la banca en algunos arroyos, proceso que se extrema en las obras civiles como vías y estructuras de

drenaje, tal como se demostró en el análisis de Morfodinámica. Ver Foto 5-74 donde la acción del agua evacuó el material detrás de la obra dejándola desconectada de la tubería de drenaje de la vía y sin funcionalidad.

Foto 5-74 Socavación del terraplén que afectó las obras de drenaje de la vía principal



Este: 5103029.7 m – Norte: 2900822.5 m. 27.2 msnm. 4/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.2.4.5. Amenaza por Inundación

La inundación es el fenómeno natural por el cual una corriente hídrica sobrepasa su lecho menor o cauce, desbordándose en áreas aledañas que pasan a almacenar ese volumen de agua excedente. Por ello, para este análisis fue necesario considerar las características de los arroyos y demás drenajes del área de influencia del proyecto eólico casa Eléctrica que se detallaron en los numerales previos en cuanto a la dinámica fluvial y la amenaza por avenida torrencial. Allí puede verse que gran parte de los arroyos presenta lechos muy amplios que en ocasiones pasan a llanura de inundación sin talud visible, lo que favorece los procesos de inundación, especialmente ante eventos climáticos excepcionales, que no son lo usual en un área desértica como la Alta Guajira.

- ✓ Metodología

Para el establecimiento de las amenazas por inundación en el área del proyecto Casa Eléctrica se utilizó la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN del IDEAM/Centro Nacional de Modelación, 2018.

Según este documento, existen tres tipos de inundaciones: Naturales, Inducidas y Antrópicas (Ver Tabla 5-13). Las inundaciones naturales son básicamente de dos tipos: terrestres, las cuales se presentan cuando las aguas dulces anegan territorios del interior

de los continentes; y litorales o costeras, en las que las aguas marinas o lacustre-palustres invaden los sectores limítrofes con el dominio terrestre.

Tabla 5-13 Clasificación básica de las inundaciones

TIPOS DE INUNDACIONES	NATURALES	TERRESTRES	Vinculadas a la red fluvial	Torrenciales	Crecientes súbitas
				Crecientes lentas	Aumento lento del nivel del agua
				Rotura de presas naturales	Lagos, represamientos naturales
				Obstrucción de cauces	Movimientos del terreno
			No vinculadas a la red fluvial	Endorreismo	Precipitación in situ, aportes a lagos
				Hidrogeológicas	Surgencias, variaciones del nivel freático
		LITORALES	Mareales		
			Olas y ondas		
	INDUCIDAS	Obstáculos al flujo, impermeabilizaciones del suelo, deforestación			
	ANTRÓPICAS	Gestión inadecuada de obras hidráulicas			Desembalses
		Roturas y fugas			Almacenamientos, conducciones

Fuente: DEAM, 2018

En el presente caso, se trata de inundaciones terrestres vinculadas a la red fluvial y de carácter torrencial. De acuerdo con esta metodología se realizó un análisis que siguió las siguientes etapas:

- Susceptibilidad de Inundación
- Evento de Inundación
- Amenaza de Inundación
- Zonificación de Amenaza por Inundación

✓ Condiciones hidroclimáticas generales

La zona presenta un bajo régimen de lluvias, altas temperaturas, alta radiación solar y elevado porcentaje de evaporación, que le confieren un clima seco. Lo anterior ocasiona que muchas de las corrientes hídricas sean de tipo intermitente o efímeras (fluyen únicamente en épocas de invierno) y sus lechos sean profundamente disectados debido a las crecientes violentas de corta duración, con un importante transporte de sedimentos, como se analiza en el numeral correspondiente a Hidrología.

Partiendo de que una inundación se define como la acumulación temporal de agua fuera de los cauces y áreas de desborde de las redes de drenaje, éstas se presentan porque las corrientes superan sus márgenes de estiaje y porque los drenajes superan la capacidad de retención e infiltración del suelo. Estos eventos son propios y periódicos de la dinámica

natural de las cuencas hidrográficas (SNGRD, 2017). Las inundaciones en la zona se relacionan con las temporadas invernales y al paso de fenómenos hidro meteorológicos por el Caribe, situaciones que van a generar un aumento puntual de caudales y el ascenso de los niveles de los cuerpos de agua.

- ✓ Estudios previos

En el departamento de la Guajira se ha determinado que algunos arroyos de mayor representatividad presentan desbordamientos con efectos de anegación en áreas pobladas o productivas, como muestran los análisis realizados por el IDEAM para evaluar las afectaciones asociadas al fenómeno de La Niña (fase fría del ENSO), ocurrido entre julio de 2010 a junio de 2011. Tabla 5-14.

Tabla 5-14 Estadísticas departamento de La Guajira

Eventos Niña		Departamento	Cuerpos de Agua	Zona Inundable Asociada al Evento (ha)	Inundación Adicional del Evento (ha)	Área Total Afectada (ha)
1988	Área (hectáreas)	2.061.936	3.026	707	10.064	13.797
2000		2.061.936	3.026	1.532	7.277	11.835
2011		2.061.936	3.026	9.861	63.287	76.180
2012		2.061.936	3.026	1.741	1.572	6.339

Fuente: IDEAM, 2011.

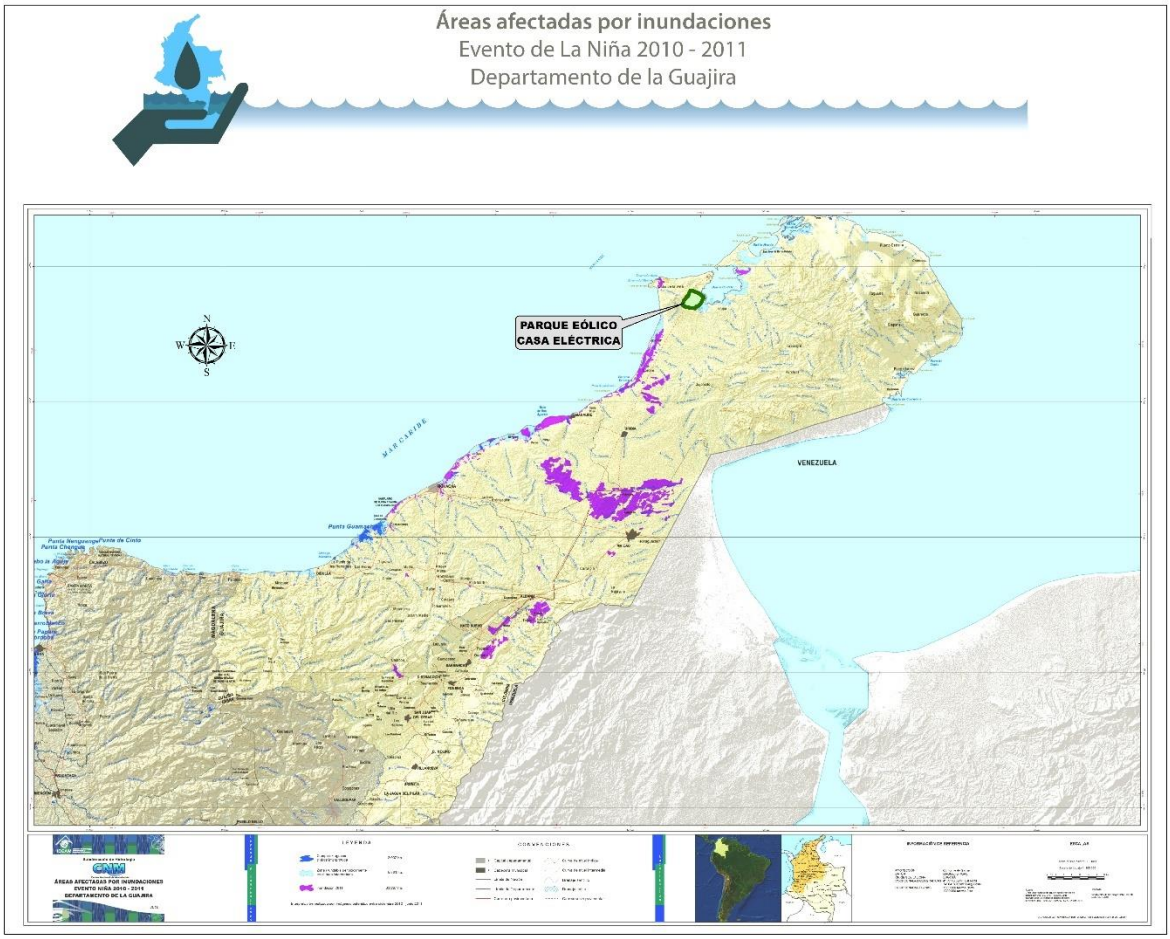
Para el caso departamental, el evento con mayor afectación correspondió al fenómeno de la Niña del año 2011, cuando los cuerpos de agua identificados por el IDEAM para una escala de trabajo 1:100.000, presentaron una extensión territorial de 3.032 ha, abarcando un 0,15% del área del departamento. Se interpretó de los resultados que el 0,15% del territorio, correspondiente a 63.287 hectáreas fueron inundadas por causa del evento hidroclimático.

También durante los años 2010 y 2011 la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), reportó cerca de 268.062 personas afectadas en todo el departamento, es decir, un 13% de la población de La Guajira[34].

Sin embargo, para el evento de la Niña del 2011, el área del proyecto no presentó afectación por inundación hidroclimática como se muestra en la Figura 5-38, lo que permitiría inferir que en situaciones similares al evento hidroclimático originado por este fenómeno, el área de proyecto no se vería directamente afectada.

[34] Memoria Descriptiva Mapas De Inundación Departamento de La Guajira, Escala 1:100.000, IDEAM, 2011.

Figura 5-38 Zonas afectadas por inundación de la Niña del 2011



Fuente: IDEAM, 2011 modificado por AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021

De acuerdo con el Plan Departamental de Gestión del Riesgo de la Guajira de Desarrollo (PDGRD) 2020-2023 del departamento de la Guajira, la subregión de la Alta Guajira que contempla el municipio de Uribia, presenta una Amenaza Alta por inundación y Vulnerabilidad Media (identificado por medio de talleres con CDGRD y CMGRD (Riohacha, La Guajira 2012 citado en PDGRD La Guajira) (Ver Tabla 5-15). Esta clasificación de amenaza y vulnerabilidad se relaciona con los eventos hidroclimáticos y la influencia oceánica de la zona; sin embargo, no existe una clasificación de la amenaza puntual para cada municipio, sino generalizada por subregiones. Por esta razón, se definen zonas de susceptibilidad por inundación y su respectiva zonificación de la amenaza dentro del área de estudio del proyecto.

Tabla 5-15 Nivel de riesgo por inundación municipio de Uribia y Manaure (Alta Guajira)

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Alta	Media	Medio

Fuente: Plan Departamental de Gestión de Riesgo, 2012 citado en Plan de Desarrollo 2020-2023.

Igualmente, según este documento, las inundaciones causadas por eventos hidro meteorológicos se relacionan con el desbordamiento de arroyos en temporada de invierno, agravados por influencia de huracanes que afectan principalmente la zona urbana del municipio de Uribia, generando afectación en vías e infraestructura, y transformando la configuración de la zona costera. Esta situación se agrava por procesos antrópicos como la tala de mangle y relleno de terrenos y arroyos, dragado de drenajes y asentamientos sin estudios técnicos sobre sedimentación, erosión ni procesos de circulación (POT, 2016).

- ✓ Observaciones de campo

Durante los trabajos de campo realizados a finales del año 2020, se evidenció que el área del proyecto fue influenciada por el huracán Iota, el cual pasó muy cerca de la parte norte de la península con vientos de hasta 230 km/h, y a 18 km del archipiélago de San Andrés, que sufrió fuertes daños. Este evento generó que el Municipio de Uribia estuviera en alerta roja por crecimiento súbito de las quebradas el 19 de noviembre de 2020, cuando se reportó inundación que afectó a 280 familias (Condicionens Hidrometeorológicas actuales, Boletín Np. 0971, IDEAM, 2020)

La coincidencia de los trabajos de campo con esta eventualidad climática fue afortunada porque permitió observar el fenómeno de las crecientes, en arroyos que a veces por años se presentan secos e inactivos en cuanto a procesos de inundación y socavación.

En consecuencia, durante este lapso, los arroyos principales adquirieron características torrenciales, incrementando en muchas veces su caudal habitual y causando inundaciones importantes en la población de Uribia y en menor grado en la zona de estudio, como muestra la Foto 5-75, en que el arroyo Surimana afectó terrenos poblados cercanos a su cauce y al terraplén que le intersecta transversalmente.

Foto 5-75 Desborde del Arroyo Surimana sobre la planicie



Orientación S70ºE. Este: 5104044.7 m – Norte: 2903897.7 m. 45.6 msnm. 1/11/2020.
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Esta torrencialidad se evidencia en rasgos geomorfológicos a lo ancho de las llanuras de inundación en los arroyos principales y algunos de los secundarios. Los registros de pluviosidad durante el periodo de monitoreo climático comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, establecieron que la precipitación promedio registrada en las cuatro estaciones fue de 645.90mm; valor que se encuentra atípicamente por encima de la precipitación anual registrada por la estación meteorológica del Aeropuerto Puerto Bolívar, valor de la precipitación media afectada por Iota.

- ✓ Eventos de inundación

Las inundaciones causadas por eventos hidrometeorológicos se relacionan con el desbordamiento de arroyos en temporada de invierno con influencia de huracanes, que afectan vías e infraestructura y transforman la configuración de la costa; situación que se agrava por procesos antrópicos como la tala de mangle, aterramiento o relleno de terrenos, relleno y dragado de arroyos sin estudios técnicos sobre sedimentación, erosión ni procesos de circulación (POT, 2016).

En la base DESINVETAR, para el periodo 1995-2017 los eventos registrados por inundación para el municipio fueron 18, con un total de 3 muertes y 2 desparecidos, 1.071 casas destruidas, 1.641 casas dañadas, 750 personas afectadas de forma directa y 160.920 personas afectadas de forma indirecta (Ver Tabla 5-16).

Tabla 5-16 Reporte de Eventos por Inundación y sus afectaciones para el municipio de Uribia

Año	Eventos	Muertes	Desaparecidos	Casas Destruidas	Casas Dañadas	Número de Personas Afectas Directa	Número de Personas Afectadas Indirectas
1955	1						
1990	6			300			1600
1995	1						
1996	1			3			210
2005	2			618	393		7342
2008	1						12500
2010	3	3	2		116		119666
2012	1			150	620	750	9720
2013	2				512		9882

Fuente: Base de datos DESINVENTAR periodo 1955-2013, 2021 consolidado por AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Históricamente, la amenaza por inundación se presenta a lo largo y ancho de la cabecera municipal en cercanía a cuerpos hídricos, cubriendo 95 hectáreas, de las cuales 59.4 lo son por Inundación Alta, 27.2 por inundación Media -ambas en zonas del barrio San José- y 5.2 hectáreas por inundación Baja con afectación al barrio Esfuerzo Wayuu. Adicionalmente, debe considerarse que la mayoría de las viviendas Wayúu no tienen la capacidad de resistir este tipo de fenómenos, pues están construidas en barro y bareque. Por otra parte, en la zona rural se encuentran vulnerables los corregimientos de Nazaret, Cabo de la Vela,

Carrizal, Sector Cerro de la Teta y Siapana (POT,2016) y (PMD, 2016-2019), algunos de ellos cercanos al área de influencia del proyecto. Sin embargo, en la zona de estudio no se tienen registros de inundaciones históricas, excepto eventos muy recientes evidenciados en la salida de campo realizada a finales del año 2020, con inundaciones súbitas asociadas al huracán Iota. Una explicación para que la población no recuerde inundaciones de importancia en el área del proyecto eólico es que, generalmente no suceden daños a las viviendas, pues las rancherías se encuentran ubicadas en las partes más altas del terreno, en la unidad geomorfológica planicie; es decir, por la poca vulnerabilidad de la escasa infraestructura de la zona.

- ✓ Susceptibilidad de amenaza por inundación

De acuerdo con la Guía mencionada (IDEAM, 2017), la susceptibilidad de amenaza por inundación indica el tipo de inundación (lenta o súbita) y los límites externos para un evento extremo elaborado por la superposición de áreas potencialmente inundables y los usos del suelo u otros parámetros que representen daño potencial. Por tanto, la zona afectada es una superposición de mapas topográficos, imágenes de satélite y mapas de uso del suelo.

A este nivel se utilizó el modelo digital del terreno con el que se generó el mapa de pendientes, que claramente mostró pocos cambios, pues la zona es básicamente plana, con las correspondientes depresiones por donde discurren los drenajes. Se observó que solamente estas franjas y las aledañas serían susceptibles de procesos de inundación, aunque su extensión lateral no estaba definida, pues depende de otras variables que se tratarán más adelante.

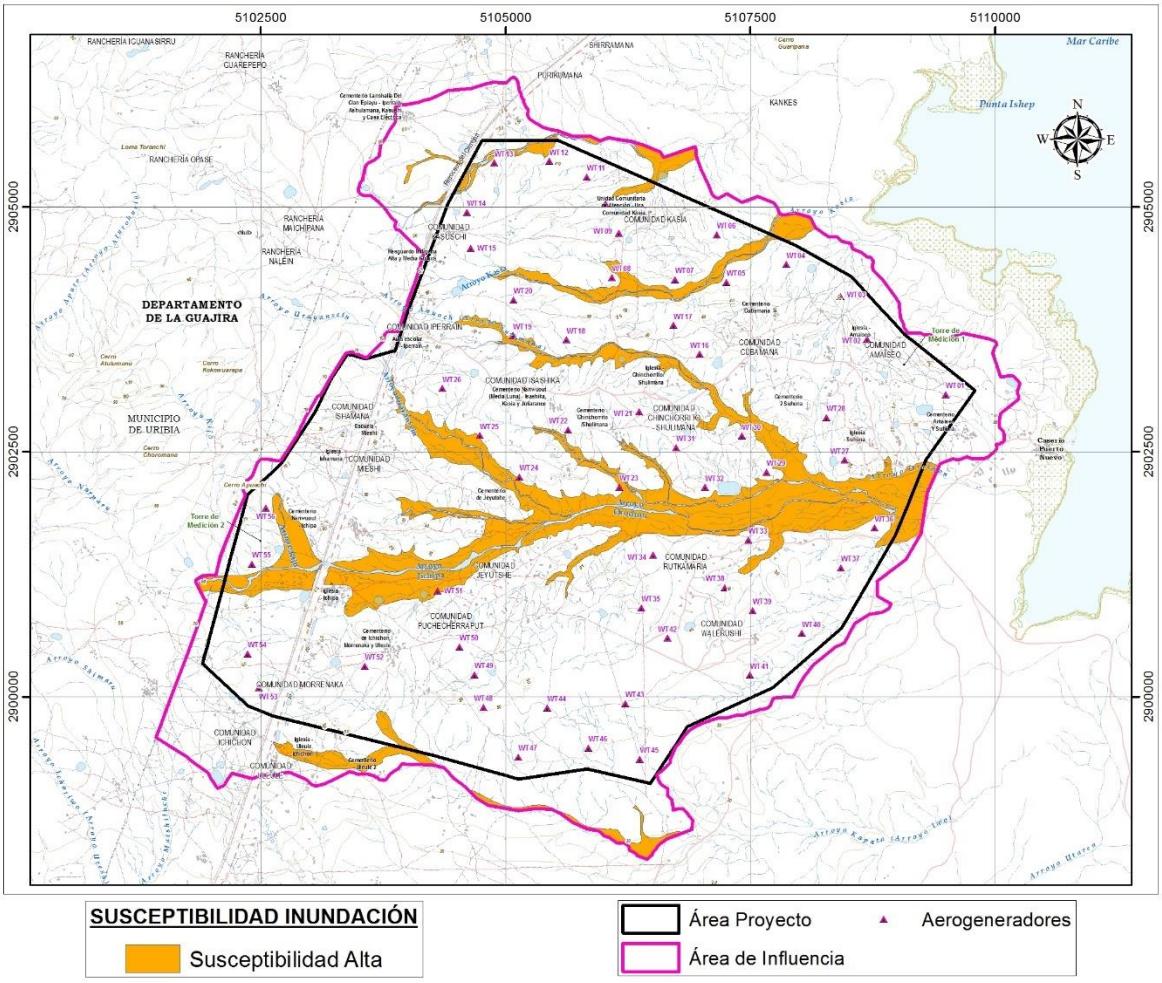
Para el caso específico del área del proyecto Casa Eléctrica, la zona inundable corresponde a las áreas de desborde de los arroyos principales, hecho que fue comprobado en campo en noviembre del año 2020 y cuya delimitación se muestra en el Mapa de Suceptibilidad por Inundación en la Figura 5-39.

Tabla 5-17 Categorías de clasificación de Susceptibilidad

Suceptibilidad	Valoración
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Figura 5-39 Mapa de susceptibilidad a inundación en el área de influencia



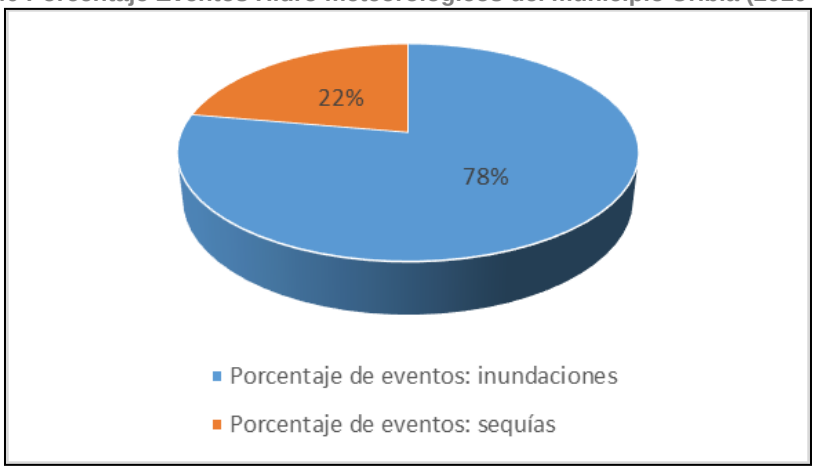
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Se puede apreciar en el mapa que existe una susceptibilidad alta a inundación en los cauces ampliados de los arroyos mayores.

- ✓ Amenaza de inundación

En el Plan de Ordenamiento Territorial (POT, 2016) del municipio de Uribia, la amenaza por inundación se relaciona con eventos marinos y meteorológicos que ocurren en el Caribe y que se han modificado por efecto del cambio climático. Por otra parte, para las estadísticas del DNP 2017, los eventos de inundación constituyen el 78% de los casos hidrometeorológicos en el municipio de Uribia (Ver Figura 5-40).

Figura 5-40 Porcentaje Eventos Hidro meteorológicos del municipio Uribia (2010-2017)



Fuente: DNP Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2017. Base de datos Terridata municipio de Uribia.

Para definir la amenaza por inudación específico para la zona de estudio, se utilizó el mapa de susceptibilidad por inundación generado con la superposición de información geotécnica y de pendientes, que fue elaborado a partir del modelo digital de elevación de la zona de estudio mediante herramientas SIG. Posteriormente se sobrepuso con el mapa de coberturas vegetales que fue fotointerpretado originalmente a escala 1:10.000.

Debe destacarse que las corrientes hídricas principales constan de varios cauces intermitentes que se trenzan y cambian su curso con frecuencia, entrecruzándose e infiltrándose ocasionalmente. De esta forma, cuando existe caudal, el arroyo divaga dentro de la llanura de inundación, que es el límite máximo de desborde, por definición. Los taludes de borde de llanura medidos se encuentran en su mayoría entre los 0,80 y 1,20 m de altura, mientras que la llanura puede tener anchos de hasta 40 metros.

La pluviosidad esporádica, pero de gran magnitud que sucede ocasionalmente, es la generadora de los desbordes de dichos arroyos que pasan a ocupar la totalidad de la llanura de inundación, lo que puede llegar a significar inconvenientes a los pobladores y ocasionales pérdidas de cultivos, puesto que es en las rondas hídricas donde se instalan sus rozas. Efectivamente, los playones de las llanuras de inundación son aprovechados tradicionalmente por la población para agricultura casera de pancoger, por sus tres principales ventajas: humedad aportada por el cauce aún en épocas de sequía (por el nivel freático algo más elevado que en el entorno), material granular limo arenoso y pendiente prácticamente nula.

Se estableció entonces, que la amenaza, que está definida como la probabilidad de ocurrencia o potencial desarrollo del fenómeno de inundación, se limita en este caso al interior de la unidad geomorfológica Llanura de inundación, que es donde se almacenan las crecientes máximas, calculadas en el numeral de Hidrología como las crecientes de 20, 25, 50 y 100 años de periodo de retorno.

En la información detallada sobre caudales máximos en el numeral de Hidrología, se contempla un análisis de precipitación efectiva (precipitación que se convierte en escorrentía directa), teniendo en cuenta la presencia de fenómenos hidrometeorológicos como los huracanes, que aportarían gran volumen de precipitación a la zona de estudio, pero de forma esporádica. Esta relación esta dada a las diferentes variables climáticas y a una concepción de análisis de escenarios.

En el informe de Escenarios de Cambio Climático para precipitación y temperaturas en Colombia (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. 2015) se encuentra que para La Guajira en el periodo 2011-2040 se pueden presentar reducciones de precipitación superiores al X>10% (con una incertidumbre del 0.5 y 2.3%) frente a las demás regiones. En cambio, para el periodo 2041-2070, se preveen leves incrementos en los rangos de disminución de precipitación establecidos para el periodo de 2011-2040, entre el 3 y 5% adicional (incertidumbre del 0.5 y 2.3%) y para el periodo de 2071-2100 las mayores reducciones de precipitación se ubican en La Guajira con disminuciones superiores al X>15%. Estas proyecciones varían de acuerdo con los escenarios de concentración de las emisiones representativas, en donde se establecieron cuatro escenarios climáticos para Colombia y sus departamentos usando los escenarios de forzamiento radiactivo[35]; RCP 2.6 aumento de temperatura 1°C , RCP 4.5 aumento de temperatura entre 1.4°C y 1.8°C, RCP 6.0 aumento de temperatura entre 1.3°C y 2.2°C y RCP 8.5 aumento de temperatura entre 2.0°C a 3.7°C para el periodo 2011-2100.

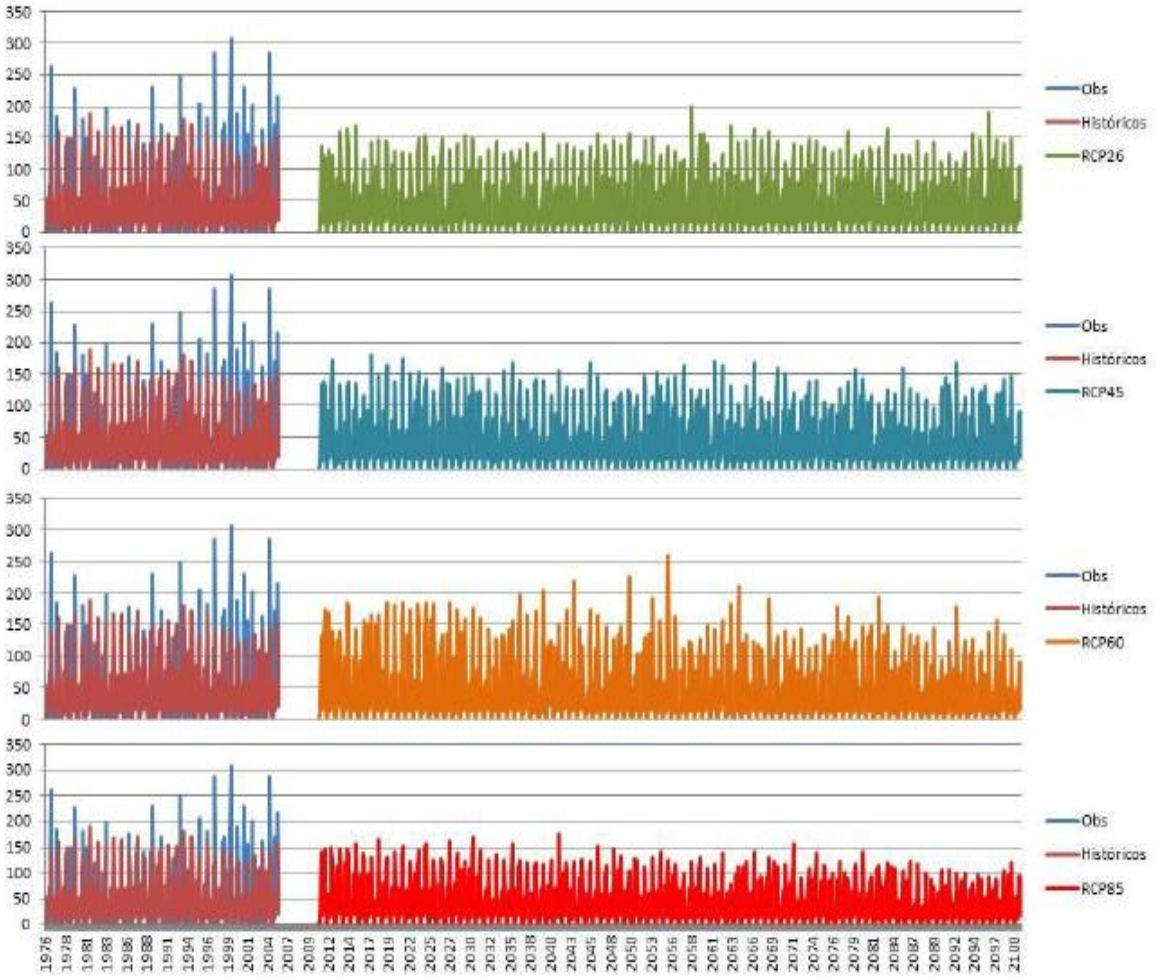
Sin embargo, el aumento gradual de la temperatura del aire en el océano prevee el aumento de frecuencia y duración de huracanes durante los meses de junio a noviembre para la península de La Guajira y aunque no se ha presentado afectación grave en la zona por los huracanes, si es evidente que generan alta precipitación en las cuencas y pueden dar lugar a crecientes e inundaciones. Es por ello que en las proyecciones de máximos caudales se ve un incremento del aporte hídrico en las cuencas, pero que se asocian a fenómenos hidroclimáticos ocasionales.

Es interesante considerar recientes estimativos basados en las proyecciones de cambio climático para diversas zonas del país y que se presentan en la Figura 5-41. En ellos se aprecia que las lluvias para el 2100 serán significantemente más bajas que las observadas y las históricamente registradas.

Las consideraciones hechas al respecto, sin embargo, no tienen en consideración los huracanes, cuya aparición es errática y no puede preverse con mucha antelación, y que pueden o no influir en la amenaza de remoción en masa en el área del parque eólico Casa Eléctrica.

[35] Forzamiento radiactivo: cualquier cambio en la radiación (calor entrante o saliente de un sistema climático).

Figura 5-41 Proyecciones de cambios en la variable de precipitación en la subregión de la Alta Guajira para el periodo 2011-2100 del promedio de los modelos para cada concentración de emisiones representativas (RCP)



Fuente: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCILLERÍA. 2015.

- ✓ Mapa de Zonificación por Amenaza de Inundación

De acuerdo con la guía metodológica utilizada, los mapas de zonificación de inundaciones pueden considerarse mapas de amenaza de inundación con fines de planificación. Las zonas muestran las amenazas existentes, clasificadas en categorías como amenaza baja, media o alta; así, para efectos de este estudio se establecen 5 categorías para clasificar el nivel de amenaza de acuerdo a los criterios de experto.

Tabla 5-18 Categorías de clasificación de Amenaza

Amenaza	Valoración
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3

Amenaza	Valoración
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL S.A.S., 2021

En el caso de Casa Eléctrica se tuvieron en cuenta las siguientes variables para delimitar la zonificación de amenaza por inundación, las cuales están acordes con lo observado en la zona de estudio:

- Litología
- Cobertura Vegetal
- Geomorfología
- Hidrología
- Edafología

A continuación, se analiza la contribución a la amenaza tema por tema y se procede a calificar cada una de las unidades.

Tipo de material. La formación Uitpa es arcillosa, mientras que las demás litologías son clásticas de grano arena a grava; por ello en la primera se favorece la escorrentía, mientras que en las otras se da la infiltración. En consecuencia, como el grado de compactación de las unidades es muy variable, su amenaza a inundación en términos de litología va de muy baja a alta.

Tabla 5-19 Valoración del tipo de material para la amenaza de inundación

Unidad geológica	Descripción	Calificación Amenaza	Valoración
Formación Uitpa	Rocas sedimentarias, valles amplios y colinas suaves (2 a 10 m).	Muy Baja	1
Depósitos coluvio-aluviales	Depósitos cuaternarios, que se originaron por procesos antiguos de remoción en masa en estado húmedo (plástico) en condiciones climáticas diferentes a las actuales.	Baja	2
Depósitos aluviales	Depósitos acumulados en las márgenes y el fondo de los arroyos.	Alta	4
Rellenos Antrópicos	Terraplén construido para la vía férrea.	Baja	2

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-15 de este capítulo se presenta el Mapa de Unidades Geológicas.

Cobertura de la tierra. Las coberturas presentes en el área de estudio y la calificación asignada en relación con su amenaza por inundación se presentan en la Tabla 5-20.

Tabla 5-20 Valoración de la cobertura vegetal para la amenaza por inundación

Cobertura vegetal	Descripción	Calificación Amenaza	Valoración
Arbustal Denso	Vegetación característica de zonas secas, con bajo acceso a agua	Baja	2
Bosque de galería y/o ripario	Se localiza al borde los cauces	Alta	4
Zonas arenosas naturales	Abarca materiales arenosos que no se encuentran asociados a la actividad del rio	Baja	2
Zonas verdes urbanas	Cementerios, alejados de los cuerpos de agua	Baja	2
Ríos (50 m)	Drenajes intermitentes, asociados a las temporadas de invierno	Alta	4
Tierras desnudas y degradadas	Generadas por actividades de erosión natural	Baja	2
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Asociados al terraplén y la vía a Puerto Bolívar	Muy Baja	1
Tejido urbano discontinuo	Viviendas en planicie elevada alejada de las zonas de inundación	Baja	2
Cuerpos de agua artificiales	Jagueyes	Alta	4
Otros cultivos transitorios	Rozas cercanas a cuerpos de agua	Alta	4

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Este parámetro adquiere un valor importante en la posterior zonificación de amenaza por inundación, ya que con el paso del tiempo las actividades antrópicas han ocasionado el cambio de las coberturas, y consecuentemente ocurre degradación del suelo, seguida por meteorización, erosión y desplomes. A medida que se da la degradación de suelo y por ende se generan procesos morfodinámicos, el grado de amenaza a inundación de esta zona va siendo cada vez más elevada.

Geomorfología. En el área de estudio se presentan geoformas, originadas en ambientes fluviales y denudativos y en menor grado, antrópicas. Dichas unidades geomorfológicas corresponden al terraplén, planicies, glacis, llanura de inundación y cauce aluvial que fueron analizadas con las pendientes del área de estudio (Ver Tabla 5-21).

Tabla 5-21 Valoración de geomorfología para zonificación de amenaza a inundación

Unidad Geomorfológica	Descripción	Calificación Amenaza	Valoración
Plano o llanura de inundación (Fpi)	Superficie de morfología plana, eventualmente inundable, generada por los arroyos Kasia, Surimana, Orochón, Jichipá, entre otros	Alta	4
Cauce aluvial (Fca)	Canales de forma irregular excavados por la disección de corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales	Muy Alta	5

Unidad Geomorfológica	Descripción	Calificación Amenaza	Valoración
Terraplén (Ate)	Zona elevada antrópica que sirve de base para la infraestructura	Muy Baja	1
Planicie (Dp)	Pendientes menores al 3%, Presentan drenajes cortos por alta infiltración	Muy Baja	1
Glacis de erosión (Dge)	Superficie de erosión larga, cóncava y suavemente inclinada que en temporada de lluvia ostenta drenajes intermitentes	Baja	2

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-25 se observa el Mapa de Unidades Geomorfológicas en las que se basa la clasificación anterior.

Suelos. Para determinar el aporte del suelo a la amenaza por inundación al terreno se tuvo en cuenta la composición de cada una de las unidades que se encuentran en el área de estudio, la presencia o no de escurrimiento superficial, las limitaciones, el grado de erosión y su origen principal. La calificación asignada para la amenaza por inundación, teniendo en cuenta las unidades cartográficas de suelo, se presenta en la Tabla 5-22. Los valores en la mayoría de lkas unidades obedecen a que son suelos bien drenados donde no se favorece la inundacipon.

Tabla 5-22 Valoración edafológica para la amenaza por inundación

Clase textural	Descripción	Calificación amenaza	Valoración
Sodic Haplocalcids (50%), Typic Natrargids (50%)	Profundos, mediana capacidad de intercambio de cationes, texturas moderadamente finas y medias, drenaje natural bueno, reacción ligeramente ácida a neutra y fertilidad baja, El relieve es plano y ligera a moderadamente ondulado, pendiente 3-7%	Media	3
Typic Camborthids (90%), Sodic Haplocambids (10%)	Profundos, texturas moderadamente finas sobre medias, bien drenados, reacción ligeramente ácida a neutra, fertilidad baja. El relieve es plano y ligera a moderadamente ondulado, pendiente 0-3%, 3-7%	Baja	2
Typic Aquisalids (50%), Calcic Haplosalids (25%), Sodic Haplocambids (25%)	Muy superficiales, drenaje natural muy pobre, texturas finas y moderadamente finas, capacidad de intercambio catiónico alta, reacción ligera a moderadamente alcalina, fertilidad baja. Relieve plano con pendientes entre 0 y 3%	Alta	4
Typic Haplocambids (40%), Typic Torriorthents (30%), Calcic Haplosalids (30%)	Profundos a muy superficiales, texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, bien drenados, capacidad de intercambio catiónico baja, reacción ligeramente alcalina, fertilidad muy baja. Relieve plano a ligeramente inclinado y/u ondulado, pendiente 0-3%	Baja	2
Typic Torrifuvents (100%)	Muy profundos, texturas medias a gruesas, bien drenados, alta a mediana capacidad de intercambio de cationes, reacción casi neutra, fertilidad moderada. El relieve varía de plano a ligeramente plano, con pendientes de 3 a 7%	Baja	2

Clase textural	Descripción	Calificación amenaza	Valoración
Terraplén	Obra civil elevada sobre el terreno	Muy bajo	1
Acumulación de materiales aluviales	Profundos a muy superficiales, texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, bien drenados, capacidad de intercambio catiónico baja, reacción ligeramente alcalina, fertilidad muy baja. Relieve plano-cóncavo	Baja	2

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-23 se presenta la consolidación de las variables establecidas para definir la Zonificación por Amenaza de Inundación en el área de estudio.

Tabla 5-23 Criterios de zonificación de amenaza por inundación específicos para el área de estudio

Variables	Clasificación de Amenaza				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Material (Geología)	No presenta	Depósitos y llanuras aluviales	No presenta	Depósitos coluviales-aluviales Rellenos Antrópicos	Formación Uitpa
Cobertura Vegetal	No presenta	Cuerpos de agua artificiales Cultivos transitorios Bosque de galería y/o ripario Ríos	No presenta	Arbustal Denso Zonas arenosas naturales Zonas verdes urbanas Tierras desnudas y degradadas Tejido urbano discontinuo	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
Geomorfología	Cauce aluvial (Fca)	Plano o llanura de inundación (Fpi)	No presenta	Glacis de erosión (Dge)	Terraplén (Ate) Planicie (Dp)
Edafología (Suelos)	No presenta	Typic Aquisalids (50%), Calcic Haplosalids (25%), Sodic Haplocambids (25%)	Sodic Haplocalcids (50%), Typic Natrargids (50%)	Typic Camborthids (90%), Sodic Haplocambids (10%)Typic Haplocambids (40%), Typic Torriorthents (30%), Calcic Haplosalids (30%) Typic Torrifuvents (100%)	Terraplén

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Para la realización del Mapa de Zonificación por Amenaza de Inundación se realizó superposición de capas (algebra de mapas) con ayuda del programa ARCGIS 10.5. En este sentido, se dieron valores de 5 para la amenaza de inundación muy alta, 4 para amenaza alta, 3 para amenaza media, 2 en amenaza baja y 1 para amenaza muy baja. Categorías que se asignaron a cada una de las unidades de las variables seleccionadas por sus condiciones propias en el área de estudio, según fueron descritas en la Tabla 5-19 a laTabla 5-23. De esta manera, la categoría más alta quedó superpuesta sobre las demás capas, creando así nuevos polígonos integrados entre ellas y generando la zonificación. Los resultados obtenidos fueron los que muestra la Tabla 5-24.

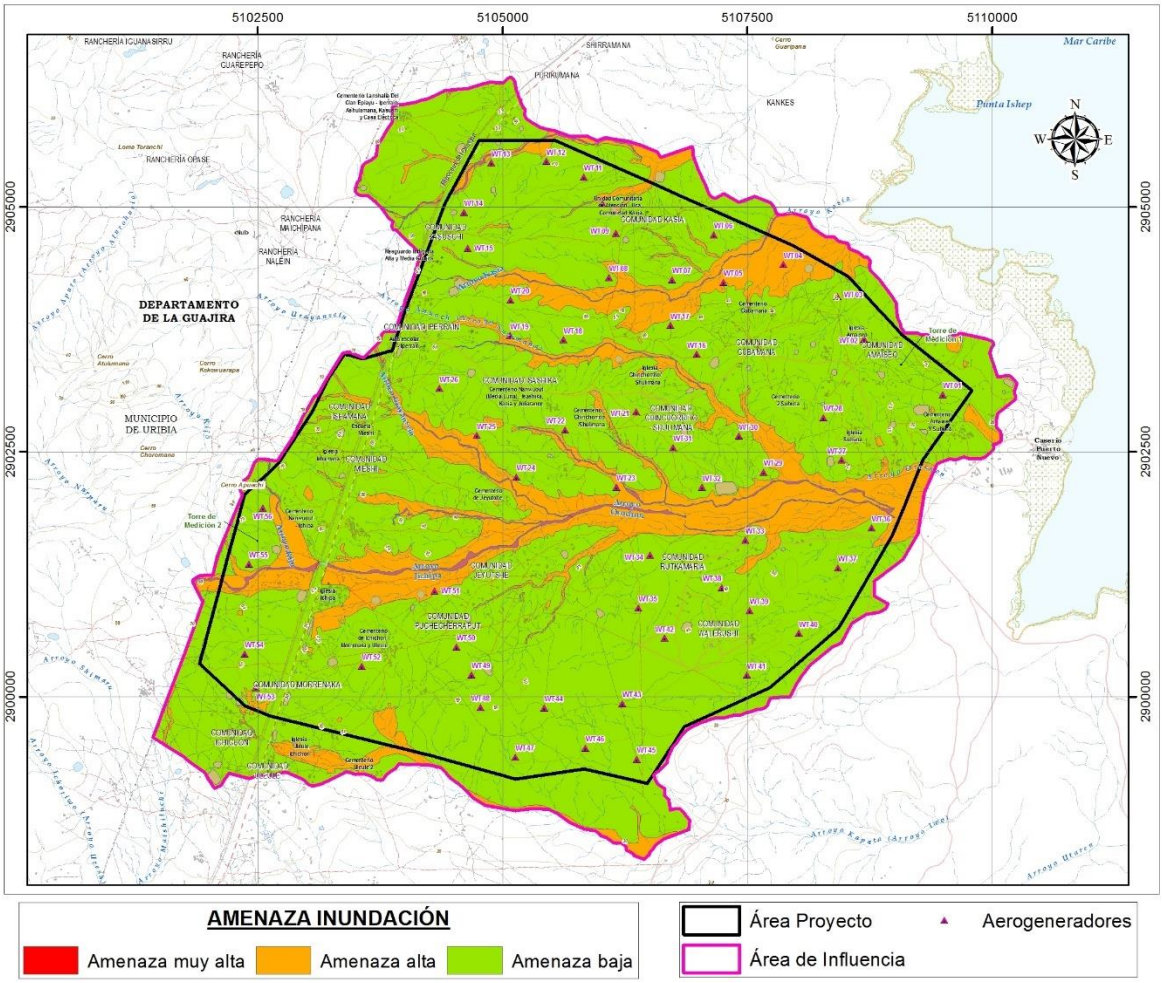
Tabla 5-24 Porcentaje y área de cubrimiento por amenaza de inundación de la zona de estudio

Grado de Amenaza por inundación	AI (Ha)	% AI
Baja	3227,73659	80,80%
Alta	731,473583	18,31%
Muy Alta	35,356724	0,89%
Total	3994,56689	100,00%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

En la Figura 5-42 se presenta la Zonificación final de Amenaza por Inundación para el parque eólico Casa Eléctrica.

Figura 5-42 Mapa de Zonificación de Amenaza por Inundación para el área de estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

La geomorfología fue la variable que tuvo más peso (5) a la hora de identificar la amenaza por inundación (Amenaza muy alta 0.89%). Esto se debe a que la unidad de cauce aluvial se caracteriza por formar canales irregulares dentro de sedimentos aluviales, aunque particularmente, en el área de estudio, estos cauces se encuentran secos la mayor parte del año. El agua fluye a través de ellos en las temporadas de lluvia torrencial, lo que crea arroyos caudalosos de corta duración.

Las áreas clasificadas dentro de la amenaza por inundación alta (18.3%) se relacionan con las variables de geología, cobertura vegetal, geomorfología y suelos, en las que se identificó cercanía a los cuerpos de agua, dependencia de las temporadas de lluvia de la región y morfología baja y plana. Mientras que la zona clasificada con Amenaza baja (80.80%) se caracterizó por presentar formas onduladas con pendientes medias, suelos bien drenados y coberturas de zonas áridas con poca dependencia del recurso hídrico.

En resumen, en la Tabla 5-94 se presenta la descripción de las unidades de Zonificación por Amenaza de inundación del Área de Influencia del Proyecto Casa Eléctrica.

Tabla 5-25 Descripción de las unidades de Zonificación por Amenaza de inundación

Estabilidad geotécnica	Descripción
Muy Alta	Cauce aluvial que se caracteriza por formar canales irregulares dentro de los sedimentos aluviales. Particularmente en el área de estudio estos cauces se encuentran secos la mayor parte del año. El agua fluye a través de ellos en las temporadas de lluvia intensa, lo que genera arroyos caudalosos con procesos de desborde.
Alta	Controlada por las variables de geología, geomorfología y suelos que determinan una franja de ancho variable asociada a los cuerpos de agua, con dependencia de las temporadas de lluvia de la región. Son zonas planas e inundables.
Baja	Dependiente de las variables de geología, cobertura vegetal, geomorfología y suelos, constituye zonas onduladas con pendientes leves, alejadas de los márgenes de los cuerpos mayores de agua, suelos bien drenados y coberturas típica de zonas áridas.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Del mapa de zonificación se puede deducir que la zona con amenaza muy alta por inundación es bastante localizada y con una extensión reducida y bien limitada.

5.1.2.4.6. Amenaza por Tsunamis

El tsunami es un fenómeno relacionado con la tectónica marina y la actividad sísmica de eventuales fallas en la zona costera, que podrían llegar a afectar la Alta Guajira.

Un tsunami es una "*serie de olas producidas por perturbaciones fuertes e inesperadas de una masa de agua, generalmente del océano. En su gran mayoría es producida por sismos en el lecho marino, aunque también se puede producir por erupciones volcánicas, deslizamientos en el lecho de los cuerpos de agua o en sus orillas y menos frecuentemente por la caída de un meteorito" (SNNGRD, 2017).* La primera ola puede no ser la más alta; las demás llegan a la costa con intervalos entre 5 y 60 minutos, fenómeno que puede durar varias horas. Un tsunami es definitivamente una amenaza para la vida y las propiedades y aunque son eventos muy poco frecuentes su potencial de causar daño es muy alto.

Entre los diferentes generadores de tsunamis se encuentran las dislocaciones en el lecho marino producidas por terremotos de magnitud sobre 6.5 en la escala de Richter, magnitud que provoca levantamiento o hundimiento de la corteza causando un desplazamiento súbito de la columna de agua. El 96% de los tsunamis son originados por actividad tectónica, un 3% por erupciones volcánicas submarinas y 0.8% por deslizamientos en el talud continental.

Para el caso particular del municipio de Uribia en la Subregión de la Alta Guajira la Amenaza se origina ante todo por sismicidad de la falla de Cuisa que se describió en el aparte de geología estructural.

Sin embargo, en el Caribe colombiano no ha habido reportes significativos sobre el tema de tsunamis ni estudios de este tipo de amenaza, debido a la baja actividad sísmica que se presenta en la placa marina que pudiera significar probabilidad de sismos generadores de las olas correspondientes.

Sin embargo, según los registros históricos, la zona no se encontraría totalmente exenta de la ocurrencia de este tipo de fenómenos naturales que tienen una acción adversa sobre las actividades productivas, pérdidas económicas y de vidas humanas.

Igualmente, como se vio en la Tabla 5-15 introductoria al tema de amenazas, tomada del Plan Departamental de Gestión de Riesgo, 2012 citado en Plan de Desarrollo 2020-2023, este aspecto es tenido en cuenta en categoría Media en cuanto a amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Se sustenta esto en la Figura 5-43 donde se observan los límites entre las placas tectónicas del Mar Caribe en líneas verdes y en puntos de mayor o menor intensidad los sismos ocurridos hasta el 2017, lo mismo que la ubicación muy cercana a la costa de los sismos recientes que se describieron como ejemplo en el numeral correspondiente a Sismicidad.

Figura 5-43 Riesgo de Tsunamis en el borde Sur de la placa Caribe



Fuente: Anlly Guerrero, Boletín Científico CIOH, 2017.

Allí se evidencia que la península de la Guajira y en general, toda la costa atlántica colombiana tiene una densidad muy baja en cuanto a sismos marinos importantes, pues la placa Caribe se muestra como una unidad íntegra que en su interior no registra actividad tectónica que pudiera ser fuente de tsunamis.

Así, entre las amenazas geológicas que presenta el departamento de La Guajira, se presentan los tsunamis, en la Subregión de la Alta Guajira con calificación de amenaza media de acuerdo con el nivel de frecuencia, intensidad y territorio afectado (Tabla 5-26).

Tabla 5-26 Clasificación de Amenazas por Tsunamis (Alta Guajira)

Calificación de la amenaza de Tsunami/Maremotos para la Alta Guajira (Uribia/Manaure)							
Frecuencia		**Intensidad**		**Territorio afectado**		**Calificación de la amenaza**	
1	Baja	1	Baja	2	Media	4	Media

***Fuente**: Talleres de identificación de amenazas y vulnerabilidad CDGRD y CMGRD, Riohacha- La Guajira 2012, citado en PDGR La Guajira, 2012.*

Dentro del análisis de vulnerabilidad realizado en el PDGR La Guajira (2012) se identificó que la subregión de la Alta Guajira presenta una vulnerabilidad media ante este tipo de fenómenos, entendiéndose por vulnerabilidad como una condición interna de los elementos expuestos y el nivel de predisposición a ser afectados ante la manifestación del evento (SNPD, 2010 citado en PDGR La Guajira, 2012). La vulnerabilidad está evaluada para cuatro componentes: físico, económico, ambiental y social (Tabla 5-27).

Tabla 5-27 Análisis de Vulnerabilidad municipio de Uribia

Amenaza	Vulnerabilidad física	Vulnerabilidad económica	Vulnerabilidad Ambiental	Vulnerabilidad Social	Vulnerabilidad Total
	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Tsunamis / Maremotos	5	8	9	9	31 (VM)

Fuente: PDGR La Guajira, 2012.

Con la relación y clasificación de la amenaza y vulnerabilidad ante el fenómeno de Tsunami, la subregión de la alta Guajira en donde se ubica el municipio de Uribia presenta un nivel del riesgo medio (Tabla 5-28).

No existe reporte oficial de eventos de Tsunami en la costa de La Alta Guajira, sin embargo, existe dentro de la comunidad El Milagro de la Virgen de los Remedios ocurrido el 14 de mayo de 1663, en donde en horas de la noche olas grandes provenientes del mar entraron amenazando la vida de la población, (LGH,2020).

Tabla 5-28 Nivel de riesgo por tsunami municipio de Uribia

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Media	Media	Medio

Fuente: Plan Departamental de Gestión de Riesgo, 2012 citado en Plan de Desarrollo 2020-2023.

✓ Cambios morfológicos recientes

Como resultado de toda la influencia ambiental sobre los procesos geológicos y geomorfológicos, se observan cambios morfológicos recientes en varios aspectos que se enumeran a continuación.

- Evolución costera

La evolución costera de la Alta Guajira fue estudiada por Marín (1992). En ese estudio se discuten los resultados a partir de la división en varios sectores de la Alta La Guajira, de donde se extraen los cambios reportados en estas zonas en los últimos 40 años.

- Migración de la desembocadura de algunos arroyos

En este sentido se caracteriza el depósito anastomosado y el carácter torrencial de sus arroyos, lo que se traduce en que cada invierno los principales cursos de agua modifiquen su cauce y su desembocadura (Marín, 1992).

- Franja litoral entre Punta Aguja y el caserío El Cabo

Los únicos cambios que se registran en el litoral se presentan en las bahías Hondita, Honda y Bahía Portete, ésta última muy cerca al Este del área de estudio, donde la línea de costa está definida por manglares. Allí se está presentando la extinción puntual del manglar, lo que origina cambios en el contorno de la llanura costera y de los salares adyacentes que avanzan en Bahía Hondita y retroceden en Bahía Portete (Marín, 1992).

- Evolución fluvial

La región natural de la Alta Guajira, por estar ubicada en una zona de circulación atmosférica tropical, se caracteriza por presentar un bajo régimen de lluvias, altas temperaturas, alta radiación solar y alto porcentaje de evaporación, caracterizándola como una región de clima seco. Todo lo anterior ocasiona que muchas de las corrientes localizadas en la región de la Alta Guajira se caracterizan principalmente por corrientes del tipo intermitente o efímeras (fluyen únicamente en épocas de invierno), cuyos lechos son profundizados debido a las crecientes torrenciales de corta duración y al transporte aluvial abundante.

Los arroyos que descienden de los macizos guajiros forman cauces anastomosados que en la vertiente norte y nororiental llegan hasta el mar y en la vertiente occidente y suroccidente se evaporan y derraman dentro de los pedimentos (Marín, 1992).

Todo lo anterior le confiere una dinámica muy activa a la zona en cuanto a la posibilidad de instalar infraestructura importante sobre ella. Al respecto, se llama la atención sobre las cimentaciones y obras geotécnicas.

5.1.3. Suelos y Uso del Suelo

En la definición de suelo que ofrece el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1998), el suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa, que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, y que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural.

5.1.3.1. Caracterización de los Suelos

En el presente análisis se toman como referencia los estudios previos de suelos del Municipio de Uribia, en el Departamento de La Guajira. Así, para el área del Parque Eólico Casa Eléctrica, los suelos se describieron según las unidades agrológicas contenidas en el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira, realizado por la Subdirección Agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC con la colaboración de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA en el año 2009, y se ajustaron cartográficamente a la escala presentada para este estudio y de acuerdo con la geomorfología levantada en campo.

Para la descripción de las unidades que comprenden el área de estudio se unificó el código cartográfico de los suelos con respecto a la simbología definida en el estudio de suelo consultado. Las unidades que conforman el área de estudio se resumen en la Tabla 5-29 a continuación, y más adelante son descritas en detalle.

Tabla 5-29 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio

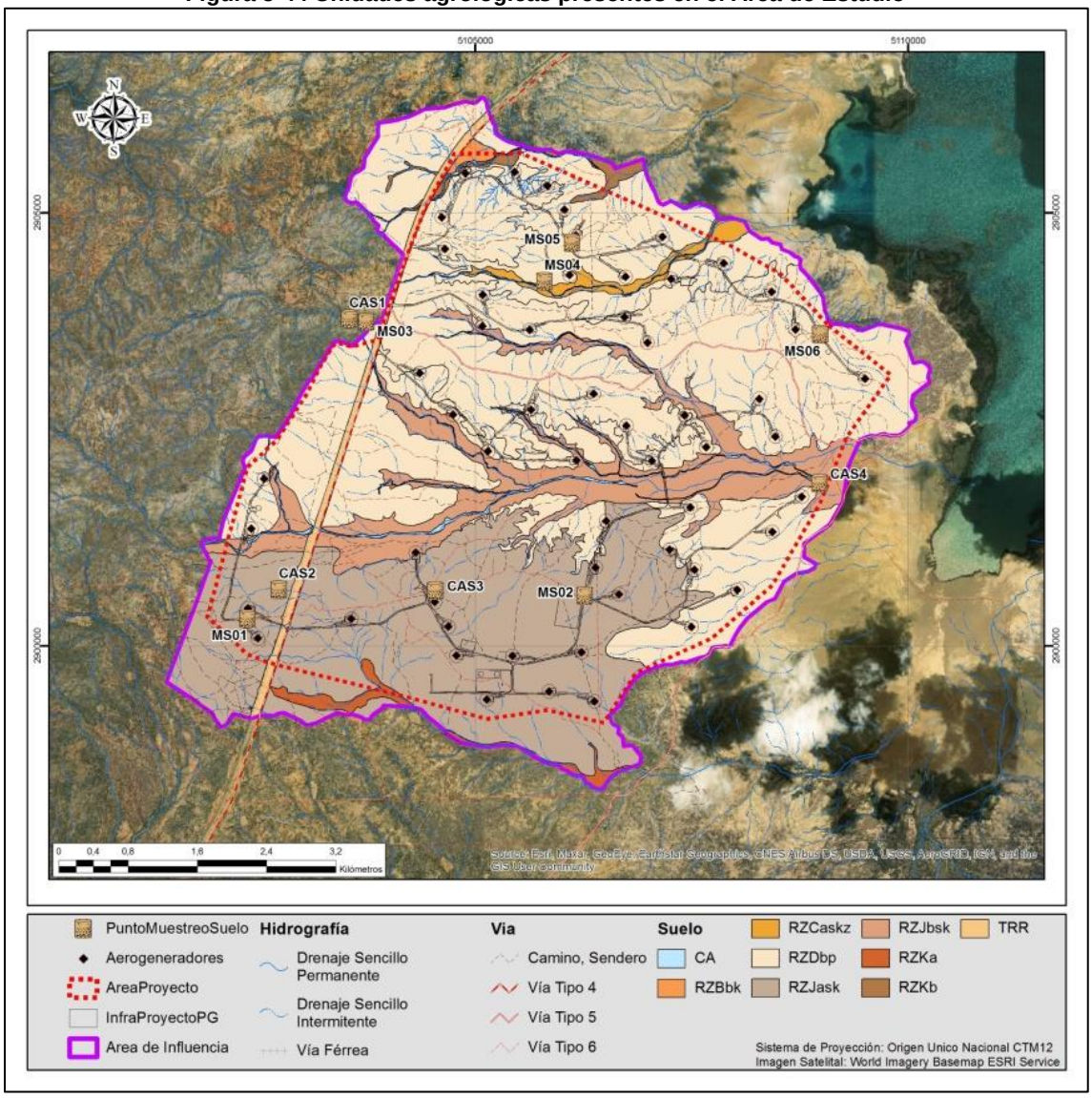
Paisaje	Tipo de relieve	Litología y/o Sedimentos	Unidad Taxonómica	Fase	Símbolo
Planicie Marina	Plataforma de Abrasión	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos	RZB	Fase ligeramente inclinada, pendiente 3-7%, calcárea	RZBbk
	Plano o Llanura de Inundación	Sedimentos salino-sódicos	RZC	Fase ligeramente inclinada, pendiente 3-7%, Salino-Sódico	RZCaskz
	Glacís de Erosión	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mezclados	RZD	Fase ligeramente inclinada y pedregosa, pendiente 3- 7%	RZDbp
Planicie Fluvio-Marina	Terraza y depresión de deflación	Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos sobre capas de arcillas arenosas	RZJ	Fase plana, pendiente 0-3%, salino sódica, calcárea	RZJask
				Fase ligeramente inclinada, pendiente 3-7%, salino sódica, calcárea	RZJbsk
	Vallecito		RZK	Fase plana, pendientes 0-3%	RZKa

Paisaje	Tipo de relieve	Litología y/o Sedimentos	Unidad Taxonómica	Fase	Símbolo
		Depósitos superficiales clásticos hidrogénicos mixtos		Fase ligeramente inclinada, pendientes 3-7%	RZKb

Fuente: IGAC. 2009.

Estas unidades pueden verse espacializadas en la Figura 5-44 y en el Mapa 8. Clasificación agrológica con puntos de monitoreo (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA). A continuación, son descritas en detalle.

Figura 5-44 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

5.1.3.1.1. Asociación Sodic Haplocalcids - Typic Natrargids (RZB)

Geomorfológicamente la unidad corresponde al paisaje de planicie marina y tipo de relieve plataforma de abrasión. El relieve es plano, con pendientes menores de 3%; presenta erosión hídrica y eólica moderada.

Los suelos se han desarrollado a partir de capas de sedimentos calcáreos y arcillosos; son bien drenados; de texturas medias a gruesas; son muy superficiales, limitados por capa salina y saturación de sodio; de fertilidad baja.

La mayor parte de estas tierras se encuentran en arbustos y matorrales con especies de tuna, manca mulo, olivo santo, cardón, guamacho y trupillo.

La unidad cartográfica se compone en un **45%** de suelos **Sodic Haplocalcids** y **45%** de suelos **Typic Natrargids**.

- ✓ Sodic Haplocalcids

Se encuentran principalmente en la parte media de la plataforma de abrasión. Se han derivado de capas de sedimentos calcáreos y arcillosos; son muy superficiales, limitados por capa salina y saturación de sodio; presentan erosión hídrica y eólica, moderada; bien drenados y de mediana evolución.

En general los suelos Haplocalcids tienen una moderada evolución genética, presentan epipedón ócrico y endopedón cálcico que tiene su límite superior dentro de los 100 cm de la superficie del suelo. Las principales limitantes de estos suelos son su escasa profundidad efectiva y escasas lluvias en la zona.

- ✓ Suelos Typic Natrargids

Estos suelos se encuentran principalmente en la parte media de la plataforma de abrasión, derivados de capas de sedimentos calcáreos y arcillosos. Son muy superficiales, limitados por saturación de sodio; presentan erosión hídrica y eólica, moderada; bien drenados y de mediana evolución.

Estos suelos tienen moderada evolución pedogenética y presentan un epipedón ócrico, endopedón sálico o nátrico; régimen de humedad del suelo arídico, lo cual permite justificar la taxonomía. Actualmente estos suelos no tienen ningún uso agrícola, principalmente por las lluvias escasas y los vientos fuertes.

5.1.3.1.2. Asociación Typic Aquisalids, Calcic Haplosalids, Sodic Haplocambids. (RZC)

Los suelos en esta unidad están constituidos por arcillas arenosas, sal, yeso y localmente lodos consolidados de poca profundidad, con redistribución de las sales sódicas (costras blancas); hay procesos de acumulación, decantación, erosión pluvial y deflación eólica

actualmente dominantes. Son susceptibles a sufrir inundaciones por períodos de lluvias largos.

Geomorfológicamente, se le ubica en el paisaje de Planicie Marina, distribuida en las formas de terreno planos de terraza, en topografías planas y pendientes entre 0-3%. La unidad cartográfica se compone en un **50%** de los suelos **Typic Aquisalids**, **25%** de suelos **Calcic Haplosalids** y **25%** de los suelos **Sodic Haplocambids**.

- ✓ Suelos Typic Aquisalids

Son los suelos muy superficiales, limitados por capas salinas y saturaciones de sodio; su drenaje natural es muy pobre, tienen texturas arcillosas, masivos; presentan moderada evolución; son extremadamente salino sódicos y de baja fertilidad.

En general los suelos tienen una moderada evolución genética. Las principales limitantes para el uso de estos suelos son: alta concentración de sales y deficiente pluviosidad.

- ✓ Calcic Haplosalids

Suelos muy superficiales, limitados por capas salinas y saturaciones de sodio; su drenaje natural es imperfecto; tienen texturas franco arcillosas en superficie, pero arcillosas en el resto del perfil;

presentan moderada evolución; son extremadamente salino-sódicos y de baja fertilidad.

- ✓ Suelos Sodic Haplocambids

Corresponde a los suelos de relieve plano, que sufren inundaciones periódicas. Son pobremente drenados, muy superficiales, limitados por la condición del mal drenaje, capas salina y saturación de sodio, texturas arcillosas y de muy poca evolución genética. Se caracterizan por presentar una secuencia de horizontes A-B-C. Los materiales presentan baja capacidad de intercambio de cationes; fertilidad muy baja.

5.1.3.1.3. Consociación Typic Haplocambids (RZD)

Geomorfológicamente, estos suelos se han formado en el paisaje de planicie marina, en tipo de relieve glacis de erosión, en su parte media; el relieve es plano y ligera a moderadamente ondulado, pendiente 0-3, 3-7 y 7-12% con pedregosidad superficial. Los suelos se han desarrollado a partir de capas aluviales con fragmentos gruesos en la superficie; tienen drenaje natural bueno, texturas moderadamente finas y medias, profundidad efectiva profunda, reacción ligeramente ácida a neutra y fertilidad baja.

La vegetación es muy escasa en esta unidad y está representada más que todo por tuna, cardón, guamacho y otras cactáceas. La consociación se compone en un **90%** de suelos **Typic Haplocambids**, con **10%** de inclusiones de **Sodic Haplocambids**.

- ✓ Suelos Typic Haplocambids

Constituidos por margas con cantos residuales de cuarzo en la superficie y caracterizados por presentar antiguos horizontes. En general los suelos tienen una moderada evolución genética; presentan epipedón ócrico, endopedón cámbico que tiene su límite superior dentro de los 100 cm de la superficie del suelo, régimen de humedad edáfico arídico, lo que permitió su clasificación taxonómica. (Foto 5-76).

Foto 5-76 Perfil típico de un suelo Typic Haplocambids en Clima Cálido y Árido



Este: 5.107.173 – Norte: 2.905.115
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.3.1.4. Grupo Indiferenciado Typic Haplocambids y/o Typic Torriorthents y/o Calcic Haplosalids (RZJ)

Los suelos de esta unidad se ubican dentro del paisaje de planicie fluvio-marina y tipo de relieve de terrazas y depresiones de deflación en clima cálido árido. Se han originado sobre capas de arcillas arenosas, margas con cobertura aluvial (de espesor variable), en relieve plano, ligera a moderadamente inclinado y/u ondulado, con pendientes de 0-3, 3-7 y 7-12%. Presentan salinidad.

Frecuentemente, la roca coherente aparece antes de los 100 cm de profundidad. Actualmente existen proceso de disección por arroyos y la acumulación local por desbordamientos de quebradas. Los suelos son muy superficiales y moderadamente profundos, limitados por la presencia de capas salinas, saturación de sodio y contacto lítico; tienen texturas moderadamente gruesas a medias, drenaje natural bien drenado, reacción ligeramente ácida a ligeramente alcalina y fertilidad muy baja.

Actualmente, estas tierras se presentan desnudas o con fuerte degradación química y física, que se traduce en tierras sin uso, cuyo limitante mayor lo constituyen las lluvias

escasas, la fertilidad muy baja y los vientos fuertes. La vegetación natural, como en el resto de las unidades vecinas, es bastante rala y de poca altura y está representada principalmente por cardón, tuna, trupillo, olivo y otras especies xerofíticas.

El grupo no diferenciado se compone en un **40**% de suelos **Typic Haplocambids**, **20%** de suelos **Typic Torriorthents** y el **20%** de **Calcic Haplosalids**.

- ✓ Suelos Typic Haplocambids

Se encuentran en el municipio de Uribia al sur de Punta Taroa; geomorfológicamente se ubican en las cubetas de deflación, dentro de las depresiones de deflación. Se han derivado de materiales aluviales (con presencia de sales y sodio) sobre capas de arcillas arenosas; son superficiales a moderadamente profundos, limitados por contacto lítico a 62 cm; bien drenados; presentan erosión hídrica y eólica en grado ligero.

En general, estos suelos tienen una moderada evolución genética, presentan epipedón ócrico, endopedón cámbico, régimen de humedad del suelo arídico (tórrido), lo que permite justificar la clasificación taxonómica. Las principales limitantes para el uso de estos suelos son: escasa pluviosidad y poca profundidad.

- ✓ Suelos Typic Torriorthents

Suelos ubicados en relieve ligeramente plano, en formas del terreno de cubetas de deflación. Sus características físico-químicas muestran suelos bien drenados, muy superficiales y limitados por capa salina y/o saturación de sodio. Tienen texturas gruesas con presencia de gravilla, cascajo y piedra pequeña redondeada de naturaleza cuarcítica, en alto porcentaje en todos los horizontes, el cual aumenta a medida que se profundiza, a tal punto que impiden profundizar el perfil a más de 120/150 cm. Tiene baja capacidad de retención de humedad y alta macroporosidad. (Foto 5-77).

En general, los suelos tienen una baja evolución genética; presentan epipedón ócrico, sin endopedón, régimen de humedad del suelo arídico (tórrido), características que avalan la taxonomía.

Foto 5-77 Perfil típico de un suelo Typic Torriorthents en Clima Cálido y Árido



Este: 5.104.772 – Norte: 2.901.464
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Suelos Calcic Haplosalids

Suelos de mediana evolución que se localizan en los pequeños glacis de erosión. Son suelos moderadamente bien drenados, muy superficiales, limitados en su uso por la gran cantidad de sales que presentan desde la superficie. Tienen los colores típicos de las margas: pardo amarillento grisáceo y oliva. Las texturas (de campo) son medias en la capa superficial y finas en el resto del perfil. La estructura es más o menos uniforme en bloques subangulares medios a gruesos, débiles, con estructura secundaria también en bloques subangulares medios y de grado débil.

Las principales limitantes para el uso de estos suelos son: lluvias escasas y fuertes vientos.

5.1.3.1.5. Consociación Typic Torrifluvents (RZK)

Geomorfológicamente la unidad corresponde al paisaje de planicie fluvio-marina y tipo de relieve vallecito. El relieve varía de plano a ligeramente plano, con pendientes de 2 a 7%. Los suelos son de baja evolución genética que se han desarrollado a partir de sedimentos aluviales mixtos; son bien drenados; de texturas medias a gruesas; muy profundos y de fertilidad moderada. La mayor parte de estas tierras se encuentran en bosque natural con especies de opoto, atá, guamacho, alía, cardón, olivo santo, manca mulo, trupillo y tuna.

La consociación se compone en un **90%** de suelos **Typic Torrifluvents**.

- ✓ Typic Torrifluvents

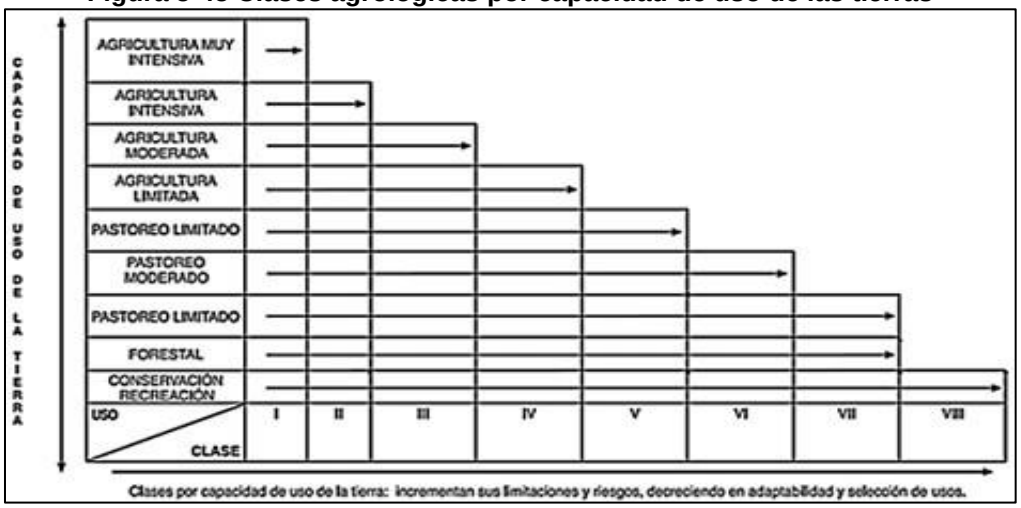
Se encuentran principalmente en los bancos de los vallecitos y en los lechos de los arroyos. Se han derivado de sedimentos aluviales mixtos, son muy profundos y bien drenados. En general, tienen una baja evolución genética; muestran epipedón ócrico, sin endopedón, se ubican en zonas de pendientes de 0-3%, el contenido de carbón orgánico presenta un decrecimiento irregular y tienen régimen de humedad del suelo arídico (tórrido), características que avalan la taxonomía. Las principales limitantes para el uso de estos suelos son: lluvias escasas y fuertes vientos.

5.1.3.2. Clasificación Agrológica de los Suelos

El objetivo principal de esta clasificación es determinar la potencialidad agropecuaria de los suelos, a partir de las características fisicoquímicas y morfológicas, al igual que de factores extrínsecos como el relieve, el clima y las características hidrológicas.

A partir de la información recopilada, se hizo una descripción de cada una de las unidades de clasificación agrológica por capacidad de uso de los suelos. Para tal fin se siguieron las pautas del Sistemas de Evaluación de Capacidades de Uso[36], descrito por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés); en el cual se describen ocho clases agrológicas. Estas clases están representadas por números romanos del I al VIII, con gradaciones descendentes en calidades de suelos, en los cuales la capacidad disminuye a medida que aumenta la numeración (Figura 5-45).

Figura 5-45 Clases agrológicas por capacidad de uso de las tierras



Fuente: IGAC, 2000.

[36] Klingebiel, A.A. & Montgomery, P.H. 1961. Land capability classification. USDA Agricultural Handbook 210. US Government Printing Office, Washington, DC.

La clasificación por Capacidad de Uso es la asignación de Clases, Subclases y Grupos de Manejo que se da a las diferentes unidades de suelos para un uso práctico inmediato o futuro, sobre la base de su capacidad agropecuaria, sin causar su deterioro a largo plazo.

El primer grupo comprende cuatro clases de capacidad, que van de la Clase I a la Clase IV. La Clase I es considerada la mejor y se supone que carece prácticamente de limitaciones, las cuales aumentan de la II a la IV.

El segundo grupo está integrado por las Clases V y VI, y sus limitaciones aumentan progresivamente de la V a la VI.

El tercer grupo consta solo de la Clase VII y agrupa suelos apropiados generalmente para la explotación forestal.

Por último, el cuarto grupo consta solo de la Clase VIII y presenta tales limitaciones que son inapropiadas para fines agropecuarios o de explotación forestal.

También existen subclases, las cuales agrupan los suelos que tienen factores similares de limitaciones y riesgos y se designan por una o varias letras minúsculas descritas a continuación:

- **t:** topografía con pendientes muy heterogéneas y/o abruptas
- **e:** susceptibilidad a erosión o erosión presente.
- **h:** exceso de humedad en el suelo e inundaciones.
- **s:** limitaciones en la zona radicular, debido a limitaciones físicas y/o químicas.
- **c:** limitaciones climáticas como bajas temperaturas, exceso de nubosidad y déficit o exceso de lluvias Clase por capacidad de uso de las tierras.

Con base en lo anterior, los suelos presentes en el Área de Influencia se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 5-30 Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio

Unidad Agrológica	Aspecto limitante	Clasificación Agrológica	Área de Ocupación (ha)	Porcentaje de Cobertura (%)
RZKa	Clima	VIIc	37,07	0,93
RZKb			27,55	0,69
RZDbp			2235,63	55,97
RZBbk	Suelo y Clima	VIIsc	8,79	0,22
RZJask			1117,15	27,97
RZJbsk			423,31	10,60
RZCaskz			44,20	1,11

Fuente: IGAC, 2009.

Puede apreciarse entonces, que todos los suelos del área pertenecen a la Clase VII; por ser suelos con problemas de profundidad efectiva y estar en climas áridos donde existen déficit de humedad en ambos semestres del año.

5.1.3.3. Uso Actual de los Suelos

Para esta zona se encontraron las siguientes coberturas bajo la metodología de *Corine Land Cover (2010)*, delimitadas mediante fotografías aéreas e información secundaria obtenida del Plan de Básico de Ordenamiento Territorial de Uribia (2001). A dichas coberturas, las comunidades que hacen vida en la región, les han dado un uso particular conforme a los suelos en las cuales se encuentran y estos usos son descritos a continuación:

5.1.3.3.1. Descripción de los Usos Actuales de los Suelos

- ✓ Uso Agrícola

La agricultura en el área de estudio se realiza a pequeña escala, en cultivos transitorios intensivos (**CTI**) como maíz (Foto 5-78) y algunas cucurbitáceas como, por ejemplo, ahuyama (Foto 5-79). Estos usos son solo posibles en épocas lluviosas, cerca de fuentes hídricas y con especies que presentan poca profundidad radicular.

Foto 5-78 Cultivos de Maíz en el Área de Estudio



Foto 5-79 Cultivo de Ahuyama en el Área de Estudio



Este: 5103205.25 m – Norte: 2900763.59 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Uso Agroforestal

Estas zonas, dentro del área de estudio están ocupadas por combinaciones de Pastos y Vegetación arbustiva como cardón, tuna, trupillo y otras especies xerofíticas (Foto 5-80). Se clasifican dentro del mapa de Usos del Suelo con el nombre de Sistemas Silvopastoriles (**SPA**). En algunas ocasiones son visitadas por pequeños rumiantes (ovejos y chivos), pero esto no es frecuente, ya que son áreas sin delimitación; es decir, al no estar lo animales limitados por cercas que los confinan a un espacio particular, la permanencia de estos es un mismo sitio es muy corta.

Foto 5-80 Combinación de Pastos y Arbustos en el Área de Estudio



Este: 5100987.73 m – Norte: 2898861.40

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Área de Conservación

Las áreas de conservación no presentan uso definido ya que hacen parte de zonas con suelos degradados y arenales (Foto 5-81) donde por la naturaleza de los suelos, solo se les puede destinar para la conservación. Se presentan en el mapa de Usos de Suelos como **CRE.**

Foto 5-81 Zonas arenosas naturales



Este: 5106683.49 m – Norte: 2904855.20 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Asentamientos humanos

El área de estudio actualmente se encuentra poblada de manera dispersa con viviendas aisladas (Foto 5-82 y Foto 5-83) y rancherías, representadas en el mapa como **RES**.

Foto 5-82 Vivienda en el Área de Estudio



Foto 5-83 Estructura típica de las viviendas



(Izq) Este: 5101855.88 m – Norte: 2901831.76 m; (Der) Este: 5101187.60 m – Norte: 2900001.66 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Uso Forestal

En esta categoría de uso se encuentran los relictos de bosques de galería encontrados al margen de los cuerpos de agua lóticos (Foto 5-84). Dentro del mapa de usos del suelo se identifican como **FPR** (sistema forestal protector).

Foto 5-84 Relictos de Bosque de Galería



Este: 5102857.88 m – Norte: 2900877.51 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Cuerpos de Agua

Se dividen en dos categorías: los cuerpos de aguas naturales (**CAN**) y los artificiales (**CAA**). El primer grupo lo conforman los arroyos, entre los que se destacan el Jashina, el Narparhu y el Kasia (Foto 5-85). Por otra parte, los cuerpos de aguas artificiales están constituidos principalmente por los Jagüeyes, estanques excavados por las comunidades para el

almacenamiento de agua durante los largos meses de sequía (Foto 5-86) y que tienen extensiones que oscilan, aproximadamente, entre 0,2 y 2 hectáreas.

Foto 5-85 Cuerpo Lótico



Foto 5-86 Cuerpo de Agua Artificial para almacenamiento de agua



(Izq) Este: 5107097,7 m – Norte: 2901685,4 m.; (Der) Este: 5107780.32 m - Norte: 2902802.07 m

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

- ✓ Infraestructura de Transporte

Son las áreas donde existe presencia de vías. Dentro del área se encuentra la carretera principal que comunica Uribia con Puerto Bolívar (Foto 5-87); paralela a ésta, se encuentra la vía férrea que transporta carbón del Cerrejón a dicho puerto (Foto 5-88). De la misma manera, existen vías secundarias y terciarias que comunican las casas y rancherías.

Foto 5-87 Vía Principal



Foto 5-88 Vía de Ferrocarril

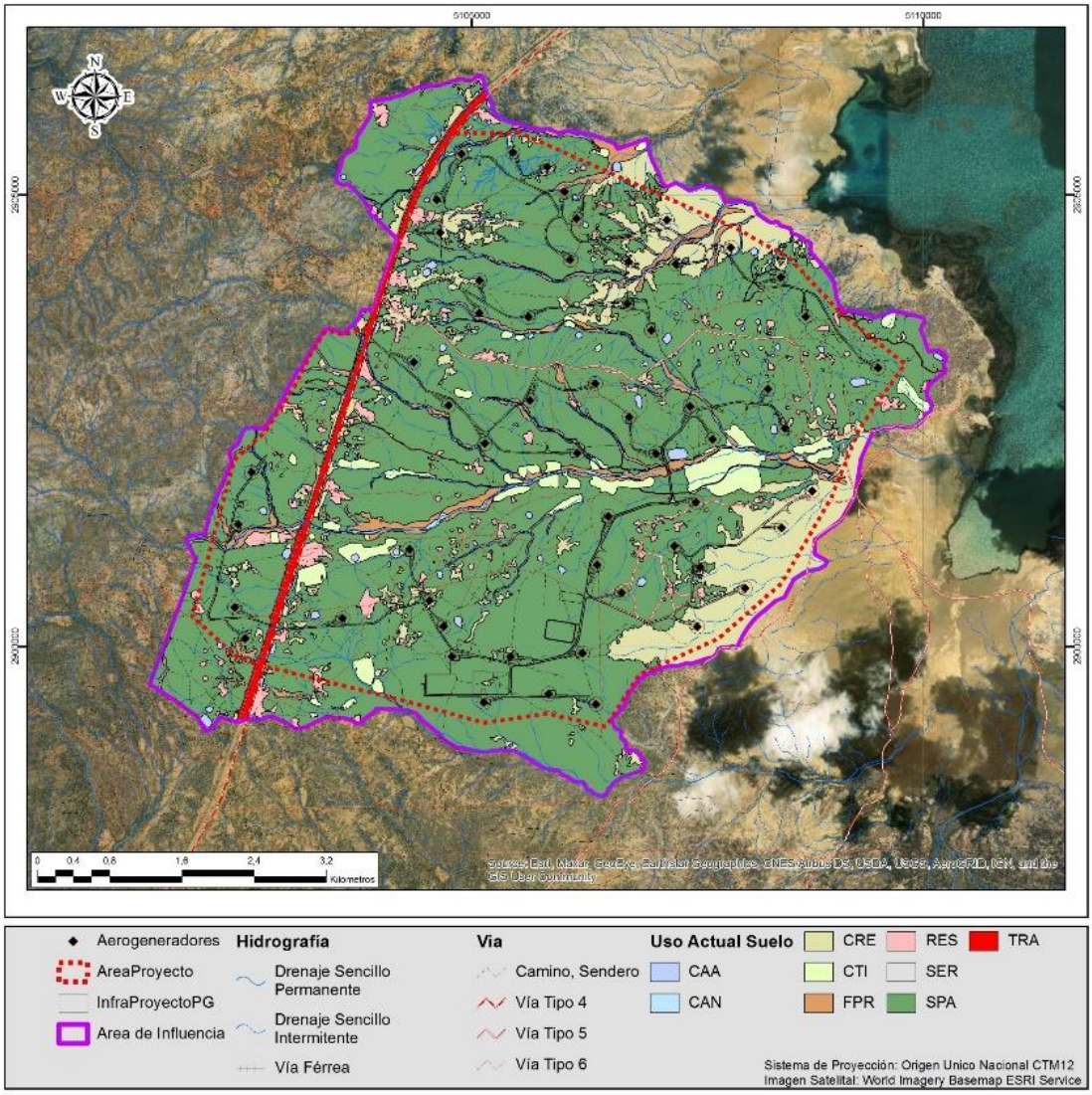


(Izq) Este: 5101723.82 m - Norte: 2900804.98; (Der) Este: 5101435.72 m – 2900742.94 m.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

La Figura 5-46 y el Mapa 9. Uso actual del suelo (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) muestra espacialmente como están distribuidas estás clases de Uso agrológico.

Figura 5-46 Unidades de Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

El uso dominante del suelo es el Silvopastoril, ocupando una extensión de 2949,74 hectáreas; lo cual representa un 73,84% del área de estudio.

5.1.3.4. Uso Potencial del Suelo o Capacidad de Uso Agrológico

El uso potencial de las tierras se define como el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales[37].

[37] Alcaldía de Venadillo, Tolima. 2004. EOT Municipio de Venadillo.

La capacidad de uso de la tierra tiene en cuenta las características y cualidades del suelo que permiten obtener homogeneidad en cuanto a clima, geomorfología, materiales parentales y suelos y así extrapolar resultados para la zonificación y ordenamiento territorial.

Para este estudio se tomaron aquellas características que por su importancia determinan la aptitud y la vulnerabilidad del suelo frente a las principales actividades humanas que en él se ejecutan. En la Tabla 5-31, se agrupan las actividades principales a las que pueden ser dedicados los suelos de la zona.

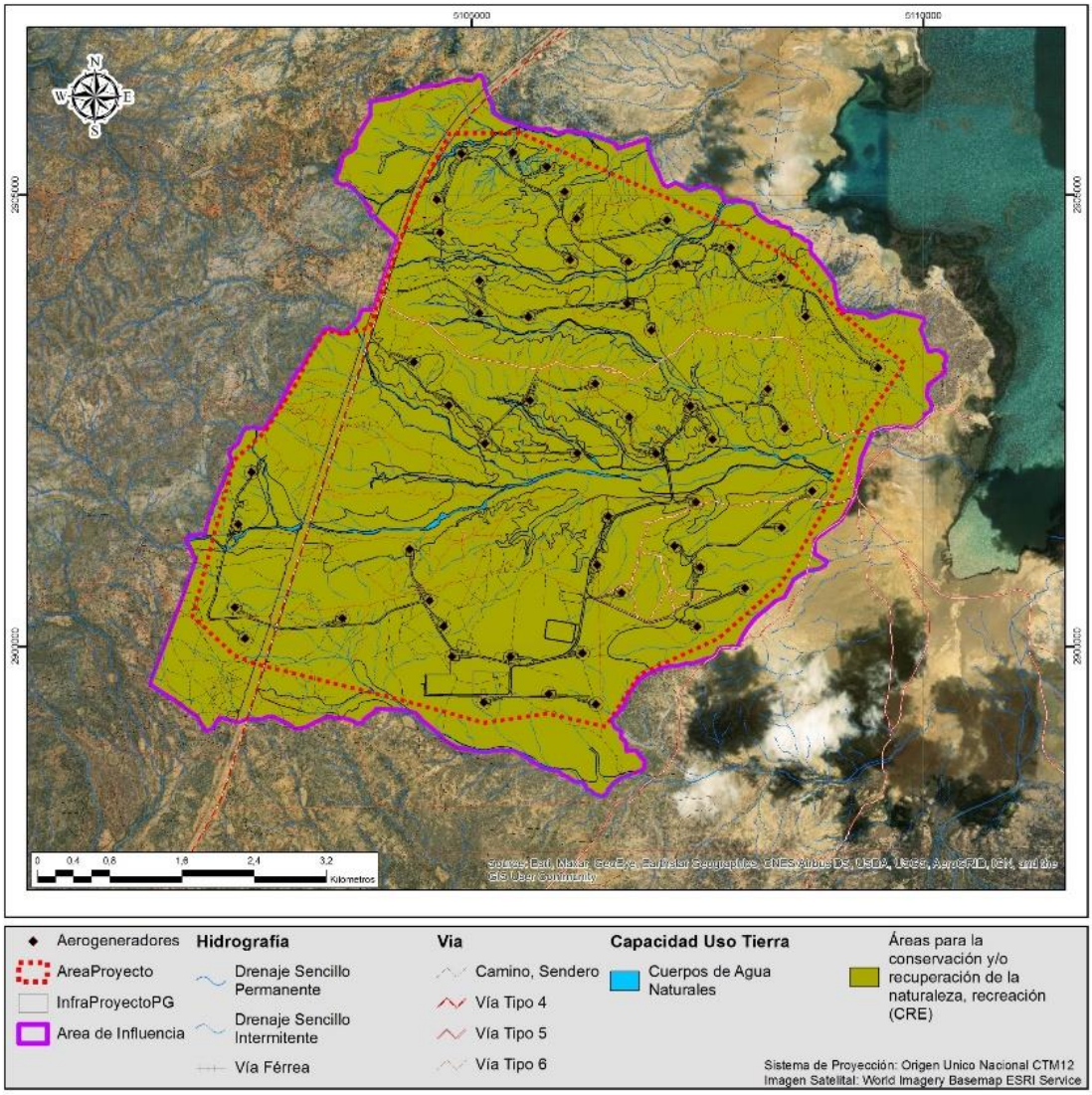
Tabla 5-31 Unidades de Capacidad de Uso del Suelo presentes en el área de estudio.

Capacidad de Uso Principal	Nomenclatura	Descripción	Área (Ha)	Cobertura (%)
Áreas para la Conservación y/o Recuperación de la Naturaleza	CRE	Clima cálido árido, relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado; suelos muy superficiales y moderadamente superficiales, bien drenados, texturas gruesas a moderadamente finas, reacción moderadamente alcalina y fertilidad moderada a baja. Precipitaciones muy escasas durante los dos semestres del año, vientos fuertes, evaporación intensa, moderada salinidad y sodicidad, arenas inestables, arcillas compactadas. Algunos suelos son muy superficiales. Estos suelos se deben destinar principalmente a la Protección y Conservación de los ecosistemas y la vida silvestre. También pueden ser aprovechados para el ecoturismo y la recreación donde las condiciones lo permitan.	3959,21	99,11
Áreas ocupadas por Cuerpos de Aguas Naturales	CAN	Son área ocupadas naturalmente por los drenajes importantes (arroyos y ríos) que solo aparecen en época de lluvia	35,36	0,89

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

Considerando lo anterior, el Uso Potencial de los Suelos o Capacidad de Uso en la zona, consistió en delimitar unidades de tierras con limitaciones y vocaciones similares, de tal manera que puedan recibir el uso más razonable de acuerdo con las características físicas del recurso y con el desarrollo socioeconómico de la región. En este sentido se espacializaron estas unidades como se muestra en la Figura 5-47 y en el Mapa 10. Uso potencial del suelo (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

Figura 5-47 Unidades de Capacidad Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

5.1.3.5. Conflictos de Uso del Suelo

Para saber si una actividad que se realice sobre un tipo o unidad de suelo, generaría degradación o no en él, o si por el contrario la actividad determinaría un desaprovechamiento en su uso, se estableció una estructura compuesta por tres clases de conflictos, dos de ellas subdivididas en tres intensidades, de acuerdo con la mayor o menor discrepancia en el uso que presentan las combinaciones de pares (Capacidad de Uso versus Uso Actual) incluidas en la clase de Conflicto. Las clases corresponden a evaluaciones que permiten establecer el uso adecuado (sin conflicto), conflicto por

subutilización y conflicto por sobreutilización; cada uno calificado por su grado de intensidad: ligero, moderado, severo.

5.1.3.5.1. Tierras Sin Conflictos de Uso o Uso Adecuado (Símbolo USA)

Bajo este título se califican las tierras donde el agro ecosistema dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras. Esto sucede en el área de estudio al enfrentar el uso potencial predominante (Áreas para la Conservación y/o Recuperación de la Naturaleza) con los usos actuales mayoritarios encontrados donde no existe sobre utilización del suelo

5.1.3.5.2. Conflictos por Sobreutilización (Símbolo SO):

Sobreutilización es la calificación dada a las tierras donde el uso actual dominante es más intenso que la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas. En estas zonas, los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, haciéndolos incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles inherentes a la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social.

En la zona de estudio se encontraron tres sub zonas caracterizadas por diversos niveles de sobreutilización (ligera, moderada y severa), resultantes de la combinación del uso potencial con usos como por ejemplo Agrícola Intensivo.

5.1.3.5.3. Conflictos por Subutilización (Símbolo SU)

Subutilización es la calificación dada a las tierras donde el agro ecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con el uso potencial principal o los usos compatibles.

Esta categoría no se encontró en el área de estudio, ya que los suelos no presentan una capacidad de uso elevada que permita su subutilización; por ejemplo, un suelo con capacidad agrícola intensiva al ser usado en pastoreo extensivo se considera subutilizado, este no es el caso.

La Tabla 5-32, muestra las superficies cubiertas por las categorías de conflictos hallados en el área.

Tabla 5-32 Unidades de Conflictos de Uso del Suelo presentes en el área de estudio

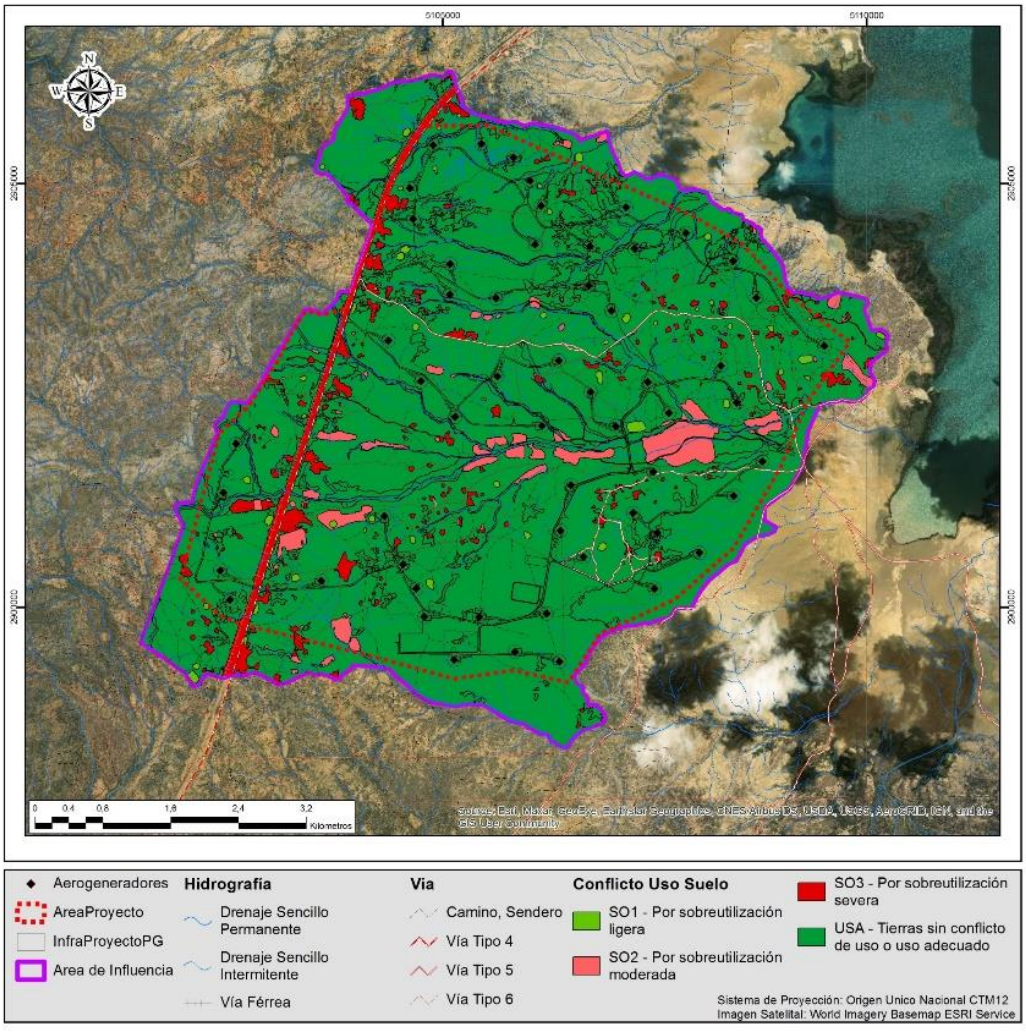
Tipo de conflicto	Nomenclatura	Área de estudio	
		Área (ha)	Cobertura (%)
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	USA	3650,02	91,37
Sobreutilización ligera	SO1	27,98	0,70
Sobreutilización moderada	SO2	128,85	3,23

Tipo de conflicto	Nomenclatura	Área de estudio	
		Área (ha)	Cobertura (%)
Sobreutilización severa	SO3	187,72	4,70

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

En la Figura 5-48 y en el Mapa 11. Conflictos de uso del suelo (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA), se puede notar que el área se encuentra usada adecuadamente en la mayoría de su extensión y solo un pequeño porcentaje con algún tipo de sobreutilización.

Figura 5-48 Unidades de Conflictos de Uso del Suelo presentes en el Área de Estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

En conclusión, el área de estudio, según lo analizado en este numeral, presenta usos adecuados en un 91,37%. En cambio, los conflictos por sobreutilización comprenden un 8,63%. Lo anterior sucede ya que en la zona se tienen zonas donde el suelo ha sido alterado para construcción de vía férrea, vías y construcción de cuerpos de aguas artificiales.

Los porcentajes anteriormente mostrados se realizan considerando los usos permitidos por el Plan Básico de Ordenamiento del municipio de Ubibia; los cuales se presentan a continuación según el Artículo 57 de dicho documento.

✓ Usos principales:

- Cría de animales en forma extensiva.
- Cría de animales en forma confinada o estabulizada.
- Cría de ganado vacuno y equino.
- Cría de ganado porcino.
- Cría de ganado ovino y caprino.
- Cría de conejos y aves.
- Cría de animales domésticos.
- Cría de peces
- Cría de abejas.
- Cría de anfibios y reptiles.
- Producción de leche.
- Producción de huevos.
- Producción de pieles.
- Producción de miel.
- Producción de humus y abonos orgánicos.
- Servicios de recolección, lavado, empacado.
- Servicios de selección, descaramiento y desgrane.
- Servicios de esquila de ganado.
- Servicios de asistencia técnica.
- Residencial: Vivienda del tenedor ó propietario y del agregado, asociada a predios productivos.

✓ Usos compatibles

- Silvicultura: Viveros de árboles forestales: nativos, no nativos (fijadores de nitrógeno)
- Plantación, repoblación y conservación de bosques.
- Servicios de diversión, esparcimiento y hospedaje.
- Escuelas de equitación.
- Eco-hoteles.
- Agroturismo y ecoetnoturismo.
- Residencial: Vivienda aislada y agrupada en centros poblados, Vivienda de recreo.

✓ Usos compatibles permitidos con restricción (Estos usos deberán obtener una licencia ambiental).

- Explotación Minera. Extracción de piedra, pizarra y cascajo, Extracción de arcilla, Extracción de material de arrastre, Extracción de minerales aluviales.
- industria manufacturera de productos alimenticios, Pesca, preparación y conservación de carne, Matanza de ganado, preparación y conservación de carne, Fabricación de productos lácteos, Envasado y conservación de legumbres y frutas,

Cultivo de pescado y otros animales de agua dulce y/o salada, Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales, Productos de molinería, Elaboración de productos alimenticios diversos.

- Elaboración de alimentos preparados para animales, Destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas.

5.1.3.6. Resultados y Análisis de los Monitoreos de Suelos Ejecutados

5.1.3.6.1. Estado Actual de los Suelos desde el Punto de Vista Fertilidad y Presencia de Metales Pesados.

Lo presentado a continuación tienen como objetivo principal determinar las características fisicoquímicas de los suelos presentes en el área de influencia. Los anterior se realiza siguiente las establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización -ICONTEC o las que las modifiquen, sustituyan o deroguen: NTC 4113-1, NTC 4113-2, NTC 3656, NTC 3934, NTC 1522, NTC 4508, NTC 4711, entre otras. La Tabla 5-33, muestra los puntos de monitoreo realizados en el área.

Tabla 5-33 Coordenadas de los puntos de monitoreo de suelos

ID Punto	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional (CTM12)	
	Este	Norte
MS01	5.102.365,30	2.900.313,87
MS02	5.106.263,53	2.900.578,49
MS03	5.103.742,24	2.903.739,89
MS04	5.105.796,31	2.904.206,99
MS05	5.106.113,55	2.904.652,38
MS05	5.108.982,30	2.903.595,08
CAS1	5.103.541,09	2.903.773,40
CAS2	5.102.731,28	2.900.649,11
CAS3	5.104.538,43	2900635,8146
CAS4	5.108.976,75	2901875,2014

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2020.

El análisis de estos monitoreos presentados se encuentra desarrollado en su totalidad en los resultados de laboratorio respectivos a cada punto de muestreo. Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/B-Suelo/1-Monitoreos). De la misma manera, los puntos de monitoreo presentados en la Tabla 5-34, pueden verse espacializados en la Figura 5-49 y en el Mapa 8. Clasificación agrológica con puntos de monitoreo (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

Tabla 5-34 Resultados de los análisis realizados a las muestras de suelos.

Parámetros	Unidad	MS01(S)	MS02(S)	MS03(S)*	MS04(S)	MS05(S)	MS06(S)	CAS1*(I)	CAS2(I)	CAS3(I)	CAS4(I)
Capacidad de Intercambio Catiónico	Cmol (+)/Kg	12,1	16,7	10,9	10,9	11,5	7,41	2,04	2,04	17	8,7
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	4,57	3,19	3,36	4,49	1,67	1,97	75,06	7,60	5,87	71,77
pH	Unidades	7,45	8,29	7,2	7,94	7,12	7,99	7,9	5,7	7,7	7
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	0,17	0,165	0,808	0,29	2,04	0,072	4,9	0,54	2,2	42,9
Magnesio Intercambiable	meq/100g	1,49	0,88	4,36	0,75	9,28	1,08	0,76	0,22	2,5	14
R.A.S.	-	2,31	1,32	1,45	2,25	0,27	0,471	9,01	2,48	4,06	16,75
Potasio Total	mg/Kg	0,17	0,3	0,16	0,13	0,52	0,71	0,01	0,15	0,49	0,22
Materia Orgánica	%	0,02	0,68	0,47	0,1	2,46	1,14	0,03	0,31	1,38	0,36
Fosforo Total	mg/kg	17	10	7	6	2	7	30,2	2,5	16,3	6,6
Textura	Clase	Franco Arenoso	Franco Arcillo Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco Arenoso	Arenoso	Arenoso Franco	Franco - Arcilloso	Franco Arenoso
Arena	%P/P	65,03	49,4	71,17	71,81	47,56	73,37	98	81,9	41,3	52,9
Limo	%P/P	18,11	21,05	9,2	14,74	28,84	18,82	0,6	12,6	26,4	45,6
Arcilla	%P/P	16,86	29,55	19,63	13,45	23,6	7,81	1,4	5,5	32,3	1,5

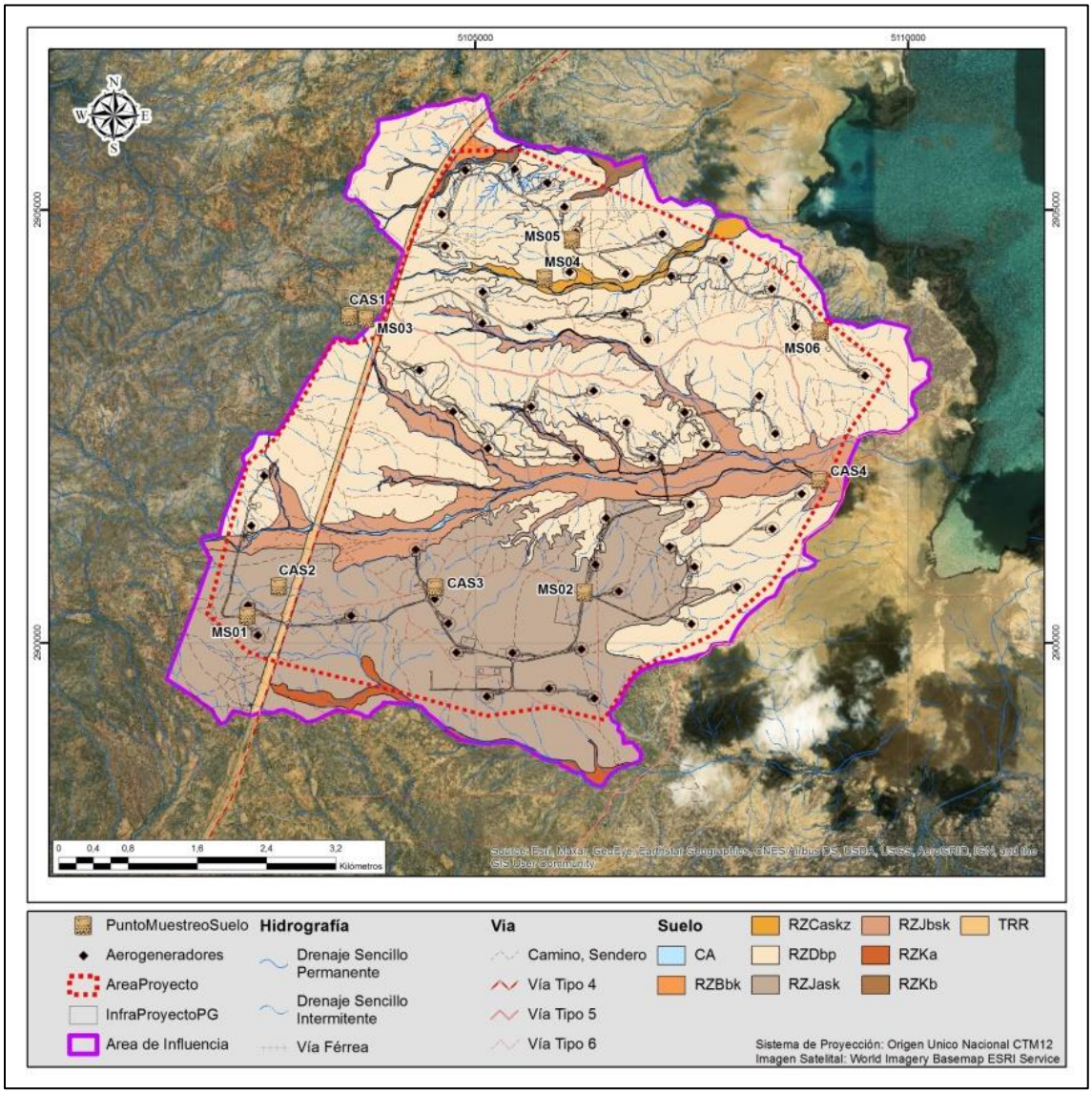
** Esta muestra no hace parte del Área de Influencia, sin embargo, los resultados obtenidos de estos sitios de muestreo, disminuyen el grado de incertidumbre al momento de describir los suelos desde una perspectiva fisicoquímica. Por lo anterior, estos sitios de monitoreos se incluyen en la cartografía (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) y en este informe.*

(I) Resultados generados por el Laboratorio de Suelos del IGAC en el año 2016

(S) Resultados generados por el Laboratorio SGS en el año 2020

Fuente: IGAC (2016), SGS (2020).

Figura 5-49 Puntos de Muestreo realizados en las Unidades agrológicas presentes en el Área de Estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

Los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica realizada en los suelos del área de influencia permiten afirmar que:

- La Capacidad de Intercambio Catiónico, influenciada por la presencia de cationes registran valores Moderados a Bajos (17 – 2,04 cmol/Kg), lo cual evidencia una Moderada a Baja capacidad de intercambiar nutrientes cuando estos están presentes.
- Los resultados arrojados por las mediciones del pH muestran que son suelos que se encuentran en el rango Ligeramente ácidos a Moderadamente Alcalinos; estos últimos con mayor contenido de Sodio que les brida esta característica.

- En congruencia con lo anterior, los suelos con un pH más elevado exhibieron Porcentajes de Sodio Intercambiable elevados. Lo mismo ocurrió con la Relación de Adsorción de Sodio, don los suelos más alcalinos tuvieron RAS más elevados que los suelos con tendencia a la Acidez o Neutralidad. Lo anterior indica que son suelos con potencial de alcalinizarse y un alto potencial de sodificación.
- En relación a las bases cambiables como Magnesio, Potasio y Fósforo, se pudo evidenciar que la disponibilidad de los mismos es moderada a Baja, afirmando así que la fertilidad del suelo moderada a baja.
- En cuanto a la textura se puede afirmar que el área de estudio presenta suelos de texturas moderadamente gruesas a medias, ya que existen una combinación entre arenas, limos y arcillas donde predomina la primera.

Toda la información contenida en este numeral está sustentada por los resultados presentados por los laboratorios en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/B-Suelo/1-Monitoreos).

5.1.3.7. Análisis del Estado de Degradación de Suelos (Erosión, Salinización, Desertificación)

5.1.3.7.1. Erosión

El objetivo del presente numeral es calcular la erosión a través de la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (USLE). La erosión es un fenómeno ligado a la evolución fisiográfica de la corteza terrestre, que a través de su acción lenta y efectiva ha contribuido a esculpir el relieve terrestre, desde antes de que las civilizaciones humanas iniciasen su actividad. (López, 1988).

La remoción de la capa superficial del suelo debido a la erosión provoca efectos en las características físicas y químicas del suelo, produciendo reducción en la infiltración del agua y disminución de almacenaje de la misma.

La USLE es un modelo diseñado para predecir la cantidad de pérdida de suelo por escurrimiento en áreas específicas bajo determinados sistemas de manejo y cultivos. (Wischmeier y Smith, 1978). La USLE se expresa, en el sistema métrico internacional, como:

$$\boldsymbol{A = R * K * L.S * C * P}$$

Donde:

A, es la pérdida de suelo en t/ha. año.

R, es el factor erosividad de la lluvia en Mjmm/ha. año.

K, es el factor erosionabilidadd el suelo en (t/ha)/(Mj.mm/ha.h)

L, es el factor longitud del terreno (adimensional).

S, es el factor pendiente del terreno (adimensional).

C, es el factor cobertura y manejo de la vegetación (adimencional).

P, es el factor prácticas de conservación (adimensional).

El cálculo de la erosión actual se obtiene a través de la USLE, efectuando la multiplicación de todos los factores que la conforman: R* K * LS * C * P.

- ✓ Factor R

El factor erosividad de la lluvia es un índice numérico que expresa la capacidad de la lluvia para erosionar el suelo, se define como la suma del producto de la energía total de la precipitación por su máxima intensidad en treinta minutos para todos los eventos importantes de precipitación en un área durante un año promedio. (Wischmeier y Smith, 1978). Roose en 1995, citado por Ramos (2001) calculó el factor R, mediante la siguiente ecuación:

$$R = 1.73 * 0.5 * P$$

Donde:

P, Precipitación media anual.

- ✓ Factor LS

USLE tiene en cuenta la topografía del terreno mediante la introducción del factor L de longitud de la pendiente del terreno y del factor S de grado de la pendiente. Ramos (2001) cita los valores que asigna directamente a una ladera el valor del factor L.S (Figura 5-50), elaborado por la Facultad de Hidráulica e Hidrología de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (Madrid).

Figura 5-50 Factores L.S. según grados de pendientes

Grupos de pendientes en %	Factor L.S
0 - 3	0,3
3 -12	1,5
12 - 18	3,4
18 - 24	5,6
24 - 30	8,7
30 - 60	14,6
60 - 70	20,2
70 - 100	25,2
> 100	28,5

Fuente: Ramos, C. 2001. Modelamiento Ambiental para análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del rio Cañete y determinación del mapa de erosión (Sistema de Información Geográfica)

- ✓ Factor K

La susceptibilidad a la Erosión o erodabilidad (K) es uno de los factores involucrados en la erosión; indica el potencial del suelo a ser erosionado ante una fuerza o mecanismo erosivo. Existen diversos métodos para el cálculo del factor K; en el presente estudio se utilizó el método indirecto de Paulet (1973), para determinar esta susceptibilidad en el Área de Influencia del Proyecto.

Para el cálculo del factor erodabilidad (K), se utilizó el método descrito, en el cual la erodabilidad se estima de manera indirecta empleando la siguiente ecuación:

$$K = 0{,}010356 - 0{,}00378082A + 0{,}00232882L + 0{,}323545Da$$

Donde:

K, Factor de erodabilidad en t ha h tm^{-1} mm^{-1} ha^{-1}

A, % de arena (1,0 – 0,5 mm) según USDA.

L, % de limo (0,002-0,05 mm) según USDA.

Da, densidad aparente en gr/cm3

- ✓ Factor C

Referido a la protección de la cobertura vegetal al suelo cuando intercepta las gotas de lluvia amortiguando su energía de impacto disminuyendo el efecto erosivo, se determina a partir del mapa temático de cobertura, determinándose los valores de C. En el presente estudio se han usado los valores (Figura 5-51) publicados por Wischmeier y Smith (1978) que definen los valores de C para los tipos más comunes de cultivos, así como para las diferentes coberturas.

Figura 5-51 Valores de Cobertura Vegetal (C)

Land-use Code	Description	C factor
141	Green urban areas	0.005
142	Sport and leisure facilities	0.005
211	Non - irrigated arable land	0.45
221	Vineyards	0.1
223	Olive groves	0.1
231	Pastures	0.02
241	Annual crops associated with permanent crops	0.12
242	Complex cultivation patterns	0.12
243	Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation	0.12
311	Broad - leaved forest	0.004
312	Coniferous forest	0.004
313	Mixed forest	0.004
321	Natural grassland	0.05
322	Moors and hetahland	0.05
324	Transitional woodland scrubs	0.007
331	Beaches, dunes, sand plains	0.3
332	Bare rock	1
333	Sparsely vegetated areas	0.3
334	Burnt areas	0.3

Fuente: Lastoria, B., Miserocchi, F., Lanciani, A. and Monacelli, G., (2008). An Estimated Erosion Map for the Aterno-Pescara River Basin.

- ✓ Factor P

Se consideró el valor de este factor igual a 1, como lo refiere Rodríguez (2007) cuando no es posible el conocimiento de estas prácticas de control de la erosión ni de manejo de las actividades productivas.

Para la elaboración del cálculo de estados erosivos según el modelo USLE para los suelos del área de estudio, se ha procedido a la resolución de los factores reseñados anteriormente (K, L.S, C, R, P). El resultado fue comparado con la Figura 5-52 de Tolerancias establecidas por la FAO-PNUMA-UNESCO.

Figura 5-52 Valores de Tolerancias

Clases de erosión	Pérdida de suelos (tn/ha/ año)
Nula a ligera	menor a 10
moderada	10 – 50
Alta	50 – 200
Muy alta	mayor a 200

Fuente: FAO-PNUMA-UNESCO. 1981.

En la Tabla 5-35 se hace un resumen de los resultados obtenidos para cada uno de los suelos utilizando como soporte los resultados de los análisis de laboratorio.

Tabla 5-35 Resultados de los análisis U.S.L.E a las muestras de suelos

Unidad Agrológica	Factor R	Factor L.S.	Factor K	Factor C	Factor P	Clase de Erosión	
RZDbp (CAS1)	216,25	1,5	0,094	0,3	1	9,17	Nula a Ligera
RZJask (CAS2)	216,25	0,3	0,183	0,3	1	3,56	Nula a Ligera
RZJask (CAS3)	216,25	0,3	0,369	0,3	1	7,17	Nula a Ligera
RZJbsk (CAS4)	216,25	1,5	0,400	0,3	1	35,96	Moderada
RZJask (MS01)	216,25	0,3	0,292	0,3	1	25,26	Moderada
RZJask (MS02)	216,25	0,3	0,385	0,3	1	6,34	Nula a Ligera
RZJask (MS03)	216,25	0,3	0,248	0,3	1	4,20	Nula a Ligera
RZDbp (MS04)	216,25	1,5	0,258	0,3	1	22,01	Moderada
RZDbp (MS05)	216,25	1,5	0,382	0,3	1	34,04	Moderada
RZDbp (MS06)	216,25	1,5	0,262	0,3	1	22,36	Moderada

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S, 2021.

Una vez hecho los cálculos para estimar la erosión actual de los suelos en la zona de se puede evidenciar (Tabla 5-35) que el área presenta una susceptibilidad a la erosión de grado ligero a moderado; esta última, en las áreas con pendientes cercanas al 7%.

5.1.3.7.2. Desertificación

La desertificación está definida por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación como “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.” A su vez, la degradación de la tierra se define como la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica de las tierras secas.

Las tierras o ecosistemas áridos se definen, según Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), por un rango anual de P/PET comprendido entre 0,05 y 0,65. Es necesario notar que los verdaderos desiertos (P/PET<0,05) no son parte de las tierras áridas excepto si reciben un abastecimiento adicional de agua. (LADA 2003)

De igual manera, el indicador de desertificación asignado por la CLD para determinar las áreas en desertificación es la relación Precipitación/Evapotranspiración y la relaciona con los ecosistemas. Los ecosistemas se clasifican en hiperáridos, áridos, semiáridos, subhúmedos secos y húmedos según la relación entre precipitación y evapotranspiración potencial (CLD).

Tabla 5-36 Valores del índice de P/ETP y el tipo de clima

Relación P/ETP	Tipo de Clima
Menor que 0,05	Hiperárido (verdadero desierto climático)
De 0,05 a 0,20	Árido (sujeto a desertificación)
De 0,20 a 0,45	Semiárido (sujeto a desertificación)
De 0,45 a 0,70	Subhúmedo seco (sujeto a desertificación)
Mayor que 0,70	Húmedo (sujeto a desertificación)

Fuente: IGAC, IDEAM, MAVDT 2010.Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Desertificación.

En el Capítulo de Meteorología y Clima del presente estudio puede observarse que la precipitación interanual promedio (411 mm)[38] no supera a la evapotranspiración potencial promedio de la zona de estudio (2030 mm)[39]; dando como resultado una relación P/ETP de 0,20.

Lo anterior, con base en los valores presentados en la Tabla 5-36 permite concluir que el área está potencialmente sujeta a procesos de desertificación; por lo tanto, es importante dar cumplimiento a los protocolos de manejo de suelo.

En el área de estudio actualmente existen pocas áreas con muestras de desertificación; sin embargo, de continuar con actividades como la tala y el sobrepastoreo, es posible que en el largo plazo se comiencen a evidenciar con mayor frecuencia procesos de este tipo.

5.1.4. Hidrología

En el presente capítulo se incluyen los resultados de la caracterización hidrológica de las subcuencas localizadas dentro del área de influencia del proyecto y de las áreas de drenaje afluentes a la infraestructura del parque eólico (vías y plataformas).

La caracterización se realizó acorde con los términos de referencia de la ANLA para proyectos eólicos abordando las siguientes temáticas:

- Localización del proyecto en aspectos relacionados con la identificación de zonas y subzonas hidrográficas
- Identificación sistemas lénticos, lóticos y recarga potencial
- Caracterización morfométrica (área, perímetro, pendiente media, índice de compacidad, factor de forma, tiempos de concentración, índice de sinuosidad, densidad de drenaje y corrientes)
- Caracterización climática de precipitación y evapotranspiración para balance hídrico
- Caracterización hidrológica en términos de caudales medios, máximos, mínimos y ambiental
- Índices hidrológicos (Uso del Agua, Vulnerabilidad hídrica, Regulación y Aridez)

Para desarrollar los análisis hidrológicos se tomó como información base la toponimia dada por el IGAC a la red de drenaje, la cartografía desarrollada para el proyecto a escala 1:2000 y su respectiva red de drenaje. Se recopilaron en el IDEAM los registros de los parámetros climatológicos disponibles a resolución diaria y estudios previos desarrollados por la corporación autónoma regional (Corpoguajira) y el IDEAM mediante los Estudios Nacionales del Agua (ENA)

A continuación, se presentan los análisis desarrollados y los resultados obtenidos:

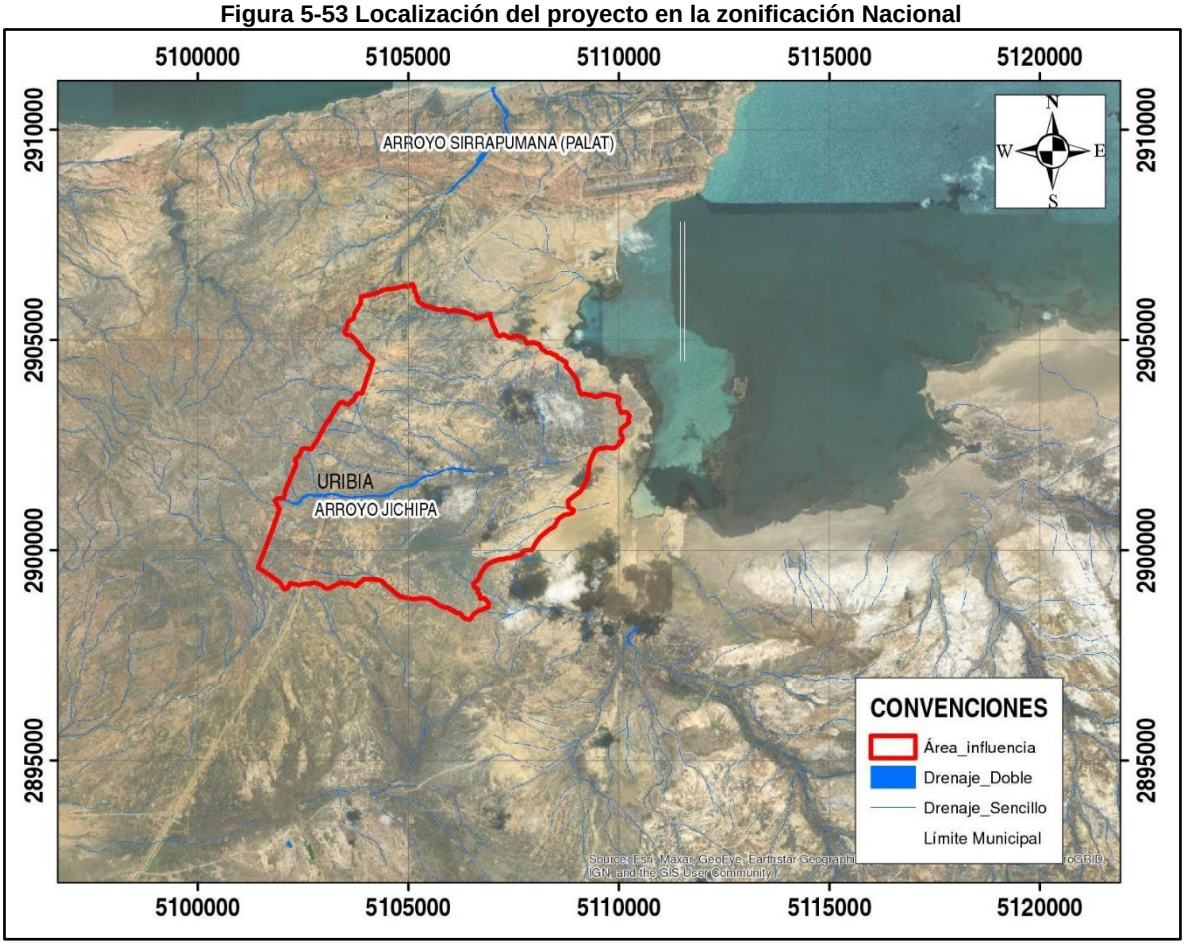
[38] IDEAM (2015). Atlas Climático de Colombia (interactivo). Recuperado de: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/laguajira_graf.pdf.
[39] IDEAM (2015). Atlas Climático de Colombia (interactivo). Recuperado de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/evapotranspiracion_tabla.pdf.

5.1.4.1. Localización del proyecto en la zonificación nacional

El sistema hídrico analizado está compuesto principalmente por el Arroyo.Sharimahana Alta Guajira y se identifican principalmente los arroyos Orochon, Kapata y Kasio.

A continuación, se presenta la localización del proyecto en la zonificación nacional, ver Figura 5-53:

Figura 5-53 Localización del proyecto en la zonificación Nacional



Fuente: INGETEC, 2021.

Se realizó la clasificación hidrográfica de las subcuencas con base en lo establecido en el mapa de Zonificación Ambiental de Colombia, y mencionado dentro de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, expedida en marzo de 2010 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y plasmadas igualmente dentro del Decreto 1640 del 2 de agosto de 2012 del MADS y la Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia del IDEAM (2013), de los cuales se derivan para el territorio colombiano: 5 Áreas Hidrográficas, 41 Zonas Hidrográficas y 309 Subzonas Hidrográficas.

De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el informe de "Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia" (IDEAM, 2014), el proyecto se localiza en el área hidrográfica del Caribe (área 1), en la zona Hidrográfica Caribe-La Guajira (zona 15). El área de implantación del parque eólico en proyecto se encuentra en la subzona "Directos Caribe – Arroyo Sharimahana Alta Guajira" (subzona 1507). La información de la zonificación hidrográfica se encuentra en la Tabla 5-37.

Tabla 5-37 Zonificación hidrográfica

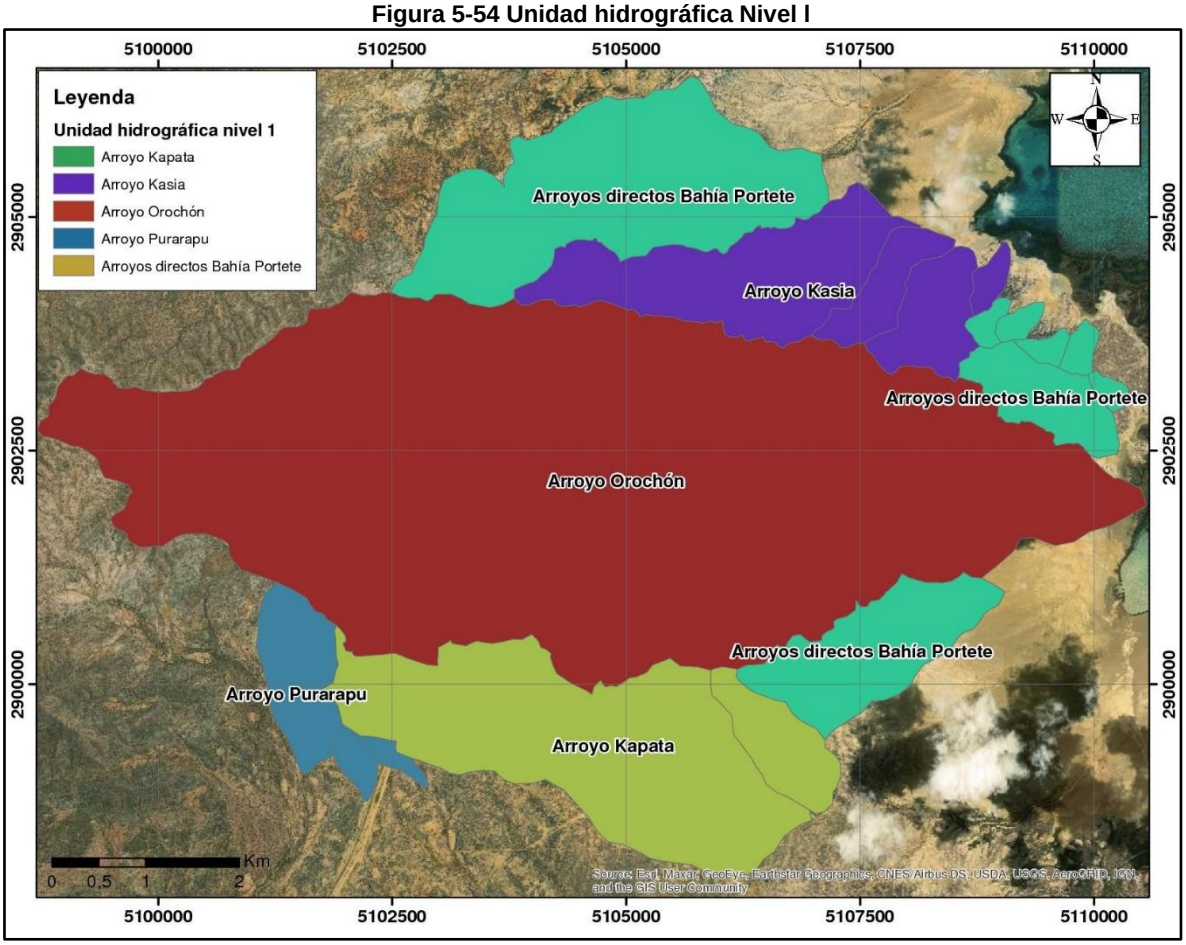
Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Unidad hidrográfica Nivel I	Unidad hidrográfica Nivel II	Unidad hidrográfica Nivel III
Caribe	Caribe Guajira	Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	Arroyos directos Bahía Portete		
			Arroyo Kasia*		
			Arroyo Orochon*	Arroyo Anouch (Surimana)	
				Arroyo Urayansein	
				Arroyo Jichipa	Arroyo Rijo
					Arroyo Narpura
			Arroyo Kapata*		
			Arroyo Purarapu		

Fuente: IGAC adaptado por INGETEC, 2021.

**Estos nombres corresponden a la toponimia del IGAC, los restantes corresponden a la nomenclatura dada para el presente estudio.*

Nota: *Las unidades hidrográficasencontradas dentro del área de infleuncia del proyecto se encuentra en la* Figura 5-54*.*

Figura 5-54 Unidad hidrográfica Nivel I



Fuente: INGETEC, 2021.

5.1.4.2. Identificación de sistemas lénticos, lóticos y zonas de recarga potencial

A continuación, se presenta la identificación de sistemas lénticos y lóticos identificados en el corredor

5.1.4.2.1. Sistemas lénticos

Con base en la información consignada en el Estudio de Impacto Ambiental, se presenta a continuación los análisis desarrollados para la identificación de los sistemas lénticos del área de estudio.

Para la identificación de estos sistemas se usaron las imágenes y procesamiento geoespacial de Google Earth y los geoservicios públicos del portal del IDEAM y del IGAC, así mismo se realizaron análisis a partir de algunos datos compilados en el Atlas Ambiental de La Guajira - Corpoguajira, además de los datos de INGEOMINAS.

Se ha realizado un inventario de los sistemas lénticos conocidos dentro de las cuencas hidrográficas definidas. Todos los sistemas lénticos son jagüeyes. La tabla siguiente muestra los jagüeyes por cuenca identificados con toponimia:

Tabla 5-38 Principales cuerpos de agua lénticos en el área de influencia hídrica

Cuenca	Número de cuerpos de agua	Nombre
Orochon	3	Jagüey Murujuipa Jagüey Norparú Sin nombre
Kapata	1	Jagüey Jichipa
Kasia	0	

Fuente. Asincro, 2017.

Para la identificación de los sistemas lenticos (en este caso “jagüeyes”) se realizó una fotointerpretación de la ortofoto utilizada para este proyecto, y se verificaron en campo aquellos que las comunidades reportaban para su uso. En el área de influencia se han encontrado 63 jagüeyes, sus coordenadas de localización se presentan a continuación:

Tabla 5-39 Coordenadas de los jagüeyes localizados en el ámbito de estudio

ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG
45	5102005	2899226	Utilizado por la comunidad Ichichon	-
46	5102089	2899304		-
47	5102661	2899563	Utilizado por la comunidad Uleule	Jagüey - Uleule.
48	5102311	2899950		-
49	5102797	2899981	Utilizado por la comunidad Morrenaka	Jagüey "Ishoulomana" Principal - Morrenaka
50	5102208	2900012		-
51	5102883	2900253		-
52	5104848	2900276		-
53	5103263	2900353		-
54	5102970	2900497		-
55	5107132	2900531	Utilizado por la comunidad Walerushi	Jagüey 2 - Walerushi
56	5106892	2900737	Utilizado por las comunidades Walerushi y Rutkamaria	Jagüey 1 Principal - Walerushi
57	5103037	2900718		-
58	5104639	2900795	Utilizado por la comunidad Puchecherapu	Jagüey Principal - Puchecherraput
59	5105970	2900883	Utilizado por la comunidad Rutkamaria	Jagüey Principal - Rutkamaria 1
60	5104079	2900909		-
61	5103703	2900984		-

ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG
62	5104148	2901003	Utilizado por la comunidad Puchecherapu	-
63	5102962	2901096	Utilizado por la comunidad Ichipa	-
64	5105618	2901492	Utilizado por la comunidad Jeyutshe	-
65	5107865	2901504		-
66	5102688	2901503		-
67	5104624	2902054		-
68	5107182	2902147	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	Jagüey 1 - Chinchorrito - Shulimana
69	5103361	2902258		-
70	5108373	2902369	Utilizado por la comunidad Suhuna	Jagüey Principal- Suhüna
71	5105486	2902460		-
72	5103657	2902568	Utilizado por la comunidad Mieshi	Jagüey Principal - Mieshi
73	5109301	2902706		-
74	5103380	2902725	Utilizado por la comunidad Ishamana	Jagüey Principal - Ishamana
75	5106851	2902728	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	Jagüey 2 Principal - Chinchorrito - Shulimana
76	5108987	2902777		-
77	5103798	2902874	Utilizado por la comunidad Ullaransen	Jagüey - Ullaranse.
78	5109309	2902971	Utilizado por la comunidad Amaiseo	Jagüey 2 - Amaiseo
79	5108266	2902993		-
80	5105943	2903099		-
81	5110121	2903111		-
82	5106919	2903124	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	-
83	5110167	2903206		-
84	5108863	2903289	Utilizado por la comunidad Amaiseo	Jagüey Principal - Amaiseo
85	5104715	2903342	Utilizado por las comunidades Juliarance e Isashika	-
86	5108386	2903316		-
87	5107509	2903355		-
88	5109328	2903402		-
89	5108895	2903437		-
90	5107167	2903462	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 3 - Cubamana
91	5106185	2903449		-
92	5107999	2903531	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 1 Principal - Cubamana
93	5103945	2903537		-
94	5108171	2903599	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 2 - Cubamana
95	5104526	2904132	Utilizado por la comunidad Iperrain	Jagüey Principal - Iperrain

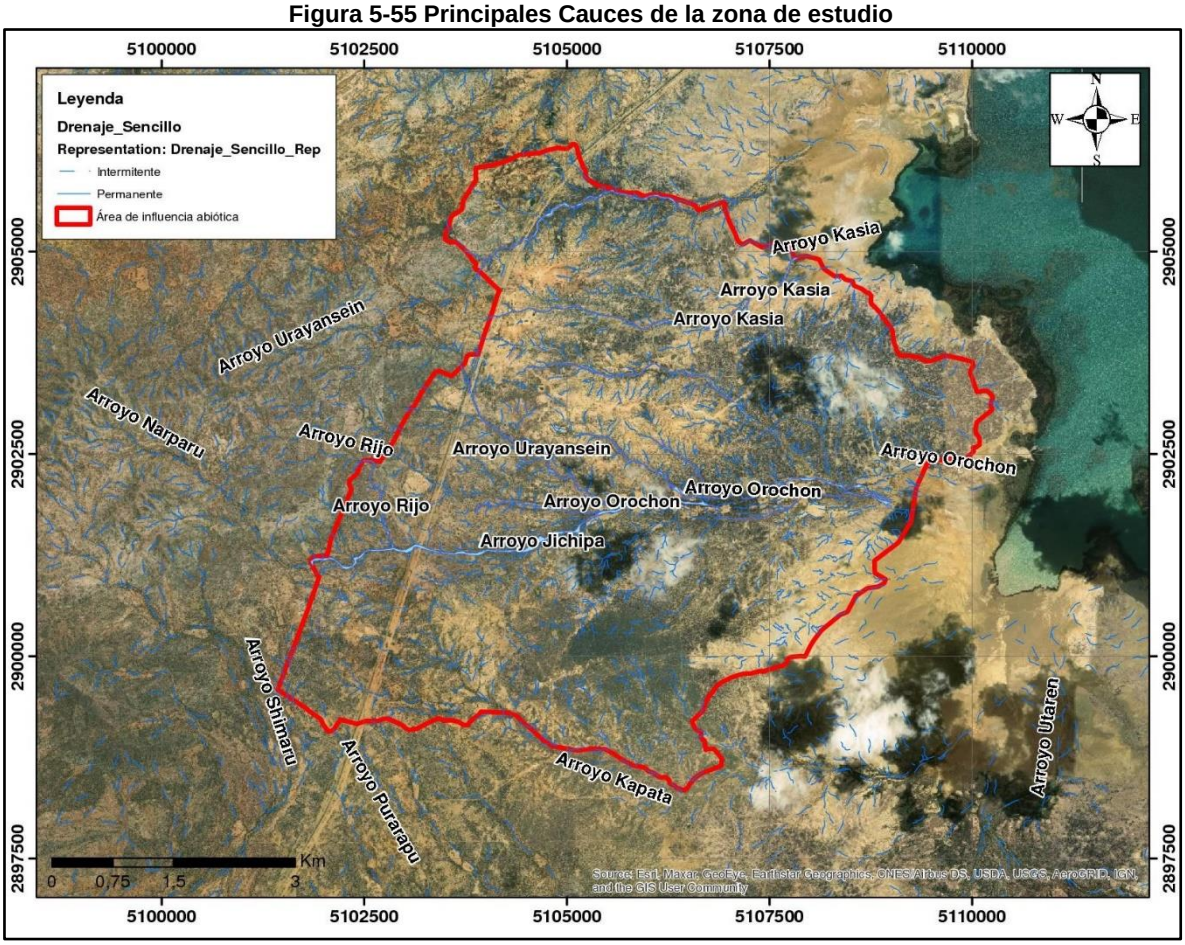
ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG
96	5104573	2904213	Utilizado por la comunidad Casa Eléctrica	Jagüey Principal - Casa Eléctrica
97	5108126	2904375		-
98	5106255	2904706	Utilizado por la comunidad Kasia	-
99	5104503	2904943	Utilizado por la comunidad Kasushi	Jagüey Kasuschi
100	5106145	2904971		-
101	5104898	2905173	Utilizado por la comunidad Kasushi	Jagüey Kasuschi
102	5103616	2905196	Utilizado por las comunidades Iperrain, Kasushi, Ashulamana, CasaEléctrica	-
103	5104409	2905270		-
104	5106568	2905271	Utilizado por la comunidad Kasia	Jagüey Kasia
105	5104570	2905604		-
106	5104953	2905652	Utilizado por la comunidad Ashulamana	Jagüey Ashulamana
107	5105190	2905803		-

Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

5.1.4.2.2. Sistemas lóticos

Se han analizado los principales cauces que discurren en la zona de estudio con base en la cartografía IGAC a escala 1:25.000. En el área de estudio se encuentran tres cauces principales, en la zona norte del proyecto el Arroyo Kasia, al sur del proyecto el Arroyo Kapata y el arroyo Purarapu y en la zona central el Arroyo Orochon, el cual lo conforman los arroyos Jichipa y el arroyo Urayasein.

Figura 5-55 Principales Cauces de la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2021.

A partir del modelo de elevación digital (MED), levantado a escala 1:2000, suministrado por AES COLOMBIA & JEMEIWAA KA'I, se realizó la evaluación detallada del área de estudio para la definición de las redes de drenaje. Las redes identificadas se estudiaron hasta los puntos de cierre de las cuencas con el límite del área de influencia y hasta las obras de drenaje diseñadas para el manejo de agua del proyecto.

En la medida que las obras de drenaje se han dispuesto según las necesidades del proyecto, pueden encontrarse drenajes de orden 1 con áreas aferentes cercanas a los 0,002 km² hasta los drenajes de los cauces principales con áreas aferentes de 20 km² aproximadamente, por lo tanto, la identificación de algunos cauces, adicional a lo analizado con el MED, se corroboraron con una visita de campo.

5.1.4.2.3. Zonas de recarga potencial

Con el mapa de suelos que se describe a detalle en el numeral 5.1.5.4 se realizó la clasificación hidrológica de suelo enfocado a la infiltración la cual repercute directamente en la recarga potencial de los acuíferos.

La clasificación hidrológica se realizó mediante la metodología del Número de curva desarrollada por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos que de acuerdo con el libro “Design of Small Dams” desarrollado por el Water Resources Technical Publication en 1977 bajo los siguientes criterios:

Grupo A. m (Bajo potencial de escorrentía.) Suelos con altas tasas de infiltración, incluso cuando están completamente húmedos y consisten principalmente en arenas o gravas profundas y bien drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.

Grupo B. Suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están completamente húmedos y consisten principalmente en suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien a bien drenados con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.

Grupo C. Suelos que tienen una infiltración lenta en tasas cuando están completamente mojados y consisten principalmente en suelos con una capa que impide el movimiento descendente del agua, o suelos con ella de textura moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una lenta tasa de transmisión de agua.

Grupo D. (Alto potencial de escorrentía.) Suelos que tienen tasas de infiltración muy lentas cuando están completamente mojados y que consisten principalmente en suelos arcillosos con un alto potencial de hinchazón, suelos con un alto nivel freático permanente, suelos con una capa arcillosa o arcilla en o cerca de la superficie, y suelos poco profundos sobre casi impermeables.

Acorde con las características físicas del suelo la textura dominante es de suelos franco arenosos y arenosos se concluyé que los suelos clasifican como Grupo B donde en toda la zona la infiltración es moderada.

5.1.4.3. Características morfométricas de las subcuencas analizadas.

Fueron estimadas las principales características morfométricas de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto y de las áreas de drenaje aferentes al cruce con las estructuras del proyecto. Las características estimadas corresponden a área, perímetro, longitud, factor de forma, índice de compacidad, pendiente del cauce principal, densidad de drenaje, densidad de corrientes, tiempo de concentración.

5.1.4.3.1. Área de drenaje

Es la superficie del terreno que contribuye al escurrimiento, hacia el cauce principal y sus tributarios, las áreas de drenaje se delimitan por la divisoria de aguas o línea imaginaria que se ubica en los puntos de mayor elevación topográfica. Para la zona de estudio se tomó como fuente de información el MED en escala 1:2000 suministrado por AES COLOMBIA & JEMEIWAA KA'I y con las curvas de nivel generadas a partir de dicho modelo se trazaron las cuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto y las áreas de drenaje asociadas a las estructuras para el manejo del drenaje del proyecto, para este caso particular, debido a que en la zona del proyecto no se presentan cauces con lámina de agua, se puede considerar que la información asociada al modelo digital del terreno representa en buena forma las condiciones topográficas y morfológicas de la zona y de los cauces. Se resalta que para la delimitación de cuencas en las zonas donde el modelo digital suministrado por AES COLOMBIA & JEMEIWAA KA'I no es suficiente para esta actividad se utilizó como complemento la cartografia IGAC disponible en la zona.

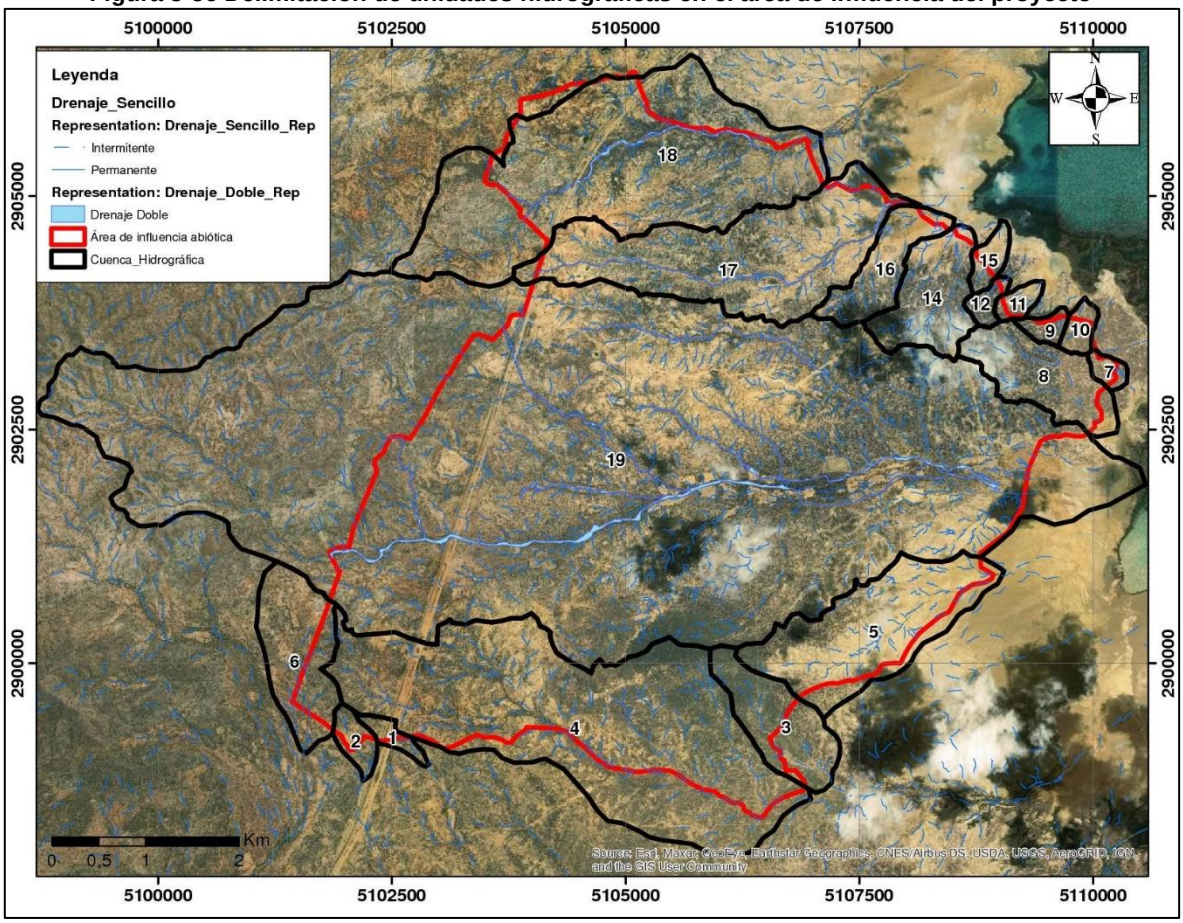
El proceso para la delimitación de las áreas se desarrolló de manera automática empleando las herramientas del software para el procesamiento de información geográfica ArcGis y posteriormente se realizó su respectiva verificación de forma manual. Se emplearon los dos métodos (manual y automático) en la medida que en ocasiones la herramienta genera incongruencias en el trazado, especialmente en las áreas o cuencas de menor extensión.

De acuerdo con los términos de referencia de la ANLA, las áreas de drenaje del proyecto se delimitaron hasta el punto de intervención del drenaje que corresponde al cruce con la infraestructura del proyecto, esta infraestructura en su mayoría vial a su vez funcionará como divisoria de aguas y por esta razón se observará una delimitación de cuencas con líneas rectas. Para mejor entendimiento de la delimitación de estas áreas de drenaje se recomienda revisar con la infraestructura del proyecto que se encuentran en la GDB temática, el Feature Dataset Proyecto, el shape InfraProyectoPG.

Figura 5-56 se presenta de forma gráfica la delimitación de 18 cuencas que cubren el área de influencia del proyecto. En la Figura 5-57 se presentan 160 áreas de drenaje delimitadas hasta los sitios de intervención de la infraestructura del proyecto y su contextualización respecto al área de influencia del mismo, en las cuales se generan los aportes de caudales de diseño asociados a las obras de drenaje transversal proyectadas para manejo de la escorrentía en el proyecto.

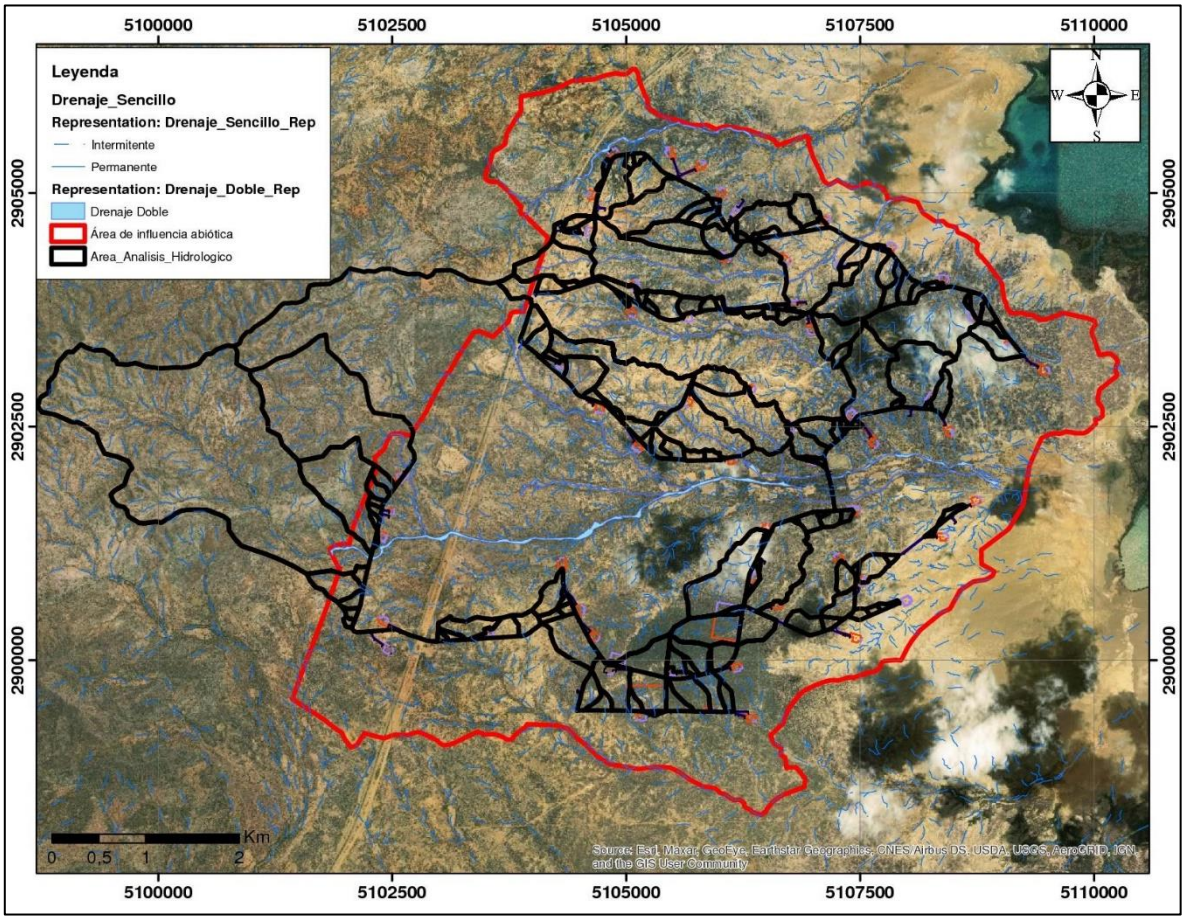
De acuerdo con los términos de referencia de la ANLA, las áreas de drenaje del proyecto se delimitaron hasta el punto de intervención del drenaje que corresponde al cruce con la infraestructura del proyecto, esta infraestructura en su mayoría vial a su vez funcionará como divisoria de aguas y por esta razón se observará una delimitación de cuencas con líneas rectas. Para mejor entendimiento de la delimitación de estas áreas de drenaje se recomienda revisar con la infraestructura del proyecto que se encuentran en la GDB temática, el Feature Dataset Proyecto, el shape InfraProyectoPG.

Figura 5-56 Delimitación de unidades hidrográficas en el área de influencia del proyecto



Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-57 Delimitación de áreas de drenaje hasta los puntos de intervención del proyecto en el área de influencia abiótica



Fuente: INGETEC, 2021.

En el Mapa 12. Hidrología (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se presentan de forma detallada las subcuencas del área de influencia del proyecto y las áreas de drenaje analizadas o que son objeto de intervención en el proyecto.

5.1.4.3.2. Perímetro

Corresponde a la longitud de la línea divisoria de la cuenca de drenaje. A partir de la delimitación de cuencas desarrollada con base en el MED suministrado por AES COLOMBIA & JEMEIWAA KA'I, se calculó el perímetro de las cuencas empleando el software ArcGis para las cuencas definitivas.

5.1.4.3.3. Longitud del cauce principal

Es la distancia medida desde el punto más alejado de la cuenca hasta el sitio de confluencia con otro cauce o hasta el punto de interés a caracterizar. A partir de la delimitación de

cuencas definitivas y al revisar los cauces dentro de cada cuenca se calculó la longitud del cauce principal empleando el software ArcGis.

5.1.4.3.4. Factor de forma de Horton

El factor de forma permite establecer la tendencia morfológica general en función de la longitud axial de la cuenca y de su área promedio. Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es cuadrada en la medida que el factor de forma tiende a uno.

Este factor es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz en comparación de las cuencas cuadradas, logrando una evacuación más rápida y mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base principalmente. Su cálculo se desarrolla con la mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{A_c}{L_c^2}$$

Ecuación 1

Fuente: *(Germán Monsalve Sáenz, 1995)*

Donde:

A= Área de la cuenca (km²)

L= Longitud de la subcuenca (km)

El factor de forma Intenta medir cuan cuadrada o alargada puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, está menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Dependiendo del valor del factor la cuenca se clasifica como se presenta en la Tabla 5-40.

Tabla 5-40 Clasificación del factor de forma de la cuenca

f	Forma
<1	Tiende a ser alargada
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser cuadrada

Fuente: FAO (1985)

Para la zona de estudio se concluyó que el 48% de las cuencas tienden a ser alargadas y el 52% tienden a ser cuadradas.

5.1.4.3.5. Índice de compacidad

El índice de compacidad o índice de Gravelius de una cuenca permite determinar la irregularidad de la cuenca y está definido como:

$$Índice\ de\ compacidad = 0{,}282\frac{P}{A^{0{,}5}}$$

Ecuación 2

Fuente: (Germán Monsalve Sáenz, 1995)

Donde:

P: perímetro de la cuenca, en (km).

A: Área de la cuenca, en (km²)

Dependiendo del valor del índice de compacidad la cuenca se clasifica como se presenta a continuación:

Tabla 5-41 Clasificación del índice de compacidad de la cuenca

Índice de compacidad	Forma
1,00 < IC < 1,25	Redonda a oval redonda
1,25 < IC < 1,50	Oval redonda a oval oblonga
1,50 < IC < 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga
IC > 1,75	Rectangular oblonga

Fuente: FAO (1985)

El 7% de las cuencas tienen forma Oval oblonga a rectangular oblonga, el 40% tienen forma Oval redonda, el 50% de las cuencas tienen forma Oval redonda a oval oblonga y el 3% restante tienen forma Rectangular oblonga.

5.1.4.3.6. Pendiente media del cauce

En la medida que un cauce está conformado por tramos o segmentos con pendiente variable se empleó el método de Taylor - Schwartz, el cual relaciona la longitud total del cauce con la longitud y pendientes de cada segmento. Para calcular todos los parámetros se usó el MED y las curvas de nivel IGAC y con las herramientas del software ArcGis se midieron las longitudes y cotas.

La pendiente media del cauce principal se determinó mediante la metodología de Taylor - Schwartz, que tiene la formulación mostrada a continuación:

$$S = \left\{ \sum \frac{Li}{\left(\frac{1}{\sqrt{Si}} \right)} \right\}^2$$

Ecuación 3

Fuente: (Germán Monsalve Sáenz, 1995)

Donde,

S: es la pendiente media del cauce (m/m)
L: longitud del cauce principal (m)
Li: Longitud promedio de todos los cauces de orden i
Si: Pendiente de cada uno de los tramos en que se subdivide la longitud del cauce principal (m/m)

5.1.4.3.7. Desnivel altitudinal

El desnivel altitudinal corresponde a la diferencia entre las cotas de inicio y la cota del punto de cierre con la obra.

5.1.4.3.8. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que toma el agua superficial en llegar desde el punto más alejado de la subcuenca hasta el sitio de interés.

Para las subcuencas en estudio el tiempo de concentración se calculó utilizando diferentes metodologías con el fin de aumentar el grado de certeza. En la Tabla 5-42 se presentan las diferentes metodologías utilizadas.

Tabla 5-42 Ecuaciones empíricas para el cálculo del tiempo de concentración

Fórmula	Ecuación	Parámetros
Kirpich	$T_c = 0{,}06628\left(\frac{L_D}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}77}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

Fórmula	Ecuación	Parámetros
Témez	$T_c = 0{,}3\left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
Williams	$T_c = 0{,}683\left(\frac{L\,A^{0{,}40}}{D\,S^{0{,}25}}\right)$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) D = Diámetro de una cuenca circular con área *A* (km) A = Área de la cuenca (km^2)
Bransby – Williams	$T_c = \frac{14{,}6\,L}{A^{0{,}1}\,S^{0{,}2}}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (min) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km^2)
Giandotti	$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A}+1.5L}{25{,}3\sqrt{L\,S}}\right)$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (km^2)
Johnstone y Cross	$T_c = 2{,}6\left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}5}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km)

Fórmula	Ecuación	Parámetros
		S = Pendiente media del cauce principal (m/km)
SCS – Ranser	$T_c = 0{,}947\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) H = Diferencia de cotas entre los puntos extremos de la corriente principal (m)
Ventura – Heras	$T_c = 0{,}3\left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}75}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (%)
Ven Te Chow	$T_c = 0{,}273\left(\frac{L}{S^{0{,}5}}\right)^{0{,}64}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)
Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos	$T_c = 0{,}28\left(\frac{L}{S^{0{,}25}}\right)^{0{,}76}$	T_c = Tiempo de concentración de la cuenca (h) L = Longitud del cauce principal (km) S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

Fuente: Adaptada de Germán Monsalve Sáenz, 1995, Chow, Maidment, & Mays, 1994 e INVIAS, 2009.

En el caso del cálculo de tiempos de concentración se aplicaron varias metodologías empíricas deducidas en otros países cuyas cuencas de estudio poseen características diferentes entre sí; por ejemplo, el método de Kirpich fue deducido en pequeñas cuencas

agrícolas (áreas entre 0,004 y 0,453 km²) de Tennesse y Pensilvania, mientras que el SCS desarrolló su ecuación como la suma de tiempos de viaje individual para diferentes regiones (áreas menores a 8 km²), desde zonas boscosas con cauces pendientes a planicies con escorrentía lenta y zonas impermeables. Por otro lado, las ecuaciones empíricas no tienen en cuenta el efecto de la vegetación, a excepción de las que involucran número de curva o coeficiente de escorrentía. Estos aspectos aumentan el grado de incertidumbre en el cálculo del tiempo de concentración.

De acuerdo con estudios realizados en Colombia, como la Hidrología de Antioquia y el artículo de Vélez et. al. (2010) sobre estimación de tiempos de concentración, se recomienda el uso del mayor número de metodologías para estimar el tiempo de concentración, descartando los resultados que estén por fuera del rango medio, con el fin de reducir la incertidumbre asociada.

Teniendo en cuenta los anteriores estudios y las restricciones que tienen los métodos en su etapa de deducción tanto en área de drenaje como en pendiente del cauce y cobertura vegetal, se adopta la recomendación de emplear el promedio de los tiempos de concentración estimados con las diferentes metodologías empíricas presentadas, descartando previamente los valores que se encuentran por fuera del rango de confianza definido por la media aritmética y la desviación estándar de los resultados mencionados (media menos desviación estándar hasta media más desviación estándar).

5.1.4.3.9. Índice de sinuosidad

El índice de sinuosidad corresponde la relación entre la longitud del cauce principal considerando sus curvas y longitud total del cauce medida en línea recta, dichas longitudes fueron calculadas empleando las herramientas de medición del software para el procesamiento de información geográfica Arcgis. La expresión que los relaciona es la siguiente:

Ecuación 4

$$Índice\ de\ sinuosidad = \frac{Lr}{L}$$

Fuente: (Germán Monsalve Sáenz, 1995)

Donde:

Lr: Longitud del cauce principal (km).

L: Longitud en línea recta del cauce principal (km).

Dependiendo del valor del índice de sinuosidad la subcuenca se clasifica como se presenta en la Tabla 5-43.

Tabla 5-43 Clasificación del índice de sinuosidad de la subcuenca

Índice de sinuosidad	Tipo de drenaje
IS < 1,05	Rectilíneo
1,05 < IS < 1,5	Sinuoso
1,5 < IS < 1,8	Meandrizante
1,8 < IS < 2,0	Entrelazado
IS > 2,0	Anastomosado

Fuente: (Senciales González)

Este índice es un indicativo del régimen del cauce principal; en cuencas planas este valor será alto, por la presencia de meandros y curvas con baja velocidad de la corriente. Monsalve (1995) dicta que un valor de sinuosidad menor o igual a 1.25 se define como un río con alineamiento recto (REYES-ULISES-CARVAJAL, 2011).

El 37% de las cuencas tiene un drenaje rectilíneo, el 62% tienen un cauce sinuoso y 2% restante tienen un cauce entrelazado.

5.1.4.3.10. Densidad de drenaje

Corresponde a la relación entre la longitud total de los cuerpos de agua dentro de la cuenca en Km y el área total de ésta en Km². Generalmente se expresa en km/km² y toma valores entre 0,5 para cuencas con drenaje pobre y 3,5 para cuencas excepcionalmente bien drenadas (Monsalve, 1991) y es calculado mediante la siguiente ecuación.

$$D_d = \frac{L}{A}$$ **Ecuación 5**

Fuente: (Germán Monsalve Sáenz, 1995)

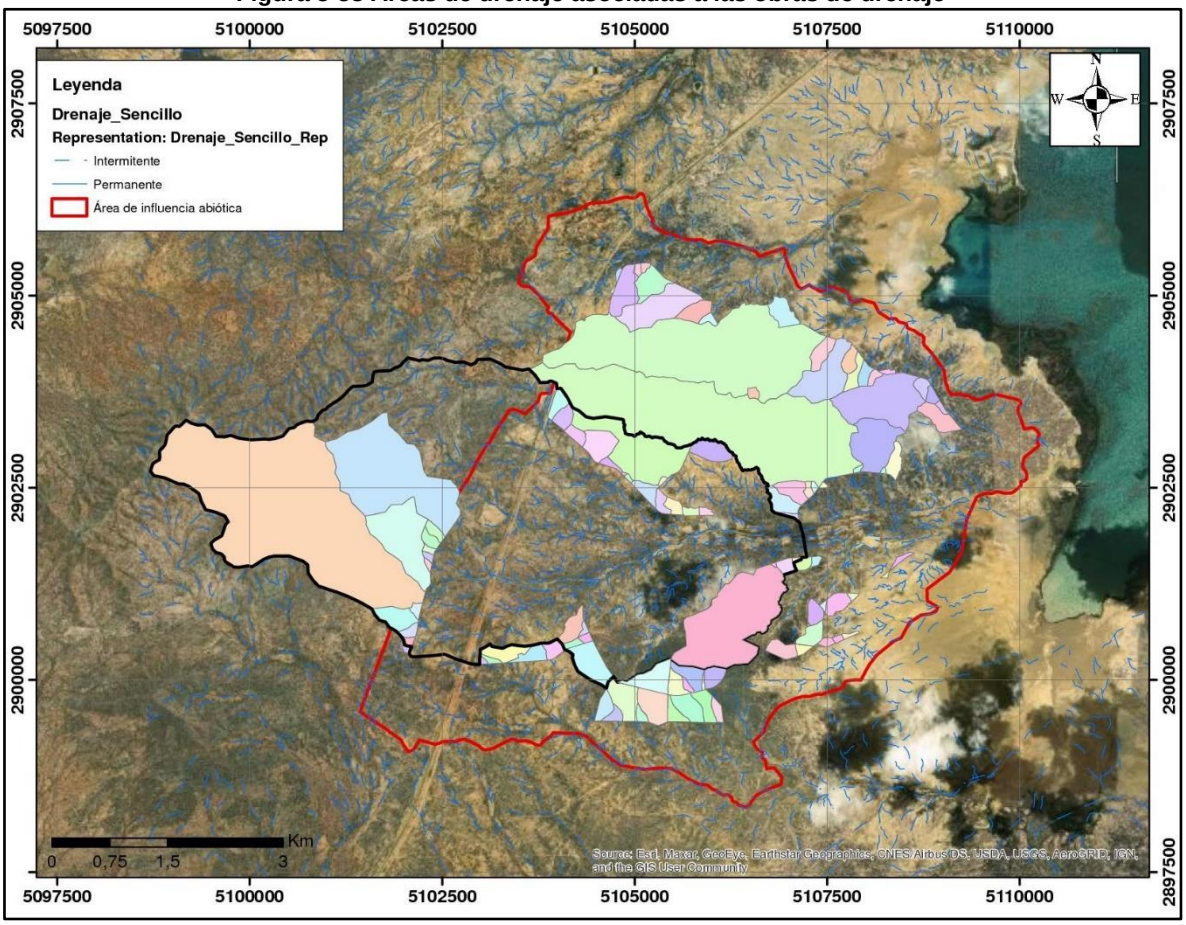
D_d es la densidad de drenaje en km/km²
Les la longitud de cauces en km
Aes el área total de la cuenca en km²

Los resultados numéricos y clasificación de la estimación de los parámetros morfométricos para cada una de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto y las áreas de drenaje hasta la intervención por la infraestructura del proyecto y que fueron analizados en los numerales previos se presentan a continuación en la Tabla 5-44 y Tabla 5-45 respectivamente. El detalle se presenta en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/1-C. Morfométricas). Es importante resaltar que la numeración de las áreas de drenaje obedece a la identificación dada por el ID de las obras de drenaje.

También se presenta en las Figura 5-58 y Figura 5-59 las áreas de drenaje asociadas a las obras de drenaje, áreas de drenaje delimitadas para ocupación de cauce por la ubicación de las plataformas y las delimitadas por ocupación de cauce por redes eléctricas. Vale la

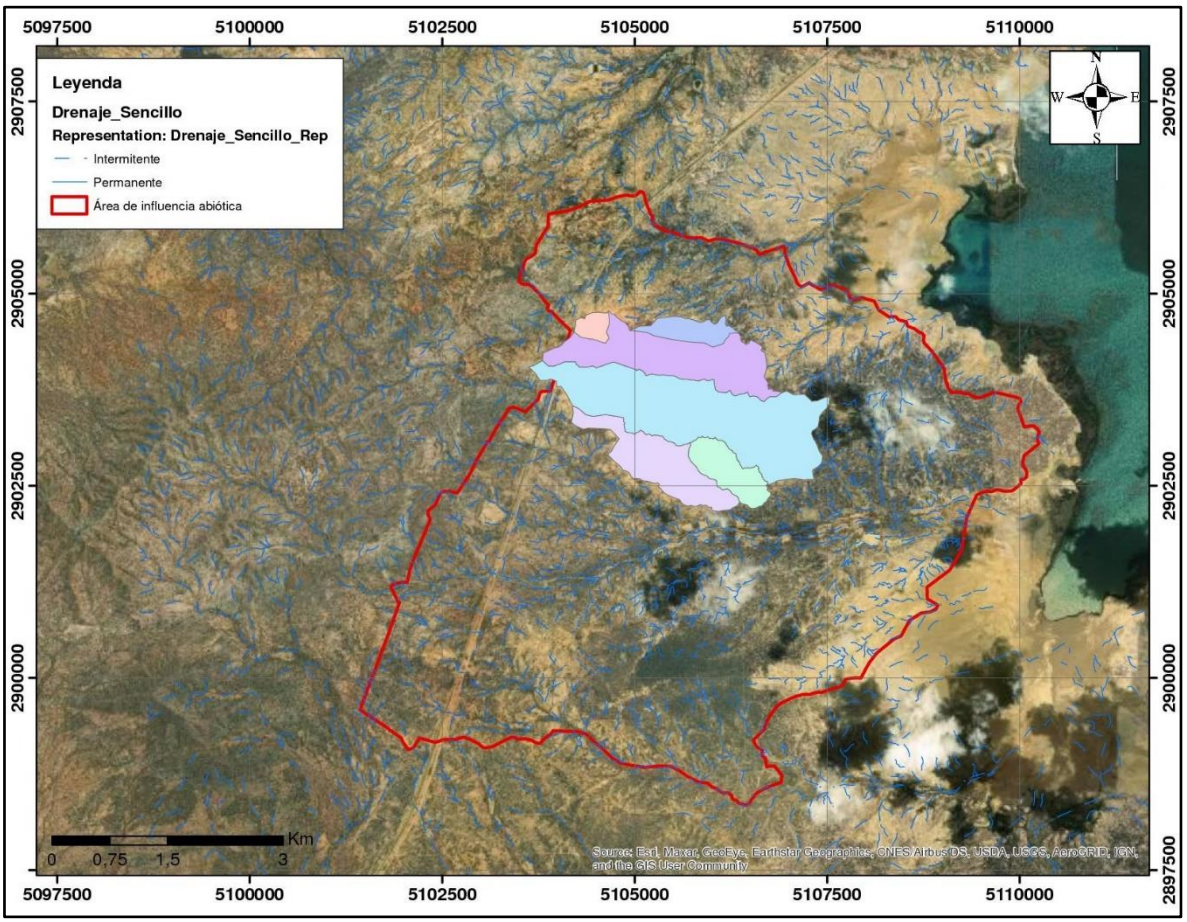
pena resaltar que, dada la escala de trabajo, estas imágenes permiten ubicar en gran escala las áreas definidas, pero para un análisis más detallado pueden revisarse en los planos de diseño hidráulico de las obras de drenaje.

Figura 5-58 Áreas de drenaje asociadas a las obras de drenaje



Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-59 Áreas de drenaje asociadas a la ocupación de cauce por ubicación de plataformas y redes eléctricas



Fuente: INGETEC, 2021.

Tabla 5-44 Características morfométricas de subcuencas hasta el área de influencia del proyecto

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1	Arroyo Purarapu	14,41	2,19	0,55	0,012	0,48	Tiende a ser alargada	1,63	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,25	Sinuoso	0,34
2	Arroyo Purarapu	22,14	2,03	0,88	0,009	0,29	Tiende a ser alargada	1,22	Oval redonda	1,17	Sinuoso	0,54
3	Arroyo Kapata	101,76	4,60	2,03	0,011	0,25	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,15	Sinuoso	0,97
4	Arroyo Kapata	686,15	14,33	6,62	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,54	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,23	Sinuoso	3,50
5	Arroyos directos Bahía Portete	224,14	7,59	3,44	0,006	0,19	Tiende a ser alargada	1,43	Oval oblonga	1,24	Sinuoso	1,70
6	Arroyo Purarapu	123,51	5,02	1,72	0,010	0,42	Tiende a ser alargada	1,27	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	0,98
7	Arroyos directos Bahía Portete	11,74	1,37	0,35	0,015	0,96	Tiende a ser cuadrada	1,13	Oval redonda	1,12	Sinuoso	0,25
8	Arroyos directos Bahía Portete	108,66	5,02	1,95	0,012	0,29	Tiende a ser alargada	1,36	Oval oblonga	1,12	Sinuoso	0,91
9	Arroyos directos Bahía Portete	13,01	1,66	0,30	0,013	1,43	Tiende a ser cuadrada	1,30	Oval oblonga	1,05	Sinuoso	0,25
10	Arroyos directos Bahía Portete	16,03	1,66	0,58	0,020	0,48	Tiende a ser alargada	1,17	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31
11	Arroyos directos Bahía Portete	13,90	1,53	0,55	0,019	0,45	Tiende a ser alargada	1,16	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
12	Arroyos directos Bahía Portete	13,62	1,70	0,52	0,018	0,50	Tiende a ser alargada	1,30	Oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,30
14	Arroyo Kasia	103,08	4,82	1,83	0,012	0,31	Tiende a ser alargada	1,34	Oval oblonga	1,23	Sinuoso	0,87
15	Arroyo Kasia	19,39	2,00	0,76	0,018	0,34	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,07	Sinuoso	0,40
16	Arroyo Kasia	73,13	4,61	2,02	0,012	0,18	Tiende a ser alargada	1,52	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,32	Sinuoso	1,06
17	Arroyo Kasia	333,73	11,11	5,02	0,005	0,13	Tiende a ser alargada	1,71	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,18	Sinuoso	2,92
18	Arroyos directos Bahía Portete	588,79	12,86	5,56	0,004	0,19	Tiende a ser alargada	1,49	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	2,99
19	Arroyo Orochón	3087,49	30,22	13,69	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,17	Sinuoso	5,75

Tabla 5-45 Características morfométricas de áreas de drenaje hasta infraestructura del proyecto

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1-1	Afluente Arroyo Kasia	2,69	0,8	0,08	0,0197	4,78	Tiende a ser cuadrada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
1-2	Arroyos directos Bahía Portete	16,16	1,88	0,62	0,0116	0,42	Tiende a ser alargada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,13	Sinuoso	0,39
1-3	Arroyos directos Bahía Portete	1,29	0,47	0,11	0,0236	1,17	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,05	Sinuoso	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1-4	Arroyos directos Bahía Portete	1,18	0,46	0,04	0,0314	6,40	Tiende a ser cuadrada	1,19	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
1-5	Arroyos directos Bahía Portete	12,35	1,64	0,31	0,014	1,27	Tiende a ser cuadrada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,13	Sinuoso	0,25
1-6	Arroyos directos Bahía Portete	33,4	2,82	1,07	0,0145	0,29	Tiende a ser alargada	1,38	Oval redonda a oval oblonga	1,17	Sinuoso	0,55
1-7	Arroyos directos Bahía Portete	4,01	1,06	0,28	0,0249	0,53	Tiende a ser alargada	1,50	Oval redonda a oval oblonga	1,03	Rectilíneo	0,25
1-8	Arroyos directos Bahía Portete	3,51	0,89	0,21	0,0285	0,81	Tiende a ser alargada	1,33	Oval redonda a oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,25
1-9	Arroyos directos Bahía Portete	2,23	0,71	0,1	0,0433	2,33	Tiende a ser cuadrada	1,34	Oval redonda a oval oblonga	1,07	Sinuoso	0,25
1-10	Afluente Arroyo Kasia	1,40	0,53	0,01	0,0554	107,48	Tiende a ser cuadrada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
1-11	Afluente Arroyo Kasia	1,02	0,46	0,06	0,0773	2,67	Tiende a ser cuadrada	1,33	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
1-12	Afluente Arroyo Kasia	0,49	0,31	0,06	0,0773	1,44	Tiende a ser cuadrada	1,18	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
1-13	Afluente Arroyo Kasia	1,64	0,58	0,07	0,0589	3,07	Tiende a ser cuadrada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,26	Sinuoso	0,25
1-14	Afluente Arroyo Kasia	17,77	2	0,92	0,0179	0,21	Tiende a ser alargada	1,33	Oval redonda a oval oblonga	1,83	Entrelazado	0,37
1-15	Afluente Arroyo Kasia	9,71	1,36	0,41	0,0192	0,58	Tiende a ser alargada	1,24	Oval redonda	1,22	Sinuoso	0,25
1-16	Afluente Arroyo Kasia	272,30	9,52	3,97	0,0052	0,17	Tiende a ser alargada	1,63	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,21	Sinuoso	2,33

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1-17	Afluente Arroyo Kasia	7,93	1,25	0,2	0,0188	1,94	Tiende a ser cuadrada	1,25	Oval redonda a oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,25
1-18	Afluente Arroyo Kasia	31,66	2,78	1,05	0,0145	0,29	Tiende a ser alargada	1,39	Oval redonda a oval oblonga	1,30	Sinuoso	0,57
1-19	Afluente Arroyo Kasia	5,25	0,96	0,21	0,0218	1,18	Tiende a ser cuadrada	1,18	Oval redonda	1,15	Sinuoso	0,25
1-20	Afluente Arroyo Kasia	5,41	1,37	0,47	0,0245	0,25	Tiende a ser alargada	1,66	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,28	Sinuoso	0,26
1-21	Afluente Arroyo Kasia	4,1	0,92	0,16	0,0243	1,52	Tiende a ser cuadrada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,12	Sinuoso	0,25
1-22	Afluente Arroyo Kasia	2,26	0,72	0,08	0,0254	3,72	Tiende a ser cuadrada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,05	Sinuoso	0,25
1-23	Afluente Arroyo Kasia	55,27	3,55	1,16	0,0109	0,41	Tiende a ser alargada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,23	Sinuoso	0,64
1-24	Afluente Arroyo Kasia	3,82	0,85	0,13	0,0221	2,37	Tiende a ser cuadrada	1,22	Oval redonda	1,15	Sinuoso	0,25
1-25	Afluente Arroyo Kasia	2,64	0,68	0,15	0,0201	1,11	Tiende a ser cuadrada	1,19	Oval redonda	1,07	Sinuoso	0,25
1-26	Afluente Arroyo Kasia	1,21	0,55	0,15	0,0156	0,58	Tiende a ser alargada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
1-27	Afluente Arroyo Kasia	10,66	1,49	0,53	0,0077	0,37	Tiende a ser alargada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,19	Sinuoso	0,39
2-1	Afluente Arroyo Kasia	3,42	0,9	0,05	0,0203	11,73	Tiende a ser cuadrada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
4-1	Arroyos directos Bahía Portete	0,32	0,3	0,03	0,0382	3,83	Tiende a ser cuadrada	1,51	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
5-1	Arroyos directos Bahía Portete	0,89	0,49	0,09	0,0175	1,03	Tiende a ser cuadrada	1,47	Oval redonda a oval oblonga	1,15	Sinuoso	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
9-1	Arroyos directos Bahía Portete	8,33	1,26	0,36	0,0257	0,66	Tiende a ser alargada	1,24	Oval redonda	1,07	Sinuoso	0,25
10-1	Afluente Arroyo Kasia	19,03	2,27	0,76	0,0185	0,33	Tiende a ser alargada	1,46	Oval redonda a oval oblonga	1,14	Sinuoso	0,41
10-2	Afluente Arroyo Kasia	0,41	0,32	0,02	0,0395	10,15	Tiende a ser cuadrada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
13-1	Afluente Arroyo Kasia	1,35	0,57	0,05	0,0909	4,82	Tiende a ser cuadrada	1,38	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
14-1	Afluente Arroyo Kasia	7,76	1,2	0,26	0,0194	1,16	Tiende a ser cuadrada	1,21	Oval redonda	1,08	Sinuoso	0,25
15-1	Afluente Arroyo Kasia	3,29	0,83	0,21	0,0243	0,77	Tiende a ser alargada	1,29	Oval redonda a oval oblonga	1,03	Rectilíneo	0,25
16-1	Afluente Arroyo Kasia	32,28	2,84	1,13	0,0151	0,25	Tiende a ser alargada	1,41	Oval redonda a oval oblonga	1,32	Sinuoso	0,57
17-1	Afluente Arroyo Kasia	1,11	0,54	0,05	0,0453	3,82	Tiende a ser cuadrada	1,45	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
18-1	Afluente Arroyo Kasia	0,65	0,37	0,04	0,0333	4,98	Tiende a ser cuadrada	1,29	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
19-1	Arroyo Anouch	4,26	0,9	0,05	0,0106	14,69	Tiende a ser cuadrada	1,22	Oval redonda	1,35	Sinuoso	0,25
19-2	Arroyo Anouch	1,14	0,51	0,02	0,0102	28,58	Tiende a ser cuadrada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
19-3	Arroyo Anouch	4,93	1,61	0,1	0,0322	5,46	Tiende a ser cuadrada	2,05	Rectangular oblonga	1,08	Sinuoso	0,25
19-4	Arroyo Anouch	1,33	0,57	0,09	0,0328	1,67	Tiende a ser cuadrada	1,39	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
19-5	Arroyo Anouch	1,24	0,5	0,08	0,0417	1,76	Tiende a ser cuadrada	1,27	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
19-6	Arroyo Anouch	8,18	1,29	0,23	0,0214	1,49	Tiende a ser cuadrada	1,27	Oval redonda a oval oblonga	1,09	Sinuoso	0,25
21-1	Arroyo Anouch	0,87	0,01	0,05	0,0244	3,47	Tiende a ser cuadrada	0,03	Rectangular oblonga	1,06	Sinuoso	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
23-1	Arroyo Anouch	4,15	0,89	0,1	0,025	4,40	Tiende a ser cuadrada	1,24	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
23-2	Arroyo Anouch	2,03	0,59	0,05	0,0164	7,74	Tiende a ser cuadrada	1,16	Oval redonda	1,11	Sinuoso	0,25
23-3	Arroyo Anouch	0,88	0,4	0,06	0,0211	2,49	Tiende a ser cuadrada	1,22	Oval redonda	1,09	Sinuoso	0,25
23-4	Afluente Arroyo Kasia	0,67	0,41	0,04	0,0334	4,67	Tiende a ser cuadrada	1,42	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
23-5	Afluente Arroyo Kasia	1,84	0,6	0,07	0,0222	3,86	Tiende a ser cuadrada	1,25	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
23-6	Afluente Arroyo Kasia	1,88	0,57	0,1	0,0191	2,02	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,25
23-7	Afluente Arroyo Kasia	3,52	0,95	0,09	0,027	4,44	Tiende a ser cuadrada	1,43	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
25-1	Afluente Arroyo Kasia	1,47	0,52	0,06	0,0227	4,75	Tiende a ser cuadrada	1,20	Oval redonda	1,06	Sinuoso	0,25
25-2	Afluente Arroyo Kasia	2,67	0,79	0,09	0,025	3,15	Tiende a ser cuadrada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
30-1	Afluente Arroyo Urayansein	5,64	1,07	0,3	0,0062	0,62	Tiende a ser alargada	1,27	Oval redonda a oval oblonga	1,13	Sinuoso	0,32
30-2	Afluente Arroyo Urayansein	5,81	0,97	0,2	0,0205	1,48	Tiende a ser cuadrada	1,14	Oval redonda	1,09	Sinuoso	0,25
30-3	Afluente Arroyo Urayansein	4,22	0,9	0,2	0,0313	1,05	Tiende a ser cuadrada	1,24	Oval redonda	1,14	Sinuoso	0,25
30-4	Afluente Arroyo Urayansein	13,47	1,48	0,33	0,013	1,24	Tiende a ser cuadrada	1,14	Oval redonda	1,09	Sinuoso	0,25
30-5	Afluente Arroyo Urayansein	2,11	0,77	0,1	0,0363	2,33	Tiende a ser cuadrada	1,50	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
30-6	Afluente Arroyo Urayansein	0,25	0,2	0,03	0,0422	2,98	Tiende a ser cuadrada	1,14	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
30-7	Afluente Arroyo Urayansein	0,64	0,4	0,07	0,0172	1,70	Tiende a ser cuadrada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
30-8	Afluente Arroyo Urayansein	5,78	1,17	0,35	0,0145	0,47	Tiende a ser alargada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,22	Sinuoso	0,25
30-9	Afluente Arroyo Urayansein	3,90	0,96	0,17	0,021	1,39	Tiende a ser cuadrada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,20	Sinuoso	0,25
30-10	Afluente Arroyo Urayansein	3,72	0,79	0,15	0,0185	1,58	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,25
30-11	Afluente Arroyo Urayansein	2,26	0,7	0,16	0,0292	0,89	Tiende a ser alargada	1,31	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
30-12	Afluente Arroyo Urayansein	1,65	0,57	0,09	0,0189	1,99	Tiende a ser cuadrada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
31-1	Afluente Arroyo Urayansein	1,39	0,65	0,2	0,0278	0,33	Tiende a ser alargada	1,55	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,16	Sinuoso	0,25
34-1	Afluente Arroyo Orochon	59,66	4,61	1,75	0,0121	0,19	Tiende a ser alargada	1,68	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,30	Sinuoso	0,85
34-2	Afluente Arroyo Orochon	0,78	0,39	0,04	0,0294	4,86	Tiende a ser cuadrada	1,25	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
34-3	Afluente Arroyo Urayansein	4,31	0,93	0,21	0,015	0,98	Tiende a ser alargada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,24	Sinuoso	0,25
35-1	Afluente Arroyo Orochon	11,72	1,48	0,33	0,0138	1,05	Tiende a ser cuadrada	1,22	Oval redonda	1,22	Sinuoso	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
38-1	Afluente Arroyo Jichipa	139,48	5,7	2,4	0,007	0,24	Tiende a ser alargada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,24	Sinuoso	1,35
39-1	Afluente Arroyo Jichipa	3,52	0,84	0,21	0,0325	0,84	Tiende a ser alargada	1,25	Oval redonda	1,06	Sinuoso	0,25
39-2	Afluente Arroyo Jichipa	3,62	1,23	0,24	0,0293	1,06	Tiende a ser cuadrada	1,39	Oval redonda a oval oblonga	1,29	Sinuoso	0,25
39-3	Afluente Arroyo Jichipa	1,36	0,6	0,04	0,0322	9,93	Tiende a ser cuadrada	1,45	Oval redonda a oval oblonga	1,42	Sinuoso	0,25
39-4	Afluente Arroyo Jichipa	1,29	0,52	0,04	0,0474	9,45	Tiende a ser cuadrada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,03	Rectilíneo	0,25
39-5	Afluente Arroyo Jichipa	1	0,47	0,1	0,0362	0,98	Tiende a ser alargada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,05	Sinuoso	0,25
39-6	Afluente Arroyo Jichipa	50,65	3,4	1,19	0,0144	0,33	Tiende a ser alargada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,09	Sinuoso	0,69
39-7	Afluente Arroyo Jichipa	419,77	10,65	4,48	0,0064	0,21	Tiende a ser alargada	1,46	Oval redonda a oval oblonga	1,16	Sinuoso	2,26
39-8	Afluente Arroyo Jichipa	2,16	0,67	0,06	0,0175	6,65	Tiende a ser cuadrada	1,29	Oval redonda a oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,25
39-9	Afluente Arroyo Jichipa	12,21	1,5	0,41	0,014	0,72	Tiende a ser alargada	1,21	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,26
39-10	Afluente Arroyo Jichipa	2,96	0,75	0,1	0,0345	2,73	Tiende a ser cuadrada	1,23	Oval redonda	1,07	Sinuoso	0,25
39-11	Afluente Arroyo Jichipa	1,48	0,58	0,09	0,0714	2,00	Tiende a ser cuadrada	1,34	Oval redonda a oval oblonga	1,05	Rectilíneo	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
39-12	Afluente Arroyo Jichipa	0,91	0,38	0,09	0,05	1,39	Tiende a ser cuadrada	1,15	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
42-1	Afluente Arroyo Jichipa	51,13	3,43	1,23	0,0146	0,31	Tiende a ser alargada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,09	Sinuoso	0,7
39-13	Afluente Arroyo Kapata	0,83	0,43	0,16	0,0091	0,33	Tiende a ser alargada	1,33	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
39-14	Afluente Arroyo Kapata	1,59	0,69	0,09	0,0143	1,84	Tiende a ser cuadrada	1,55	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
39-15	Afluente Arroyo Kapata	9,38	1,64	0,16	0,0088	3,53	Tiende a ser cuadrada	1,51	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,02	Rectilíneo	0,27
39-16	Afluente Arroyo Kapata	6,42	1,41	0,24	0,025	1,13	Tiende a ser cuadrada	1,57	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
39-17	Afluente Arroyo Kapata	4,75	0,9	0,12	0,0139	3,30	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,15	Sinuoso	0,25
39-18	Afluente Arroyo Jichipa	1,99	0,68	0,19	0,0099	0,56	Tiende a ser alargada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
39-19	Afluente Arroyo Orochon	1,61	0,52	0,12	0,0556	1,22	Tiende a ser cuadrada	1,15	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
48-1	Afluente Arroyo Jichipa	8,37	1,38	0,32	0,0151	0,82	Tiende a ser alargada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,13	Sinuoso	0,25
48-2	Afluente Arroyo Jichipa	1,29	0,62	0,16	0,0133	0,52	Tiende a ser alargada	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,05	Rectilíneo	0,25
48-3	Afluente Arroyo Orochon	22,23	2,1	0,7	0,0054	0,46	Tiende a ser alargada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,28	Sinuoso	0,51

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
48-4	Afluente Arroyo Kapata	14,17	1,93	0,36	0,0101	1,12	Tiende a ser cuadrada	1,44	Oval redonda a oval oblonga	1,42	Sinuoso	0,25
48-5	Afluente Arroyo Kapata	5,94	1,15	0,27	0,0152	0,84	Tiende a ser alargada	1,33	Oval redonda a oval oblonga	1,29	Sinuoso	0,25
48-6	Afluente Arroyo Kapata	1,57	0,62	0,04	0,0211	11,46	Tiende a ser cuadrada	1,39	Oval redonda a oval oblonga	1,06	Sinuoso	0,25
48-7	Afluente Arroyo Kapata	9	1,43	0,26	0,0153	1,33	Tiende a ser cuadrada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,20	Sinuoso	0,25
48-8	Afluente Arroyo Kapata	0,69	0,55	0,04	0,0185	4,78	Tiende a ser cuadrada	1,87	Rectangular oblonga	1,58	Meandrizante	0,25
48-9	Afluente Arroyo Kapata	6,51	0,99	0,1	0,0184	6,62	Tiende a ser cuadrada	1,10	Oval redonda	1,18	Sinuoso	0,25
48-10	Afluente Arroyo Orochon	19,70	1,97	1,07	0,0038	0,17	Tiende a ser alargada	1,25	Oval redonda a oval oblonga	1,42	Sinuoso	0,77
48-11	Afluente Arroyo Orochon	1,34	0,65	0,14	0,0094	0,69	Tiende a ser alargada	1,57	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,09	Sinuoso	0,25
48-12	Afluente Arroyo Orochon	2,61	0,83	0,11	0,0244	2,55	Tiende a ser cuadrada	1,43	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
48-13	Afluente Arroyo Orochon	0,51	0,36	0,08	0,0455	1,75	Tiende a ser cuadrada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
48-14	Afluente Arroyo Orochon	42,44	3,1	1,49	0,0116	0,20	Tiende a ser alargada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,51	Meandrizante	0,66
48-15	Afluente Arroyo Orochon	112,79	5,29	2,7	0,0082	0,15	Tiende a ser alargada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,41	Sinuoso	0,83
48-16	Afluente Arroyo Orochon	0,32	0,25	0,05	0,0217	1,40	Tiende a ser cuadrada	1,27	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
48-17	Afluente Arroyo Orochon	3,81	0,78	0,24	0,027	0,66	Tiende a ser alargada	1,12	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
48-18	Afluente Arroyo Orochon	0,53	0,33	0,08	0,0952	0,83	Tiende a ser alargada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
48-19	Afluente Arroyo Orochon	3,08	0,7	0,07	0,0382	5,78	Tiende a ser cuadrada	1,12	Oval redonda	1,11	Sinuoso	0,25
48-20	Afluente Arroyo Orochon	1,43	0,5	0,12	0,0667	1,08	Tiende a ser cuadrada	1,19	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
54-1	Afluente Arroyo Kapata	3,73	0,94	0,2	0,0145	0,93	Tiende a ser alargada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,39	Sinuoso	0,25
57-1	Afluente Arroyo Kapata	5,89	1,07	0,4	0,014	0,37	Tiende a ser alargada	1,25	Oval redonda	1,33	Sinuoso	0,27
57-2	Afluente Arroyo Kapata	3,28	0,9	0,08	0,0109	5,82	Tiende a ser cuadrada	1,41	Oval redonda a oval oblonga	1,06	Sinuoso	0,25
57-3	Afluente Arroyo Kapata	14,7	1,69	0,48	0,012	0,64	Tiende a ser alargada	1,25	Oval redonda	1,34	Sinuoso	0,29
57-4	Afluente Arroyo Kapata	2,27	0,71	0,16	0,0112	0,94	Tiende a ser alargada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,31	Sinuoso	0,25
57-5	Afluente Arroyo Kapata	27,89	2,63	0,42	0,0126	1,62	Tiende a ser cuadrada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,17	Sinuoso	0,3
57-6	Afluente Arroyo Kapata	4,69	1,14	0,09	0,0137	5,42	Tiende a ser cuadrada	1,48	Oval redonda a oval oblonga	1,13	Sinuoso	0,25
57-7	Afluente Arroyo Kapata	16,24	1,95	0,77	0,009	0,27	Tiende a ser alargada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,27	Sinuoso	0,49
58-1	Afluente Arroyo Kapata	28,52	2,65	0,42	0,0126	1,66	Tiende a ser cuadrada	1,40	Oval redonda a oval oblonga	1,17	Sinuoso	0,3

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
58A-1	Afluente Arroyo Kapata	18,39	2,42	0,78	0,0108	0,30	Tiende a ser alargada	1,59	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,19	Sinuoso	0,47
58A-2	Afluente Arroyo Kapata	3,22	0,84	0,15	0,0125	1,47	Tiende a ser cuadrada	1,32	Oval redonda a oval oblonga	1,28	Sinuoso	0,25
60-1	Afluente Arroyo Orochon	31,63	2,61	1,32	0,0044	0,17	Tiende a ser alargada	1,34	Oval redonda a oval oblonga	1,43	Sinuoso	0,87
60-2	Arroyos directos Bahía Portete	6,90	1,11	0,08	0,0156	1,17	Tiende a ser cuadrada	2,03	Rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
60-3	Arroyos directos Bahía Portete	2,1	0,65	0,11	0,0308	1,80	Tiende a ser cuadrada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
60-4	Arroyos directos Bahía Portete	7,12	1,35	0,43	0,0207	0,51	Tiende a ser alargada	1,25	Oval redonda a oval oblonga	1,12	Sinuoso	0,25
60-5	Afluente Arroyo Orochon	5,36	0,92	0,13	0,0406	3,03	Tiende a ser cuadrada	1,12	Oval redonda	1,06	Sinuoso	0,25
63-1	Arroyos directos Bahía Portete	1,84	0,57	0,08	0,125	3,11	Tiende a ser cuadrada	1,18	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
63-2	Arroyos directos Bahía Portete	1,03	0,42	0,06	0,1471	2,69	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
63-3	Arroyos directos Bahía Portete	1,06	0,56	0,12	0,1102	0,78	Tiende a ser alargada	1,52	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
65-1	Afluente Arroyo Orochon	0,75	0,41	0,05	0,0769	3,53	Tiende a ser cuadrada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
65-2	Afluente Arroyo Orochon	6,85	1,05	0,25	0,0139	1,07	Tiende a ser cuadrada	1,13	Oval redonda	1,25	Sinuoso	0,25

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
65-3	Afluente Arroyo Orochon	0,92	0,44	0,1	0,0556	1,00	Tiende a ser alargada	1,29	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,32
65-4	Afluente Arroyo Orochon	0,44	0,36	0,04	0,0294	2,87	Tiende a ser cuadrada	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
65-5	Afluente Arroyo Orochon	1,78	0,83	0,07	0,0256	3,31	Tiende a ser cuadrada	1,77	Rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
70-1	Afluente Arroyo Orochon	41,78	3,01	1,49	0,0127	0,19	Tiende a ser alargada	1,31	Oval redonda a oval oblonga	1,51	Meandrizante	0,25
73-1	Afluente Arroyo Orochon	2203,66	24,28	9,88	0,0059	0,23	Tiende a ser alargada	1,49	Oval redonda a oval oblonga	1,18	Sinuoso	4,73
73-2	Afluente Arroyo Orochon	1,30	0,75	0,12	0,0556	0,93	Tiende a ser alargada	1,83	Rectangular oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
73-3	Afluente Arroyo Orochon	9,03	1,39	0,45	0,015	0,46	Tiende a ser alargada	1,34	Oval redonda a oval oblonga	1,27	Sinuoso	0,29
73-4	Afluente Arroyo Orochon	8,49	1,3	0,36	0,0152	0,64	Tiende a ser alargada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,09	Sinuoso	0,25
73-5	Afluente Arroyo Orochon	1,95	0,74	0,09	0,0183	3,71	Tiende a ser cuadrada	1,23	Oval redonda	1,09	Sinuoso	0,25
73-6	Afluente Arroyo Orochon	0,92	0,41	0,08	0,0294	1,31	Tiende a ser cuadrada	1,19	Oval redonda	1,12	Sinuoso	0,25
73-7	Arroyo Anouch	322,84	11,75	4,85	0,0073	0,14	Tiende a ser alargada	1,84	Rectangular oblonga	1,27	Sinuoso	2,35
73-8	Arroyo Anouch	0,82	0,41	0,12	0,0294	0,57	Tiende a ser alargada	1,28	Oval redonda a oval oblonga	1,02	Rectilíneo	0,25
73-9	Arroyo Anouch	33,50	2,59	0,86	0,0145	0,46	Tiende a ser alargada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,26	Sinuoso	0,46

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
73-10	Arroyo Anouch	0,46	0,28	0,05	0,0526	1,63	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
73-11	Afluente Arroyo Orochon	6,57	1,25	0,06	0,0145	16,55	Tiende a ser cuadrada	1,37	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
74-1	Afluente Arroyo Orochon	0,74	0,39	0,05	0,037	2,86	Tiende a ser cuadrada	1,26	Oval redonda a oval oblonga	1,00	Rectilíneo	0,25
75-1	Arroyo Anouch	0,64	0,33	0,04	0,04	3,65	Tiende a ser cuadrada	1,17	Oval redonda	1,00	Rectilíneo	0,25
RE-1	Afluente Arroyo Kasia	24,98	2,3	0,89	0,011	0,323	Tiende a ser alargada	1,30	Oval redonda a oval oblonga	1,11	Sinuoso	0,517
RE-2	Afluente Arroyo Kasia	13,67	1,54	0,36	0,0136	0,972	Tiende a ser alargada	1,17	Oval redonda	1,09	Sinuoso	0,250
RE-3	Afluente Arroyo Kasia	30,85	3,28	1,18	0,0144	0,232	Tiende a ser alargada	1,67	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,17	Sinuoso	0,583
RE-4	Arroyo Anouch	188,36	8,34	3,29	0,0049	0,206	Tiende a ser alargada	1,71	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,06	Sinuoso	1,900
RE-5	Arroyo Anouch	14,31	1,8	0,46	0,0126	0,872	Tiende a ser alargada	1,35	Oval redonda a oval oblonga	1,11	Sinuoso	0,300
RE-6	Arroyo Anouch	2,86	0,77	0,18	0,0184	0,923	Tiende a ser alargada	1,29	Oval redonda a oval oblonga	1,06	Sinuoso	0,250
RE-7	Afluente Arroyo Jichipa	282,94	10,79	4,65	0,0073	0,151	Tiende a ser alargada	1,81	Rectangular oblonga	1,13	Sinuoso	2,250
RE-8	Afluente Arroyo Orochon	49,51	3,4	1,35	0,0095	0,312	Tiende a ser alargada	1,36	Oval redonda a oval oblonga	1,09	Sinuoso	0,717
RE-9	Afluente Arroyo Orochon	97,18	6,33	2,82	0,0095	0,160	Tiende a ser alargada	1,81	Rectangular oblonga	1,11	Sinuoso	1,450

Fuente. INGETEC, 2021.

5.1.4.4. Caracterización de variables climáticas

El área de estudio se encuentra instrumentada con estaciones climatológicas operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y una estación propia que permiten conocer el comportamiento temporal de variables tales como: temperatura, humedad relativa, nubosidad, evaporación, velocidad del viento, así como la distribución espacial y temporal de la precipitación. De dichas estaciones fueron seleccionadas las que se encuentran activas con el objetivo de conocer la variabilidad climática de la zona de estudio en el periodo más reciente posible.

A continuación, se presentan las características de las estaciones base seleccionadas y en la Figura 5-60 se presenta su localización espacial.

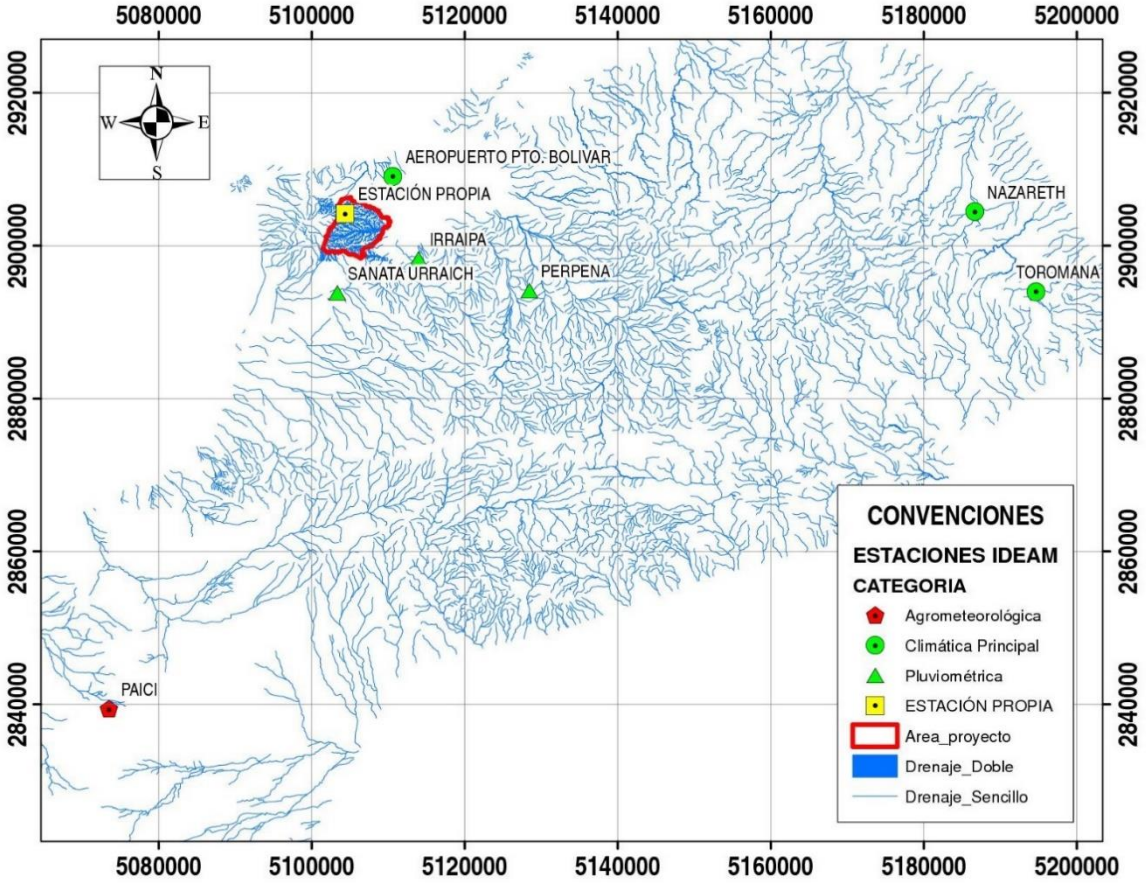
Tabla 5-46 Características de las estaciones climatológicas

Código	Entidad	Nombre	Categoría	Estado	Corriente	Altitud	Coordenadas	
						msnm	X	Y
15070010	IDEAM	SANTANA URRAICH	PM	ACT	Cno Cicuco	30	5103324,8	2893822,1
15070070	IDEAM	IRRAIPA	PM	ACT	Cno Cicuco	65	5113960,9	2898258,5
15070090	IDEAM	PERPANA	PM	ACT	Cno Cicuco	65	5128444,1	2894137,9
15075501	IDEAM	APTO PTO BOLIVAR AUTO	CP	ACT	Cno Cicuco	10	5110590,5	2909073,7
15075150	IDEAM	PAICI	AM	ACT	Manzanares	45	5073478,2	2839387,5
15085050	IDEAM	TOROMANA	CP	ACT	Manzanares	144	5194645,9	2893941,3
15085020	IDEAM	NAZARETH	CP	ACT	Ay Nazareth	85	5186641,1	2904435,5
		TORRE DE MEDICIÓN PROPIA					5104393	2904179,4

Fuente. IDEAM y Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, adaptado por INGETEC, 2021.

Nota: CO: Climatológica ordinaria, CP: Climatológica principal, PM: Pluviométrica, PG: Pluviográfica ME: Estación meteorológica, AM: Agrometeorológica, SP: Sinóptica principal.

Figura 5-60 Localización espacial estaciones climatológicas base



Fuente: INGETEC, 2021.

En el capítulo de atmósfera se presenta el análisis detallado para cada una de las variables climatológicas como lo solicitan los términos de referencia de la ANLA.

A continuación, se analizan las variables climatológicas que permiten determinar el balance hídrico de la zona del proyecto como son la precipitación y la evapotranspiración potencial.

5.1.4.4.1. Caracterización de la precipitación

Para la caracterización de la precipitación en la zona de estudio se utilizaron las estaciones que se localizan en el área de estudio del proyecto como son:

- Santana Urraich
- Irraipa
- Aeropuerto Puerto Bolívar

Previo a la caracterización de precipitación los registros fueron sometidos a análisis estadísticos de consistencia y homogeneidad según lo requerido por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales) con el fin de evaluar su calidad y verificar la pertinencia

de su uso para el proceso de caracterización hidrológica y climatológica del área de estudio. En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/2-Registros IDEAM) se presentan los registros recopilados.

Con la información validada se desarrolló la caracterización temporal para determinar el régimen de precipitación (monomodal o bimodal) en función de los meses de mayor o menor cantidad de precipitación y la variación espacial para identificar la zona donde se presenta la mayor y menor cantidad de precipitación.

A continuación, se presenta los análisis desarrollados con la información recopilada:

- ✓ Pruebas de normalidad de las series

A las series de precipitación, de las estaciones localizadas en el área de estudio se les realizaron cinco pruebas de normalidad con el objetivo de definir el conjunto de pruebas paramétricas o no paramétricas que evaluarán la consistencia y la homogeneidad de las series. Para tal efecto se realizaron las pruebas de Shapiro Wilk, Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling, Lillie y Shapiro Francia para un nivel de significancia del 5%, mediante la formulación de las ecuaciones asociadas a cada test en el software estadístico R Studio según lo presentado. En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/3-Pruebas estadísticas) se presentan los resultados obtenidos[40].

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de normalidad realizadas a las series.

Tabla 5-47 Resultados de prueba de normalidad series de precipitación

Estación	Shapiro-Wilk		Test de Kolmogorov-Smirnov		Test de Anderson-Darling		Lillie		Shapiro-Francia	
	P-value	Conclusión	P-value	Conclusión	P-value	Conclusión	P-value	Conclusión	P-value	Conclusión
Irraipa	3,72E-69	Rechaza	0	Rechaza	3,7e-24	Rechaza	0	Rechaza	2,16E-62	Rechaza
APto Bolívar	3,43E-69	Rechaza	0	Rechaza	3,7e-24	Rechaza	0	Rechaza	1,45E-62	Rechaza
Santana	5,58E-69	Rechaza	0	Rechaza	3,7e-24	Rechaza	0	Rechaza	2,28E-62	Rechaza

Fuente: INGETEC, 2021.

[40] H.P.G.M. Caldera, V. P, A Comparison of Methods of Estimating Missing Daily Rainfall Data. Sri Lanka.2016.

✓ Pruebas de consistencia y homogeneidad

A partir de los resultados anteriores dado que todas las series no tienen una distribución normal, se definieron las pruebas no-paramétricas a aplicar en las estaciones a fin de evaluar la homogeneidad y consistencia mediante pruebas de estabilidad en la media (Mann-Whitney y Kruskal-Wallis), estabilidad en la varianza (Siegel Turkey) y tendencia (Spearman y Kendall) para posteriormente aplicar el Test de Walsh para definir outliers. Las pruebas fueron realizadas para un nivel de significancia del =5%, es decir se rechaza la hipótesis nula si el valor de p asociado al resultado observado es menor que el nivel de significancia establecido. El valor de p- value muestra la probabilidad de haber obtenido el resultado hallado si se supone que la hipótesis nula es cierta[41].

Los resultados se presentan a continuación en la Tabla 5-48.

Tabla 5-48 Resultados de p-value, pruebas de consistencia y homogeneidad

Variable	Estación	Tendencia		Estabilidad en la varianza	Estabilidad en la media	
		Spearman	Kendall	Siegel Turkey	Mann-Whitney	Kruskal-Wallis
Precipitación	Irraipa	0,56	0,57	0,12	0,11	0,59
	Apto Bolivar	0,27	0,27	0,96	0,94	0,97
	Santana	0,28	0,27	0,83	0,79	0,73

Fuente: INGETEC, 2021

De acuerdo con lo anterior, se observa que los registros de las estaciones evaluadas presentan una buena calidad en los datos, dado que los p-values obtenidos son mayores a 0,05. Se concluye que los registros cumplen con las hipótesis de no tendencia e igualdad en la media y la varianza.

✓ Dobles masas

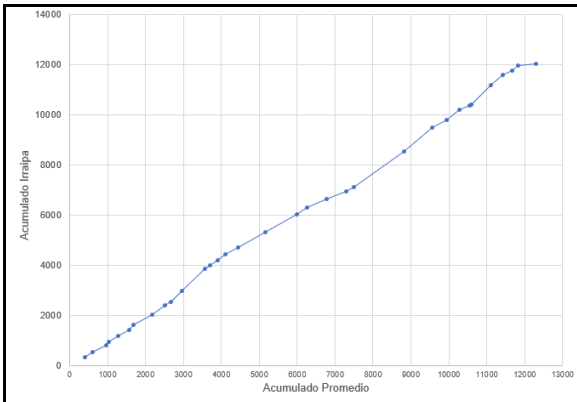
Esta metodología supone una proporcionalidad en la variación temporal de la acumulación de la variable en consideración; por lo que la variable acumulada en tiempos consecutivos en una estación contra la acumulación de los datos en otra – o el promedio acumulado en una misma cuenca – debe representarse como una línea recta en un gráfico cartesiano. Cambios en la pendiente de la curva de doble masa pueden asociarse a cambios en las magnitudes de la variable registrada en las estaciones, que no fueron detectados por aquella que se está analizando, estas anomalías pueden obedecer a cambios naturales o alteraciones en la estación y sus instrumentos de medición o por el contrario se consideran anómalos si no pueden ser explicados por fenómenos naturales. El análisis fue desarrollado

[41] Castro, L. M., & Carvajal Escobar, Y. Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas. Cali.2010.

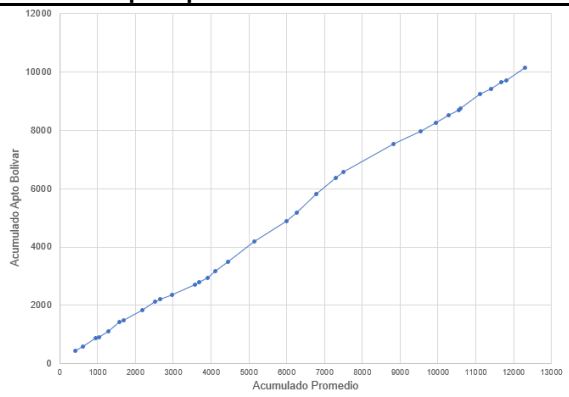
sólo para los períodos en que todas las estaciones poseen registros comunes a fin de no inducir errores en la acumulación de la masa.

El análisis de dobles masas para las series de precipitación se realizó a partir de los datos de las estaciones que caracterizan la zona de estudio. A continuación, se presenta el resultado de análisis de dobles masas.

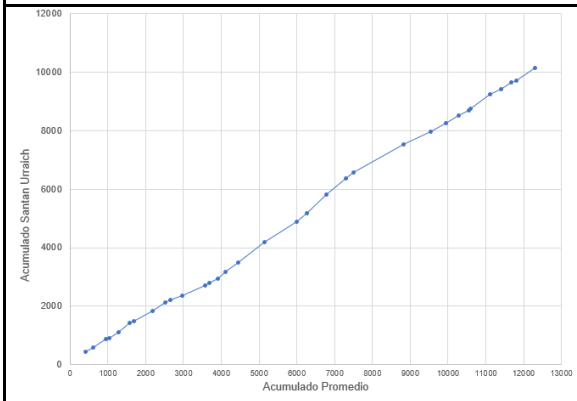
Tabla 5-49 Análisis de dobles masas precipitación



Estación: Irraipa



Estación: APTO Bolivar



Estación: Santan Urraich

Fuente: INGETEC, 2021.

Los resultados de los análisis de dobles masas para la precipitación muestran que los datos de las estaciones son homogéneos. Dado que no se identifican cambios o “quiebres” significativos en las estaciones.

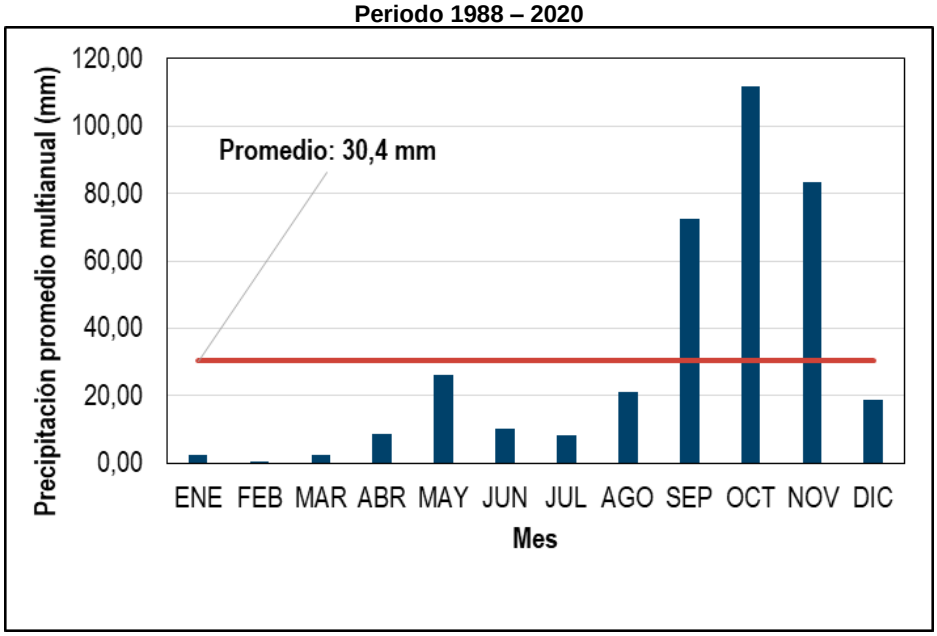
- ✓ Distribución temporal de la precipitación

Tomando como base los registros históricos de precipitación diaria se determinó la precipitación total mensual y con esta la precipitación promedio mensual multianual que es

presentadas en la Figura 5-61, Figura 5-62 para las estaciones: Irraipa, Aeropuerto Puerto Bolívar y Santana para el periodo 1988 - 2020.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Irraipa (Figura 5-61), presenta valores más altos que el promedio en el periodo de septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 111,7 mm mientras que el registro más bajo se presenta en febrero con un valor de 0,24 mm. La precipitación media mensual multianual es de 30,4 mm y la precipitación total anual multianual es de 365,2 mm.

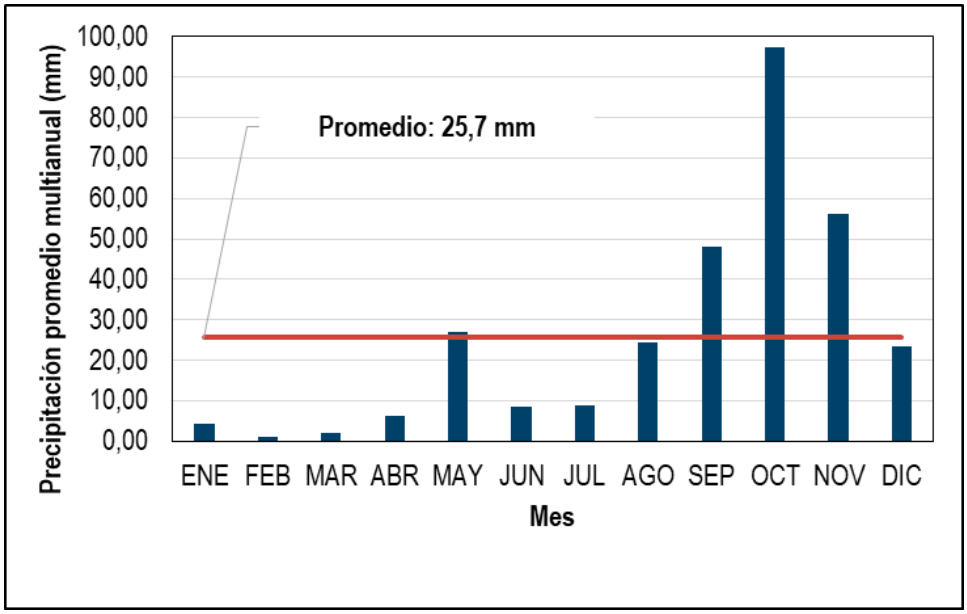
Figura 5-61 Distribución temporal de la precipitación en la estación Irraipa. Periodo 1988 – 2020



Fuente: INGETEC, 2021.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar (Figura 5-62), presenta valores más altos que el promedio en el periodo de mayo y septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 97,5 mm mientras que el registro más bajo se presenta en febrero con un valor de 1,02 mm. La precipitación media mensual multianual es de 25,7mm y la precipitación total anual multianual es de 307,9 mm.

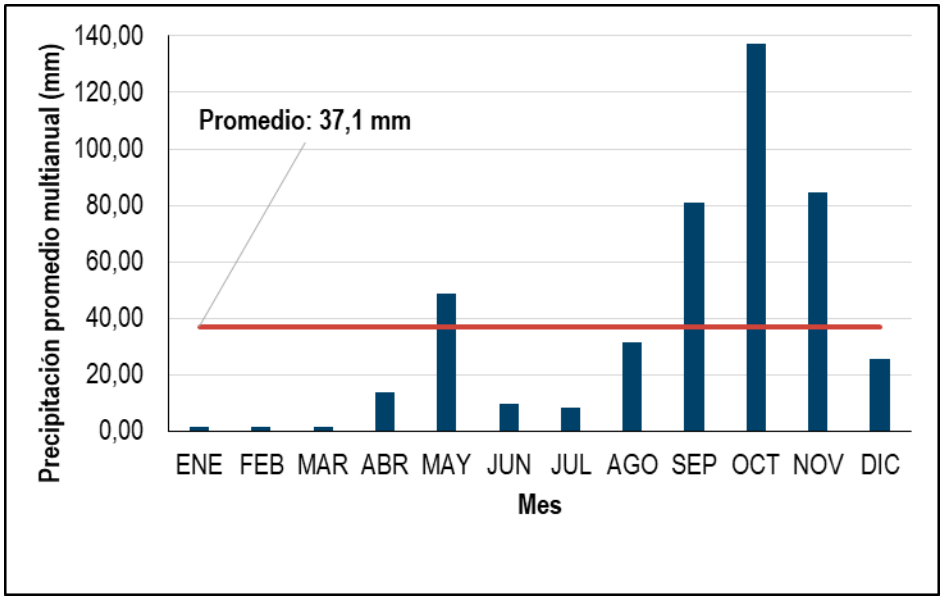
Figura 5-62 Distribución temporal de la precipitación en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1988 - 2020



Fuente: INGETEC, 2021.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Santana Urraich (Figura 5-63) presenta valores más altos que el promedio en el mes de mayo y en el periodo de septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 137,4 mm mientras que el registro más bajo se presenta en enero con un valor de 1,42 mm. La precipitación media mensual multianual es de 37,1 mm y la precipitación total anual multianual es de 444,6 mm.

Figura 5-63 Distribución temporal de la precipitación en la estación Santana Urraich. Periodo 1988-2020



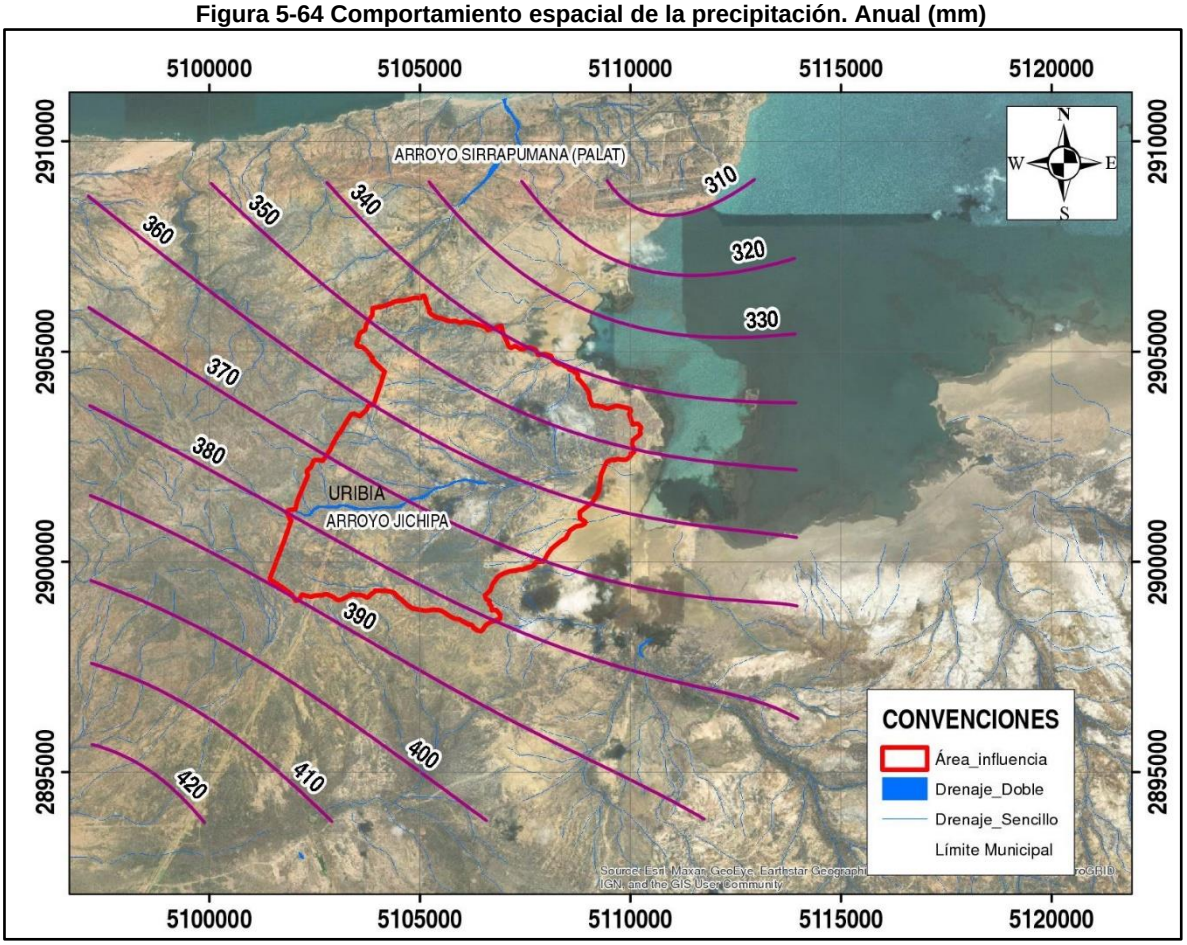
Fuente: INGETEC, 2021.

- ✓ Variación espacial de la precipitación

Tomando los registros de precipitación complementados de las estaciones base del proyecto para el período común establecido 1988-2020, el cual fue seleccionado para poder realizar la caracterización espacial de esta variable, se generaron las isolíneas de precipitación total media mensual con la ayuda del software Surfer7, el cual aplica el método de interpolación de Kriging.

A continuación, se presentan las figuras con los resultados obtenidos para la variación mensual y anual:

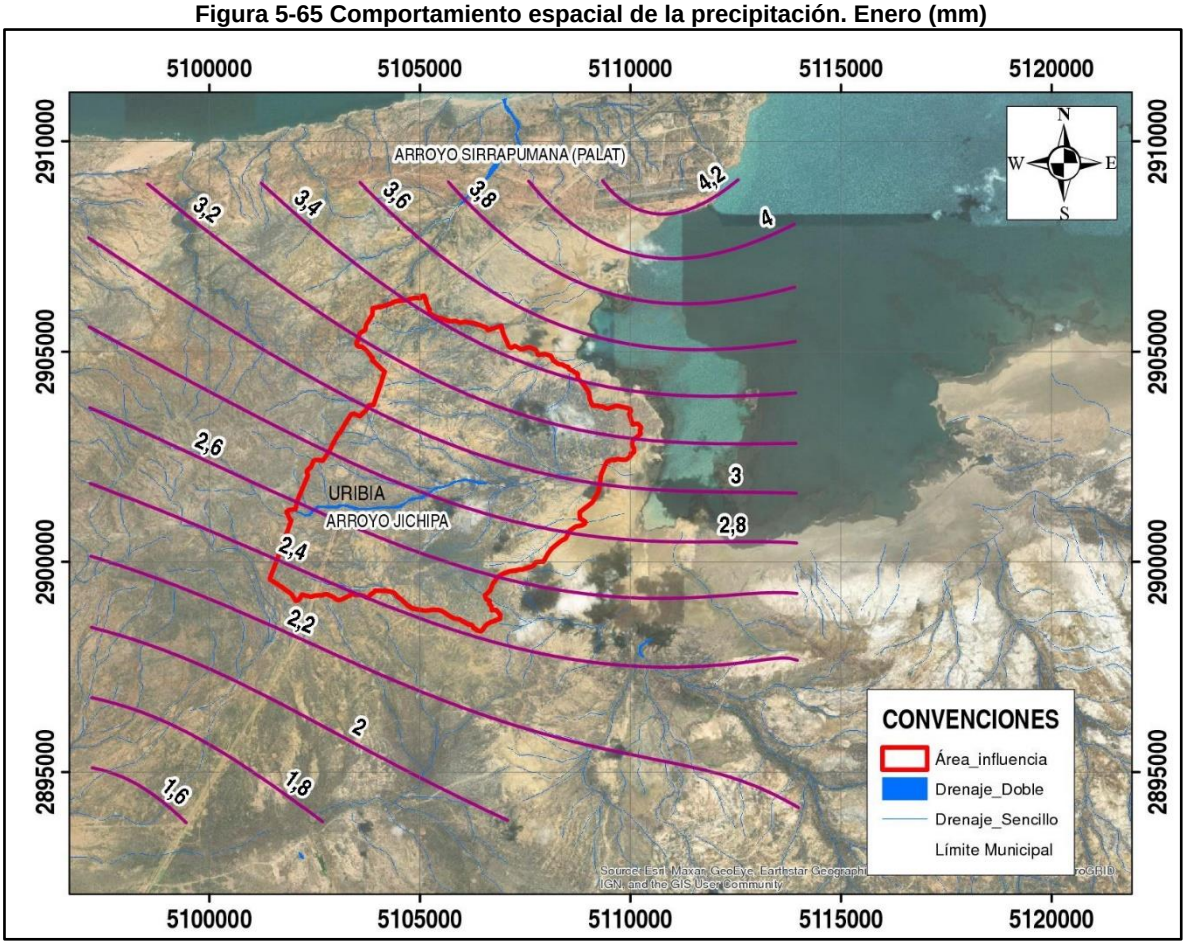
Figura 5-64 Comportamiento espacial de la precipitación. Anual (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación va disminuyendo desde 420 mm hasta 310 mm en el sentido sur - norte. En el área del proyecto la precipitación varía entre 390 mm y 340 mm.

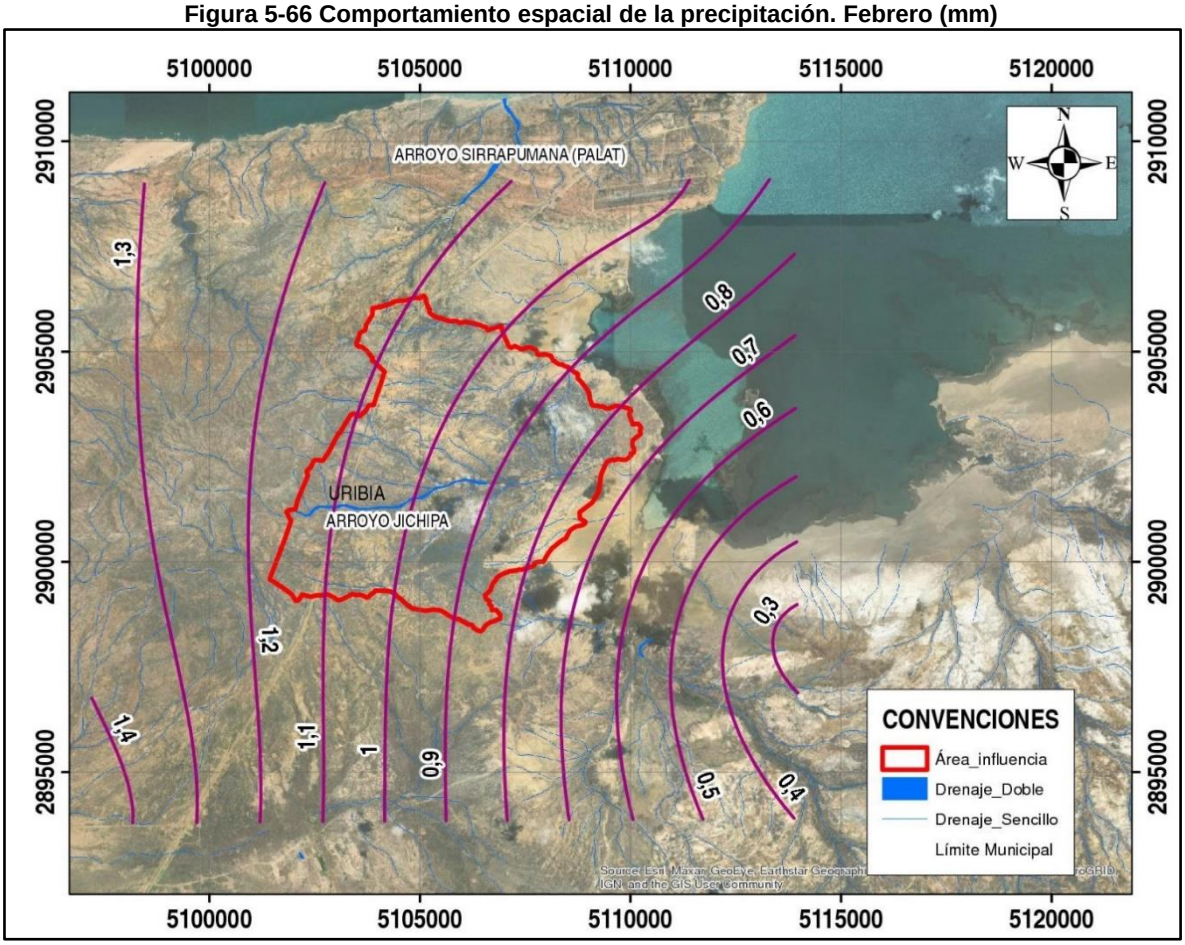
Figura 5-65 Comportamiento espacial de la precipitación. Enero (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de enero va disminuyendo desde 4.2 mm hasta 1.6 mm en el sentido norte - sur. En el área del proyecto la precipitación varía entre 3,4 mm y 2,2 mm.

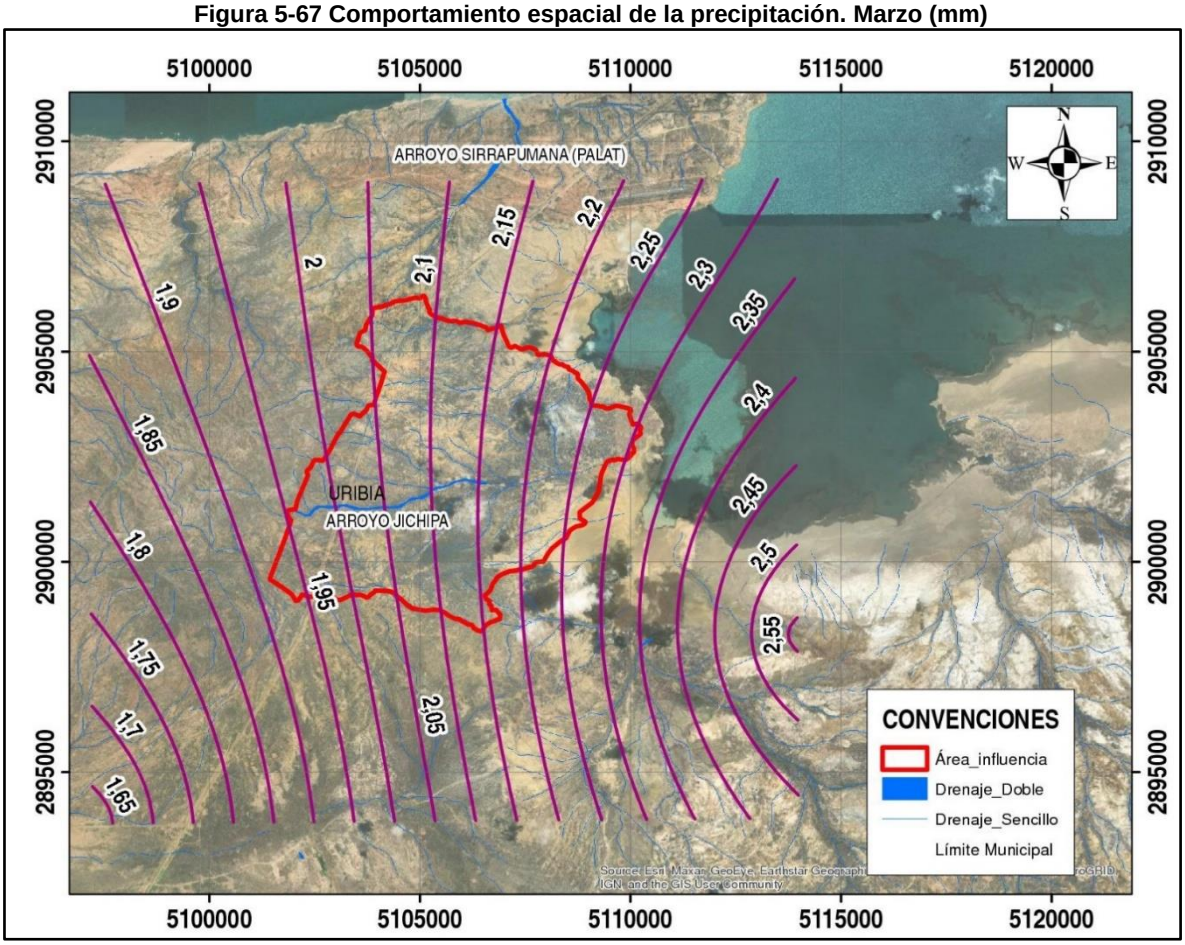
Figura 5-66 Comportamiento espacial de la precipitación. Febrero (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de febrero va disminuyendo desde 1.4 mm hasta 0.3 mm en el sentido sur - norte. En el área del proyecto la precipitación varía entre 1,2 mm y 0,7 mm.

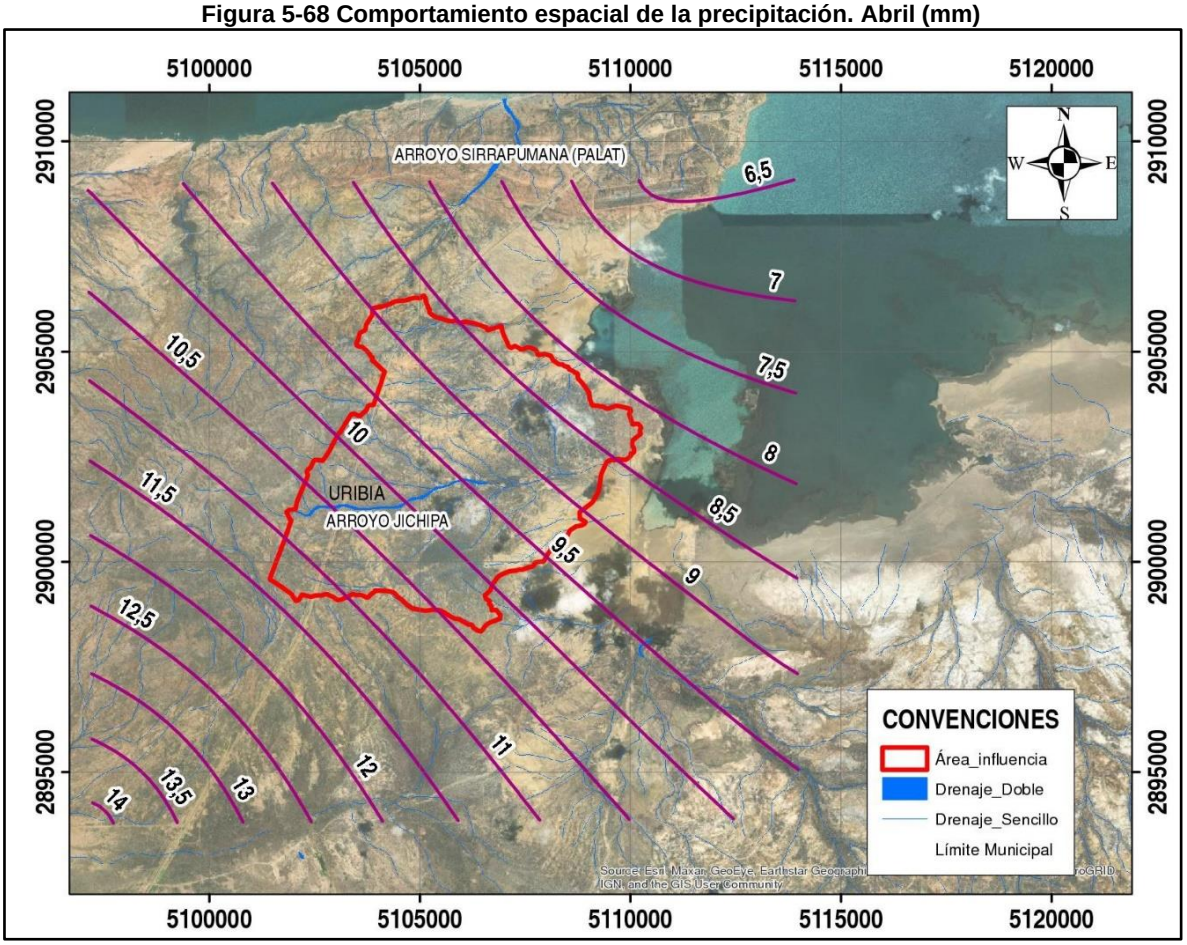
Figura 5-67 Comportamiento espacial de la precipitación. Marzo (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de marzo va disminuyendo desde 2.55 mm hasta 1.65 mm en el sentido este - oeste. En el área del proyecto la precipitación varía entre 2.3 mm y 1.9 mm.

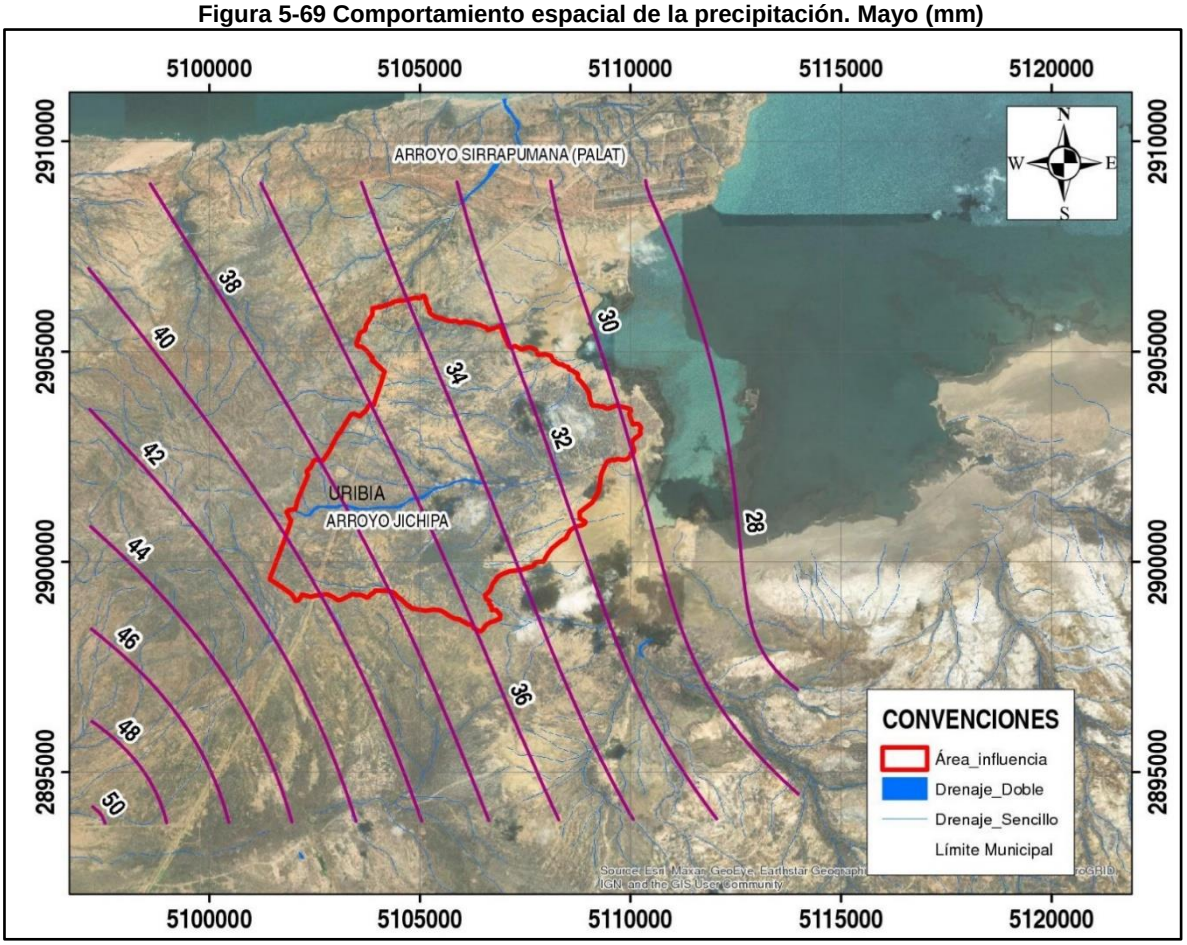
Figura 5-68 Comportamiento espacial de la precipitación. Abril (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de abril va disminuyendo desde 14.0 mm hasta 7.0 mm en el sentido suroeste - noreste. En el área del proyecto la precipitación varía entre 11.5 mm y 8.0 mm.

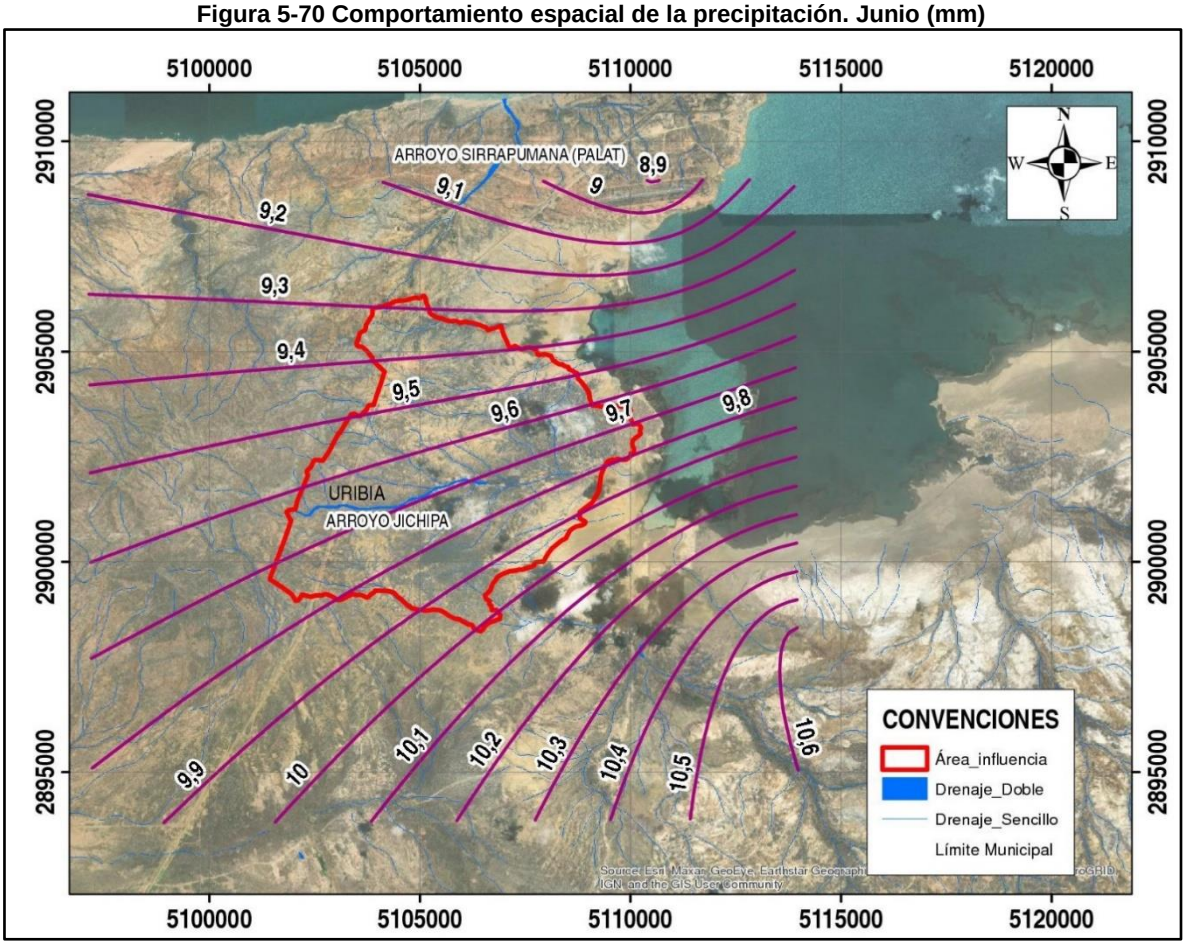
Figura 5-69 Comportamiento espacial de la precipitación. Mayo (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de mayo va disminuyendo desde 50.0 mm hasta 28.0 mm en el sentido suroeste - noreste. En el área del proyecto la precipitación varía entre 42.0 mm y 30.0 mm.

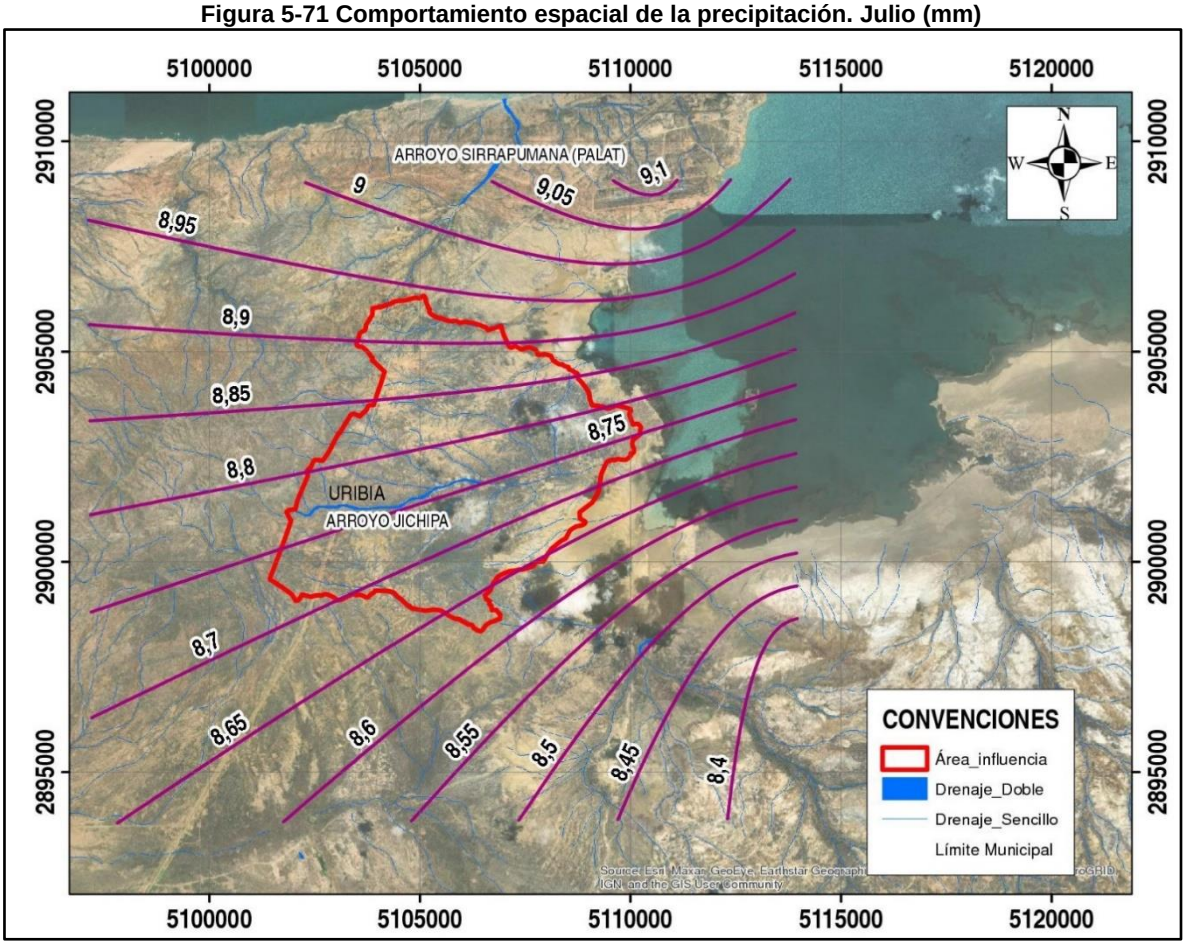
Figura 5-70 Comportamiento espacial de la precipitación. Junio (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de junio va disminuyendo desde 10.6 mm hasta 9.0 mm en el sentido sur - norte. En el área del proyecto la precipitación varía entre 10.0 mm y 9.3 mm.

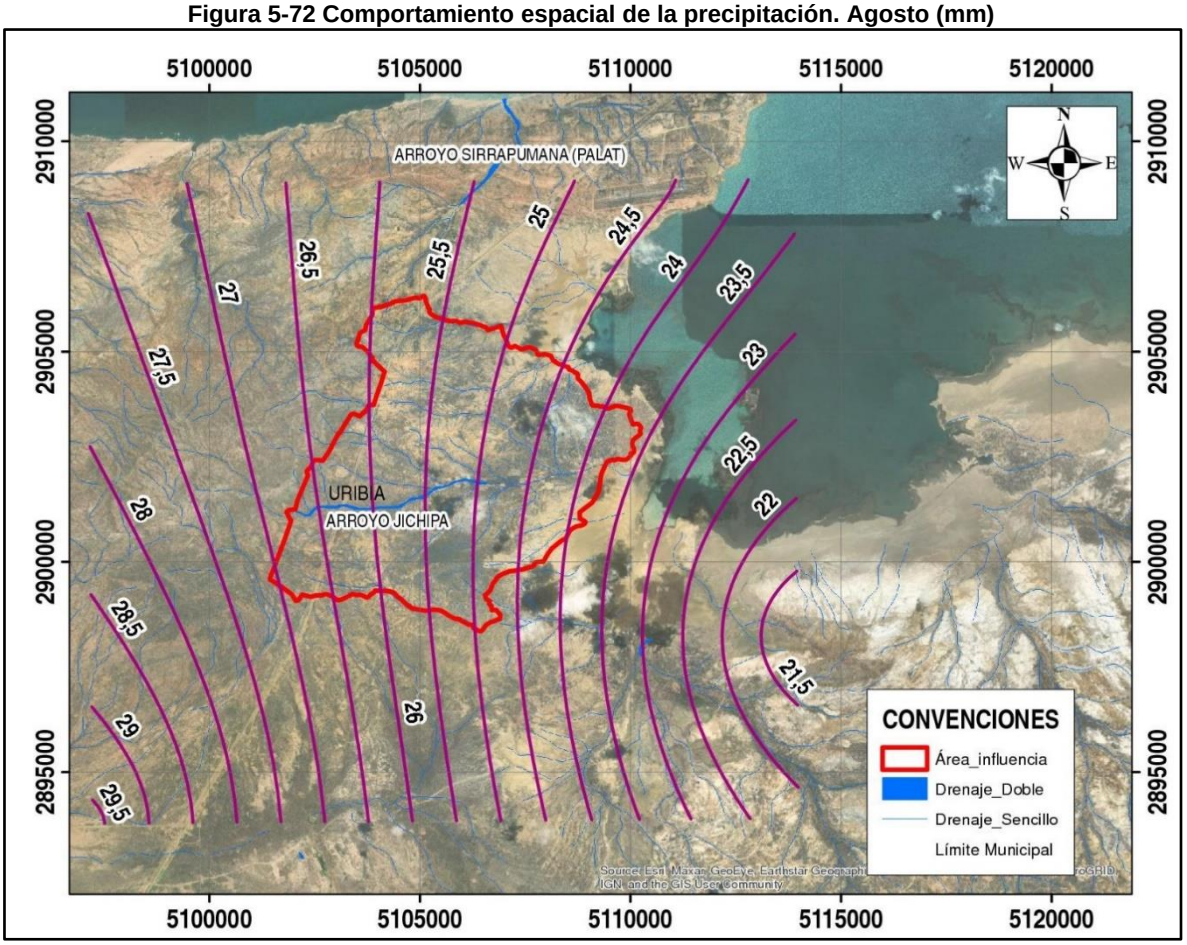
Figura 5-71 Comportamiento espacial de la precipitación. Julio (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de julio va disminuyendo desde 9.1 mm hasta 8.4 mm en el sentido norte- sur. En el área del proyecto la precipitación varía entre 8.95 mm y 8.60 mm.

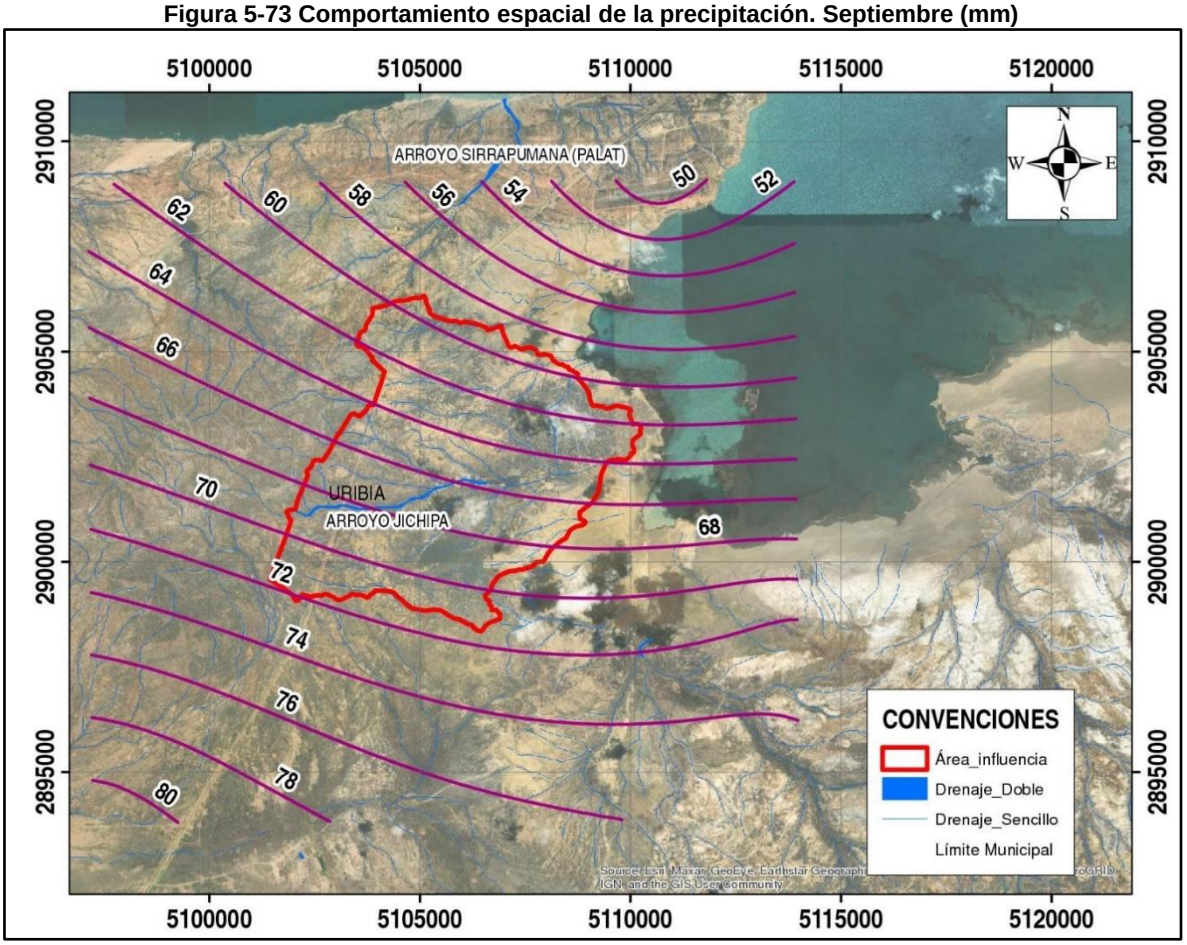
Figura 5-72 Comportamiento espacial de la precipitación. Agosto (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de agosto va disminuyendo desde 29.5 mm hasta 21.5 mm en el sentido oeste - este. En el área del proyecto la precipitación varía entre 27.0 mm y 24.0 mm.

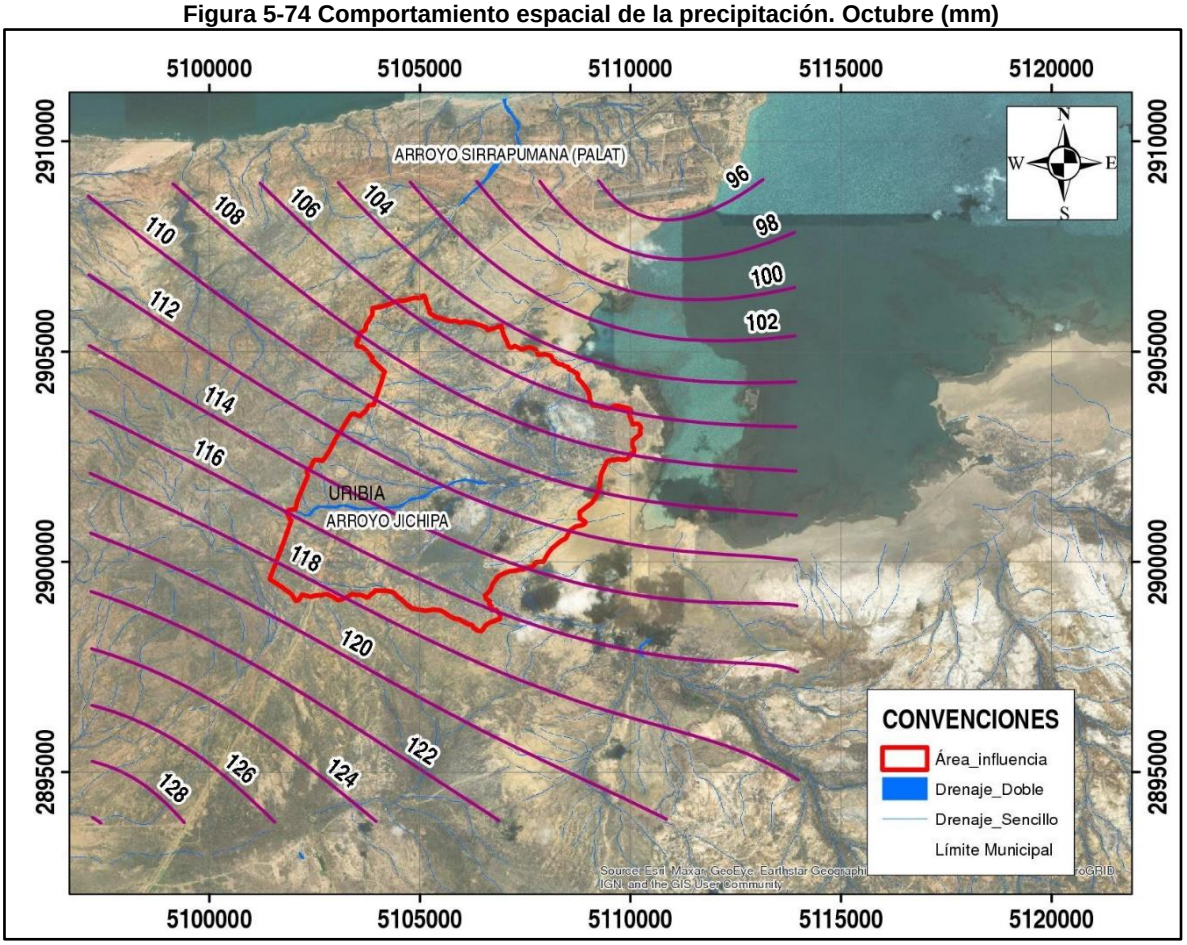
Figura 5-73 Comportamiento espacial de la precipitación. Septiembre (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de septiembre va disminuyendo desde 80.0 mm hasta 50.0 mm en el sentido sur - norte. En el área del proyecto la precipitación varía entre 72.0 mm y 60.0 mm.

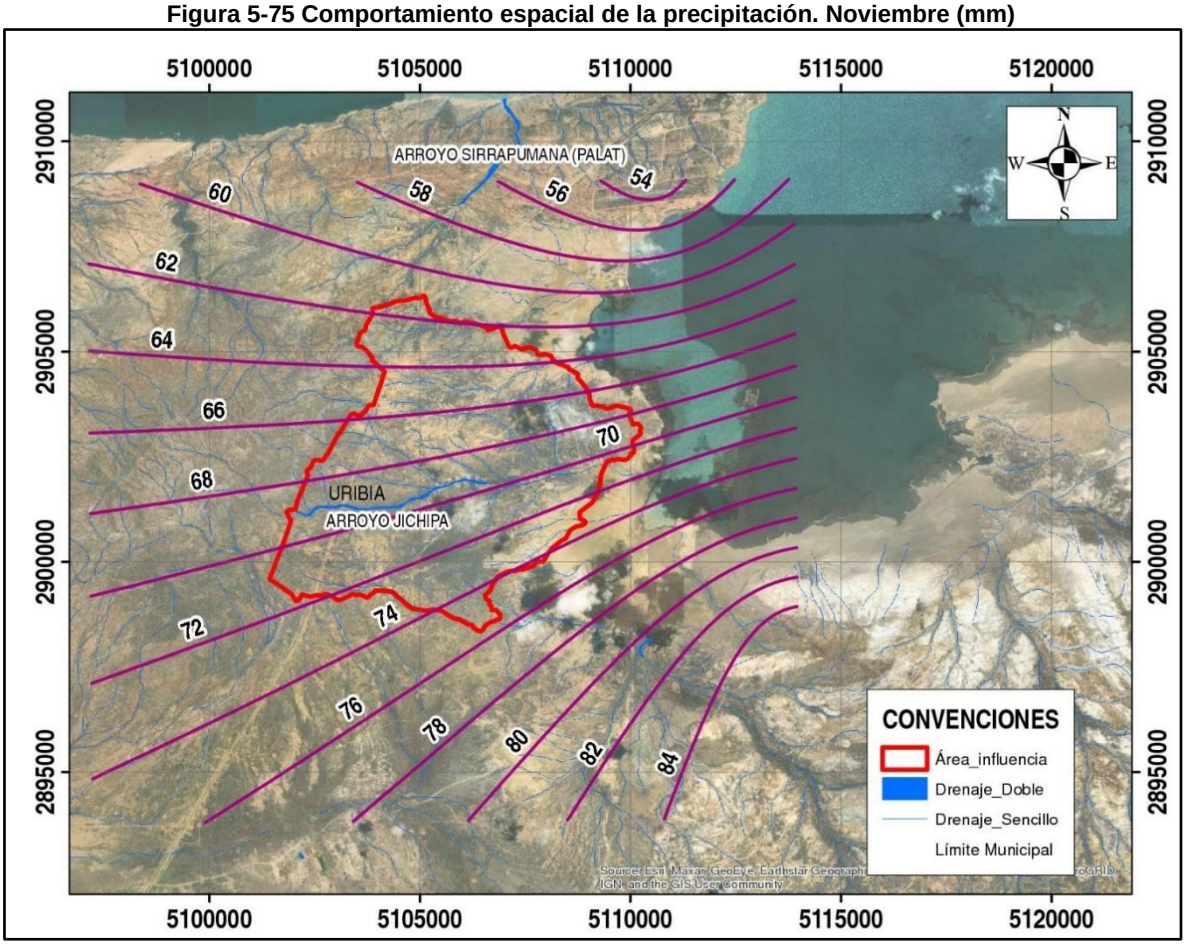
Figura 5-74 Comportamiento espacial de la precipitación. Octubre (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de octubre va disminuyendo desde 128.0 mm hasta 96.0 mm en el sentido suroeste - noreste. En el área del proyecto la precipitación varía entre 120.0 mm y 104.0 mm.

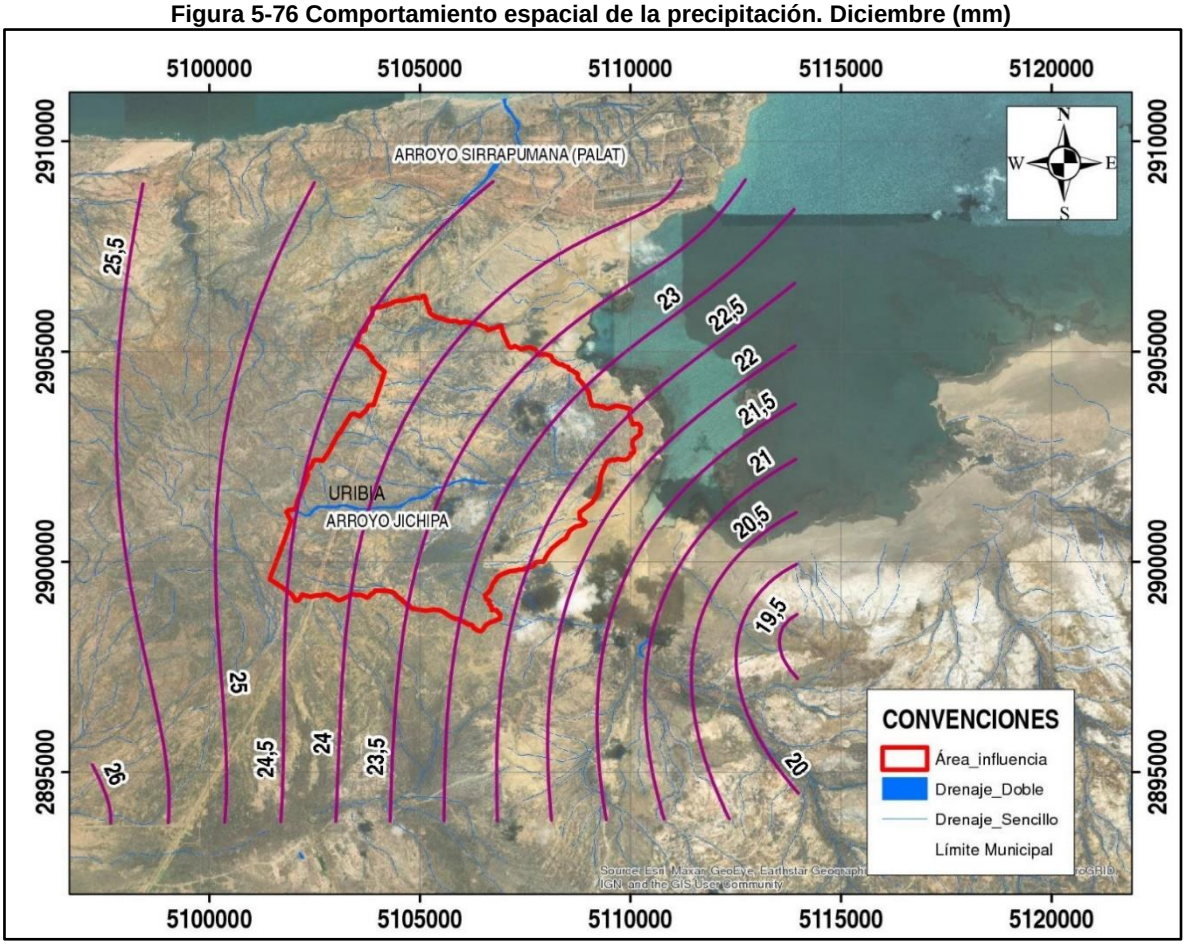
Figura 5-75 Comportamiento espacial de la precipitación. Noviembre (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de noviembre va disminuyendo desde 84.0 mm hasta 54.0 mm en el sentido sur - norte. En el área del proyecto la precipitación varía entre 76.0 mm y 62.0 mm.

Figura 5-76 Comportamiento espacial de la precipitación. Diciembre (mm)



Fuente: INGETEC, 2021.

Se observa que a nivel regional la precipitación en el mes de diciembre va disminuyendo desde 26.0 mm hasta 19.5 mm en el sentido oeste - este. En el área del proyecto la precipitación varía entre 24.5 mm y 22.5 mm.

5.1.4.4.2. Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración potencial fue estimada mediante la implementación de la metodología del tanque evaporímetro, la cual utiliza la evaporación registrada en el tanque evaporímetro y la afecta por un coeficiente K_p que depende de la velocidad del viento, la distancia al cultivo y la humedad relativa. El coeficiente del tanque evaporímetro se definió bajo las ecuaciones presentadas en la Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (FAO, 2006). Esta metodología está definida bajo la siguiente ecuación:

Variables:

- ETo es la evapotranspiración de referencia en mm/mes
- Kp es el coeficiente del tanque evaporímetro
- Epan es la evaporación del tanque evaporímetro mm/mes

$$ETo = Kp * Epan$$

Ecuación 6

Fuente: FAO, 2006.

Variables:

- Kp es el coeficiente del tanque evaporímetro
- u es la velocidad media del viento en m/s y debe estar entre 1,0 m/s y 8,0 m/s.
- Borde es la distancia al borde de la superficie identificada (Predominancia de pasto) el cual debe estar entre 1 m y 1000 m.
- HRmedia es la humedad relativa media expresada en porcentaje.

$$Kp = 0{,}108 - 0{,}0286u + 0{,}0422ln(Borde) + 0{,}1434ln(HRmedia) - 0{,}000631[ln(Borde)]^2 ln(HRmedia)$$

Ecuación 7.

Fuente: FAO, 2006.

Para la estimación de la evapotranspiración bajo está metodología se utilizaron los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar los cuales indican que la humedad relativa es de 69,8%, la velocidad del viento de 6,5 m/s. Se supone que el tanque se localiza sobre una superficie desnuda y a una distancia de 1 m. De lo anterior se estima el coeficiente del tanque de 0,65.

La evaporación mensual registrada en la estación se multiplicó por el coeficiente del tanque evaporímetro para obtener los valores de evapotranspiración potencial mensual. Los resultados se presentan a continuación

Tabla 5-50 Evapotranspiración potencial en mm (método de Tanque evaporímetro). Estación Aeropuerto Puerto Bolívar

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
E (mm)	380,4	228,7	277,5	474,7	391,8	434,2	655,8	813,3	375,9	613,2	588,8	878,1	6112,4
ETP (mm)	247,3	148,7	180,4	308,6	254,7	282,2	426,3	528,6	244,3	398,6	382,7	570,8	3973,1

Fuente: INGETEC, 2021.

5.1.4.4.3. Balance Hídrico

Para el análisis del balance hídrico se tuvieron en cuenta la precipitación y evapotranspiración de la zona de estudio, tomando como información base los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar y Paici respectivamente, dado que son las estaciones que se tomaron de referencia en el componente de meteorología como representativas para la caracterización de dichos parámetros. A partir de la diferencia matemática entre estas dos variables se identificaron los meses de superávit y déficit considerando como entrada la precipitación (P) total media y como salida la evapotranspiración (ETP).

Considerando la diferencia matemática entre la precipitación de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar y la evapotranspiración potencial estimada mediante la metodología del tanque evaporímetro se identifica que todos los meses del año tienen déficit hídrico a partir de los registros de evaporación de la estación Paici, dado que la evapotranspiración siempre supera la cantidad de precipitación mensual.

Por lo descrito anteriormente no se presenta almacenamiento del suelo lo que repercute que los cauces sean secos a lo largo del año.

Tabla 5-51 Balance hídrico Precipitación - Evapotranspiración (mm) 1988-2020.

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P(mm)	4,3	1,0	2,1	6,2	27,0	8,6	8,8	24,5	48,1	97,5	56,1	23,5	307,9
ETP (mm)	247,3	148,7	180,4	308,6	254,7	282,2	426,3	528,6	244,3	398,6	382,7	570,8	3973,1
P - ETP	-242,9	-147,6	-178,2	-302,4	-227,7	-273,6	-417,4	-504,1	-196,2	-301,0	-326,7	-547,3	-3665,2

Fuente: INGETEC, 2021.

5.1.4.5. Caracterización hidrológica

En la zona de estudio no operan estaciones de caudales ni el IDEAM ni la corporación autónoma regional de La Guajira (Corpoguajira) que permitan determinar de forma directa los caudales medios, máximos y mínimos de cada uno de los drenajes de interés.

Dado que no existen estaciones de caudales que tengan registros continuos o de eventos no es posible realizar la calibración y validación de modelos hidrológicos.

Por lo descrito anteriormente las estimaciones de caudales se realizaron mediante metodologías indirectas como lo recomienda la ANLA en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía Solar Fotovoltaica TdR-015, pag. 37, 2017:

> *"Para el estimativo de caudales en sitios con ausencia de información o con series de caudal inferiores a 10 años, se pueden utilizar metodologías indirectas mediante técnicas*

de regionalización, correlaciones hidrológicas, relaciones área– precipitación-caudal, modelos de simulación hidrológica alimentados con datos espaciales, hidroclimatológicos y de uso y cobertura del suelo (modelo lluvia – escorrentía), entre otros, sustentando la pertinencia de aplicación de la metodología seleccionada considerando la representatividad de los procesos hidrológicos predominantes en la cuenca hidrográfica de estudio".

Bajo el anterior lineamiento los caudales medios se determinaron mediante técnicas de regionalización (método del coeficiente de escorrentía) y los caudales máximos mediante modelos de simulación hidrológica alimentados con datos hidroclimatológicos y de uso y cobertura del suelo.

Con las series medios a resolución diaria se determinaron los caudales mínimos y se realizó la estimación del caudal ambiental mediante la metodología ANLA 2013, así como la revisión de los índices hidrológicos de uso del agua, índice de regulación hídrica, índice de aridez y de vulnerabilidad hídrica.

5.1.4.5.1. Caudales medios

La estimación de caudales en las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto y de las áreas de drenaje hasta la infraestructura del proyecto, se realizó teniendo en cuenta la relación existente entre el coeficiente de escorrentía y la precipitación media de cada una de las subcuencas, mediante la siguiente expresión:

$$Caudal\ medio = Pmedia \times Ce \times área \qquad \textbf{Ecuación 8}$$

Donde:

- Pmedia: Precipitación media diaria de la subcuenca (mm)

La precipitación media diaria sobre cada subcuenca se estimó mediante el método de los polígonos de thiessen que pondera la precipitación respecto a la influencia de las estaciones Santana Urraich, Irraipa y Aeropuerto Puerto Bolívar sobre cada subcuenca.

- Caudal medio: Caudal medio

Área subcuenca: Presentada en la Tabla 5-44 Características morfométricas de subcuencas hasta el área de influencia del proyecto

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1	Arroyo Puraraapu	14,41	2,19	0,55	0,012	0,48	Tiende a ser alargada	1,63	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,25	Sinuoso	0,34
2	Arroyo Puraraapu	22,14	2,03	0,88	0,009	0,29	Tiende a ser alargada	1,22	Oval redonda	1,17	Sinuoso	0,54
3	Arroyo Kapata	101,76	4,60	2,03	0,011	0,25	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,15	Sinuoso	0,97
4	Arroyo Kapata	686,15	14,33	6,62	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,54	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,23	Sinuoso	3,50
5	Arroyos directos Bahía Portete	224,14	7,59	3,44	0,006	0,19	Tiende a ser alargada	1,43	Oval oblonga	1,24	Sinuoso	1,70
6	Arroyo Puraraapu	123,51	5,02	1,72	0,010	0,42	Tiende a ser alargada	1,27	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	0,98
7	Arroyos directos Bahía Portete	11,74	1,37	0,35	0,015	0,96	Tiende a ser cuadrada	1,13	Oval redonda	1,12	Sinuoso	0,25
8	Arroyos directos Bahía Portete	108,66	5,02	1,95	0,012	0,29	Tiende a ser alargada	1,36	Oval oblonga	1,12	Sinuoso	0,91
9	Arroyos directos Bahía Portete	13,01	1,66	0,30	0,013	1,43	Tiende a ser cuadrada	1,30	Oval oblonga	1,05	Sinuoso	0,25
10	Arroyos directos Bahía Portete	16,03	1,66	0,58	0,020	0,48	Tiende a ser alargada	1,17	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
11	Arroyos directos Bahía Portete	13,90	1,53	0,55	0,019	0,45	Tiende a ser alargada	1,16	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31
12	Arroyos directos Bahía Portete	13,62	1,70	0,52	0,018	0,50	Tiende a ser alargada	1,30	Oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,30
14	Arroyo Kasia	103,08	4,82	1,83	0,012	0,31	Tiende a ser alargada	1,34	Oval oblonga	1,23	Sinuoso	0,87
15	Arroyo Kasia	19,39	2,00	0,76	0,018	0,34	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,07	Sinuoso	0,40
16	Arroyo Kasia	73,13	4,61	2,02	0,012	0,18	Tiende a ser alargada	1,52	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,32	Sinuoso	1,06
17	Arroyo Kasia	333,73	11,11	5,02	0,005	0,13	Tiende a ser alargada	1,71	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,18	Sinuoso	2,92
18	Arroyos directos Bahía Portete	588,79	12,86	5,56	0,004	0,19	Tiende a ser alargada	1,49	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	2,99
19	Arroyo Orochón	3087,49	30,22	13,69	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,17	Sinuoso	5,75

Tabla 5-45Características morfométricas de subcuencas hasta el área de influencia del proyecto

- Ce: Coeficiente de escorrentía (adimensional).

Los coeficientes de escorrentía para cada subcuenca se estimaron a partir del mapa de usos del suelo y el mapa de pendientes, de acuerdo con la clasificación de coeficientes de escorrentía recomendada por Martínez (2006) (Tabla 5-52). El mapa de pendientes fue

elaborado a partir del modelo digital de elevación de la zona de estudio mediante herramientas SIG, posteriormente se sobrepuso con el mapa de coberturas vegetales y se calculó el mapa de coeficientes de escorrentía que se presenta en las siguientes figuras.

Tabla 5-52 Coeficientes de escorrentía

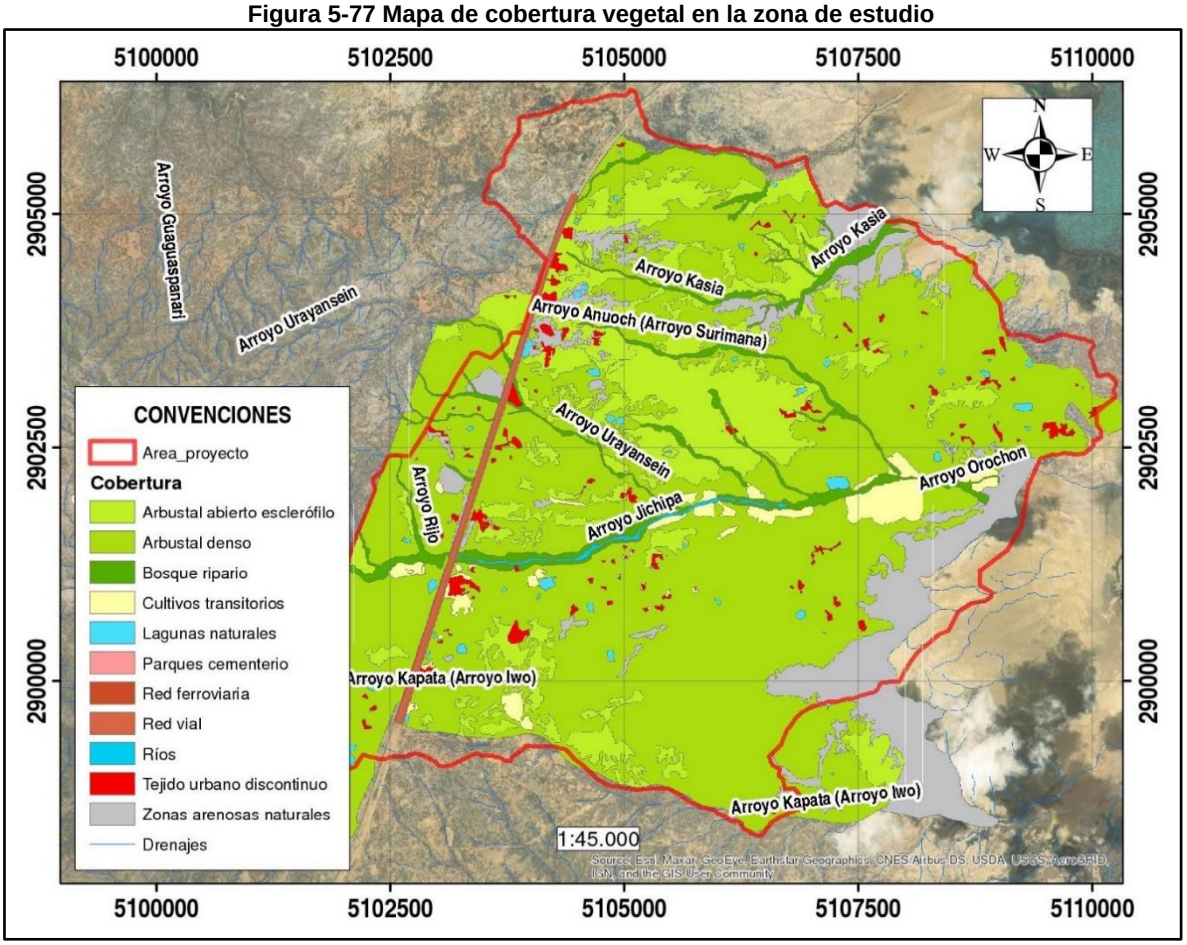
Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronun-Ciada	Alta	Media	Suave	Despre-ciable
		50%	20%	5%	1%	
Sin vegetación •	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos • Vegetación ligera •	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques Vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Nota: Para zonas que se espera puedan ser quemadas se deben aumentar los coeficientes así:
- Cultivos: multiplicar por 1,10
- Pastos y vegetación ligera, hierba y grama, bosques y vegetación densa: multiplicar por 1,30

Fuente: Andrés Martinez de Azagra Paredes, 2006.

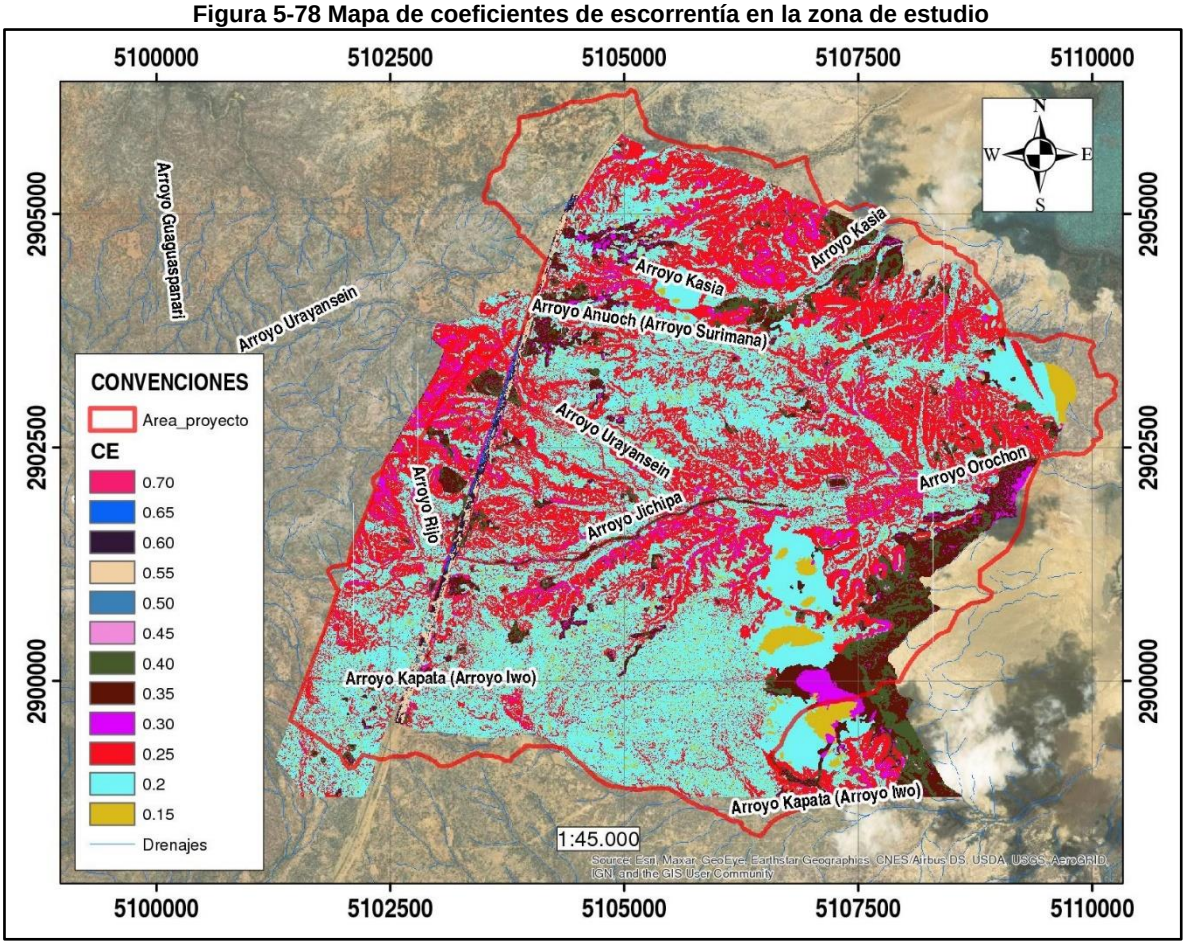
Los valores de porcentaje de incidencia de cada una de las estaciones sobre las áreas de drenaje hasta la infraestructura del proyecto, acorde con el método de polígonos de thiessen y los coeficientes de escorrentía se presentan en la Tabla 5-53 y el detalle de la estimación de los caudales medios diarios y las distribuciones temporales para cada subcuenca se presenta en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/4-Caudales medios).

Figura 5-77 Mapa de cobertura vegetal en la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-78 Mapa de coeficientes de escorrentía en la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2021.

Tabla 5-53 Porcentaje de incidencia de las estaciones y coeficiente de escorrentía para cada área de drenaje aferente a la infraestructura del proyecto

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
1-1	0,24	0%	0%	100%	39-7	0,23	100%	0%	0%
1-2	0,23	0%	0%	100%	39-8	0,22	100%	0%	0%
1-3	0,23	0%	0%	100%	39-9	0,23	100%	0%	0%
1-4	0,23	0%	0%	100%	39-10	0,23	100%	0%	0%

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
1-5	0,21	0%	0%	100%	39-11	0,23	100%	0%	0%
1-6	0,25	0%	0%	100%	39-12	0,24	100%	0%	0%
1-7	0,22	0%	0%	100%	42-1	0,24	100%	0%	0%
1-8	0,22	0%	0%	100%	39-13	0,23	100%	0%	0%
1-9	0,24	0%	0%	100%	39-14	0,25	100%	0%	0%
1-10	0,24	0%	0%	100%	39-15	0,22	100%	0%	0%
1-11	0,24	0%	0%	100%	39-16	0,21	100%	0%	0%
1-12	0,23	0%	0%	100%	39-17	0,24	100%	0%	0%
1-13	0,26	0%	0%	100%	39-18	0,20	100%	0%	0%
1-14	0,25	0%	0%	100%	39-19	0,26	100%	0%	0%
1-15	0,25	0%	0%	100%	48-1	0,22	100%	0%	0%
1-16	0,25	0%	0%	100%	48-2	0,26	100%	0%	0%
1-17	0,34	0%	0%	100%	48-3	0,20	100%	0%	0%
1-18	0,25	0%	0%	100%	48-4	0,20	100%	0%	0%
1-19	0,24	0%	0%	100%	48-5	0,20	100%	0%	0%
1-20	0,24	0%	0%	100%	48-6	0,20	100%	0%	0%

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
1-21	0,25	0%	0%	100%	48-7	0,20	100%	0%	0%
1-22	0,26	0%	0%	100%	48-8	0,20	100%	0%	0%
1-23	0,24	0%	0%	100%	48-9	0,20	100%	0%	0%
1-24	0,24	0%	0%	100%	48-10	0,20	100%	0%	0%
1-25	0,23	0%	0%	100%	48-11	0,20	100%	0%	0%
1-26	0,21	0%	0%	100%	48-12	0,21	100%	0%	0%
1-27	0,22	0%	0%	100%	48-13	0,22	100%	0%	0%
2-1	0,24	0%	0%	100%	48-14	0,22	100%	0%	0%
4-1	0,23	0%	0%	100%	48-15	0,21	82%	18%	0%
5-1	0,23	0%	0%	100%	48-16	0,20	0%	100%	0%
9-1	0,22	0%	0%	100%	48-17	0,22	0%	100%	0%
10-1	0,24	0%	0%	100%	48-18	0,26	0%	100%	0%
10-2	0,24	0%	0%	100%	48-19	0,26	0%	100%	0%
13-1	0,26	0%	0%	100%	48-20	0,27	0%	100%	0%
14-1	0,26	0%	0%	100%	54-1	0,20	100%	0%	0%
15-1	0,31	0%	0%	100%	57-1	0,20	100%	0%	0%

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
16-1	0,25	0%	0%	100%	57-2	0,20	100%	0%	0%
17-1	0,25	0%	0%	100%	57-3	0,20	100%	0%	0%
18-1	0,24	0%	0%	100%	57-4	0,20	100%	0%	0%
19-1	0,32	0%	0%	100%	57-5	0,20	100%	0%	0%
19-2	0,32	0%	0%	100%	57-6	0,20	100%	0%	0%
19-3	0,24	0%	0%	100%	57-7	0,20	100%	0%	0%
19-4	0,21	0%	0%	100%	58-1	0,20	100%	0%	0%
19-5	0,23	0%	0%	100%	58A-1	0,20	100%	0%	0%
19-6	0,21	0%	0%	100%	58A-2	0,20	100%	0%	0%
21-1	0,24	0%	0%	100%	60-1	0,20	100%	0%	0%
23-1	0,22	0%	0%	100%	60-2	0,20	41%	59%	0%
23-2	0,27	0%	0%	100%	60-3	0,20	0%	100%	0%
23-3	0,27	0%	0%	100%	60-4	0,21	0%	100%	0%
23-4	0,23	0%	0%	100%	60-5	0,23	0%	100%	0%
23-5	0,28	0%	0%	100%	63-1	0,26	0%	100%	0%
23-6	0,31	0%	0%	100%	63-2	0,27	0%	100%	0%

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
23-7	0,22	0%	0%	100%	63-3	0,28	0%	100%	0%
25-1	0,31	0%	0%	100%	65-1	0,25	0%	100%	0%
25-2	0,21	0%	0%	100%	65-2	0,33	0%	100%	0%
30-1	0,33	0%	0%	100%	65-3	0,37	0%	100%	0%
30-2	0,24	0%	0%	100%	65-4	0,36	0%	100%	0%
30-3	0,23	0%	0%	100%	65-5	0,36	0%	100%	0%
30-4	0,23	0%	0%	100%	70-1	0,22	100%	0%	0%
30-5	0,22	0%	0%	100%	73-1	0,24	79%	3%	18%
30-6	0,23	0%	0%	100%	73-2	0,23	0%	0%	100%
30-7	0,21	0%	0%	100%	73-3	0,23	0%	0%	100%
30-8	0,22	4%	0%	96%	73-4	0,22	0%	0%	100%
30-9	0,21	28%	0%	72%	73-5	0,23	0%	0%	100%
30-10	0,22	3%	0%	97%	73-6	0,22	0%	0%	100%
30-11	0,24	0%	0%	100%	73-7	0,23	0%	0%	100%
30-12	0,23	0%	0%	100%	73-8	0,25	0%	0%	100%
31-1	0,23	0%	0%	100%	73-9	0,23	0%	0%	100%

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por área de drenaje									
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**	**Cuenca**	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
34-1	0,22	0%	0%	100%	73-10	0,25	0%	0%	100%
34-2	0,22	0%	0%	100%	73-11	0,24	0%	0%	100%
34-3	0,22	0%	0%	100%	74-1	0,22	0%	0%	100%
35-1	0,21	0%	0%	100%	75-1	0,24	0%	0%	100%
38-1	0,25	100%	0%	0%	RE-1	0,31	0%	0%	100%
39-1	0,27	100%	0%	0%	RE-2	0,25	0%	0%	100%
39-2	0,25	100%	0%	0%	RE-3	0,24	0%	0%	100%
39-3	0,22	100%	0%	0%	RE-4	0,26	0%	0%	100%
39-4	0,22	100%	0%	0%	RE-5	0,23	0%	0%	100%
39-5	0,24	100%	0%	0%	RE-6	0,22	0%	0%	100%
39-6	0,24	100%	0%	0%	RE-7	0,23	0%	0%	100%
RE-9	0,22	0%	0%	100%	RE-8	0,22	0%	0%	100%

Fuente: INGETEC, 2021.

Para las unidades hidrográficas hasta el límite del área de influencia se realizó el mismo procedimiento descrito anteriormente para las subcuencas del proyecto y se estimaron los coeficientes de escorrentía y porcentajes de incidencia de las estaciones de precipitación que se presentan en la Tabla 5-54.

Tabla 5-54 Porcentaje de incidencia de las estaciones y coeficiente de escorrentía para las cuencas generales

Coeficientes de escorrentía (CE) e Incidencia de estaciones por subcuenca				
Cuenca	**Ce**	**Santana**	**Irraipa**	**Bolívar**
1	0,20	100%	0%	0%
2	0,22	100%	0%	0%
3	0,22	100%	0%	0%
4	0,21	100%	0%	0%
5	0,29	22%	78%	0%
6	0,21	100%	0%	0%
7	0,21	0%	0%	100%
8	0,22	0%	24,8%	75,2%
9	0,23	0%	0%	100%
10	0,22	0%	0%	100%
11	0,25	0%	0%	100%
12	0,23	0%	0%	100%
14	0,24	0%	0%	100%
15	0,23	0%	0%	100%
16	0,26	0%	0%	100%
17	0,26	0%	0%	100%
18	0,25	0%	0%	100%
19	0,24	56,9%	14,8%	28,4%

Fuente: INGETEC, 2021.

Con la metodología descrita anteriormente se determinaron los caudales medios diarios para el periodo 1988 - 2020. Las series de caudales diarios se presentan en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/4-Caudales medios).

A manera de resumen se presentan en la Tabla 5-55 los valores de área, precipitación promedio multianual, coeficientes de escorrentía y caudales medios multianuales en las áreas de drenaje aferentes a la infraestructura del proyecto y en la Tabla 5-56 se presenta el resumen del cálculo de caudales medios multianuales de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto.

Con el caudal medio y el área de la cuenca se determinó el rendimiento hídrico promedio o producción de agua por unidad de área (ENA 2018), el cual es clasificado en función de su valor.

Como se observa a continuación los valores de rendimiento hídrico varían entre 2,05 l/s/km² y 4,28 l/s/km² por lo tanto la zona de estudio clasifica en condiciones deficitarias acorde con lo determinado en el Estudio Nacional del Agua (2018).

Tabla 5-55 Valores de caudales medios mensuales (l/s) en las áreas de drenaje hasta el cruce con la infraestructura del proyecto periodo 1988-2020

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
1-1	0,0269	307,9	0,24	0,063	2,34
1-2	0,1616	307,9	0,23	0,363	2,25
1-3	0,0129	307,9	0,23	0,029	2,25
1-4	0,0118	307,9	0,23	0,027	2,25
1-5	0,1235	307,9	0,21	0,253	2,05
1-6	0,3340	307,9	0,25	0,815	2,44
1-7	0,0401	307,9	0,22	0,086	2,15
1-8	0,0351	307,9	0,22	0,075	2,15
1-9	0,0224	307,9	0,24	0,052	2,34
1-10	0,0140	307,9	0,24	0,033	2,34
1-11	0,0102	307,9	0,24	0,024	2,34
1-12	0,0049	307,9	0,23	0,011	2,25
1-13	0,0164	307,9	0,26	0,042	2,54
1-14	0,1777	307,9	0,25	0,434	2,44
1-15	0,0971	307,9	0,25	0,237	2,44
1-16	2,7230	307,9	0,25	6,647	2,44
1-17	0,0793	307,9	0,34	0,263	3,32
1-18	0,3166	307,9	0,25	0,773	2,44
1-19	0,0525	307,9	0,24	0,123	2,34
1-20	0,0541	307,9	0,24	0,127	2,34
1-21	0,0410	307,9	0,25	0,100	2,44
1-22	0,0226	307,9	0,26	0,057	2,54
1-23	0,5527	307,9	0,24	1,295	2,34
1-24	0,0383	307,9	0,24	0,090	2,34
1-25	0,0264	307,9	0,23	0,059	2,25
1-26	0,0121	307,9	0,21	0,025	2,05
1-27	0,1066	307,9	0,22	0,229	2,15
2-1	0,0342	307,9	0,24	0,080	2,34
4-1	0,0032	307,9	0,23	0,007	2,25
5-1	0,0089	307,9	0,23	0,020	2,25
9-1	0,0833	307,9	0,22	0,179	2,15
10-1	0,1903	307,9	0,24	0,446	2,34
10-2	0,0041	307,9	0,24	0,010	2,34

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
13-1	0,0135	307,9	0,26	0,034	2,54
14-1	0,0776	307,9	0,26	0,197	2,54
15-1	0,0330	307,9	0,31	0,100	3,03
16-1	0,3230	307,9	0,25	0,788	2,44
17-1	0,0111	307,9	0,25	0,027	2,44
18-1	0,0065	307,9	0,24	0,015	2,34
19-1	0,0426	307,9	0,32	0,133	3,12
19-2	0,0114	307,9	0,32	0,036	3,12
19-3	0,0493	307,9	0,24	0,115	2,34
19-4	0,0133	307,9	0,21	0,027	2,05
19-5	0,0124	307,9	0,23	0,028	2,25
19-6	0,0818	307,9	0,21	0,168	2,05
21-1	0,0087	307,9	0,24	0,020	2,34
23-1	0,0414	307,9	0,22	0,089	2,15
23-2	0,0203	307,9	0,27	0,054	2,64
23-3	0,0088	307,9	0,27	0,023	2,64
23-4	0,0067	307,9	0,23	0,015	2,25
23-5	0,0183	307,9	0,28	0,050	2,73
23-6	0,0188	307,9	0,31	0,057	3,03
23-7	0,0352	307,9	0,22	0,076	2,15
25-1	0,0147	307,9	0,31	0,044	3,03
25-2	0,0267	307,9	0,21	0,055	2,05
30-1	0,0564	307,9	0,33	0,182	3,22
30-2	0,0581	307,9	0,24	0,136	2,34
30-3	0,0422	307,9	0,23	0,095	2,25
30-4	0,1347	307,9	0,23	0,302	2,25
30-5	0,0211	307,9	0,22	0,045	2,15
30-6	0,0025	307,9	0,23	0,006	2,25
30-7	0,0064	307,9	0,21	0,013	2,05
30-8	0,0578	313,4	0,22	0,126	2,19
30-9	0,0390	346,2	0,21	0,090	2,31
30-10	0,0372	312,0	0,22	0,081	2,18
30-11	0,0226	307,9	0,24	0,053	2,34
30-12	0,0165	307,9	0,23	0,037	2,25
31-1	0,0139	307,9	0,23	0,031	2,25
34-1	0,5966	307,9	0,22	1,281	2,15
34-2	0,0078	307,9	0,22	0,017	2,15
34-3	0,0432	307,9	0,22	0,093	2,15
35-1	0,1172	307,9	0,21	0,240	2,05
38-1	1,3948	444,6	0,25	4,916	3,52
39-1	0,0352	444,6	0,27	0,134	3,81
39-2	0,0362	444,6	0,25	0,128	3,52

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
39-3	0,0136	444,6	0,22	0,042	3,10
39-4	0,0129	444,6	0,22	0,040	3,10
39-5	0,0100	444,6	0,24	0,034	3,38
39-6	0,5065	444,6	0,24	1,714	3,38
39-7	4,1977	444,6	0,23	13,611	3,24
39-8	0,0216	444,6	0,22	0,067	3,10
39-9	0,1222	444,6	0,23	0,396	3,24
39-10	0,0296	444,6	0,23	0,096	3,24
39-11	0,0148	444,6	0,23	0,048	3,24
39-12	0,0091	444,6	0,24	0,031	3,38
42-1	0,5113	444,6	0,24	1,730	3,38
39-13	0,0083	444,6	0,23	0,027	3,24
39-14	0,0159	444,6	0,25	0,056	3,52
39-15	0,0938	444,6	0,22	0,291	3,10
39-16	0,0642	444,6	0,21	0,190	2,96
39-17	0,0475	444,6	0,24	0,161	3,38
39-18	0,0199	444,6	0,2	0,056	2,82
39-19	0,0161	444,6	0,26	0,059	3,67
48-1	0,0837	444,6	0,22	0,260	3,10
48-2	0,0129	444,6	0,26	0,047	3,67
48-3	0,2223	444,6	0,2	0,627	2,82
48-4	0,1417	444,6	0,2	0,400	2,82
48-5	0,0594	444,6	0,2	0,168	2,82
48-6	0,0157	444,6	0,2	0,044	2,82
48-7	0,0900	444,6	0,2	0,254	2,82
48-8	0,0069	444,6	0,2	0,019	2,82
48-9	0,0651	444,6	0,2	0,183	2,82
48-10	0,1970	444,6	0,2	0,555	2,82
48-11	0,0135	444,6	0,2	0,038	2,82
48-12	0,0261	444,6	0,21	0,077	2,96
48-13	0,0051	444,6	0,22	0,016	3,10
48-14	0,4244	444,6	0,22	1,316	3,10
48-15	1,1279	430,3	0,21	3,232	2,87
48-16	0,0032	365,2	0,2	0,007	2,32
48-17	0,0381	365,2	0,22	0,097	2,55
48-18	0,0053	365,2	0,26	0,016	3,01
48-19	0,0308	365,2	0,26	0,093	3,01
48-20	0,0143	365,2	0,27	0,045	3,13
54-1	0,0373	444,6	0,2	0,105	2,82
57-1	0,0589	444,6	0,2	0,166	2,82
57-2	0,0328	444,6	0,2	0,092	2,82
57-3	0,1470	444,6	0,2	0,415	2,82

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
57-4	0,0227	444,6	0,2	0,064	2,82
57-5	0,2789	444,6	0,2	0,786	2,82
57-6	0,0469	444,6	0,2	0,132	2,82
57-7	0,1624	444,6	0,2	0,458	2,82
58-1	0,2852	444,6	0,2	0,804	2,82
58A-1	0,1839	444,6	0,2	0,518	2,82
58A-2	0,0322	444,6	0,2	0,091	2,82
60-1	0,3163	444,6	0,2	0,892	2,82
60-2	0,069	397,8	0,2	0,174	2,52
60-3	0,0210	365,2	0,2	0,049	2,32
60-4	0,0712	365,2	0,21	0,173	2,43
60-5	0,0536	365,2	0,23	0,143	2,66
63-1	0,0184	365,2	0,26	0,056	3,01
63-2	0,0103	365,2	0,27	0,032	3,13
63-3	0,0106	365,2	0,28	0,034	3,24
65-1	0,0075	365,2	0,25	0,022	2,90
65-2	0,0685	365,2	0,33	0,262	3,82
65-3	0,0092	365,2	0,37	0,039	4,28
65-4	0,0044	365,2	0,36	0,018	4,17
65-5	0,0178	365,2	0,36	0,074	4,17
70-1	0,4178	444,6	0,22	1,296	3,10
73-1	22,0366	417,6	0,24	70,036	3,18
73-2	0,0130	307,9	0,23	0,029	2,25
73-3	0,0903	307,9	0,23	0,203	2,25
73-4	0,0849	307,9	0,22	0,182	2,15
73-5	0,0195	307,9	0,23	0,044	2,25
73-6	0,0092	307,9	0,22	0,020	2,15
73-7	3,2284	307,9	0,23	7,250	2,25
73-8	0,0082	307,9	0,25	0,020	2,44
73-9	0,3350	307,9	0,23	0,752	2,25
73-10	0,0046	307,9	0,25	0,011	2,44
73-11	0,0657	307,9	0,24	0,154	2,34
74-1	0,0074	307,9	0,22	0,016	2,15
75-1	0,0064	307,9	0,24	0,015	2,34
RE-1	0,2498	307,9	0,31	0,756	3,03
RE-2	0,1367	307,9	0,25	0,334	2,44
RE-3	0,3085	307,9	0,24	0,723	2,34
RE-4	1,8836	307,9	0,26	4,782	2,54
RE-5	0,1431	307,9	0,23	0,321	2,25
RE-6	0,0286	307,9	0,22	0,061	2,15
RE-7	2,8294	307,9	0,23	6,345	2,25
RE-8	0,4951	307,9	0,22	1,063	2,15

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
RE-9	0,9718	307,9	0,22	2,087	2,15

Fuente: INGETEC, 2021.

Tabla 5-56 Valores de caudales medios mensuales (l/s) en las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto, periodo 1988-2020

Cuenca	Área (km²)	Precipitación promedio multianual (mm)	Coeficiente de Escorrentía	Caudal medio multianual (l/s)	Rendimiento hídrico (l/s/km²)
1	0,14	444,6	0,20	0,413	2,86
2	0,22	444,6	0,22	0,679	3,07
3	1,02	444,6	0,22	3,131	3,08
4	6,86	444,6	0,21	20,559	3,00
5	2,24	382,7	0,29	8,007	3,57
6	1,24	444,6	0,21	3,715	3,01
7	0,12	307,9	0,21	0,241	2,05
8	1,09	322,1	0,22	2,404	2,21
9	0,13	307,9	0,23	0,290	2,22
10	0,16	307,9	0,22	0,344	2,15
11	0,14	307,9	0,25	0,345	2,48
12	0,14	307,9	0,23	0,308	2,26
14	1,03	307,9	0,24	2,416	2,34
15	0,19	307,9	0,23	0,444	2,29
16	0,73	307,9	0,26	1,889	2,58
17	3,34	307,9	0,26	8,588	2,57
18	5,89	307,9	0,25	14,195	2,41
19	30,87	394,5	0,24	93,319	3,02

Fuente: INGETEC, 2021.

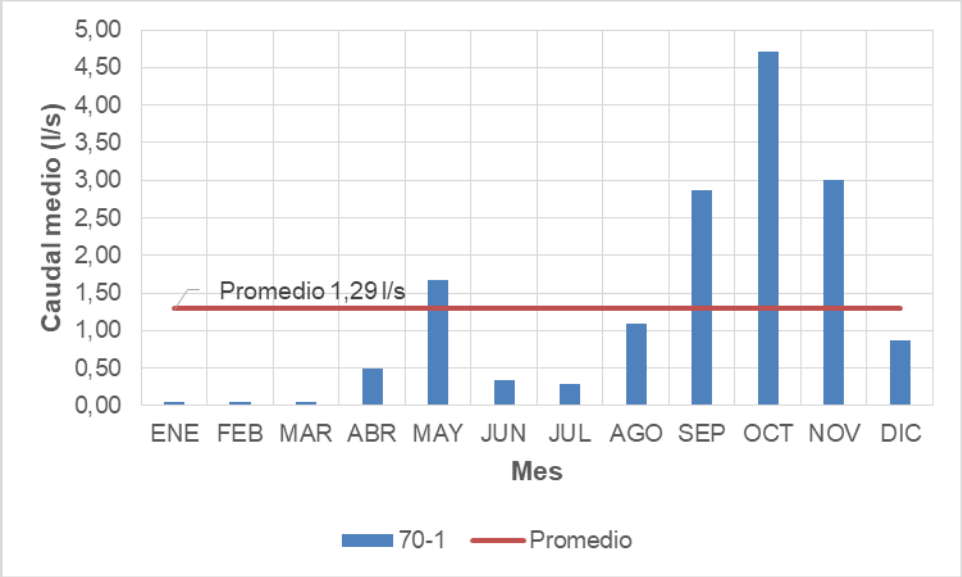
- Distribución temporal de caudales medios

Con las series de caudales diarios se determinó el caudal promedio multianual para cada mes. Estos valores se graficaron obteniendo la distribución temporal de los caudales.

A manera de ejemplo en la Figura 5-79 se puede ver la distribución temporal en la subcuenca 70-1.

Dicha subcuenca tiene un comportamiento bimodal, porque tiene dos temporadas por encima del promedio (mayo y septiembre a noviembre) y dos temporadas por debajo del promedio (diciembre a abril y junio a agosto). El mes de mayor precipitación es octubre con un valor de 4,72 l/s y el mes de menor precipitación es enero con un valor de 0,05 l/s.

Figura 5-79 Distribución temporal de caudales medios mensuales. Subcuenca 70-1



Fuente: INGETEC, 2021.

- Curvas de duración de caudales medios diarios

Con el fin de determinar los caudales característicos de las corrientes en estudio, se elaboró la curva de duración de caudales a nivel diario. A continuación, se presenta el resumen de los caudales característicos clasificados de acuerdo con lo recomendado por la metodología del Índice de Alteración Hidrológica para el análisis de los componentes del caudal ecológico.

Acorde con esta clasificación en la zona del proyecto no se presentan caudales extremos bajos ni bajos dado que el 80% del tiempo los drenajes están secos.

En la Tabla 5-73 se presenta la clasificación mencionada que fue tomada como referencia

Tabla 5-57 Caudales característicos (l/s) de subcuencas en estudio

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
1-1	9,13	0,22	0,22	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-2	51,82	1,27	1,27	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
1-3	4,19	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-4	3,77	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-5	36,66	0,90	0,90	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1-6	120,32	2,95	2,95	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
1-7	12,53	0,31	0,31	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-8	10,90	0,27	0,27	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-9	7,52	0,18	0,18	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
1-10	4,49	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-11	3,32	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-12	1,75	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-13	5,92	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-14	62,49	1,53	1,53	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
1-15	34,18	0,84	0,84	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1-16	980,72	24,08	24,08	0,80	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
1-17	37,88	0,93	0,93	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1-18	112,58	2,76	2,76	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
1-19	18,00	0,44	0,44	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-20	18,66	0,46	0,46	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
1-21	14,22	0,35	0,35	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-22	8,22	0,20	0,20	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-23	183,93	4,52	4,52	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
1-24	12,83	0,31	0,31	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-25	8,73	0,21	0,21	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1-26	3,57	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1-27	32,64	0,80	0,80	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2-1	11,37	0,28	0,28	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
4-1	1,06	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-1	2,93	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9-1	26,23	0,64	0,64	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
10-1	65,28	1,60	1,60	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
10-2	1,39	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13-1	4,94	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14-1	28,14	0,69	0,69	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
15-1	14,40	0,35	0,35	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
16-1	115,62	2,84	2,84	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
17-1	3,96	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18-1	2,16	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19-1	19,52	0,48	0,48	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
19-2	5,21	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19-3	16,64	0,41	0,41	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
19-4	3,92	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19-5	3,98	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19-6	24,77	0,61	0,61	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
21-1	2,93	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23-1	12,77	0,31	0,31	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
23-2	10,97	0,27	0,27	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
23-3	3,16	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23-4	2,23	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23-5	7,15	0,18	0,18	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
23-6	8,43	0,21	0,21	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
23-7	10,88	0,27	0,27	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
25-1	6,44	0,16	0,16	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
25-2	7,80	0,19	0,19	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
30-1	26,67	0,65	0,65	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
30-2	20,03	0,49	0,49	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
30-3	13,44	0,33	0,33	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
30-4	44,64	1,10	1,10	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
30-5	6,95	0,17	0,17	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
30-6	0,82	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30-7	2,32	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30-8	17,06	0,48	0,48	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
30-9	8,57	0,52	0,52	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
30-10	11,05	0,29	0,29	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
30-11	7,72	0,19	0,19	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
30-12	5,43	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31-1	6,33	0,16	0,16	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
34-1	185,55	4,56	4,56	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
34-2	2,43	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34-3	13,10	0,32	0,32	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
35-1	35,08	0,86	0,86	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
38-1	53,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-1	14,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-2	23,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-3	4,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-4	4,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-5	3,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-6	164,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-7	1445,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-8	7,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-9	41,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-10	10,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-11	5,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-12	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42-1	166,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-13	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-14	6,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-15	31,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-16	20,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-17	16,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-18	6,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39-19	6,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-1	27,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-2	5,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
48-3	67,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-4	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-5	17,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-6	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-7	33,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-8	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-9	19,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-10	58,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-11	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-12	8,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-13	3,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-14	141,99	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-15	286,61	13,72	13,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-16	0,77	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-17	10,09	0,29	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-18	1,68	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-19	9,64	0,28	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48-20	4,64	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54-1	11,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-1	17,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-2	9,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-3	51,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-4	6,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-5	84,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-6	14,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57-7	48,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58-1	86,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58A-1	54,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58A-2	9,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60-1	89,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60-2	1,05	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60-3	5,03	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60-4	23,37	0,67	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60-5	15,01	0,43	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63-1	5,72	0,17	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63-2	3,36	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63-3	3,63	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65-1	2,21	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65-2	27,12	0,78	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65-3	4,09	0,12	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65-4	1,87	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65-5	7,66	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70-1	136,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
73-1	6674,62	242,52	242,52	27,74	27,74	0,00	0,00	0,00	0,00
73-2	4,38	0,11	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73-3	30,29	0,74	0,74	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
73-4	26,83	0,66	0,66	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
73-5	9,25	0,23	0,23	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
73-6	2,94	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73-7	1067,13	26,20	26,20	0,87	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00
73-8	2,90	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73-9	110,02	2,70	2,70	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
73-10	1,59	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
73-11	22,30	0,55	0,55	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
74-1	2,32	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
75-1	2,15	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-1	109,43	2,69	2,69	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-2	47,94	1,18	1,18	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-3	104,90	2,58	2,58	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-4	681,22	16,72	16,72	0,56	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-5	46,85	1,15	1,15	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-6	8,79	0,22	0,22	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-7	936,89	23,00	23,00	0,77	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-8	154,86	3,80	3,80	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
RE-9	305,55	7,50	7,50	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: INGETEC, 2021.

En la siguiente tabla se presentan los caudales característicos de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-58 Caudales característicos (l/s) de subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto

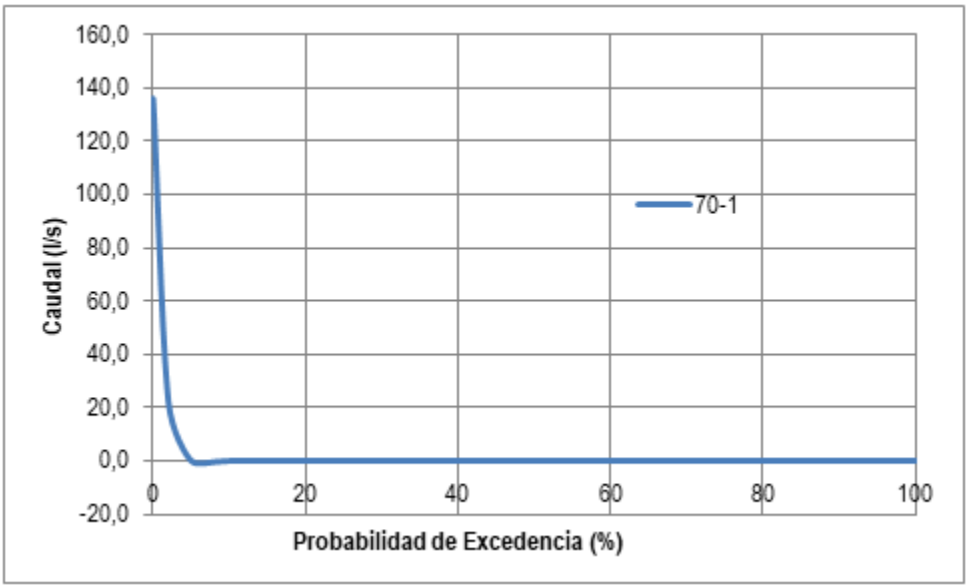
Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
1	44,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	72,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	334,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	2194,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	619,55	43,69	43,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	396,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	36,23	0,86	0,86	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
8	260,12	13,51	13,51	2,25	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00
9	43,59	1,03	1,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00

Cauces	Extremos altos		Altos		Estacionales		Bajos		Extremos Bajos
% Probabilidad de Frecuencia de Excedencia	0	5	5	10	10	75	75	95	95
10	51,84	1,22	1,22	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
11	51,95	1,23	1,23	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
12	46,32	1,09	1,09	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
14	363,68	8,59	8,59	0,29	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
15	66,85	1,58	1,58	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
16	284,38	6,72	6,72	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
17	1292,99	30,54	30,54	1,02	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
18	2137,08	50,48	50,48	1,68	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00
19	7230,10	511,17	511,17	98,09	98,09	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: INGETEC, 2021.

Tomando como referencia lo presentado anteriormente, para la subcuenca 70-1 se identifica una pendiente alta en el tramo inicial de caudales, lo cual indica que sus caudales altos se presentan en cortos periodos. El caudal medio de la cuenca estimado mediante la metodología de trasposición regional es de 1,29 l/s, el cual corresponde al caudal con una probabilidad de excedencia del 4%. A continuación, en la Figura 5-80 se presenta la curva de duración de caudales para la subcuenca 70-1, los otros cauces en estudio se pueden observar en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/5-Curva dura Q).

Figura 5-80 Curva de Duración de Caudales. Subcuenca 70-1



Fuente: INGETEC, 2021.

5.1.4.5.2. Caudales máximos

Teniendo en cuenta que las cuencas en estudio no se encuentran instrumentadas con estaciones de medición de caudales que permitan realizar calibraciones y validaciones se utilizaron metodologías indirectas como lo recomienda la ANLA en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía Solar Fotovoltaica TdR-015, pág. 37, 2017:

> *"Para el estimativo de caudales en sitios con ausencia de información o con series de caudal inferiores a 10 años, se pueden utilizar metodologías indirectas mediante técnicas de regionalización, correlaciones hidrológicas, relaciones área– precipitación-caudal, modelos de simulación hidrológica alimentados con datos espaciales, hidroclimatológicos y de uso y cobertura del suelo (modelo lluvia – escorrentía), entre otros, sustentando la pertinencia de aplicación de la metodología seleccionada considerando la representatividad de los procesos hidrológicos predominantes en la cuenca hidrográfica de estudio".*

La metodología empleada para el cálculo de caudales máximos corresponde al modelo lluvia - escorrentía basados en el método del hidrograma unitario del Soil Conservation Service (SCS). Este modelo se implementó con ayuda del software HEC-HMS y los parámetros descritos a continuación.

- ✓ Características morfométricas de subcuencas

Las características morfométricas requeridas para la modelación corresponden a área y tiempo de concentración las cuales se presentan en Tabla 5-44 Características morfométricas de subcuencas hasta el área de influencia del proyecto

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
1	Arroyo Puraraapu	14,41	2,19	0,55	0,012	0,48	Tiende a ser alargada	1,63	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,25	Sinuoso	0,34
2	Arroyo Puraraapu	22,14	2,03	0,88	0,009	0,29	Tiende a ser alargada	1,22	Oval redonda	1,17	Sinuoso	0,54
3	Arroyo Kapata	101,76	4,60	2,03	0,011	0,25	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,15	Sinuoso	0,97
4	Arroyo Kapata	686,15	14,33	6,62	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,54	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,23	Sinuoso	3,50

Micro Cuencas	Subcuenca	Área (ha)	Perímetro (km)	Longitud del cauce (km)	Pendiente (m/m)	Factor de forma	Clasificación factor de forma subcuenca	Índice de compacidad	Clasificación índice de compacidad	Índice de sinuo-sidad	Clasificación índice de sinuosidad	Tiempo de concentración (horas)
5	Arroyos directos Bahía Portete	224,14	7,59	3,44	0,006	0,19	Tiende a ser alargada	1,43	Oval oblonga	1,24	Sinuoso	1,70
6	Arroyo Puraraapu	123,51	5,02	1,72	0,010	0,42	Tiende a ser alargada	1,27	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	0,98
7	Arroyos directos Bahía Portete	11,74	1,37	0,35	0,015	0,96	Tiende a ser cuadrada	1,13	Oval redonda	1,12	Sinuoso	0,25
8	Arroyos directos Bahía Portete	108,66	5,02	1,95	0,012	0,29	Tiende a ser alargada	1,36	Oval oblonga	1,12	Sinuoso	0,91
9	Arroyos directos Bahía Portete	13,01	1,66	0,30	0,013	1,43	Tiende a ser cuadrada	1,30	Oval oblonga	1,05	Sinuoso	0,25
10	Arroyos directos Bahía Portete	16,03	1,66	0,58	0,020	0,48	Tiende a ser alargada	1,17	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31
11	Arroyos directos Bahía Portete	13,90	1,53	0,55	0,019	0,45	Tiende a ser alargada	1,16	Oval redonda	1,10	Sinuoso	0,31
12	Arroyos directos Bahía Portete	13,62	1,70	0,52	0,018	0,50	Tiende a ser alargada	1,30	Oval oblonga	1,10	Sinuoso	0,30
14	Arroyo Kasia	103,08	4,82	1,83	0,012	0,31	Tiende a ser alargada	1,34	Oval oblonga	1,23	Sinuoso	0,87
15	Arroyo Kasia	19,39	2,00	0,76	0,018	0,34	Tiende a ser alargada	1,28	Oval oblonga	1,07	Sinuoso	0,40
16	Arroyo Kasia	73,13	4,61	2,02	0,012	0,18	Tiende a ser alargada	1,52	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,32	Sinuoso	1,06
17	Arroyo Kasia	333,73	11,11	5,02	0,005	0,13	Tiende a ser alargada	1,71	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,18	Sinuoso	2,92
18	Arroyos directos Bahía Portete	588,79	12,86	5,56	0,004	0,19	Tiende a ser alargada	1,49	Oval oblonga	1,18	Sinuoso	2,99
19	Arroyo Orochón	3087,49	30,22	13,69	0,005	0,16	Tiende a ser alargada	1,53	Oval oblonga a rectangular oblonga	1,17	Sinuoso	5,75

Tabla 5-45

✓ Hidrograma unitario

En términos generales, un hidrograma unitario es la función de respuesta de pulso unitario para un sistema lineal, y se define como el hidrograma de escorrentía directa resultante de una unidad de exceso de lluvia (precipitación efectiva) generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva (Chow, 1994). Las suposiciones del modelo son:

I. El exceso de precipitación tiene una intensidad constante dentro de la duración efectiva
II. El exceso de precipitación está fuertemente distribuido a través de toda el área de drenaje
III. El tiempo base, del hidrograma unitario resultante de un exceso de lluvia de una duración dada, es constante
IV. las ordenadas de todos los hidrogramas son directamente proporcionales a la cantidad de escorrentía directa
V. el hidrograma resultante de un exceso de lluvia dado refleja las características no cambiantes de una cuenca

El SCS propuso un hidrograma sintético triangular cuya geometría, se define con el área y el tiempo de concentración de la cuenca según la Ecuación 9.

$$Q_p = 0{,}2083 \times \frac{A}{t_p} \times E$$ **Ecuación 9**

Donde:

A: Área de la cuenca en km²

E: Escorrentía unitaria, 1mm

tp: tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma, el cual se obtiene con la Ecuación:

$$t_p = \frac{d}{2} + t_l = \frac{d}{2} + 0{,}6 \times t_c$$ **Ecuación 10**

Donde:

tl: Tiempo de rezago de la cuenca que corresponde a una fracción (60%) del tiempo de concentración tc.

d: Duración de exceso de precipitación unitaria.

tp: tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma, el cual se obtiene con la Ecuación 10.

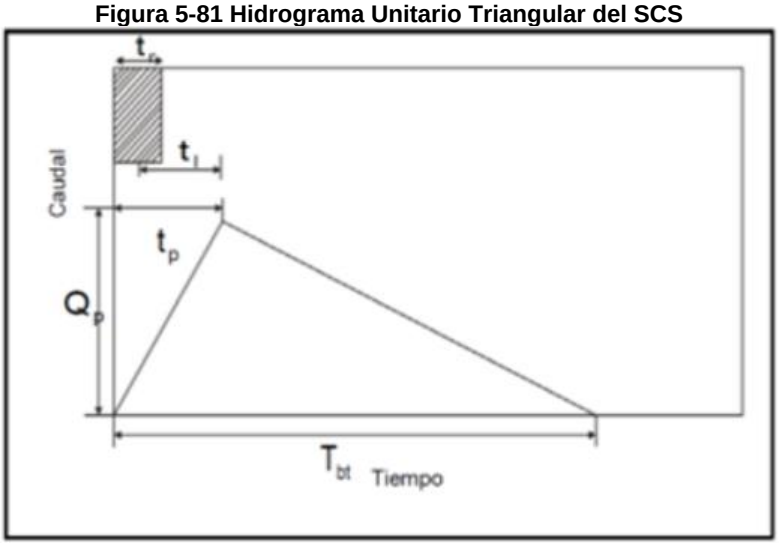
Para finalizar la descripción geométrica del hidrograma, el ancho de la base se define con la Ecuación 11.

$$T_{bt} = \frac{8}{3} t_p$$ **Ecuación 11**

Donde:

Tbt: tiempo base del hidrograma.

Figura 5-81 Hidrograma Unitario Triangular del SCS



Fuente: Chow, V.T., 1994.

- ✓ Hietograma de diseño

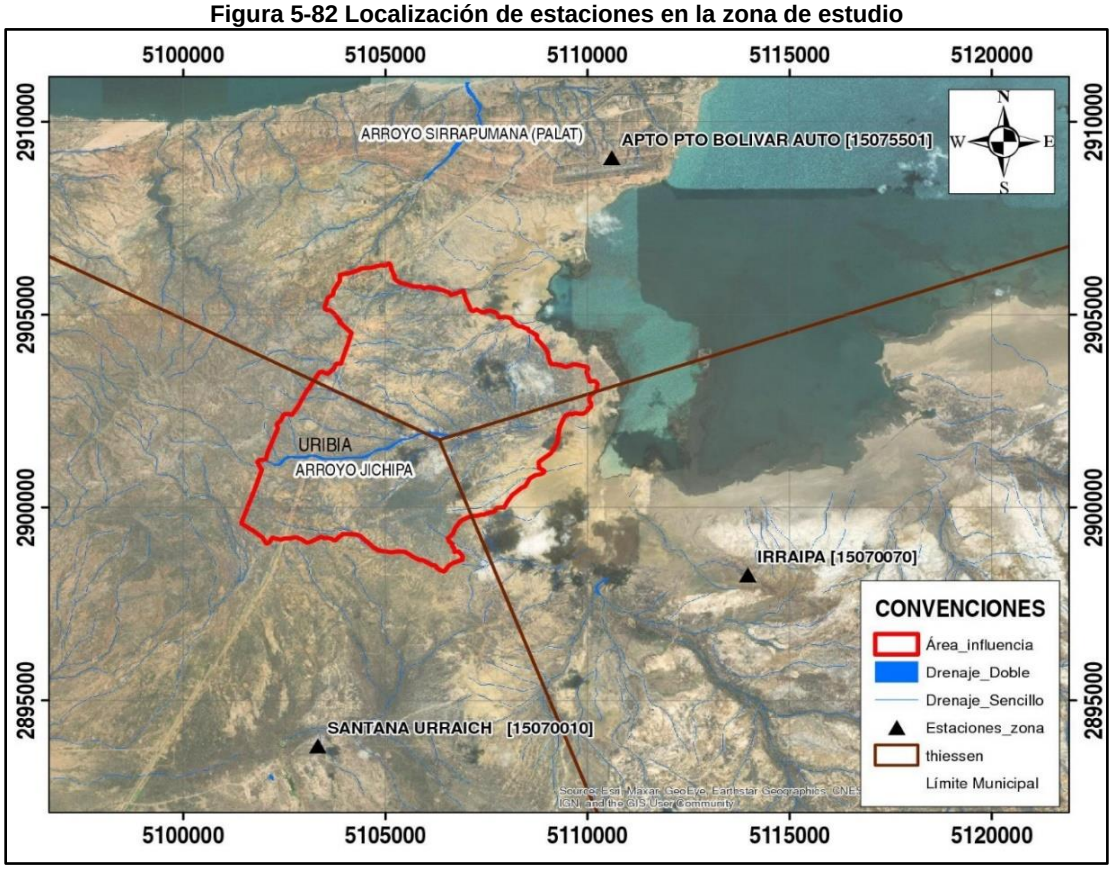
El hietograma de diseño se construye a partir de tres componentes: cantidad de precipitación, distribución espacial de precipitación representada mediante factores de reducción por área y la distribución temporal de la precipitación, como se describen a continuación.

- ✓ Cantidad de precipitación

La cantidad de precipitación se estimará a partir de las series de precipitaciones máximas en 24 horas anuales registradas en las estaciones con representatividad en la zona de estudio (ver Figura 5-82). Estas estaciones son Santana Urraich (código 15070010), Irraipa (código 15070070) y Aeropuerto Puerto Bolívar (código 15075501), operadas por el IDEAM

y con registros disponibles para el periodo 1988-2020. Se resalta que estos registros de precipitación contemplan los eventos asociados a huracanes en la zona, como son el huracán Mathew en el año 2016, los huracanes Iota y Eta que se presentaron en el año 2020. Estas series de precipitación se ajustaron a diferentes funciones de distribución de frecuencia (Gumbel, EV3, Log-Pearson, entre otras) y se seleccionó la de mejor ajuste para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas asociadas a periodos de retorno de 2,33, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años.

Figura 5-82 Localización de estaciones en la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2021.

A partir de los registros de precipitación máxima en 24 horas en las estaciones de la zona de estudio, se realizó el ajuste estadístico mediante diferentes funciones de distribución de probabilidad, seleccionando la de mejor ajuste, con el propósito de estimar las precipitaciones máximas asociadas a diferentes periodos de retorno, entre 2,33 y 100 años.

En la Tabla 5-59 hasta la Tabla 5-61 se presentan los resultados de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad y gráficamente desde la Figura 5-83 hasta la Figura 5-85.

Tabla 5-59 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia en mm. Estación Aeropuerto Puerto Bolívar

Tr años	GUMBEL mm	PEARSON mm	LOG-PEARSON Mm	LOG-NORMAL mm	EV3 mm
2,33	61,8	63,6	60,1	58,6	63,6
5	88,2	86,4	86,2	81,4	87,4
10	109,7	103,0	107,4	101,3	104,1
20	130,3	117,6	127,5	121,3	118,2
50	157,0	135,1	152,8	148,6	134,3
100	176,9	147,3	171,3	170,1	145,2
Chi^2	16,73	23,89	14,40	31,83	16,80

Fuente: INGETEC, 2021.

Tabla 5-60 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia. Estación Santana Urraich

Tr años	GUMBEL mm	PEARSON mm	LOG-PEARSON Mm	LOG-NORMAL mm	EV3 mm
2,33	71,91	77,1	76,5	69,3	77,3
5	99,26	98,9	103,6	93,3	99,5
10	121,54	113,1	120,1	113,6	113,7
20	142,92	124,8	131,8	133,6	125,0
50	170,58	137,7	142,6	160,5	137,4
100	191,31	146,3	148,3	181,3	145,4
chi^2	32,31	14,08	10,74	62,34	10,93

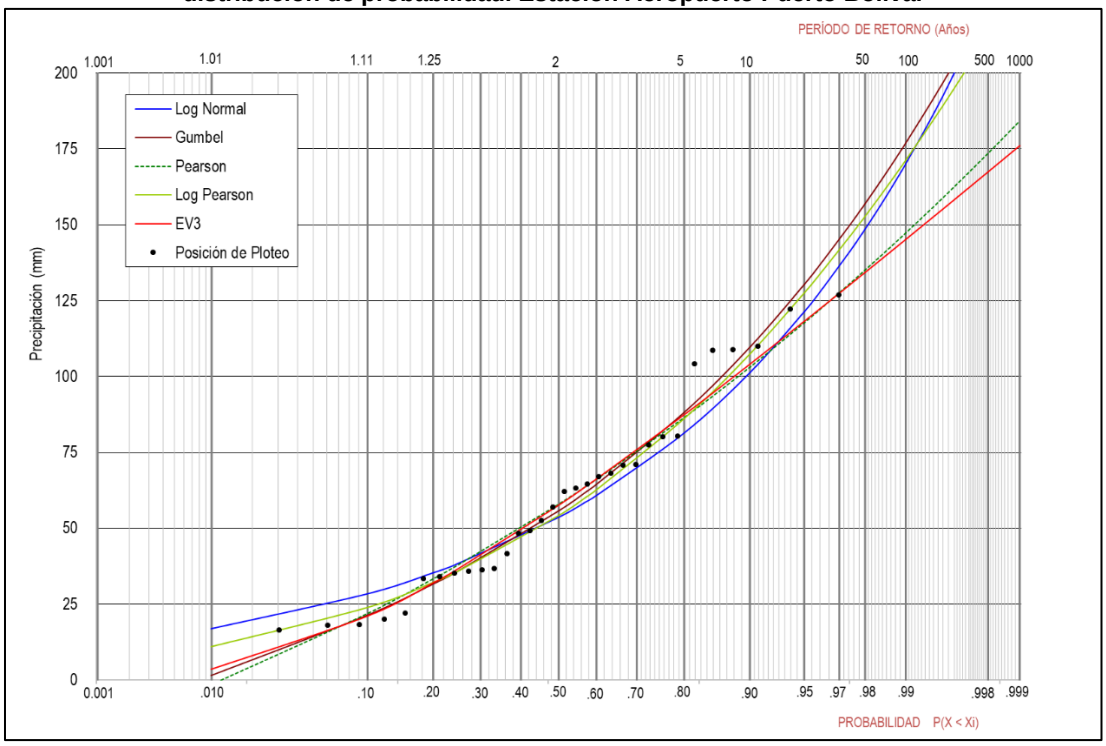
Fuente: INGETEC, 2021.

Tabla 5-61 Precipitaciones máximas para diferentes funciones de distribución de frecuencia. Estación Irraipa

Tr años	GUMBEL mm	PEARSON mm	LOG- PEARSON Mm	LOG-NORMAL mm	EV3 mm
2,33	54,2	55,4	55,4	53,3	55,5
5	71,2	70,1	70,6	68,2	70,7
10	85,0	80,7	81,4	80,4	81,3
20	98,2	90,0	90,6	92,0	90,3
50	115,3	101,1	101,1	107,1	100,5
100	128,2	108,8	108,2	118,5	107,4
Chi ^{2}	**5,1**	**5,6**	**5,6**	**9,3**	**5,8**

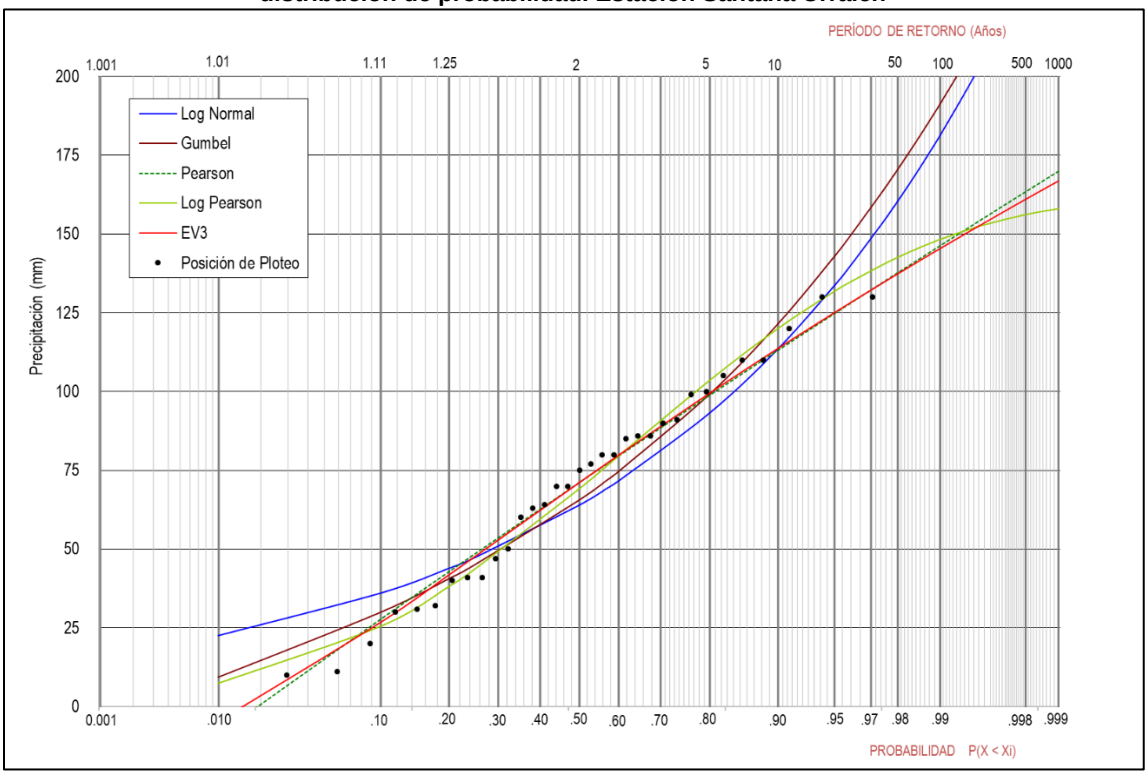
Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-83 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Aeropuerto Puerto Bolívar



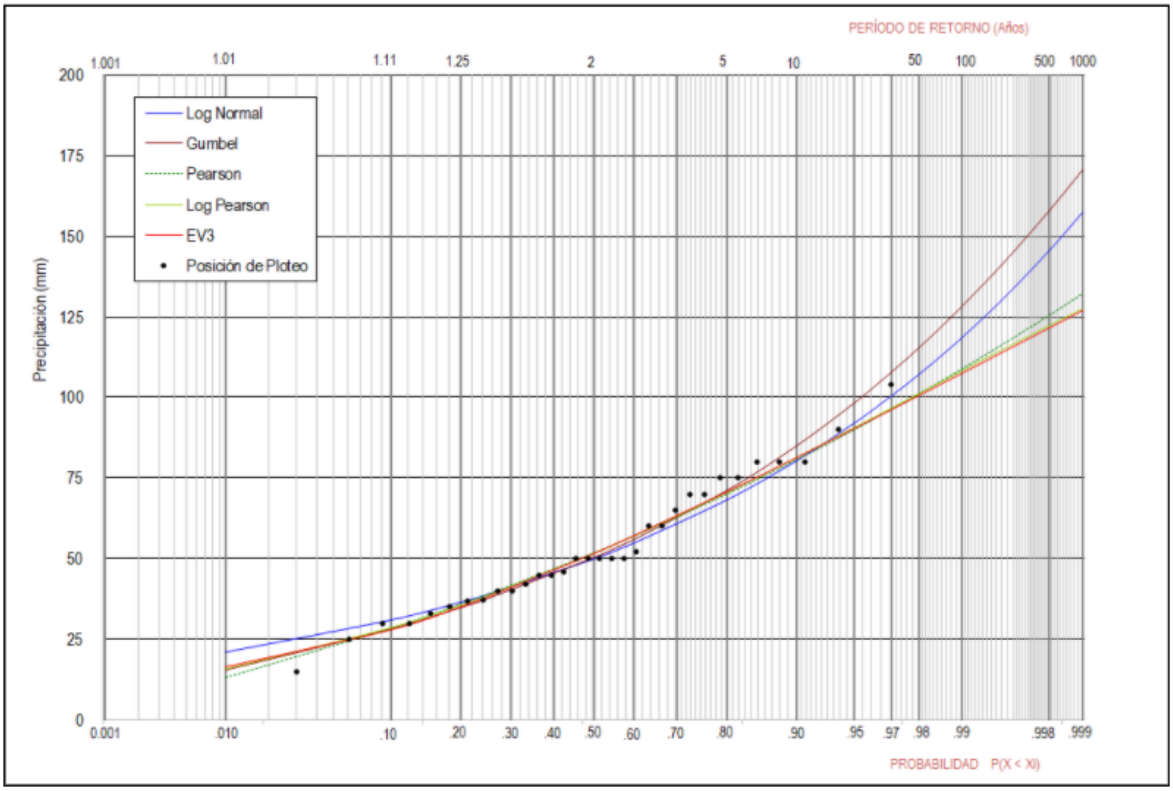
Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-84 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Santana Urraich



Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-85 Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de distribución de probabilidad. Estación Irraipa



Fuente: INGETEC, 2021.

Con el criterio adoptado de prueba de Chi² y ajuste gráfico se determinó que la distribución de probabilidad seleccionada para las estaciones Irraipa y Aeropuerto Puerto Bolívar es Gumbel y para la estación Santana Urraich es la función de valores extremos tipo III (EVIII)

- ✓ Factor de reducción por área

Debido a que los registros de precipitación máxima en las cuencas son puntuales por la localización de las estaciones, son máximos en 24 horas y no corresponden a duraciones inferiores de tormentas, se calculará la precipitación máxima promedio sobre las cuencas mediante el uso de diferentes metodologías.

Para determinar el factor de reducción por área, el manual de drenajes del INVIAS recomienda el uso de tres ecuaciones y el uso del estudio realizado por INGETEC en 2005 para la Empresa de Acueducto de Bogotá denominado Estudio y revisión de las curvas IDF y del Análisis Espacial de las Tormentas, curvas PADF para la Sabana de Bogotá – Referencia 2.14 del manual de drenajes.

Las ecuaciones recomendadas por el INVIAS para determinar el factor de reducción por área son las siguientes:

Ecuación de Fhrüling:

$$f(a) = 1{,}0 - 0{,}0054A^{0{,}25}$$ **Ecuación 12**

Donde:

A: Área de drenaje de la cuenca en m^2.

Ecuación del Institution of Civil Engineers – Inglaterra

$$f(a) = 1{,}0 - 0{,}0268 \times tc^{-0{,}261} \times A^{0{,}387}$$ **Ecuación 13**

Donde:

A: Área de drenaje de la cuenca en km^2.

Tc: tiempo de concentración de la cuenca en horas (h).

Ecuación según datos de Norteamérica

$$f(a) = 1{,}0 - 0{,}05 \times tc^{0{,}361} \times A^{0{,}264}$$ **Ecuación 14**

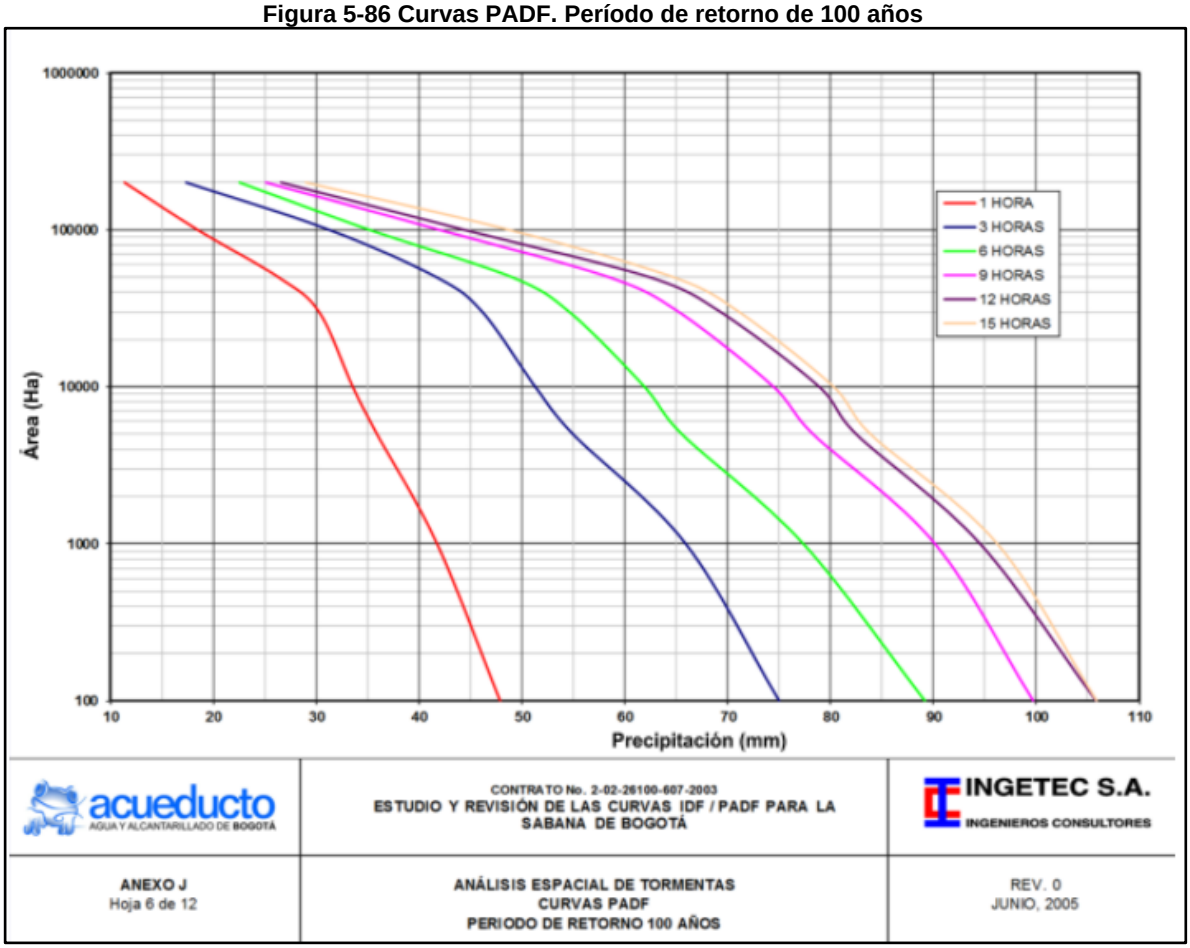
Donde:

A: Área de drenaje de la cuenca en km^2.

Tc: tiempo de concentración de la cuenca en horas (h)

En cuanto al uso del estudio realizado por INGETEC en 2005 para el Análisis Espacial de las Tormentas, se presentan a continuación las curvas PADF recomendadas por el INVÍAS, las cuales presentan las curvas de reducción de la lluvia puntual por espacialidad en la cuenca (Figura 5-86).

Figura 5-86 Curvas PADF. Período de retorno de 100 años



Fuente: Estudio de Análisis Espacial de las Tormentas – Curvas PADF. INGETEC, 2005.

El factor de reducción será el resultado de dividir la precipitación correspondiente al área de la cuenca para una duración determinada (en este caso la duración es igual al tiempo de concentración), sobre la precipitación correspondiente a un área de 1 km² para la misma duración.

Teniendo en cuenta que la precipitación máxima puntual corresponde a la máxima total registrada durante 24 horas, entonces es necesario calcular un factor de reducción por duración del aguacero para calcular qué cantidad de la precipitación que cae durante 24 horas puede caer durante la duración de la lluvia de diseño que es similar al tiempo de concentración de cada cuenca. Este factor de reducción por duración se calculará también a partir de las curvas PADF presentadas, mediante la relación entre la precipitación medida para la duración del aguacero de diseño y la precipitación medida para una duración máxima de 15 horas, esto para el área de cada subcuenca en estudio.

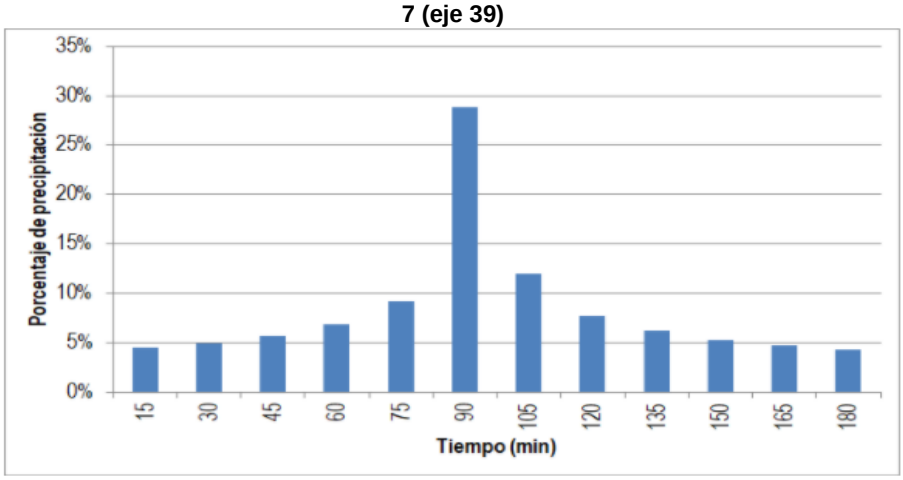
En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/6-Factores reducción) se presentan los factores de reducción por área y duración de las cuencas principales en estudio.

✓ Distribución temporal de precipitación

La metodología implementada corresponde a la distribución estimada por el método de bloques alternos, a partir de las curvas IDF de la estación Santana Urraich, que es una de las estaciones con representatividad en la zona de estudio.

Para dar una secuencia más crítica del aguacero, como es usual en este tipo de análisis, y por medio del método de Bloques Alternos, los incrementos de lluvia de los hietogramas mencionados previamente se arreglan de la siguiente manera: el valor más bajo se coloca en el último lugar, el segundo valor en orden creciente se coloca en primer lugar, el tercer valor en tal orden se ubica en penúltimo lugar, el cuarto valor en el segundo lugar, y así sucesivamente (Ejemplo en Figura 5-87).

Figura 5-87 Distribución de precipitación para el periodo de retorno de diseño (Tr 10 años), cuenca 39-7 (eje 39)



Fuente: INGETEC, 2021.

✓ Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es la precipitación que se convierte en escorrentía directa, por lo tanto, es importante calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha.

El método implementado se denomina “Número de Curva”, propuesto por el SCS; en este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN.

El valor CN corresponde con el número de curva de la metodología del Soil Conservation Service, de acuerdo con el tipo de cobertura vegetal del suelo, y la geología del suelo en la zona de estudio.

En la Tabla 5-62 se presentan los valores teóricos de CN II para diferentes condiciones de suelo.

Tabla 5-62 Valores de CN II para diferentes usos de tierra

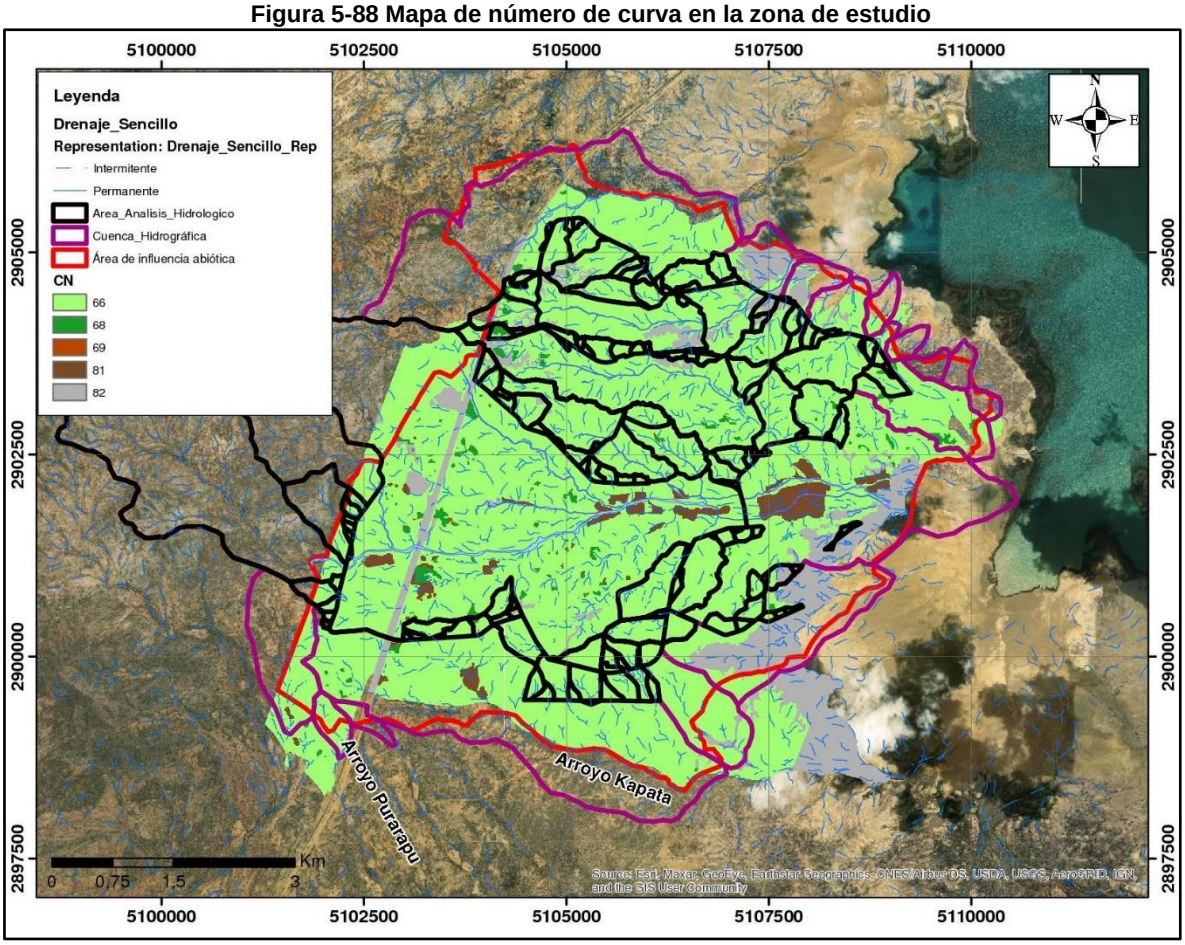
Descripción del uso de la tierra		Grupo Hidrológico del Suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada:	sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos:	condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:	trocos delgados, cubiertas pobres, sin hierbas	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
óptimas condiciones:	cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables:	cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial:					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

Fuente: (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

En este caso el número de curva (CN) se calculó a partir de mapas de cobertura de suelo y tipo de suelo. del mapa del tipo de suelo se observó que los suelos predominantes corresponden a suelos poco profundos, moderadamente a bien drenados, con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, correspondiente al grupo hidrológico de suelo tipo B.

Conocido el grupo hidrológico de suelo, se procedió a asignarle los números de curva correspondientes a cada tipo de cobertura presentes en el mapa de cobertura vegetal de suelos en la zona de estudio (véase Figura 5-77), a partir del cual se elaboró el mapa de números de curva que se presenta en la Figura 5-88. Este mapa se superpuso con las cuencas del proyecto y de esta manera se obtuvieron los valores de número de curva para cada una de las áreas de drenaje hasta los cruces con la infraestructura del proyecto y de las subcuencas hasta el límite del área de influencia, apoyados en herramientas SIG (ArcGIS) de análisis espacial.

Figura 5-88 Mapa de número de curva en la zona de estudio



Fuente: INGETEC, 2021.

Dado que en las cuencas localizadas en el área de influencia del proyecto y en las áreas de drenaje afluentes a la infraestructura del proyecto se observa un comportamiento muy homogéneo del CN, se adoptan para algunas cuencas con poca información de cobertura el valor de CN que alcanza la porción de área que fue caracterizada.

En la Tabla 5-63 se presentan los valores de número de curva para las áreas de drenaje hasta los cruces con la infraestructura del proyecto.

Tabla 5-63 Valores de CN de las áreas de drenaje hasta los cruces con la infraestructura del proyecto

ID Cuenca	CN	ID Cuenca	CN
10-1	68,4	39-7	66
10-2	66,1	39-8	66
1-1	70,5	39-9	66
1-10	66	4-1	66
1-11	66	42-1	66
1-12	66,1	39-13	66,7
1-13	66	39-14	69
1-14	66,1	39-15	66,7
1-15	66	39-16	66,1
1-16	68,2	39-17	66,4
1-17	77,5	39-18	66,7
1-18	67,6	39-19	70
1-19	67,1	48-1	67,5
1-2	67,4	48-10	66
1-20	66,1	48-11	66
1-21	66	48-12	66
1-22	66,1	48-13	66
1-23	66	48-14	66
1-24	66	48-15	66
1-25	66	48-16	66
1-26	66,1	48-17	66,1
1-27	66,1	48-18	66
1-3	66	48-19	66,1
13-1	66	48-2	70
1-4	66	48-20	66,1
14-1	66	48-3	66
1-5	66,1	48-4	66
15-1	74,2	48-5	66
1-6	69,9	48-6	66
16-1	67,8	48-7	66
1-7	66,1	48-8	66
17-1	66	48-9	66
1-8	66	5-1	66
18-1	66	54-1	66
1-9	66	57-1	66
19-1	71,8	57-2	66
19-2	71,8	57-3	66
19-3	70	57-4	66

19-4	66
19-5	66
19-6	66
2-1	69,5
21-1	66
23-1	66
23-2	69,8
23-3	69,8
23-4	66,2
23-5	70,2
23-6	76,2
23-7	67,8
25-1	75,3
25-2	66,5
30-1	72,6
30-10	66
30-11	66
30-12	66
30-2	67,4
30-3	66
30-4	68,2
30-5	66
30-6	66
30-7	66
30-8	66
30-9	66
31-1	66
34-1	66,2
34-2	66
34-3	66
35-1	66
38-1	66
38-2	66
39-1	66
39-10	67,3
39-11	66,7
39-12	71,3
39-2	66
39-3	66
39-4	66
39-5	66
39-6	66

57-5	66
57-6	66
57-7	66
58-1	66
58A-1	66
58A-2	66
60-1	66
60-2	66
60-3	72,2
60-4	66
60-5	66,1
63-1	66
63-2	66
63-3	66
65-1	66
65-2	76,1
65-3	77
65-4	82
65-5	82
70-1	66
73-1	67,2
73-10	66
73-11	66
73-2	66
73-3	66
73-4	66
73-5	66
73-6	66
73-7	67
73-8	66
73-9	66
74-1	66
75-1	66
9-1	66
RE-1	70,7
RE-2	67,8
RE-3	67,5
RE-4	68,6
RE-5	66,0
RE-6	66,0
RE-7	67,2
RE-8	66,0
RE-9	66,1

Fuente: INGETEC, 2021.

Para las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto se obtuvieron los números de curva que se presentan en la Tabla 5-64.

Tabla 5-64 Valores de CN de las subcuencas hasta el límite del área de influencia del proyecto

ID Cuenca	CN
1	66,0
2	66,0
3	67,3
4	66,6
5	75,6
6	66,2
7	66,0
8	66,1
9	66,0
10	66,0
11	66,2
12	66,0
14	66,4
15	66,0
16	69,9
17	69,5
18	67,1
19	67,8

Fuente: INGETEC, 2021.

Teniendo la lluvia efectiva que causa escorrentía superficial, y la magnitud de las abstracciones de una tormenta, se pueden obtener por el método del Soil Conservation Service, con base en la Ecuación 15 y la Ecuación 16.

$$P_e = \frac{(P - 0{,}20S)^2}{P - 0{,}80S}$$ **Ecuación 15**

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$ **Ecuación 16**

Donde:

Q: Escorrentía total acumulada, mm

P: Precipitación total del evento, mm.

S: Infiltración potencial o retención potencial máxima, mm.

CN: Número de curva.

- ✓ Implementación modelo HMS

El software HEC-HMS fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, para la simulación de procesos hidrológicos de sistemas de cuenca, generalmente de tipo evento para estimar la escorrentía producida por una lluvia sobre la cuenca en estudio (modelos lluvia-escorrentía), teniendo en cuenta características morfométricas (área, tlag, CN) e hidrológicas (precipitación) de dicha cuenca.

Para la implementación de los modelos lluvia escorrentía en el software HEC-HMS se requieren cuatro componentes básicos que abarcan los parámetros descritos anteriormente: modelo de cuenca, modelo meteorológico, especificaciones de control y series de tiempo, estructurados de la siguiente manera:

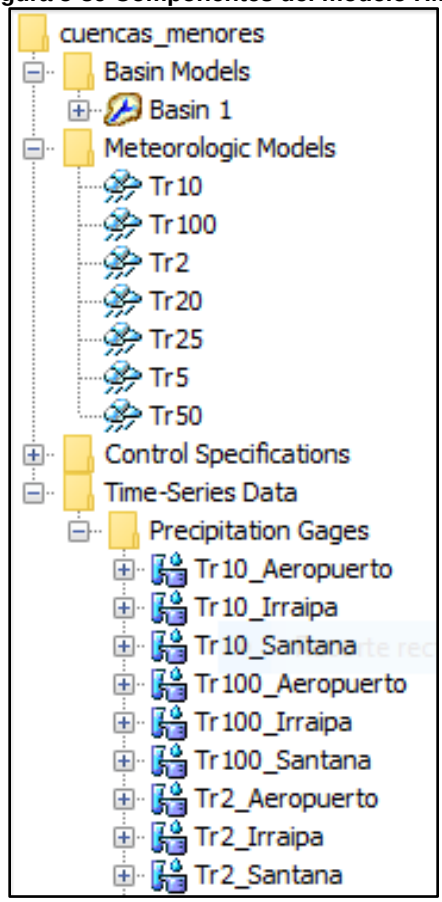
Modelo de cuenca: se incluyen las subcuencas y otros elementos del modelo como reservorios, descargas, tramos de tránsito, etc. A cada elemento se le asignan sus características físicas e hidrológicas (área, tiempo de retardo (tlag), porcentaje impermeable, Número de curva para cálculo de lluvia efectiva, tipo de transformación de lluvia en caudal (HU del SCS). En la Figura 5-89 se presenta un ejemplo de la topología del modelo de cuenca.

Modelo meteorológico: el modelo meteorológico relaciona las series de tiempo con los elementos del modelo de cuenca, es decir, a cada subcuenca se le asigna un hietograma de precipitación de acuerdo con los análisis previos de representatividad de las estaciones sobre las cuencas en estudio mediante polígonos de Thiessen.

Especificaciones de control: las especificaciones de control indican el periodo de modelación y el paso de tiempo al cual se modela, fecha de inicio, fecha final e intervalo de modelación. La fecha inicial debe ser anterior o igual a la fecha inicial de las series de tiempo y la fecha final debe ser posterior a la fecha final de las series de tiempo, con el fin de identificar la respuesta completa de cada subcuenca a la lluvia de diseño representada en las series de tiempo.

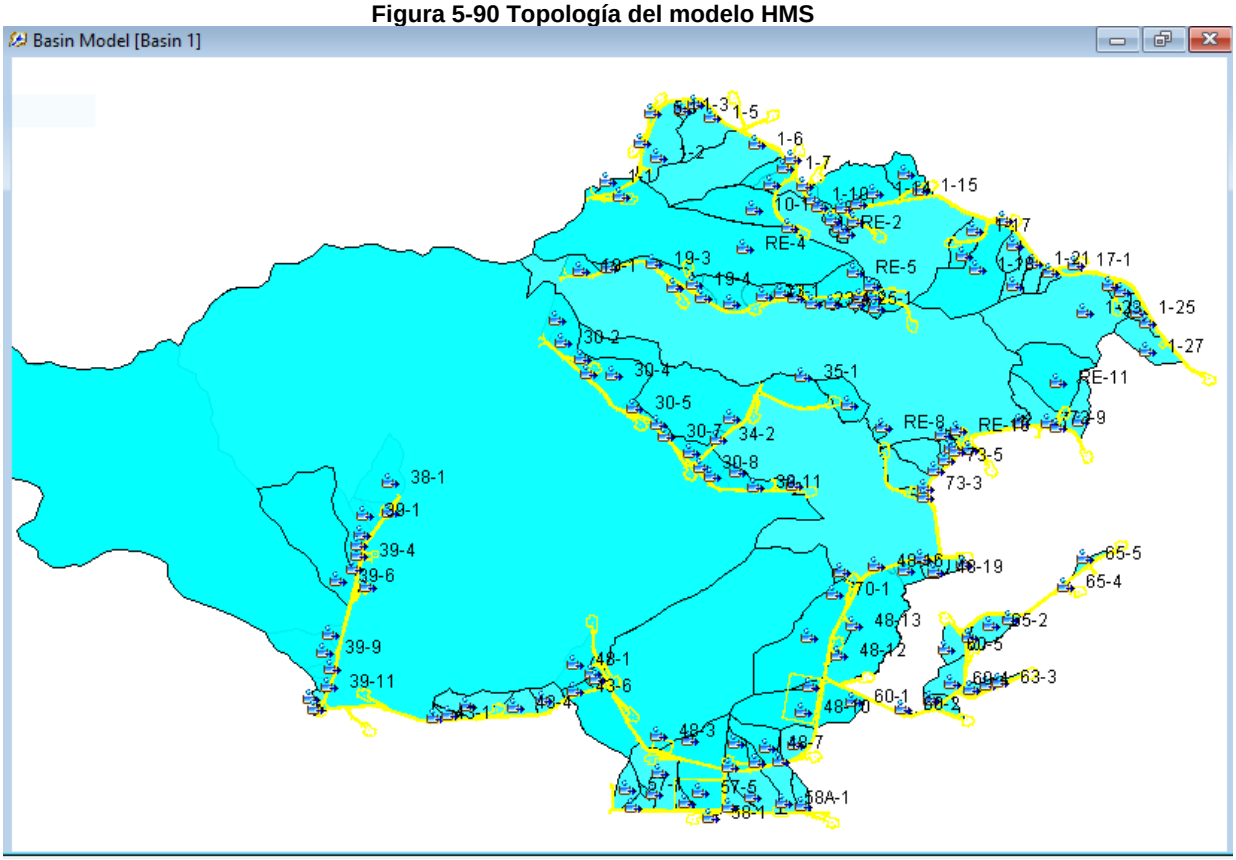
Series de tiempo: son los hietogramas para los periodos de retorno de análisis representativos de las subcuencas en estudio.

Figura 5-89 Componentes del modelo HMS



Fuente: INGETEC, 2021.

Figura 5-90 Topología del modelo HMS



Fuente: INGETEC, 2021.

- ✓ Resultados de caudales máximos

De acuerdo con la metodología y parámetros descritos anteriormente, se realizaron los modelos HMS con los cuales se calcularon los caudales máximos de los drenajes que cruzan la infraestructura del proyecto para diferentes periodos de retorno (Tr). El resumen de parámetros y los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 5-65 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (Tr) en años

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
1-1	0,0269	11,1	46,6	89,6	139,4	157,1	215,1	287,4
1-10	0,0140	1,1	13,7	28,8	48,5	55,9	79,0	104,3
1-11	0,0102	0,8	10,1	21,3	35,9	41,3	58,4	77,1
1-12	0,0049	0,5	5,7	11,9	20,1	23,2	32,7	43,1
1-13	0,0164	1,4	17,2	36,2	61,1	70,4	99,5	131,4
1-14	0,1777	12,3	173,4	377,6	626,1	714,1	1010,6	1351,6
1-15	0,0971	8,5	102,2	214,7	362,1	417,5	590,1	778,9
1-16	2,7230	370,3	1635,3	3106,5	4872,7	5473,8	7509,4	9644,0

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
1-17	0,0793	96,1	265,9	445,5	668,0	746,6	987,7	1252,0
1-18	0,3166	35,3	319,7	681,2	1119,4	1276,2	1790,4	2371,6
1-19	0,0525	8,1	63,5	128,5	213,6	244,7	341,2	448,4
1-2	0,1616	21,4	184,5	383,6	620,5	705,5	988,8	1317,4
1-20	0,0541	5,0	57,8	120,9	203,8	234,8	331,4	437,1
1-21	0,0410	3,6	43,1	90,6	152,7	176,1	248,8	328,5
1-22	0,0226	2,1	24,1	50,5	85,1	98,1	138,4	182,6
1-23	0,5527	22,9	407,5	956,4	1618,3	1869,5	2678,4	3579,4
1-24	0,0382	3,3	40,2	84,5	142,5	164,3	232,2	306,6
1-25	0,0264	2,3	27,8	58,3	98,4	113,4	160,3	211,6
1-26	0,0121	1,1	12,9	26,9	45,4	52,3	73,8	97,4
1-27	0,1066	9,9	113,8	238,1	401,2	462,3	652,5	860,7
1-3	0,0129	1,1	13,6	28,5	48,1	55,5	78,4	103,5
1-4	0,0118	1,0	12,5	26,2	44,1	50,9	71,9	94,9
1-5	0,1235	11,5	131,7	275,5	464,2	534,9	755,1	995,9
1-6	0,3340	83,1	449,1	892,0	1401,4	1593,2	2192,4	2844,9
1-7	0,0401	3,7	42,8	89,4	150,7	173,6	245,1	323,2
1-8	0,0351	3,1	36,9	77,5	130,7	150,7	213,0	281,2
1-9	0,0224	2,0	23,6	49,6	83,6	96,3	136,2	179,8
10-1	0,1903	35,7	241,1	486,0	776,0	878,5	1222,7	1617,2
10-2	0,0041	0,4	4,3	9,1	15,3	17,6	24,8	32,7
13-1	0,0135	1,2	14,2	29,9	50,4	58,2	82,2	108,5
14-1	0,0776	6,8	81,7	171,6	289,4	333,7	471,6	622,6
15-1	0,0330	26,3	82,6	145,9	217,8	247,1	337,9	436,6
16-1	0,3230	38,9	333,3	704,7	1154,8	1315,8	1843,1	2439,1
17-1	0,0111	1,0	11,7	24,6	41,5	47,9	67,7	89,3
18-1	0,0065	0,6	6,8	14,3	24,0	27,7	39,2	51,7
19-1	0,0426	22,9	84,2	158,5	241,2	270,4	375,3	495,0
19-2	0,0114	6,1	22,5	42,3	64,4	72,2	100,2	132,1
19-3	0,0493	18,3	81,4	157,4	247,1	279,1	380,1	510,6
19-4	0,0133	1,2	14,0	29,3	49,4	57,0	80,6	106,3
19-5	0,0124	1,1	13,1	27,4	46,3	53,3	75,4	99,5
19-6	0,0818	7,1	86,1	180,8	304,8	351,5	496,8	655,8
2-1	0,0342	11,3	53,8	104,5	165,7	187,5	255,4	343,1
21-1	0,0087	0,8	9,1	19,2	32,3	37,3	52,7	69,5
23-1	0,0414	3,6	43,6	91,5	154,3	177,9	251,4	331,9

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
23-2	0,0203	7,4	33,9	65,7	103,5	117,0	159,2	214,0
23-3	0,0088	3,0	13,6	26,3	41,4	46,8	63,7	85,6
23-4	0,0067	0,7	7,3	15,2	25,5	29,4	41,4	54,5
23-5	0,0183	7,1	30,9	59,6	93,2	105,2	143,7	192,5
23-6	0,0188	19,8	57,2	96,3	146,1	164,2	219,8	279,7
23-7	0,0352	7,1	46,1	91,7	150,8	172,1	238,1	314,8
25-1	0,0147	13,8	41,3	71,0	107,0	120,7	163,1	209,0
25-2	0,0267	3,1	30,0	61,8	103,6	119,1	167,2	219,8
30-1	0,0564	34,9	120,1	221,8	333,3	374,5	521,1	682,3
30-10	0,0372	3,2	38,4	80,7	136,0	156,9	221,7	292,7
30-11	0,0226	2,0	23,8	50,0	84,2	97,1	137,3	181,2
30-12	0,0165	1,4	17,3	36,4	61,3	70,7	100,0	132,0
30-2	0,0581	10,1	72,8	145,9	241,8	276,5	384,2	505,8
30-3	0,0422	3,7	44,0	92,5	156,0	179,9	254,2	335,6
30-4	0,1347	31,2	185,4	366,3	596,8	679,8	936,0	1243,4
30-5	0,0211	1,8	22,2	46,6	78,5	90,5	128,0	168,9
30-6	0,0025	0,2	2,6	5,5	9,3	10,7	15,2	20,0
30-7	0,0064	0,7	8,2	17,3	29,2	33,6	47,5	62,8
30-8	0,0578	5,0	60,8	127,8	215,4	248,4	351,1	463,4
30-9	0,0390	3,5	41,7	87,7	147,8	170,5	240,9	318,0
31-1	0,0139	1,2	14,7	30,8	51,9	59,9	84,6	111,7
34-1	0,5966	22,5	383,0	909,1	1567,8	1807,6	2573,7	3467,3
34-2	0,0078	0,7	8,2	17,2	28,9	33,4	47,1	62,2
34-3	0,0431	3,8	45,3	95,2	160,6	185,1	261,7	345,4
35-1	0,1172	10,2	122,8	258,0	434,9	501,5	708,8	935,7
38-1	1,3948	347,0	1118,5	1790,0	2420	2741	3187,0	3716.5
39-1	0,0352	24,6	65,8	97,8	130,2	140,9	168,6	195,1
39-10	0,0296	25,4	61,7	92,0	120,5	129,9	154,0	177,1
39-11	0,0148	11,5	29,2	43,5	57,4	62,0	73,8	85,1
39-12	0,0091	14,8	32,0	45,1	56,7	60,5	70,2	80,6
39-2	0,0624	43,4	115,8	172,3	229,4	248,1	296,9	343,6
39-3	0,0136	9,5	25,2	37,6	50,0	54,1	64,7	74,9
39-4	0,0129	9,0	24,0	35,7	47,6	51,5	61,6	71,3
39-5	0,0100	7,0	18,6	27,6	36,8	39,8	47,6	55,1
39-6	0,4636	209,1	633,5	990,4	1313,1	1422,3	1703,3	1972,7
39-7	4,2367	1336,8	3331,8	4971,3	6430,7	6832,6	8099,5	9332,5

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
39-8	0,0216	15,0	40,1	59,7	79,5	86,0	102,9	119,1
39-9	0,1221	85,0	226,8	337,4	449,1	485,8	581,4	672,8
4-1	0,0032	0,3	3,4	7,1	12,0	13,8	19,5	25,8
42-1	0,5113	210,1	636,5	996,3	1322,1	1432,3	1716,1	1983,4
39-13	0,0083	6,5	16,5	24,5	32,4	34,9	41,6	47,9
39-14	0,0159	17,2	38,9	57,2	73,5	78,8	92,5	105,5
39-15	0,0938	73,4	185,8	276,4	365,1	394,1	469,2	541,1
39-16	0,0642	45,5	120,4	179,0	238,2	257,6	308,0	356,2
39-17	0,0475	35,4	91,6	136,1	180,5	195,0	232,7	268,7
39-18	0,0199	15,6	39,4	58,6	77,5	83,6	99,5	114,8
39-19	0,0161	19,7	43,5	62,7	79,8	85,4	99,6	113,2
48-1	0,0837	74,2	178,4	265,4	347,1	373,7	442,6	508,4
48-10	0,1972	81,5	254,6	395,4	529,1	574,4	692,7	804,4
48-11	0,0134	9,3	25,0	37,1	49,4	53,5	64,0	74,0
48-12	0,0281	19,5	52,1	77,5	103,2	111,6	133,6	154,6
48-13	0,0109	7,6	20,2	30,1	40,0	43,3	51,8	60,0
48-14	0,4248	196,4	595,9	925,3	1221,6	1322,2	1588,6	1847,1
48-15	1,1207	187,5	817,3	1379,3	1935,4	2121,0	2691,6	3252,7
48-16	0,0032	0,1	1,6	3,6	6,0	6,8	9,7	13,1
48-17	0,0381	0,7	19,3	43,7	71,4	80,9	115,9	157,1
48-18	0,0053	0,1	2,6	6,0	9,8	11,2	16,0	21,7
48-19	0,0308	0,6	15,6	35,3	57,7	65,3	93,6	126,8
48-2	0,0129	15,8	34,8	50,2	63,9	68,3	79,8	90,6
48-20	0,0143	0,3	7,2	16,4	26,8	30,3	43,4	58,9
48-3	0,1654	90,0	261,8	401,7	526,5	568,9	678,4	786,8
48-4	0,1417	98,6	263,1	391,4	521,0	563,6	674,4	780,6
48-5	0,0594	41,2	110,0	163,7	217,9	235,7	282,0	326,4
48-6	0,0157	10,9	29,1	43,3	57,7	62,4	74,7	86,4
48-7	0,0900	62,6	167,2	248,8	331,1	358,2	428,7	496,1
48-8	0,0069	4,8	12,8	19,1	25,4	27,5	32,8	38,0
48-9	0,0648	45,1	120,4	179,2	238,5	258,0	308,7	357,3
5-1	0,0089	0,8	9,4	19,7	33,2	38,3	54,1	71,5
54-1	0,0372	25,9	69,0	102,7	136,7	147,9	176,9	204,8
57-1	0,0589	41,0	109,4	162,8	216,7	234,4	280,5	324,6
57-2	0,0328	22,8	60,8	90,5	120,5	130,3	156,0	180,5
57-3	0,1470	99,6	269,5	400,5	524,7	566,3	680,1	790,5

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
57-4	0,0227	15,8	42,1	62,6	83,3	90,2	107,9	124,9
57-5	0,2791	187,2	507,8	757,0	990,8	1070,1	1272,4	1480,5
57-6	0,0469	32,6	87,0	129,5	172,4	186,5	223,1	258,2
57-7	0,1624	89,6	261,3	399,0	521,2	562,9	675,2	781,8
58A-1	0,1839	102,2	298,6	454,7	593,5	642,9	770,5	891,3
58A-2	0,0322	22,4	59,8	89,0	118,4	128,1	153,3	177,4
58-1	0,2852	191,4	519,0	773,8	1012,6	1093,7	1300,5	1513,2
60-1	0,3031	115,0	358,3	568,6	761,0	826,0	995,0	1154,5
60-2	0,0066	4,6	12,2	18,2	24,2	26,2	31,4	36,3
60-3	0,0210	8,5	26,5	45,5	68,8	76,5	102,7	130,2
60-4	0,0712	6,2	74,9	157,4	265,4	306,0	432,5	571,0
60-5	0,0536	5,0	57,1	119,5	201,4	232,1	327,6	432,1
63-1	0,0184	0,3	9,2	20,9	34,3	38,8	55,6	75,4
63-2	0,0103	0,2	5,1	11,7	19,2	21,7	31,1	42,2
63-3	0,0106	0,2	5,3	12,0	19,7	22,4	32,0	43,5
65-1	0,0075	0,7	7,9	16,5	27,9	32,1	45,4	59,9
65-2	0,0685	55,3	130,3	214,4	302,8	331,3	439,6	564,8
65-3	0,0092	8,4	19,3	31,1	43,3	47,4	63,4	80,8
65-4	0,0092	15,6	30,7	47,2	65,0	70,9	90,1	111,0
65-5	0,0176	30,0	58,9	90,4	124,6	135,9	172,7	212,8
70-1	0,4181	193,3	586,6	910,8	1202,5	1301,5	1563,7	1818,2
73-1	22,0957	2271,4	7061,3	11545,4	15824,7	17147,8	21370,8	25606,1
73-10	0,0046	0,4	4,8	10,1	17,0	19,7	27,8	36,7
73-11	0,0657	5,7	69,1	145,2	244,9	282,3	399,0	526,8
73-2	0,0134	1,2	14,0	29,5	49,8	57,4	81,1	107,1
73-3	0,0932	8,1	98,1	206,1	347,5	400,7	566,4	747,7
73-4	0,0849	7,4	89,3	187,6	316,3	364,7	515,5	680,5
73-5	0,0195	1,7	20,5	43,0	72,6	83,7	118,3	156,1
73-6	0,0093	0,8	9,7	20,4	34,5	39,8	56,2	74,2
73-7	3,2253	323,6	1682,4	3315,3	5245,6	5965,2	8206,6	10681,1
73-8	0,0082	0,7	8,7	18,2	30,7	35,4	50,0	66,0
73-9	0,3346	18,3	296,3	666,9	1112,8	1280,0	1808,4	2412,1
74-1	0,0074	0,6	7,8	16,4	27,7	31,9	45,1	59,6
75-1	0,0064	0,6	6,8	14,2	24,0	27,7	39,1	51,6
9-1	0,0833	7,3	87,6	184,1	310,3	357,8	505,7	667,6
1-16	2,72	370,3	1635,3	3106,5	4872,7	5473,8	7509,4	9644,0

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
RE-1	0,250	0,081	0,381	0,726	1,135	1,282	1,746	2,278
RE-2	0,137	0,028	0,180	0,357	0,588	0,671	0,928	1,227
RE-3	0,307	0,032	0,300	0,639	1,060	1,211	1,693	2,253
RE-4	1,882	0,297	1,259	2,383	3,719	4,180	5,747	7,370
RE-5	0,143	0,011	0,144	0,312	0,515	0,590	0,842	1,124
RE-6	0,029	0,003	0,031	0,064	0,108	0,125	0,176	0,233
RE-7	2,826	0,294	1,520	2,980	4,715	5,352	7,347	9,609
RE-8	0,495	0,019	0,345	0,805	1,393	1,607	2,289	3,069
RE-9	0,970	0,021	0,399	0,978	1,719	1,993	2,880	3,883

Fuente: INGETEC, 2021.

Los caudales máximos para diferentes periodos de retorno de las subcuencas hasta el límite del área de influencia se presentan en la Tabla 5-66.

Tabla 5-66 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno (Tr) en años, cuencas generales

Subcuenca	Área (km²)	Caudal máximo en (l/s)						
		Tr2años	Tr 5años	Tr10años	Tr20años	Tr25años	Tr50años	Tr100años
1	0,144	82	233	358	465	497	600	696
2	0,160	100	306	483	638	686	827	957
3	0,139	399	1194	1866	2454	2637	3178	3690
4	0,136	1400	3576	5398	7050	7569	9059	10355
5	1,031	1083	2310	3474	4698	5118	6462	7827
6	0,194	488	1110	1649	2172	2338	2838	3291
7	0,731	14	130	268	447	514	725	959
8	3,337	32	551	1337	2304	2659	3869	5203
9	5,888	16	145	297	497	572	806	1065
10	30,875	16	168	360	588	673	953	1277
11	0,221	16	150	319	519	593	841	1124
12	1,017	15	145	308	503	575	820	1094
14	6,862	59	715	1636	2791	3211	4567	6091
15	2,241	17	193	413	685	782	1101	1468
16	1,235	129	706	1424	2285	2595	3583	4670
17	0,117	529	2046	3776	5836	6473	8759	11177
18	1,087	563	2767	5427	8678	9693	13374	17314
19	0,130	1605	6079	10795	15699	17352	22595	27943

Fuente: INGETEC, 2021.

En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/7-Modelos HMS) se presentan los modelos lluvia escorrentía asociados.

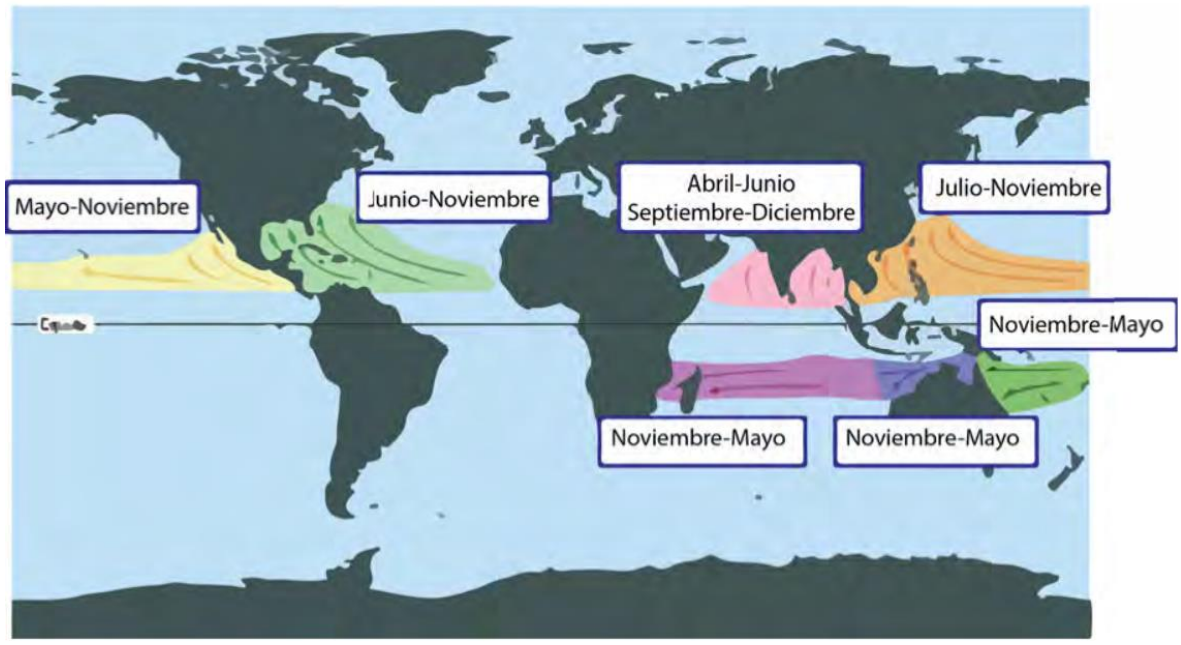
5.1.4.6. Huracanes en la zona de proyecto

Según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - NGRD, un ciclón tropical es un sistema de tormentas de circulación atmosférica con baja presión en el centro, caracterizado por fuertes vientos y una espiral de tormentas que produce lluvias intensas.

Existen diferentes términos para el mismo fenómeno climático: huracanes, ciclones o tifones, dependiendo de la cuenca oceánica (su ubicación) y su fuerza. Este fenómeno se refiere al movimiento del viento en forma circular arremolinado alrededor del ojo central; sus vientos soplan en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur, debido al efecto Coriolis, que es el resultado de la rotación de la tierra (Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD).

Las condiciones necesarias para el desarrollo de ciclones tropicales se dan solamente durante meses específicos del año, y para diferentes meses en cada cuenca oceánica. Las áreas sombreadas en la siguiente figura ilustran las áreas donde los ciclones tropicales normalmente se desarrollan, las trayectorias promedio y los meses en los que se espera su generación.

Figura 5-91 Zonas de desarrollo de ciclones tropicales



Fuente: Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD.

Para el caso de Colombia, la probabilidad de que los ciclones tropicales afecten el territorio continental es bastante reducida en comparación con otras zonas del Caribe. Las zonas con amenaza directa de este fenómeno son el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y la Península de La Guajira, considerando el paso físico de un ciclón sobre

estas áreas. En las zonas costeras caribeñas que incluye Santa Marta, Barranquilla y Cartagena, ha existido afectación, pero ha sido más indirecta (lo que se conoce como coletazos).

Existen tres efectos geofísicos y meteorológicos que favorecen a la baja afectación por ciclones tropicales al territorio Colombiano: i) la fuerza de Coriolis hace que los huracanes, que provienen de la costa africana, tiendan a moverse en dirección oeste-noroeste, ii) la línea de costa del Caribe Colombiano no es horizontal por lo que el oleaje generado no impacta de manera perpendicular a la costa, excepto en la península de la Guajira que se encuentra más expuesta, y iii) la Sierra Nevada de Santa Marta, sistema montañoso de 5.600 metros sobre el nivel del mar, y el noreste de Cartagena de Indias, funcionan como un escudo natural que se interpone cuando un sistema de estas características se acerca por el Este de la región, haciendo que la tormenta cambie la trayectoria ligeramente hacia el noroeste del mar Caribe protegiendo gran parte del litoral Caribe centro y sur. Sin embargo, estos sistemas dejan altas precipitaciones en las cuencas que pueden dar lugar a crecidas e inundaciones.

Aunque la mayoría de los ciclones tropicales no toquen tierra colombiana, pueden pasar cerca generando eventos asociados al fenómeno como: inundaciones, movimientos en masa, vientos fuertes / vendavales, tormentas eléctricas, entre otros. Estos eventos pueden causar aumento del nivel de las aguas por crecientes súbitas, colapsos en estructuras, deslizamientos de tierra, caída de árboles, techos y postes de servicio público, erosión en las laderas, inundaciones en viviendas, pérdidas de embarcaciones menores y afectaciones en botes y a pescadores

Algunos de los ciclones tropicales más recordados en el territorio colombiano fueron Joan ocurrido en octubre 1988 que atravesó la península de la Guajira y se desplazó por el lado sur de San Andrés; Bret en 1993; Roxanne, ocurrido en octubre de 1995 que se originó al norte del Archipiélago de San Andrés y Providencia; César en julio de 1996, que efectuó su desplazamiento por el norte de la península de La Guajira, y Lenny en noviembre de 1999 que, siguiendo una dirección atípica oeste-este afectó indirectamente toda la costa norte Colombiana y produjo una fuerte marejada en la costa Caribe. Emily en el 2005, Felix en el 2007, Matthew 2016 y el más reciente corresponde al huracán Iota en el año 2020.

Tal como se indicó, en el mes de noviembre del presente año el huracán Iota tuvo incidencia en Colombia, y generó altas precipitaciones en la zona del proyecto, las cuales fueron evidenciadas el 3 de noviembre por parte de los profesionales de INGETEC que desarrollaron la visita de campo. El comportamiento y alertas asociadas a los eventos de Huracán son registradas en los boletines emitidos por el IDEAM los cuales corresponden a: i) Boletín hidrológico diario, ii) comunicados especiales y iii) Boletín de condiciones hidrometeorológicas.

Se realizó la revisión de dichos boletines y se identificó que el Municipio de Uribia el 3 de noviembre, estaba en alerta amarilla según el boletín hidrológico diario del IDEAM de la

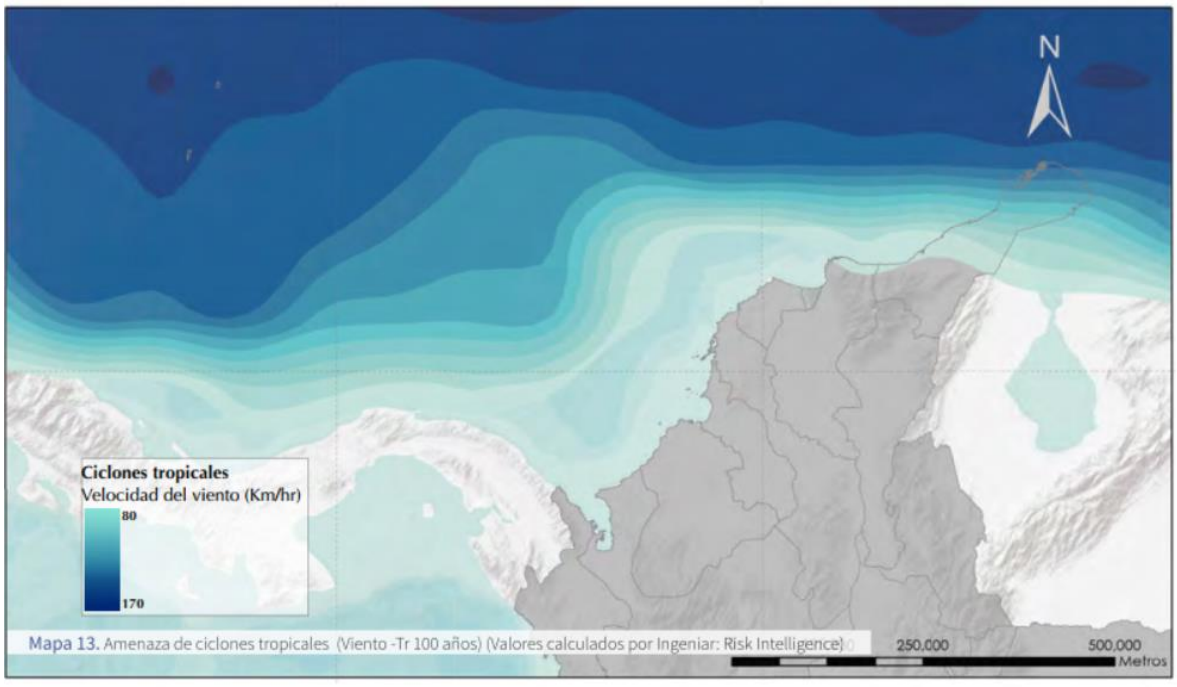
fecha, además según el documento de Condiciones hidrometeorológicas, el día 3 de noviembre se indicaba que para la zona se esperaba que persistieran las lluvias sobre la zona marítima del Caribe, finalmente se identificó un comunicado especial del 13 día de noviembre donde se informa que la depresión tropical se fortaleció y alcanzó la categoría de tormenta tropical, dentro de este documento se presentan recomendaciones en la zona de La Guajira.

En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/F-Hidrología/8-Boletín IDEAM), se presentan los documentos asociados a los boletines consultados.

5.1.4.6.1. Evaluación de la amenaza de ciclones tropicales en Colombia

En el Atlas de Riesgo de Colombia, se indica que se han realizado estudios específicos con mayor resolución en las regiones de Colombia expuestas a esta amenaza que permitieron identificar los vientos asociados a los ciclones para diferentes periodos de retorno. A continuación, en la Figura 5-92 se presentan las velocidades identificadas y se interpreta a partir de la información disponible que para la zona de estudio bajo condiciones de ciclón se esperan vientos de 80 a 100 km/hr para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 5-92 Amenaza de ciclones tropicales (Viento - Tr 100 años) (Valores calculados por Ingeniar: Risk Intelligence)



Fuente: Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD.

5.1.4.7. Caudales mínimos

El caudal mínimo para las corrientes en estudio es de cero, dado que, según las curvas de duración de caudales, el caudal tiene este valor el 80 % del tiempo.

5.1.4.8. Caudal ambiental

La metodología utilizada para determinar el caudal ambiental corresponde a la recomendación dada en el año 2013 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible junto con la ANLA, que lo determina como el caudal del 95% de probabilidad de excedencia de las series de caudales diarios. Para todas las subcuencas analizadas como se presentó en las curvas de duración de caudales, el caudal de probabilidad del 95% es de 0.

5.1.4.9. Índices hidrológicos

5.1.4.9.1. Análisis del índice del uso de aguas superficiales

Este índice hace referencia a la cantidad de agua utilizada por diferentes usuarios en un período determinado y una unidad espacial de análisis en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales[42].

El índice de uso del agua es determinado mediante la siguiente expresión:

$$IUA = \left(\frac{D_h}{O_h}\right) \qquad \textbf{Ecuación 17}$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica sectorial.

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental).

Si bien se hizo la búsqueda de la información secundaría que pudiera estar consignada en la Corporación Autónoma Regional de La Guajira la cual referencia que la información se puede extraer del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) o en los estudios previos, se estableció que no se cuenta con un nivel de información en la zona de estudio más detallado que permita calcular el Índice del Uso de Aguas Superficiales, salvo el consignado en el Estudio Nacional del Agua (2018).

Con base en lo consignado en el Estudio Nacional del Agua (2018) se identificó que para la zona hidrográfica Directos Caribe – Ay Sharimahana Alto Guajira el índice de uso del agua para un año medio es de 16,20 y para un año seco es de 165,51, caracterizados como moderado y crítico respectivamente.

[42] IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio Nacional del Agua 2010.

5.1.4.9.2. Índice de regulación hídrica

El índice de regulación hídrica fue estimado a partir de los datos de estaciones hidrológicas en todo el país y representado espacialmente para determinar las subzonas en condiciones de mayor y menor capacidad de retener y regular el agua.

El índice de retención y regulación evalúa la capacidad de la subcuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la subcuenca. Igualmente, mide la capacidad de retención de humedad en las subcuencas con base en la distribución de series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios, y permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. Los rangos van de 0 y 1 y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación.

El índice de retención y regulación hídrica se estima mediante la siguiente expresión[43]:

$$IRH = \left(\frac{V_p}{V_t}\right)$$ **Ecuación 18**

Donde:

IRH: Índice de regulación hídrica

Vp: Volumen del área por debajo del caudal medio (en curva de duración de caudales)

Vt: Volumen total de curva de duración de caudales.

En la Tabla 5-67 se presenta la clasificación de rangos del índice de regulación hídrica del Estudio Nacional del Agua 2018.

Tabla 5-67 Calificación de Rangos del Índice de Regulación Hídrica

Rango de valores del Indicador	Calificación	Descripción
> 0,85	Muy alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 - 0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65 - 0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad media

[43] IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio Nacional del Agua 2010.

0,50 - 0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
< 0,50	Muy baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2010.

En la siguiente tabla se presenta a manera de ejemplo el cálculo del índice de regulación hídrica para la subcuenca 70-1 a partir de la curva de duración de caudales medios diarios. El valor calculado (IRH: 0,0155) indica que la regulación hídrica es muy baja. Este procedimiento se desarrolló para cada una de las subcuencas donde se concluye en toda el área la regulación hídrica es muy baja.

Tabla 5-68 Cálculo del índice de regulación hídrica para la subcuenca 70-1

Percentil	Volumen total de curva de duración de caudales (l/s)	Volumen por debajo de caudal medio (l/s)
0	136,03	1,23
2	22,25	1,23
5	0,00	0,00
10	0,00	0,00
30	0,00	0,00
35	0,00	0,00
40	0,00	0,00
50	0,00	0,00
60	0,00	0,00
75	0,00	0,00
80	0,00	0,00
90	0,00	0,00
95	0,00	0,00
97	0,00	0,00
98	0,00	0,00
99	0,00	0,00
100	0,00	0,00
Promedio	9,31	0,14
IRH	0,0155	Muy Baja

Fuente: INGETEC, 2021.

5.1.4.9.3. Índice de vulnerabilidad hídrica

Este índice mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas como períodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno de La Niña, podría generarse un riesgo de desabastecimiento. Este índice es determinado a partir de la relación de rangos de índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso del agua (IUA).

Si bien se hizo la búsqueda de la información secundaría que pudiera estar consignada en la Corporación Autónoma Regional de La Guajira la cual referencia que la información se puede extraer en el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) o en los estudios previos, se estableció que no se cuenta con un nivel de información en la zona de estudio más detallado que permita calcular el Índice del de vulnerabilidad hídrica, salvo el consignado en el Estudio Nacional del Agua (2018).

Con base en la información analizada en el Estudio Nacional del Agua (2018) se identificó que para la zona hidrográfica Directos Caribe – Ay Sharimahana Alto Guajira el índice de vulnerabilidad hídrica para un año medio y para un año seco se caracterizaron en las categorías de alta y muy alta respectivamente.

5.1.4.9.4. Índice de aridez

El índice de aridez permite caracterizar el clima en una zona de manera cualitativa, mostrando condiciones con excedencia o déficit de agua. Este representa la dinámica superficial del suelo determinada a partir de las variables de evapotranspiración real y evapotranspiración potencial, y no se refiere a la dinámica subsuperficial del suelo.

$$I_a = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Ecuación 19

Donde:

I_a: Índice de aridez (adimensional)

ETP: Evapotranspiración potencial (mm)

ETR: Evapotranspiración real (mm)

A continuación, se presentan los métodos para la estimación de la evapotranspiración real y la estimación del índice de aridez. La Evapotranspiración potencial corresponde a la estimada y presentada previamente mediante el tanque evaporímetro.

- Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real fue estimada según la metodología de Budyko (IDEAM, 2016) , mediante la siguiente expresión:

$$ETR = \sqrt{ETP * P * tan\left(\frac{ETP}{P}\right) * \left[1 - cos\left(\frac{ETP}{P}\right) + sen\left(\frac{ETP}{P}\right)\right]}$$

Ecuación 20

Donde:

ETR: Evapotranspiración real. Aplicando la formulación obtenida el valor es de 303,9 mm

P: Precipitación media anual multianual (mm/año) tomada de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar (304,1 mm).

ETP: Evapotranspiración potencial calculada previamente (3973,1 mm)

Con lo anterior el índice estimado corresponde a 0,92, altamente deficitario de agua

Tabla 5-69 Calificación de rangos del índice de aridez

Rango	Calificación	Significado
< 0,15		Altos excedentes de agua
0,15 - 0,19		Excedentes de agua
0,20 - 0,29		Moderado a excedentes de agua
0,30 - 0,39		Moderado
0,40 - 0,49		Moderado a deficitario de agua
0,50 - 0,59		Deficitario de agua
> 0,60		Altamente deficitario de agua

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2014.

Dado que estos parámetros son similares para toda el área de estudio no se realizó su estimación para cada una de las subcuencas.

5.1.5. Usos actuales del agua

5.1.5.1. Antecedentes y Metodología

Las aguas superficiales constituyen generalmente, la fuente de abastecimiento más frecuente para suministro público, riego agrícola, actividades industriales y ganaderas u otros usos. Es así que la disponibilidad de agua para suministro ha propiciado siempre el desarrollo de asentamientos urbanos. Asimismo, la obtención de alimentos por medio del riego agrícola y la ganadería han favorecido históricamente el desarrollo urbano, agrícola y ganadero en el entorno de los cursos superficiales de agua[44].

En Colombia, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (Minambiente, 2010) plantea como elementos de diagnóstico del estado del recurso hídrico los siguientes: la oferta, la demanda, la calidad y los riesgos asociados al recurso hídrico.

En el caso del proyecto eólico Casa Eléctrica, las condiciones climáticas de la Guajira hacen que en épocas de mayor sequía algunos de los cursos de agua desaparezcan totalmente, hasta que se reanudan los periodos lluviosos. Con lo anterior se establece que la mayoría de los cuerpos de agua del área estudiada son de tipo intermitente.

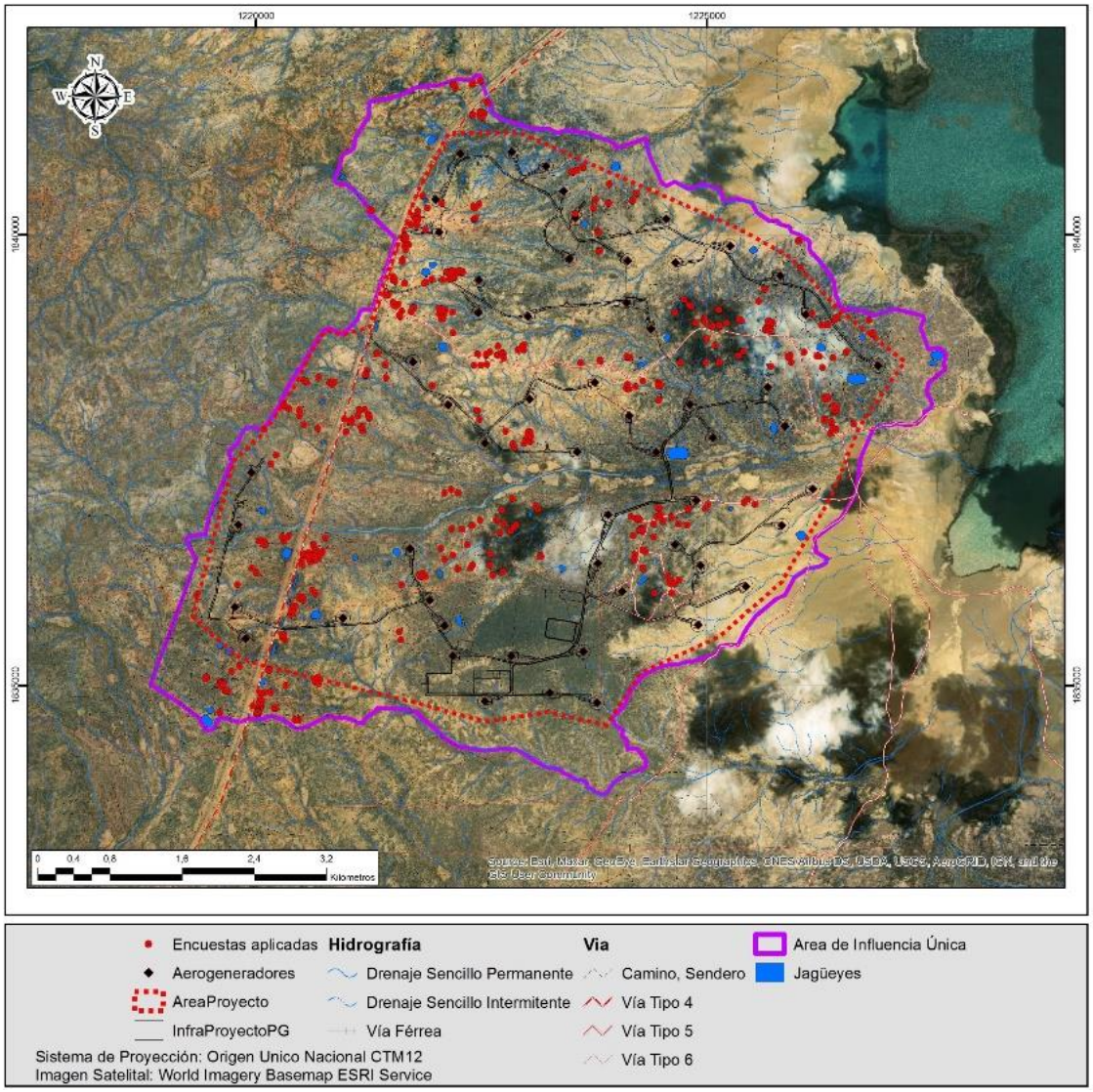
Estas condiciones de déficit hídrico generan problemas de disponibilidad, desabastecimiento y racionamiento del recurso, lo que ocasiona una problemática social en cuanto a la afectación de la calidad de vida de las comunidades y sus actividades productivas.

Existe, sin embargo, un proyecto que se realizará con apoyo de entidades internacionales y que se denomina Programa de Pilas Públicas Guajira Azul que contempla la viabilidad técnica y ambiental para la construcción de 12 pilas para el suministro de agua potable que beneficiará a 17.300 habitantes. Actualmente están en evaluación por parte de Ministerio de Vivienda. El proyecto se realizará con cooperación de la Unicef – COSUDE (Ayuda Humanitaria y Desarrollo del Gobierno suizo).

Para determinar los Usos del Agua e identificar los usuarios del Recurso Hídrico en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto se realizaron 563 encuestas destinadas a conocer de primera mano dicha información. Los instrumentos diligenciados se encuentran contenidos en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/D-Usos del agua) y, a la vez, los sitios donde se hizo la investigación fueron ubicados espacialmente (Figura 5-93) con el objetivo de identificar los núcleos sociales que hacen uso de este recurso vital.

[44] https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/usos_del_agua.asp

Figura 5-93 Sitios de Aplicación de las Encuestas



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL, S.A.S., 2021.

5.1.5.2. Oferta Hídrica

A continuación, se presenta una descripción de las formas de obtención de agua por parte de las comunidades presentes en el área de estudio, considerando que en la región la lluvia es escasa y los cuerpos de agua lóticos se generan por un tiempo sumamente corto. Estos son: los tradicionales (jagüeyes, casimbas) y suministro por carro tanque y recolección de agua lluvia.

5.1.5.2.1. Jagüeyes

Debido a que las comunidades presentes en el área de influencia no cuentan con servicio de acueducto, estas disponen de otros tipos de abastecimiento de agua. Uno de ellos es el "jagüey"; depósito artificial de agua, utilizado en zonas con sequías prolongadas, como es el caso del área de estudio. Los jagüeyes son sistemas representativos de la comunidad Wayuu como un medio para captar, almacenar y administrar agua de lluvia, la cual es empleada principalmente en actividades agrícolas, ganaderas (agua para los animales como cabras y burros) y doméstico (aseo o higiene de las personas e incluso para cocinar).

Foto 5-89 Jagüeyes típicos de donde se abastecen de agua comunidades del área influencia



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

En Colombia se utiliza el término jagüey para depósitos superficiales de agua en zonas con sequías estacionales prolongadas, y posiblemente el término esté relacionado con la cultura Wayúu[45]. Se define como un cuerpo de agua más pequeño que un lago o una presa. Aunque no hay un rango de tamaño bien definido, puede ser desde menos de 1 hasta 10 hectáreas. Su existencia puede corresponder a cualquier origen, drenaje y dimensiones. Igualmente, permanecen relativamente estancados y son inestables, con variaciones en el nivel de agua. Pueden ser temporales o permanentes, dependiendo del régimen pluvial[46].

Estos reservorios pueden ser encharcamientos naturales de agua, pero también son construidos mediante excavación y conformación de diques o terraplenes aprovechando ondulaciones del terreno para captar y almacenar aguas lluvias por escorrentía. Tradicionalmente han sido construidos como abrevaderos para los animales, pero allí también concurren personas para proveerse de agua con los consiguientes riesgos que implica su consumo sin tratamiento previo[47].

Durante la identificación, que se hizo a través de las encuestas de Usos y Usuarios del Agua, se determinaron cuáles eran los jagüeyes que usa la comunidad. En la siguiente tabla se hace un listado de estos y las comunidades asociadas a ellos y, en este mismo orden

[45] Real Academia de la Lengua Española
[46] De La Ossa-Lacayo, Alejandro, Herrera-Betín, Jorge Mario. Los jagüeyes comunitarios como un sistema ambiental antrópico y la importancia de su gestión, 2017.
[47] BOTERO, A.L.; DE LA OSSA, V.J.; ESPITIA, P.A.; DE LA OSSA-LACAYO, A. 2009. Importancia de los jagüeyes en las sabanas del Caribe colombiano. Rev. col. Cien. Anim. 1 (1):71-84.

de ideas, se espacializan estos jagüeyes para tener una mejor idea de su ubicación dentro del territorio (Figura 5-94), del cual se pueden identificar a partir del "ID cartografía jagüeyes" en la Tabla 5-70.

Tabla 5-70 Jagüeyes de los que se provee el agua las comunidades del área de influencia

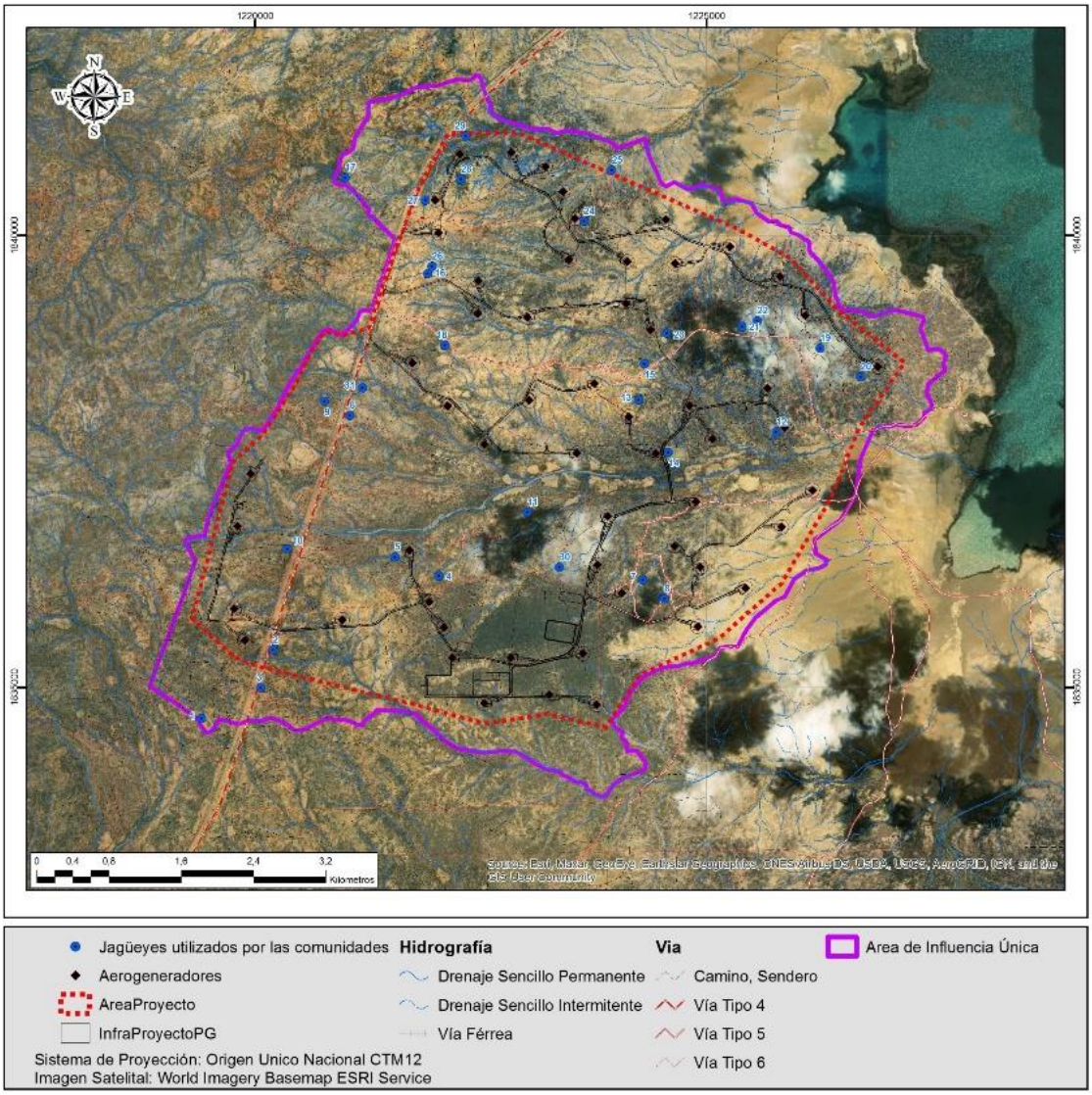
ID cartografia jagüeyes	N° Jagüey	Comunidad	Este	Norte	Observaciones	NMG
45	1	Ichichon	5102005.36	2899226.31		-
49	2	Morrenaka	5102796.52	2899981.01		Jagüey "Ishoulomana" Principal - Morrenaka
47	3	Uleule	5102660.74	2899563.4		Jagüey - Uleule.
58	4	Puchecherapu	5104638.87	2900795.31		Jagüey Principal - Puchecherraput
62	5	Puchecherrapu	5104148.39	2901003.09		-
72	6	Mieshi	5103657.01	2902567.63		Jagüey Principal - Mieshi
56	7	Walerushi y Rutkamaria	5106892.28	2900737.4	Compartido por Rutkamaria y Walerushi	Jagüey 1 Principal - Walerushi
55	8	Walerrushi	5107132.46	2900531.44		Jagüey 2 - Walerushi
74	9	Ishamana	5103380.42	2902725.06		Jagüey Principal - Ishamana
63	10	Ichipa	5102961.58	2901095.86		-
64	11	Jeyutshe	5105618.24	2901491.75		-
70	12	Suhuna	5108373.23	2902369.39		Jagüey Principal-Suhüna
75	13	Chinchorrito	5106851.2	2902727.67		Jagüey 2 Principal - Chinchorrito - Shulimana
68	14	Chinchorrito	5107181.65	2902146.94		Jagüey 1 - Chinchorrito - Shulimana
82	15	Chinchorrito	5106919.04	2903124.07		Jagüey Chinchorrito 3
95	16	Iperrain	5104526.14	2904131.98		Jagüey Principal - Iperrain
102	17	Iperrain, Casa Electrica, Kasushi, Ashulamana	5103615.74	2905196.39	Jaguey Planktomana Compartido por Kasushi, Ashulamana, Casa Eléctrica, Iperrain	-
85	18	Juliarance y Isashika	5104715.02	2903341.87	Compartido por Isashika y Juliarance	-
84	19	Amaiseo	5108863.23	2903289.28		Jagüey Principal - Amaiseo
78	20	Amaiseo	5109309.31	2902971.14		Jagüey 2 - Amaiseo

92	21	Cubamana	5107999.29	2903531.04		Jagüey 1 Principal - Cubamana
94	22	Cubamana	5108170.59	2903598.54		Jagüey 2 - Cubamana
90	23	Cubamana	5107167.31	2903461.55		Jagüey 3 - Cubamana
98	24	Kasia	5106255.1	2904706.27		-
104	25	Kasia	5106568.3	2905271.18		Jagüey Kasia
96	26	Casa Eléctrica	5104573.12	2904213.09		Jagüey Principal - Casa Eléctrica
99	27	Kasushi	5104502.57	2904943.07		Jagüey Kasuschi
101	28	Kasushi	5104897.71	2905173.3		Jagüey Kasuschi
106	29	Ashulamana	5104953.43	2905651.78		Jagüey Ashulamana
59	30	Rutkamaria	5105969.97	2900882.72		Jagüey Principal - Rutkamaria 1
77	31	Ullaransen	5103798.45	2902874.11		Jagüey - Ullaranse.

* Magna-Sirgas, Origen Único (CTM12)

Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

Figura 5-94 Ubicación espacial de los Jagüeyes utilizados por la comunidad.



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL, S.A.S., 2021.

Debe anotarse que se ha demostrado que además de su utilidad para las comunidades, existe una relación positiva entre el número de jagüeyes y la biodiversidad de un área dada[48].

[48] DECLERCK, S.; DE BIE, T.; ERCKEN, D.; HAMPEL, H.; SCHRIJVERS, S.; VAN WICHELEN, J.; GILLARD, V.; MANDIKI, R.; LOSSON, B.; BAUWENS, D.; KEIJERS, S.; VYVERMAN, W.; GODDEERIS, B.; DE MEESTER, L.; BRENDONCK, L.; MARTENS, K. 2006. Ecological characteristics of small farmland ponds: Associations with land use practices at multiple spatial scales. Biological Conservation 131 (4):523-532.

5.1.5.2.2. Casimbas

En el área del proyecto eólico Casa Eléctrica también utilizan la casimba, que es el nombre que la comunidad Wayuu le da al hueco excavado en la tierra dentro de un jagüey seco o en sus alrededores, para encontrar agua superficial que se filtra a través del suelo y se acumula en las arenas. Según las comunidades, esta agua es salobre, pero en periodos secos prolongados se aprovecha para los animales y en casos extremos para la cocción de alimentos.

Foto 5-90 Casimba en un jagüey seco en la comunidad de Cubamana



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

La casimba no es un acuífero ni es un pozo porque "no brota el agua, sino que está acumulada", según dijo un poblador del área de estudio. El agua se extrae en baldes amarrados a una cuerda de la que tiran desde la superficie. La duración del agua en la casimba depende de la carga que han recibido las arenas en la que se encuentran. Se debe destacar que las casimbas son una de las fuentes de abastecimiento de agua de la comunidad Wayuu que han perdurado por años y forman parte de sus tradiciones ancestrales.

En algunos casos las casimbas tienen tapas para que solo los miembros del mismo clan tengan acceso al agua y evitar que se contamine, implementando con ello estrategias de control con relación a la cantidad de agua que puede tomar cada familia. De requerirse, las familias de otros clanes deben solicitar de manera verbal a la autoridad tradicional el permiso para abastecerse de la fuente.[49]

[49] Daza-Daza, A, et al. El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 1: Una Mirada desde los Saberes y Prácticas Ancestrales. Inf. tecnol. vol.29 no.6 La Serena, 2018.

5.1.5.2.3. Suministro por carro tanque

En el departamento de la Guajira se han presentado sequías severas que se han agudizado con el paso de los años como resultado de la variabilidad y el cambio climático. Es así como la oferta del recurso hídrico ha venido disminuyendo en cantidad y calidad, principalmente en los municipios de Manaure, Uribia Maicao y Riohacha. Actualmente, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha identificado que en la media y Alta Guajira la oferta actual de agua oscila entre poco salobre a salada[50].

Por lo anterior, actualmente, una de las formas de suministrar agua potable a las comunidades es a través de carro tanques. Las principales fuentes provienen de la entrega por parte de la empresa El Cerrejón, que la transporta desde Albania hasta las comunidades en vagones del ferrocarril, por una parte y por otra, la que suministra Jemeiwaa Ka'i en carro tanques que se abastecen de la planta de tratamiento del casco urbano de Uribia y de Pozo Azul ubicada en el municipio de Manaure.

Foto 5-91 Distribución de agua en carro tanque a comunidades del área de influencia



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

La empresa Jemeiwaa Ka'I provee agua, aportando mensualmente 10 carro tanques, cada uno con una capacidad de 9.945 litros, en el marco del programa de Ruta del agua (Ver Tabla 5-71); mientras que El Cerrejón les provee 5.000 litros mes.

Tabla 5-71. Programa de entrega de agua P.E. Casa Eléctrica 2018-2019.

# Comunidades Atendidas por Mes	Cantidad de Agua Suministrada por Mes	Cantidad de Agua Suministrada 2018-2019	# Proveedores Contratados de la Comunidad
19	330.000 Litros aprox.	7.260.000 Litros aprox.	4 personas

[50] Empresas Públicas de Medellín – EPM (2019). Memoria técnica del proyecto piloto Modelo de distribución de agua potable para las Comunidades indígenas wayuú de la zona rural Dispersa del municipio de Manaure. Disponible en: http://www.appanepm.com/repository/PR-2017-027-0005.pdf

Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

Las comunidades del área de influencia transportan el agua recibida del carro tanque en garrafones (con capacidad de 5 galones) a fuerza física hasta la vivienda; es decir caminando; a excepción de las familias de Amaiseo, quienes transportan el agua mediante el uso de animales de carga y la comunidad Iperrain, que hacen el traslado con motocicleta. Igualmente se menciona el uso de la bicicleta, siendo significativo en las comunidades Isashika, Uleule y Walerushi[51].

5.1.5.2.4. Recolección de agua lluvia

Las insuficiencias en el acceso al agua segura en el departamento de La Guajira están marcadas por la baja oferta hídrica y las deficiencias institucionales en los aspectos de gestión de los recursos hídricos. Sumado a esto, se tiene que la escasez de la disponibilidad de agua en las regiones de la Alta y Media Guajira está sujetada a la capacidad de almacenamiento que puedan tener los pozos y reservorios y a la dependencia de aprovisionamiento de agua por parte de los entes municipales y departamentales (Cantillo et al., 2016). Por lo anterior, uno de los mecanismos que tienen las poblaciones de esta región de la Alta Guajira, es la recolección de las aguas de lluvia para complementar las formas de suministro local.

Se debe agregar, además, que para el Wayuu el agua de lluvia es concebida como el agua de buena calidad y es utilizada para beber. El agua proveniente de los pozos es catalogada por la población como salobre, la de los jagüeyes como turbia y la adquirida de los carrotanques con olor a cloro[52].Sin embrago, la recolección de agua lluvia es limitada por la poca disponibilidad de techos, canoas y bajantes, además se requieren sistemas de almacenamiento para la época seca[53].

[51] Caracterización Socioeconómica del presente EIA,2020

[52] Daza-Daza, Alcides R., Serna-Mendoza, Ciro A., & Carabalí-Angola, Alexis. (2018). El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 2: Estudio Cualitativo de las Condiciones de Higiene, Aseo y Disponibilidad de Agua. Información tecnológica, 29(6), 25-32. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600025

[53] Gobernación de La Guajira (2011). Evaluación social y plan de pueblos indígenas, para el proyecto "construcción y sostenibilidad de once (11) reservorios y un (1) Microacueducto, en comunidades indígenas de la alta Guajira". Riohacha, la guajira, 133p. Disponible en: http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Pueblos%20Ind%C3%ADgenas,%20Proyecto%20Construcci%C3%B3n%20y%20Sostenibilidad%20de%2011%20Reservorios%20y%201%20Micro%20acueducto.pdf

Foto 5-92 Formas de captación y almacenamiento de Agua de Lluvia



Fuente: Daza-Daza, et.al. (2018).



Fuente: Gobernación de La Guajira (2011).

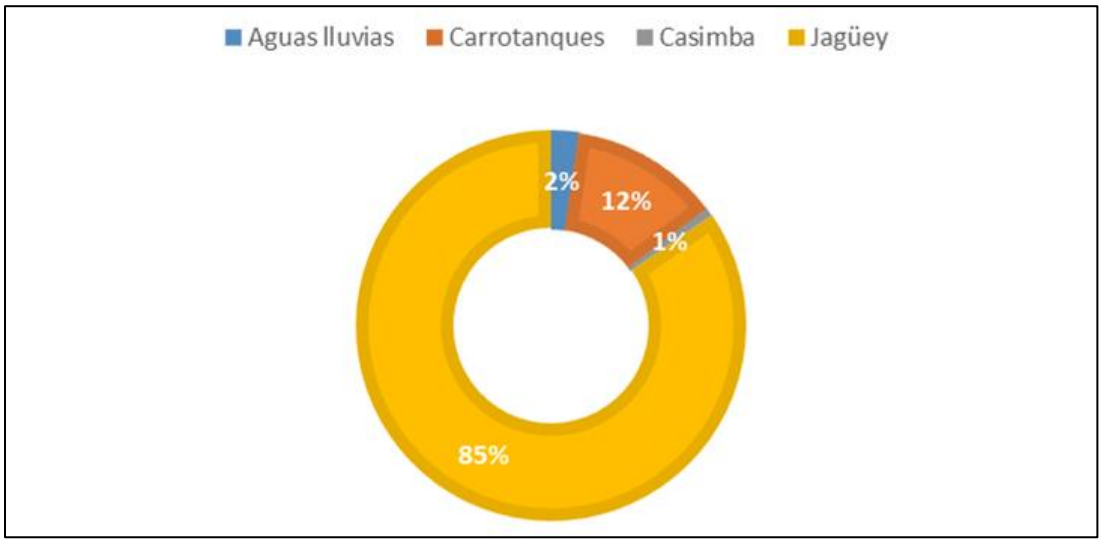
Además de los anteriormente mencionados, según los informes oficiales del Municipio de Uribía y de CORPOGUAJIRA, la pluviometría disminuye de suroeste a noreste, debido a la acción de los vientos alisios del nordeste, secantes al llegar a la parte continental. Esto significa, que las zonas con menor pluviosidad se ubican en la Alta Guajira. Este sistema climático, evidencia que los pocos aguaceros de la época invernal (son comunes aguaceros entre 80 y 181 mm en 24 horas) contrastan dramáticamente con períodos de sequía de más de seis (6) meses.

Otra característica, en cuanto a las lluvias es la extremada fluctuación de las precipitaciones anuales entre un año y otro, dado que existen años en que las precipitaciones totales anuales están muy por debajo y a veces con valores cero (0)[54]

Una vez tabuladas las formas de obtención de agua evidenciadas en las 563 encuestas aplicadas para diagnosticar la oferta hídrica en el área, así como sus usuarios; se evidenció que una de las formas más utilizada de abastecimiento es a través de los jagüeyes; seguido, en orden de importancia, por los carros tanques, las aguas de lluvia y, por último, las casimbas. La figura presentada a continuación muestra cómo se distribuyen estos usos según su importancia entre las 563 viviendas encuestadas.

[54] Gobernación de La Guajira (2011). Evaluación social y plan de pueblos indígenas, para el proyecto "construcción y sostenibilidad de once (11) reservorios y un (1) Microacueducto, en comunidades indígenas de la alta Guajira". Riohacha, la guajira, 133p. Disponible en: http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Pueblos%20Ind%C3%ADgenas,%20Proyecto%20Construcci%C3%B3n%20y%20Sostenibilidad%20de%2011%20Reservorios%20y%201%20Micro%20acueducto.pdf

Figura 5-95 Porcentaje de Uso de las diferentes formas de abastecimiento.



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL, S.A.S., 2021.

5.1.5.3. Almacenamiento doméstico del agua

Una vez el agua es llevada a las casas o hacia los sitios de uso final, esta es almacenada principalmente en envases plásticos, tinajas o tanques (Foto 5-93 y Foto 5-94).

El líquido es tapado para protegerlo de derrames que pueden ser ocasionados por lo animales.

Foto 5-93 Formas de almacenamiento de agua en las comunidades - Ichipa



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

Foto 5-94 Tanque de almacenamiento de agua



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

5.1.5.4. Transporte.

Según la evaluación social realizada por la gobernación de La Guajira (2011)[55], algunos de estos sitios, son cercanos, (alrededor de 300 m), en tanto otros están más alejados, (hasta 15 kilómetros). El agua es transportada de la fuente a la casa, trabajo realizado, principalmente, por las mujeres y los niños, en el que pueden gastar hasta 6 horas al día, bajo las elevadas temperaturas propias de la alta Guajira.

El número de desplazamientos en época de verano es de 4 recorridos diarios, reduciendo en inverno a 2 recorridos, esto debido a que las lluvias traen perjuicios al estado de las vías y caminos. Así mismo los litros de agua transportados son proporcionales al número de desplazamientos diarios, pasando en época de invierno de 72 litros a 195 litros en época de verano, teniendo en cuenta que en verano se requiere más agua para consumo doméstico, consumo humano y consumo animal que en invierno.

Lo anterior es coincidente con lo reflejado en los resultados de las encuestas aplicadas para el área de influencia, donde se reporta que hay núcleos familiares que tardan entre 1 y 2 horas hasta la fuente; así como otros que informan que este transporte de agua puede tomarle entre 6 y 7 horas cada día.

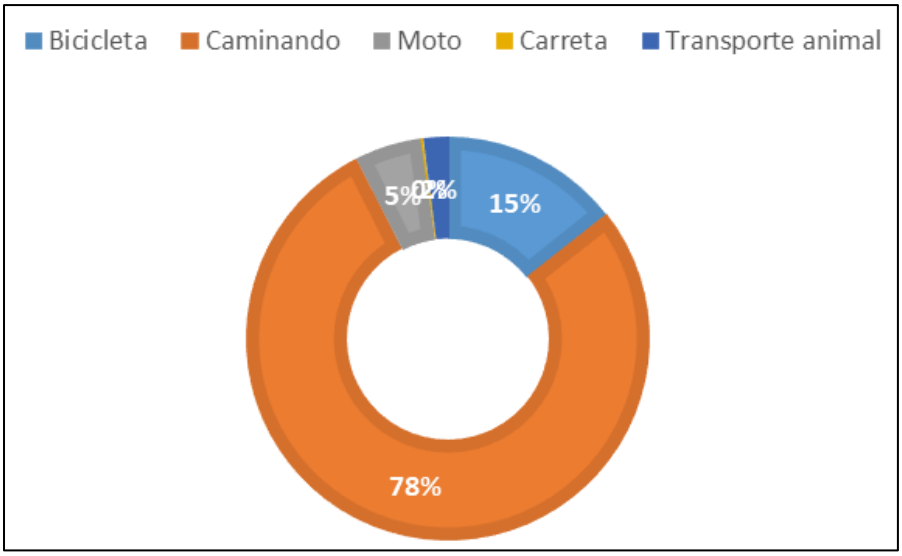
Para buscar y acarrear el agua se usan recipientes como múcuras (utilizados ancestralmente) y tanques plásticos (de 20 a 25 litros) para el agua. Si no cuentan con asnos, a la mujer Wayuu le corresponde realizar largas caminatas para llegar a los pozos, casimbas o jagüeyes. Sin embargo, existe actualmente una gran influencia occidental para

[55] Gobernación de La Guajira (2011). Evaluación social y plan de pueblos indígenas, para el proyecto "construcción y sostenibilidad de once (11) reservorios y un (1) Microacueducto, en comunidades indígenas de la alta Guajira". Riohacha, la guajira, 133p. Disponible en: http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Pueblos%20Ind%C3%ADgenas,%20Proyecto%20Construcci%C3%B3n%20y%20Sostenibilidad%20de%2011%20Reservorios%20y%201%20Micro%20acueducto.pdf

el acarreo del agua[56]. Así, dentro del área de influencia es transportada por los mismos usuarios desde los sitios de abastecimiento y, dependiendo de la distancia, utilizan motos, bicicletas, burros, carretas o llevando a cuestas la carga.

Dentro de las comunidades evaluadas en campo se pudo evidenciar que el transporte más común del agua se hace caminando. Como según opción, la moto resultó ser la mejor aliada para esta actividad diaria; pudiendo verse reflejado en la gráfica siguiente (Figura 5-96):

Figura 5-96 Porcentaje de Uso de las diferentes formas de transporte de agua



Fuente: AUDITORIA AMBIENTAL, S.A.S., 2021.

5.1.5.5. Usos actuales

Los usos actuales en el área de Casa Eléctrica son principalmente domésticos y agropecuarios.

5.1.5.5.1. Doméstico

Las comunidades beben el agua sin ningún tipo de tratamiento, por la escasez debida a la lejanía de las fuentes de abastecimiento, el mal estado de las vías, la carencia de sistemas de abastecimiento eficientes y la ausencia de un órgano de gestión del recurso hídrico que garantice a las comunidades la presencia de agua potable. Estas circunstancias obligan al Wayuu a consumir agua de mala calidad, aunque en el proceso de cocción se logra alguna desinfección. Por esta razón, las causas de las enfermedades objeto de reporte colectivo para las estadísticas nacionales (EDA, IRA, intoxicaciones, desnutrición) están

[56] Daza-Daza, A, et al. El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 1: Una Mirada desde los Saberes y Prácticas Ancestrales. Inf. tecnol. vol.29 no.6 La Serena, 2018.

relacionadas con el consumo agua no tratada y alimentos contaminados, presencia de virus, bacterias y malas prácticas de higiene.

Respecto al tratamiento del agua, en el 100% de las viviendas de las comunidades Amaiseo, Casa Eléctrica, Iperrain, Kasuschi, Morrenaka, Puchecherraput, Rutkamaria, Suhüna y Ullaransen, las familias indicaron que filtraban el agua previamente al consumo.

En cambio, la totalidad de las familias de Ichichon, Ishamana, Juliarance y Mieshi manifiestaron no realizar ningún proceso para el tratamiento del agua. Lo mismo sucede en el 95.2% de las viviendas de Chinchorrito y el 67,7% de las familias de Isashika.

En cuanto a las familias que se proveen de agua de carro tanque reportaron que no realizaban tratamiento, ya que es agua potable. Ver Foto 5-95.

Foto 5-95 Mujeres abasteciéndose de agua



Fuente: Daza-Daza, A, et a, 2018.

5.1.5.5.2. Agropecuario

En cuanto a las prácticas agrícolas realizadas por la población Wayuu, son de tipo estacional. Las siembras en las rozas se desarrollan en los periodos lluviosos, con cultivos de corto plazo. Aunque el Wayuu no construye muchas obras para el riego de los cultivos por las dificultades mencionadas en este documento, ocasionalmente diseñan de forma artesanal canales para conducir el agua de escorrentía hacia los jagüeyes[57].

En la parte pecuaria, dado que los caprinos son de primordial importancia en su economía, se utilizan los jagüeyes para suministrarles el agua a los rebaños, compartiendo este uso con los seres humanos que también usan este sitio para su higiene personal. Debe anotarse

[57] Daza-Daza, A, et al. El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 1: Una Mirada desde los Saberes y Prácticas Ancestrales. Inf. tecnol. vol.29 no.6 La Serena, 2018.

que por la presencia de estos animales -que son los que mejor se adaptan a la vegetación xerofítica-, los resultados de los análisis de aguas realizados en la mayor parte de los jagüeyes del área de influencia, dieron resultados elevados en cuanto a coliformes fecales y totales.

Foto 5-96 Ganadería de caprinos y corral



Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

5.1.5.6. Demanda de agua

Para el caso de Colombia se tiene que la mayoría de los resguardos indígenas no cuentan con las condiciones básicas para atender las necesidades de saneamiento y agua potable. En esta medida, las poblaciones asentadas en las zonas rurales han estado en un completo abandono producto de la centralización de los recursos económicos hacia las cabeceras municipales (Méndez et al., 2011).

En lo que respecta a las comunidades indígenas Wayuu, el saneamiento básico y el acceso a un agua segura por parte de los grupos étnicos se dificultan por la dispersión de la población y por los altos índices de aridez que se presentan a lo largo del territorio (Bonet et al., 2017).

Según datos suministrados por las comunidades, el consumo per cápita máximo es de 50 litros y, en promedio, se estima un consumo entre 25 a 35 litros/día/persona, lo cual es un nivel de consumo muy por debajo del promedio nacional que el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010) estima como Dotación Neta en sistemas de acueducto de baja complejidad en clima cálido (100 lts/hab/día). Es importante recordar que los habitantes del área de influencia no cuentan con sistema de acueducto; sin embargo, la comparación se realiza aquí con el objetivo de observar la magnitud del régimen deficitario de la zona de estudio.

Considerando lo anterior, la demanda de agua de las actividades sanitarias del personal de obra en su etapa constructiva para el desarrollo del proyecto será abastecida con agua en bloque por carro tanque. Como se ha señalado previamente, en ninguna etapa del proyecto se hará uso del agua de los arroyos ni de los jagüeyes del área de influencia.

5.1.5.7. Síntesis de Abastecimiento por Comunidad

Una de las ventajas de la aplicación de las encuestas, fue la verificación de la conformación de las comunidades y como éstas usan el recurso hídrico disponible.

De acuerdo con el trabajo de campo y los talleres socioeconómicos realizados, se estableció que los usuarios de agua proveniente de jagüeyes corresponden a 1.113 personas. Igualmente, la utilizan para las actividades pecuarias 204 personas que hacen pastoreo en la zona de influencia a 6.602 chivos. La población restante se provee de entrega agua de carro tanque[58].

Como resultado del diagnóstico realizado en campo (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/D-Usos del agua), en la siguiente tabla se describen las principales fuentes de abastecimiento de agua para las comunidades, así como su uso y forma de transportarla.

Tabla 5-72 Fuentes de las que se provee el agua las comunidades del área de influencia

Comunidad	Fuente principal abastecimiento y uso
Ichichon	Aproximadamente el 70% de las familias de esta comunidad se abastecen de jagüey, mientras que el 30% restante se proveen de carro tanque. El uso de estas fuentes está dado para cocinar, higiene y actividades de ganadería. La mayoría de las familias utilizan la caminata como medio de transporte y algunas utilizan la bicicleta.
Morrenaka	Las familias de esta comunidad identificaron el agua lluvia como su fuente principal de agua y la utilizan para cocinar y para higiene. También utilizan el jagüey principalmente para para sus animales. Para el transporte del agua utilizan la caminata, la bicicleta y la motocicleta.
Uleule	La fuente principal para estas familias es el jagüey para para cocinar, higiene y ganadería. Para el transporte del agua utilizan la caminata, la bicicleta, la motocicleta y animales de carga.
Puchecherraput	Las familias de esta comunidad identificaron el agua lluvia como su fuente principal de agua. También utilizan la casimba para cocinar e higiene personal. Para el transporte del agua utilizan la caminata y la bicicleta.
Mieshi	Aproximadamente el 60% de las familias de esta comunidad se abastecen de jagüey, el 35% se proveen de carro tanque y el 5% restante de casimba. El uso de estas fuentes está dado para cocinar, higiene y actividades de ganadería. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal), la bicicleta y la motocicleta.
Walerushi	En esta comunidad todas las familias señalaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocinar y para su higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata, la bicicleta, la motocicleta y animales de carga.

[58] Caracterización Socioeconómica del presente EIA,2020

Comunidad	Fuente principal abastecimiento y uso
Ishamana	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocinar, higiene y actividades ganaderas. Para el transporte del agua utilizan la caminata principalmente y la bicicleta.
Ichipa	Aproximadamente el 75% de las familias de esta comunidad se abastecen de carro tanque, mientras que el 25% restante se proveen de jagüey. El uso de estas fuentes está dado para cocina e higiene personal. La mayoría de las familias utilizan la caminata como medio de transporte y algunas utilizan motos.
Jeyutshe	La fuente principal de la mayoría de las familias es por jagüey. Algunas reportan como fuente principal el carro tanque o agua lluvia. Todas las familias la utilizan para cocinar e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principalmente) y la bicicleta.
Suhuna	Aproximadamente el 75% de las familias de esta comunidad se abastecen del jagüey, mientras que el 25% restante se proveen de carro tanque, agua lluvia y Casimbas. El uso de estas fuentes está dado para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principalmente) y la bicicleta.
Chinchorrito	Todas las familias de esta comunidad señalaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal), la bicicleta, la moto y la carreta.
Iperrain	La fuente principal de la mayoría de las familias es por jagüey, aunque algunas reportan como fuente principal el carro tanque. Todas las familias utilizan estas fuentes para cocinar. Para el transporte del agua se valen de la caminata y la motocicleta (principal).
Juliarance	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal) y la bicicleta.
Isashika	La fuente principal de la mayoría de las familias es por carro tanque. Algunas reportan como fuente principal el jagüey. Todas las familias la utilizan estas fuentes para cocina e higiene personal. Para el transporte del agua utilizan la caminata y la bicicleta.
Amaiseo	Todas las familias de Amaiseo identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene personal. Para el transporte del agua utilizan la caminata.
Cubamana	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata, la moto y la bicicleta.
Kasia	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata, la bicicleta y la motocicleta.
Casa Eléctrica	La fuente principal de la mayoría de las familias es el jagüey y algunas reportan como fuente principal la casimba. Todas las familias utilizan estas fuentes para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal) y la bicicleta.
Kasushi	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal y la utilizan para cocina e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata.
Ashulamana	Todas las familias identificaron el jagüey como su fuente de agua y la utilizan para cocción de alimentos. Para el transporte del agua utilizan la caminata principalmente, la bicicleta y la motocicleta.
Rutkamaria	En Rutkamaria todas las familias señalaron el jagüey como la fuente principal para la cocción de alimentos. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal) y la bicicleta.
Ullaransen	Todas las familias identificaron el jagüey como la fuente principal para preparación de alimentos e higiene. Para el transporte del agua utilizan la caminata (principal), la bicicleta y la moto.

Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

Como se ha dicho, las comunidades del área de influencia utilizan los jagüeyes más que todo para limpieza y para que beban los animales, pues actualmente la mayoría de agua de consumo humano proviene de carro tanques con agua proveniente del acueducto de Uribia.

A continuación, se presenta una tabla en donde se resumen las fuentes de abastecimiento con los que se surten las comunidades y sus importancias conforme a sus porcentajes de uso.

Tabla 5-73 Fuentes de abastecimiento con los que se surten las comunidades y sus importancias conforme a sus porcentajes de uso.

Comunidad	Fuente principal abastecimiento y uso							
	Jagüey		Carrotanque		Agua de Lluvia		Casimba	
	% de Uso	Cantidad de Usuarios (viviendas)	% de Uso	Cantidad de Usuarios (viviendas)	% de Uso	Cantidad de Usuarios (viviendas)	% de Uso	Cantidad de Usuarios (viviendas)
Ichichon	72,73%	16	27,27%	6	0,00%	0	0,00%	0
Morrenaka	0,00%	0	0,00%	0	100%	6	0,00%	0
Uleule	100%	48	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Puchecherraput	0,00%	0	0,00%	0	80,00%	4	20,00 %	1
Mieshi	61,90%	13	33,34%	7	0,00%	0	4,76%	1
Walerushi	100%	34	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Ishamana	100%	20	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Ichipa	24,44%	11	75,56%	34	0,00%		0,00%	
Jeyutshe	93,48	43	4,35	2	2,17	1	0,00%	0
Suhuna	75,00%	15	10,00%	2	10,00%	2	5,00%	1
Chinchorrito	100%	21	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Iperrain	93,75	15	6,25	1	0,00%	0	0,00%	0
Juliarance	100%	9	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Isashika	5,26%	1	94,74%	18	0,00%	0	0,00%	0
Amaiseo	100%	30	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Cubamana	100%	31	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Kasia	100%	20	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Casa Eléctrica	94,44%	17	0,00%	0	0,00%	0	5,56%	1
Kasushi	100%	54	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Ashulamana	100%	25	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Rutkamaria	100%	20	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0
Ullaransen	100%	33	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0

Fuente: Jemeiwaa Ka'I-AES Colombia, 2020.

Con estos resultados es importante resaltar el valor sociocultural que tienen los jagueyes en el área de influencia ya que, como se presenta en la Figura 5-95, estos son la fuente principal de abastecimiento de las personas que en área habitan. En este orden de ideas, se debe notar que existen algunas comunidades como Uleule, Walerushi, Ishamana, Chinchorrito, Juliarance, Amaiseo, Cubamana, Kasia, Kasushi, Ashulamana, Rutkamaria y Ullaransen cuya única fuente de abastecimiento son estos cuerpos de agua artificiales.

Es importante mencionar que durante la aplicación de las encuestas no se evidenciaron existencias de pozos profundos ni lagunas que hagan parte de los sistemas de abastecimiento de las comunidades; además, las personas no manifestaron existencia de los mismos cuando se les preguntó acerca de los sitios de aprovisionamiento.

5.1.5.8. Síntesis de Abastecimiento por Comunidad

Los conflictos que actualmente se generan en torno al aprovechamiento del agua en la Alta Guajira están determinados por la baja disponibilidad de esta, debido a la posición geográfica del territorio que se caracteriza por bajas precipitaciones y una alta evaporación, lo que trae como consecuencia, que los habitantes de la región recurran a alternativas de almacenamiento que les permitan tener este vital liquido disponible la mayor cantidad de tiempo posible; sin embargo, por motivos climáticos, el mismo no permanece presente todo el año en los embalses que las comunidades han creado para tal fin, como son los jagüeyes. Lo anterior, implica que dichas comunidades recurran a alternativas como la obtención a través de carrotanques.

Lo expuesto anteriormente, deja claro que el principal conflicto socioambiental de los grupos poblacionales Wayuu es la poca disponibilidad del recurso hídrico y, por ende, el consumo per cápita está muy por debajo de lo establecido en el RAS, lo que ha conllevado a que la calidad de vida de la población, en relación al resto del país, este muy por debajo de los estándares colombianos.

La aparición del proyecto eólico Casa Eléctrica no implica una presión adicional para la disponibilidad hídrica local ya que las actividades se desarrollarán a través de la compra de agua que provendrá de terceros autorizados para su venta; sin embargo, la presencia de vías y plataformas para el establecimiento de los aerogeneradores supone una ocupación de algunos de los drenajes superficiales ya que, en ciertos casos, las construcciones de plataformas e interconexiones viales se deben establecer sobre dichos drenajes para que estas obras puedan operar eficientemente.

Para darle manejo a esta situación se establecerán, en dichas zonas, estructuras (tuberías, pontones, entre otras) que permitan el paso de los caudales que naturalmente discurren por estos cauces y que son los que alimentan los jagüeyes que la comunidad utiliza para el almacenamiento de las aguas que diariamente aprovechan. Las acciones planteadas se materializarán a través de permisos de ocupaciones de cauces; los cuales tienen como finalidad, darle viabilidad a las estructuras que se encuentran en la condición expuesta y evitar a toda costa que los flujos de aguas sean interrumpidos, lo cual se traducirá en una continuidad normal en el llenado de los jagüeyes durante la época de lluvias.

Lo expuesto puede traducirse en que el desarrollo del proyecto no acrecentará el conflicto que actualmente se genera por la poca disponibilidad del recurso hídrico ya que, a través de las ocupaciones de cauce solicitadas, se evitará la interrupción del flujo de agua que alimenta los jagüeyes.

5.1.5.9. Evaluación de jagüeyes e identificación de obras en su área de influencia o descarga

Con el fin de complementar el análisis de conflictos actuales y potenciales asociado a las interacciones entre cuerpos lénticos y lóticos, específicamente lo relacionado con los Jagüeyes cuyos afluentes serán intervenidos por la infraestructura del proyecto, se evaluo para cada jagüey si existe en su área de influencia o en su área de descarga presencia de infraestractutura del proyecto y como la misma le da continuidad al régimen hídrico y no afecta ni las afluencias ni las descargas que tienen los jagüeyes, específicamente se clasifica cada jagüey en tres casos:

Caso 1: No existe infraestructura del proyecto en su área aferente.
Caso 2: En su área aferente se mantienen los drenajes naturales porque se solicitó ocupación del cauce en *n* proyectos que ayudan a mantener el régimen hídrico.
Caso 3: Los usuarios localizados aguas abajo no se afectarán porque se facilitó la ocupación del cauce.

Con esto se demuestra que no hay conflictos actuales ni potenciales entre la red hídrica de los jagüeyes y la infraestructura del proyecto. En la Tabla 5-74, se presenta la clasificación previamente mencionada.

Para el caso 1, únicamente se indica si aplica o no, para los otros dos casos se mencionan a qué obras hacen referencia. Por ejemplo, para el jagüey con ID=70 representado en la Foto 5-97, en él se puede observar que su área aferente se mantiene la escorrentía natural a razón de incorporar la obra 73-11, en conclusión, este clasificaría dentro del caso 2.

Foto 5-97. Ejemplo jagüey ID=70

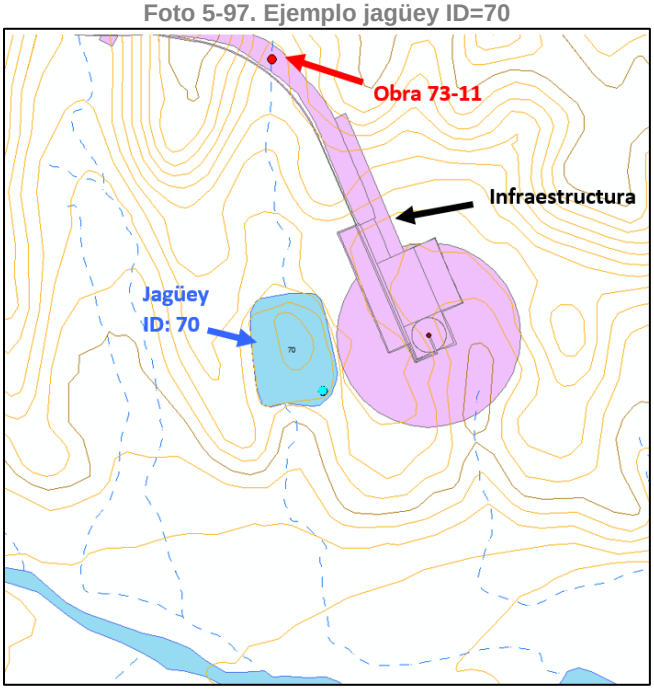


Tabla 5-74 Evaluación de jagüeyes e identificación de obras en su área de influencia o descarga

ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG	CASO 1	CASO 2	CASO 3
45	5102005	2899226	Utilizado por la comunidad Ichichon	-	X		
46	5102089	2899304		-	X		
47	5102661	2899563	Utilizado por la comunidad Uleule	Jagüey - Uleule.	X		
48	5102311	2899950		-	X		
49	5102797	2899981	Utilizado por la comunidad Morrenaka	Jagüey "Ishoulomana" Principal - Morrenaka	X		
50	5102208	2900012		-	X		
51	5102883	2900253		-	X		
52	5104848	2900276		-		48-3	
53	5103263	2900353		-			39-15
54	5102970	2900497		-		39-10, 39-9, 39-8	
55	5107132	2900531	Utilizado por la comunidad Walerushi	Jagüey 2 - Walerushi			60-4
56	5106892	2900737	Utilizado por las comunidades Walerushi y Rutkamaria	Jagüey 1 Principal - Walerushi	X		
57	5103037	2900718		-		39-10, 39-9, 39-8	
58	5104639	2900795	Utilizado por la comunidad Puchecherapu	Jagüey Principal - Puchecherraput	X		
59	5105970	2900883	Utilizado por la comunidad Rutkamaria	Jagüey Principal - Rutkamaria 1			70-1, 48-14, 48-15
60	5104079	2900909		-	X		
61	5103703	2900984		-	X		
62	5104148	2901003	Utilizado por la comunidad Puchecherapu	-	X		
63	5102962	2901096	Utilizado por la comunidad Ichipa	-	X		
64	5105618	2901492	Utilizado por la comunidad Jeyutshe	-	X		
65	5107865	2901504		-	X		
66	5102688	2901503		-	X		
67	5104624	2902054		-	X		
68	5107182	2902147	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	Jagüey 1 - Chinchorrito - Shulimana		73-3, 73-4	

ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG	CASO 1	CASO 2	CASO 3
69	5103361	2902258		-	X		
70	5108373	2902369	Utilizado por la comunidad Suhuna	Jagüey Principal-Suhüna		73-11	
71	5105486	2902460		-	X		
72	5103657	2902568	Utilizado por la comunidad Mieshi	Jagüey Principal - Mieshi	X		
73	5109301	2902706		-	X		
74	5103380	2902725	Utilizado por la comunidad Ishamana	Jagüey Principal - Ishamana	X		
75	5106851	2902728	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	Jagüey 2 Principal - Chinchorrito - Shulimana			RE-7, 73-7-1
76	5108987	2902777		-	X		
77	5103798	2902874	Utilizado por la comunidad Ullaransen	Jagüey - Ullaranse.	X		
78	5109309	2902971	Utilizado por la comunidad Amaiseo	Jagüey 2 - Amaiseo	X		
79	5108266	2902993		-			73-9
80	5105943	2903099		-			35-1
81	5110121	2903111		-	X		
82	5106919	2903124	Utilizado por la comunidad Chinchorrito	-	X		
83	5110167	2903206		-	X		
84	5108863	2903289	Utilizado por la comunidad Amaiseo	Jagüey Principal - Amaiseo	X		
85	5104715	2903342	Utilizado por las comunidades Juliarance e Isashika	-	X		
86	5108386	2903316		-			1-23
87	5107509	2903355		-			¨73-7-2¨
88	5109328	2903402		-	X		
89	5108895	2903437		-			1-27
90	5107167	2903462	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 3 - Cubamana			RE-5
91	5106185	2903449		-	X		
92	5107999	2903531	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 1 Principal - Cubamana			1-23
93	5103945	2903537		-			30-1

ID cartografia jagüeyes	Este	Norte	Uso de jagueyes por las comunidades	NMG	CASO 1	CASO 2	CASO 3
94	5108171	2903599	Utilizado por la comunidad Cubamana	Jagüey 2 - Cubamana			1-23
95	5104526	2904132	Utilizado por la comunidad Iperrain	Jagüey Principal - Iperrain	X		
96	5104573	2904213	Utilizado por la comunidad Casa Eléctrica	Jagüey Principal - Casa Eléctrica	X		
97	5108126	2904375		-		1-21	
98	5106255	2904706	Utilizado por la comunidad Kasia	-			1-14
99	5104503	2904943	Utilizado por la comunidad Kasushi	Jagüey Kasuschi	X		
100	5106145	2904971		-		1-7, 9-1, 1-8, 1-9	
101	5104898	2905173	Utilizado por la comunidad Kasushi	Jagüey Kasuschi			1-2
102	5103616	2905196	Utilizado por las comunidades Iperrain, Kasushi, Ashulamana, CasaEléctrica	-	X		
103	5104409	2905270		-	X		
104	5106568	2905271	Utilizado por la comunidad Kasia	Jagüey Kasia	X		
105	5104570	2905604		-	X		
106	5104953	2905652	Utilizado por la comunidad Ashulamana	Jagüey Ashulamana	X		
107	5105190	2905803		-	X		

5.1.6. Calidad del Agua

5.1.6.1. Informe Fisicoquímico Aguas Superficiales

El presente informe se elaboró con datos tomados del Laboratorio SGS contratado por JEMEIWAAKA'I S.A.S para la toma de las muestras de agua superficial en los cursos de agua existentes en el área del proyecto eólico Casa Eléctrica, y los análisis fisicoquímicos correspondientes de acuerdo con la normatividad vigente y la certificación del IDEAM.

De acuerdo con los Términos de Referencia TdR-09, se deben caracterizar todos cuerpos de agua que sean intervenidos por el proyecto, o bien que representen un uso doméstico o para consumo humano por parte de la comunidad. La selección de los cuerpos de agua a monitorear partió del uso definido por las comunidades, con base en la caracterización socioeconómica e hidrológica del presente estudio.

En la caracterización hidrológica se identificaron 63 jagueyes localizados dentro del AI del proyecto, basada en la cartografía temática de fuentes oficiales (IDEAM, IGAC e INGEOMINAS) y de las visitas de campo realizadas en el territorio. Por otro lado, para determinar los usos del agua e identificar los usuarios del recurso hídrico, se realizaron encuestas destinadas a conocer de primera mano dicha información (ver numeral 5.1.5 Usos actuales del agua). Se obtuvo como resultado que los jagüeyes son sistemas representativos de la comunidad Wayuú como un medio para captar, almacenar y administrar agua de lluvia, la cual es empleada principalmente en actividades agrícolas, ganaderas (agua para los animales como cabras y burros) y doméstico (aseo o higiene de las personas e incluso para cocinar). En total fueron definidos 40 jagueyes que son usados por la comunidad para los fines expuestos.

Adicional a los 40 jagueyes objeto de caracterizar, se incorporaron al análisis 11 arroyos que potencialmente pueden verse afectados con el desarrollo del proyecto en alguna de sus fases. Se identificaron entonces 51 puntos de monitoreo, cubriendo así los cuerpos de agua con un uso doméstico o de consumo humano y los que puedan ser intervenidos o afectados por el proyecto.

La caracterización de calidad del agua se desarrolló en dos campañas de monitoreo, ambas en época húmeda: una campaña inicial que se realizó en el mes de noviembre de 2020 entre los días 09 y 23; y una campaña complementaria que se realizó en el mes de noviembre de 2021 entre los días 29 y 30. En la primera campaña se caracterizaron 42 cuerpos de agua, de los cuales 12 puntos fueron reportados como secos y 30 efectivos; y en la segunda se monitorearon 9 jagueyes adicionales que no habían sido caracterizados en la primera campaña de monitoreo, de los cuales solo 5 fueron efectivos y los otros 4 fueron reportados como secos, para un total de 35 puntos de monitoreo efectivos entre ambas campañas (Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En la Tabla 5-75 se presenta la relación de los puntos de monitoreo con el código asignado por el laboratorio, las coordenadas origen Nacional y el nombre de las comunidades. Algunos nombres se repiten por que la comunidad tiene varios Jagüeyes en su territorio. Se aclara que el campo “ID cartografía” corresponde al ID asignado en el inventario de jagueyes en la caracterización hidrológica, mientras que el campo “Código de punto de muestreo” corresponde al ID con el cual se puede identificar el punto de monitoreo dentro del área de análisis. Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Tabla 5-75 Códigos y relación de los puntos de monitoreo de agua superficial

ID cartografía Jaguey	Código de Punto de Muestreo	Coordenadas Origen Nacional		Comunidad	Estado de monitoreo
		Norte	Este		
48	J01	2.899.936	5.102.310	Ichichon	Seco
45	J02	2.899.142	5.102.127	Ichichon	Efectivo
47	J03	2.899.569	5.102.659	Uleule	Efectivo

49	J04	2.899.947	5.102.802	Morrenaka	Efectivo
53	J05	2.900.334	5.103.239	Mieshi (territorio de Ichipa)	Efectivo
63	J06	2.901.099	5.102.974	Ichipá	Efectivo
66	J07	2.901.508	5.102.682	Ichipá	Efectivo
69	J08	2.902.277	5.103.353	Ishamana	Efectivo
58	J09	2.900.838	5.104.620	Puchecherapu	Efectivo
62	J10	2.901.048	5.104.216	Puchecherapu	Efectivo
52	J11	2.900.303	5.104.818	Jeyutshe	Efectivo
59	J12	2.900.868	5.105.996	Jeyutshe	Efectivo
56	J13	2.900.667	5.106.836	Walerushi	Efectivo
68	J14	2.902.172	5.107.183	Chinchorrito	Efectivo
82	J15	2.903.123	5.106.874	Chinchorrito	Efectivo
75	J16	2.902.770	5.106.816	Chinchorrito	Efectivo
70	J17	2.902.401	5.108.333	Suhuna	Efectivo
85	J18	2.903.362	5.104.711	Juliarance e ishahika	Efectivo
95	J19	2.904.132	5.104.533	Iperrain	Efectivo
101	J20	2.905.160	5.104.912	Kasushi	Efectivo
99	J21	2.904.954	5.104.501	Kashushi	Seco
105	J22	2.905.612	5.104.595	Kasushi	Efectivo
106	J23	2.905.662	5.104.967	Ashulamana	Efectivo
100	J24	2.904.965	5.106.157	Kasia	Seco
98	J25	2.904.716	5.106.249	Kasia	Efectivo
97	J26	2.904.326	5.108.105	Cubamana	Efectivo
92	J27	2.903.507	5.107.977	Cubamana	Efectivo
90	J28	2.903.450	5.107.200	Cubamana	Efectivo
78	J29	2.902.932	5.109.208	Amaiseo	Efectivo
88	J30	2.903.394	5.109.301	Amaiseo	Efectivo
84	J31	2.903.330	5.108.881	Amaiseo	Efectivo
-	ARR04	2.901.692	5.107.214	-	Efectivo
-	ARR06	2.902.092	5.108.528	-	Efectivo
-	ARR01	2.899.936	5.102.310	-	Seco
-	ARR02	2.901.081	5.106.251	-	Seco
-	ARR03	2.901.917	5.107.177	-	Seco
-	ARR05	2.902.134	5.108.513	-	Seco
-	ARR07	2.902.650	5.107.644	-	Seco
-	ARR08	2.904.031	5.106.540	-	Seco
-	ARR09	2.904.546	5.107.321	-	Seco

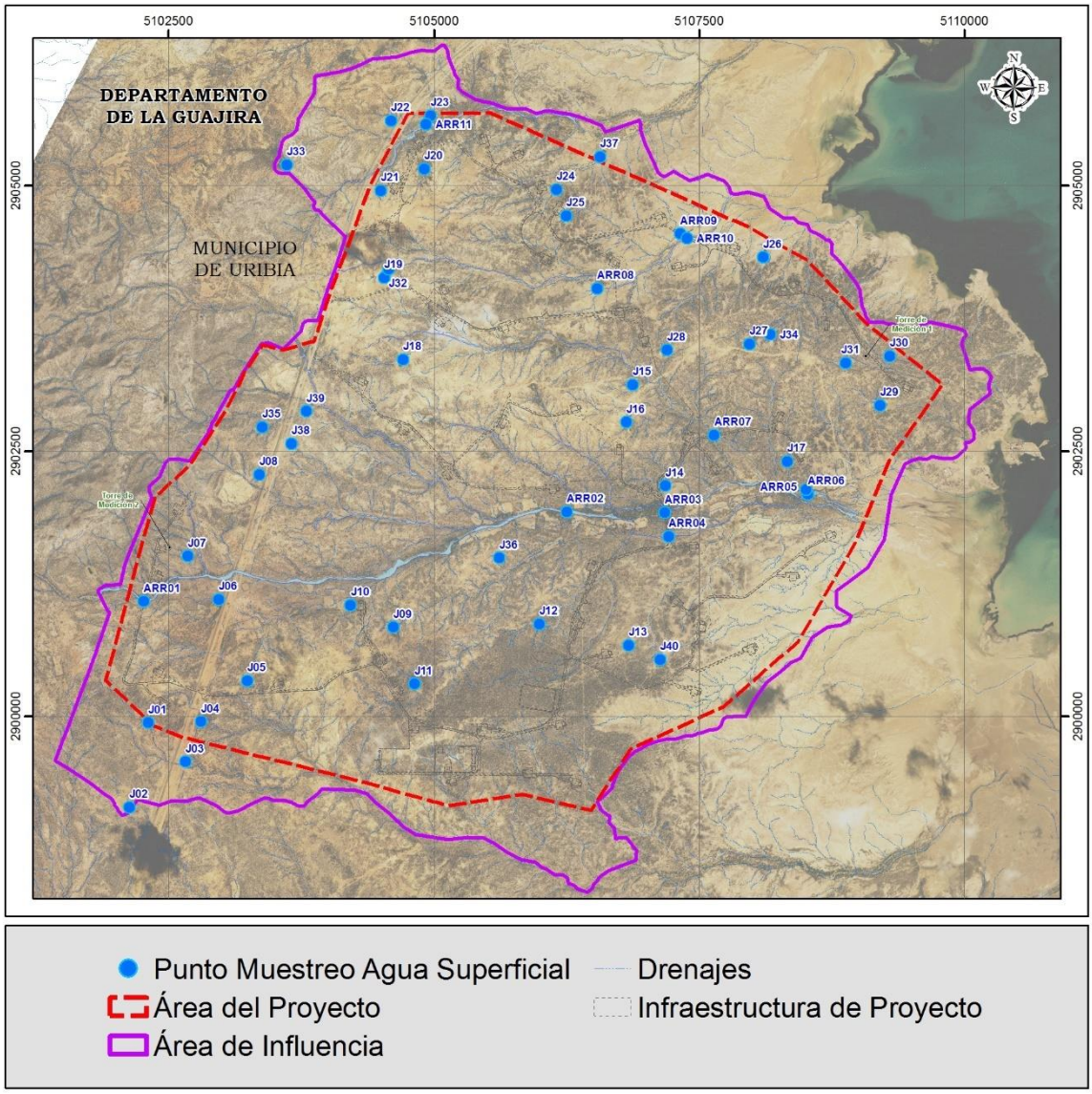
-	ARR10	2.904.506	5.107.389	-	Seco
-	ARR11	2.905.579	5.104.928	-	Seco

ID cartografía Jaguey	Código de Punto de Muestreo	Coordenadas Origen Nacional		Comunidad	Estado de monitoreo
		Norte	Este		
96	J32	2.904.213	5.104.573	Casa Eléctrica	Efectivo
102	J33	2.905.196	5.103.615	Ashulamana	Efectivo
94	J34	2.903.598	5.108.170	Cubamana	Seco
74	J35	2.902.725	5.103.380	Ishamana	Seco
64	J36	2.901.491	5.105.618	Jeyutshe	Efectivo
104	J37	2.905.271	5.106.568	Kasia	Efectivo
72	J38	2.902.567	5.103.657	Mieshi	Seco
77	J39	2.902.874	5.103.798	Ullaranse	Seco
55	J40	2.900.531	5.107.132	Walerushi	Efectivo

Fuente: SGS, 2021.

En la Figura 5-97, se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de aguas superficiales tanto de jagüeyes como de arroyos y los puntos que fueron encontrados secos (Ver Mapa 13. Localización puntos muestreo calidad del agua, Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

Figura 5-97 Puntos de monitoreo de aguas superficiales



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua) se encuentran los informes de laboratorio y sus respectivos anexos (formatos de campo, resultados laboratorio, certificaciones y acreditaciones, calibraciones, cadenas de custodia, entre otros) elaborado por S.G.S Colombia S.A.S.

En este Anexo también se presenta la tabla que se elaboró con la información tomada del Informe de SGS, en donde se presentan los valores emitidos para cada uno de los parámetros con los cuales se realizó en análisis correspondiente de los resultados emitidos

por el laboratorio S.G.S. COLOMBIA S.A.S. A continuación, se presentan los resultados de ambas campañas diferenciadas por parámetro:

5.1.6.2. Resultados

5.1.6.2.1. Temperatura del agua

En la primera campaña de monitoreo, la Temperatura del agua presentó una variación entre 27,6 °C, como la más baja reportada para la muestra tomada en el punto de Monitoreo J17, que corresponde al jagüey de la comunidad de Ashulamana y un valor de 35,4 °C reportada para la muestra tomada en el punto de monitoreo J30, que corresponde al Jagüey de la comunidad de Amaiseo, como se observa en la Figura 5-98 y Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua). De las 30 muestras tomadas 23 están entre 27,6°C y 30 °C y cinco muestras presentaron temperaturas superiores a 30°C (Figura 5-98).

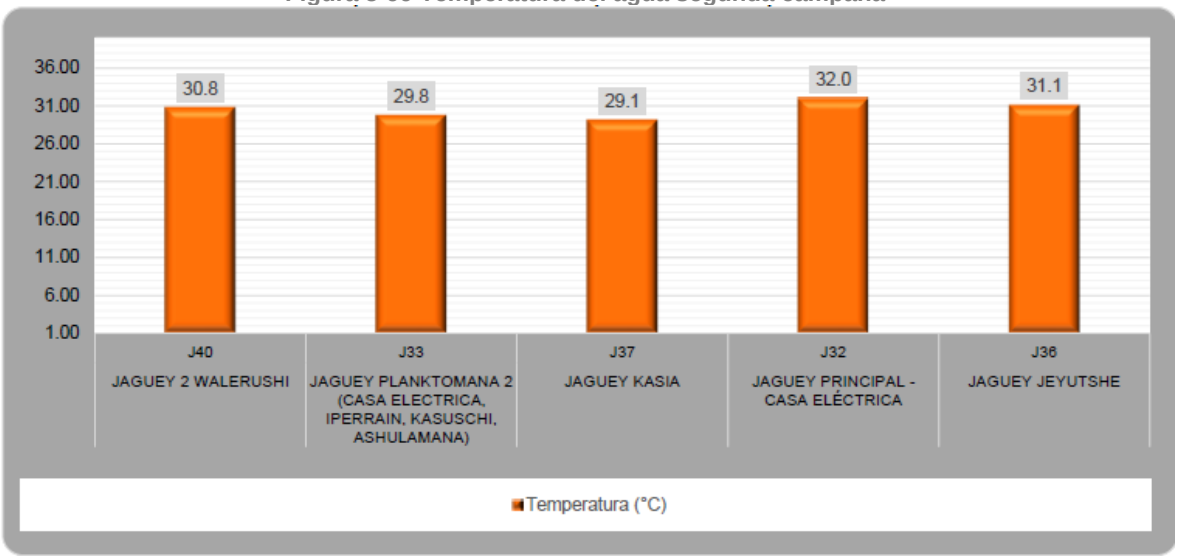
Se obtuvieron resultados similares en la segunda campaña de monitoreo, evidenciando condiciones propias del territorio con una temperatura media de 30,6 °C con un delta de variación de 2,9 °C entre puntos. La máxima temperatura fue obtenida en el jaguey principal de Casa Eléctrica, con un valor de 32 °C. En la Figura 5-99 se ilustran los resultados.

Figura 5-98 Temperatura del agua primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-99 Temperatura del agua segunda campaña

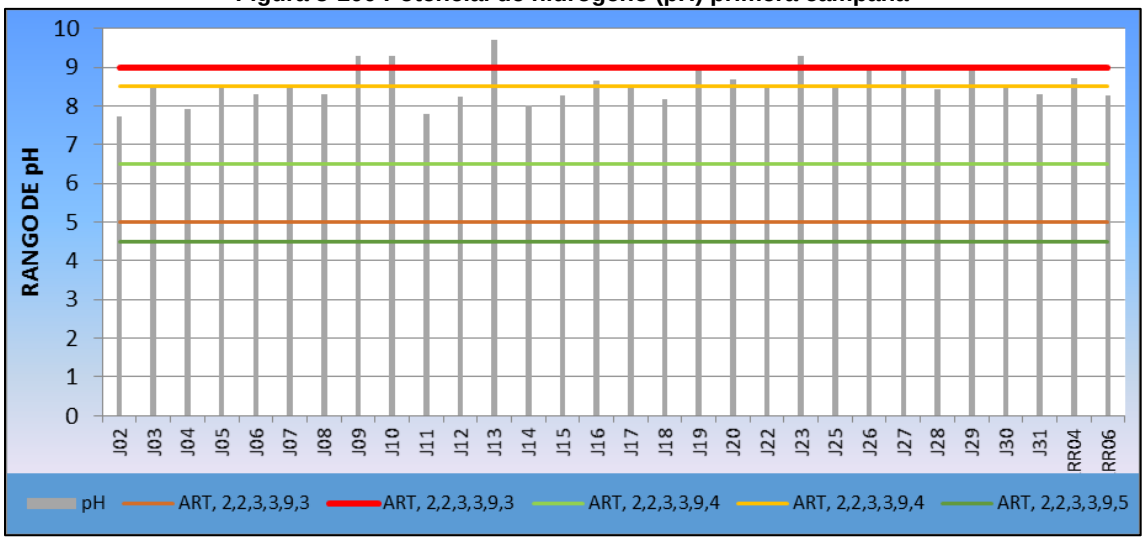


Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.2. pH

En cuanto al potencial de hidrógeno en la primera campaña de monitoreo, todas las muestran presentaron un pH básico, con una variación entre 7,73 Unidades de pH para la muestra tomada en el Punto J02 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Ichichon y un a valor de 9,7 Unidades de pH para la muestra tomada en el punto J13 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Walerushi. Con respecto a los valores de pH establecidos en el decreto 1076 de 2015 del MADS, solamente cuatro muestras están incumpliendo con el decreto 1076 de 2015, en sus Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5, entre estas están la J09 y J10, que corresponden a los Jagüeyes de la comunidad de Pushsherraput; la J13 que es el Jagüey de la comunidad de Walerrushi; la J23, muestra tomada en el Jagüey de la comunidad de Ashulamana. Las restantes 26 muestras es decir el 86,97% cumplen los dos artículos citados. Ver Figura 5-100 y Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-100 Potencial de hidrógeno (pH) primera campaña



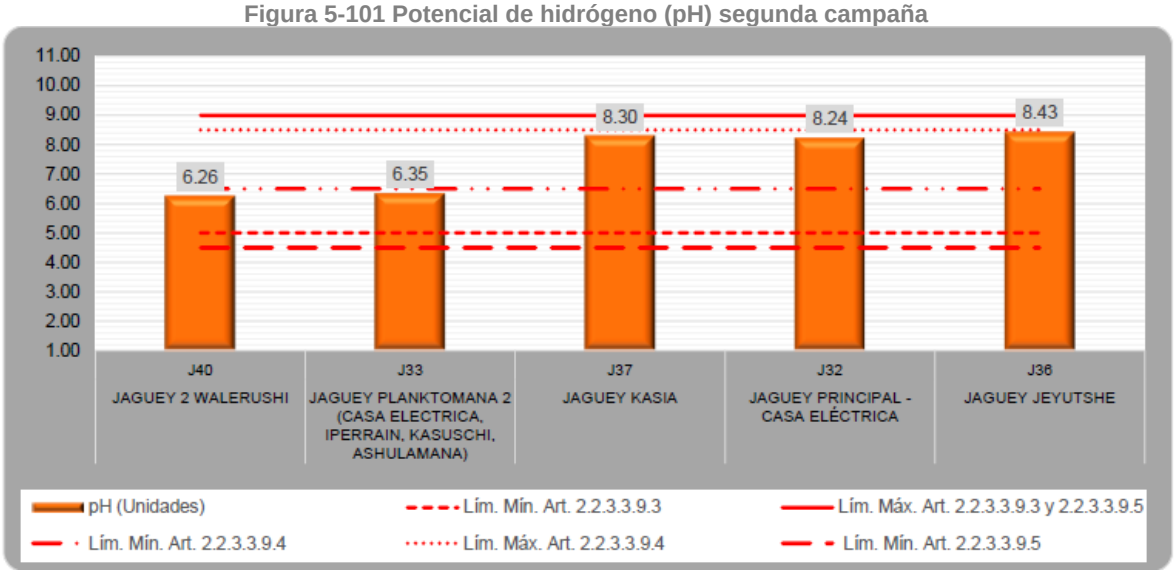
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En cuanto al cumplimiento de los límites establecidos en el Articulo 2.2.3.3.9.4, se determinó que 13 de las muestras, el 43,33% están incumpliendo con el límite máximo, dentro de estas están la J07, Jagüey de Ichipá; J09 y J10, Jagüeyes de Pushesherraput; J13, Jagüey de Walerrushi; J16, Jagüey de Chinchorrito; J19, Jagüey de Iperrain; J20 y J22, Jagüeyes de Kasushi; J23, Jagüey de Ashulamana; J26 y J27, Jagüeyes de Cubamana; J29, Jagüey de Amaiseo. Solamente, se encontró que el ARR04 y el 56,67% están dentro del límite. Ver Figura 5-100 y Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Continuando con la segunda campaña de monitoreo, las muestras reportaron condiciones propias de un potencial de hidrógeno ligeramente ácido en los puntos J40 y J33 y alcalino en los denominados J37, J32 y J36. Se evidencian valores que oscilan entre 6.26 unidades en el punto J40 y 8.43 unidades en el punto J37.

Con relación al comportamiento normativo, es posible establecer que todos los puntos se encuentran dentro de los rangos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 (5.0 a 9.0 unidades) y 2.2.3.3.9.5. (4.5 a 9.0 Unidades), mientras que, se obtuvo que los puntos J40 y J33 se encuentran por debajo del rango establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.4 (6.5 a 8.5 unidades) del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS. Ver Figura 5-101).

Figura 5-101 Potencial de hidrógeno (pH) segunda campaña

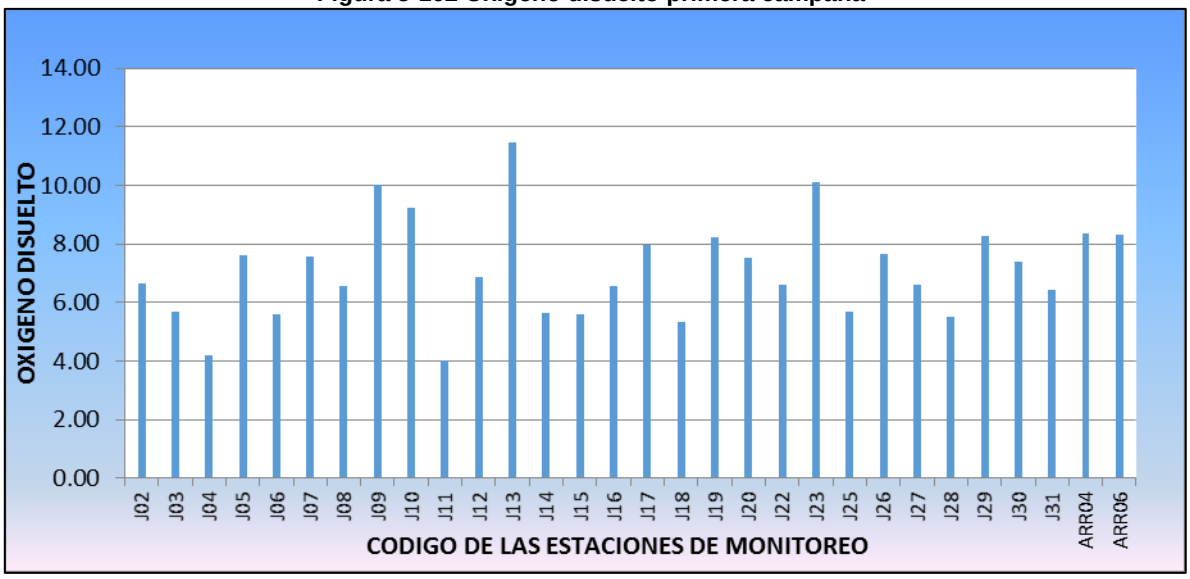


Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.3. Oxígeno Disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto reportadas en la primera campaña de monitoreo para las diferentes muestras variaron entre 4,01 mg/L para la muestra J11 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Jeyutshe y un valor de 11,9 mg/L, de oxígeno disuelto para la muestra J13 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Walerrushi, como se observa en la Figura 5-102 y Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

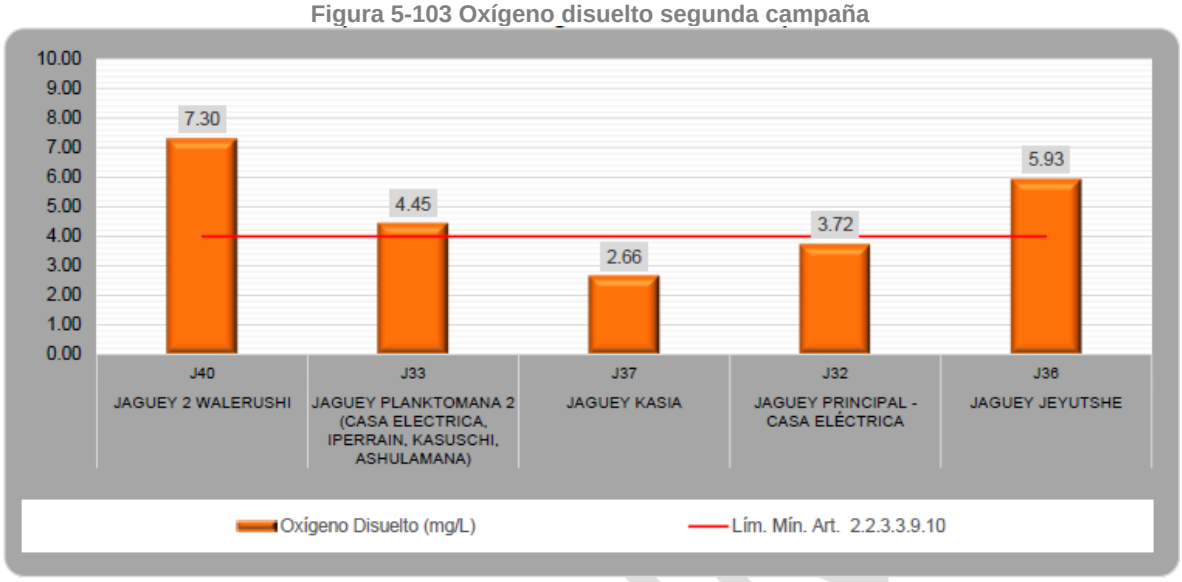
Figura 5-102 Oxígeno disuelto primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En cuanto a la segunda campaña de monitoreo, las concentraciones de oxígeno disuelto oscilaron entre 2.66 mg O2/L en el punto J37 y 7.30 mg O2/L en el denominado J40. A nivel normativo, la mayoría de los puntos a excepción de J37 y J32, superaron el límite mínimo correspondiente a 4mg/L del Artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS, a partir del cual permite las condiciones óptimas para los procesos biológicos y químicos de los cuerpos de agua analizados. En la Figura 5-103 se ilustran los resultados.

Figura 5-103 Oxígeno disuelto segunda campaña



Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.4. Conductividad

Los valores de conductividad reportados por el laboratorio variaron entre 65,0 µS/cm, para la muestra tomada en el punto J07, que corresponde al Jagüey de la comunidad de Jeyutshe, y un valor máximo de 4417 µS/cm, para la muestra tomada en el punto J33, correspondiente al jaguey de la comunidad Kasia. Los valores de conductividad presentaron una alta variación. Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua). En la Tabla 5-76, elaborada por el laboratorio S.G.S, se muestra la clasificación de la conductividad y la mineralización de las aguas superficiales del área de influencia del Proyecto Casa Eléctrica.

Tabla 5-76 Clasificación de la conductividad.

Clasificación Mineralización	Conductividad (µS/cm)	Código de los puntos de monitoreo
Mineralización muy débil	<100	J05, J06, J07, J11
Mineralización débil	100 - 200	J03, J04, J08, J09, J10, J14, J15, J16, J18, J19, J20, J22, J23, J27, J29, J30 Y J31
Mineralización media	200 - 333	J02, J12, J25, J28, J36
Mineralización media acentuada	333 - 666	J40, J33

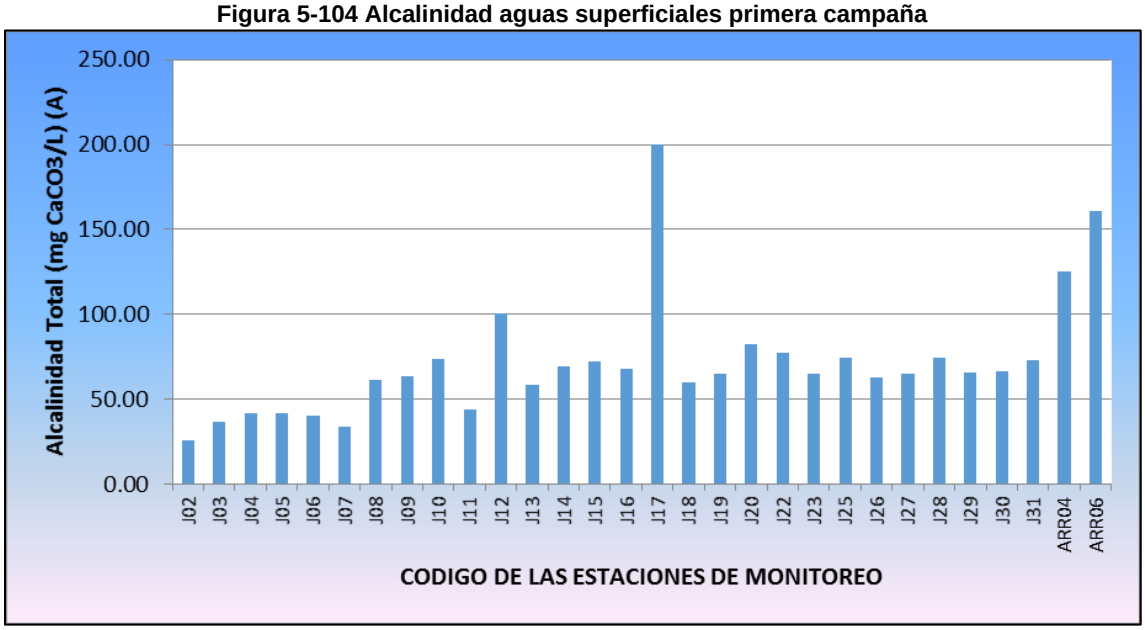
Mineralización importante	666 - 1000	No se identifican puntos en esta clasificación
Mineralización elevada	>1000	J13, J17, ARR04, ARR06, J37, J32

Fuente: Rodier, 2009; y S.G.S COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.5. Alcalinidad

Las muestras tomadas por el laboratorio en la primera campaña de monitoreo reportan una variación entre 25,58 mg/L de CaCO3 como el valor más bajo para la muestra J02 tomada en el Jagüey de la comunidad de Ichichon y un valor de 200,22 mg/L de CaC03, para la muestra J17 tomada en el Jagüey de la comunidad de Suhuna; las concentraciones de alcalinidad reportadas para las muestras del área de Casa Eléctrica, presentan una tendencia a la alcalinidad en los 30 muestras de agua tomadas, relacionada con la formación de los suelos y la geología de la zona. Ver Figura 5-104 y Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-104 Alcalinidad aguas superficiales primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En las muestras tomadas en la segunda campaña de monitoreo se evidenciaron concentraciones entre 39.640 mg/L en el punto J32 y 94.970 mg/L en el denominado J33. Ahora bien, frente al marco normativo del Decreto 1076 del 2015 expedido por el MADS, no se presentan límites de referencia por parte de los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5 y 2.2.3.3.9.6, por tal razón para estos parámetros, no se establece un comparativo normativo

5.1.6.2.6. Acidez

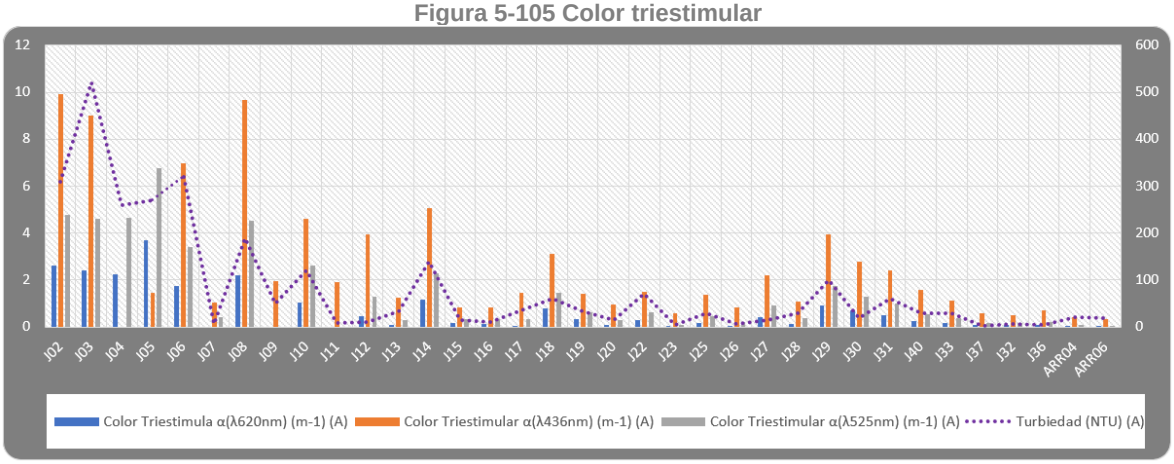
Veintiocho de las muestras tomadas por el laboratorio en la primera campaña reportan para la acidez una concentración de <5,00 mg/L de CaCO3; la muestra J27 reporta una concentración de 7,292 mg/L de CaCO3 para el Jagüey de la comunidad de Cubamana y la muestras J28 reporta una concentración de 10,448 mg/L de $CaCO_3$ y que corresponde a otro Jagüey de la comunidad de Cubamana; en general las aguas del área presentan baja acidez. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Las muestras tomadas en la segunda campaña de monitoreo permitieron evidenciar valores de acidez (<5.00 mg/L), que se mantuvieron por debajo de los respectivos límites de cuantificación de los métodos analíticos, teniendo en cuenta los valores reportados de pH.

5.1.6.2.7. Color Triestimular

El laboratorio SGS Colombia S.A.S, realizo una medición de color con tres longitudes de onda, a 620 nanómetros, a 525 nanómetros y a 436 nanómetros, lo que se conoce como color triestimular, cada una de las longitudes de onda produjo un resultado diferente como se observa en la Figura 5-105, para el color triestimular de 620 nm, los valores variaron entre 0,022 nm, en (ARR06) y 3,70 nm en (J5) Jagüey de Mieshi. Para la medición con longitud de onda de 525 nm., los valores reportados estuvieron entre 0,045 nm., para la muestra de ARR6 y 6,78 nm., para la muestra tomada en (J05) Jagüey de Mieshi; para la medición con longitud de onda de 436 nanómetros los valores mostraron resultados entre 0,356 para la muestra tomada en ARRO6 y un valor de 9,88 nm., en la muestra tomada en (J04) Jagüey de Morrenakat.

Figura 5-105 Color triestimular



Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

El color del agua determina la profundidad a la cual la luz es trasmitida y controla la productividad primaria posible, al controlar la tasa de fotosíntesis de las algas presentes.

El color visible del agua es el resultado de diferentes longitudes de onda de la luz no absorbidas por el agua y que tienen que ver tanto con los sólidos disueltos, solidos suspendidos, taninos y otras sustancias coloidales presentes.

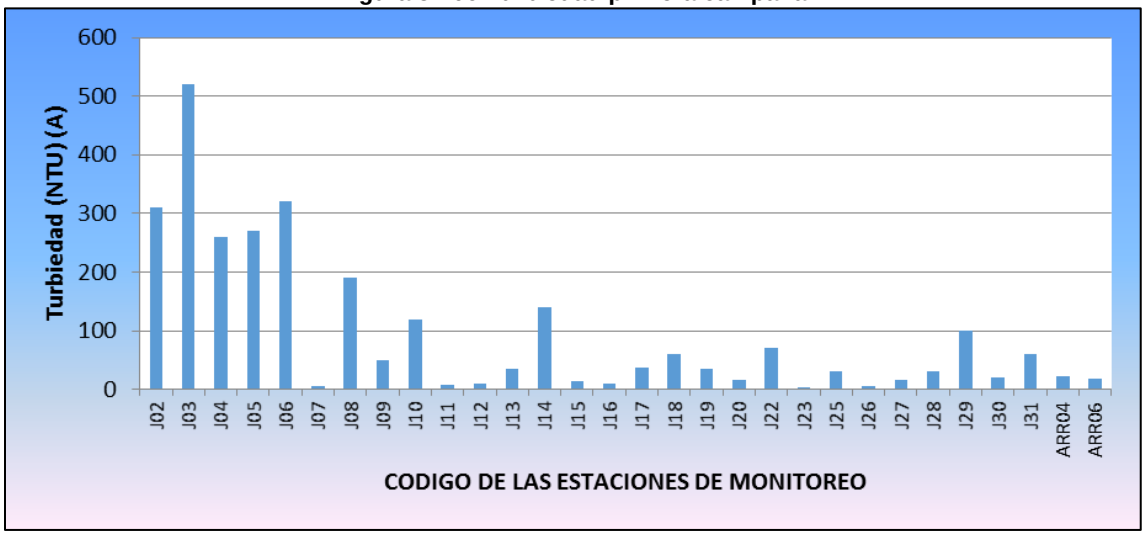
Es posible medir tanto el color aparente como el verdadero: las aguas contienen sustancias minerales naturales, como minerales de hierro, y sustancias orgánicas, como el ácido húmico, que le confieren el color verdadero al agua; el color verdadero sólo puede ser medido en muestras después de filtración o centrifugación. (IDEAM, 2001).

Contrastando con las fotografías y observaciones de campo los resultados de color y turbiedad, se puede identificar que dichas aguas reflejan la coloración amarillo y anaranjado especialmente en los puntos J02 (Jagüey de Ichichon), J03 (Jagüey de UleUle), J06(Jagüey de Ichipá), J08 (Jagüey de Ishamana), J10 (Jagüey de Pushesherraput), J12(Jagüey de Jeyutshe, J14 (Jagüey de Chinchorrito), J18 (Jagüey de Juliarancen), J27(Jagüey de Cubamana), J29, J30 y J31 (Jagüeyes de Amaiceo), (S.G.S 2020).

5.1.6.2.8. Turbiedad

En la primera campaña de monitoreo, los valores de turbiedad reportados por el laboratorio varían entre 4,1 UTN para la muestra J23 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Ashulamana y un valor de 520 UTN para la muestra J03, Jagüey de la comunidad de Uleule. El Decreto 1076 establece un valor de 10 Unidades Jakson (UJT). Una unidad Jakson es igual a 19 UNT, por lo tanto, el valor establecido es equivalente a 190 UTN, que sería el valor de la norma, con lo cual se establece que las muestras tomadas en J02, el Jagüey de Ichichon; J03, el Jagüey de Uleule; J04, Jagüey de MorrenaKat; J05, Jagüey de Mieshi y J06, Jagüey de Ichipa, presentaron valores superiores a lo establecido en Decreto 1076 de 2015 Articulo 2.2.3.3.9.4. (Figura 5-106 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua)

Figura 5-106 Turbiedad primera campaña

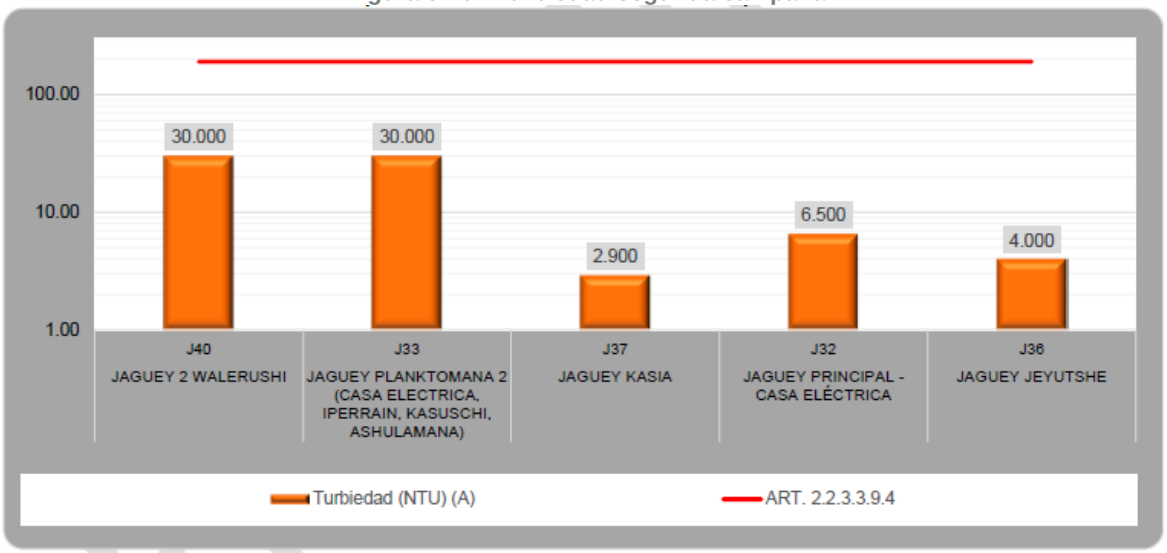


Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

De acuerdo con lo anterior las muestras de las estaciones de monitoreo J02, J03, J04, J05, J06, presentan valores superiores a lo establecido en el Decreto 1076 y corresponde a los Jagüeyes de las comunidades de Ichichon, Uleule, Morrenakat, Mieshi, Ichipa.

En la segunda campaña de monitoreo, los valores registrados oscilaron entre 2.9 NTU en el punto J37 y 30 NTU en los puntos J40 y J33, asociando principalmente este comportamiento a la presencia de sólidos en las aguas objeto de estudio. Con referencia a la norma, se determina el cumplimiento de los puntos de monitoreo al reportar valores inferiores al límite máximo permisible de 10 JTU o bien 190 NTU establecido en el Artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la siguiente gráfica se presentan los resultados:

Figura 5-107 Turbiedad segunda campaña



Eje vertical en escala logarítmica (Log_{10})

Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.9. Dureza

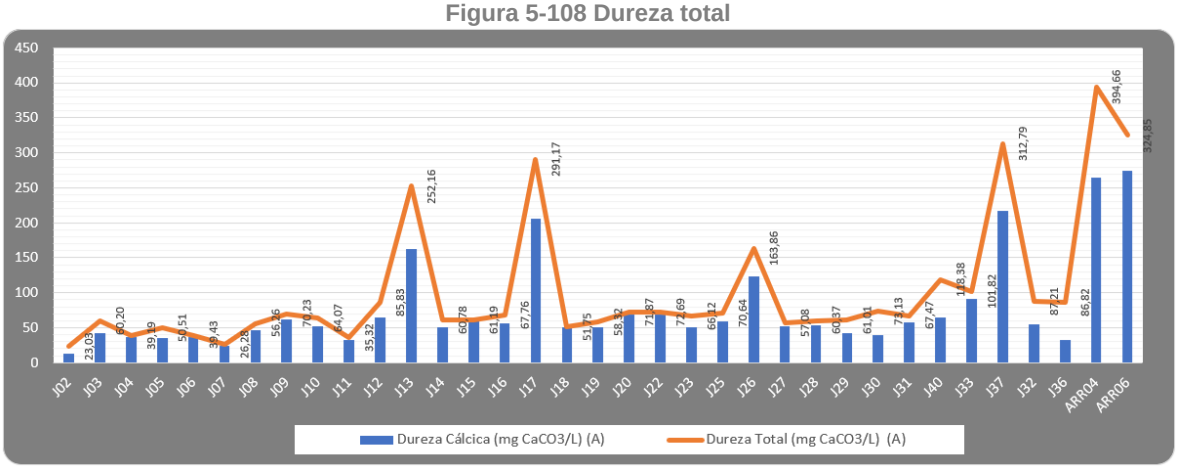
En cuanto a la dureza de las aguas, en la primera campaña de monitoreo 24 de los puntos se encuentran en el rango entre 0 y 75 mg/L de CaCO3, es decir el 76,67% de las muestras analizadas presentan aguas blandas, correspondientes a las comunidades de Ichichon (J02), Uleule (J03), Morrenakat (J04), Mieshi (J05), Ichipa (J06 y J07), Ishamana (J08), Pushesherraput (J09 y J10), Jeyutshi (J11), Chinchorrito (J15 yJ16), Juliarancen (J18); Iperrain (J19), Kasushi (J20 y J22), Ashulamana (J23), Kasia (J25), Cubamana (J27) y Amaiseo (J29, J30 y J31). (Figura 5-108 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

La muestra (J12) se encuentra en el rango entre 76 – 150 mg/L de $CaCO_3$; corresponde a la comunidad de Jeyutshi, se reporta como aguas moderadamente duras y representa el 3,34% de las tomadas. Tres muestras se encuentran en el rango de aguas duras, entre 151 a 300 mg/L de $CaCO_3$, la (J13) que corresponde a la comunidad de Walerrushi, la (J17) de

la comunidad de Suhuna y la (J26) de la comunidad de Cubamana, es decir el 9,99% de las tomadas; en el rango de aguas muy Duras >300 mg/L, de $CaCO_3$ se encuentra dos muestras, que corresponden a las codificadas como Arroyos 04 y Arroyo 06. (Figura 5-108 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Los resultados de la segunda campaña de monitoreo permiten clasificarlas como aguas moderadamente duras en los puntos J40, J33, J32 y J36 al encontrarse entre 75 mg/L – 150 mg/L y aguas muy duras en el punto J37 al superar los 300 mg/L; sin embargo, no se establecen límites de referencia que permitan realizar un comparativo normativo. Ver Figura 5-108).

Figura 5-108 Dureza total

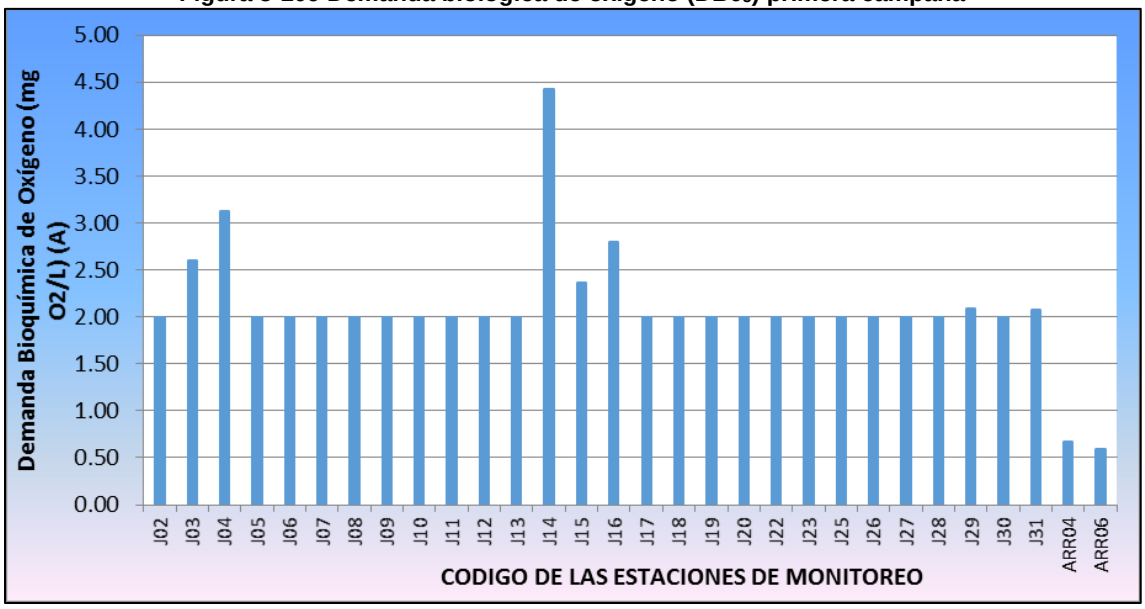


Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.10. DBO5

Las concentraciones de DBO5 reportadas por el laboratorio SGS en la primera campaña de monitoreo, variaron entre <2,0 mg O_2/L, para 21 de las muestras. Este valor es inferior al límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio y registrado en la certificación del IDEAM, representan el 70% de las tomadas; cinco muestras estuvieron entre 2,01mg/L y 2,80 mg/L, que representan el 18,66% del total y corresponden a los códigos J03 Jagüey de la comunidad de Uleule, J15 y J16 Jagüeyes de la comunidad de Chinchorrito, J29 y J31 Jagüeyes de la comunidad de Amaiseo. (Figura 5-109 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-109 Demanda biológica de oxígeno ($DB0_5$) primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Las muestras J04 Jagüey de la comunidad de Morrenakat y la J14 Jagüey de la comunidad de Chinchorrito presentaron concentraciones entre 3,12 mg/L y 4,42 mg/L, lo que indica una mayor concentración de materia orgánica en estas aguas. Las muestras tomadas en los Arroyos 04 y Arroyo 06 reportaron concentraciones entre 0,59 mg/L y 0,69 mg/L, teniendo en cuenta una depleción de <2,0 mg/L (tomado de informe laboratorio SGS, 2020). Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En la segunda campaña de monitoreo se obtuvieron concentraciones moderadas de DBO5 correspondientes a: 3.08 mg/L (J32), 8.94 mg/L (J37), 14.7 mg/L (J36), 15.15 mg/L (J40) y 19.50 mg/L (J33). Lo anterior permite inferir un moderado grado de contaminación por materia orgánica en estos jagueyes, superando inclusive a los jagueyes con mayores valores de DBO en la primera campaña.

5.1.6.2.11. DQO

Todas las muestras analizadas de DQO en la primera campaña presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado para su medición por el laboratorio el cual es de <25mg/L. Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

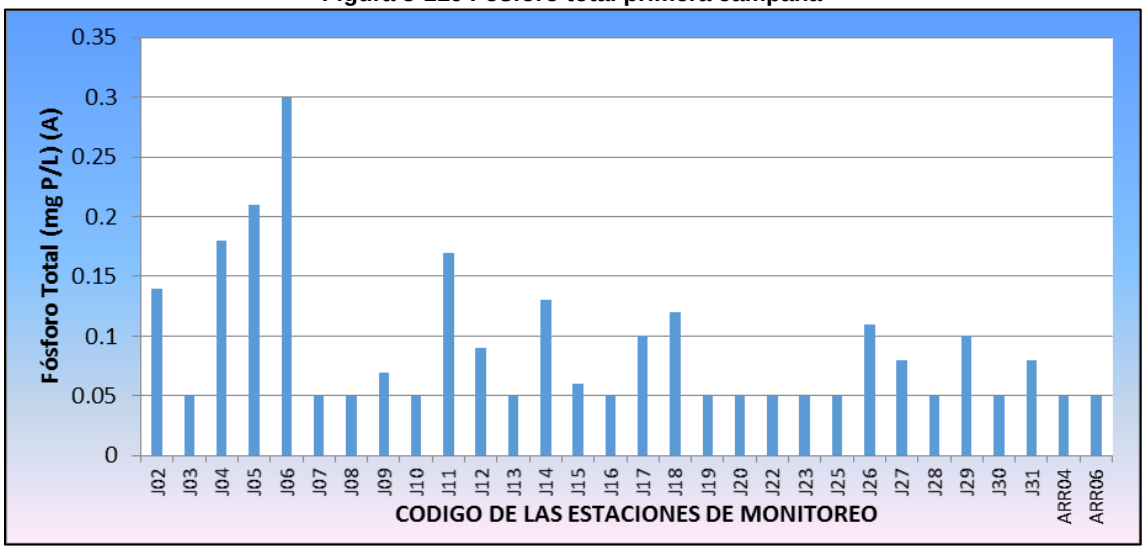
Por el contrario, en la segunda campaña se reportaron valores desde el límite de cuantificación del método empleado por el laboratorio (<25.00 mg/L) en los puntos J37 y J32; y concentraciones más altas en los demás puntos de: 41.9 mg/L (J40), 37.59 mg/L (J33). No obstante, el Decreto 1076 de 2015 del MADS en sus artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4, 2.2.3.3.9.5, y 2.2.3.3.9.6 no establece límites admisibles para estos dos parámetros (DBO5 y DQO) que permitan realizar una comparación normativa

5.1.6.2.12. Fosforo Total

En la primera campaña de monitoreo, las concentraciones de fósforo presentaron una variación entre 0,05 mg/L y 0,09 mg/L para veinte de las muestras tomadas en los Jagüeyes J03, J07, J08, J09, J10, J12, J13, J15, J16, J19, J20, J22, J23, J25, J27, J28, J30, J31, y los arroyos ARR04, ARR06, representan el 66,66 %. Estas concentraciones se consideran normales para las aguas naturales.

Ocho muestras presentaron concentraciones entre 0,1 mg/L y 0,18 mg/L, que corresponden al 26,66% de las muestras tomadas en los jagüeyes J02, J04, J11, J14, J17, J18, J26 Y J29, estas concentraciones de fósforo en el agua causan procesos de eutrofización en los jagüeyes, lo normal es que estén por debajo de 0,05 mg/L. (Figura 5-110 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-110 Fósforo total primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

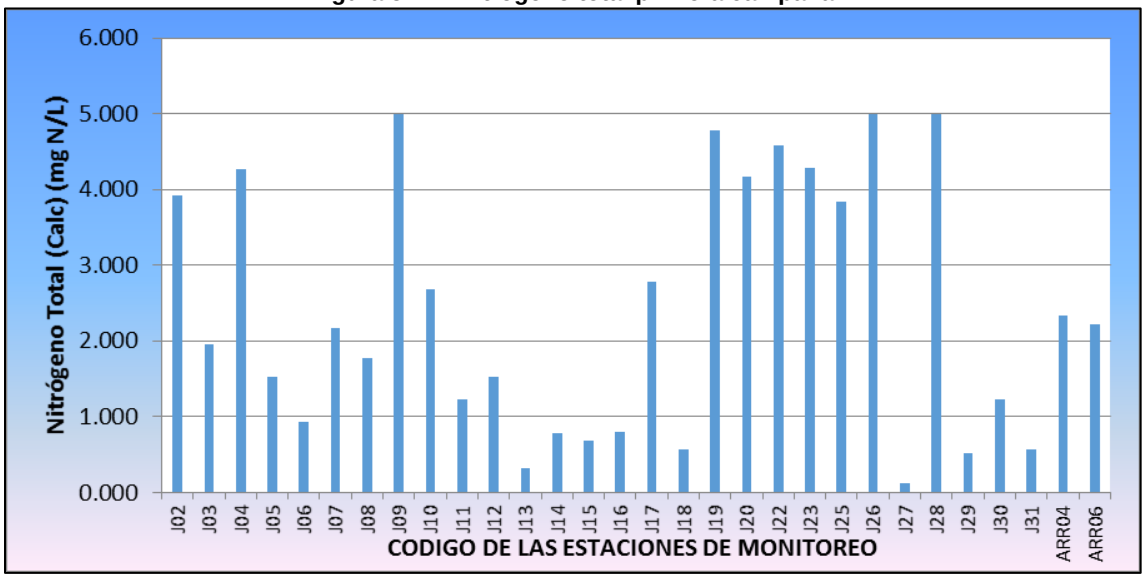
Dos muestras, presentaron concentraciones entre 0,21 mg/L (J05) Jagüey de la comunidad de Mieshi y 0,3 mg/L (J06) Jagüey de la comunidad de Ichipa. Estas concentraciones muestran una mayor concentración de este nutriente; por lo tanto, debe presentar una menor concentración de oxígeno. Las altas concentraciones de este nutriente provocan crecimiento de algas en estanques y jagüeyes, provocando disminución del oxígeno disuelto. Ver Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En la segunda campaña de monitoreo, los cuerpos de agua caracterizados presentaron concentraciones de fósforo total por debajo del límite de cuantificación del método empleado por el laboratorio de <0.05 mg/L a excepción del punto J40, que presentó una concentración de 0.2 mg/L. No se establecen límites normativos que permitan realizar un comparativo en el decreto en cuestión.

5.1.6.2.13. Nitrógeno Total

De acuerdo con los valores reportados por el laboratorio SGS COLOMBIA S.A.S en la primera campaña de monitoreo, las concentraciones de Nitrógeno Total variaron entre 0,114 mg/l y 0,923 mg/L, para nueve de las muestras tomadas en los jagüeyes J06, J13, J14, J15, J16, J18, J27, J29, J31.

Figura 5-111 Nitrógeno total primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Seis muestras presentaron concentraciones entre 1,233 mg/L -N y 1,957 mg/L-N, de las tomadas en los jagüeyes de las comunidades de J03 Uleule, J05 Mieshi, J08 Ishamana, J11 y J12 Jeyutshi, J30 Amaiseo; cinco muestras reportan concentraciones entre 2,163 mg/L-N y 2,788 mg/L-N, es decir el 16,66% de las muestras tomadas en el área de las comunidades de J07 Ichipa, J10 Pushesherraput, J17 Suhuna, ARR04 (Arroyo ¿?) y ARR06 (Arroyo ¿?); Diez muestras el 33,33% reportan concentraciones entre 3,833 mg/L-N y 5,0 mg/L-N, jagüeyes de las comunidades de J02 Ichichon, J04 Morrenakat, J09 Pushesherraput, J19 Iperrain, J20 y J22 Kasushi, J23 Ashulamana, J25 Kasia, J26 y J28 Cubamana. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En la segunda campaña de monitoreo, el nitrógeno total obtuvo valores entre 2.059 mg/L en el punto J32 y 5.917 mg/L en el punto denominado J33; sin embargo, no se establecen máximos permisibles en el decreto en cuestión, que permitan realizar el comparativo normativo.

5.1.6.2.14. Detergentes

Las concentraciones reportadas por el laboratorio SGS COLOMBIA S.A.S en ambas campañas de monitoreo, para todas las muestras fue de <0,30 mg/L, el decreto 1076

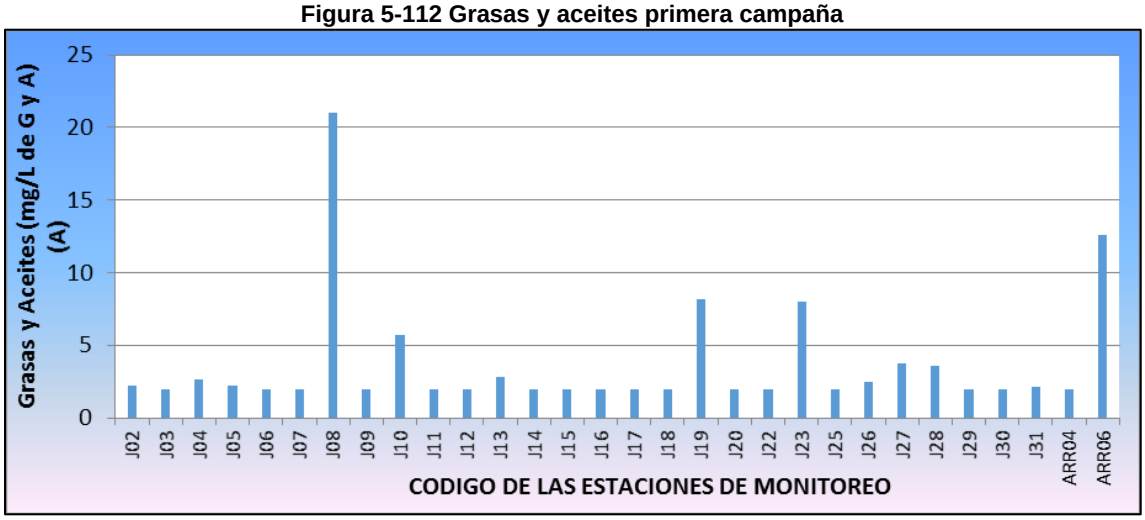
artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 establece un valor máximo de 0,5 mg/L. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.15. Grasas y Aceites

En la primera campaña de monitoreo, las concentraciones reportadas para grasas y aceites en las aguas analizadas en el sector de Casa Eléctrica variaron entre <2,0 mg/L y 3,76 mg/L para veinticinco de las muestras, que equivalen al 83,33% de las tomadas en los jagüeyes J02, J03, J04, J05, J06, J07, J09, J11, J12, J13, J14, J15, J16, J17, J18, J20, J22, J25, J26, J27, J28, J29, J30, J31 y ARR04. Cinco muestras presentaron una concentración entre 5,73 mg/L y 20,99 mg/L, es decir, el 16,66% de las muestras tomadas en los jagüeyes de las comunidades de J08 Ishamana, J10 Pushesherraput, J19 Iperrain, J23 Ashulamana y ARR06.

Los jagüeyes con mayor concentración de grasas y aceites corresponden al J08, Jagüey de la comunidad de Ishamana, con un valor de 20,99 mg/L. En segundo lugar, está el ARR06 con una concentración de 12,59 mg/L, de grasas y aceites; en tercer lugar, se encuentra el jagüey de la comunidad de Iperrain con 8,16 mg/L y en cuarto lugar está la muestra J23 que corresponde al jagüey de la comunidad de Ashulamana con un valor de 8,01 mg/L.

Figura 5-112 Grasas y aceites primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la segunda campaña de monitoreo, todos los puntos reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método empleado en el análisis (< 2.00 mg/L).

El Decreto 1076 en sus artículos 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, establece la no aceptación de película visible de grasas y aceites en aguas para consumo humano y doméstico. (Figura 5-112 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.16. Fenoles

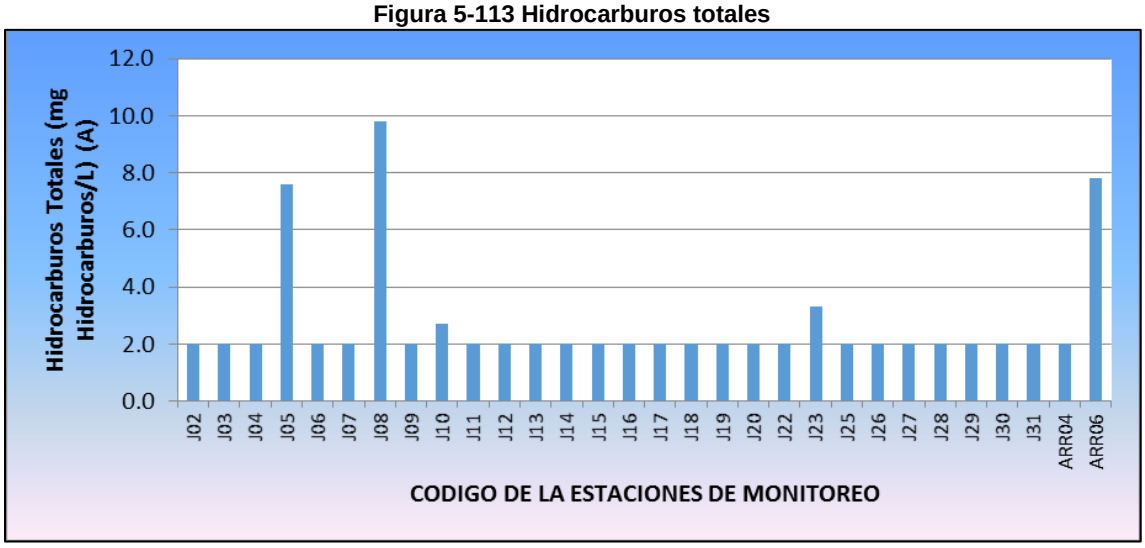
Las concentraciones reportadas para fenoles en la totalidad de las muestras de ambas campañas de monitoreo fueron inferiores al límite mínimo de cuantificación de<0,100 mg/L. El Decreto 1076 de 2015 establece para consumo humano y doméstico un valor máximo de 0,002 mg/L. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.17. Hidrocarburos

En la primera campaña el laboratorio reportó una concentración de <2,0 mg/L para 25 muestras, es decir, para el 86,33% de las tomadas en el área de Casa Eléctrica. Para cinco muestras reportó concentraciones que variaron entre 2,7 mg/L para la muestra J10, jagüey de la comunidad de Pushesherraput; 3,3 mg/L para la muestra J23 de la comunidad de Ashulamana; 7,6 mg/L para la muestra J05, jagüey de la comunidad de Mieshi (Territorio de Ichipá); 7,8 mg/L para la muestra codificada como ARR06; y 9,8 mg/L para la muestra J08, Jagüey de la comunidad de Ishamana. (Figura 5-113 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En la segunda campaña todos los puntos reportaron concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método empleado en el análisis (< 2.00 mg/L).

Figura 5-113 Hidrocarburos totales



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

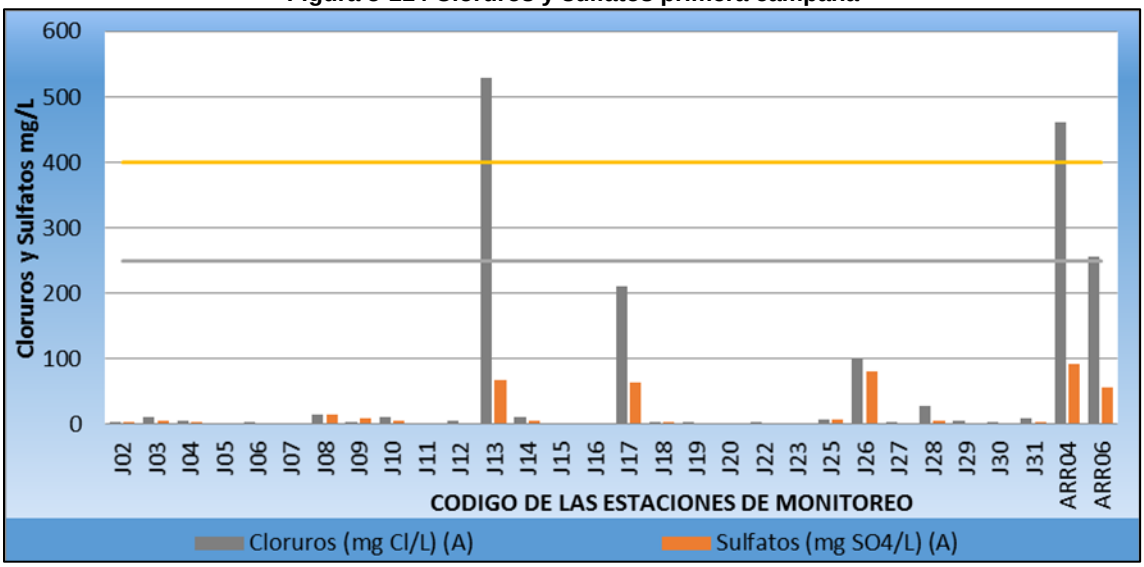
5.1.6.2.18. Cloruros y sulfatos

Las concentraciones de cloruros reportadas en la primera campaña variaron entre 1,06 mg/L, para la muestra J20, Jagüey de la comunidad de Kasushi y 528,28 mg/L, para la muestra J13, Jagüey de la comunidad de Walerrushi. La muestra ARR04 presentó una concentración de 460,55 mg/L y la muestra ARR06 una concentración de 256,55 mg/L. El Decreto 1056 de 2015 establece un valor máximo de 250 mg/L, para uso humano y

doméstico en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4. (Figura 5-114 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Las concentraciones sulfatos fueron entre <0,20 mg/L para la muestra J23, Jagüey de la comunidad de Ashulamana y 91,90 mg/L, para la muestra ARR04. El Decreto 1076 de 2015 establece como límite máximo 400 mg/L para consumo humano y doméstico. (Figura 5-114 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-114 Cloruros y sulfatos primera campaña

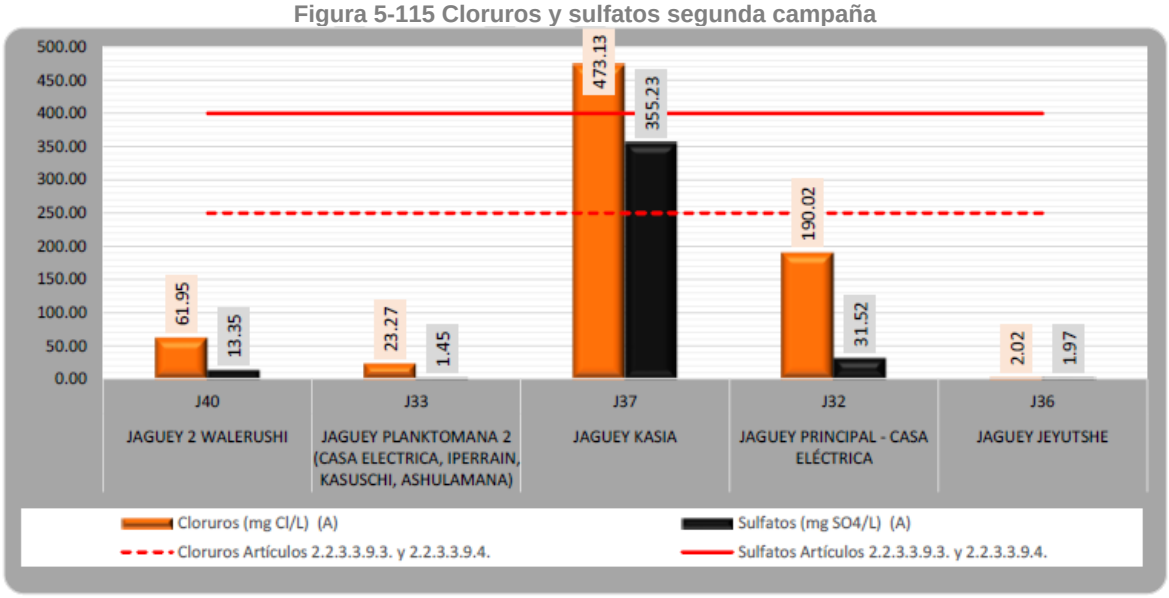


Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Frente al comportamiento de los cloruros en la segunda campaña de monitoreo, se reportan concentraciones relativamente moderadas y altas con valores que van desde 2.02 mg/L hasta 473.13 mg/L, siendo el máximo valor el del punto J37, donde este último supera los límites máximos permisibles de 250 mg/L establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 MADS.

Así mismo, las concentraciones reportadas de sulfatos estuvieron desde 1.45 mg/L en el punto J33. hasta 355.23 mg/L en el punto J37. En términos generales, se evidencia que para este parámetro ningún caso supera los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 del MADS correspondiente a 400 mg/L. Los resultados se ilustran en la siguiente figura:

Figura 5-115 Cloruros y sulfatos segunda campaña



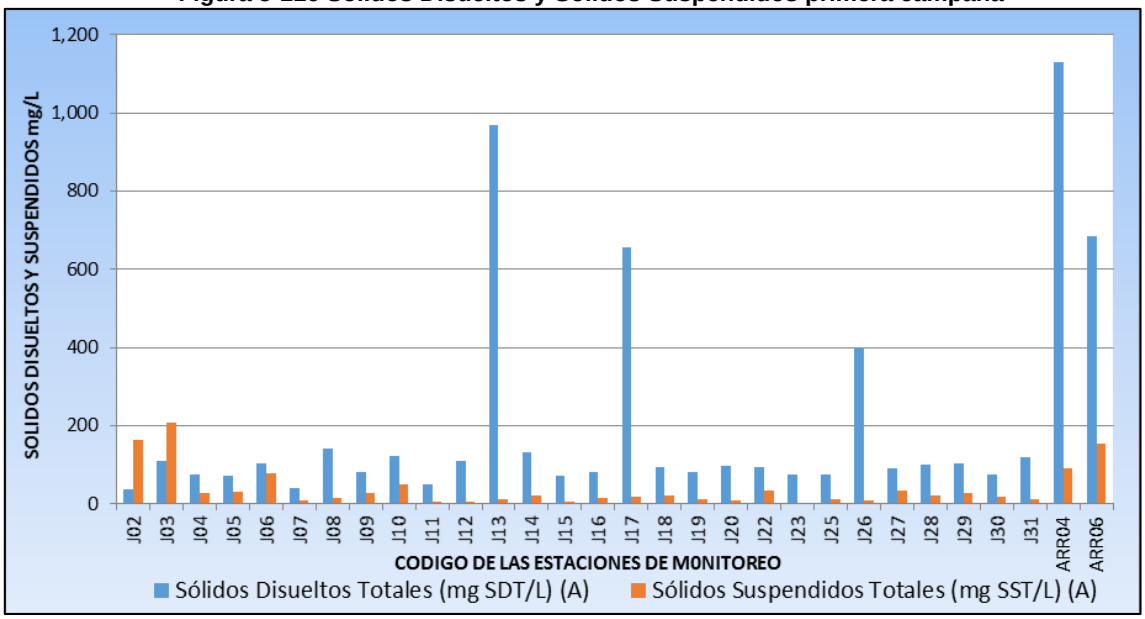
Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.19. Sólidos Suspendidos y Disueltos Totales

En cuanto a los sólidos disueltos, las concentraciones reportadas por el laboratorio en la primera campaña de monitoreo variaron entre 41,0 mg/L para la muestra J07, jagüey de la comunidad de Ichipá y 1.131 mg/L para la muestra ARR04. Otros valores reportados para el área fueron 969 mg/L para la muestra J13, jagüey de la comunidad de Walerrushi; 686 mg/L, para la muestra ARR06; 656 mg/L para la muestra J17, jagüey de la comunidad de Suhuna. (Figura 5-116 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Las concentraciones de sólidos suspendidos variaron entre 2,60 mg/L para la muestra J23, jagüey de la comunidad de Ashulamana, 164 mg/L, para la muestra J02, de la comunidad de Ichichon, y la muestra ARR06 con 152 mg/L. (Figura 5-116 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

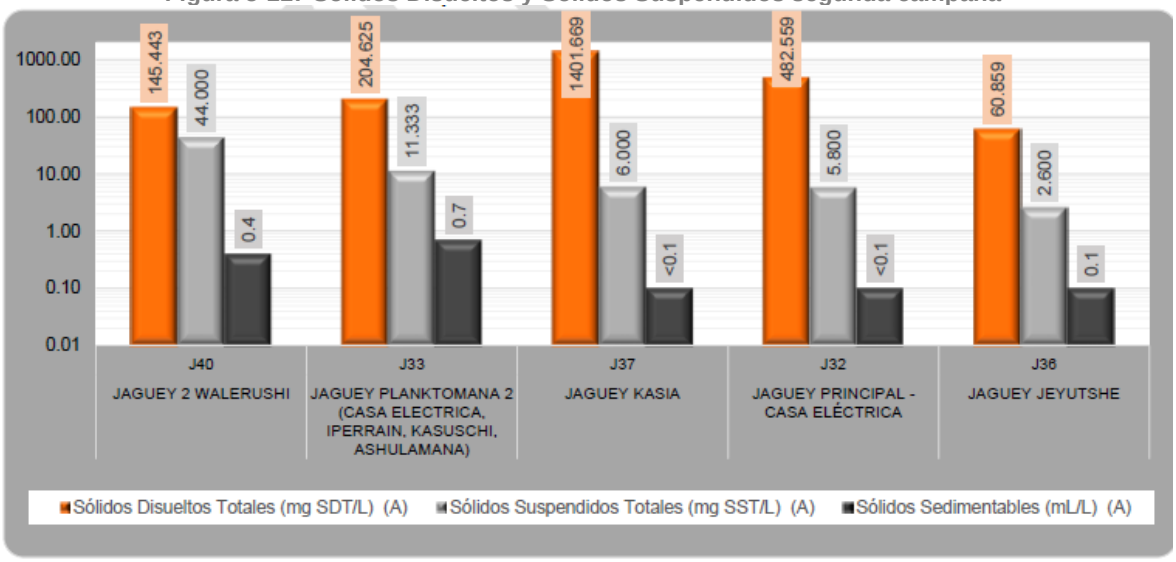
Figura 5-116 Sólidos Disueltos y Sólidos Suspendidos primera campaña



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Por otro lado, las concentraciones de la segunda campaña de monitoreo se obtuvo una predominancia de sólidos disueltos totales al presentar concentraciones entre 60.859 mg/L en el punto J36 y 1401.669 mg/L en el denominado J37, seguido de los sólidos suspendidos totales al encontrarse entre 2.600 mg/L en el denominado J36 y 44.000 mg/L en el J40. Por último, los sólidos sedimentables al reportar concentraciones menores o iguales al límite de cuantificación del método empleado por el laboratorio de <0.1mg/L en los puntos J37, J32 y J36 y un máximo de 0.7 mg/L en el denominado J33. No se establecen límites normativos que permitan realizar un comparativo con el Decreto 1076 del MADS. En la siguiente figura se ilustran los resultados:

Figura 5-117 Sólidos Disueltos y Sólidos Suspendidos segunda campaña



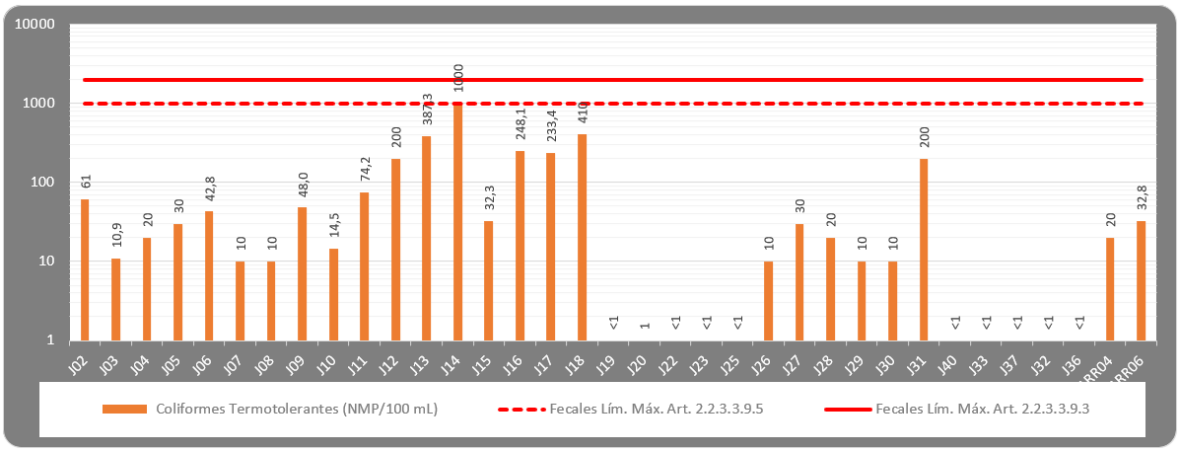
Eje vertical en escala logarítmica (Log_{10})

Fuente: SGS, 2021.

5.1.6.2.20. Coliformes Fecales o Termotolerantes

Los valores de coliformes fecales y/o termotolerantes reportados por el laboratorio variaron entre <1,0 NMP/100 ml, para las muestras J19, jagüey de la comunidad de Iperrain, J22 Jagüey de la comunidad de Kasushi, J23 Jagüey de la comunidad de Ashulamana; J25 Jagüey de la comunidad de Kasia y los 5 jagueyes monitoreados en al segunda campaña de monitoreo (J32, J33, J36, J37 y J40); y un valor máximo de 1000 NMP/100 ml para la muestra J14, tomada en el Jagüey de la comunidad de Chinchorrito. El Decreto 1076 de 2015 establece en su Artículo 2.2.3.3.9.3 un valor máximo de 1000 microorganismos por 100 ml; en el Artículo 2.2.3.3.9.4 un valor máximo de 2000 microorganismos por 100 ml, para uso humano y domestico con desinfección. (Figura 5-118 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-118 Coliformes Fecales y/o Termotolereantes

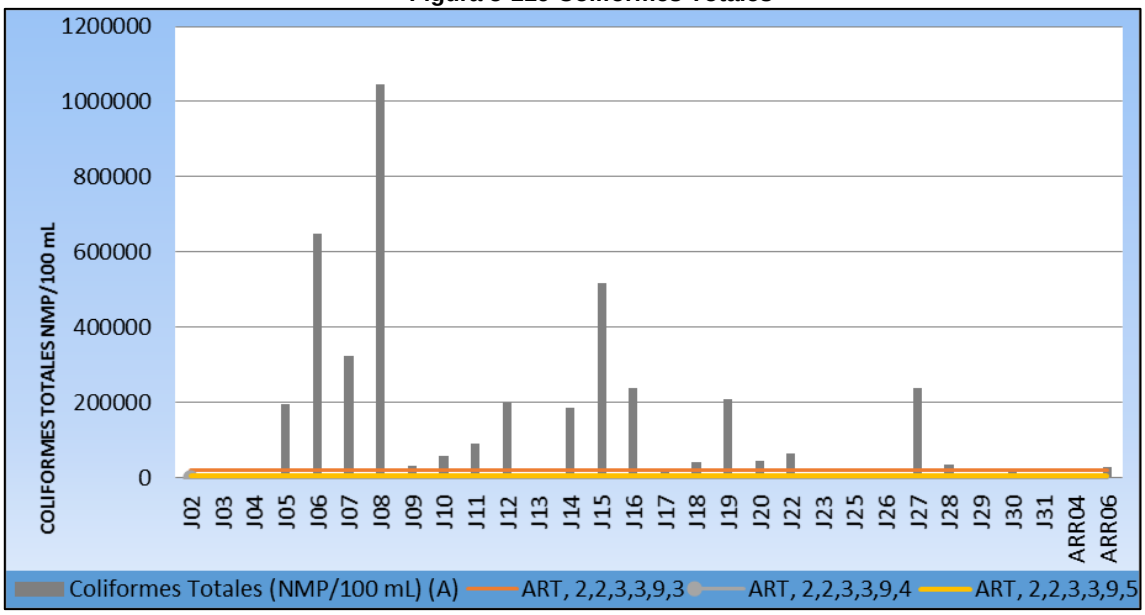


Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.21. Coliformes Totales

Con respecto a las concentraciones de Coliformes Totales, en la primera campaña de monitoreo los valores variaron entre 1.730 NMP/100ml para estación J23, Jagüey de la comunidad de Ashulamana y un valor máximo de 1.046.200 NMP/100 ml, estación J08, jagüey de la comunidad de Ishamana. Las estaciones de monitoreo que No Cumplen con el Artículo 2.2.3.3.9.3 son las J05, J06, J07, J08, J09, J10, J11, J12, J14, J15, J16, J18, J19, J20, J22, J27, J28 y ARR06; esto corresponde al 60% de las muestras. Ninguna de las muestras tomadas en las estaciones de monitoreo cumple con el Articulo 2.2.3.3.9.4. Además, las muestras de las estaciones de monitoreo que no cumplen con el Artículo 2.2.3.3.9.5 corresponden a J04, J05, J06, J07, J08, J09, J10, J11, J12, J14, J15, J16, J17, J18, J19, J20, J22, J25, J27, J28, J30, ARR04 y ARR06, es decir el 76,66% de las muestras. Los jagüeyes con mayor número de Coliformes Totales corresponden al J08, de la comunidad de Ishamana, la J06 que corresponde a la comunidad de Ichipá, el J15 de la comunidad de Chinchorrito y el J07 de la comunidad de Ichipá. (Figura 5-119 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-119 Coliformes Totales



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

De igual forma, en la segunda campaña de monitoreo los valores reportados en las muestras indican que los puntos J33 (8330 NMP/100 ml) y J37 (5290 NMP/100 ml) superan el límite máximo de los artículos 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5, y el denominado J32 (3640 NMP/100 ml) supera el límite normativo del Artículo 2.2.3.3.9.4. Los jagueyes J36 (310 NMP/100 ml) y J40 (520 NMP/100 ml) reportaron concentraciones inferiores a los límites normativos de uso del recurso hídrico.

A partir de esto es posible indicar que en los puntos prevalece una alta presencia de material en descomposición, así como también la presencia de vegetación en los sitios de monitoreo, que junto con las dinámicas de estas fuentes hídricas se pueden presentar socavaciones en las secciones analizadas, que a su vez dan lugar a la proliferación bacteriana.

5.1.6.2.22. Arsénico

En la primera campaña se reportan por el laboratorio concentraciones de Arsénico de <0,0030 mg/L para veintitrés muestras; es decir, para el 76,66% de las tomadas. Reporta para siete estaciones concentraciones entre 0,0030 mg/L y 0,0039 mg/L, con la J22 jagüey de la comunidad de Kasushi y J31, jagüey de la comunidad de Amaiseo. En la segunda campaña de monitoreo, solo el punto J40 reportó una concentración superior al límite de cuantificación, con un valor de 0,004 mg/L; los demás puntos estuvieron por debajo del límite especificado.

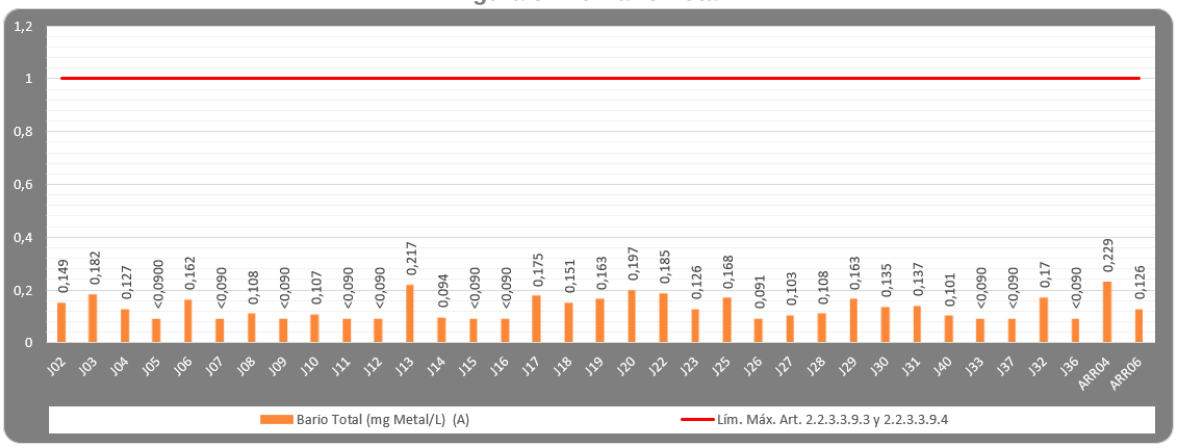
El Decreto 1076 de 2015 establece como valor máximo para uso humano y doméstico en los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración de 0,05 mg/L y en el Articulo

2.2.3.3.9.5 un valor máximo de 0,1 mg/L para uso agrícola. Por otra parte, determina en el Articulo 2.2.3.3.9.6 una concentración de 0,2 mg/L, para uso pecuario. Por lo anterior, todas las concentraciones reportadas cumplen con la norma. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.23. Bario

Para el Bario se reportan en ambas campañas de monitoreo concentraciones entre <0,090 mg/L para las estaciones J05, J07, J11, J12, J15 y J16, J33, J36 y J37 y un valor máximo de 0,229 mg/L, para la muestra ARR04. La norma establece en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración máxima de 1,0 mg/L, Entonces, todos los valores reportados en las muestras están cumpliendo con el Decreto 1076 de 2015. (Figura 5-120 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-120 Bario Total



Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.24. Cadmio

Para el Cadmio se reportó una concentración de <0,0030 mg/L para todas muestras tomadas en las estaciones de muestreo de ambas campañas de monitoreo. La norma establece una concentración de 0,01 mg/L para los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 uso humano y doméstico y 2.2.3.3.9.5 uso agrícola; igualmente, una concentración de 0,05 mg/L para uso pecuario Articulo 2.2.3.3.9.6. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.25. Cobre

En la primera campaña de monitoreo, el laboratorio reportó para 18 de las estaciones de muestreo concentraciones de <0,0030 mg/L; y un valor máximo de 0,066 mg/L para la muestra tomada en la estación J02, jagüey de la comunidad de Ichichón. En la segunda

campaña, todos los puntos reportaron concentraciones inferiores a los 0.14 mg/L (J32), con un valor mínimo de 0,003 mg/L (J37).

Todos los valores reportados cumplen con la norma, Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 uso humano y doméstico que establece una concentración de 1,0 mg/L. En el Artículo 2.2.3.3.9.5 se establece una concentración de 0,2 mg/L y para uso pecuario, el Articulo 2.2.3.3.9.6 fija un límite de 0,5 mg/L. (Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

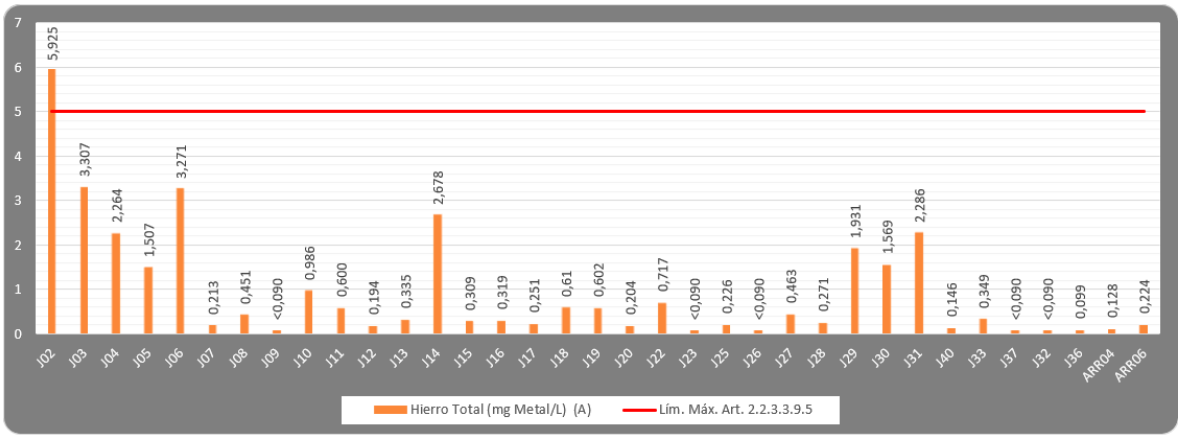
5.1.6.2.26. Cromo

Para el Cromo se reportan concentraciones entre <0,0030 mg/L para veintiuna de las muestras tomadas en la primera campaña de monitoreo, y una concentración máxima de 0,0218 para la muestra de la estación J22 que corresponde al jagüey de la comunidad de Kasushi. La norma establece una concentración máxima de 0,05 mg/ L, en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 uso humano y doméstico; una concentración de 0,1 mg/L para uso agrícola artículo 2.2.3.3.9.5 y una concentración de 1,0 mg/L, para uso pecuario. (Anexo/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua). En la segunda campaña, solo el punto J32 (Jaguey principal Casa Eléctrica) reportó una concentración superior al límite de cuantificación del laboratorio (<0.003 mg/L), con un valor de 1,367 mg/L. Dada esta condición, este jaguey presenta restricciones de uso agrícola, potable, pecuario y doméstico.

5.1.6.2.27. Hierro

Se reportaron concentraciones en ambas campañas entre <0,090 mg/L para las muestras tomadas en las estaciones J09, J23, J26, J32 y J37; y un valor máximo de 5,93 mg/L, para la muestra tomada en la estación J02, jagüey de la comunidad de Ichichón, único punto que sobrepasa el límite establecido en la norma. El Decreto 1076 de 2015 establece una concentración máxima de 5,0 mg/L en el Articulo 2.2.3.3.9.5 de uso agrícola. (Figura 5-121 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-121 Hierro Total



Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.28. Níquel

Para el Níquel se reportan en ambas campañas concentraciones bajas, entre <0,0030 mg/L para las estaciones de monitoreo J08, J11, J13, J15, J16, J18, J19, J20, J22, J23, J25, J26, J27, J28, ARR04, ARR06, J32, J33, J36, J37 y J40; y la concentración más alta, que fue de 0,0125 mg/L, para la estación J09, que corresponde al jagüey de la comunidad de Pushesherraput. La norma establece para este parámetro una concentración máxima de 0,2 mg/L, para uso agrícola, Articulo 2.2.3.3.9.5. Todos los valores reportados cumplen con el Decreto 1076 de 2015. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

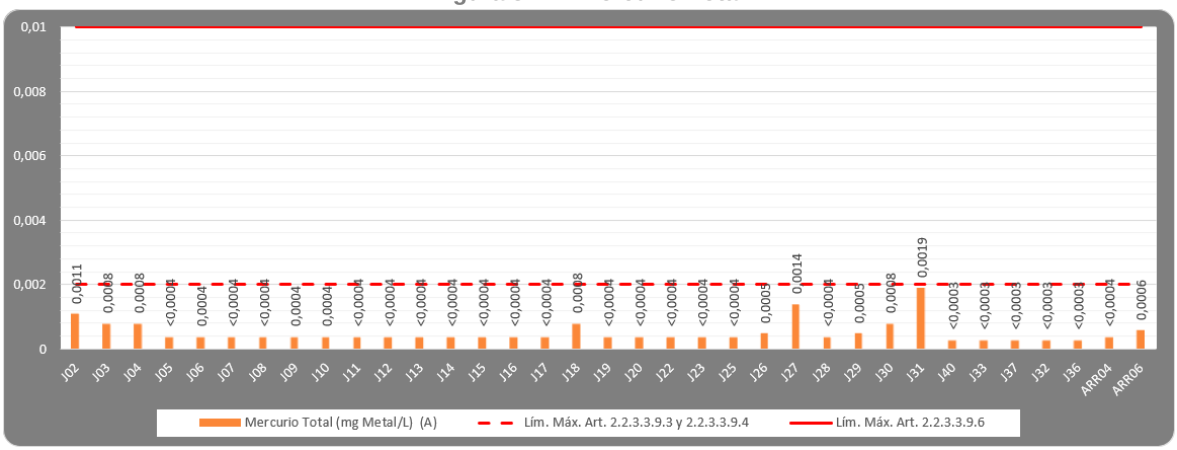
5.1.6.2.29. Plata

El laboratorio para la Plata reporta en ambas campañas concentraciones entre <0,003 mg/L para 34 muestras y una concentración de 0,015 mg/L para la muestra tomada en la estación J19 que corresponde al jagüey de la comunidad de Iperrain. La norma establece un valor máximo de 0,05 mg/L en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4, uso humano y doméstico. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.30. Mercurio

Las concentraciones de Mercurio reportadas en ambas campañas de monitoreo variaron entre <0,0004 mg/L y un valor máximo de 0,0019 mg/L para la muestra tomada en la estación J31 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Amaiseo. El Decreto 1076 de 2015 establece para los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración máxima de 0,002 mg/L para usos humano y doméstico. Para el Articulo 2.2.3.3.9.6 estableció una concentración máxima de 0,01 mg/L para uso pecuario. (Anexo/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua). En la siguiente figura se presentan los resultados:

Figura 5-122 Mercurio Total



Fuente: SGS COLOMBIA, 2021.

5.1.6.2.31. Plomo

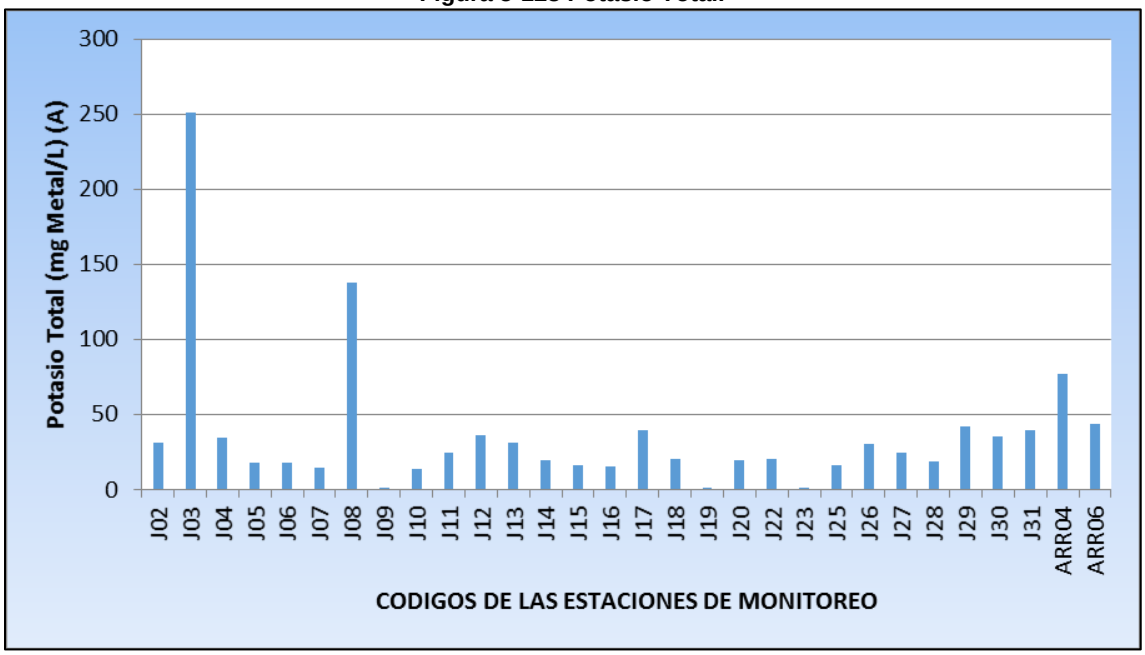
Las concentraciones de Plomo reportadas en la primera campaña de monitoreo estuvieron entre <0,00030 mg/L para veintinueve de las muestras, con un valor máximo de 0,00034 mg/L para la muestra tomada en la estación J03 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Uleule. En la segunda campaña de monitoreo, todos los puntos estuvieron por debajo del límite de cuantificación del laboratorio (<0,003 mg/L).

El Decreto 1076 de 2015 establece para los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración máxima de 0,05 mg/L para uso humano y doméstico. Para uso agrícola establece una concentración máxima de 5,0 mg/L en Artículo 2.2.3.3.9.5. Para el Artículo 2.2.3.3.9.6 estableció una concentración máxima de 0,1 mg/L para uso pecuario. En resumen, todas las muestras cumplen con la norma. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.32. Potasio

Para el Potasio se reportan concentraciones en ambas campañas de monitoreo entre <0,7323 mg/L para la muestra J23, Jagüey de la comunidad de Ashulamana y un valor máximo de 251 mg/L para la muestra tomada en la estación J03, Jagüey de la comunidad de Uleule. El Decreto 1076 de 2015 no establece un límite. (Figura 5-123 y Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Figura 5-123 Potasio Total.



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.6.2.33. Selenio

En la primera campaña de monitoreo las concentraciones de Selenio reportadas variaron entre <0,0030 mg/L para veintiocho de las muestras y un valor máximo de 0,0061 mg/L para la muestra tomada en la estación ARR04. Con respecto a la segunda campaña, todos los puntos obtuvieron una concentración inferior a los 0,003 mg/L correspondiente al límite de detección.

El Decreto 1076 de 2015 establece para los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración máxima de 0,01 mg/L para usos humano y doméstico. Para el Artículo 2.2.3.3.9.5 establece una concentración máxima de 0,02 mg/L, para uso agrícola. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.34. Zinc

Para el Zinc se reporta una concentración de <0,0900 mg/L para todas las muestras. El Decreto 1076 de 2015 establece para los Artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 una concentración máxima de 15,0 mg/L para usos humano y doméstico. Para el Artículo 2.2.3.3.9.5 estableció una concentración máxima de 2,0 mg/L, para uso agrícola. Para el Artículo 2.2.3.3.9.6 estableció una concentración máxima de 25,0 mg/L, para uso pecuario. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.35. Índices de Contaminación del Agua (ICOS'S).

En la Tabla 5-77 se presentan los índices de contaminación calculados para cada una de las muestras tomadas en ambas campañas de monitoreo. Con el objetivo de facilitar la comprensión de la calificación obtenida para cada uno de los índices calculados, se presenta el código de colores y el rango de calificación de cada índice, establecidos por A. Ramírez y G Viña 1997.

Tabla 5-77 Valor de los índices ICO's.

Valor del ICO	Grado de Contaminación del Agua
0.000 – 0.200	Ninguna
>0.200 – 0.400	Bajo
>0.400 – 0.600	Medio
>0.600 – 0.800	Alto
>0.800 – 1.000	Muy alto

Fuente: Ramírez, 1997.

Es de mencionar que el laboratorio SGS COLOMBIA S.A.A no calculó los índices ICOTEMP, debido a que la matriz evaluada es de agua superficial.

En la Tabla 5-78, se reportan los valores calculados de los índices ICO'S, efectuados por el laboratorio S.G.S, con la finalidad de establecer la calidad de las aguas de los diferentes jaguayes donde fueron tomadas y de los dos arroyos. En los anexos entregados por el

laboratorio dentro del informe fisicoquímico se mencionan los documentos ICO'S_790 de la carpeta "Otros", donde se encuentra dicha información (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua/Anexos).

Tabla 5-78 Valores calculados de los índices ICO's.

Punto de muestreo	ICOMI	ICOSUS	ICOTRO	ICOMO	ICOpH
J02	0.304	0.472	Eutrofia	0.286	0.012
J03	0.124	0.598	Eutrofia	0.376	0.139
J04	0.108	0.058	Eutrofia	0.476	0.022
J05	0.076	0.067	Eutrofia	0.387	0.147
J06	0.074	0.214	Eutrofia	0.475	0.077
J07	0.049	0.000	Eutrofia	0.387	0.166
J08	0.248	0.022	Eutrofia	0.431	0.082
J09	0.185	0.063	Eutrofia	0.387	0.718
J10	0.247	0.124	Eutrofia	0.387	0.732
J11	0.086	0.000	Eutrofia	0.547	0.014
J12	0.415	0.000	Eutrofia	0.482	0.070
J13	0.680	0.012	Eutrofia	0.507	0.916
J14	0.231	0.040	Eutrofia	0.555	0.032
J15	0.189	0.000	Eutrofia	0.497	0.070
J16	0.178	0.022	Eutrofia	0.475	0.219
J17	0.917	0.037	Eutrofia	0.355	0.147
J18	0.178	0.038	Eutrofia	0.484	0.051
J19	0.159	0.018	Eutrofia	0.387	0.407
J20	0.245	0.000	Eutrofia	0.395	0.237
J22	0.240	0.082	Eutrofia	0.431	0.152
J23	0.168	0.000	Eutrofia	0.178	0.725
J25	0.301	0.017	Eutrofia	0.277	0.139
J26	0.688	0.000	Eutrofia	0.263	0.424
J27	0.157	0.079	Eutrofia	0.434	0.433
J28	0.370	0.046	Eutrofia	0.479	0.116
J29	0.177	0.064	Eutrofia	0.188	0.433
J30	0.235	0.037	Eutrofia	0.356	0.143
J31	0.244	0.013	Eutrofia	0.297	0.082
ARR04	0.792	0.250	Eutrofia	0.335	0.270
ARR06	0.851	0.026	Eutrofia	0.387	0.075
J32	0.427	0.000	Eutrofia	0.445	0.660
J33	0.593	0.014	Eutrofia	0.673	0.012
J36	0.379	0.000	Eutrofia	0.322	0.120
J37	0.668	0.000	Eutrofia	0.638	0.080
J40	0.699	0.112	Eutrofia	0.292	0.012

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

5.1.6.2.36. ICOMI

De acuerdo con los cálculos efectuados por SGS para este índice se determinó que las muestras que presentan una contaminación muy alta fueron la J17 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Suhuna y la muestra ARR06. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Una contaminación alta para las muestras tomadas en los jagüeyes J13, que corresponde al Jagüey de la comunidad de Walerrushi, la J26, Jagüey de la comunidad de Cubamana, J40 que corresponde a la comunidad de Walerushi, J37 de la comunidad Kasia y la muestra tomada en el arroyo ARR04. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Contaminación media para la muestra J12, Jagüey de la comunidad de Jeyutshi, J32 JAGUEY PLANKTOMANA 2 CASA ELECTRICA, IPERRAIN, KASUSCHI, ASHULAMANA y J32 de Casa Eléctrica. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Baja contaminación para las muestras tomadas en J02, Jagüey de la comunidad de Ichichón; J08 Jagüey de la comunidad Ishamana; J10 Jagüey de la comunidad de Pushesherraput; J14, Jagüey de la comunidad de Chinchorrito J20 y J22, Jagüeyes de la comunidad de Kasushi; J25, Jagüey de la comunidad de Kasia; J28, Jagüey de la comunidad de Cubamana; J30 y J31, Jagüeyes de la comunidad de Amaiseo y J36 de la comunidad Jeyutshe. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

Ninguna contaminación en las muestras tomadas en J03, J04, J05, J06, J07, J09, J11, J15, J16, J18, J19, J23, J27, J29. El 46,66% de las muestras no mostraron contaminación con el índice ICOMI. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.37. ICOSUS.

De acuerdo con los cálculos realizados por el Laboratorio S.G.S, cuyo reporte de contaminación se asocia a los sólidos suspendidos, se reporta contaminación de media, baja y ninguna. En contaminación media se encuentran las muestras J02, Jagüey que corresponde a la comunidad de Ichichón y J03, Jagüey de la comunidad Uleule. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En contaminación baja se encuentran las muestras tomadas en J06, Jagüey de la comunidad de Ichipa y la muestra tomada en el Arroyo 04. (Anexo 5 CAP/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

En cambio, no se presenta contaminación en 31 de las muestras tomadas. (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.38. ICOTRO

Con respecto a las mediciones por parte del índice ICOTRO, se reporta eutrofia en todos cuerpos de agua donde se tomaron muestras de ambas campañas de monitoreo, indicando

con esto niveles importantes de fosforo y nitrógeno, que permiten el florecimiento de microorganismos, especialmente de algas unicelulares y en otros casos algas filamentosas.

5.1.6.2.39. ICOMO

Con respecto a la contaminación asociada a la mineralización ICOMO, se encontraron grados de contaminación alto, medio y bajo. En el nivel alto se encuentra el punto J32 de las comunidades CASA ELECTRICA, IPERRAIN, KASUSCHI, ASHULAMANA y el punto J37 de la comunidad Kasia.

En el nivel medio están las muestras J04, Jagüey de la comunidad de Morrenakat, J06, Jagüey de la comunidad de Ichipá; J08, Jaguey de la comunidad de Ishamana; J11 y J12, jagüeyes de la comunidad de Jeyutshi; J13, Jagüey de la comunidad de Walerrushi; J14, J15, J16 jagüeyes de la comunidad de Chichorrito; J18, jagüey de la comunidad de Juliarancen; J22, jaguey de la comunidad de Kasushi; J27, J28 jagüeyes de la comunidad de Cubamana y J32 de la comunidad Casa Eléctrica.

En el nivel bajo de contaminación se encuentran las muestras J02, Jagüey de la comunidad de Ichichon; J03, Jagüey de la comunidad de Uleule; J05, Jagüey de la comunidad de Mieshin; J07, Jagüey de la comunidad de Ichipá; J09 y J10, jagüeyes de la comunidad de Pushesherraput; J17, Jagüey de la comunidad de Suhuna; J19, Jagüey de la comunidad de Iperrain; J20, Jagüey de la comunidad de Casucha; J25, Jagüey de la comunidad de Kasia; J26, jagüey de la comunidad de Cuba mana; J30 y J31 Jagüeyes de la comunidad de Maiceo; arroyo ARR04 y arroyo ARR06), ninguna (J23, J29), J37 de la comunidad Jeyutshe y J40 de la comunidad Walerushi.

5.1.6.2.40. ICOpH.

Para el ICOpH se calcularon los índices de contaminación con cuatro niveles: en el primero está el Muy alto donde se tiene la muestra J13 que corresponde al Jagüey de la comunidad de Walerrushi.

En el nivel Alto se encontraron las muestras J09 y J10, que corresponden a los jagüeyes de la comunidad de Pushesherraput. Finalmente, la J23 del Jagüey de la comunidad de Ashulamana.

En el nivel Medio están las muestras J26 y J27, Jagüeyes de la comunidad de Cubamana; y la muestra J29, del jagüey de la comunidad de Amaiseo.

En el nivel Bajo aparecieron las muestras J16, Jagüey de la comunidad de Chinchorrito; la muestra J20, Jagüey de la comunidad de Kasushi y la muestra del arroyo ARR04.

Deben mencionarse las 25 muestras restantes no presentaron contaminación. (Anexo/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua)**.** (Tomado de SGS Colombia S.A.S., 2020).

5.1.6.2.41. Índices de Calidad de Agua (ICA).

En la Tabla 5-79, se presentan los índices de calidad del agua de cada una de las muestras tomadas en los diferentes cuerpos de agua del área de Casa Eléctrica para ambas campañas de monitoreo, se presentan el código de colores y rangos de clasificación del índice de calidad del agua.

Tabla 5-79 Valor del índice de Calidad de Agua ICA.

Valor del Índice	Clasificación
0.91 – 1.00	Calidad Buena
0.71 – 0.90	Calidad Aceptable
0.51 – 0.70	Calidad Regular
0.26 – 0.50	Calidad Mala
0.00 – 0.25	Calidad Muy Mala

Fuente: IDEAM.

En la Tabla 5-80 se relacionan los resultados obtenidos para el cálculo del ICA, donde se muestra que diecinueve (19) de las muestras tomadas, entre las cuales están J04, J05, J06, J07, J08, J11, J12, J14, J15, J16, J18, J19, J20, J22, J25, J27, J29, J30 y J31, están en el rango de 0.71 - 0.90, que las clasifica con una calidad de agua “Aceptable”.

En calidad de agua “Regular” rango (0.51 – 0.70) se encontraron once (11) muestras que corresponden a los puntos de monitoreo J02, Jagüey de la comunidad de Ichichon; J03, Jagüey de la comunidad de Uleule; J09 y J10, Jagüeyes de la comunidad de Pushesherraput; J23, Jagüey de la comunidad de Ashulamana y J28, Jagüey de la comunidad de Cubamana y los 5 jagueyes monitoreados en a la segunda campaña de monitoreo (J32 Casa Eléctrica, J33 Planktomana, J36 Jeyutshe, J37 Kasia y J40 Walerushi).

Tabla 5-80 Índice de Calidad del Agua ICA - Agua Superficial.

Punto de muestreo	ICA
J02	**0.6451**
J03	**0.6625**
J04	**0.7798**
J05	**0.8271**
J06	**0.7756**
J07	**0.8620**
J08	**0.7519**
J09	**0.6890**
J10	**0.6590**
J11	**0.7960**
J12	**0.7146**
J13	**0.0000**
J14	**0.7737**
J15	**0.7815**
J16	**0.7778**

Punto de muestreo	ICA
J17	**0.0000**
J18	**0.7690**
J19	**0.7681**
J20	**0.7868**
J22	**0.7614**
J23	**0.6692**
J25	**0.7543**
J26	**0.1187**
J27	**0.7507**
J28	**0.6523**
J29	**0.7409**
J30	**0.7764**
J31	**0.7763**
ARR04	**0.0000**
ARR06	**0.0000**
J32	**0.621**
J33	**0.560**
J36	**0.604**
J37	**0.583**
J40	**0.562**

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2020.

En el rango de agua de “Muy mala” calidad (0.00 – 0.25), se encontraron cinco (5) muestras que corresponden a los puntos de monitoreo J13, Jagüey de la comunidad de Walerrushi; J17, Jagüey de la comunidad de Suhuna; J26, Jagüey de la comunidad de Cubamana; la muestra del arroyo ARR04 y la muestra del ARRO06, registraron una calidad de agua “muy mala”.

Sin embargo, para tener más detalle del cálculo, se sugiere revisar los documentos ICA_790 ubicado en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua/Anexos). Es importante mencionar que para las estaciones de monitoreo cuyos valores ICA dieron negativos debido a sus altas conductividades, se cambió este valor por 0.000 según lo indicado la metodología del IDEAM (Tomado de SGS Colombia S.A.S., 2020). (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.2.42. Medición de caudales.

El aforo de caudal se realizó en los puntos definidos como ARR04 Y ARRO06. El caudal fue calculado con base en la metodología establecida por la Organización Internacional de Normalización (1979), implementando el método aritmético de la sección media en donde “Se considera que la sección transversal está compuesta de un número de segmentos, cada uno de ellos limitados por dos verticales adyacentes. Si V1 promedio es la velocidad media en el primer vertical y V2 promedio la velocidad media de la vertical adyacente, y si

d1 y d2 representan las profundidades totales respectivas en las verticales 1 y 2, y b es la distancia horizontal entre las verticales".

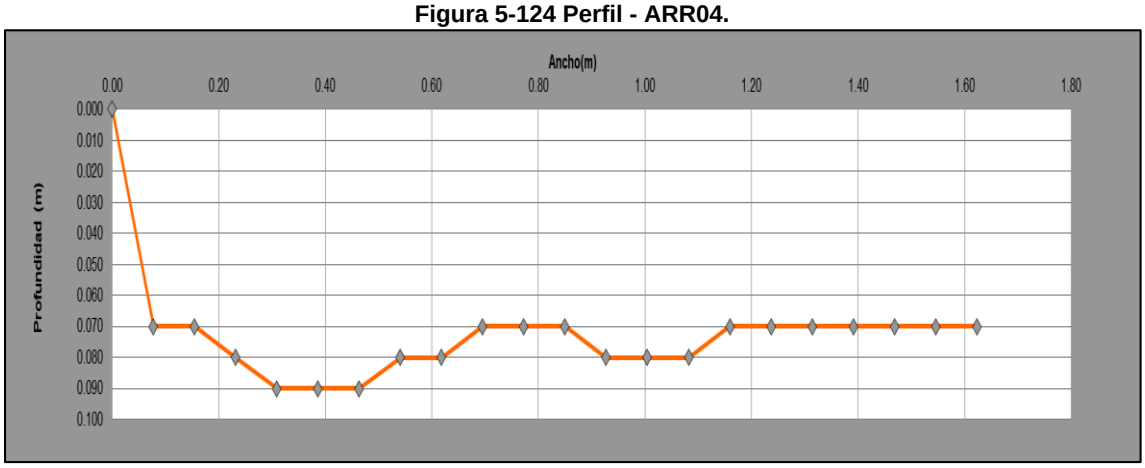
El análisis de este se presenta en el documento CAUDALES dentro del Anexo 5 **(**5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua/Anexos) (Tomado de SGS Colombia S.A.S., 2020).

Tabla 5-81 Aforo de Caudal Punto de Monitoreo ARR04.

Área de la sección m²	0.123	**Caudal m3/s**	0.025
Ancho de la sección m	1.700	**Prof. Promedio**	0.076
Método	Área – Velocidad	**Prof. Máxima**	0.090

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2020.

Figura 5-124 Perfil - ARR04.



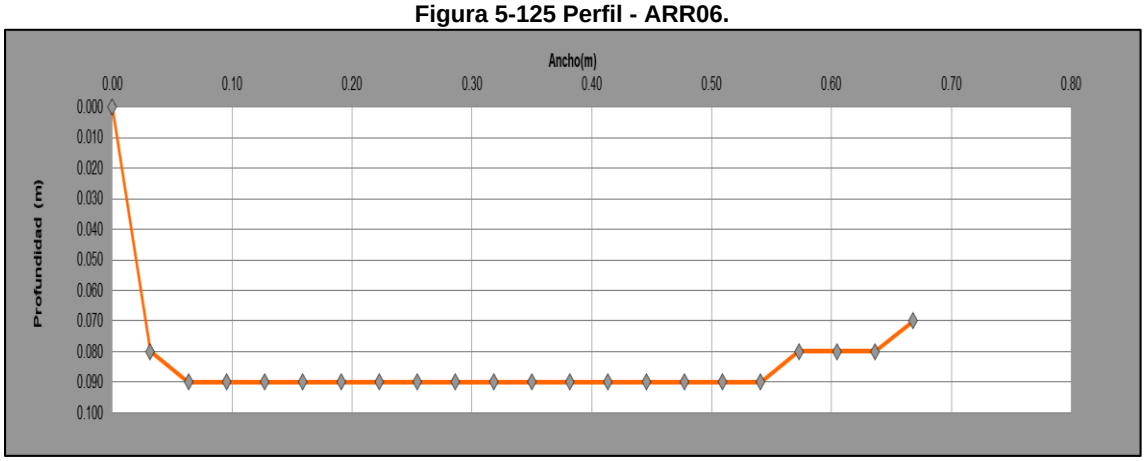
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2020.

Tabla 5-82 Aforo de Caudal Punto de Monitoreo ARR06.

Área de la sección m²	0.058	**Caudal m3/s**	0.006
Ancho de la sección m	0.700	**Prof. Promedio**	0.087
Método	Área – Velocidad	**Prof. Máxima**	0.090

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2020.

Figura 5-125 Perfil - ARR06.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2020.

La medición de los aforos en la muestra presentó un comportamiento notablemente diferenciado en los puntos de monitoreo, reportando valores de caudal en el punto de monitoreo ARR04 de 25.279 L/s y para el cual, se evidencia que no sobrepasa el 10% del caudal total en ninguna de las mediciones hechas. En cuanto al punto ARR06 se reportó un aforo igual a los 5.648 L/s, evidenciando una importante influencia de este comportamiento por las variaciones de alturas y cotas en la zona de estudio, así como el ancho de la sección, además de esto, se tiene que no se supera el 10% del caudal en ninguna de las muestras tomadas para este punto. (Tomado de SGS Colombia S.A.S., 2020). (Anexo 5/5.1 Medio Abiótico/E-Calidad agua).

5.1.6.3. Conclusiones.

De acuerdo con los límites permisibles establecidos por el Decreto 1076 de 2015, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se puede concluir lo siguiente:

- El potencial de hidrogeniones en todas las muestras de la primera campaña fue alcalino en todos los puntos monitoreados. Con respecto a los límites establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS, se observó que los puntos de monitoreo J09, J10, J13 y J23 supera el límite permisible emitido por dicha norma al presentar un pH de 9.28, 9.30, 9.70 y 9.29 Unidades, valores que determinan que este tipo de agua no es apta para consumo humano y doméstico. En cuanto a los resultados de la segunda campaña, se evidenciaron propiedades desde un pH ligeramente ácido en los jagueyes denominados JAGUEY 2 WALERUSHI y JAGUEY PLANKTOMANA 2 (CASA ELECTRICA, IPERRAIN, KASUSCHI, ASHULAMANA) a un pH alcalino en los demás puntos de monitoreo. Los valores reportados asociados al pH ligeramente ácido se encontraron por debajo del rango definido en el Artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 del 2015 expedido por el MADS; no obstante, todos los valores reportados se encontraron dentro de los rangos definidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 de la normativa en cuestión.

- La temperatura de las aguas vario entre 27,6 °C y 35,4 °C, asociada a las condiciones ambientales de la zona de estudio, características del clima cálido del territorio.

- Las concentraciones de oxígeno variaron entre 2,66 mg/L y 11,9 mg/L. Las aguas superficiales monitoreadas presentan condiciones de aireación producidos por los vientos continuos, que favorecen los procesos fisicoquímicos y biológicos que se llevan a cabo en los cuerpos de agua. No obstante, algunos jagueyes reportaron valores bajos de oxígeno disuelto, como el jaguey de la comunidad de Kasia (J37) y el principal Casa Eléctrica (J32) que en comparación con la normativa se encuentran por debajo del límite

mínimo de referencia indicado en el Artículo 2.2.3.3.9.10. del mismo decreto correspondiente a 4 mg/L.

- La conductividad medida en los diferentes puntos de monitoreo mostro, diferentes grados de mineralización: mineralización muy débil en cuatro puntos J05, J06, J07, J11, por presentar un valor inferior a 100 µS/cm. Mineralización débil para diecisiete puntos J03, J04, J08, J09, J10, J14, J15, J16, J18, J19, J20, J22, J23, J27, J29, J30 Y J31, rango entre 100 µS/cm y 200 µS/cm.

  Mineralización media en cinco puntos, J02, J12, J25, J36 y J28, rango entre 200 µS/cm y 300 µS/cm. Mineralización media acentuada (333-666 uS/cm) en dos puntos: J40 y J33. Mineralización elevada para seis puntos J13, J17, J32, J37 ARR04 Y ARR06, con valores superiores a 1000µS/cm, según (*Rodier 2009*). En cuanto a la normativa aplicable, se da cumplimiento al artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS al realizar la medición de dicho parámetro en los puntos de monitoreo. (S.G.S, 2020).

- Los cloruros reportan concentraciones promedio de 0,106 mg/L y 528,28 mg/L respectivamente, en donde se presenta incumplimiento de los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS, por parte de los cloruros en los puntos J13, J37, ARR04 Y ARR06 al registrar valores superiores a lo establecido en dicho Decreto.

- Los sulfatos cumplen en todas las muestras con la norma Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS.

- La DBO_5 reporta en la mayoría de los puntos muestreados, valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico para la DBO_5 (<2.00 mg/L). El Decreto 1076 de 2015 del MADS no establece límites máximos permisibles para este parámetro. No obstante, los jagueyes J32, J36, J37 y J40 presentaron concentraciones moderadas de DBO5 (> 5 mg/L), indicando un grado importante de contaminación por materia orgánica.

- La DQO reporta en todos los puntos muestreados, valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico (<25.00 mg/L). El Decreto 1076 de 2015 del MADS no establece límites máximos permisibles para este parámetro

- El fosforo total evaluado reporta concentraciones entre 0,05 mg/L y 0,09 mg/L para 25 de las muestras evaluadas, consideradas como Jagüeyes con aguas mesotróficas. Ocho de las muestras presentaron concentraciones entre 0,1 mg/L y 0,18 mg/L, estos valores de fosforo determinan aguas mesotróficas en los jagüeyes. Dos muestras presentaron concentraciones entre 0,21 mg/L y 0,3 mg/L, lo cual determina aguas con aguas eutróficas.

- Las concentraciones de Nitrógeno variaron para 9 jagueyes entre 0,114 mg/l y 0,923 mg/L, lo que determina que estos cuerpos de agua tienen tendencia a ser meso tróficos. Las demás concentraciones de Nitrógeno total muestran que las aguas de los Jagüeyes son eutróficas, pues tienen concentraciones entre 1,233 mg/L y 6 mg/L de nitrógeno.

- Las grasa y Aceites presentaron concentraciones entre <2,0 mg/L y 20,99 mg/L, la norma establece la no presencia de película visible.

- Los hidrocarburos presentaron concentraciones entre <2.0 mg/L y 9,8 mg/L. para los cuales no se establecen límites en el Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS.

- En cuanto a la dureza, 24 de las muestras se encuentran en el rango entre 0 y 75 mg/L de CaCO3; 5 se encuentran en el rango entre 76 – 150 mg/L de CaCO3, clasificada como agua moderadamente dura; 3 muestras se encuentran en el rango de aguas duras, entre 151 a 300 mg/L de CaCO3 y 3 muestras están en el rango de aguas muy Duras >300 mg/L, de CaCO3, que corresponden a las codificadas como Arroyos 04 y Arroyo 06.

- En cuanto a los sólidos disueltos, las concentraciones variaron entre 41,0 mg/L y 1.401.699 mg/L; Las concentraciones de sólidos suspendidos variaron entre 2,60 mg/L y 44.000 mg/L. Se evidencia una brecha significativa entre cuerpos de agua con este parámetro, además, no se establecen límites normativos que permitan realizar un comparativo con el Decreto 1076 del MADS.

- La Turbiedad varío entre 4,1 UTN Y de 30 UTN para las muestras tomadas. Las muestras J02, J03, J04, J05, J06 y J08 superan el límite normativo de turbidez contenido en el Artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 expedido por el MADS

- Las concentraciones de Coliformes Totales reportadas variaron entre 1.730 NMP/100ml y un valor máximo de 1.046.200 NMP/100 ml; 18 de las muestras tomadas en las estaciones de monitoreo cumple con el Articulo 2.2.3.3.9.4; Veintitrés de las muestras no cumplen con el Articulo 2.2.3.3.9.5. No se consideran aptos para estos usos gracias a sus altos contenidos de microorganismos. Los Jagüeyes con mayor número de

Coliformes Totales corresponden a los de las comunidades de Ishamana (J08), Ichipá (J06 y J07), Chinchorrito (J15).

- Los metales, Arsénico, Bario; Cadmio, Cobre, Cromo, Níquel, Plata, Mercurio, Plomo, Selenio y Zinc, cumplen con los límites establecidos en la norma. Solamente el Hierro en la muestra J02 con una concentración de 5,93 mg/L, sobrepasa el valor establecido en la norma de 5,0 mg/L, decreto 1076 de 2015. Se resalta el elevado valor de Cromo en el punto J32 (Jaguey principal Casa Eléctrica), el reportó una concentración superior al límite de cuantificación del laboratorio (<0.003 mg/L), con un valor de 1,367 mg/L y es superior a los usos doméstico, agrícola, pecuario y potable.

- El Índice de Calidad del Agua – ICA, calculado para los puntos monitoreados, nos permite clasificar en su mayoría al agua con calidad aceptable (19 puntos), seguida de regular (11 puntos) y muy mala (5 puntos). Los Índices de contaminación del agua ICOS el cual establece el nivel de contaminación mediante la utilización de diferentes parámetros. En primer lugar, se tiene el índice ICOMI (Índice de contaminación por Mineralización) reporta en su mayoría un porcentaje contaminación derivado de la conductividad. Para el índice ICOSUS (Índice de contaminación por sólidos suspendidos) se evidencia a partir del cálculo realizado que no existe fundamentalmente un grado de contaminación por material en suspensión sólido. Para el Índice el ICOTRO (Índice de contaminación trófico) reporta una eutrofización en varios Jagüeyes, sin embargo, se debe tener en cuenta que se reportan concentraciones inferiores al límite de cuantificación por ende puede presentar mesotrofía u oligotrofia.
  El Índice ICOMO (Índice de contaminación por Materia Orgánica) registra un grado de contaminación alto, medio y bajo en su mayoría. El índice ICOpH (índice de contaminación por pH) se establecieron cuatro niveles de contaminación muy alto, alto, medio y bajo.

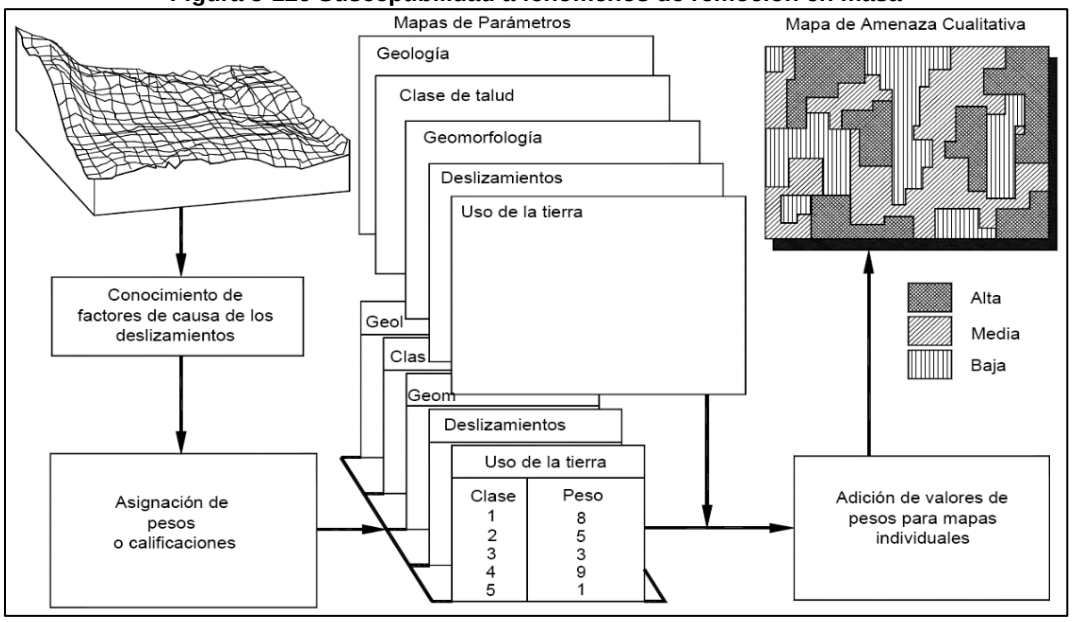
5.1.7. Geotecnia

La zonificación geotécnica del área de estudio se basó en la metodología de Ambalagán (1992), la cual se presenta en el libro “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales” (Suárez, 2010). Teniendo en cuenta cada una de estas recomendaciones, para la evaluación de la estabilidad geotécnica del área de estudio se establecieron once (11) variables.

1. Pendientes
2. Litología
3. Sismología
4. Cobertura Vegetal

5. Geomorfología
6. Hidrogeología
7. Hidrología
8. Usos del suelo
9. Climatología
10. Edafología
11. Tectónica

Figura 5-126 Susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa



Fuente: tomado de Soeters and Van Westen, 1996 en Suarez, 2001.

Es importante resaltar que, aunque se analizan todas las variables mencionadas anteriormente, algunos de estos parámetros, dadas las características ambientales de la zona no serán utilizadas. La heterogeneidad u homogeneidad de los diversos elementos es lo que cuantifica la estabilidad, originando así rangos de estabilidad van desde muy alta hasta muy baja, pasando por alta, media y baja.

Debido a la no presencia de estructuras geológicas como fallas o sinclinales-anticlinales, se considera que toda el área de estudio presenta un comportamiento tectónico homogéneo, por lo cual esta variable no pesa en el análisis de estabilidad geotécnica del área de estudio.

La variable clima, por ser cálido seco se tomó como homogéneo para toda el área de interés, así mismo, la amenaza sísmica de la zona es homogénea de acuerdo con el mapa de zonificación sísmica del Servicio Geológico Colombiano (SGC). Esta situación hace que las variables de climatología y sismología no incidan en la estabilidad geotécnica del área

de estudio, por lo cual no serán tenidas en cuenta en los siguientes análisis. La calificación asignada a cada una de las variables se presenta en la Tabla 5-83.

Tabla 5-83 Calificación de cada variable

Variables	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Pendiente (p)	1	2	3	4	5
Tipo de material (m)	1	2	3	4	5
Cobertura Vegetal (C)	1	2	3	4	5
Geomorfología	1	2	3	4	5
Uso del suelo	1	2	3	4	5
Edafología	1	2	3	4	5
Hidrogeología	1	2	3	4	5
Total	**7**	**14**	**21**	**28**	**35**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

En la Tabla 5-84 se presentan las características de los elementos establecidos para realizar la zonificación geotécnica por estabilidad para el área de estudio.

Tabla 5-84 Criterios de zonificación geotécnica específicos para el área de estudio.

Variables	Estabilidad →				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Pendiente (P %)	0-1, 1-3	3-7, 7-12			
Litología(M) o Tipo de material	Roca sana con meteorización baja	Roca con meteorización media	Roca con meteorización alta presencia de saprolito	Depósitos embebidos en matrices de suelo	Sedimentos sueltos, depósitos coluviales recientes y suelos
Cobertura Vegetal (C)					
Geomorfología (G)	Geoformas asociadas con ambientes fluviales o agradacionales, de bajas pendientes	Geoformas asociadas con ambientes fluviales o agradacionales, especialmente los cauces actuales de los ríos	Geoformas de origen denudativo, donde se pueden presentar procesos erosivos como erosión laminar, surcos, barrancos o carcavamiento.		
Uso del suelo (US)					

Variables	Estabilidad →				
	Muy Alta (MA)	Alta (A)	Media (M)	Baja (B)	Muy Baja (MB)
Edafología (ED)	Suelos con texturas muy gruesas	Suelos con texturas gruesas	Suelos con texturas finas con intercalaciones de arenas gruesas	Suelos con texturas finas como lodos y arcillas con alguna presencia de gruesos	Suelos con texturas finas como lodos y arcillas sin presencia de materiales gruesos.
Hidrogeología (HD)	Unidades hidrogeológicas con ninguna capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea	Unidades hidrogeológicas con poca capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea	Unidades hidrogeológicas con buena capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea	Unidades hidrogeológicas con buena a muy buena capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea	Unidades hidrogeológicas con excelente capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

A continuación, se describen cada uno de los aspectos que se tienen en cuenta para la zonificación y su valoración para el área de estudio.

5.1.7.1. Pendiente

Este factor es de gran importancia en la zonificación geotécnica, ya que un aumento del grado de la pendiente origina en el terreno mayor susceptibilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, tales como desprendimientos, caídas de bloques, deslizamientos, terraceo que, junto a otros factores climáticos y antrópicos, definen zonas de inestabilidad geotécnica. La forma del relieve corresponde a una expresión cualitativa de la inclinación del terreno, por lo que entre mayor sea la pendiente menor será la estabilidad.

En el área de estudio se pueden encontrar pendientes de 0 % hasta superiores del 7 %, por lo que su valoración para la estabilidad geotécnica varía entre muy alta a moderada. La calificación es presentada en la Tabla 5-85.

Tabla 5-85 Valoración de los rangos de pendientes para la zonificación geotécnica

Rango de pendiente (%)	Calificación
0-1%	1
1-3%	2
3-7%	2
7-12%	2
12-25%	3

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Igualmente, para tener una mejor idea de apariencia de este componente, en la Foto 5-98 y Foto 5-99 se presentan algunos ejemplos de los tipos de pendientes que se presentan en

el Área de Influencia del Proyecto y en la Figura 5-27 se presenta el Mapa de Pendientes para toda el Área de Influencia.

Foto 5-98 Zonas de bajas pendientes: estabilidad geotécnica alta.



Este: 5104405.0 m – Norte: 2904754.5 m. 35,3 msnm. 1/11/2020.

Foto 5-99 Zonas de pendientes moderadas: estabilidad geotécnica media.



Este: 5107412.2 m – Norte: 2904410.1 m. 12.7 msnm. 3/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.2. Litología

Este parámetro hace referencia a las características litológicas y texturales de las unidades geológicas presentes en el área de estudio, teniendo en cuenta el perfil de meteorización, establecidos por Deere y Patton (1971). Las unidades geológicas presentes en el área de estudio se asocian con la Formación Uitpa, Abanicos coluvio-aluviales depósitos aluviales. El grado de compactación de dichas unidades es moderado a nulo, por lo que su estabilidad geotécnica en términos de litología es moderada a baja. En este aspecto es importante

mencionar que los perfiles de meteorización de las rocas son de tipo IIIA (moderadamente meteorizado).

Tabla 5-86 Valoración del tipo de material para la zonificación geotécnica

Unidad geológica	Calificación
Formación Uitpa	4
Depósitos coluvio-aluviales	4
Depósitos aluviales	5
Relleno Antrópicos	5

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Para tener una mejor idea de este componente, en la Foto 5-100 Estabilidad geotécnica baja (izq) y muy baja (der) para las unidades geológicas dentro del área de influencia

se presentan algunos ejemplos de los tipos de materiales que se presentan en el Área de Influencia del Proyecto y en la Figura 5-15 se presenta el Mapa de Unidades Geológicas.

Foto 5-100 Estabilidad geotécnica baja (izq) y muy baja (der) para las unidades geológicas dentro del área de influencia



Este: 5103892.2 m – Norte: 2903089.4 m. 37.9 msnm. 6/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.3. Coberturas de la Tierra

Según la clase de cobertura vegetal presente, se establecen diferentes comportamientos geotécnicos en el material que conforma el terreno en un determinado lugar, puesto que la profundidad y densidad del tejido radicular va a modificar la cohesión interparticular del suelo. Este parámetro adquiere un valor importante en la zonificación geotécnica, ya que durante el paso del tiempo las actividades antrópicas han ocasionado el cambio de las

coberturas, por tanto, consecuentemente ocurre degradación del suelo, seguido por ocurrencia de meteorización, erosión (erosión laminar, surcos, barrancos y cárcavas) y finalmente remoción en masa. A medida que ocurre la degradación de suelo y por ende se generan los procesos morfodinámicos, el grado de estabilidad de esta zona afectada va siendo cada vez más baja.

Las coberturas presentes en el área de estudio y la calificación asignada en relación con su estabilidad geotécnica se presentan en la Tabla 5-87.

Tabla 5-87 Valoración de la cobertura vegetal para la zonificación geotécnica

Cobertura vegetal	Calificación
Arbustal	2
Bosque de galería y/o ripario	1
Zonas arenosas naturales	5
Zonas verdes urbanas	1
Ríos (50 m)	5
Tierras desnudas y degradadas	5
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	4
Tejido urbano discontinuo	1
Cuerpos de agua artificiales	1
Otros cultivos transitorios	1

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Foto 5-101 y Foto 5-102 se presentan algunos ejemplos de los tipos de coberturas que se presentan en el área de Influencia y en la Figura se presenta el Mapa de Coberturas para toda el Área.

Foto 5-101 Ejemplo de Zona de estabilidad alta por Coberturas. Arroyo Orochón.



Este: 5107391.9 m – Norte: 2902113.4 m. 13.7 msnm. 5/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Foto 5-102 Ejemplo de zonificación de estabilidad baja por coberturas.



Este: 5106822.5 m – Norte: 2904945.0 m. 30.2 msnm. 2/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.4. Geomorfología

En el área de estudio se presentan geoformas, originadas en ambientes antrópogénico, fluviales y denudativos. Dichas unidades geomorfológicas corresponden a terraplén, planicies, glacis, llanura de inundación y cauce aluvial. En términos de estabilidad geotécnica las unidades geomorfológicas que han sufrido algún proceso denudativo y antropogénico presentan una menor estabilidad geotécnica, en comparación con las geoformas de ambientes fluviales; debido a que básicamente en los ambientes antropogénicos las geoformas han sufrido alteraciones en su configuración inicial, afectando sus características y propiedades intrínsecas. Es importante tener en cuenta que el desarrollo de actividades como el uso de las vías y movimientos de tierras para mantenimiento de estas, ocasionan que dichas geoformas presenten un menor grado de estabilidad geotécnica, ya que son susceptibles a la ocurrencia de procesos morfodinámicos, (Tabla 5-88).

Tabla 5-88 Valoración de geomorfología para zonificación geotécnica

Unidad Geomorfológica	Calificación
Fpi	1
Fca	5
Ate	4
Dp	1
Dge	3

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Para tener una mejor visión de este componente, en la Foto 5-103 se presentan algunos ejemplos de los tipos de geoformas que se presentan en el Área de Influencia del Proyecto y en la Figura 5-25 está el Mapa de Unidades Geomorfológicas.

Foto 5-103 Estabilidad geotécnica muy alta (izq.) y Muy Baja (der.)





Llanura de Inundación: Este 5108192.8 m - Norte 2901840.2 m. 12.6 msnm. 5/11/2020 y Terraplén: Este 5103029.7 m - Norte: 2900822.5 m. 27.2 msnm. 4/11/2020.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.5. Edafología

Para determinar el grado de estabilidad geotécnica que el elemento suelo le aporta al terreno se tuvo en cuenta la composición litológica de cada una de las unidades de suelo, así como su grado de pendiente, la presencia o no de escurrimiento superficial, las limitaciones, el grado de erosión y su origen principal. La calificación asignada para la estabilidad geotécnica, teniendo en cuenta las unidades cartográficas de suelo, se presenta en la Tabla 5-89.

Tabla 5-89 Valoración edafológica para la zonificación geotécnica

Clase textural	Descripción	Calificación
Sodic Haplocalcids (50%), Typic Natrargids (50%)	Profundos, mediana capacidad de intercambio de cationes, texturas moderadamente finas y medias, drenaje natural bueno, reacción ligeramente ácida a neutra y fertilidad baja	2
Typic Camborthids (90%), Sodic Haplocambids (10%)	Profundos, texturas moderadamente finas sobre medias, bien drenados, reacción ligeramente ácida a neutra, fertilidad baja	2
Acumulación de materiales aluviales	Profundos a muy superficiales, texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, bien drenados, capacidad de intercambio catiónico baja, reacción ligeramente alcalina, fertilidad muy baja	1
Typic Haplocambids (40%), Typic Torriorthents (30%), Calcic Haplosalids (30%)	Muy superficiales, drenaje natural muy pobre, texturas finas y moderadamente finas, capacidad de intercambio catiónico alta, reacción ligera a moderadamente alcalina, fertilidad baja	2

Clase textural	Descripción	Calificación
Typic Aquisalids (50%), Calcic Haplosalids (25%), Sodic Haplocambids (25%)		
Typic Torrifuvents (100%)	Muy profundos, texturas medias a gruesas, bien drenados, alta a mediana capacidad de intercambio de cationes, reacción casi neutra, fertilidad moderada	1

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.6. Hidrogeología

Las unidades hidrogeológicas definidas para el área de estudio presentan diferentes características de conductividad hidráulica (permeabilidad) y porosidad, relacionadas con la composición litológica: Acuíferos y Acuitardos. Dicha variación litológica y por lo tanto de conductividad pueden interactuar con la geotecnia y por ende definir zonas de alta, media y baja estabilidad geotécnica. La Tabla 5-90 presenta la calificación asignada para las unidades hidrogeológicas de acuerdo con su grado de estabilidad. Las unidades hidrogeológicas que no contienen agua o no lo trasmiten presentan una mayor estabilidad que las unidades hidrogeológicas porosas, las cuales presentan un mayor contenido de agua. En este sentido, la Formación Uitpa por clasificarse como un acuífero de baja productividad, presenta una estabilidad geotécnica baja en términos de unidades hidrogeológicas.

Tabla 5-90 Valoración de unidades hidrogeológicas para la zonificación geotécnica

Unidades hidrogeológicas	Calificación
Acuífero Depósitos coluvio-aluviales	3
Acuífero Formación Uitpa	2
Acuífero Depósitos aluviales	4

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.7. Usos del Suelo

El uso actual del suelo impacta directamente la estabilidad geotécnica de un área determinada; puesto que aquellas tierras utilizadas por ejemplo para ganadería son más susceptibles a presentar procesos morfodinámicos en comparación de las tierras de conservación. Para la determinación de los usos actuales se utilizó la metodología del IGAC (2007), con los nombres propuestos dentro de la Resolución 2182 de 2016 del Ministerio de Medio Ambiente. La Tabla 5-91 presenta la calificación asignada para la variable de uso actual en relación con la estabilidad geotécnica.

Tabla 5-91 Valoración de uso actual del suelo para la zonificación geotécnica

Grupo de uso	Uso actual	Calificación
Agricultura	Cultivos transitorios intensivos (CTI)	1
Agroforestal	Sistemas silvopastoriles (SPA)	2
Asentamiento	Residencial	1
Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	1
Cuerpos de Agua Artificiales	Cuerpos de Agua Artificiales	1
Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	5
Forestal	Sistemas forestales protectores (FPR)	1
Infraestructura	Servicios	1
Agricultura	Transporte	4

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.7.8. Mapa de Zonificación Geotécnica

Para la realización del mapa de Zonificación geotécnica se utilizó el programa ARCGIS 10.5. En este sentido, se dieron valores de 1 para la estabilidad muy alta para cada uno de los criterios, 2 para estabilidad alta, 3 para estabilidad moderada, 4 para baja estabilidad y 5 para muy baja estabilidad. Con la evaluación anterior es de esperar que al cruzar los mapas de valores dados a cada uno de los criterios se obtengan categorías entre 1 y 35, clasificados en rangos de estabilidad que se muestran en la Tabla 5-92.

Tabla 5-92 Rangos para clasificación de estabilidad geotécnica para el área de estudio

Rango	Calificación
Muy alta	1 - 7
Alta	7,1-14
Moderada	14,1-21
Baja	21,1-28
Muy baja	28,1-35

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

De acuerdo con lo observado en el mapa de zonificación geotécnica (Figura 5-127), se aprecia que la mayor parte del Área de Influencia del Proyecto se clasifica como área de estabilidad Alta con el 77,0% del área de influencia. Estas zonas son pocos susceptibles a presentar procesos morfodinámicos, debido a sus condiciones ambientales y al uso antrópico adecuado que se le da al suelo, relacionado con la preservación del recurso flora.

Por su parte la Estabilidad Geotécnica Moderada representa el 22,15% del Área de Influencia y se asocia con zonas de susceptibles a la ocurrencia de procesos morfodinámicos debido a que no existe una densa cobertura vegetal y las pendientes son considerables.

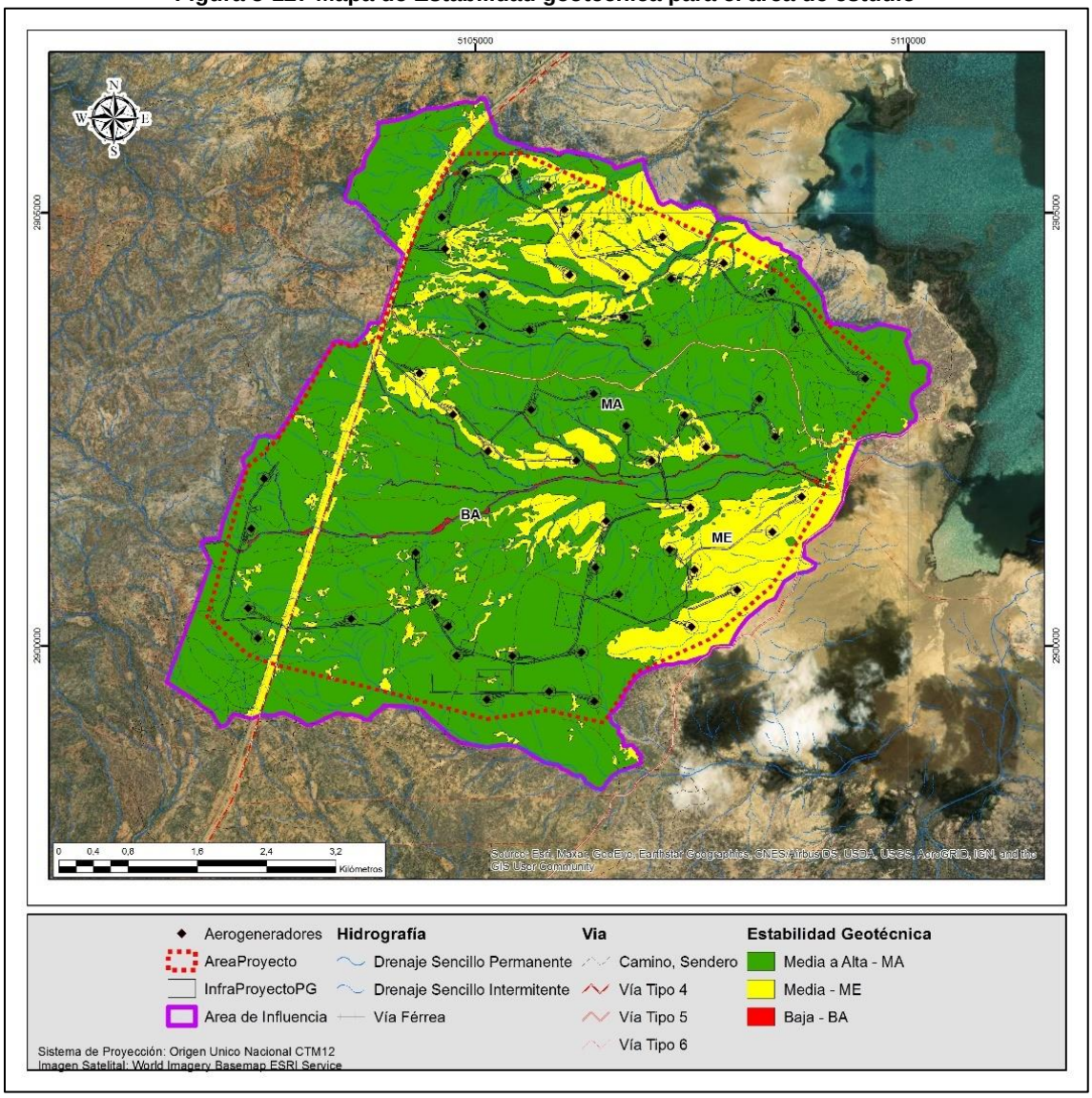
Por último, se presenta la unidad Estabilidad Geotécnica Baja, representa el 0,84 % del Área de Influencia y se asocia a los cauces de los ríos y drenajes secundarios y donde no existe ningún tipo de cobertura vegetal.

Tabla 5-93 Porcentaje y área de cubrimiento por rango de estabilidad de la zona de estudio

Grado de Estabilidad Geotécnica	AI (Ha)	% AI
Baja	33,6	0,8%
Moderada	885,0	22,2%
Alta	3076,0	77,0%
Total	**3994,6**	**100,0%**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

Figura 5-127 Mapa de Estabilidad geotécnica para el área de estudio



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

En resumen, en la Tabla 5-94 se presenta la con la descripción de las unidades de Estabilidad Geotécnica del Área de Influencia del Proyecto.

Tabla 5-94 Descripción de las unidades de Estabilidad Geotécnica del Área de Influencia del Proyecto

Estabilidad geotécnica	Descripción
Alta	Esta unidad está constituida por zonas planas ligeramente disectadas por el drenaje intermitente. Los materiales presentes son pedimentos de rocas metamórficas como cuarcitas. Estos presentan buenas condiciones de estabilidad ya que no presentan altas pendientes y los materiales, aunque son fragmentos, son altamente resistentes. Los procesos morfodinámicos en esta zona son menores y están representados por erosión pluvial laminar con inundaciones locales en temporadas de lluvias intensas.
Media	La unidad corresponde a colinas bajas con intensa disección de los drenajes. Pendiente de las laderas de moderada a fuerte. Drenaje dendrítico a subdendrítico, cauces cortos con pendiente moderada a fuerte hacia drenajes secundarios. Erosión en sectores de poca vegetación protectora y flujos de tierra.
Baja	La unidad corresponde a los cauces aluviales. Corresponde a zonas con materiales superficiales correspondientes a suelos residuales arcillosos con alto grado de inestabilidad y depósitos aluviales heterogéneos y de diferentes tamaños. Está localizada en las zonas escarpadas de los cauces aluviales, donde se genera procesos de socavación lateral, lo cual inestabiliza el terreno.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2021.

5.1.8. Atmósfera

En el presente capítulo se identifican y describen las condiciones meteorológicas (condiciones diarias) y la caracterización climática (series de tiempo) en el área de estudio y su entorno. Para ello, se consideró dar prioridad a la información disponible en las estaciones del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), los registros de la estación propia del proyecto y los obtenidos por la estación colocada durante los días de monitoreo de aire y ruido con registros entre el 06 de noviembre al 12 de diciembre del año 2020.

Adicionalmente se presenta un marco teórico sobre eventos como los huracanes, tormentas eléctricas, tormentas de arena, vendavales y tsunamis resaltando la incidencia que puede presentarse en el proyecto, por medio de referencia bibliográfica.

Los registros se consideran idóneos y representativos para el análisis de las diferentes variables meteorológicas, cuyos datos han sido dispuestos en esquemas y gráficos con el objetivo de facilitar su interpretación contemplando valores promedios y extremos en intervalos diarios e históricos, siendo el periodo más corto analizado de 3 años.

5.1.8.1. Meteorología

El siguiente análisis tiene como fin establecer el comportamiento de los parámetros climatológicos, dependiendo de la orografía de la zona, la época del año y su interacción con los contaminantes atmosféricos.

El clima es un factor condicionante de la configuración del paisaje y su incidencia sobre el hombre, tanto en la distribución de la población como en la de sus actividades; por tal razón a continuación se muestran y analizan los diferentes componentes climáticos y su interacción, basados en las metodologías de Beaufort, Pasquilli, Thornthwaite y Caldas Lang, a fin de determinar el comportamiento climático del área de estudio.

El país se encuentra en la zona intertropical Cáncer – Capricornio, específicamente en los trópicos húmedos, subregión ecuatorial, los parámetros climáticos son relativamente constantes a lo largo del año; sin embargo, la complejidad de la geografía, los vientos, la localización y la posición de la tierra con respecto a la del sol provocan diferentes variaciones en cada una de las zonas de Colombia influyendo en los períodos tanto húmedos como secos; en otra palabras “Colombia es un país húmedo, con un régimen de lluvias intensas repartidas en dos épocas que se alternan con dos períodos secos. No obstante, el territorio colombiano incluye también trópico “sub-húmedo, seco y caliente”, representada principalmente en la Orinoquía y en la planicie costera Caribe”[59].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, primero se realizó una revisión de los fenómenos meteorológicos que se presentan en mayor o menor incidencia en el área de estudio seguida de una descripción más específica a partir de los datos obtenidos a través del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

5.1.8.1.1. Huracanes

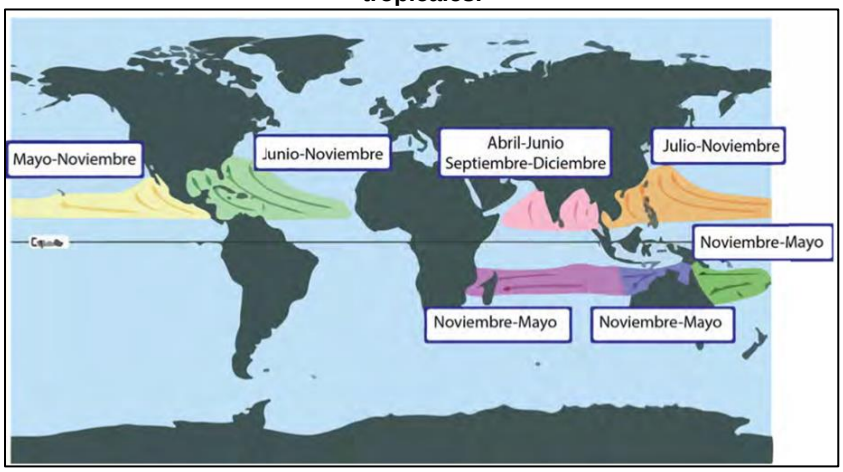
Según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - NGRD[60] , un ciclón tropical es un sistema de tormentas de circulación atmosférica con baja presión en el centro, caracterizado por fuertes vientos y una espiral de tormentas que produce lluvias intensas.

Existen diferentes términos para el mismo fenómeno climático: huracanes, ciclones o tifones, dependiendo de la cuenca oceánica (su ubicación) y su fuerza. Este fenómeno se refiere al movimiento del viento en forma circular arremolinado alrededor del ojo central; sus vientos soplan en contra de las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur, debido al efecto Coriolis, que es el resultado de la rotación de la tierra. (Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD).

Las condiciones necesarias para el desarrollo de ciclones tropicales se dan solamente durante meses específicos del año, y para diferentes meses en cada cuenca oceánica. Las áreas sombreadas en la Figura 5-128 ilustra las áreas donde los ciclones tropicales normalmente se desarrollan, las trayectorias promedio y los meses en los que se espera su generación.

[59] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Márquez C. German. Mapas de un fracaso: Naturaleza y conflicto en Colombia. Pág. 15, 16, 17. [En línea: 25 de enero de 2020]. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=gpNOydWVQxYC&printsec=frontcover&dq=Mapas+de+un+fracaso:>
[60] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – NGRD,2018.

Figura 5-128 Regiones preferenciales, trayectorias y estaciones para el desarrollo de ciclones tropicales.



Fuente: Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD, adaptado por INGETEC, 2020.

Para el caso de Colombia, la probabilidad de que los ciclones tropicales afecten el territorio continental es bastante reducida en comparación con otras zonas del Caribe. Las zonas con amenaza directa de este fenómeno son el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y la Península de La Guajira, considerando el paso físico de un ciclón sobre estas áreas. En las zonas costeras caribeñas que incluye Santa Marta, Barranquilla y Cartagena, ha existido afectación, pero ha sido más indirecta (lo que se conoce como coletazos).

Existen tres efectos geofísicos y meteorológicos que favorecen a la baja afectación por ciclones tropicales al territorio Colombiano: i) la fuerza de Coriolis hace que los huracanes, que provienen de la costa africana, tiendan a moverse en dirección oeste-noroeste, ii) la línea de costa del Caribe Colombiano no es horizontal por lo que el oleaje generado no impacta de manera perpendicular a la costa, excepto en la península de la Guajira que se encuentra más expuesta, y iii) la Sierra Nevada de Santa Marta, sistema montañoso de 5.600 metros sobre el nivel del mar, y el noreste de Cartagena de Indias, funcionan como un escudo natural que se interpone cuando un sistema de estas características se acerca por el Este de la región, haciendo que la tormenta cambie la trayectoria ligeramente hacia el noroeste del mar Caribe protegiendo gran parte del litoral Caribe centro y sur. Sin embargo, estos sistemas dejan altas precipitaciones en las cuencas que pueden dar lugar a crecidas e inundaciones.

Aunque la mayoría de los ciclones tropicales no toquen tierra colombiana, pueden pasar cerca generando eventos asociados al fenómeno como: inundaciones, movimientos en masa, vientos fuertes/ vendavales, tormentas eléctricas, entre otros. Estos eventos pueden causar aumento del nivel de las aguas por crecientes súbitas, colapsos en estructuras, deslizamientos de tierra, caída de árboles, techos y postes de servicio público, erosión en

las laderas, inundaciones en viviendas, pérdidas de embarcaciones menores y afectaciones en botes y a pescadores

Algunos de los ciclones tropicales más recordados en territorio colombiano fueron Joan ocurrido en octubre 1988 que atravesó la península de la Guajira y se desplazó por el lado sur de San Andrés; Bret en 1993; Roxanne, ocurrido en octubre de 1995 que se originó al norte del Archipiélago de San Andrés y Providencia; César en julio de 1996, que efectuó su desplazamiento por el norte de la península de La Guajira, y Lenny en noviembre de 1999 que, siguiendo una dirección atípica oeste-este afectó indirectamente toda la costa norte Colombiana y produjo una fuerte marejada en la costa Caribe. Emily en el 2005, Felix en el 2007, Matthew 2016 y el más reciente corresponde al huracán Iota en el año 2020.

Tal como se indicó, en el mes de noviembre del presente año el huracán Iota tuvo incidencia en Colombia, y generó altas precipitaciones en la zona del proyecto, las cuales fueron evidenciadas el 3 de noviembre por parte de los profesionales de INGETEC que desarrollaron la visita de campo. El comportamiento y alertas asociadas a los eventos de Huracán son registradas en los boletines emitidos por el IDEAM los cuales corresponden a: i) Boletín hidrológico diario, comunicados especiales y iii) Boletín de condiciones hidrometeorológicas.

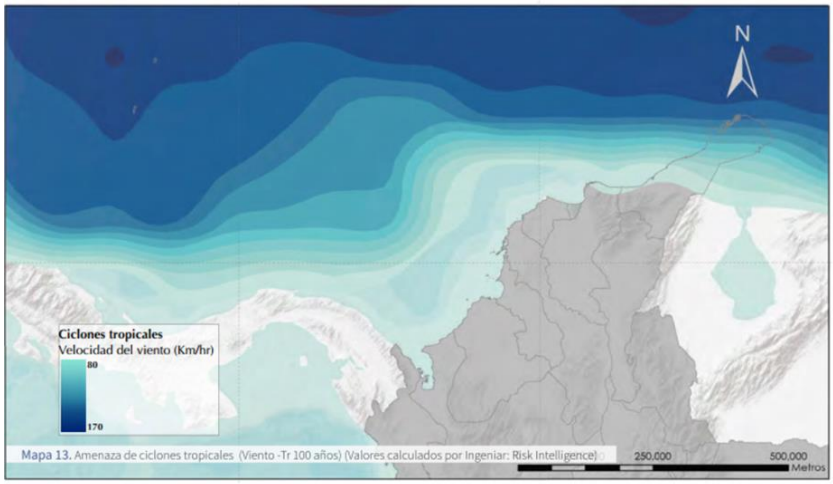
Se realizó la revisión de dichos boletines y se identificó que el Municipio de Uribia el 3 de noviembre, estaba en alerta amarilla según el boletín hidrológico diario del IDEAM de la fecha, además según el documento de Condiciones hidrometeorológicas en el día 3 de noviembre se indicaba que para la zona se esperaban que persistieran las lluvias sobre la zona marítima del Caribe, finalmente se identificó un comunicado especial del día 14 de noviembre donde se informa que la depresión tropical se fortaleció y alcanzó la categoría de tormenta tropical, dentro de este documento se presentan recomendaciones en la zona de La Guajira.

En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/1-Hidrológico/IDEAM), se presentan los documentos asociados a los boletines consultados durante el paso de la tormenta tropical Iota desde el IDEAM.

5.1.8.1.2. Evaluación de la amenaza de ciclones tropicales en Colombia

En el Atlas de Riesgo de Colombia, se indica que se han realizado estudios específicos con mayor resolución en las regiones de Colombia expuestas a esta amenaza que permitieron identificar los vientos asociados a los ciclones para diferentes periodos de retorno. En la Figura 5-129, se presentan las velocidades identificadas y se interpreta a partir de la información disponible que para la zona de estudio bajo condiciones de ciclón se esperan vientos de 80 a 100 km/hr para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 5-129 Amenaza de ciclones tropicales (Viento – Tr 100 años).



Fuente: Valores calculados por Ingeniar Risk Intelligence. Atlas de Riesgo de Colombia, NGRD, adaptado por INGETEC, 2020.

5.1.8.1.3. Tormenta eléctrica

Se caracteriza principalmente por producir una gran liberación de energía, a través de descargas eléctricas atmosféricas (rayos), que generan altas corrientes que se manifiestan en forma de energía lumínica (relámpago) y energía audible (trueno), además se presenta por medio de precipitaciones acompañadas de vientos que pueden ser muy fuertes[61].

A nivel espacial las influencias meteorológicas de tipo sinóptico en Colombia, como la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) y la incidencia de los sistemas de vientos alisios del Noreste y Sudeste (asociados con la ZCIT), repercuten sobre las condiciones locales originando, por ejemplo, mayor nubosidad en áreas extensas y determinando en algunas regiones los periodos de mayor y menor incidencia de actividades de tormenta eléctrica atmosférica. También la actividad convectiva, por condiciones especiales de inestabilidad atmosférica, producto de factores térmicos y de la formación de lluvias por el factor orográfico, contribuye al aumento de la probabilidad de formación de tormentas[62].

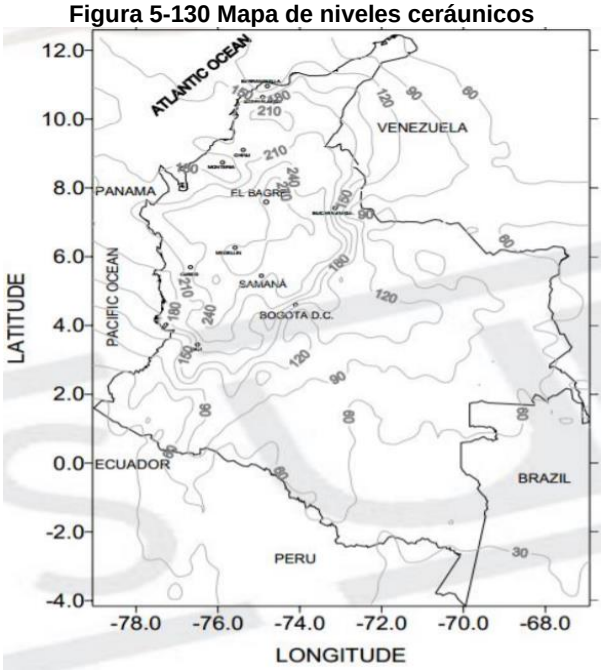
En Colombia, el estrechamiento de las cadenas montañosas, principalmente en las Cordilleras Oriental (Noroeste de Cundinamarca y Sudoeste de Boyacá) y Central (Noreste de Caldas, Sudeste de Antioquia), y los vientos que se aproximan a ellas, marcan la principal influencia en la definición del mayor o menor nivel ceráunico y por tanto de la mayor actividad eléctrica atmosférica.

El Nivel Ceráunico (NC) se define como el número de días al año en los cuales es oído por lo menos un trueno, y el valor máximo que se puede presentar es 365. Para la evaluación

[61] H. Torres-Sánchez, El rayo en el trópico - Certezas temporales de investigación sobre el fenómeno del rayo, Universidad. Bogotá D.C., 2015.
[62] Torres-Sánchez H.: ¿Qué rayos sabemos? Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (131): 193-208, 2010. ISSN 0370-3908.

de la actividad de rayos en el área de estudio, se representa el NC mediante curvas de distribución de probabilidad acumulada[63]. Este nivel posee en Colombia la distribución espacio-temporal presentada en el mapa de niveles ceráunicos de la Figura 5-130.

Figura 5-130 Mapa de niveles ceráunicos



Fuente: Norma Técnica Colombiana de Protección Contra Rayos, Horacio Torres - Sanchez.

De acuerdo con la Figura 5-130, la zona correspondiente al área de estudio en el departamento de La Guajira presenta un nivel ceráunico de entre 60-90, lo que indica los días al año en el que se presenta algún indicio de la ocurrencia de tormentas eléctricas.

Tabla 5-95 Nivel Ceráunico promedio en Colombia desde 2012 hasta 2017.

SN	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LLG	56	30	33	39	104	78

Unidad: días de tormenta al año.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

Tabla 5-96 Densidad de Descargas a Tierra promedio en Colombia desde 2012 hasta 2017.

SN	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LLG	10	5	4	3	12	9

Unidad: rayos/km^2-año.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

[63] Estudio de Impacto Ambiental Proyecto UPME-03-2010, Subestación Chivor II – Y Norte 230 kV y Línea de Transmisión asociadas. Capítulo 9. Plan de Contingencia. EEB. 2002. En línea: https://www.grupoenergiabogota.com/transmision/content/download/19990/307869/file/9_PLAN_DE_CONTINGENCIA_EEB.pdf

5.1.8.1.4. Tormenta de arena

Ocurren cuando fuertes vientos arrastran grandes cantidades de arena y polvo de suelos desnudos y secos a la atmósfera y los transportan a miles de kilómetros de distancia.

Dadas las condiciones semidesérticas del área de estudio esta puede ser afectada permanentemente por fuertes vientos que actúan sobre el suelo arenoso, arrastrando cantidades apreciables de partículas en forma de tormentas de arena, generando en algunos casos sobrepasos en la legislación. Sin embargo, el fenómeno es poco frecuente en la parte sur de La Guajira con mayor frecuencia al norte, hacia Bahía Portete y Nazareth[64].

5.1.8.1.5. Vendavales

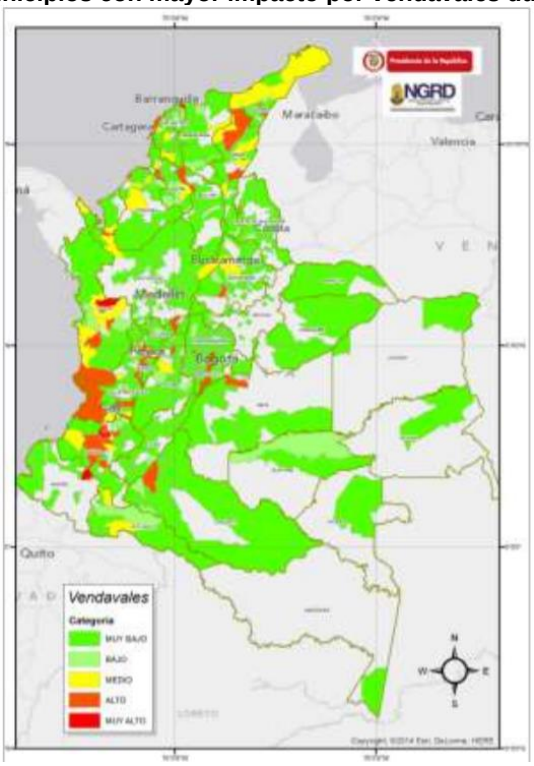
Los vendavales son ráfagas de viento que se presentan en una sola dirección, con velocidades entre 50 y 80 kilómetros por hora, en intervalos cortos de tiempo, que alcanzan a recorrer entre uno y dos kilómetros y se relacionan por lo general, con aguaceros fuertes que aparecen de manera inesperada, producto del choque de dos masas de temperaturas diferentes, es decir, entre un frente frío y otro caliente. La definición técnica más cercana es la de viento fuerte, que es, un viento cuya velocidad oscila entre 27 y 31 nudos, lo que equivale a una fuerza 8 en la escala Beaufort[65].

Aunque ocurre con mayor frecuencia en las sabanas, no es extraño que en toda la Costa Caribe se presenten vendavales, de acuerdo con Max Henríquez, subdirección del IDEAM (Universal, octubre 01 de 2006). El vendaval nace de nubes llamadas cumulonimbus, densas, potentes, de gran extensión vertical, que son las más violentas en la atmósfera y se pueden formar en cualquier tipo de geografía. Sumadas a condiciones de humedad y del viento que favorezcan su crecimiento, se pueden desprender de ellas fuertes aguaceros, tormentas eléctricas y vientos fríos que corren en dirección al suelo, capaces de desprender techos y árboles, pero no paredes. A diferencia del vendaval, la fuerza del viento (giratorio) en el tornado es hacia arriba[66].

En la Figura 5-131, se muestran los eventos de vendavales entre 1998 a 2012, registrando para La Guajira un promedio de 16 eventos[67].

[64] EPM. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Jepirachi. E632. Volumen 1. 2002.
[65] Glosario Subdirección de Meteorología, IDEAM; Subdirección para el Conocimiento del Riesgo, UNGRD, 2013.
[66] INVEMAR. CRA. Ordenamiento Ambiental de la Zona Costera del Departamento del Atlántico. 2007. En línea: https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-04/other/mcbem-2014-04-co-3-en.pdf
[67] SNGRD. Documento de priorización de líneas estratégicas y zonas de intervención en gestión del riesgo de desastres en Colombia. Septiembre 2014. En línea: http://dipecholac.net/docs/files/783-priorizacion-de-lineas-estrategicas-y-zonas-de-intervencion-en-grd.pdf

Figura 5-131 Municipios con mayor impacto por vendavales durante el periodo



Fuente: UNGRD, 2013.

5.1.8.1.6. Tsunamis

Estas impresionantes olas de origen sísmico son causadas por fuertes y repentinos movimientos del fondo del mar, generalmente debido a terremotos. En América Latina constituyen una amenaza significativa en la costa oeste sudamericana, donde cada sismo mar adentro de magnitud mayor a 7.5 puede generar tsunamis. En Colombia la región Pacífica se encuentra expuesta a amenaza sísmica alta, asociada con la zona de subducción del océano Pacífico, que tiene la capacidad de liberar las mayores cantidades de energía sísmica, en esta región acontecieron los sismos en 1906 y 1979, que se destacan por ocasionar un tsunami que afectó principalmente la población de Tumaco, municipio localizado en la costa Pacífica nariñense. Los departamentos con mayor exposición a tsunamis son Cauca, Nariño, Chocó y Valle del Cauca en el Pacífico, y La Guajira, Bolívar, Atlántico, Magdalena, Sucre, Córdoba, Antioquia y Chocó, en el Caribe; además de las áreas insulares en ambos océanos. En el Caribe son muy poco frecuentes y causan pocos daños, lo cual hace difícil justificar económicamente medidas de mitigación[68].

[68] Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial Región de América Latina y El Caribe. Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. Primera edición en español: Marzo de 2012. Disponible en http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/GESTIONDELRIESGOWEB.pdf. Consultado el 30 abril del 2018.

5.1.8.1.7. Meteorología área de estudio

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, para la caracterización climática del área de estudio, se tomaron los registros meteorológicos de las estaciones que se encuentran activas, con el objetivo de conocer la variabilidad climática de la zona de estudio en el periodo más reciente posible, de propiedad del IDEAM, una estación propia y las cuatro estaciones instaladas directamente en el área de estudio; la identificación de dichas estaciones y sus características se muestran en la Tabla 5-97; además su ubicación, con relación al área de estudio, se muestra en la Figura 5-132, Figura 5-133 y Mapa 14. Estaciones meteorológicas (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

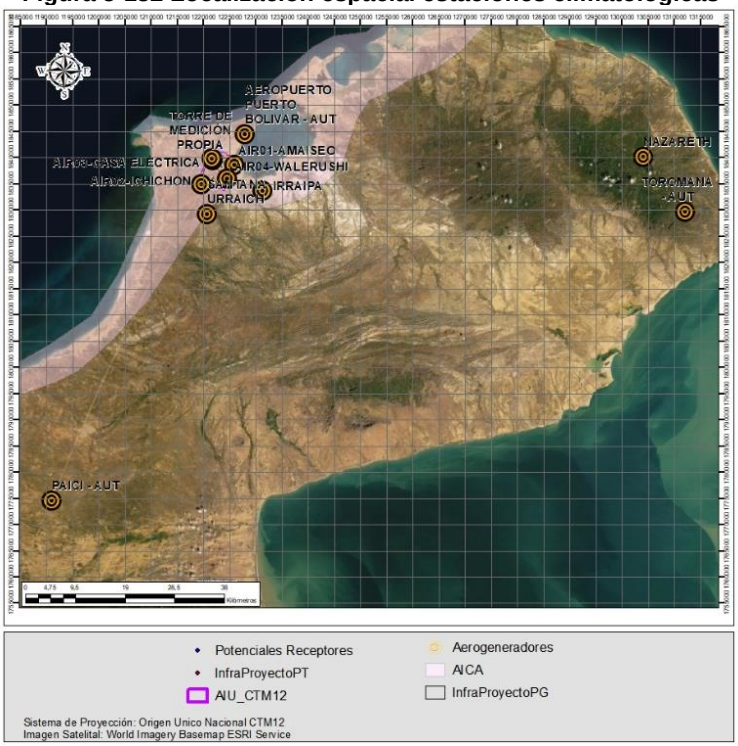
Tabla 5-97 Estaciones Climatológicas seleccionadas

Código	Entidad	CAT	Nombre	Municipio	Departamento	Altitud	Coordenadas Planas Origen Nacional	
						(m.s.n.m)	Este	Norte
15070010	IDEAM	PM	SANTANA URRAICH	Uribia	La Guajira	30	5103324,43	2893821,99
15070070	IDEAM	PM	IRRAIPA	Uribia	La Guajira	65	5113960,36	2898258,28
15075501	IDEAM	CP	AEROPUERTO PUERTO BOLIVAR - AUT	Uribia	La Guajira	10	5110589,69	2909073,74
15075150	IDEAM	AM	PAICI - AUT	Uribia	La Guajira	45	5073477,44	2839386,84
15085050	IDEAM	CP	TOROMANA - AUT	Uribia	La Guajira	144	5194645,37	2893940,35
15085020	IDEAM	CP	NAZARETH	Uribia	La Guajira	85	5186640,12	2904435,16
10000000	OTRO	EP	TORRE DE MEDICIÓN PROPIA	Uribia	La Guajira	38	5104392,10	2904178,66
EHS-OPE-216	OTRO	PRO2	AIR01-AMAISEO	Uribia	La Guajira	18	5108657,99	2903252,89
EHS-OPE-209	OTRO	PRO2	AIR02-ICHICHON	Uribia	La Guajira	38	5102248,28	2899510,07
EHS-OPE-145	OTRO	PRO2	AIR03-CASA ELÉCTRICA	Uribia	La Guajira	38	5104287,35	2904461,72
EHS-OPE-147	OTRO	PRO2	AIR04-WALERUSHI	Uribia	La Guajira	27	5107181,55	2900652,07

CO: Climatológica ordinaria, CP: Climatológica principal, PM: Pluviométrica, PG: Pluviográfica ME: Estación meteorológica, AM: Agrometeorológica, SP: Sinóptica principal, EP: Estación del Proyecto, PRO2: Estación consultor monitoreo de aire y ruido.

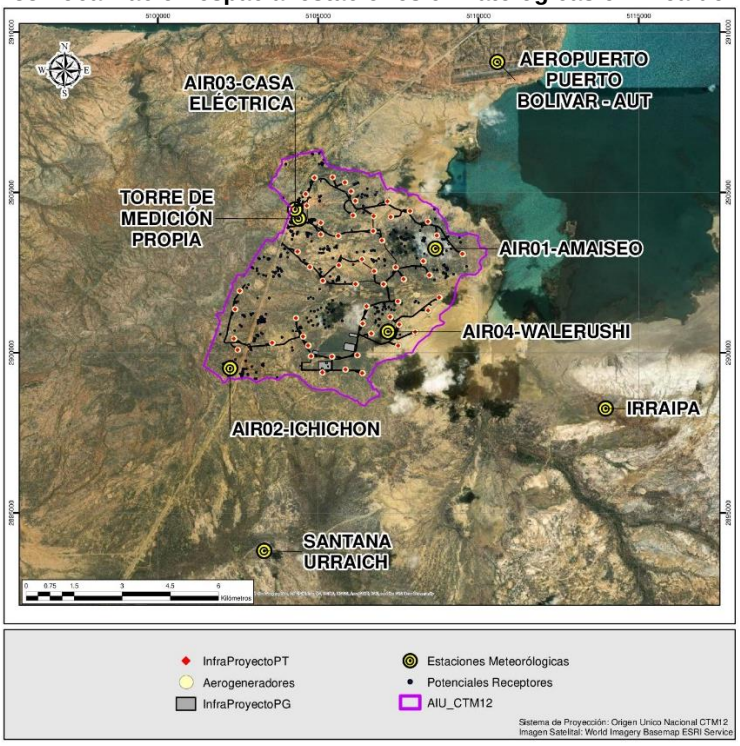
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-132 Localización espacial estaciones climatológicas



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-133 Localización espacial estaciones climatológicas en Área de Influencia



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Con respecto al periodo de análisis según la OMM y UNESCO[69] se recomienda un espacio de tiempo mínimo de 10 años para evaluar variables climáticas. Con el fin de realizar el análisis espacial y temporal de las condiciones atmosféricas se tienen en cuenta los periodos más largos y los más cortos de las estaciones presentes dado que no se tienen una cobertura amplia de estaciones. La resolución temporal que se empleó para el análisis se muestra en la Tabla 5-98.

Tabla 5-98 Periodo de análisis.

Nombre	T (°C)	P (mm)	HR (%)	VV (m/s)	DV (°)	RG (W/m2)	PA (mb)	NB (octas)	Ep (mm)
SANTANA URRAICH	NR	1971-2020	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
IRRAIPA	NR	1971-2020	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
AEROPUERTO PUERTO BOLIVAR - AUT	1987-2020	1986-2020	2017-2020	1986-2014	1986-2014	NR	2014-2020	1997-2020	NR
PAICI - AUT	2005-2020	2012-2020	2005-2020	2005-2020	2005-2020	2005-2017	NR	NR	2005-2017
TOROMANA - AUT	2005-2020	2005-2020	2005-2020	2005-2020	2005-2020	2016-2018	2005-2020	NR	2005-2018
NAZARETH	NR	NR	NR	NR	NR	1986-1994	NR	2000-2020	NR
TORRE DE MEDICIÓN PROPIA	2013-2019	NR	2013-2019	2013-2019	2013-2019	NR	2013-2019	NR	NR
AIR01-AMAISEO	Periodo de monitoreo 06 de noviembre a 12 de diciembre 2020								
AIR02-ICHICHON									
AIR03-CASA ELÉCTRICA									
AIR04-WALERUSHI									

T: Temperatura, P: Precipitación, HR: Humedad Relativa, VV: Velocidad del viento, DV: Dirección del viento, RG: Radiación solar, PA: Presión atmosférica, NB: Nubosidad, BS: Brillo solar, Ep: Evaporación.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

[69] ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Evaluación de los recursos hídricos. Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas. OMM y UNESCO. México. 2005.

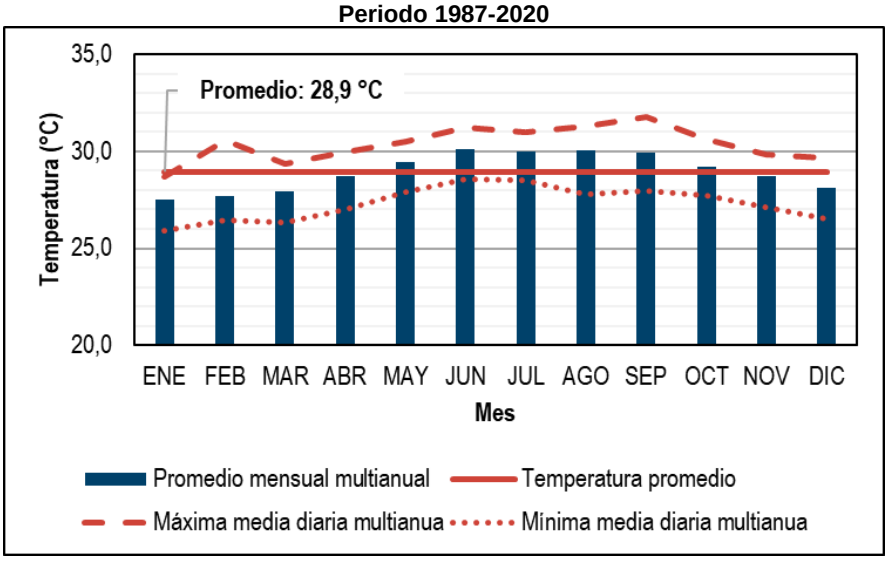
Las estaciones seleccionadas son las más cercanas de acuerdo a las condiciones de orografía de la zona y buscando dar cobertura a las características climáticas que influencian el área de estudio, ya que se observan características de clima similares para toda esta región.

El presente análisis se basa en los términos de referencia TDR-09 para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental –EIA en proyectos de uso de energía Eólica Continental, acogidos mediante la Resolución 1312 del 11 de agosto de 2016, con la cual se establece las condiciones meteorológicas medias en escalas temporales mensuales multianuales, en casos particulares como las lluvias se trabajan en escalas diarias ya que esta es una variable acumulativa.

5.1.8.1.8. Temperatura

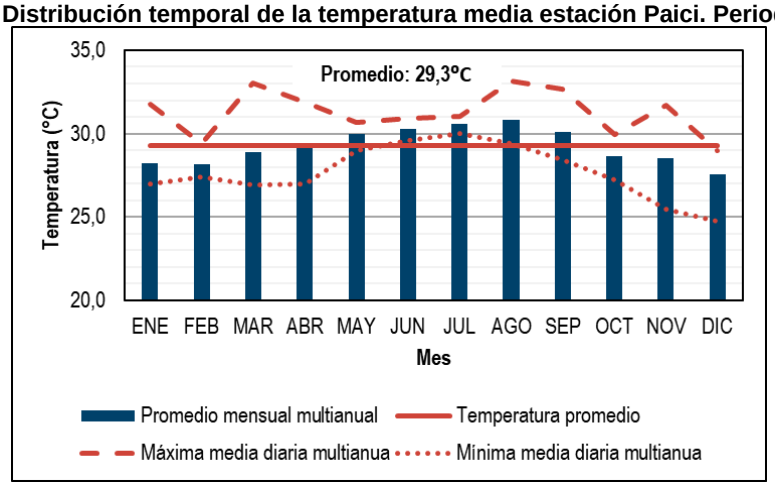
La temperatura ambiente es la medida de la magnitud del calor ocasionada por la radiación solar sobre la atmósfera o sobre la tierra. La distribución espacial de la temperatura, es consecuencia de los gradientes verticales, que a su vez dan origen a los pisos térmicos; de esta manera, a cada nivel altimétrico corresponde una temperatura específica y una posición en un gradiente de latitud-longitud. El comportamiento de este parámetro para la zona general, donde se desarrollará el proyecto se muestra entre la Figura 5-134 y Figura 5-137.

Figura 5-134 Distribución temporal de la temperatura media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020



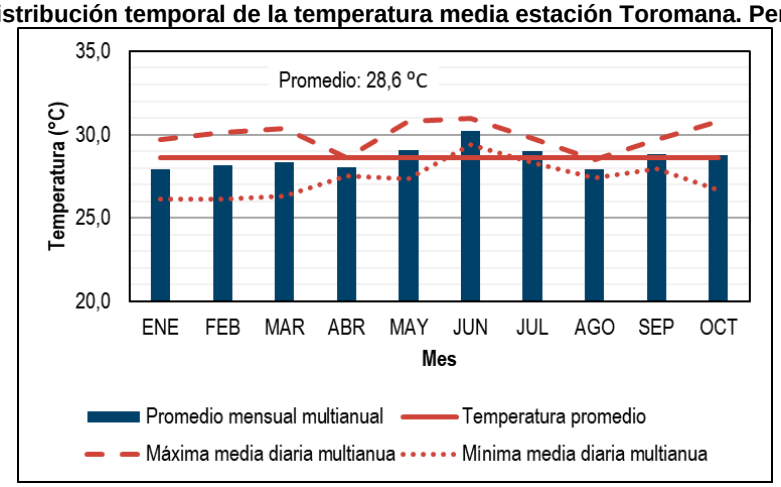
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-135 Distribución temporal de la temperatura media estación Paici. Periodo 2006-2020



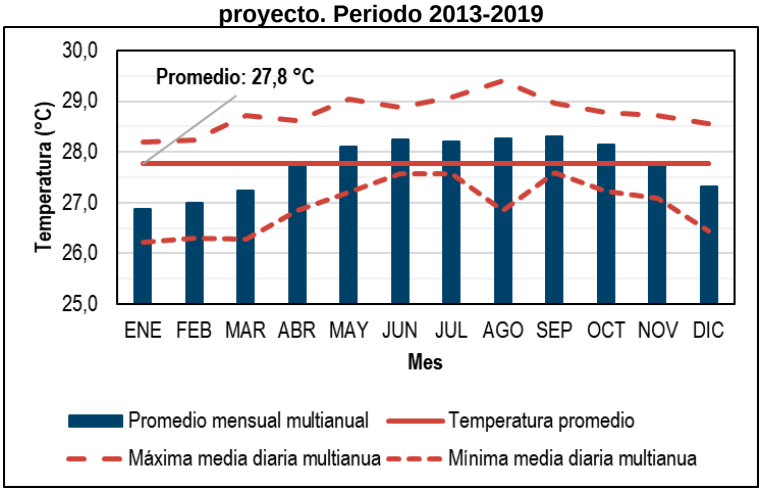
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-136 Distribución temporal de la temperatura media estación Toromana. Periodo 2018-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-137 Distribución temporal de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019



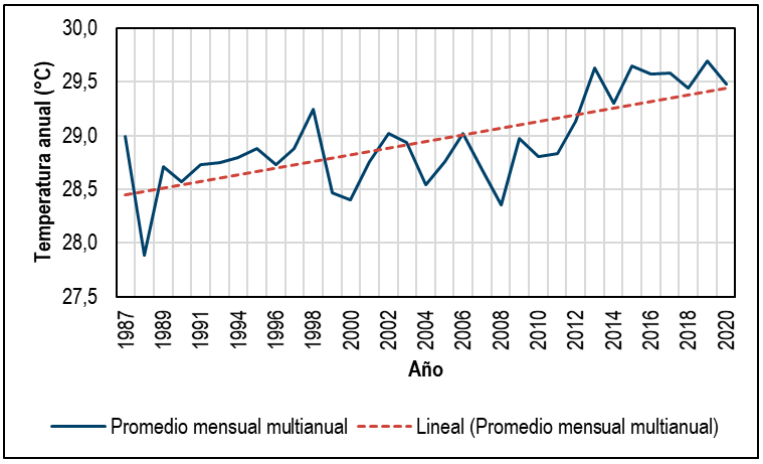
Fuente: INGETEC, 2020.

Los registros de temperatura media tienen un comportamiento monomodal en todas las estaciones, con un valor promedio multianual entre 27,8 °C hasta los 29,3 °C. Los meses cuya temperatura es mayor al promedio corresponde al periodo entre mayo y septiembre y los registros con valores menores se presentan entre octubre y abril.

5.1.8.1.9. Variación anual de la temperatura media

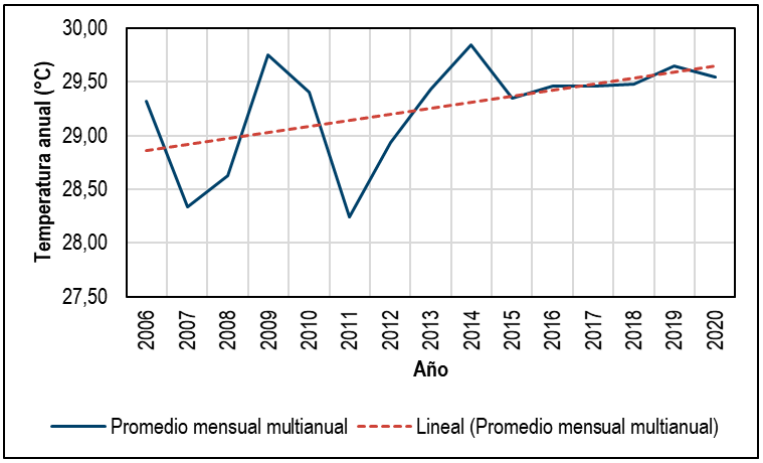
Con los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, Paici, Totomana y la torre de medición propia del proyecto se definió el comportamiento anual y la tendencia de las series de temperatura media, como resultado se identificó que la tendencia de la serie anual de temperatura ha sido creciente tal como se puede observar en la Figura 5-138 y Figura 5-141 en las cuatro estaciones.

Figura 5-138 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020



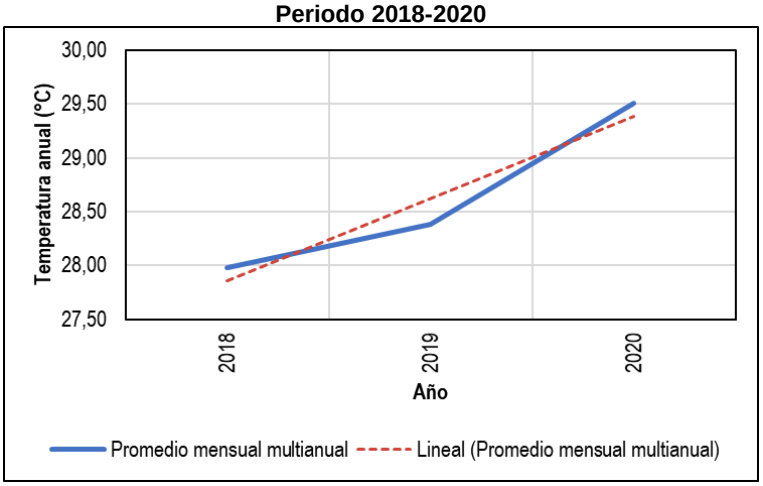
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-139 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Paici. Periodo 2006-2020



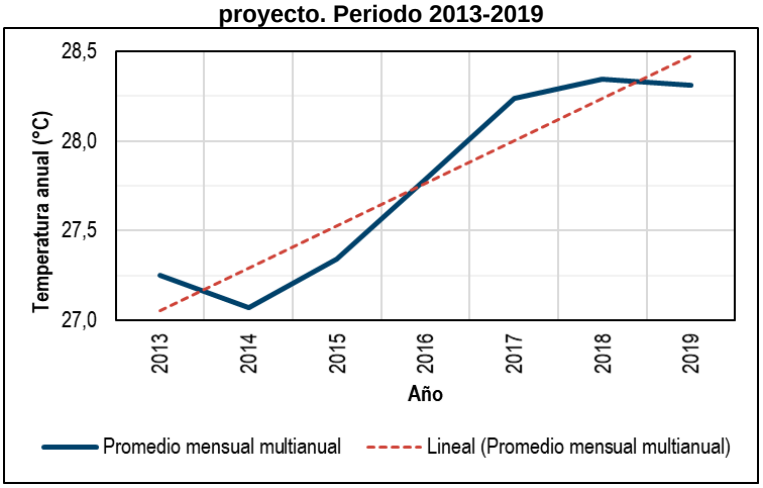
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-140 Variación anual y tendencia de la temperatura media estación Toromana. Periodo 2018-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

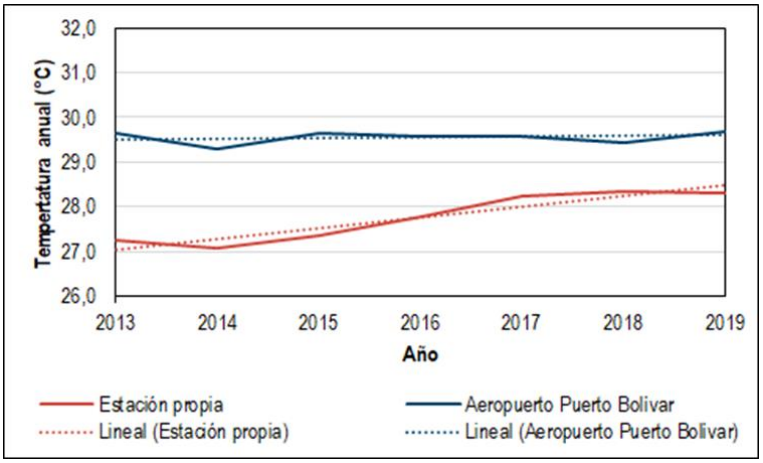
Figura 5-141 Variación anual y tendencia de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019



Fuente: INGETEC, 2020.

Adicionalmente, se ha comparado el comportamiento de la temperatura media anual para el periodo común entre las dos estaciones más cercanas al área del proyecto, es decir, para el periodo 2013 - 2019. Como resultado se identificó que la tendencia de las dos series ha sido creciente tal como se puede observar en la Figura 5-142. En general la temperatura media de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar ha sido mayor que la estación propia del proyecto en 1,8 °C.

Figura 5-142 Variación anual de la temperatura media en las estaciones para el periodo común. Periodo 2013-2019



Fuente: INGETEC, 2020.

A partir de los valores anuales de temperatura para la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, se identifica que el registro con el máximo de temperatura media se presentó en el año 2019 con un valor de 29,7 °C y el menor registro fue en el año 1988 con un valor de 27,9°C.

Tabla 5-99 Valores anuales de temperatura de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar

Año	Promedio	Año	Promedio	Año	Promedio
1987	29,0	1999	28,5	2010	28,8
1988	27,9	2000	28,4	2011	28,8
1989	28,7	2001	28,8	2012	29,1
1990	28,6	2002	29,0	2013	29,6
1991	28,7	2003	28,9	2014	29,3
1993	28,7	2004	28,5	2015	29,6
1994	28,8	2005	28,8	2016	29,6
1995	28,9	2006	29,0	2017	29,6
1996	28,7	2007	28,7	2018	29,4
1997	28,9	2008	28,3	2019	29,7
1998	29,2	2009	29,0	2020	29,5

Fuente: INGETEC, 2020

Con respecto a los valores anuales de temperatura para la estación Paici, se identifica que el registro con el máximo de temperatura media se presentó en el año 2009 y 2019 con un valor de 29,7 °C y el menor registro fue en el año 2011 con un valor de 28,2°C.

Tabla 5-100 Valores anuales de temperatura de la estación Paici.

Año	Promedio	Año	Promedio	Año	Promedio
2006	29,3	2011	28,2	2016	29,5
2007	28,3	2012	28,9	2017	29,5
2008	28,6	2013	29,4	2018	29,5
2009	29,7	2014	29,8	2019	29,7
2010	29,4	2015	29,3	2020	29,5

Fuente: INGETEC, 2020.

Para los valores anuales de temperatura en la estación Toromana, se identifica que el registro con el máximo de temperatura media se presentó en el año 2020 con un valor de 29,5 °C y el menor registro fue en el año 2018 con un valor de 28,0°C.

Tabla 5-101 Valores anuales de temperatura de la estación Toromana.

Año	Promedio
2018	28,0
2019	28,4
2020	29,5

Fuente: INGETEC, 2020.

De la misma manera se identificó que en la estación propia el máximo valor de temperatura anual se presentó en el año 2018 y 2019 con un valor de 28,3 °C y el menor registro fue en el año 2014 con un valor de 27,1°C.

Tabla 5-102 Valores anuales de temperatura de la estación Propia del proyecto.

Año	Promedio	Año	Promedio
2013	27,2	2017	28,2
2014	27,1	2018	28,3
2015	27,3	2019	28,3
2016	27.8		

Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.10. Precipitación

La precipitación es uno de los elementos que condicionan el clima de manera más profunda y más rápida, y un factor controlador del ciclo hidrológico en la región, así como de la ecología y el paisaje. La precipitación se define como el agua, tanto líquida como sólida, que cae sobre la superficie de la tierra y que viene precedida en todos los casos por los

fenómenos de condensación y sublimación o por una combinación de ambos[70], causando una variación en las concentraciones de los contaminantes, pues la lluvia limpia la atmósfera y arrastra los contaminantes hacia el suelo y las aguas superficiales, provocando una disminución de estos[71]

La distribución temporal y espacial de la precipitación de las cuencas analizadas tuvo como base información de tres estaciones. Los períodos recopilados de registros se presentan en la Tabla 5-103.

Tabla 5-103 Periodos de registros de precipitación recopilados

Estación	Precipitación Total
SANTANA URRAICH	1971 - 2020
IRRAIPA	1971 - 2020
APTO PTO BOLIVAR AUTO	1986 - 2020

Fuente: INGETEC, 2020

A partir de los registros recopilados de precipitación se definió como período común de análisis los años: 1988 -2020. Se resalta que los registros del año 2020 consideran los eventos de los huracanes IOTA y ETA que tuvieron paso por la zona de estudio. Previo a los análisis de distribución temporal de la precipitación se realizaron análisis de complementación de vacíos mediante la siguiente formulación que considera datos durante ese período en otras estaciones pluviométricas cercanas[72].

$$Px = 1/n[(N_x/N_t)P_t + (N_x/N_2)P_2 + .(N_x/N_n)P_n]$$

Donde:

n: número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación “x”, la cual va a ser completada en su registro.

Px: Precipitación de la estación “x” durante el periodo de tiempo por completar.

P1 a Pn: Precipitación de las estaciones 1 a n durante el periodo de tiempo por completar.

N_x: Precipitación media anual a nivel multianual de la estación “x”

N1 a Nn Precipitación media anual a nivel multianual de las estaciones de 1 a n.

En la Tabla 5-104 se presentan el porcentaje de vacíos identificados en cada estación para el período común previo a la complementación de precipitación.

[70] HEUVELDOP, Jochen et al.Agroclimatología tropical. EUNED (Editorial Universidad estatal a distancia). Pág. 115-116. [En línea: 25 de enero de 2020]. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=DD05AfVeRs0C&pg=PA8&dq >
[71] SEOÁNEZ C. Mariano. Tratado de la contaminación atmosférica: problemas, tratamiento y gestión. Ediciones mundi-prensa. México D.F. 2002. Pág. 688. [En línea: 25 de enero de 2020]. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=dw6rqAIrje0C&pg=PA697&dq>
[72] German Monsalve Sáenz, 1995

Tabla 5-104 Porcentaje de vacío de estaciones %

Estación	% Vacíos
Irraipa	0,5
Aeropuerto Puerto Bolívar	4,3
Santana Urraich	3,3

Fuente: INGETEC, 2020.

Según la recomendación dada en la Guía de prácticas hidrológicas (Organización Meteorológica Mundial, 2011) se sugiere complementar el 10% de los valores de una serie de precipitación. Las estaciones base cumplen con la recomendación de la referencia mencionada anteriormente.

Posterior a la complementación de vacíos se estimaron los parámetros estadísticos: media y desviación estándar de las series de precipitación diaria con y sin complementar. En la Tabla 5-105 se presentan las variaciones identificadas.

Tabla 5-105 Comparación de parámetros estadísticos para datos complementados y sin complementar. Periodo 1998-2019

Estación	Sin Complementar		Complementados		Variación Porcentual	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Irraipa	30,3	5,7	30,4	Irraipa	30,3	5,7
Aeropuerto Puerto Bolívar	25,7	5,2	25,7	Aeropuerto Puerto Bolívar	25,7	5,2
Santana Urraich	38,1	7,5	37,1	Santana Urraich	38,1	7,5

Fuente: INGETEC, 2020.

Considerando los datos presentados anteriormente en la Tabla 5-105 se aprecia que la variación porcentual en la media de los registros varía entre 0,08 y 2,70% para la estación Aeropuerto Puerto Bolivar y Santana Urraich respectivamente y en términos de la desviación estándar, la variación oscila entre 0,16 y 1,64% para las estaciones Irraipa y Santana Urraich respectivamente.

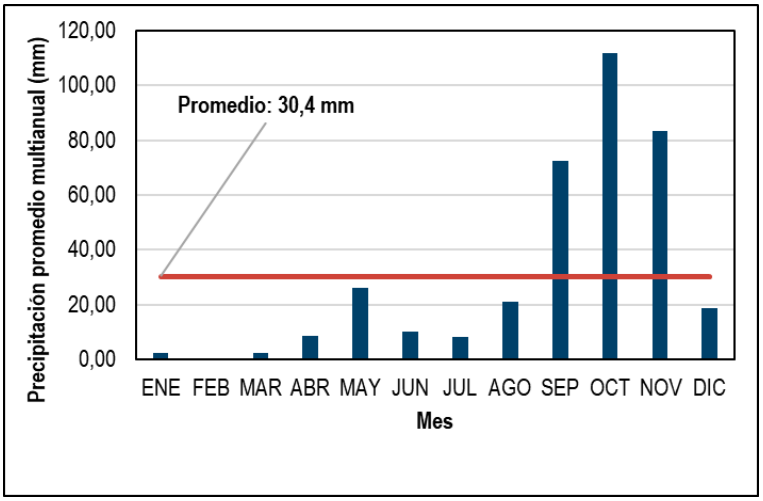
- ✓ Distribución temporal de la precipitación.

Tomando como base los registros históricos de precipitación diaria complementada se presenta la distribución temporal de este parámetro en la Figura 5-143, Figura 5-144, Figura 5-145 para las estaciones: Irraipa, Aeropuerto Puerto Bolívar y Santana para el periodo 1988 - 2020. Se resalta que los registros del año 2020 consideran los eventos de los huracanes IOTA y ETA que tuvieron paso por la zona de estudio en los meses de octubre y noviembre.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Irraipa (Figura 5-143), presenta valores más altos que el promedio en el periodo de septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 111,7 mm

mientras que el registro más bajo se presenta en febrero con un valor de 0,24 mm. La precipitación media mensual multianual es de 30,4 mm y la precipitación total anual multianual es de 365,2 mm.

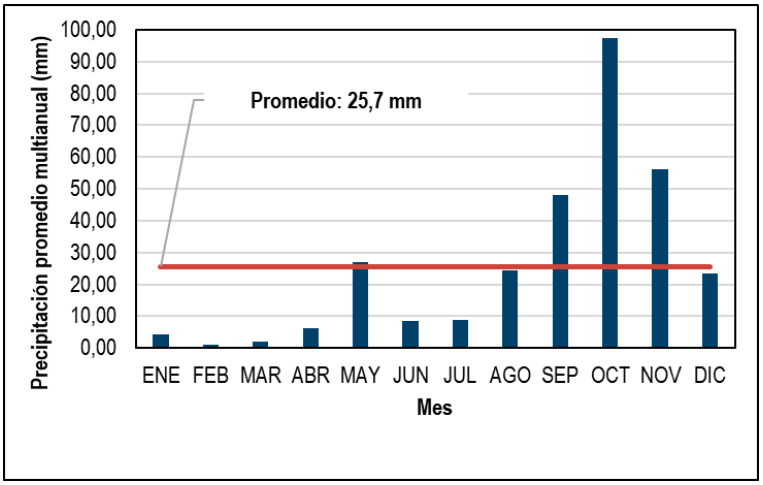
Figura 5-143 Distribución temporal de la precipitación en la estación Irraipa. Periodo 1988 - 2020



Fuente: INGETEC, 2020.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, presenta valores más altos que el promedio en el periodo de mayo y septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 97,5 mm mientras que el registro más bajo se presenta en febrero con un valor de 1,02 mm. La precipitación media mensual multianual es de 25,7mm y la precipitación total anual multianual es de 307,9 mm. Ver Figura 5-144.

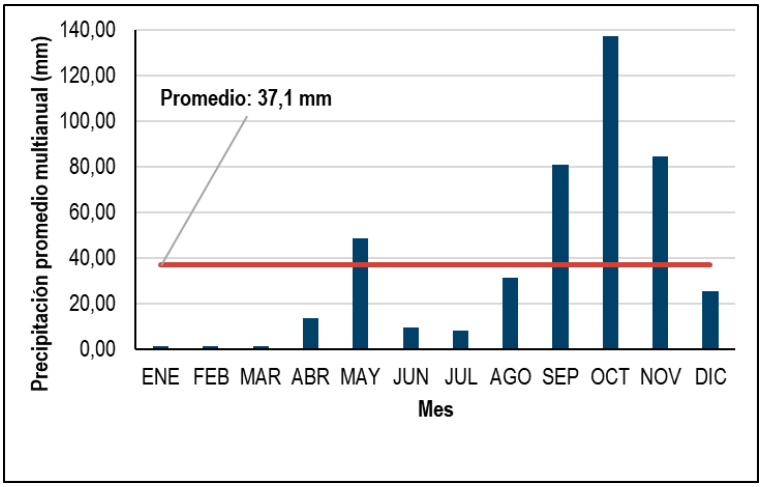
Figura 5-144 Distribución temporal de la precipitación en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1988 - 2020



Fuente: INGETEC, 2020.

La distribución temporal de los registros de precipitación de la estación Santana Urraich presenta valores más altos que el promedio en el mes de mayo y en el periodo de septiembre a noviembre. En octubre se presenta la precipitación más alta con un valor de 137,4 mm mientras que el registro más bajo se presenta en enero con un valor de 1,42 mm. La precipitación media mensual multianual es de 37,1 mm y la precipitación total anual multianual es de 444,6 mm. Ver Figura 5-145.

Figura 5-145 Distribución temporal de la precipitación en la estación Santana Urraich. Periodo 1988 - 2020



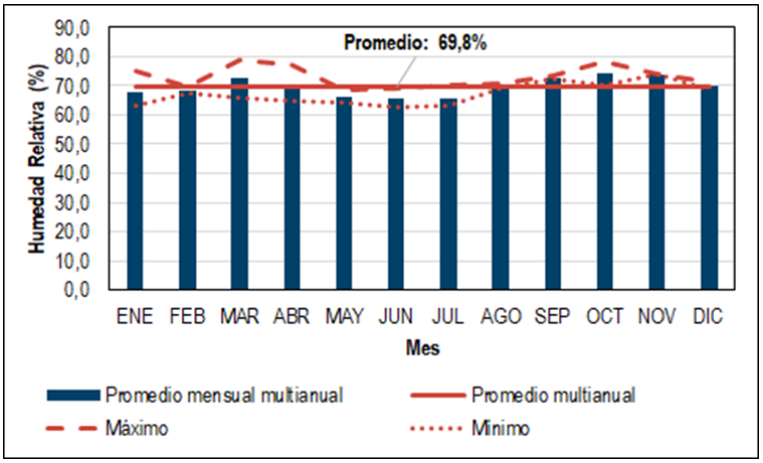
Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.11. Humedad relativa

Con los registros de humedad relativa diaria del período histórico de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, se realizó la distribución temporal de este parámetro, considerando el valor medio mensual de cada mes. En la Figura 5-146 se observa que la estación tiene un comportamiento bimodal, con períodos de humedad relativa mayores al promedio en marzo-abril y agosto - diciembre, y con períodos inferiores al promedio entre enero - febrero y mayo - julio. La humedad alcanza su máximo valor promedio en octubre (74,2%). El mínimo valor promedio ocurre en julio (65,8%).

La humedad relativa promedio mensual multianual en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar es del 69,8%, el valor mínimo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de junio de 2017 (62,6%). El valor máximo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de marzo de 2019 (79,01%)

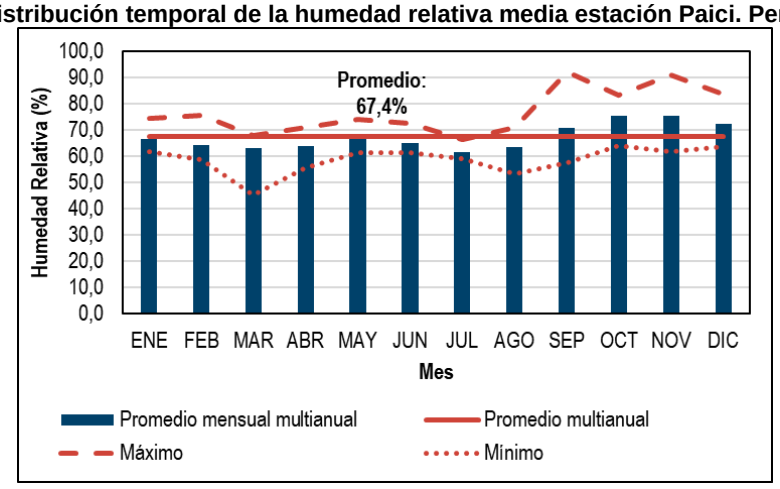
Figura 5-146 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

La humedad relativa promedio mensual multianual en la estación Paici es del 67,4%, el valor mínimo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de marzo (45,5%). El valor máximo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de septiembre (92,0%).

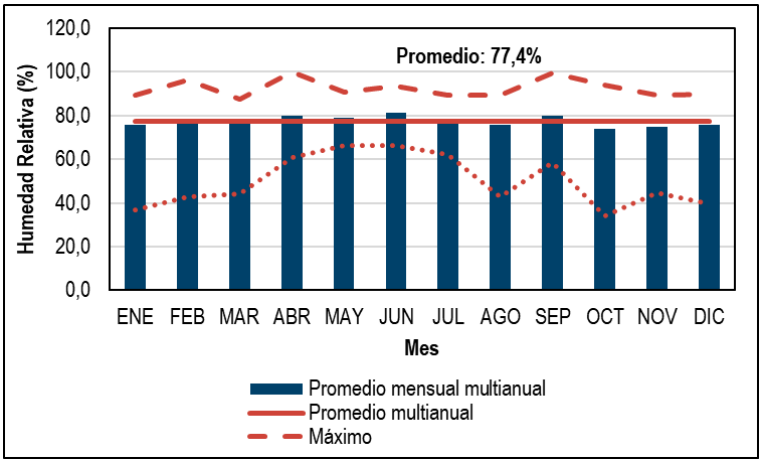
Figura 5-147 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2006-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

La humedad relativa promedio mensual multianual en la estación Toromana es del 77,4%, el valor mínimo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de octubre (34,0%). El valor máximo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de septiembre (94,2%).

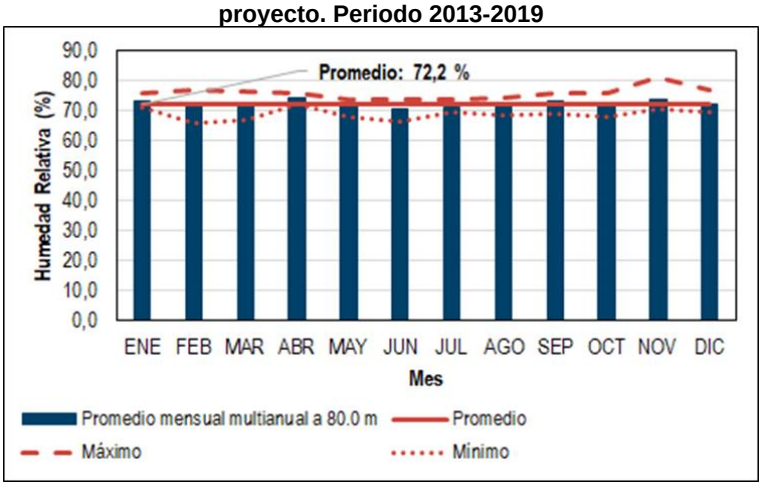
Figura 5-148 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

La humedad relativa promedio mensual multianual en la estación propia del proyecto es del 72,2%, el valor mínimo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de febrero (69,5%). El valor máximo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de noviembre (80,9%).

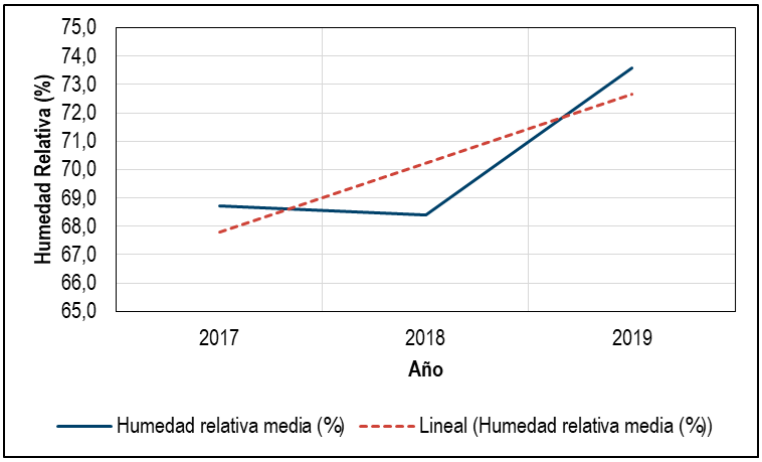
Figura 5-149 Distribución temporal de la humedad relativa media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019



Fuente: INGETEC, 2020.

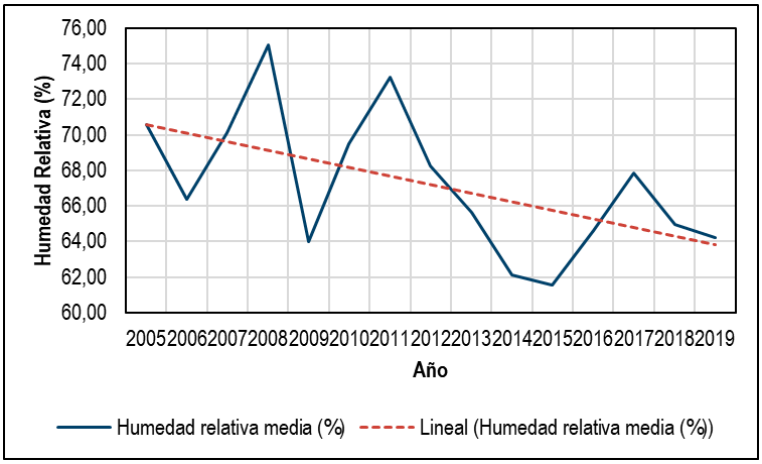
Con los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, Paici, Toromana y la torre de medición propia del proyecto se definió el comportamiento anual y la tendencia de las series de humedad relativa media, como resultado se identificó que la tendencia de la serie anual de humedad relativa ha sido creciente tal como se puede observar en la Figura 5-150 y Figura 5-153.

Figura 5-150 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020



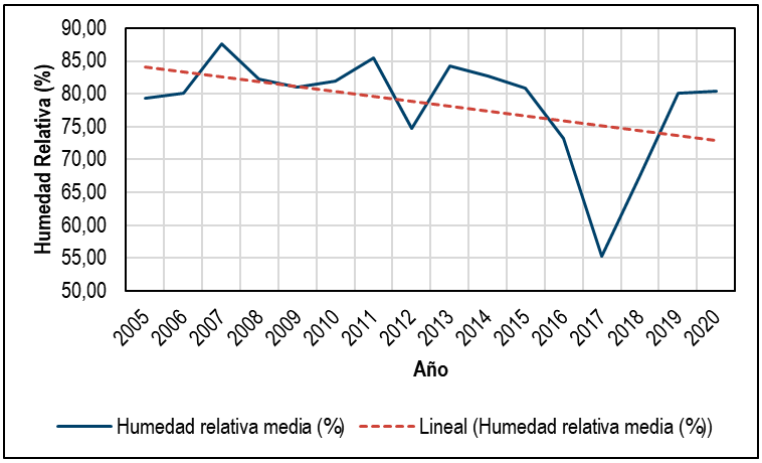
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-151 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2006-2020



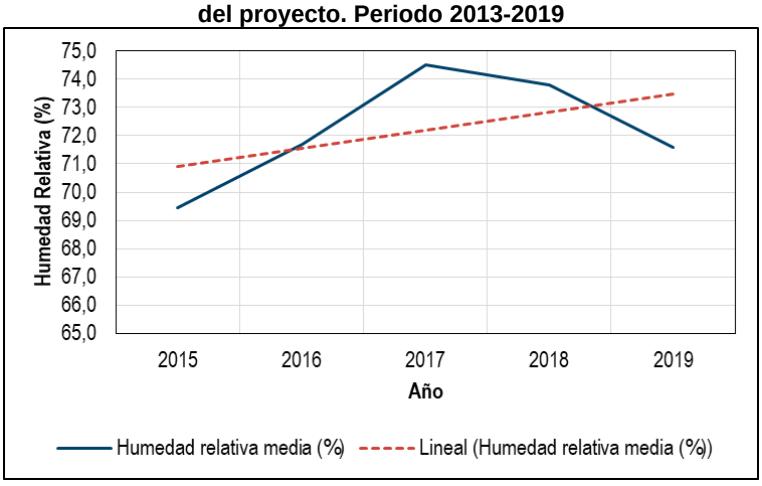
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-152 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

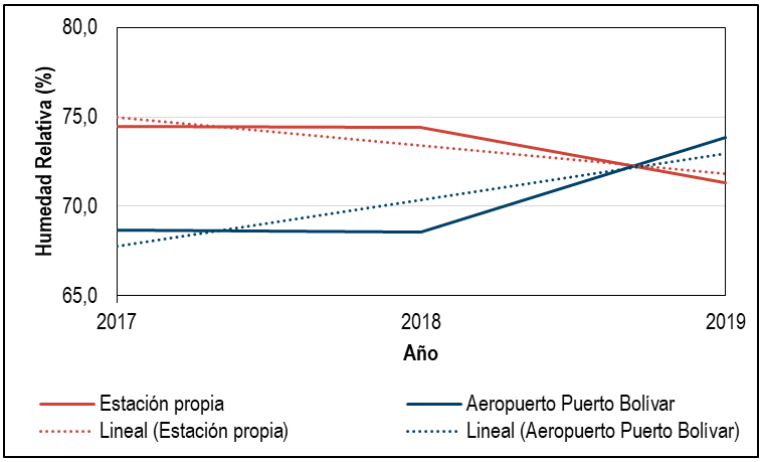
Figura 5-153 Variación anual y tendencia de la humedad relativa media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013-2019



Fuente: INGETEC, 2020.

Adicionalmente, se comparó el comportamiento de la humedad relativa media anual para el periodo común entre las dos estaciones, es decir, para el período 2017 - 2019. Como resultado se identificó que la tendencia de las dos series ha sido creciente tal como se puede observar en la Figura 5-150 y Figura 5-153, sin embargo, para este periodo específico se evidencia que mientras en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar la tendencia ha sido creciente en la estación propia la tendencia ha sido decreciente. (Ver Figura 5-154)

Figura 5-154 Variación anual de la humedad relativa media en las estaciones para el periodo común. Periodo 2013-2019

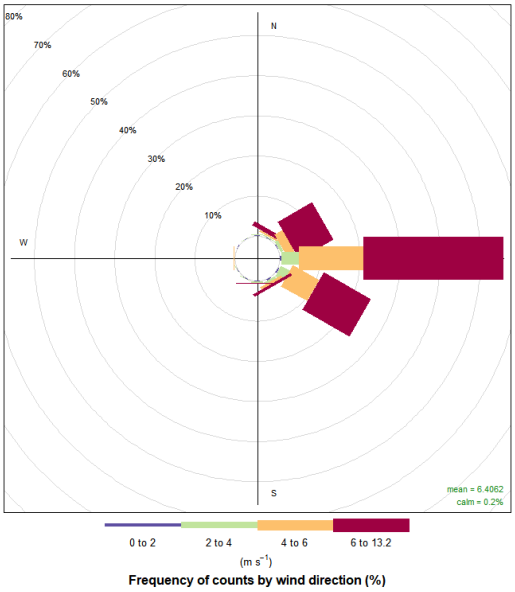


Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.12. Vientos

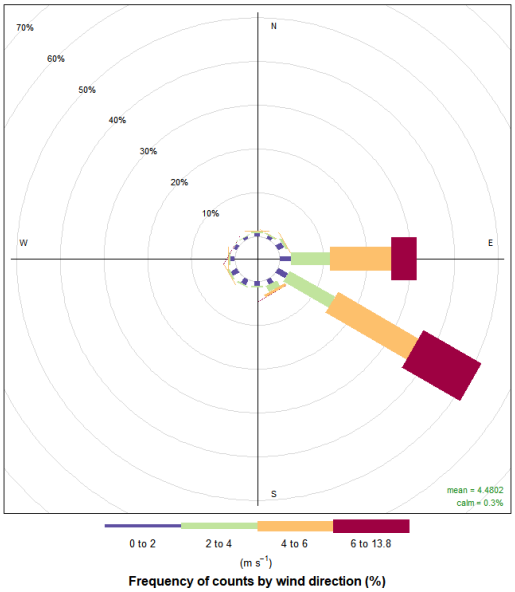
El viento es uno de los parámetros relevantes al verificar el comportamiento de la dispersión de contaminantes siendo una variable activa en la predicción de las zonas que tendrán mayor o menor afectación, dada su relación con la estabilidad atmosférica del aire: una mayor velocidad mejora la dispersión de los contaminantes (inestabilidad atmosférica), bien sea esta del tipo mecánico o del tipo convectivo. Pero, por otro lado, dependiendo de las características del sitio puede incidir en un aumento de ciertos contaminantes, como es el caso de las partículas sólidas por erosión del suelo en zonas de baja cobertura vegetal.

Figura 5-155 Rosa de vientos general estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020



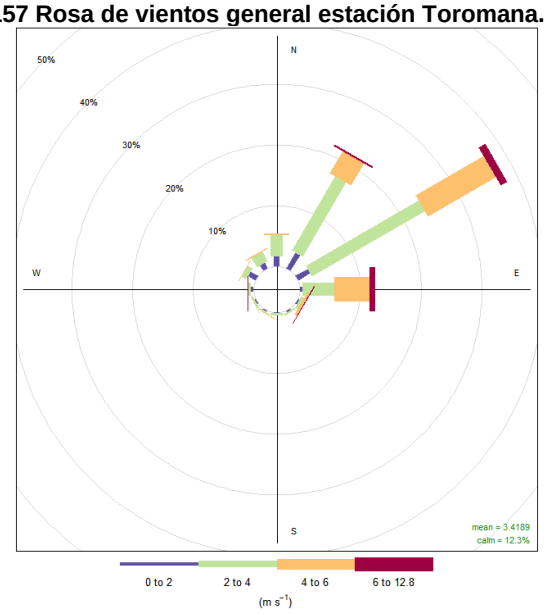
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-156 Rosa de vientos general estación Paici. 2014-2020



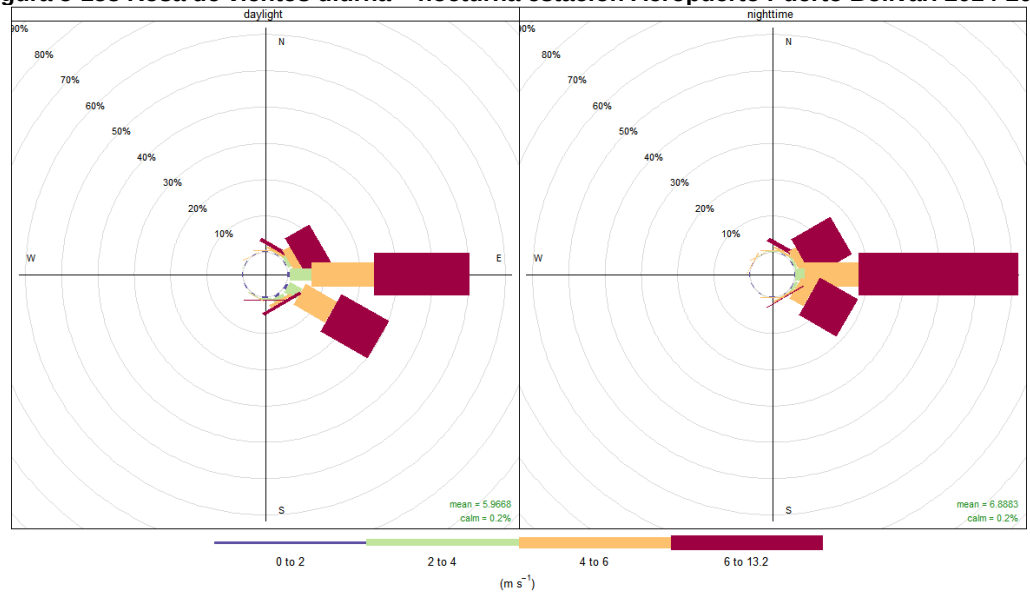
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-157 Rosa de vientos general estación Toromana. 2014-2020



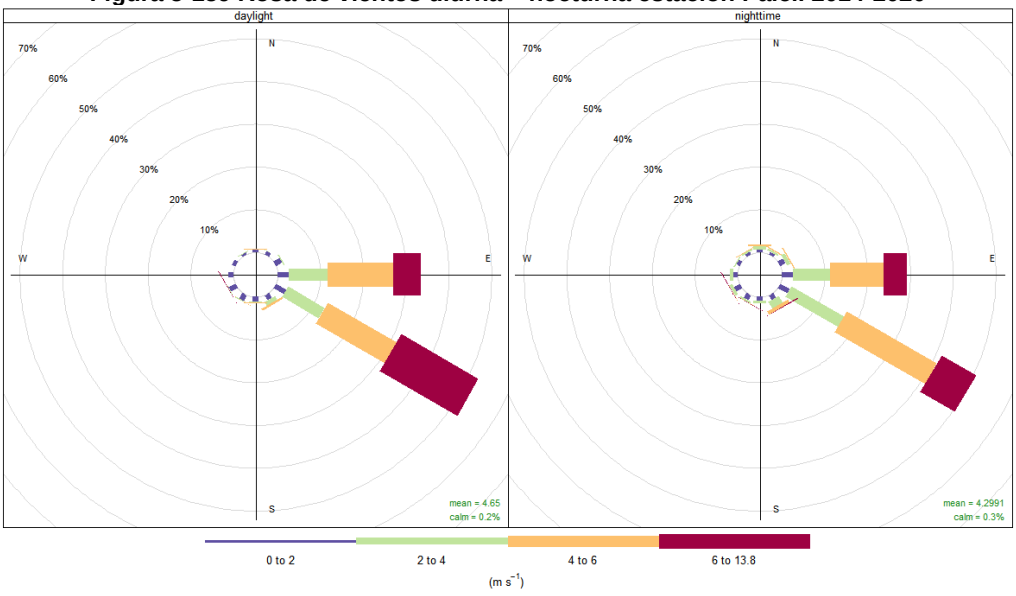
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-158 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020



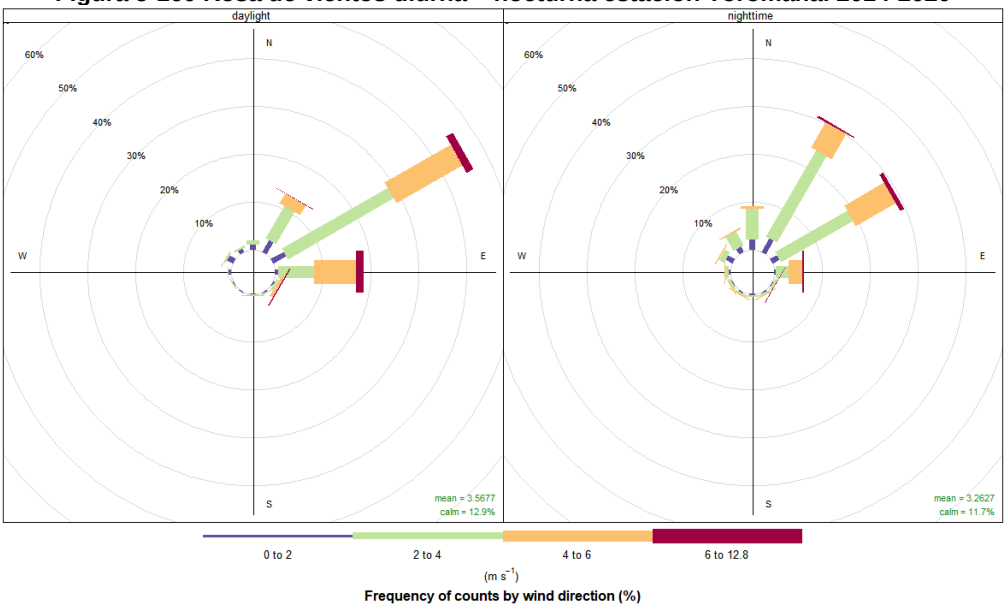
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-159 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Paici. 2014-2020



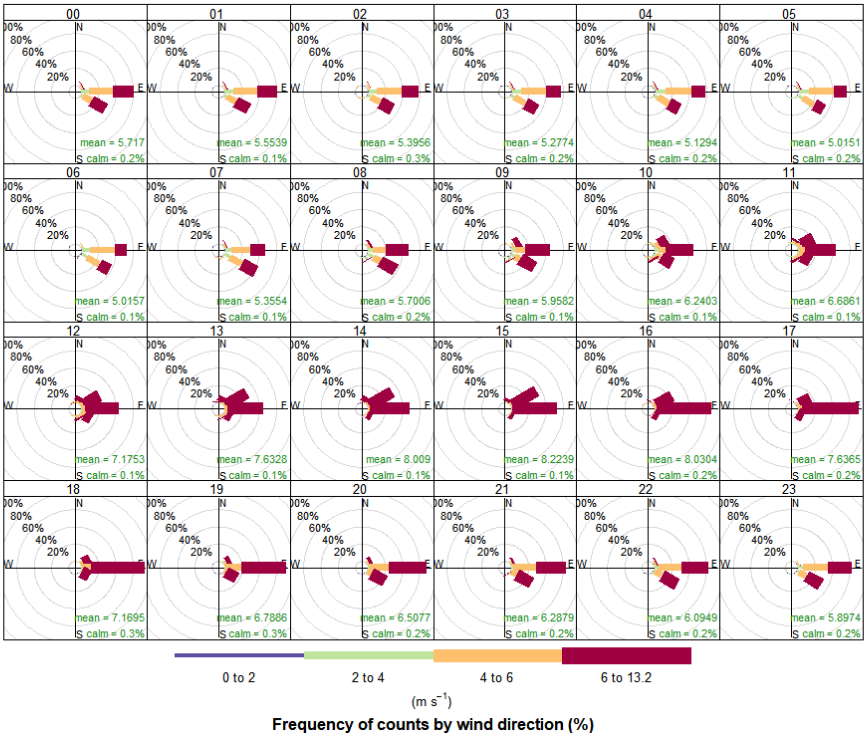
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-160 Rosa de vientos diurna – nocturna estación Toromana. 2014-2020



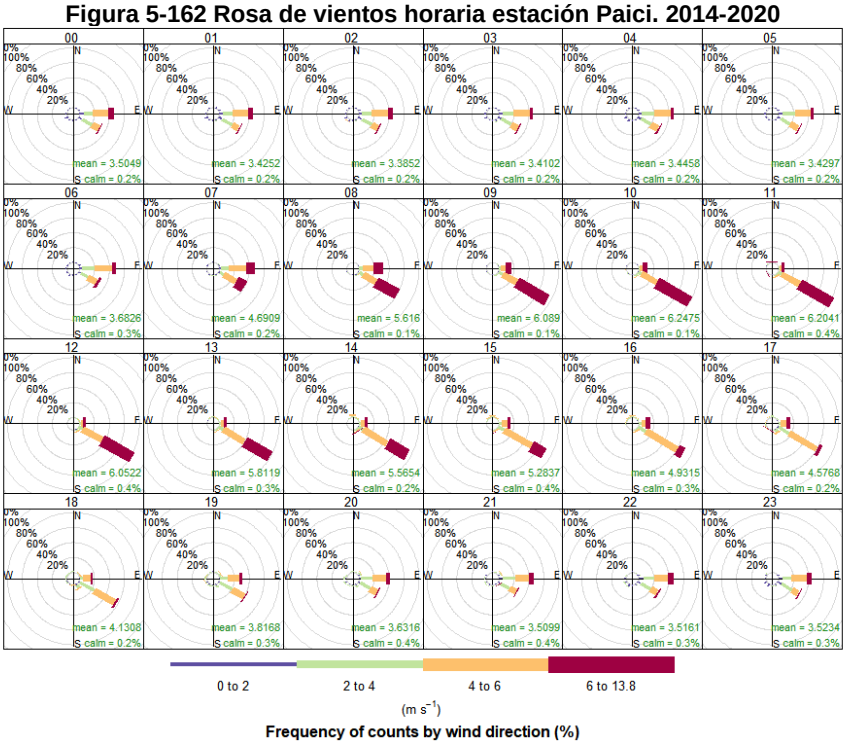
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-161 Rosa de vientos horaria estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020



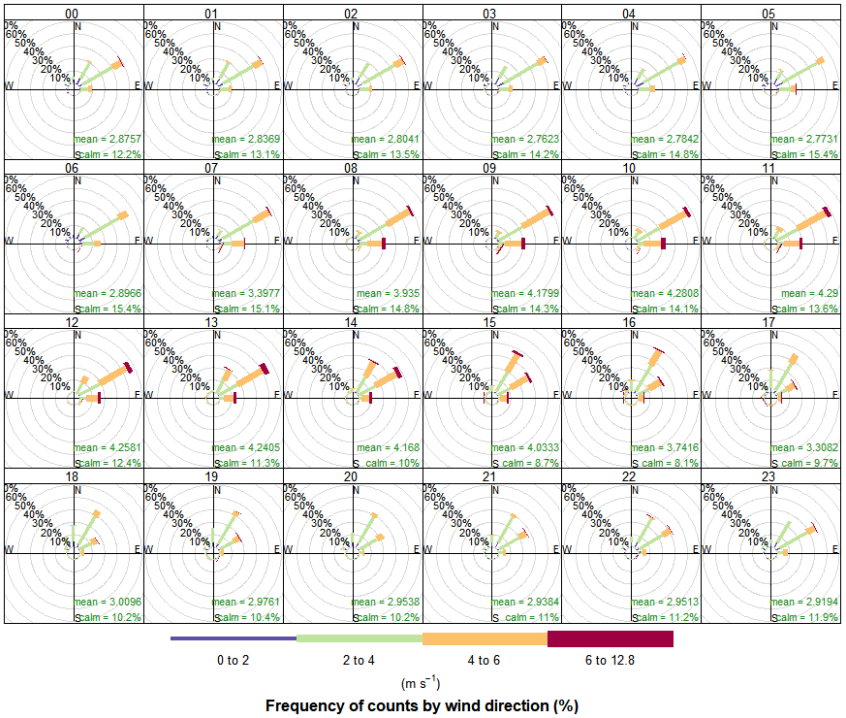
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-162 Rosa de vientos horaria estación Paici. 2014-2020



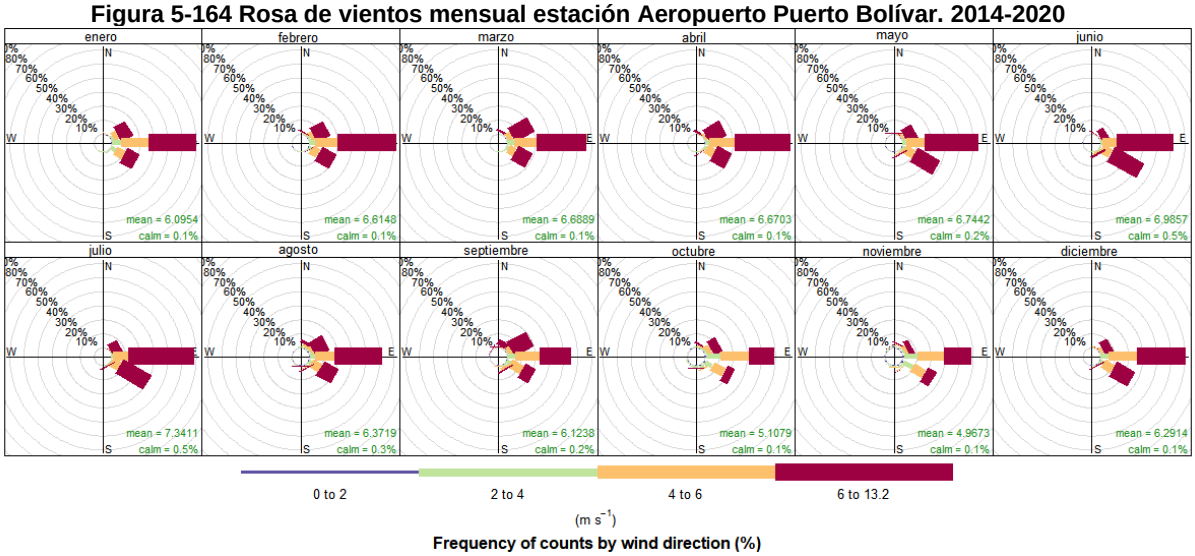
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-163 Rosa de vientos horaria estación Toromana. 2014-2020



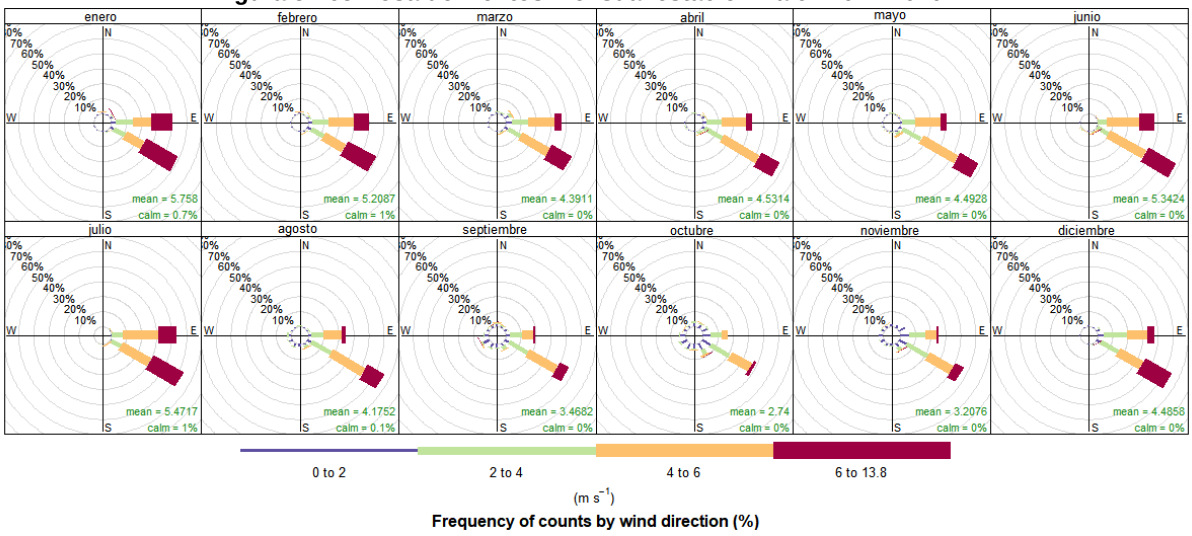
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-164 Rosa de vientos mensual estación Aeropuerto Puerto Bolívar. 2014-2020



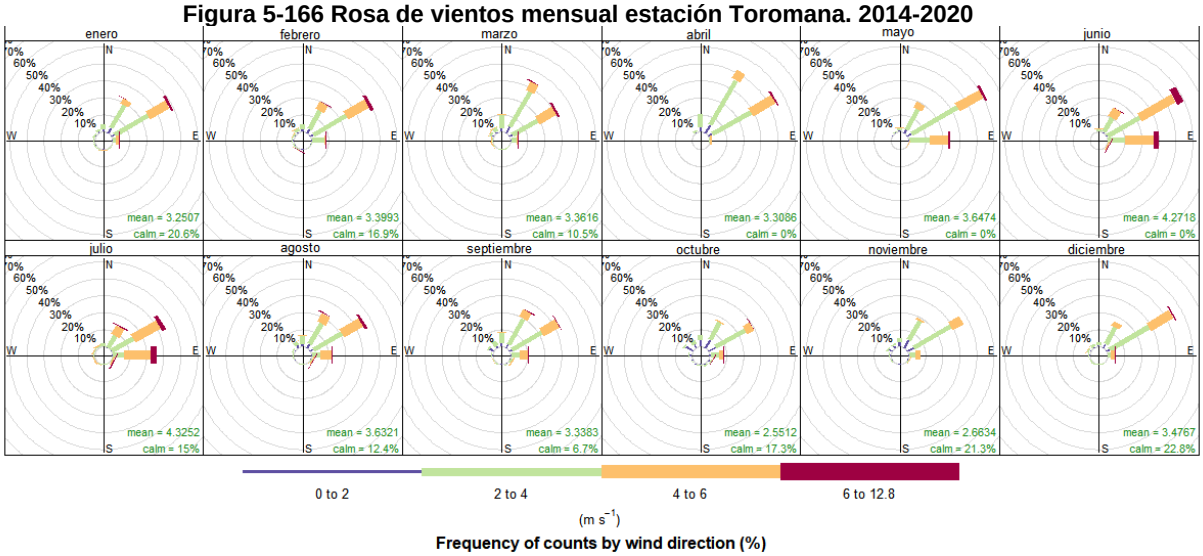
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-165 Rosa de vientos mensual estación Paici. 2014-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-166 Rosa de vientos mensual estación Toromana. 2014-2020

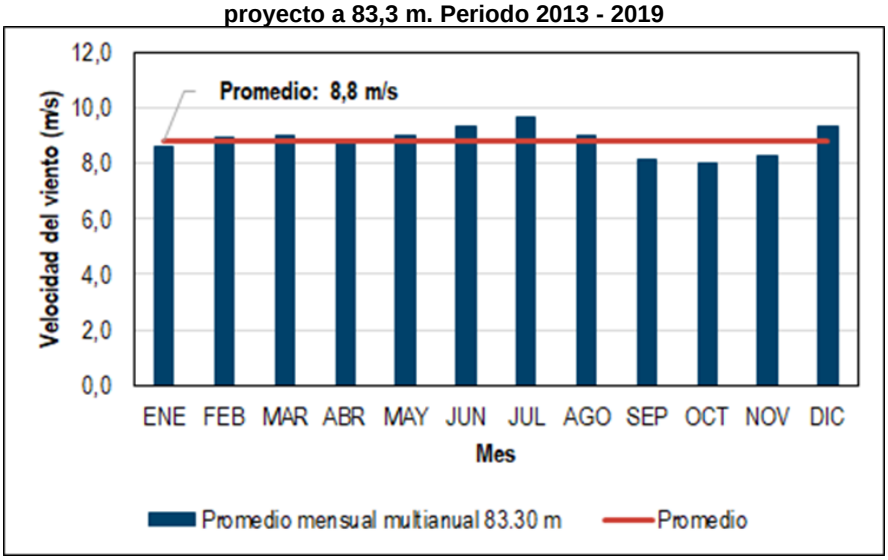


Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Velocidad del viento torre de medición propia

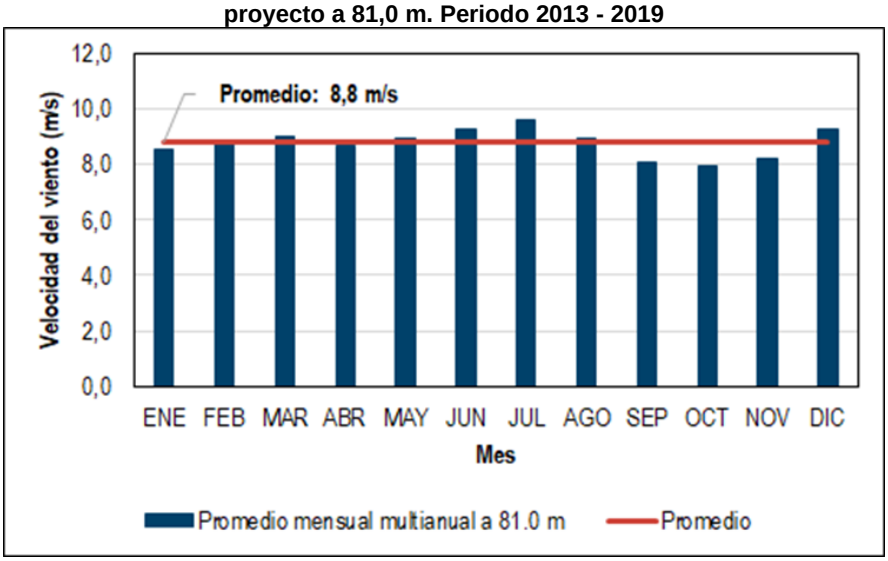
Se ha analizado la información de la torre de medición propia del proyecto, la cual registra la velocidad del viento en cuatro alturas diferentes: a 83,3, 81,0, 60,0 y 40,0 m. De la Figura 5-167 hasta la Figura 5-170 se muestra la distribución temporal de la velocidad del viento en cada altura de medición.

Figura 5-167 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 83,3 m. Periodo 2013 - 2019



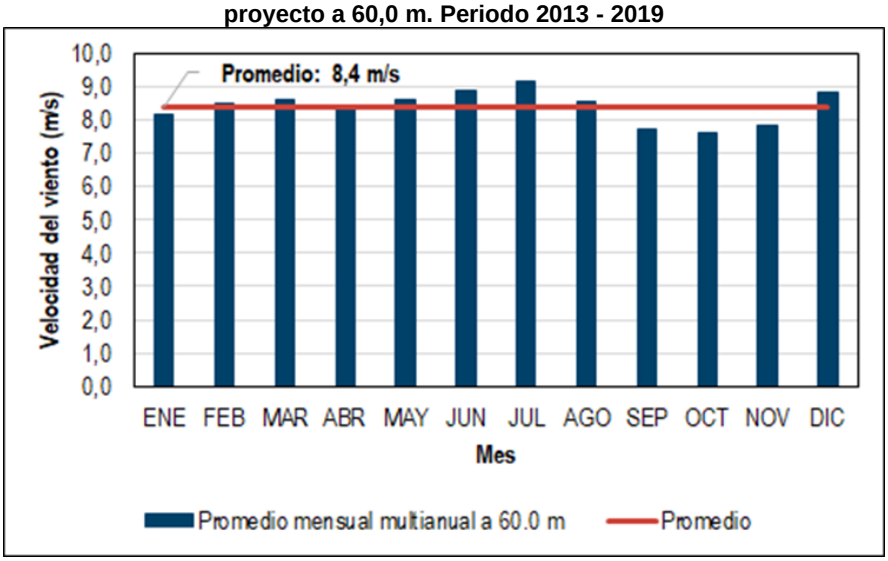
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-168 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 81,0 m. Periodo 2013 - 2019



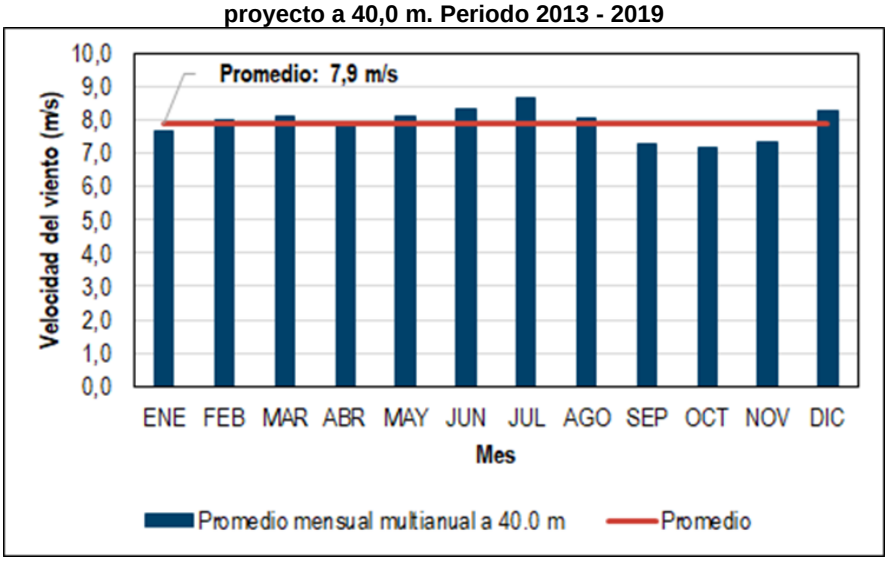
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-169 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 60,0 m. Periodo 2013 - 2019



Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-170 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto a 40,0 m. Periodo 2013 - 2019



Fuente: INGETEC, 2020.

Tabla 5-106 Valores de mayor y menor registro de velocidades del viento.

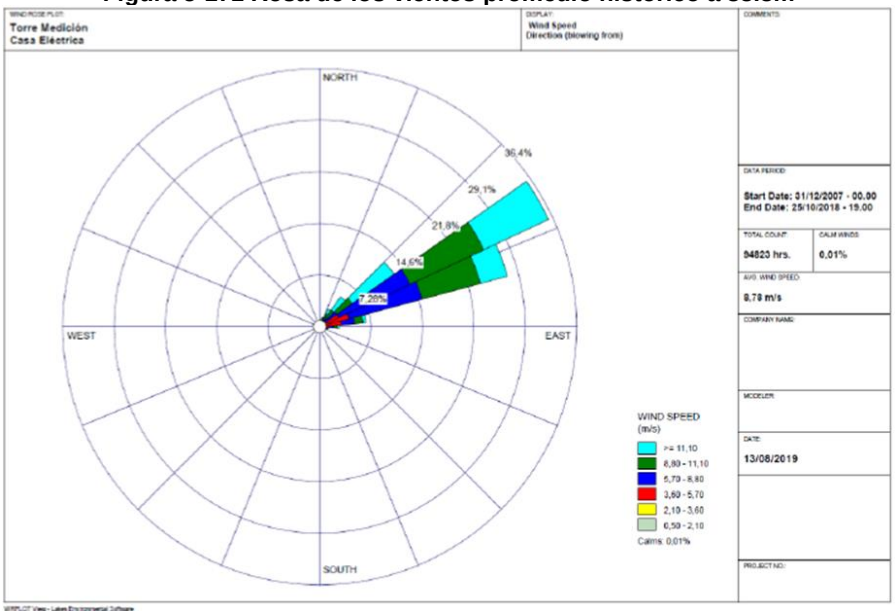
Elevación medición viento	Mes de mayor registro	Mes de menor registro	Valor medio mensual multianual
83,3	Julio 9,7	Octubre 8,0	8,8
81,0	Julio 9,6	Octubre 8,0	8,8
60,0	Julio 9,2	Octubre 7,6	8,4
40,0	Julio 8,7	Octubre 7,2	7,9

Fuente: INGETEC, 2020.

- ✓ Dirección del viento torre de medición propia

A continuación, se presentan las rosas de los vientos con el objetivo de obtener una imagen visual del comportamiento de las velocidades y direcciones del viento descrito en los apartados anteriores. Todas ellas han sido realizadas a partir de los datos de modelización mencionados previamente. En primer lugar, la rosa de los vientos correspondiente al promedio histórico de la torre de medición para el periodo comprendido entre 31/12/2007 y el 25/10/2018 (Ver Figura 5-171).

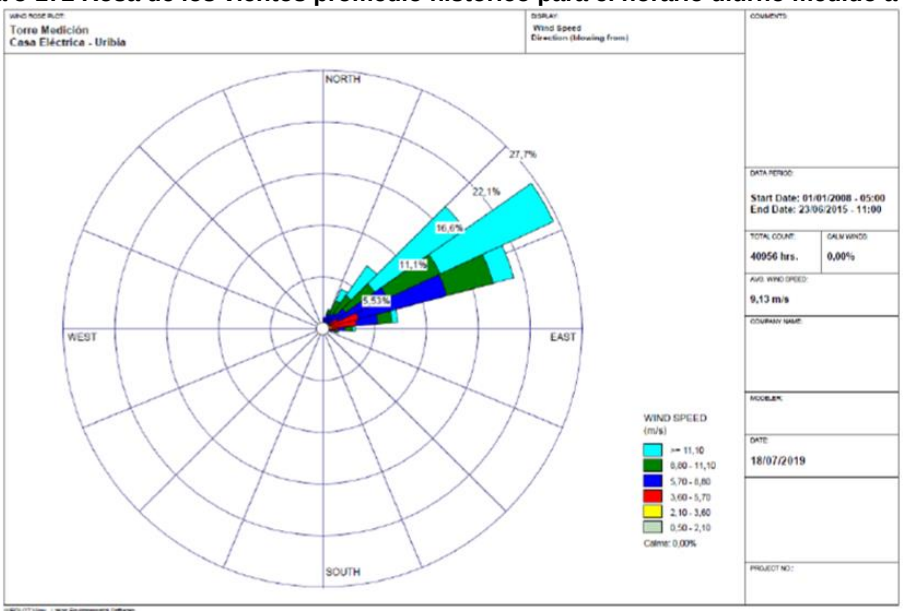
Figura 5-171 Rosa de los vientos promedio histórico a 83.3m



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

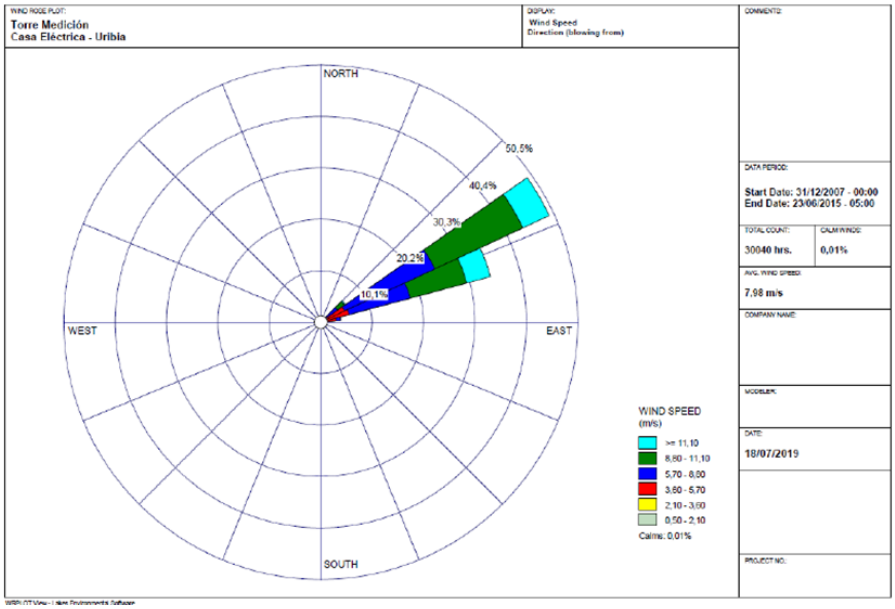
En las Figura 5-172 y Figura 5-173 se muestran las rosas de los vientos para el horario diurno (05:00 – 19:00) y nocturno (19.00 – 05:00) en el periodo histórico comprendido entre el 31/12/2007 y el 23/06/2015:

Figura 5-172 Rosa de los vientos promedio histórico para el horario diurno medido a 83.3m



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

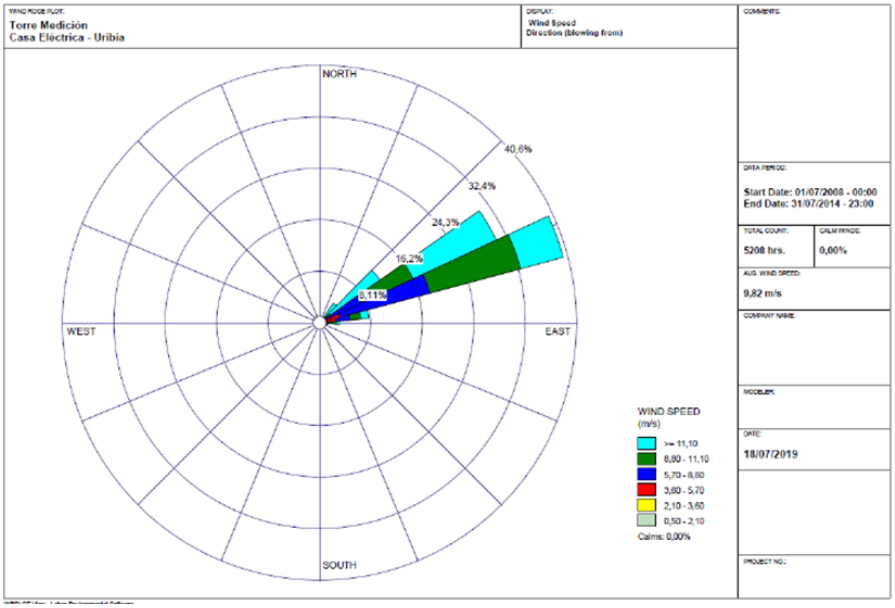
Figura 5-173 Rosa de los vientos promedio histórico para el horario nocturno medido a 83.3m



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

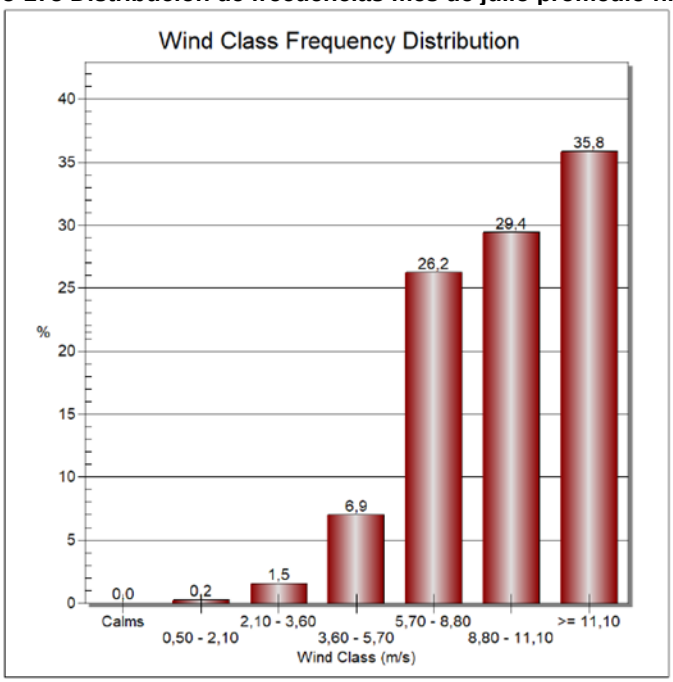
Para terminar, la Figura 5-174 presenta la rosa de los vientos y la tabla de frecuencias de distribución para un mes específico dentro del promedio histórico (julio) y la Figura 5-175 presenta la rosa de los vientos para un día concreto de dicho mes elegido de manera aleatoria (04/07/2012).

Figura 5-174 Rosa de los vientos mes de julio promedio histórico



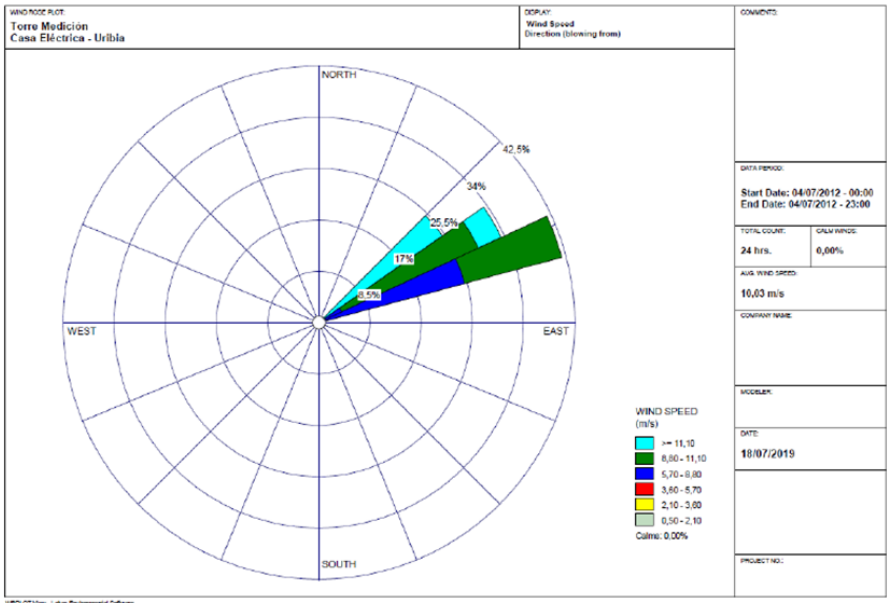
Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

Figura 5-175 Distribución de frecuencias mes de julio promedio histórico



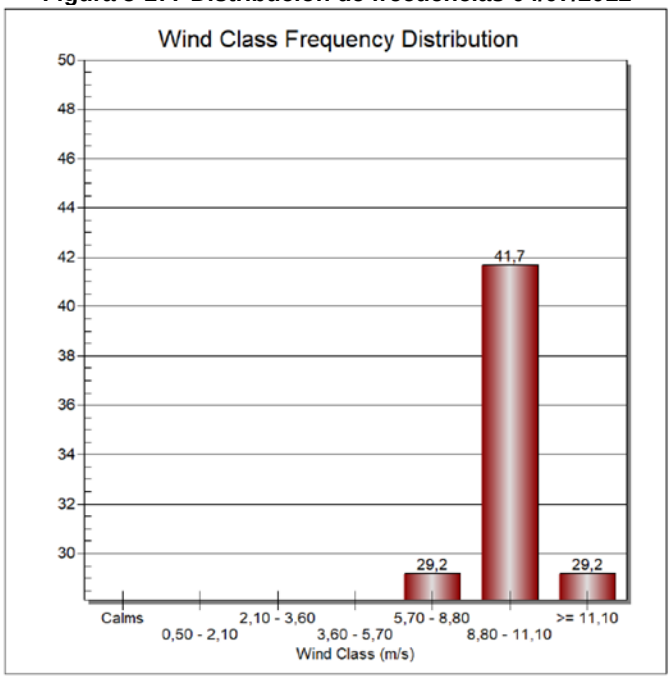
Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

Figura 5-176 Rosa de los vientos 04/07/2012



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

Figura 5-177 Distribución de frecuencias 04/07/2012



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW), GA Ingenieros, enero 2020.

Comparando el día puntual seleccionado (04/07/2012) con el comportamiento mostrado en el promedio histórico para el mes de julio se observa lo siguiente:

La distribución de las frecuencias es menos variable para el día puntual, concentrando la totalidad de sus valores en las tres últimas divisiones establecidas (de 5,70-8,80 a >=11,10 m/s), principalmente en el intervalo 8,80-11,10 en contraposición de lo observado para el promedio mensual donde se repartían en todas las divisiones (de 0,50-2,10 a >=11,10 m/s), principalmente en el intervalo >=11,10.

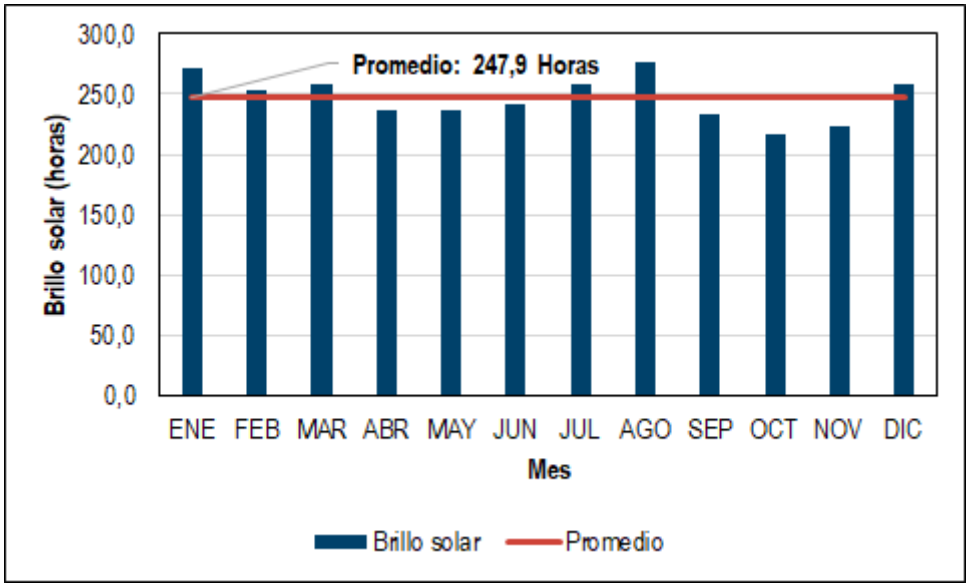
En cuanto a las direcciones del viento las conclusiones son las mismas; en el comportamiento del día puntual se observa menor variación de direcciones y por tanto mayor frecuencia para cada una de ellas, pero siempre con predominancia de las direcciones ENE y NE.

5.1.8.1.13. Brillo solar

La distribución temporal del brillo solar se obtuvo a partir de los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. El brillo solar en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 247,9 horas. En los meses de diciembre a marzo y julio a agosto los registros superan el promedio, mientras que en los meses de mayo a junio y septiembre- noviembre los registros son inferiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde a 0,51 horas y se presentó en el mes de octubre; el máximo

registro se presentó en el mes febrero y corresponde a 0,66 horas. El comportamiento anteriormente mencionado se presenta a continuación.

Figura 5-178 Distribución temporal del brillo solar en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1986-2019



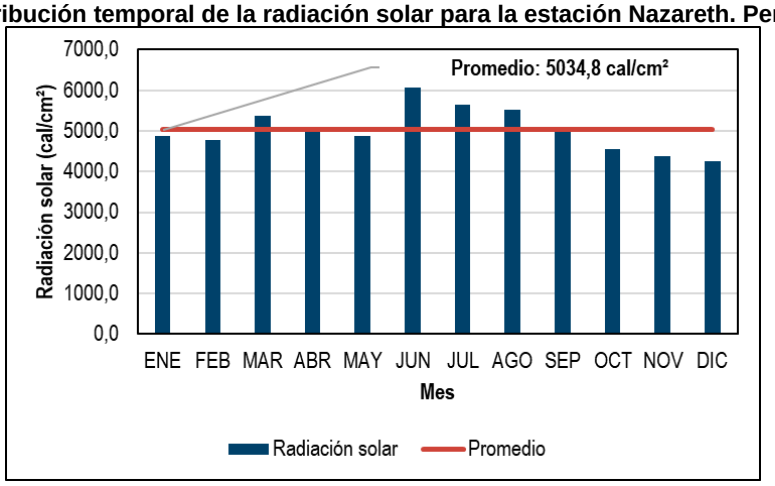
Fuente: INGETEC, 2020.

En el Anexo 5 (CAP 5.1 MEDIO ABIÓTICO/C-Atmósfera/1-Hidrológico/Clima), se presenta el procesamiento de las variables.

5.1.8.1.14. Radiación solar

Para conocer la distribución temporal de la radiación solar se tomó como base los registros de la estación Nazareth. La radiación solar en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 5034,8 Cal/cm². En los meses de marzo y de junio a septiembre los registros superan el promedio, mientras que en los meses de octubre a febrero y de abril a mayo, los registros son inferiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde a 4260,7 Cal/cm² en diciembre y el máximo registro se presentó en el mes de junio y corresponde a 6076,0 Cal/cm². El comportamiento anteriormente mencionado se presenta en la Figura 5-179.

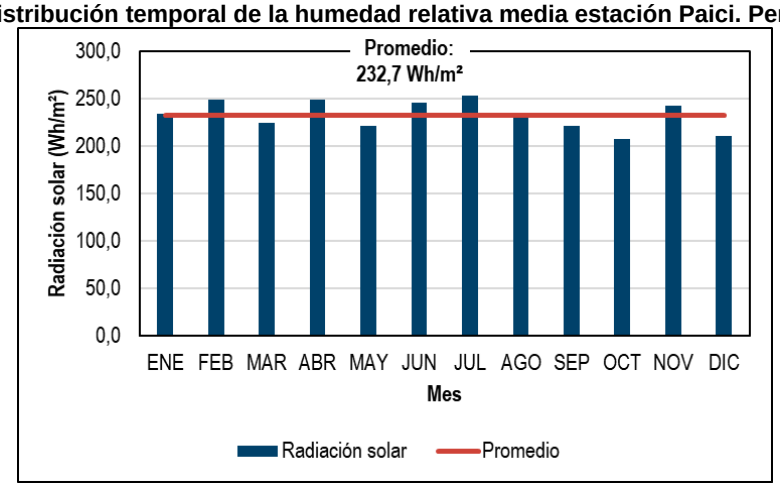
Figura 5-179 Distribución temporal de la radiación solar para la estación Nazareth. Periodo 1986 - 1994



Fuente: INGETEC, 2020.

Los registros de la estación Paici. La radiación solar en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 232,7 Wh/m². En los meses de febrero, abril, junio, julio y noviembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses de enero, marzo, mayo, agosto, septiembre, octubre y diciembre, los registros son inferiores al valor medio.

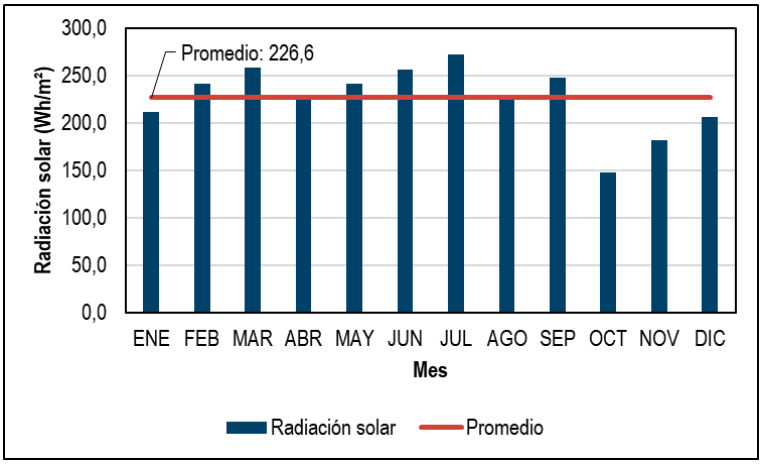
Figura 5-180 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Paici. Periodo 2005-2017



Fuente: INGETEC, 2020.

Los registros de la estación Toromana. La radiación solar en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 226,6 Wh/m². En los meses de febrero, marzo, mayo a septiembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses de enero, abril, octubre a diciembre, los registros son inferiores al valor medio.

Figura 5-181 Distribución temporal de la humedad relativa media estación Toromana. Periodo 2018-2020

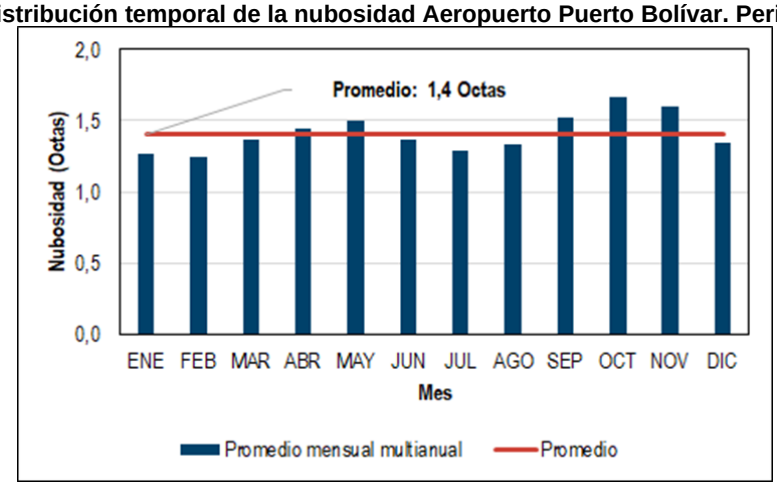


Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.15. Nubosidad

La distribución temporal de la nubosidad se obtuvo a partir de los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. La nubosidad en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 1,4 octas. En los periodos abril - mayo y septiembre - noviembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses restantes, los registros son inferiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde a 1,2 octas y se presentó en el mes de febrero; el máximo registro se presentó en el mes de octubre corresponde a 1,7 octas. Lo anteriormente descrito se puede observar en la Figura 5-182.

Figura 5-182 Distribución temporal de la nubosidad Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1997 - 2019

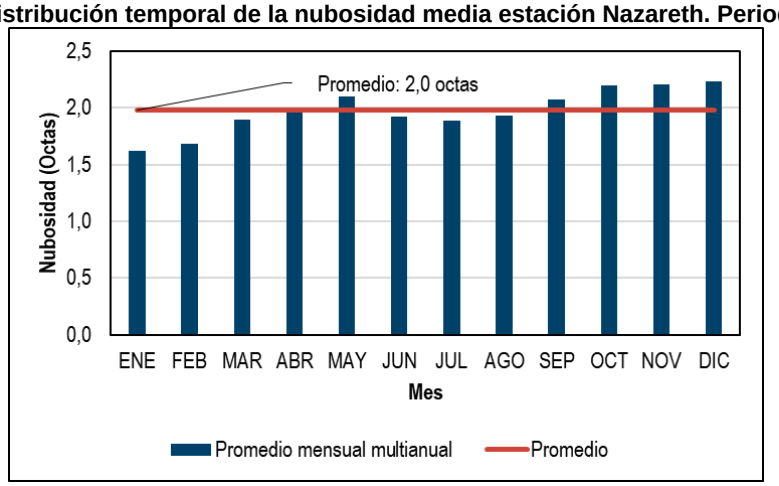


Fuente: INGETEC, 2020.

La distribución temporal de la nubosidad se obtuvo a partir de los registros de la estación Nazareth. La nubosidad en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor

promedio multianual es de 2,0 octas. En los periodos abril - mayo y septiembre - diciembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses restantes, los registros son inferiores al valor medio.

Figura 5-183 Distribución temporal de la nubosidad media estación Nazareth. Periodo 1986 - 1994



Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.16. Presión atmosférica

La presión atmosférica se estimó a partir de la relación que existe entre la temperatura media y la elevación de la estación utilizando la Ecuación, para la estación Aeropuerto Puerto Bolivar y en la torre de medición propia del proyecto. Para la estación Toromana se toman los datos provenientes de los registros del IDEAM.

$$p = P_o \times e^{\left(\frac{-g \times z}{R_{da} \times T_m}\right)}$$

Donde:

p es la presión atmosférica en el sitio de interés, mm Hg

p_o es la presión atmosférica al nivel del mar, 760 mm Hg (1013 mbar)

g = aceleración de la gravedad, 9,81m/s2

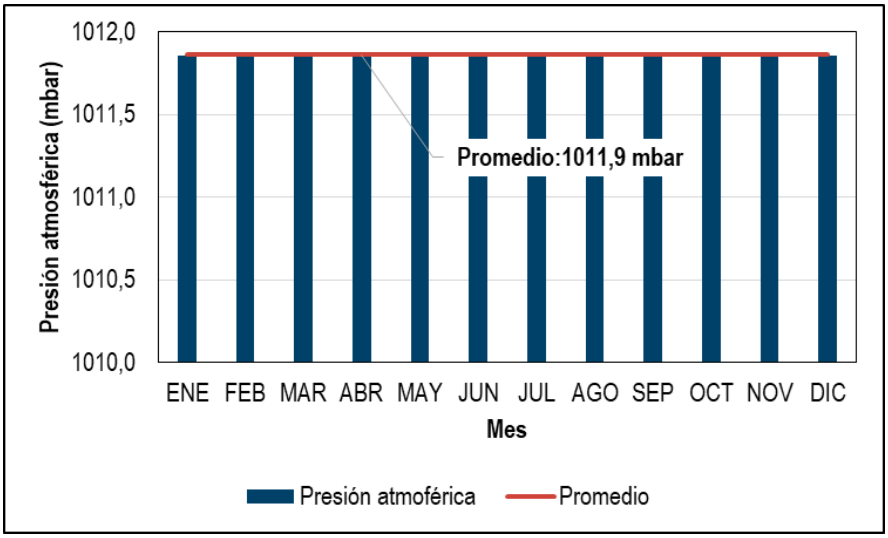
z = altitud promedio estimada en el sitio de la estación a analizar

R_{da} = constante de gas del aire seco, 289 J/Kg-K

T_m = temperatura media en el sitio del proyecto, K

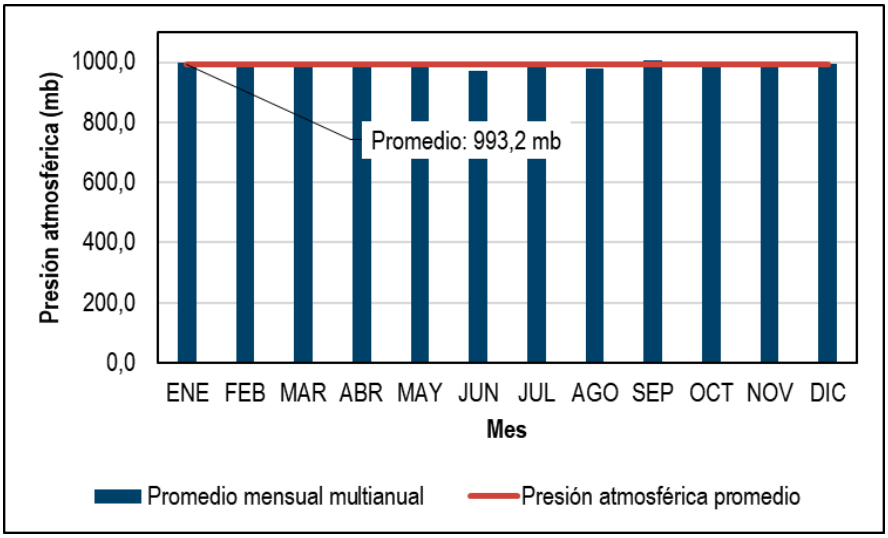
Los resultados de presión atmosférica estimada se presentan en la Figura 5-184 y Figura 5-186. Se observa un comportamiento de presión constante.

Figura 5-184 Distribución temporal de la presión atmosférica en la estación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1987-2020



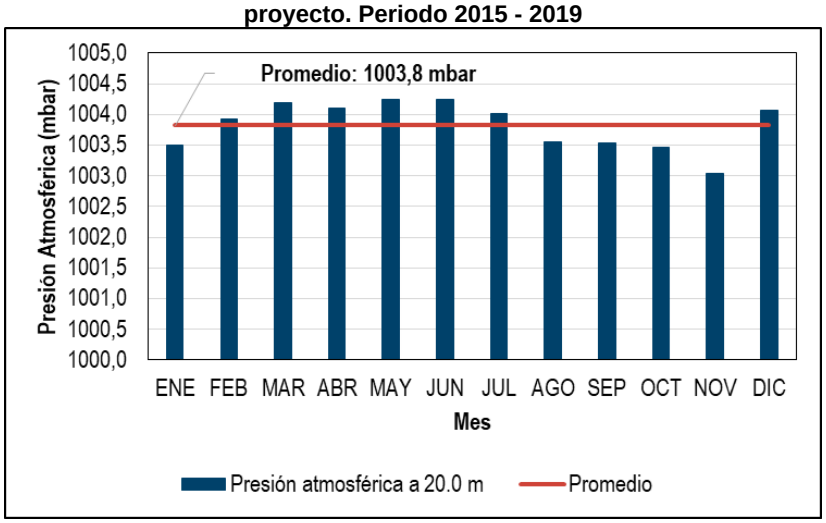
Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-185 Distribución temporal de la presión atmosférica en la estación Toromana. Periodo 2005-2020



Fuente: INGETEC, 2020.

Figura 5-186 Distribución temporal de la presión atmosférica en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 - 2019

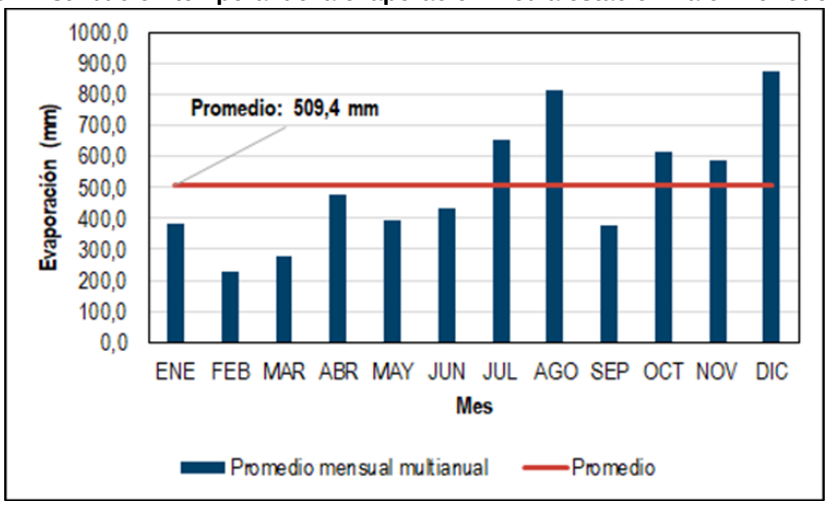


Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.17. Evaporación

Para la caracterización de la evaporación se consideraron dos estaciones: estación Paici y estación Toromana. La evaporación en la estación Paici tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 509,3 mm. En los meses de enero a junio y septiembre los registros son inferiores al promedio, mientras que en los meses de julio a agosto y de octubre a diciembre, los registros son superiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde a 228,7 mm en el mes de febrero y el máximo registro se presentó en el mes diciembre (878,1 mm). En la Figura 5-187 se presenta la distribución temporal en la estación.

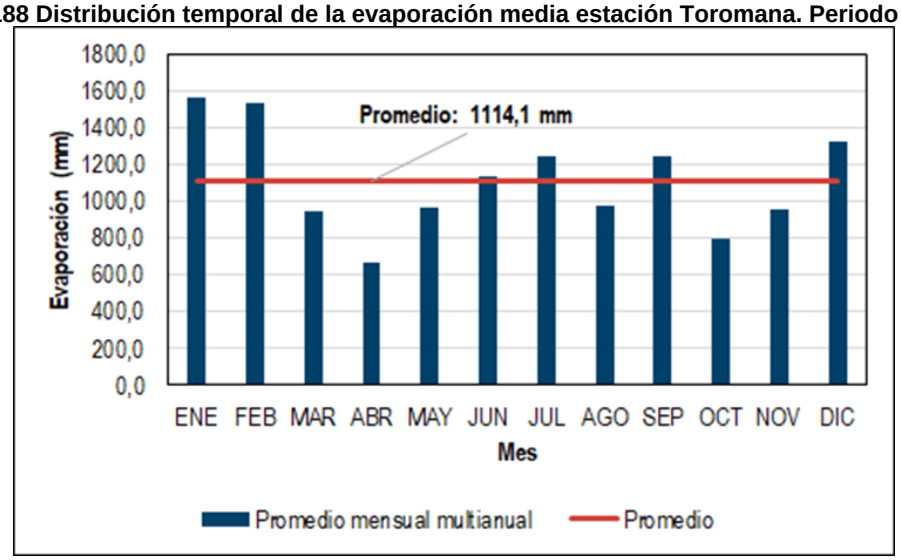
Figura 5-187 Distribución temporal de la evaporación media estación Paici. Periodo 2005-2017



Fuente: INGETEC, 2020.

La evaporación en la estación Toromana tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 1114,1 mm. En los meses de diciembre a febrero, junio a julio y septiembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses de marzo a mayo, agosto y de octubre a noviembre, los registros son inferiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde a 671,3 mm en el mes de abril y el máximo registro se presentó en el mes enero (1569,8 mm). En la Figura 5-188 se presenta la distribución temporal en la estación.

Figura 5-188 Distribución temporal de la evaporación media estación Toromana. Periodo 2005-2018



Fuente: INGETEC, 2020.

5.1.8.1.18. Zonificación climática

El presente estudio tiene previsto como uno de sus componentes a desarrollar, la zonificación climática adoptada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el documento “Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia”, el cual toma como referencia las metodologías elaboradas por Köeppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otros[73].

- ✓ Mapa de temperatura

Como principal fuente para la elaboración del mapa de temperatura citado en el documento “Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia”, se utilizaron los datos medidos por la red de estaciones meteorológicas instalada por el IDEAM en diversas regiones del país, correlacionando dichos datos con el gradiente vertical de temperatura (variación de la temperatura con la altura).

[73] INTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. 2007. Pg. 76

Con el fin de adoptar los rangos definitivos para el mapa de temperatura media anual, se tuvieron en cuenta las observaciones y conclusiones de Francisco José de Caldas, consistentes en la recopilación de una extensa serie de información relativa a la altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y su influencia en la variación de las temperaturas, donde se establecieron cinco (5) pisos térmicos (cálido, templado, frío, páramo bajo y páramo alto)[74], cambiando la denominación termal original de Caldas para los sistemas páramo alto y páramo bajo, por los calificativos “muy frío” y “extremadamente frío”, con el ánimo de no usar terminología asociada a la cobertura del suelo como indicador térmico. Adicionalmente, se unieron las clasificaciones extremadamente frío y nival en una sola clase temática con el fin de simplificar la clasificación y los análisis, considerando los pocos polígonos por encima de 4.500 m y su tratamiento especial en el Mapa de ecosistemas[75] (Tabla 5-107).

Tabla 5-107 Denominación termal-Mapa de temperaturas

Denominación termal	Rangos altitudinales (m.s.n.m)	Rangos de Temperatura (ºC)
Cálido	De 0 a 800	> 24,0
Templado	De 801 a 1800	Entre 18 y 24
Frío	De 1801 a 2800	Entre 12 y 18
Páramo Bajo	De 2801 a 3700	Entre 6 y 12
Páramo Alto	De 3701 a 4500 y de 4500 en adelante para nival	Entre 1,5 y 6 y menores a 1,5 para nival

Fuente: Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, 2007.

El rango de temperaturas promedio mensuales multianuales para el proyecto de acuerdo al análisis realizado, es mayor a 24 °C en todas las estaciones clasificando el área de estudio en el piso térmico Cálido.

- ✓ Mapa de precipitación

Richard Lang estableció una clasificación climática, basada en el valor obtenido para cada lugar al dividir la precipitación total anual en milímetros, por la temperatura media anual en grados centígrados. Este cociente se conoce con el nombre de índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de LANG[76]. Paralelamente en el documento “Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia”, se tomaron los valores de la red meteorológica nacional administrada por el IDEAM, con el fin de realizar el mapa de precipitación, teniendo en cuenta métodos como: índices de Caldas y Lang (1915), los rangos propuestos por el método de Holdridge (1978) y los sugeridos por el IGAC (1999, citado en IDEAM, 2005), llegando finalmente a la siguiente clasificación (Tabla 5-108).

[74] INTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Atlas Climatológico de Colombia. Parte II. Distribución Espacio-Temporal de las variables del clima. 2005. Pg. 104.
[75] INTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. 2007. Pg. 79.
[76] INTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Atlas Climatológico de Colombia. Parte II. Distribución Espacio-Temporal de las variables del clima. 2005. Pág. 104 y 105.

Tabla 5-108 Denominación por rangos de precipitación anual-Mapa de precipitación

Denominación Precipitación	Rangos de precipitación (mm/año)
Árido	De 0-500
Muy seco	De 501-1000
Seco	De 1001-2000
Húmedo	De 2001-3000
Muy húmedo	De 3001-7000
Pluvial	Mayor a 7000

Fuente: Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, 2007.

El rango de precipitación anual para el proyecto de acuerdo al análisis realizado, es de menos de 500 mm, clasificando el área de estudio en la denominación de la precipitación Árido.

- ✓ Mapa de zonificación climática

Finalmente, para realizar la zonificación climática, se hizo una intersección espacial entre los mapas de temperatura y precipitación, obteniéndose un mapa resultado cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal. De esta forma se llegó a una descripción de la diversidad climática para cualquier región de Colombia[77] (Tabla 5-109).

Tabla 5-109 Área de influencia del proyecto

Cálidos (0 - 800 msnm) > 24 ° C	
	Árido (0 - 500 mm/año)
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
Templados (800 – 1.800 msnm) Entre 18° C y 24° C	
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
	Pluvial (> 7.000 mm/año)
Frios (1.800 – 2.800 msnm) Entre 12° C y 18° C	
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Muy frios (2.800 – 3.700 msnm) Entre 6° C y 12° C	
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Extremadamente frios (3.700 – 4.500 msnm) Entre 1,5 y 6° C	
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)
	Húmedo (2.000 – 3.000 mm/año)
	Muy húmedo (3.000 – 7.000 mm/año)
Nival (> 4.500 msnm) < 1,5° C	
	Muy seco (500 – 1.000 mm/año)
	Seco (1.000 – 2.000 mm/año)

Fuente: Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, 2007.

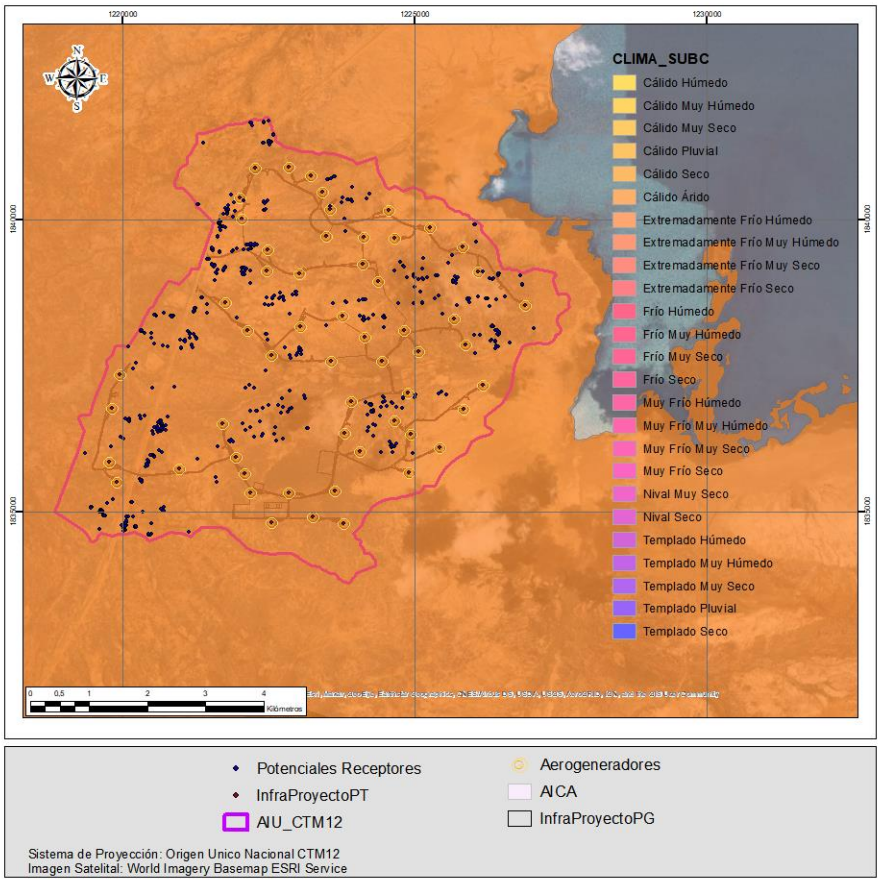
- ✓ Zonificación climática para el área de estudio

De acuerdo con la metodología expuesta anteriormente, se procedió a elaborar la zonificación climática para la zona de estudio, utilizando para tal efecto, información

[77] INTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. 2007. Pg. 82.

secundaria del IDEAM (datos meteorológicos), consistente en cuadros de registros de temperatura y precipitación de los cuales se clasifica como Cálido Árido (Ver Mapa 15. Zonificación climática, Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA).

Figura 5-189 Zonificación Climática



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

5.1.8.2. Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas

Las principales fuentes de emisión identificadas dentro del área de estudio fueron cocinas, quema de residuos y los vehículos que transitan por los diferentes tramos de vías del proyecto. A continuación. se muestran las características obtenidas mediante encuestas por AES Colombia, JEMEWAA KA´I y SUNCOLOMBIA. Además de los aforos realizados en campo. Ver Mapa 18. Fuentes de emisiones de aire y Mapa 19. Fuentes de emisiones de ruido, carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA.

5.1.8.2.1. Fuentes actuales área de influencia

En la Tabla 5-110, se muestran la localización y descripción de las fuentes identificadas en campo por medio de encuestas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5-110 Localización y características fuentes fijas - Cocinas

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1605724914460	Leña Auto Apropiada, Otro	Ichipa	5103257	2900952
289-1605727286186	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103262	2900981
289-1605730026541	Gas Natural	Ichipa	5103305	2900982
289-1605731431904	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103200	2901010
289-1605798993726	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103208	2901009
289-1605803418110	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103170	2900999
289-1605806547195	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103112	2900947
289-1605813942688	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103121	2900906
289-1605817776267	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103206	2900938
289-1605820709106	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103273	2900989
289-1605880643675	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103223	2900972
289-1605883385972	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103250	2900987
289-1605885635870	Gas Propano	Ichipa	5103268	2900978
289-1605888105865	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103279	2901015
289-1605890190150	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103282	2901055
289-1605894116367	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103249	2900997
289-1605896356577	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103189	2900977
289-1605898562659	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103136	2901013
289-1605900549049	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103141	2901018
289-1605902971591	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103189	2901040
289-1605967723334	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103198	2901006
289-1605969621769	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103242	2901129
289-1605971976893	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103246	2901131
289-1605973793924	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103246	2901121
289-1605985904781	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102399	2900687
289-1605988389127	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102614	2900821
289-1605990274001	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102644	2901174
289-1605991850577	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102704	2901163
289-1606135801837	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103226	2900619
289-1606137632355	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103265	2900587
289-1606139874024	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103128	2900521
289-1606141651001	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103129	2900510
289-1606143627172	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103096	2900544
289-1606145851450	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102562	2900864
289-1606147031835	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102710	2901129
289-1606148489237	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102707	2901126
289-1606149877305	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102691	2901136
289-1606151611756	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102915	2901171
289-1606152338315	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102898	2901214
289-1606153232816	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102967	2901222
289-1606154273919	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103373	2901201
289-1606155385171	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103342	2901050
289-1606156836536	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103260	2901069
289-1606158147716	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103259	2901069

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1606160028652	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103270	2901068
289-1606224529022	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104891	2901291
289-1606226997291	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104996	2901335
289-1606228598424	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105091	2901393
289-1606230786988	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105266	2901395
289-1606232744543	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105350	2901348
289-1606234271790	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105427	2901266
289-1606236116343	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105461	2901315
289-1606237971626	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105485	2901337
289-1606239520608	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105311	2901251
289-1606241920213	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105332	2901507
289-1606244588524	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104697	2901693
289-1606246387885	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104951	2901117
289-1606248707927	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104652	2901083
289-1606309036160	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105651	2902261
289-1606310341589	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105594	2902278
289-1606311829092	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105577	2902242
289-1606313192832	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105625	2902334
289-1606314211437	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105637	2902332
289-1606315395516	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105625	2902319
289-1606317049106	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105646	2902365
289-1606318980024	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105376	2902374
289-1606321955519	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105454	2902237
289-1606323287957	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105472	2902197
289-1606325330266	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105728	2901509
289-1606326586401	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105707	2901545
289-1606328029918	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105757	2900997
289-1606329202137	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105764	2900984
289-1606330687902	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105341	2900815
289-1606332294762	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105193	2900893
289-1606333550540	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105205	2901012
289-1606337050161	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104188	2900159
289-1606338576391	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104208	2900070
289-1606395883136	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105627	2902367
289-1606397475750	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105656	2902325
289-1606398866165	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105452	2901628
289-1606401343458	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104850	2901693
289-1606403001170	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104775	2901297
289-1606404274646	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104786	2901006
289-1606405917270	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104697	2900958
289-1606407748307	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104217	2900678
289-1606409906539	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105002	2900895
289-1606411421562	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105229	2900778
289-1606412705111	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105202	2901016
289-1606414233751	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104997	2900891

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1606415823623	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104980	2900857
289-1606417428962	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105005	2901334
290-1605197980921	Gas Natural	Puchecherraput	5104442	2900783
290-1605206612713	Gasolina	Puchecherraput	5104432	2900765
290-1605210319400	Kerosene	Puchecherraput	5104483	2900770
290-1605213137421	Kerosene	Puchecherraput	5104456	2900802
290-1605215067604	Gasolina	Puchecherraput	5104416	2900786
290-1605902642544	Gasolina	Ashulamana	5105156	2905897
290-1605905560692	Gasolina	Ashulamana	5105146	2905899
290-1605907544953	Gasolina	Ashulamana	5105133	2905850
290-1605909395631	Gasolina	Ashulamana	5105111	2905873
290-1605911110533	Gasolina	Ashulamana	5105126	2905918
290-1605975161152	Kerosene	Ashulamana	5105118	2906258
290-1605976331606	Kerosene	Ashulamana	5105110	2906260
290-1605977724748	Kerosene	Ashulamana	5105026	2906217
290-1605979376922	Kerosene	Ashulamana	5105033	2906234
290-1605980929886	Kerosene	Ashulamana	5104810	2906221
290-1605982337005	Kerosene	Ashulamana	5104839	2906182
290-1605983717211	Kerosene	Ashulamana	5104812	2906224
290-1605984881963	Kerosene	Ashulamana	5104817	2906221
290-1605988276815	Kerosene	Ashulamana	5105190	2906018
290-1605989769603	Kerosene	Ashulamana	5105192	2906019
290-1605991178651	Kerosene	Ashulamana	5105197	2906014
290-1605992464010	Kerosene	Ashulamana	5105192	2906016
290-1605995006258	Kerosene	Ashulamana	5105111	2905919
290-1606141283573	Kerosene	Ashulamana	5105114	2905911
290-1606142974200	Kerosene	Ashulamana	5105112	2905909
290-1606144128938	Kerosene	Ashulamana	5105109	2905918
290-1606145554289	Kerosene	Ashulamana	5105116	2905918
290-1606146751162	Kerosene	Ashulamana	5105110	2905915
290-1606148889098	Kerosene	Ashulamana	5105018	2905882
290-1606150098936	Kerosene	Ashulamana	5105026	2905878
290-1606224476499	Kerosene	Rutkamaria	5106847	2901398
290-1606225726463	Kerosene	Rutkamaria	5106846	2901398
290-1606226731136	Kerosene	Rutkamaria	5106839	2901395
290-1606228155883	Kerosene	Rutkamaria	5106827	2901402
290-1606229314594	Kerosene	Rutkamaria	5106845	2901393
290-1606230519816	Kerosene	Rutkamaria	5106854	2901387
290-1606231665632	Kerosene	Rutkamaria	5106763	2901424
290-1606233198471	Kerosene	Rutkamaria	5106829	2901396
290-1606234697573	Kerosene	Rutkamaria	5106838	2901401
290-1606236200425	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106859	2901278
290-1606237227724	Gasolina	Rutkamaria	5106885	2901264
290-1606238348926	Gasolina	Rutkamaria	5106862	2901275
290-1606239987242	Kerosene	Rutkamaria	5106889	2901295

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
290-1606242528694	Kerosene	Rutkamaria	5106857	2901275
290-1606243967889	Kerosene	Rutkamaria	5106782	2901212
290-1606245292879	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106855	2901281
290-1606246590003	Kerosene	Rutkamaria	5106866	2901279
290-1606248041601	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106857	2901275
290-1606249251131	Gasolina	Rutkamaria	5106852	2901271
290-1606250374832	Gasolina	Rutkamaria	5106862	2901275
290-1606312705031	Gasolina	Ullaransen	5103845	2903054
290-1606313868023	Kerosene	Ullaransen	5103840	2903059
290-1606314955365	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103831	2903001
290-1606316155866	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103827	2902996
290-1606317366478	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103836	2903001
290-1606318942777	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5104055	2902973
290-1606320668313	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5104565	2902882
290-1606323480997	Gasolina	Ullaransen	5104051	2903117
290-1606324836382	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103834	2903012
290-1606328903773	Gasolina, Kerosene	Cubamana	5103859	2902569
290-1606330361095	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103820	2902619
290-1606331550975	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103814	2902618
290-1606332740600	Gas Natural, Gasolina	Ullaransen	5103760	2902620
290-1606333920030	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103755	2902618
290-1606335267787	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103861	2902545
290-1606336308400	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103867	2902527
290-1606399519315	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103950	2903243
290-1606403617777	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103096	2902553
290-1606405126432	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103094	2902625
290-1606406134023	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102976	2902633
290-1606407438923	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102917	2902670
290-1606408700734	Gasolina	Ullaransen	5102922	2902679
290-1606409833133	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102925	2902666
290-1606410821741	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102923	2902665
290-1606411950955	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102930	2902674
290-1606413174016	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102701	2902406
290-1606414152044	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103965	2903238
290-1606486899603	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103826	2903004
290-1606487749027	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103824	2903011
290-1606488763549	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103825	2903008
290-1607005771913	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104141	2904053
290-1607008329279	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104136	2904053
290-1607009853618	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104155	2904040
290-1607010970640	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104150	2904067
290-1607014639892	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104352	2903751
290-1607015782387	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104370	2903757
290-1607017280316	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104167	2903780
290-1607018600661	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104138	2903809

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
290-1607019680636	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104190	2903789
290-1607020941914	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104164	2903765
290-1607021918573	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104140	2903788
290-1607023432338	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104363	2903750
290-1607095733737	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104362	2903745
290-1607097104108	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104337	2903702
290-1607098008125	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104339	2903702
290-1607098878949	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104340	2903704
291-1605637552298	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103647	2902491
291-1605643062361	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103872	2902537
291-1605650407755	Gas Propano	Mieshi	5103747	2902550
291-1605705774324	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103778	2902408
291-1605707988834	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103611	2902378
291-1605709756939	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103605	2902373
291-1605723865772	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5102611	2900816
291-1605726231730	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103120	2900546
291-1605727692960	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103106	2900549
291-1605731672214	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103029	2900419
291-1605733593217	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103042	2900443
291-1605799505128	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103676	2902512
291-1605813189970	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103802	2902385
291-1605816911461	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103016	2900359
291-1605818744824	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5102988	2900351
291-1605819693464	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5102999	2900397
291-1605820719884	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103020	2900453
291-1605878624350	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103448	2902912
291-1605880503353	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103432	2902921
291-1605881758173	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103448	2902929
291-1605883123458	Gas Natural	Ishamana	5103455	2902901
291-1605886308104	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103309	2902981
291-1605887712159	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103178	2902924
291-1605890743781	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103144	2902455
291-1605892313088	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103297	2902415
291-1605894305284	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5102779	2902021
291-1605897157514	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5102834	2902124
291-1605900687437	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103590	2902519
291-1605904816573	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103669	2902474
291-1605995309386	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103088	2900538
291-1605996710794	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103078	2900544
291-1606051441977	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103782	2902432
291-1606053205384	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103777	2902427
291-1606059060384	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5107012	2900574
291-1606065401962	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104845	2900854
291-1606067083978	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104840	2900851
291-1606069328008	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104771	2901732

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
291-1606071721226	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103482	2902927
291-1606073814703	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103461	2902926
291-1606076441260	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103163	2902936
291-1606077805569	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103142	2902946
291-1606144387752	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102209	2899606
291-1606146544157	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102257	2899512
291-1606148149458	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102294	2899506
291-1606149720133	Gas Natural	Ichichon	5102257	2899511
291-1606151590472	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102261	2899520
291-1606153216779	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102241	2899598
291-1606154567580	Gas Natural	Ichichon	5102223	2899575
291-1606155953077	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102231	2899582
291-1606157309880	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102237	2899562
291-1606161471009	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102229	2899608
291-1606162607830	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102202	2899568
291-1606229718015	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102221	2899599
291-1606231446798	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102057	2899666
291-1606232755115	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102045	2899651
291-1606233917773	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102056	2899660
291-1606236500255	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102053	2899665
291-1606237914433	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102040	2899646
291-1606240682229	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102333	2899724
291-1606248194513	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102423	2899785
291-1606249895444	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102199	2899274
291-1606403136980	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102239	2899594
291-1606407549859	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102643	2899330
291-1606409106649	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102655	2899341
291-1606410796867	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102650	2899337
291-1606411996712	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102642	2899337
291-1606413322208	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102638	2899329
291-1606415047891	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102655	2899387
291-1606416502543	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102637	2899388
291-1606417678760	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102645	2899377
291-1606421052667	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102238	2899583
291-1606423312137	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102269	2899513
291-1606485819312	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102627	2899279
291-1606487299895	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102627	2899273
291-1606488445197	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102610	2899250
291-1606489581180	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102622	2899256
291-1606490735738	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102617	2899257
291-1606491991675	Gasolina, Kerosene	Uleule	5102623	2899271
291-1606497387410	Gasolina, Kerosene	Uleule	5102623	2899272
291-1606498414022	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102631	2899261
291-1606499594557	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102614	2899276
291-1606501790104	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102630	2899270

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
291-1606503064353	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102619	2899263
291-1606504241470	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102610	2899253
291-1606505354063	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102568	2899339
291-1606506924307	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102807	2899319
291-1606508337216	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102810	2899313
291-1606509217209	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102803	2899315
291-1606510622680	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102814	2899312
291-1606511720470	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102814	2899324
291-1606513044282	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102933	2899566
291-1606514092051	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102767	2899491
291-1606574047354	Gas Natural	Uleule	5102695	2899489
291-1606575587724	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102654	2899489
291-1606577233426	Gas Natural	Uleule	5102747	2899743
291-1606579035934	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102740	2899740
291-1606579929148	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102752	2899736
291-1606587630175	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103075	2899191
291-1606588749817	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103072	2899180
291-1606589948740	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103038	2899183
291-1606590733566	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103029	2899188
291-1606679808938	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103264	2899613
291-1606680718157	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103260	2899614
291-1606681487251	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103262	2899605
291-1606682216922	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103266	2899629
291-1606683142113	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103254	2899622
291-1606684389662	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103299	2899580
291-1606685556877	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103291	2899659
291-1606687052384	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102656	2899423
291-1606837056532	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102623	2899273
291-1606842227546	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102617	2899270
292-1605123572919	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102896	2900099
292-1605189269529	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102913	2900119
292-1605193434121	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102915	2900078
292-1605214118934	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5101953	2900575
292-1605216626399	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102911	2900117
292-1605218283386	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102893	2900129
292-1605275049580	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109025	2902579
292-1605278154938	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109043	2902593
292-1605283872129	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109008	2902649
292-1605288672672	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109021	2902591
292-1605291496538	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108910	2902499
292-1605360248912	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108999	2902400
292-1605362517612	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108910	2902722
292-1605364486002	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108945	2902723
292-1605367017216	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108906	2902481
292-1605369558331	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109041	2902630

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1605705089261	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108988	2902461
292-1605707182390	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108986	2902469
292-1605710789551	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109006	2903177
292-1605713015059	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109442	2903432
292-1605714410796	Leña Comprada	Suhuna	5109448	2903447
292-1605716632651	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109406	2903590
292-1605722760958	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109030	2903593
292-1605725612497	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108940	2902746
292-1605726887920	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108934	2902717
292-1605804136149	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108297	2903580
292-1605806620033	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108262	2903508
292-1605807908442	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108306	2903567
292-1605809601773	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108254	2903489
292-1605810837570	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108263	2903494
292-1605812669509	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108318	2903082
292-1605814460776	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108540	2903129
292-1605883677028	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108308	2903522
292-1605894426282	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108338	2903564
292-1605896529370	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108290	2903583
292-1605898384449	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108307	2903471
292-1605900077470	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108507	2903193
292-1605901265328	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108514	2903185
292-1605902271912	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108534	2903205
292-1605966337569	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108941	2903536
292-1605968079295	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108953	2903546
292-1605969482505	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108771	2903663
292-1605972152884	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109056	2903625
292-1605973539372	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109035	2903621
292-1605975984316	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108686	2903240
292-1605979065720	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108855	2903192
292-1605980179344	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108838	2903202
292-1605981599163	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108825	2903192
292-1605982950189	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108889	2903066
292-1606057418490	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108974	2902336
292-1606058692375	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109027	2902385
292-1606060011778	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109034	2902379
292-1606061414743	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109228	2902443
292-1606063220247	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109150	2903239
292-1606065707804	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108879	2903537
292-1606223176220	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104268	2904024
292-1606227386444	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104276	2904506
292-1606228670382	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104260	2904522
292-1606229789742	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104258	2904508
292-1606231208918	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104267	2904490
292-1606232585150	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104283	2904530

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1606234484154	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104239	2904262
292-1606236106977	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104242	2904286
292-1606245747329	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104136	2904095
292-1606314474962	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104265	2904014
292-1606316922356	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104316	2904445
292-1606319678447	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104267	2904434
292-1606321113018	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104279	2904392
292-1606324300264	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5103908	2904830
292-1606326352376	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5103891	2904836
292-1606333502564	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904503
292-1606334639036	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904516
292-1606335934044	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904544
292-1607525666810	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104416	2904816
292-1607527348749	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104415	2904811
292-1607528993161	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104471	2904985
292-1607531112308	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104387	2904744
292-1607532706391	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104368	2904766
292-1607534568439	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104332	2904669
292-1607536055160	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104497	2904608
292-1607542729362	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104420	2904743
292-1607543978510	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104402	2904734
292-1607545199018	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104412	2904726
292-1607546924423	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105035	2904724
292-1607547987223	Leña Comprada	Kasushi	5105043	2904726
292-1607549404141	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105050	2904734
292-1607550547244	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105052	2904740
292-1607608587206	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105055	2904859
292-1607609826311	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105090	2904890
292-1607610945758	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105031	2904860
292-1607612036877	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105027	2904872
292-1607613309105	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105049	2904850
292-1607614494415	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104520	2904856
292-1607616526432	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104401	2904675
292-1607618690563	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104404	2904663
292-1607620524024	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104397	2904727
292-1607628780793	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104391	2904729
292-1607630444192	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104404	2904723
292-1607632180377	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104231	2903709
292-1607634712349	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104216	2903647
292-1607636531491	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104087	2903895
292-1607695022476	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104675	2904900
292-1607696910721	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104205	2903665
292-1607700391122	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104771	2904137
292-1607703000078	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104819	2904144
292-1607704338222	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104818	2904151

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1607705470704	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104826	2904136
292-1607706535966	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104852	2904127
292-1607707611490	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104876	2904156
292-1607708817873	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104896	2904137
292-1607710124761	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104911	2904141
292-1607788041154	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104811	2904071
292-1607789416814	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104799	2904071
292-1607790697996	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104795	2904076
292-1607792102485	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104836	2904143
292-1607793436530	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104879	2904151
292-1607795085919	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104686	2904056
292-1607796665782	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104762	2904062
292-1607803547580	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104747	2904131
292-1607804391685	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104727	2904144
292-1607805526348	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104769	2904140
292-1607806583383	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104793	2904156
292-1607808078757	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104798	2904155
292-1607809509130	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104567	2904066
292-1607810864206	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104501	2904033
292-1607812401798	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104481	2904017
292-1607861354443	Leña Comprada, Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104057	2903888
293-1605188385844	Gas Propano	Kasia	5106536	2905111
293-1605192642561	Gas Propano	Kasia	5106530	2904899
293-1605196315888	Gas Propano	Kasia	5106522	2904893
293-1605199685768	Gas Propano	Kasia	5106788	2904922
293-1605201767853	Gas Propano	Kasia	5106793	2904923
293-1605204387269	Gas Propano	Kasia	5106833	2905007
293-1605208868138	Gas Propano	Kasia	5106379	2904936
293-1605210851505	Gas Propano	Kasia	5106378	2904936
293-1605212850867	Gas Propano	Kasia	5106358	2904846
293-1605278355465	Gas Propano	Kasia	5106161	2904783
293-1605279791308	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106154	2904781
293-1605283730943	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106411	2904580
293-1605285155571	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106404	2904570
293-1605286809219	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106417	2904366
293-1605288139951	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106427	2904366
293-1605290412852	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106245	2905295
293-1605292140906	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106237	2905298
293-1605293980099	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106137	2905242
293-1605295569917	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106116	2905252
293-1605297366320	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106174	2905262
293-1605621841675	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107252	2903687
293-1605623854032	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107356	2903827
293-1605625368986	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107415	2903765
293-1605626928573	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107480	2903566

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
293-1605628313013	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107607	2903395
293-1605629340880	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107699	2903319
293-1605708066795	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108623	2904473
293-1605709282516	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108638	2904471
293-1605712493725	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108250	2903936
293-1605714430667	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108014	2903250
293-1605715740461	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107953	2903201
293-1605717176391	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107991	2903590
293-1605718659325	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107963	2903604
293-1605878015131	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108185	2903804
293-1605879857478	Leña Auto Apropiada	cubamana	5108650	2904173
293-1605881766652	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107739	2903118
293-1605882939356	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107741	2903130
293-1605884181970	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107592	2903129
293-1605885483352	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107747	2903530
293-1605887129783	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107741	2903542
293-1605888255570	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107824	2903566
293-1605889957891	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107742	2903711
293-1605891238061	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107431	2903753
293-1605892644499	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107585	2903597
293-1605893668935	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107582	2903611
293-1605894652600	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107584	2903606
293-1605964679327	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107602	2903567
293-1605966093449	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107584	2903584
293-1605968143551	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107674	2903530
293-1605970384499	Leña Auto Apropiada	cubamana	5107591	2903582
293-1606138467896	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105057	2902606
293-1606139746252	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105092	2902507
293-1606141235572	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104796	2903472
293-1606142802438	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104795	2903694
293-1606144345706	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104721	2903723
293-1606145556208	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104687	2903627
293-1606147264227	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104696	2903677
293-1606148319142	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104648	2903675
293-1606149322014	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104646	2903744
293-1606150462152	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104674	2903735
293-1606157808687	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105067	2902606
293-1606160748421	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105064	2902604
293-1606163550324	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104668	2903619
294-1605194955262	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105165	2903218
294-1605198996884	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105165	2903231
294-1605202749823	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105067	2903232
294-1605205773320	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105076	2903228
294-1605208558276	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105030	2903110
294-1605211371684	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105174	2903115

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
294-1605214017868	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105206	2903257
294-1605281787207	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105287	2903220
294-1605284350215	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105287	2903217
294-1605287229402	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105298	2903227
294-1605289708142	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105343	2903245
294-1605292122602	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105354	2903233
294-1605293894527	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105358	2903185
294-1605295844039	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105515	2903277
294-1605298137774	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105565	2903322
294-1605622977139	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105583	2903335
294-1605624963688	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105581	2903273
294-1605628011972	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105297	2903318
294-1605630706210	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105107	2903107
294-1605895247264	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106726	2902878
294-1605903128060	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107315	2903130
294-1605975171409	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106895	2902929
294-1605978595628	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107067	2902912
294-1605980080449	Gas Natural, Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107066	2902893
294-1605982463706	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107082	2902885
294-1605984135964	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107095	2902876
294-1605987422181	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106742	2902841
294-1605988667413	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106736	2902833
294-1605989663847	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106816	2902864
294-1605991675296	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106715	2902849
294-1606146180802	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106208	2903129
294-1606149732512	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106758	2903187
294-1606151521163	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106755	2903187
294-1606153020259	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106763	2903185
294-1606157568565	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106423	2903156
294-1606159530046	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107070	2902870
294-1606161300068	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107074	2902712
294-1606163487315	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106720	2903195
294-1606222153640	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106725	2902889
294-1606225983822	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106431	2903145
294-1606233253699	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107202	2900692
294-1606235689056	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107203	2900703
294-1606237062851	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107201	2900708
294-1606239387876	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107189	2900696
294-1606241627685	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107195	2900679
294-1606243295348	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107208	2900574
294-1606245365617	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107161	2900763
294-1606312846180	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107244	2900677
294-1606316172559	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106888	2900853
294-1606317870621	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106890	2900849
294-1606319344434	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106799	2901001

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
294-1606320804888	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106890	2901050
294-1606321929605	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106894	2901054
294-1606323361352	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106917	2901035
294-1606325246152	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107010	2901198
294-1606329634413	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107589	2901511
294-1606331964827	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107286	2901342
294-1606402431458	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107014	2901344
294-1606404043374	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107047	2901424
294-1606405810789	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107090	2901443
294-1606407234060	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107075	2901514
294-1606408675972	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107061	2901525
294-1606410142717	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107111	2901367
294-1606411171142	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107207	2901423
294-1606412342069	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107211	2901414
294-1606413652164	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107394	2901499
294-1606415536495	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107393	2901509
294-1606416803587	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107615	2901560
294-1606419219899	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107287	2900720
294-1606488697900	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107378	2901330
294-1606491466816	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5108134	2901558
294-1606494137066	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5108051	2901610
294-1606495511349	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5108014	2901576
294-1606497034188	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106794	2900942

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-111 Localización y características fuentes fijas – Quema de residuos

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1605731431904	Gasolina	Ichipa	5103200	2901010
290-1605197980921	Gasolina	Puchecherraput	5104442	2900783
290-1605206612713	Gasolina	Puchecherraput	5104432	2900765
290-1605210319400	Gasolina	Puchecherraput	5104483	2900770
290-1605213137421	Gasolina	Puchecherraput	5104456	2900802
290-1605215067604	Gasolina	Puchecherraput	5104416	2900786
290-1605902642544	Gasolina	Ashulamana	5105156	2905897
290-1605905560692	Gasolina	Ashulamana	5105146	2905899
290-1605907544953	Gasolina	Ashulamana	5105133	2905850
290-1605909395631	Gasolina	Ashulamana	5105111	2905873
290-1605911110533	Gasolina	Ashulamana	5105126	2905918
290-1605975161152	Gasolina	Ashulamana	5105118	2906258
290-1605976331606	Gasolina	Ashulamana	5105110	2906260
290-1605977724748	Gasolina	Ashulamana	5105026	2906217
290-1605979376922	Gasolina	Ashulamana	5105033	2906234

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
290-1605980929886	Gasolina	Ashulamana	5104810	2906221
290-1605982337005	Gasolina	Ashulamana	5104839	2906182
290-1605983717211	Gasolina	Ashulamana	5104812	2906224
290-1605984881963	Gasolina	Ashulamana	5104817	2906221
290-1605989769603	Gasolina	Ashulamana	5105192	2906019
290-1605995006258	Gasolina	Ashulamana	5105111	2905919
290-1606141283573	Gasolina	Ashulamana	5105114	2905911
290-1606142974200	Gasolina	Ashulamana	5105112	2905909
290-1606144128938	Gasolina	Ashulamana	5105109	2905918
290-1606145554289	Gasolina	Ashulamana	5105116	2905918
290-1606146751162	Gasolina	Ashulamana	5105110	2905915
290-1606148889098	Gasolina	Ashulamana	5105018	2905882
290-1606224476499	Gasolina	Rutkamaria	5106847	2901398
290-1606225726463	Gasolina	Rutkamaria	5106846	2901398
290-1606226731136	Gasolina	Rutkamaria	5106839	2901395
290-1606228155883	Gasolina	Rutkamaria	5106827	2901402
290-1606229314594	Gasolina	Rutkamaria	5106845	2901393
290-1606230519816	Gasolina	Rutkamaria	5106854	2901387
290-1606231665632	Gasolina	Rutkamaria	5106763	2901424
290-1606233198471	Gasolina	Rutkamaria	5106829	2901396
290-1606234697573	Gasolina	Rutkamaria	5106838	2901401
290-1606236200425	Gasolina	Rutkamaria	5106859	2901278
290-1606237227724	Gasolina	Rutkamaria	5106885	2901264
291-1605726231730	Gasolina	Mieshi	5103120	2900546
291-1605819693464	Gasolina	Mieshi	5102999	2900397
291-1605820719884	Gasolina	Mieshi	5103020	2900453
291-1605900687437	Gasolina	Mieshi	5103590	2902519
291-1606051441977	Gasolina	Ishamana	5103782	2902432
291-1606053205384	Gasolina	Ishamana	5103777	2902427
291-1606149720133	Gasolina	Ichichon	5102257	2899511
291-1606154567580	Gasolina	Ichichon	5102223	2899575
291-1606577233426	Gasolina	Uleule	5102747	2899743
290-1605988276815	Gasolina, Kerosene	Ashulamana	5105190	2906018
290-1605991178651	Gasolina, Kerosene	Ashulamana	5105197	2906014
290-1605992464010	Gasolina, Kerosene	Ashulamana	5105192	2906016
290-1606238348926	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106862	2901275
290-1606239987242	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106889	2901295
290-1606245292879	Gasolina, Kerosene	Rutkamaria	5106855	2901281
290-1606314955365	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103831	2903001
290-1606316155866	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103827	2902996
290-1606317366478	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103836	2903001
290-1606318942777	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5104055	2902973
290-1606320668313	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5104565	2902882
290-1606323480997	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5104051	2903117
290-1606324836382	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103834	2903012

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
290-1606328903773	Gasolina, Kerosene	Cubamana	5103859	2902569
290-1606330361095	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103820	2902619
290-1606331550975	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103814	2902618
290-1606332740600	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103760	2902620
290-1606333920030	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103755	2902618
290-1606335267787	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103861	2902545
290-1606336308400	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103867	2902527
290-1606399519315	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103950	2903243
290-1606403617777	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103096	2902553
290-1606405126432	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103094	2902625
290-1606406134023	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102976	2902633
290-1606407438923	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102917	2902670
290-1606408700734	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102922	2902679
290-1606409833133	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102925	2902666
290-1606410821741	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102923	2902665
290-1606411950955	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102930	2902674
290-1606413174016	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5102701	2902406
290-1606414152044	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103965	2903238
290-1606486899603	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103826	2903004
290-1606487749027	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103824	2903011
290-1606488763549	Gasolina, Kerosene	Ullaransen	5103825	2903008
290-1607005771913	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104141	2904053
290-1607009853618	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104155	2904040
290-1607010970640	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104150	2904067
290-1607014639892	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104352	2903751
290-1607017280316	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104167	2903780
290-1607018600661	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104138	2903809
290-1607019680636	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104190	2903789
290-1607020941914	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104164	2903765
290-1607021918573	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104140	2903788
290-1607023432338	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104363	2903750
290-1607095733737	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104362	2903745
290-1607097104108	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104337	2903702
290-1607098878949	Gasolina, Kerosene	Iperrain	5104340	2903704
291-1606491991675	Gasolina, Kerosene	Uleule	5102623	2899271
291-1606497387410	Gasolina, Kerosene	Uleule	5102623	2899272
290-1607098008125	Gasolina, Kerosene, Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104339	2903702
290-1606150098936	Kerosene	Ashulamana	5105026	2905878
290-1606242528694	Kerosene	Rutkamaria	5106857	2901275
290-1606243967889	Kerosene	Rutkamaria	5106782	2901212
290-1606246590003	Kerosene	Rutkamaria	5106866	2901279
290-1606248041601	Kerosene	Rutkamaria	5106857	2901275
290-1606249251131	Kerosene	Rutkamaria	5106852	2901271
290-1606250374832	Kerosene	Rutkamaria	5106862	2901275

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
290-1606312705031	Kerosene	Ullaransen	5103845	2903054
290-1606313868023	Kerosene	Ullaransen	5103840	2903059
289-1605724914460	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103257	2900952
289-1605727286186	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103262	2900981
289-1605730026541	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103305	2900982
289-1605798993726	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103208	2901009
289-1605803418110	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103170	2900999
289-1605806547195	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103112	2900947
289-1605813942688	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103121	2900906
294-1606494137066	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5108051	2901610
289-1605820709106	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103273	2900989
289-1605880643675	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103223	2900972
289-1605883385972	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103250	2900987
289-1605885635870	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103268	2900978
289-1605888105865	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103279	2901015
289-1605890190150	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103282	2901055
289-1605894116367	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103249	2900997
289-1605896356577	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103189	2900977
289-1605898562659	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103136	2901013
289-1605900549049	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103141	2901018
289-1605902971591	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103189	2901040
289-1605967723334	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103198	2901006
289-1605969621769	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103242	2901129
289-1605971976893	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103246	2901131
289-1605973793924	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103246	2901121
289-1605985904781	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102399	2900687
289-1605988389127	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102614	2900821
289-1605990274001	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102644	2901174
289-1605991850577	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102704	2901163
289-1606135801837	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103226	2900619
289-1606137632355	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103265	2900587
289-1606139874024	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103128	2900521
289-1606141651001	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103129	2900510
289-1606143627172	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103096	2900544
289-1606145851450	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102562	2900864
289-1606147031835	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102710	2901129
289-1606148489237	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102707	2901126
289-1606149877305	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102691	2901136
289-1606151611756	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102915	2901171
289-1606152338315	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102898	2901214
289-1606153232816	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5102967	2901222
289-1606154273919	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103373	2901201
289-1606155385171	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103342	2901050
289-1606156836536	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103260	2901069
289-1606158147716	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103259	2901069

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1606160028652	Leña Auto Apropiada	Ichipa	5103270	2901068
289-1606224529022	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104891	2901291
289-1606226997291	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104996	2901335
289-1606228598424	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105091	2901393
289-1606230786988	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105266	2901395
289-1606232744543	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105350	2901348
289-1606234271790	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105427	2901266
289-1606236116343	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105461	2901315
289-1606237971626	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105485	2901337
289-1606239520608	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105311	2901251
289-1606241920213	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105332	2901507
289-1606244588524	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104697	2901693
289-1606246387885	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104951	2901117
289-1606248707927	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104652	2901083
289-1606309036160	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105651	2902261
289-1606310341589	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105594	2902278
289-1606311829092	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105577	2902242
289-1606313192832	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105625	2902334
289-1606314211437	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105637	2902332
289-1606315395516	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105625	2902319
289-1606317049106	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105646	2902365
289-1606318980024	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105376	2902374
289-1606321955519	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105454	2902237
289-1606323287957	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105472	2902197
289-1606325330266	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105728	2901509
289-1606326586401	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105707	2901545
289-1606328029918	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105757	2900997
289-1606329202137	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105764	2900984
289-1606330687902	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105341	2900815
289-1606332294762	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105193	2900893
289-1606333550540	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105205	2901012
289-1606337050161	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104188	2900159
289-1606338576391	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104208	2900070
289-1606395883136	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105627	2902367
289-1606397475750	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105656	2902325
289-1606398866165	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105452	2901628
289-1606401343458	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104850	2901693
289-1606403001170	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104775	2901297
289-1606404274646	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104786	2901006
289-1606405917270	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104697	2900958
289-1606407748307	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104217	2900678
289-1606409906539	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105002	2900895
289-1606412705111	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105202	2901016
289-1606414233751	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104997	2900891
289-1606415823623	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5104980	2900857

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
289-1606417428962	Leña Auto Apropiada	Jeyutshe	5105005	2901334
294-1606491466816	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5108134	2901558
294-1606419219899	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107287	2900720
294-1606415536495	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107393	2901509
294-1606413652164	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107394	2901499
294-1606412342069	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107211	2901414
294-1606408675972	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107061	2901525
294-1606404043374	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107047	2901424
294-1606402431458	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107014	2901344
294-1606331964827	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107286	2901342
294-1606329634413	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107589	2901511
294-1606325246152	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107010	2901198
294-1606321929605	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106894	2901054
294-1606320804888	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106890	2901050
294-1606319344434	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106799	2901001
294-1606317870621	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106890	2900849
294-1606316172559	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5106888	2900853
294-1606312846180	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107244	2900677
294-1606245365617	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107161	2900763
294-1606243295348	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107208	2900574
294-1606241627685	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107195	2900679
294-1606239387876	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107189	2900696
294-1606237062851	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107201	2900708
294-1606235689056	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107203	2900703
294-1606233253699	Leña Auto Apropiada	Walerushi	5107202	2900692
294-1606225983822	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106431	2903145
294-1606222153640	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106725	2902889
294-1606163487315	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106720	2903195
294-1606159530046	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107070	2902870
294-1606157568565	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106423	2903156
294-1606153020259	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106763	2903185
294-1606151521163	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106755	2903187
294-1606146180802	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106208	2903129
294-1605991675296	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106715	2902849
294-1605989663847	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106816	2902864
294-1605988667413	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106736	2902833
294-1605987422181	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106742	2902841
294-1605984135964	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107095	2902876
294-1605982463706	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107082	2902885
294-1605980080449	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107066	2902893
294-1605978595628	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107067	2902912
294-1605975171409	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106895	2902929
294-1605903128060	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5107315	2903130
294-1605895247264	Leña Auto Apropiada	Chinchorrito	5106726	2902878
294-1605630706210	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105107	2903107

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
294-1605628011972	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105297	2903318
294-1605624963688	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105581	2903273
294-1605298137774	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105565	2903322
294-1605295844039	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105515	2903277
294-1605293894527	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105358	2903185
294-1605292122602	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105354	2903233
294-1605289708142	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105343	2903245
294-1605287229402	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105298	2903227
294-1605284350215	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105287	2903217
294-1605281787207	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105287	2903220
294-1605214017868	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105206	2903257
294-1605211371684	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105174	2903115
294-1605208558276	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105030	2903110
294-1605205773320	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105076	2903228
294-1605202749823	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105067	2903232
294-1605194955262	Leña Auto Apropiada	Isashika	5105165	2903218
290-1607008329279	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104136	2904053
290-1607015782387	Leña Auto Apropiada	Iperrain	5104370	2903757
292-1607542729362	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104420	2904743
292-1607536055160	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104497	2904608
292-1607534568439	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104332	2904669
292-1607532706391	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104368	2904766
292-1607531112308	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104387	2904744
292-1607527348749	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104415	2904811
292-1607525666810	Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104416	2904816
291-1605707988834	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103611	2902378
291-1605709756939	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103605	2902373
291-1605723865772	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5102611	2900816
291-1605727692960	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103106	2900549
291-1605731672214	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103029	2900419
291-1605733593217	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103042	2900443
292-1606335934044	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904544
291-1605813189970	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103802	2902385
291-1605816911461	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103016	2900359
291-1605818744824	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5102988	2900351
292-1606334639036	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904516
291-1605880503353	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103432	2902921
291-1605881758173	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103448	2902929
291-1605883123458	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103455	2902901
291-1605886308104	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103309	2902981
291-1605887712159	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103178	2902924
291-1605890743781	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103144	2902455
291-1605892313088	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103297	2902415
291-1605894305284	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5102779	2902021
291-1605897157514	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5102834	2902124

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1606333502564	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104275	2904503
291-1605995309386	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103088	2900538
291-1605996710794	Leña Auto Apropiada	Mieshi	5103078	2900544
291-1606059060384	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5107012	2900574
291-1606065401962	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104845	2900854
291-1606067083978	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104840	2900851
291-1606069328008	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5104771	2901732
291-1606071721226	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103482	2902927
291-1606073814703	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103461	2902926
291-1606076441260	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103163	2902936
291-1606077805569	Leña Auto Apropiada	Ishamana	5103142	2902946
291-1606144387752	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102209	2899606
291-1606146544157	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102257	2899512
291-1606148149458	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102294	2899506
291-1606151590472	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102261	2899520
291-1606153216779	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102241	2899598
291-1606155953077	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102231	2899582
291-1606157309880	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102237	2899562
291-1606161471009	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102229	2899608
291-1606162607830	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102202	2899568
291-1606229718015	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102221	2899599
291-1606231446798	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102057	2899666
291-1606232755115	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102045	2899651
291-1606233917773	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102056	2899660
291-1606236500255	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102053	2899665
291-1606237914433	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102040	2899646
291-1606240682229	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102333	2899724
291-1606248194513	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102423	2899785
291-1606249895444	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102199	2899274
291-1606403136980	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102239	2899594
291-1606407549859	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102643	2899330
291-1606409106649	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102655	2899341
291-1606410796867	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102650	2899337
291-1606411996712	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102642	2899337
291-1606413322208	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102638	2899329
291-1606415047891	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102655	2899387
291-1606416502543	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102637	2899388
291-1606417678760	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102645	2899377
291-1606421052667	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102238	2899583
291-1606423312137	Leña Auto Apropiada	Ichichon	5102269	2899513
291-1606485819312	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102627	2899279
291-1606487299895	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102627	2899273
291-1606488445197	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102610	2899250
291-1606489581180	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102622	2899256
291-1606490735738	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102617	2899257

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
291-1606498414022	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102631	2899261
291-1606499594557	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102614	2899276
291-1606501790104	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102630	2899270
291-1606503064353	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102619	2899263
292-1606326352376	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5103891	2904836
291-1606505354063	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102568	2899339
292-1606324300264	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5103908	2904830
292-1606321113018	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104279	2904392
292-1606319678447	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104267	2904434
292-1606316922356	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104316	2904445
292-1606314474962	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104265	2904014
291-1606574047354	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102695	2899489
292-1606245747329	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104136	2904095
292-1606236106977	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104242	2904286
291-1606587630175	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103075	2899191
292-1606234484154	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104239	2904262
292-1606232585150	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104283	2904530
292-1606231208918	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104267	2904490
291-1606679808938	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103264	2899613
292-1606229789742	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104258	2904508
292-1606228670382	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104260	2904522
291-1606682216922	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103266	2899629
291-1606683142113	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103254	2899622
292-1606227386444	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104276	2904506
291-1606685556877	Leña Auto Apropiada	Uleule	5103291	2899659
291-1606687052384	Leña Auto Apropiada	Uleule	5102656	2899423
292-1606223176220	Leña Auto Apropiada	Casa Eléctrica	5104268	2904024
292-1606065707804	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108879	2903537
292-1606063220247	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109150	2903239
292-1606061414743	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109228	2902443
292-1606060011778	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109034	2902379
292-1605982950189	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108889	2903066
292-1605981599163	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108825	2903192
292-1605979065720	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108855	2903192
292-1605975984316	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108686	2903240
292-1605973539372	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109035	2903621
292-1605972152884	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5109056	2903625
292-1605969482505	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108771	2903663
292-1605968079295	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108953	2903546
292-1605966337569	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108941	2903536
292-1605902271912	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108534	2903205
292-1605189269529	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102913	2900119
292-1605214118934	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5101953	2900575
292-1605901265328	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108514	2903185
292-1605218283386	Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102893	2900129

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1605275049580	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109025	2902579
292-1605278154938	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109043	2902593
292-1605280852129	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109027	2902609
292-1605283872129	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109008	2902649
292-1605288672672	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109021	2902591
292-1605291496538	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108910	2902499
292-1605360248912	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108999	2902400
292-1605362517612	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108910	2902722
292-1605364486002	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108945	2902723
292-1605367017216	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108906	2902481
292-1605369558331	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109041	2902630
292-1605705089261	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108988	2902461
292-1605707182390	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108986	2902469
292-1605710789551	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109006	2903177
292-1605713015059	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109442	2903432
292-1605714410796	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109448	2903447
292-1605716632651	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5109406	2903590
292-1605725612497	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108940	2902746
292-1605726887920	Leña Auto Apropiada	Suhuna	5108934	2902717
292-1605804136149	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108297	2903580
292-1605806620033	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108262	2903508
292-1605807908442	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108306	2903567
292-1605809601773	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108254	2903489
292-1605810837570	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108263	2903494
292-1605812669509	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108318	2903082
292-1605814460776	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108540	2903129
292-1605883677028	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108308	2903522
292-1605900077470	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108507	2903193
292-1605896529370	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108290	2903583
292-1605898384449	Leña Auto Apropiada	Amaiseo	5108307	2903471
292-1606058692375	Leña Comprada	Amaiseo	5109027	2902385
292-1606057418490	Leña Comprada	Amaiseo	5108974	2902336
292-1605722760958	Leña Comprada	Suhuna	5109030	2903593
292-1607861354443	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104057	2903888
292-1607812401798	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104481	2904017
292-1607810864206	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104501	2904033
292-1607809509130	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104567	2904066
292-1607808078757	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104798	2904155
292-1607806583383	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104793	2904156

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1607805526348	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104769	2904140
292-1607804391685	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104727	2904144
292-1607803547580	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104747	2904131
292-1607796665782	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104762	2904062
292-1607795085919	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104686	2904056
292-1607793436530	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104879	2904151
292-1607792102485	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104836	2904143
292-1607790697996	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104795	2904076
292-1607789416814	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104799	2904071
292-1607788041154	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104811	2904071
292-1607710124761	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104911	2904141
292-1607708817873	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104896	2904137
292-1607707611490	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104876	2904156
292-1607706535966	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104852	2904127
292-1607705470704	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104826	2904136
292-1607704338222	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104818	2904151
292-1607703000078	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104819	2904144
292-1607700391122	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104771	2904137
292-1607696910721	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104205	2903665
292-1607695022476	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104675	2904900
292-1607636531491	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104087	2903895
292-1607634712349	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104216	2903647

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
292-1607632180377	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104231	2903709
292-1607630444192	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104404	2904723
292-1607628780793	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104391	2904729
292-1607620524024	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104397	2904727
292-1607618690563	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104404	2904663
292-1607616526432	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104401	2904675
292-1607614494415	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104520	2904856
292-1607613309105	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105049	2904850
292-1607612036877	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105027	2904872
292-1607610945758	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105031	2904860
292-1607609826311	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105090	2904890
292-1607608587206	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105055	2904859
292-1607550547244	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105052	2904740
292-1607546924423	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5105035	2904724
292-1607545199018	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104412	2904726
292-1607543978510	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Kasushi	5104402	2904734
292-1605193434121	Leña Comprada,Leña Auto Apropiada	Morrenaka	5102915	2900078
293-1606163550324	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104668	2903619
293-1606160748421	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105064	2902604
293-1606157808687	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105067	2902606
293-1606150462152	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104674	2903735
293-1606149322014	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104646	2903744
293-1606148319142	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104648	2903675
293-1606147264227	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104696	2903677
293-1606145556208	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104687	2903627
293-1606144345706	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104721	2903723
293-1606142802438	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104795	2903694
293-1606141235572	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5104796	2903472

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
293-1606138467896	Leña Auto Apropiada	Julianrance	5105057	2902606
293-1605970384499	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107591	2903582
293-1605968143551	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107674	2903530
293-1605966093449	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107584	2903584
293-1605893668935	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107582	2903611
293-1605892644499	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107585	2903597
293-1605889957891	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107742	2903711
293-1605888255570	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107824	2903566
293-1605887129783	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107741	2903542
293-1605885483352	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107747	2903530
293-1605884181970	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107592	2903129
293-1605882939356	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107741	2903130
293-1605881766652	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107739	2903118
293-1605879857478	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108650	2904173
293-1605878015131	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108185	2903804
293-1605718659325	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107963	2903604
293-1605717176391	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107991	2903590
293-1605715740461	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107953	2903201
293-1605714430667	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108014	2903250
293-1605712493725	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108250	2903936
293-1605709282516	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108638	2904471
293-1605708066795	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5108623	2904473
293-1605629340880	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107699	2903319
293-1605628313013	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107607	2903395
293-1605626928573	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107480	2903566
293-1605625368986	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107415	2903765
293-1605621841675	Leña Auto Apropiada	Cubamana	5107252	2903687
293-1605297366320	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106174	2905262
293-1605295569917	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106116	2905252
293-1605293980099	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106137	2905242
293-1605292140906	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106237	2905298
293-1605290412852	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106245	2905295
293-1605288139951	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106427	2904366
293-1605286809219	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106417	2904366
293-1605285155571	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106404	2904570
293-1605283730943	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106411	2904580
293-1605279791308	Leña Auto Apropiada	Kasia	5106154	2904781
293-1605278355465	Gas Propano	Kasia	5106161	2904783
293-1605212850867	Gas Propano	Kasia	5106358	2904846
293-1605210851505	Gas Propano	Kasia	5106378	2904936
293-1605208868138	Gas Propano	Kasia	5106379	2904936
293-1605204387269	Gas Propano	Kasia	5106833	2905007
293-1605201767853	Gas Propano	Kasia	5106793	2904923
293-1605199685768	Gas Propano	Kasia	5106788	2904922
293-1605196315888	Gas Propano	Kasia	5106522	2904893

Id_Encuesta	Quema se Usa	U_vereda	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
293-1605192642561	Gas Propano	Kasia	5106530	2904899
293-1605188385844	Gas Propano	Kasia	5106536	2905111

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Aunque las fuentes se identificaron en campo no se dispone de la información necesaria para ser incluidas dentro de los cálculos de los modelos, por lo tanto, no se tienen dentro en cuenta para la línea base, los registros se encuentran en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/2-Inventarios).

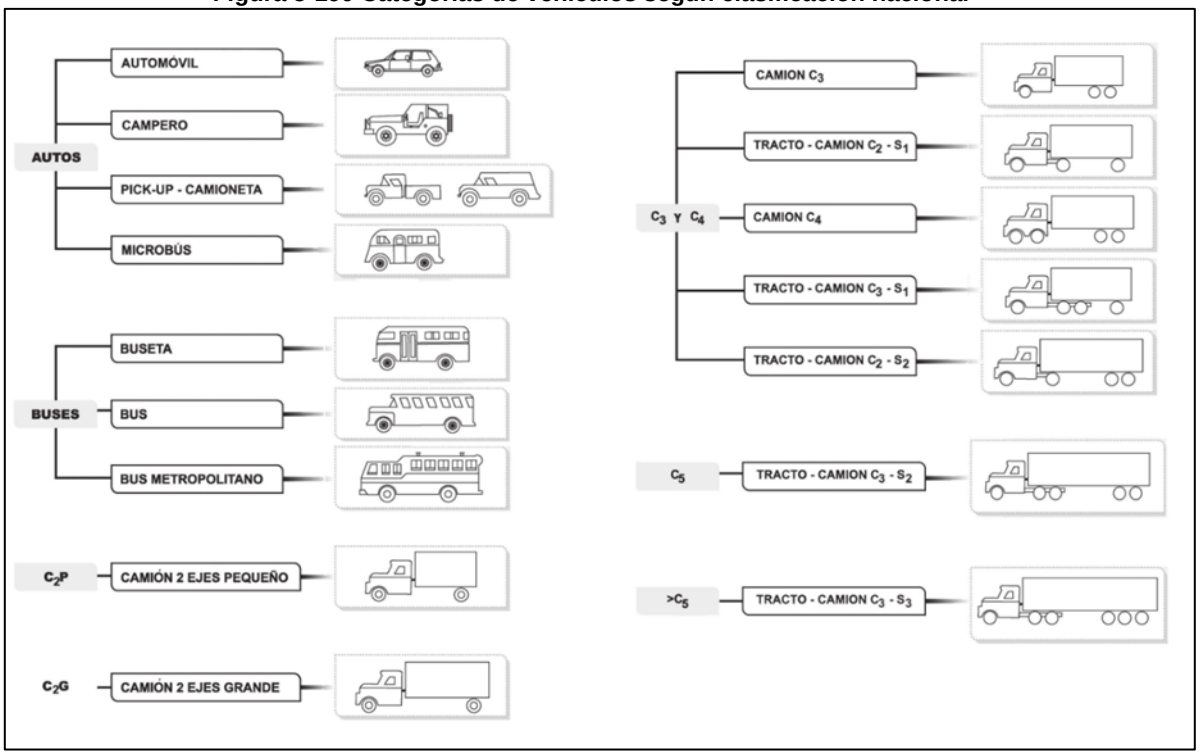
5.1.8.2.2. Aforo vehicular

Para la determinación de las condiciones de tráfico vehicular típicas de la zona de estudio, se toma como base el aforo vehicular desarrollado durante 48 horas continuas en 5 puntos aforados. Dicho aforo permite determinar las condiciones típicas esperadas según estado de vía y tipo de acceso (por ejemplo, vía pavimentada o vía sin pavimentar, vías afirmadas, vías en mal estado o caminos).

Se utiliza información técnica determinada en campo de demanda de tráfico normalizado en términos de TDP de vehículo siguiendo la clasificación por tipología INVIAS (Figura 5-190)[78].

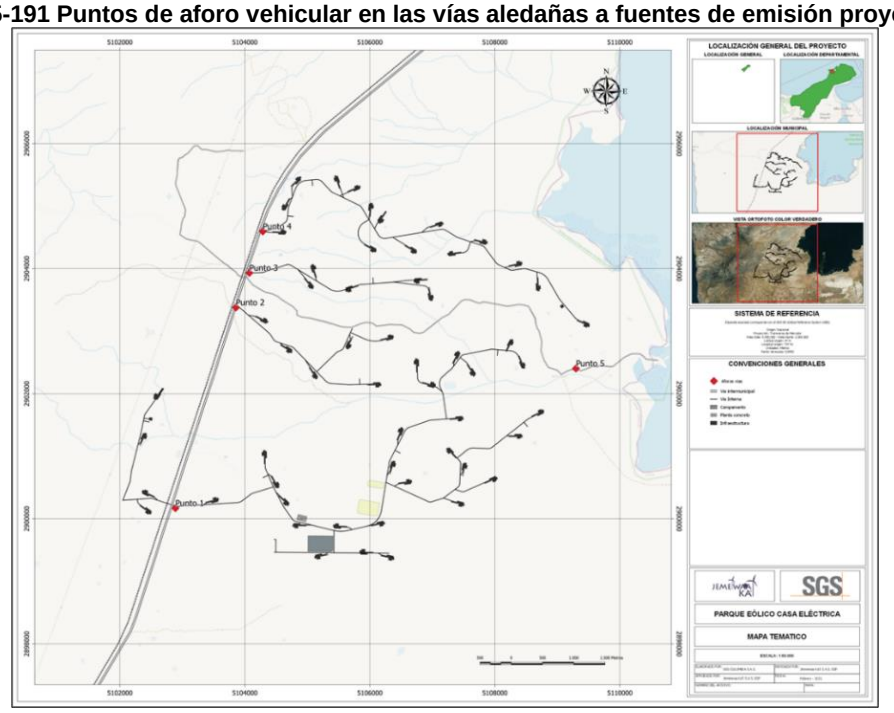
[78] Con el fin de homologar los factores de emisión con respecto a la tipología INVIAS, se toma autos a cualquier vehículo liviano (excepto motos), motos como categoría motos, buses como categoría buses, camiones pequeños como categorías C-2P y C-2G, camiones medianos como categorías C-3-4 y camiones grandes como categorías C-5 y >C-5.

Figura 5-190 Categorías de vehículos según clasificación nacional



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021, a partir de información de INVIAS, 2015.

Figura 5-191 Puntos de aforo vehicular en las vías aledañas a fuentes de emisión proyectadas



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-112 Caracterización punto aforo 1

Nombre del punto	Coordenadas CTM12 Origen Nacional		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 1	E	5.102.889	Clima	Lluvioso	
	N	2.900.168	Fuentes potenciales	Vía intermunicipal con tráfico mixto público. Vía no pavimentada.	
	m.s.n.m.	18			

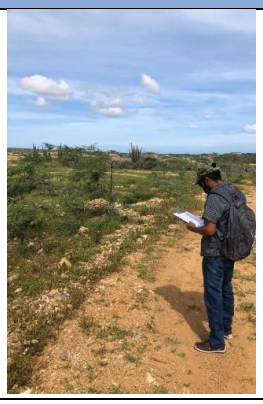
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-113 Caracterización punto aforo 2

Nombre del punto	Coordenadas CTM12 Origen Nacional		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 2	E	5.103.857	Clima	Lluvioso	
	N	2.903.377	Fuentes potenciales	Vía intermunicipal con tráfico mixto público. Vía no pavimentada.	
	m.s.n.m.	21			

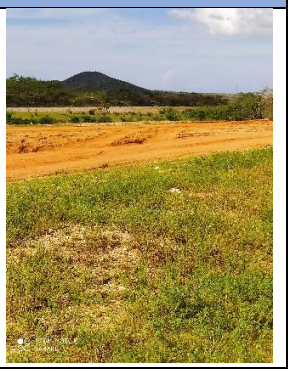
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-114 Caracterización punto aforo 3

Nombre del punto	Coordenadas CTM12 Origen Nacional		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 3	E	5.104.072	Clima	Lluvioso	
	N	2.903.931	Fuentes potenciales	Vía intermunicipal con tráfico mixto público. Vía no pavimentada.	
	m.s.n.m.	24			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-115 Caracterización punto aforo 4

Nombre del punto	Coordenadas CTM12 Origen Nacional		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 4	E	5.104.287	Clima	Lluvioso	
	N	2.904.595	Fuentes potenciales	Vía intermunicipal con tráfico mixto público. Vía no pavimentada.	
	m.s.n.m.	17			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-116 Caracterización punto aforo 5

Nombre del punto	Coordenadas CTM12 Origen Nacional		Aspectos		Registro Fotográfico
Punto 5	N:	5.109.298	Clima	Lluvioso	
	E:	2.902.402	Fuentes potenciales	Vía intermunicipal con tráfico mixto público. Vía no pavimentada.	
	m.s.n.m.	18			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Se asume para todos los vehículos funcionan a combustible Diesel. Además, los resultados de la campaña de aforo, la cual consiste principalmente en el conteo visual directo hora a hora del número de vehículos y su clasificación según categoría INVIAS (siendo esta información registrada en formatos de campo), se presentan en las Tabla 5-117 a Tabla 5-126, para los periodos de 24 horas entre día hábil y día no hábil, así como el resumen promedio del total de cada uno de los periodos contabilizados.

Tabla 5-117 Aforo vehicular Punto 1 en día hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	3	0	0	0
03:00	0	2	0	0	0	0	0	0
04:00	0	8	0	0	0	0	0	0
05:00	7	10	0	0	0	0	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
06:00	4	7	0	0	0	0	0	0
07:00	6	7	0	0	0	0	0	0
08:00	10	9	0	0	0	0	0	0
09:00	13	10	0	0	0	0	0	0
10:00	12	10	0	1	0	0	0	0
11:00	11	15	1	1	0	0	0	0
12:00	7	8	0	0	0	0	0	0
13:00	3	1	0	0	0	0	0	0
14:00	0	6	0	0	2	0	1	0
15:00	6	7	0	0	0	0	0	0
16:00	6	8	0	1	0	0	0	0
17:00	8	3	0	1	0	0	0	0
18:00	12	4	0	0	0	0	0	0
19:00	2	3	0	0	0	0	0	0
20:00	1	3	0	1	0	0	0	0
21:00	4	1	0	0	0	0	0	0
22:00	2	1	0	0	0	0	0	0
23:00	2	1	0	0	0	0	0	0
TOTAL	116	124	1	5	5	0	1	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-118 Aforo vehicular punto 1 en día no hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	2	2	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	4	3	0	0	0	0	0	0
05:00	2	1	0	0	0	0	0	0
06:00	11	10	0	0	1	0	0	0
07:00	8	14	0	0	2	0	0	0
08:00	13	16	0	1	1	0	0	0
09:00	14	5	0	0	0	0	0	0
10:00	21	8	0	0	0	0	0	0
11:00	11	5	1	1	0	0	0	0
12:00	6	7	0	1	0	0	0	0
13:00	3	9	0	0	2	0	0	0
14:00	9	3	1	0	1	0	0	0
15:00	4	6	0	0	0	1	0	0
16:00	4	9	1	0	0	0	0	0
17:00	6	12	0	0	2	0	0	0
18:00	3	5	0	0	1	0	0	0
19:00	1	5	0	0	0	0	0	0
20:00	0	6	0	0	0	0	0	0
21:00	3	4	0	0	0	0	0	0
22:00	1	1	0	0	0	0	0	0
23:00	0	2	0	0	0	0	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
TOTAL	126	133	3	3	10	1	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-119 Aforo vehicular Punto 2 en día hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	3	0	0	0
03:00	0	2	0	0	0	0	0	0
04:00	0	2	0	0	0	0	0	0
05:00	4	10	0	0	0	0	0	0
06:00	7	7	0	0	0	0	0	0
07:00	6	7	0	0	0	0	0	0
08:00	11	9	0	0	0	0	0	0
09:00	9	10	0	0	0	0	0	0
10:00	17	13	0	0	0	0	0	0
11:00	9	4	0	0	0	0	0	0
12:00	11	7	1	0	0	0	0	0
13:00	4	6	0	0	0	0	0	0
14:00	4	7	0	0	3	0	0	0
15:00	6	7	0	1	0	0	0	0
16:00	21	16	0	2	0	0	0	0
17:00	10	7	0	0	0	0	0	0
18:00	11	2	0	0	0	0	0	0
19:00	4	5	0	0	0	0	0	0
20:00	2	4	0	0	0	0	0	0
21:00	4	5	0	0	0	0	0	0
22:00	0	1	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	140	131	1	3	6	0	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-120 Aforo vehicular punto 2 en día no hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	1	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	2	1	0	0	0	0	0	0
05:00	2	6	0	0	0	0	0	0
06:00	16	11	0	0	0	0	0	0
07:00	11	9	0	0	2	0	0	0
08:00	18	15	0	1	0	0	0	0
09:00	19	14	0	0	1	0	0	0
10:00	22	17	0	0	0	1	0	0
11:00	12	5	0	0	0	0	0	0
12:00	7	6	0	0	0	0	0	0
13:00	8	15	0	0	0	1	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
14:00	5	1	1	0	0	1	0	0
15:00	11	8	0	0	0	0	0	0
16:00	8	5	1	0	0	0	0	0
17:00	15	9	0	1	0	0	1	0
18:00	8	6	0	0	0	1	0	0
19:00	4	6	0	1	0	0	0	0
20:00	3	7	0	0	0	0	0	0
21:00	5	3	0	0	0	0	0	0
22:00	0	1	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	176	146	2	3	3	4	1	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-121 Aforo vehicular Punto 3 en día hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	1	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	4	0	3	0	0	0	0	0
04:00	0	2	0	0	0	0	0	0
05:00	5	8	0	0	0	0	0	0
06:00	6	4	0	0	0	0	0	0
07:00	3	7	0	0	0	0	0	0
08:00	10	9	0	1	0	0	0	0
09:00	16	7	0	0	0	0	0	0
10:00	14	8	0	1	0	0	0	0
11:00	11	6	0	0	0	0	0	0
12:00	10	5	1	0	0	0	0	0
13:00	14	11	0	0	2	0	0	0
14:00	17	10	0	0	0	0	0	0
15:00	31	10	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	142	87	4	2	2	0	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-122 Aforo vehicular punto 3 en día no hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	2	1	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	3	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
04:00	1	3	0	0	0	0	0	0
05:00	9	5	0	0	0	0	0	0
06:00	16	14	0	0	0	0	0	0
07:00	15	10	2	1	0	0	0	0
08:00	17	15	0	0	0	0	0	0
09:00	12	9	0	0	0	0	0	0
10:00	10	6	0	0	0	0	0	0
11:00	6	5	0	1	1	0	0	0
12:00	5	7	0	0	0	0	0	0
13:00	14	2	1	0	1	0	0	0
14:00	6	2	0	0	0	0	0	0
15:00	8	14	0	0	0	0	4	0
16:00	14	14	0	0	0	0	0	0
17:00	14	10	0	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	152	117	3	2	2	0	4	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-123 Aforo vehicular Punto 4 en día hábil.

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	2	0	0	0	0	0	0	0
03:00	4	3	0	0	0	0	0	0
04:00	6	7	0	0	0	0	0	0
05:00	3	6	0	0	0	0	0	0
06:00	11	4	0	0	0	0	0	0
07:00	5	8	0	0	0	0	0	0
08:00	10	5	0	0	0	0	0	0
09:00	7	9	0	0	0	0	0	0
10:00	14	9	0	0	0	0	0	0
11:00	15	5	0	1	0	0	0	0
12:00	16	12	1	0	0	0	0	0
13:00	2	6	0	0	0	0	0	0
14:00	13	7	0	1	1	1	0	0
15:00	12	5	0	1	0	0	0	0
16:00	19	12	0	0	0	0	0	0
17:00	12	2	0	0	0	0	0	0
18:00	18	3	0	0	0	0	0	0
19:00	6	4	0	0	0	0	0	0
20:00	1	1	0	0	0	0	0	0
21:00	0	5	0	0	0	0	0	0
22:00	3	1	0	0	0	0	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
23:00	1	2	0	0	0	0	0	0
TOTAL	180	116	1	3	1	1	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-124 Aforo vehicular punto 4 en día no hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	1	0	0	0	0	0	0	0
01:00	1	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	1	0	0	0	0	0	0
03:00	2	0	0	0	0	0	0	0
04:00	7	12	0	0	0	0	0	0
05:00	4	4	0	0	0	0	0	0
06:00	7	6	0	0	0	0	0	0
07:00	16	9	0	0	0	0	0	0
08:00	15	8	0	0	0	0	0	0
09:00	18	15	0	0	1	0	0	0
10:00	20	6	0	1	0	0	0	0
11:00	12	9	0	0	0	0	0	0
12:00	2	12	0	0	0	0	0	1
13:00	8	7	0	0	0	0	0	1
14:00	13	2	3	0	0	1	0	0
15:00	8	4	0	0	0	1	0	0
16:00	10	5	1	0	0	0	0	0
17:00	9	10	0	1	0	0	1	0
18:00	9	2	0	0	0	0	1	0
19:00	3	5	0	0	0	0	0	0
20:00	2	7	0	0	0	0	0	0
21:00	1	2	0	0	0	0	0	0
22:00	0	1	0	0	0	0	0	0
23:00	2	2	0	0	0	0	0	0
TOTAL	170	129	4	2	1	2	2	2

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-125 Aforo vehicular Punto 5 en día hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	5	0	0	0	0	0	0	0
01:00	6	0	0	0	0	0	0	0
02:00	2	0	0	0	0	0	0	0
03:00	5	0	0	0	0	0	0	0
04:00	3	0	0	0	0	0	0	0
05:00	4	0	0	0	0	0	0	0
06:00	2	0	0	1	0	0	0	0
07:00	2	0	0	2	0	0	0	0
08:00	0	0	0	1	0	0	0	0
09:00	1	0	0	0	0	0	0	0
10:00	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	2	0	0	1	0	0	0	0

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
13:00	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	3	0	0	1	0	0	0	0
18:00	3	0	0	0	0	0	0	0
19:00	2	0	0	0	0	0	0	0
20:00	3	0	0	1	0	0	0	0
21:00	6	1	0	1	0	0	0	0
22:00	4	0	0	0	0	0	0	0
23:00	6	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	59	1	0	8	0	0	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

Tabla 5-126 Aforo vehicular punto 5 en día no hábil

	Motos	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5
00:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00	1	0	0	1	0	0	0	0
05:00	0	0	0	1	0	0	0	0
06:00	3	1	0	3	0	0	0	0
07:00	3	0	0	0	0	0	0	0
08:00	5	0	0	0	0	0	0	0
09:00	4	0	0	0	0	0	0	0
10:00	8	0	0	0	0	0	0	0
11:00	4	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	0	1	0	0	0	0
13:00	1	0	0	0	0	0	0	0
14:00	2	0	0	0	0	0	0	0
15:00	2	2	0	0	0	0	0	0
16:00	4	0	0	1	0	0	0	0
17:00	1	0	0	0	0	0	0	0
18:00	1	1	0	1	0	0	0	0
19:00	2	0	0	0	0	0	0	0
20:00	1	0	0	0	0	0	0	0
21:00	1	0	0	0	0	0	0	0
22:00	1	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	44	4	0	8	0	0	0	0

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2021.

5.1.8.2.3. Línea férrea - Cerrejón

De acuerdo con el informe de sostenibilidad Cerrejón de 2019, la línea férrea que se encuentra en el departamento La Guajira entre Puerto Bolívar a la Mina Cerrejón cuenta con 150 km, con un transito entre 7 a 9 trenes al día con 13,5 horas entre cargue, trasporte

y descargue. No obstante, durante el monitoreo realizado para el presente estudio no se presento transito en la línea férrea. Por tal razón para saber el estado actual del entorno en el área de estudio considerando la línea férrea como una fuente de emisión, se tomaron los datos de los informes de calidad de aire puerto bolívar y línea férrea presentados por cerrejón durante el segundo trimestre del año 2020.

De acuerdo con el informe Al cierre del segundo trimestre de 2020, las concentraciones de PM10 y PM2.5 en las estaciones de monitoreo de Cerrejón en Puerto Bolívar y Línea Férrea registraron valores diarios y anuales que cumplieron los límites establecidos por la normatividad colombiana en la Resolución 2254 de 2017.

Durante este periodo, Cerrejón continuó aplicando acciones de control tendientes a mitigar su impacto sobre los niveles de material particulado de las comunidades vecinas. Entre estas medidas se destacan:

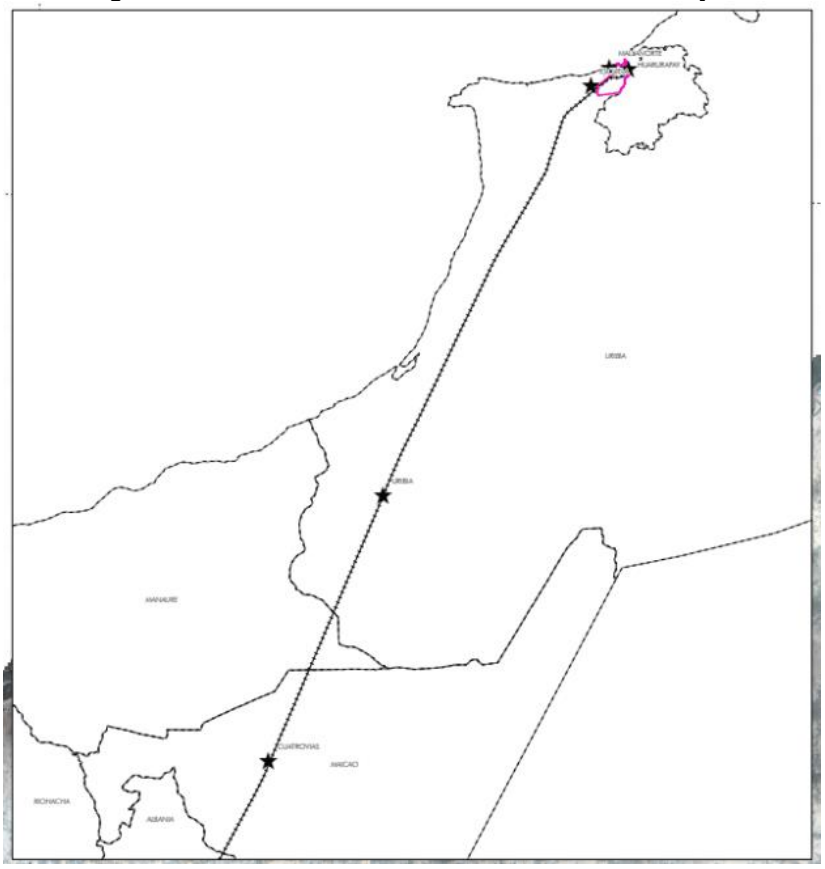
- Nivelación, humedecimiento y compactación del carbón una vez es cargado en los vagones del ferrocarril.
- Estrategia de inspecciones periódicas y jornadas de limpieza del material que puede caer de los vagones en áreas aledañas.
- Durante el desarrollo de actividades de soporte y mantenimiento de la línea férrea se mantienen en aplicación los controles de material particulado que son requeridos, tales como la humectación del material a manejar y el riego permanente de las vías de tránsito de equipos.

La implementación de estas medidas contribuyó al cumplimiento en los niveles de PM10 y PM2.5 en todas las estaciones de la red de Cerrejón en Puerto Bolívar y Línea Férrea, sin embargo, entre el 20 y 26 de junio se registró la incidencia de un fenómeno externo a las operaciones del puerto, relacionado con un frente de aerosoles de partículas provenientes del desierto del Sahara, considerado el más adverso de las últimas décadas, tal como reportaron diferentes medios de comunicación internacionales (CNN, Infobae, Mongabay LATAM: 2020).

Cabe resaltar que durante este periodo (entre el 20 y 26 de junio) las operaciones de Puerto Bolívar y la Línea Férrea estuvieron restringidas para no generar incrementos a las ya altas concentraciones de material particulado.

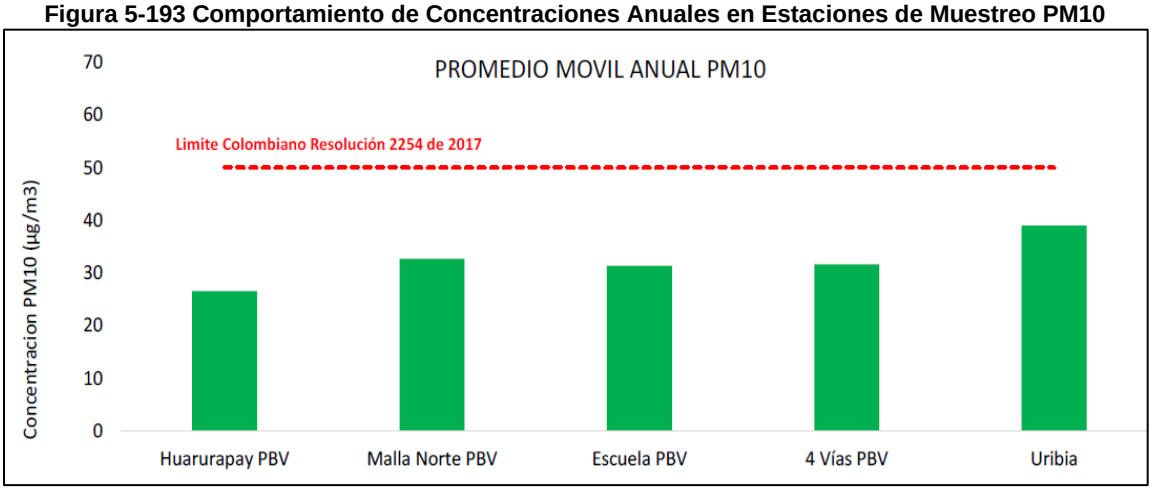
Los promedios anuales de concentraciones de material respirable PM10, PM2.5 y el límite establecido por la normatividad colombiana se muestran en la Figura 5-193 y Figura 5-194. Todas las estaciones presentaron cumplimiento de la normativa vigente al registrar valores por debajo del límite máximo permisible de PM10 y PM2.5, según lo establecido en la Resolución 2254 de 2017, principalmente las estaciones de Uribia y 4 Vías PBV, que se encuentran localizadas cerca de la línea férrea.

Figura 5-192 Ubicación Estaciones de Muestreo Cerrejón



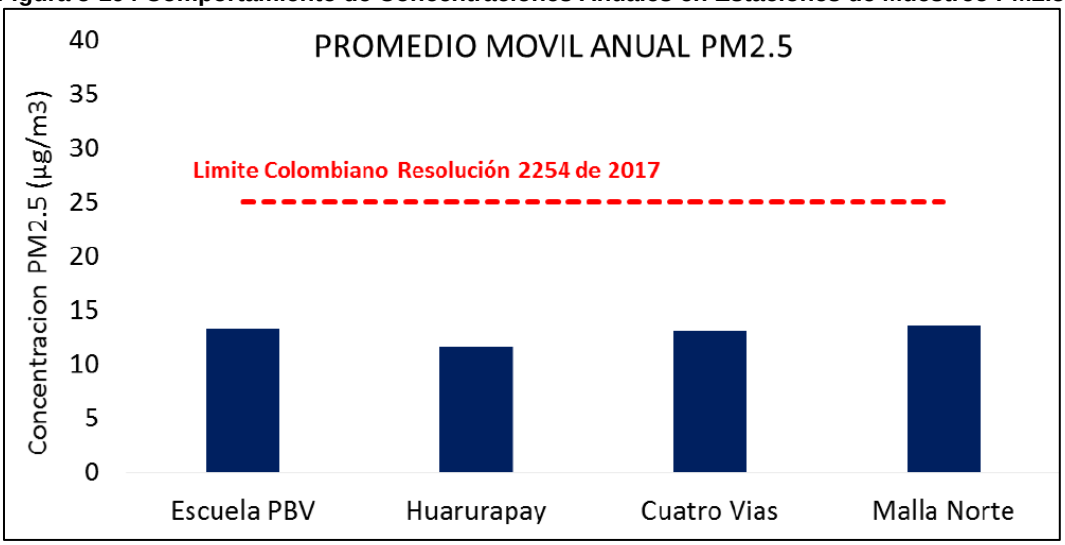
Fuente: Cerrejón, 2020.

Figura 5-193 Comportamiento de Concentraciones Anuales en Estaciones de Muestreo PM10



Fuente: Cerrejón, 2020.

Figura 5-194 Comportamiento de Concentraciones Anuales en Estaciones de Muestreo PM2.5



Fuente: Cerrejón, 2020.

5.1.8.3. Modelación de contaminantes y Calidad del aire

5.1.8.3.1. Monitoreo de calidad del aire

Con la finalidad de caracterizar la calidad del aire del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Casa Eléctrica, se estableció una red monitoreo, correspondiente a un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire Industrial (SVCAI), establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010). De acuerdo con lo descrito en el numeral 5.7.2 Metodología específica de diseño de un SVCAI del Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, se procedió a tomar 18 muestras día de por medio dado que el monitoreo se realizó entre el 7 de noviembre al 11 de diciembre del año 2020, época caracterizada por altos niveles de precipitación (Tal y como se describe en el Numeral 5.1.9.1.2 Precipitación).

- ✓ Consideraciones ubicación de las estaciones de monitoreo

Para la ubicación de las estaciones de calidad del aire se siguió lo descrito en la Tabla 5-127 Descripción SVCAI indicativo del Numeral 5.7.4 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MAVDT, 2010), que establece que como mínimo se debe contemplar una estación de fondo y una estación vientos abajo de las fuentes de emisión, también se tuvo en cuenta los Numerales 6.3 y 6.4 Criterios de Macro y Micro localización de los sitios de vigilancia del mismo manual y la ubicación de fuentes y receptores en el área de influencia.

- Criterios de macro localización

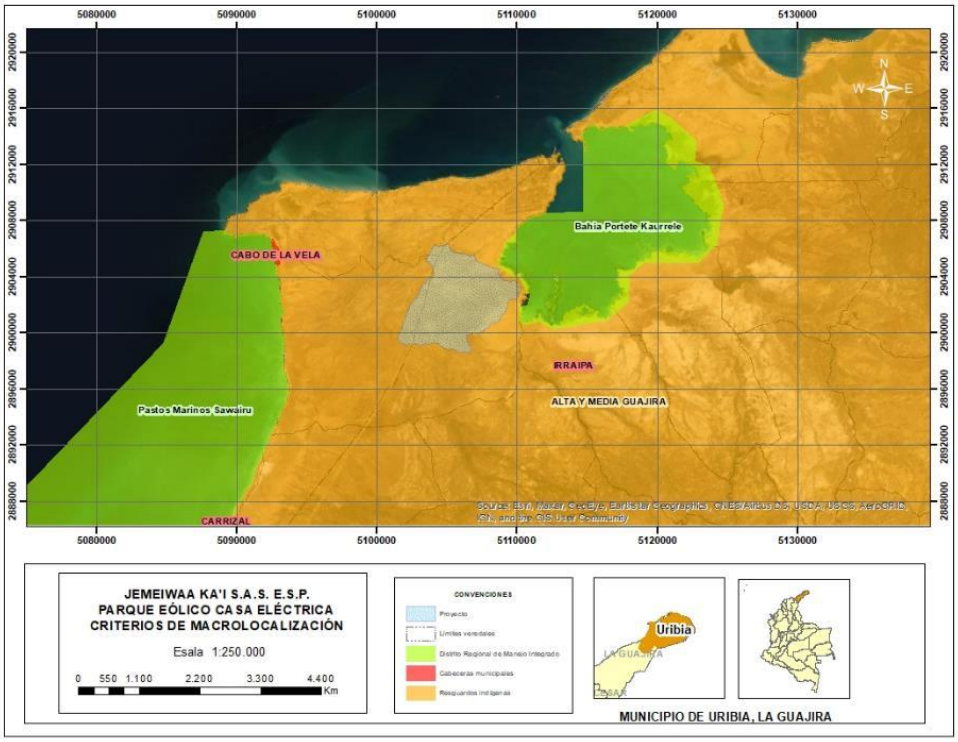
Para la evaluación de los criterios de macro localización, se identificaron los ecosistemas estratégicos dentro del área de influencia del proyecto EIA Parque Eólico Casa Eléctrica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA´I S.A.S. E.S.P., ubicado en el municipio de Uribia, departamento de La Guajira.

Tabla 5-127 Área de influencia del proyecto

Tipo	Características
Protección a la salud humana	- Cabo de la vela - Corregimiento de Irraipa
Resguardos indígenas	- Alta y media Guajira (Wayuu)
Protección a los ecosistemas	- Pastos marinos Sawairu - Bahía Portete Kaurrele

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-195 Criterios de macro localización

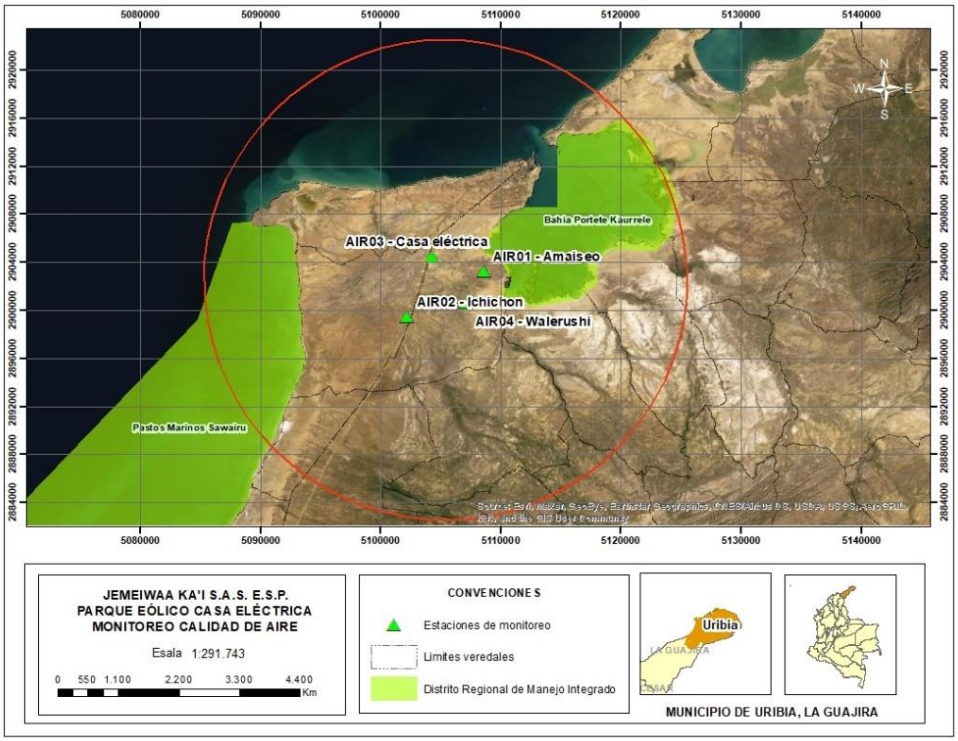


Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Para determinar el área de posibles receptores, se toma una distancia radial de aproximadamente 20km desde la ubicación de las estaciones de monitoreo, y se identifican los centros poblados y los ecosistemas estratégicos que se encuentren dentro de este polígono (Figura 5-196 y la Figura 5-197). Estos se encuentran en una escala diferente a la establecida en los términos de referencia TdR-09 para proyectos de uso de energía eólica

continental, debido a que en dicha escala no se aprecia la información de una manera global.

Figura 5-196 Ecosistemas estratégicos cercanos a las estaciones de monitoreo



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

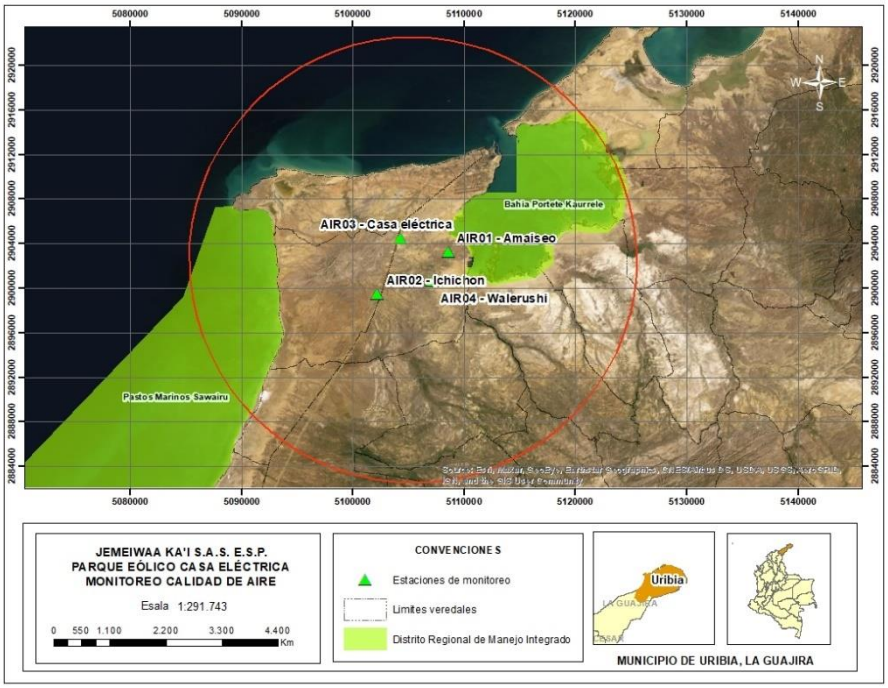
Frente a la ubicación de ecosistemas estratégicos o lugares con riqueza natural biótica, en la siguiente tabla se relacionan las distancias desde cada estación de monitoreo.

Tabla 5-128 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire (km)

Ecosistema estratégico	Dirección	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
Pastos marinos Sawairu	Noroeste	15,82	11,08	11,33	15,01
Bahía Portete Kaurrele	Sureste	7,60	11,88	11,75	7,38

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-197 Asentamientos poblacionales cercanos a las estaciones de monitoreo



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Frente a la ubicación de asentamientos poblacionales, se observan los siguientes centros poblados.

Tabla 5-129 Distancia de asentamientos poblacionales a las estaciones de monitoreo (km)

Centro poblado	Dirección	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
Cabo de la vela	Oeste	15,72	9,23	11,73	14,07
Irraipa	Este	2,05	9,09	6,58	4,16

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

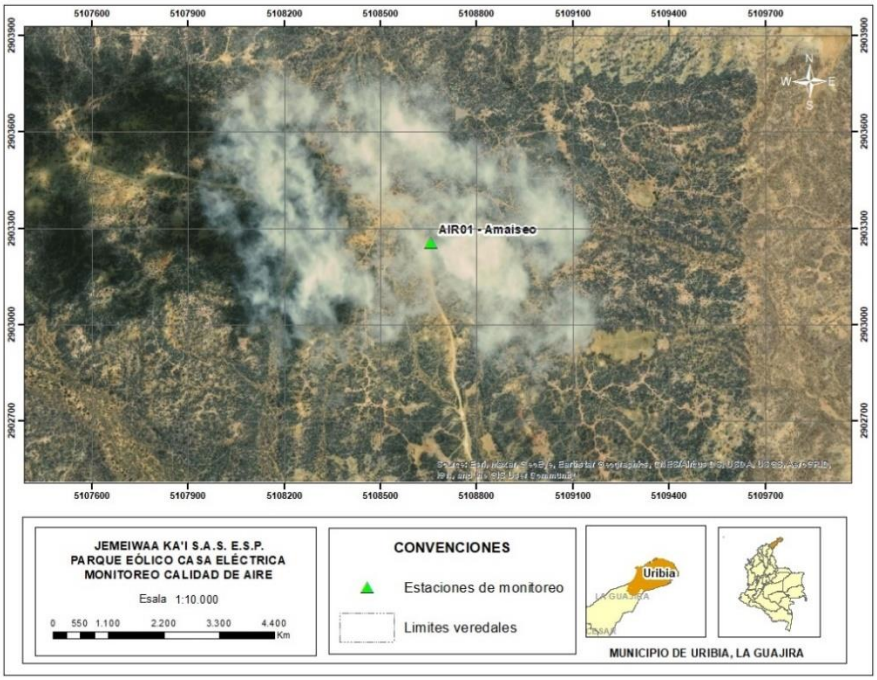
- Criterios de micro localización

Para los criterios de micro localización se tuvo en cuenta las condiciones de seguridad para la instalación de los equipos y de las personas, que la exposición de las muestras y sensores estuvieran lejos de fuentes locales de contaminación, como parqueaderos, vías sin pavimentar, calderas o grandes sumideros. También se contó que los puntos fueran de fácil acceso todo el tiempo para el respectivo verificación y mantenimiento de todos los equipos.

En el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/3-Monitoreo aire/4. Plan monitoreo y planillas), se encuentra el plan de muestreo, donde se presenta el croquis detallado de la posición de las fuentes de sonido, objetos relevantes y estaciones de medición. A continuación, se presentan la ubicación de cada una de las estaciones de monitoreo de

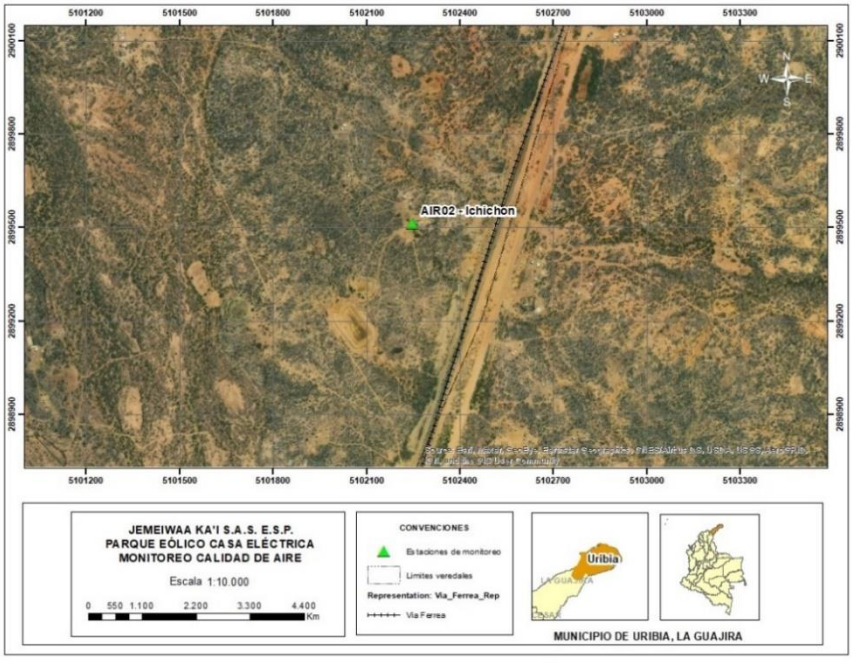
acuerdo con los términos de referencia TdR-09 para proyectos de uso de energía eólica continental, con una escala igual a 1:10.000.

Figura 5-198 Geoposición estación de monitoreo AIR01 - Amaiseo



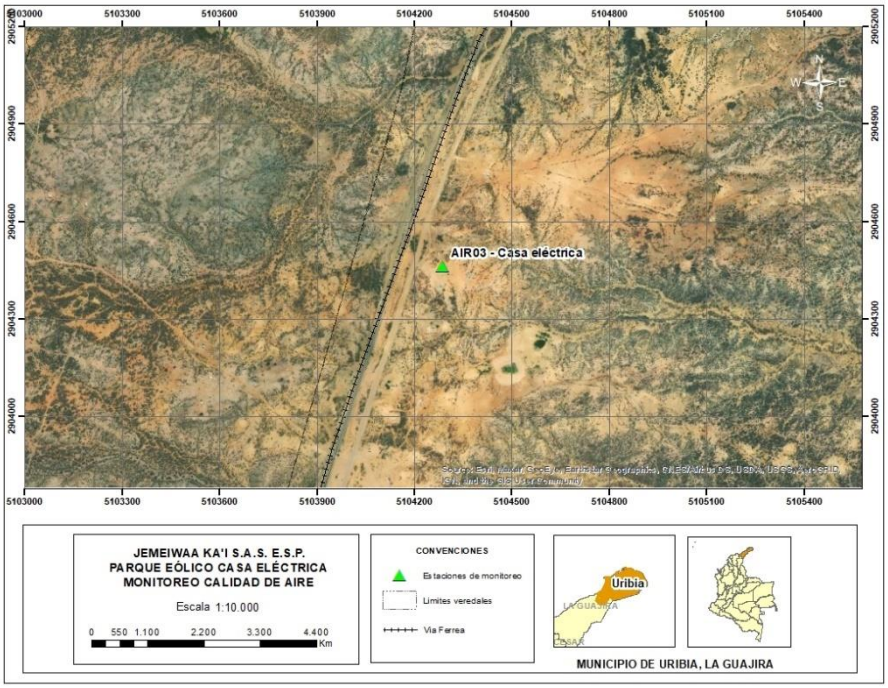
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-199 Geoposición estación de monitoreo AIR02 - Ichichon



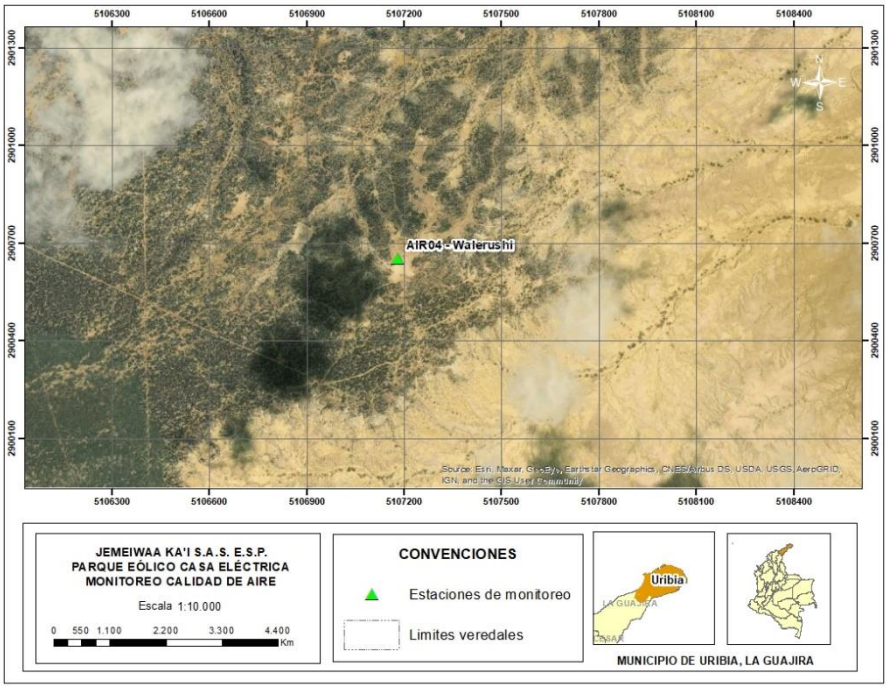
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-200 Geoposición estación de monitoreo AIR03 – Casa eléctrica



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-201 Geoposición estación de monitoreo AIR04 - Walerushi



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Ubicación de las estaciones de monitoreo

A continuación, con base en la normatividad, se muestra la ubicación de las estaciones para reportar los niveles máximos de contaminación, los niveles típicos de zonas densamente pobladas, la contaminación del aire transportado dentro y fuera de una zona de estudio, y los niveles de contaminación cerca de fuentes específicas:

Tabla 5-130 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-01 - Amaiseo

Nombre de la estación	Coordenadas planas		Coordenadas geográficas	
	Origen: Nacional			
AIR-01 - Amaiseo	Este	Norte	Longitud	Latitud
	5108659.084	2903253.638	72°00'03.05"	12°10'18.21"
				
Observaciones	Estación de monitoreo ubicada en comunidad Wayuu, con poco movimiento vehicular por tema de temporada de época lluviosa. En zona viviendas de la comunidad Amaiseo. A unos 30m al S-O de la Ranchería principal Amaiseo. Cercano a vía que va a Puerto Nuevo. Estación en dirección predominante del viento.			

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-131 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-02 - Ichichon

Nombre de la estación	Coordenadas planas		Coordenadas geográficas	
	Origen: Nacional			
AIR-02 - Ichichon	Este	Norte	Longitud	Latitud
	5102248.724	2899511.061	72°03'35.66"	12°08'17.08

Nombre de la estación	Coordenadas planas Origen: Nacional		Coordenadas geográficas	
				
Observaciones	Estación cercana a Ranchería principal Ichichon. A 350m de la vía Uribia-Puerto Bolívar en lado oeste. A unos 200m de la vía férrea.			

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-132 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-03 – Casa Eléctrica

Nombre de la estación	Coordenadas planas Origen: Nacional		Coordenadas geográficas	
AIR-03 – Casa eléctrica	Este	Norte	Longitud	Latitud
	5104044.224	2904461.378	72°02'27.58"	12°10'58.08"
				
Observaciones	Estación en zona de Ranchería principal Casa Eléctrica. Cercano a la vía Uribia-Puerto Bolívar, 300m aproximadamente, carretera sin pavimentar, poco movimiento vehicular por la temporada de época lluvia.			

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

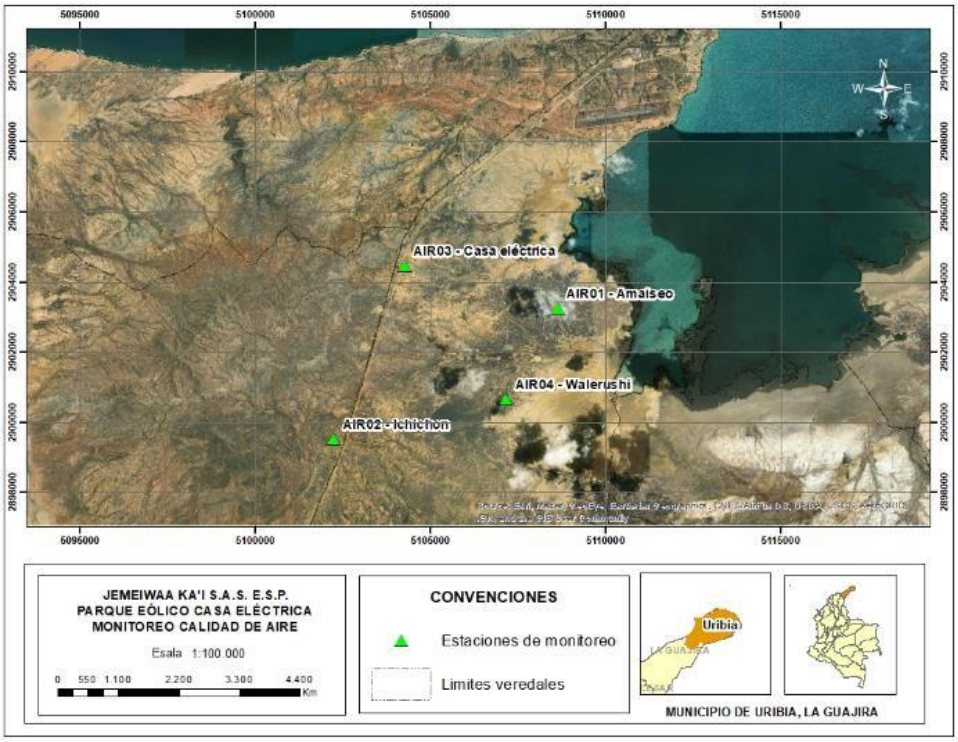
Tabla 5-133 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo - AIR-04 – Walerushi

Nombre de la estación	Coordenadas planas		Coordenadas geográficas	
	Origen: Nacional			
AIR-04 – Walerushi	Este	Norte	Longitud	Latitud
	5107182.085	2900653.047	72°00'52.25"	12°08'53.70"
				
Observaciones	Estación ubicada en zona de Ranchería principal Walerushi. Poca actividad. Época lluviosa. Vegetación alrededor de la estación -cactus.			

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-202 y en el Mapa 16. Localización puntos monitoreo de aire (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se presenta la ubicación de las estaciones a escala 1:60.000 con el fin de tener un panorama general del Área de influencia del proyecto y la ubicación con respecto a condiciones regionales, condiciones de la dirección del viento predominante en el monitoreo, así como la cercanía al mar, centros poblados, ecosistemas, posibles receptores sociales sensibles, entre otros.

Figura 5-202 Geoposición Puntos de Monitoreo



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire

Para determinar los niveles de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, se realizó el monitoreo de acuerdo con lo mencionado en la Tabla 5-134 y Tabla 5-135.

Tabla 5-134 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire

Parámetro	Muestreo	Método de análisis	Referencia
Material Particulado (PM_{10})	Hi-Vol	Gravimétrico	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice J
Material Particulado ($PM_{2.5}$)	Low-Vol	Gravimétrico	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice L
Dióxido de Azufre (SO_2)	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (Pararosanilina)	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Medición directa	Quimioluminiscencia	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice F
Monóxido de Carbono (CO)	Medición directa	Absorción en infrarrojo	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice C NDIR

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-135 Resumen de los detalles relativos al muestreo

Criterios	Descripción
Fecha De Muestreo	7 de noviembre al 11 de diciembre del 2020
Sitio De Muestreo	Municipio de Uribia (La Guajira)
Duración Del Muestreo	18 días (día de por medio)
Temporada	Época lluvia
Número Total De Muestras	360
Parámetros Estudiados	PM_{10}, $PM_{2.5}$, SO_2, NO_2, CO

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Las evaluaciones de la calidad del aire se efectuaron durante el período comprendido entre el 7 de noviembre y 11 de diciembre de 2020, la documentación referente a las actividades de campo se encuentran en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/3-Monitoreo aire/4. Plan monitoreo y planillas).

- ✓ Identificación de equipos de calidad del aire

En la Tabla 5-136, se muestra la identificación interna y seriales asignados a los equipos, en el monitoreo de calidad del aire, por el laboratorio SGS Colombia S.A.S., que se encuentra acreditado bajo la Resolución IDEAM 0180 del 24 de febrero de 2020 para la sede Bogotá y la Resolución 1016 de 12 de septiembre de 2019 para la sede Barranquilla. Por lo tanto, el presente estudio ambiental es válido para indicar los comportamientos en la matriz aire y para los requerimientos de control establecidos por parte de las autoridades ambientales.

Tabla 5-136 Identificación de equipos de calidad del aire

Estación	Equipo	ID Interno	Marca	Modelo	Serial	Fecha última calibración
AIR01-Amaiseo	Muestreador PM_{10}	EHS-OPE-116	TISCH ENVIROMENTALING	TE6070V	P8530	N.A.
	Muestreador $PM_{2.5}$	EHS-OPE-267	THERMO SCIENTIFIC	WILBUR	287	N.A.
	RAC tres gases (SO_2)	EHS-OPE-58	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	*Analizador NO_2	SGI-AA-019-04	N.A.	APNA-370	1TLF0RUR	20/06/2020
	*Analizador CO	SGI-AA-018-03	N.A.	APMA-370	P0B0CK6P	05/04/2020
AIR02-Ichichon	Muestreador PM_{10}	EHS-OPE-53	TISCH ENVIROMENTALING	TE6070V	P8773	N.A.
	Muestreador $PM_{2.5}$	EHS-OPE-272	THERMO SCIENTIFIC	WILBUR	N.A.	N.A.
	RAC tres gases (SO2)	EHS-OPE-181	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	*Analizador NO_2	SGI-AA-019-07	N.A.	APNA-370	1TLF2RUY	20/06/2020

Estación	Equipo	ID Interno	Marca	Modelo	Serial	Fecha última calibración
	*Analizador CO	SGI-AA-018-07	N.A.	APMA-370	P0B3AK7P	05/04/2020
AIR03-Casa eléctrica	Muestreador PM_{10}	EHS-OPE-114	TISCH ENVIROMENTALING	TE6070V	P10246	N.A.
	Muestreador $PM_{2.5}$	EHS-OPE-270	THERMO SCIENTIFIC	WILBUR	N.A.	N.A.
	RAC tres gases (SO_2)	EHS-OPE-138	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	*Analizador NO_2	SGI-AA-019-01	N.A.	APNA-370	3TLF023R	20/06/2020
	*Analizador CO	SGI-AA-018-13	N.A.	APMA-370	P4B4BK70	05/04/2020
AIR04-Walerushi	Muestreador PM_{10}	EHS-OPE-19	TISCH ENVIROMENTALING	TE6070V	EHS-OPE-19	N.A.
	Muestreador $PM_{2.5}$	EHS-OPE-271	THERMO SCIENTIFIC	WILBUR	N.A	N.A.
	RAC tres gases (SO_2)	EHS-OPE-185	N.A	N.A.	N.A	N.A.
	*Analizador NO_2	SGI-AA-019-12	N.A	APNA-370	3TLFS88R	20/06/2020
	*Analizador CO	SGI-AA-018-06	N.A	APMA-370	P4B4CK6P	05/04/2020
AIR 01, AIR 02, AIR 03 AIR04	DELTA CAL	EHS-OPE-266	DELTA CAL	DC1	169059	11/02/2020
AIR 01, AIR 02, AIR 03 AIR04	MEDIDOR FLUJO BIOS	EHS-OPE-90	MESALABS	530 LOW FLOW	135398	13/01/2020
AIR01-Amaiseo	Estación meteorológica	EHS-OPE-216	DAVIS	VANTAGE PRO 2	A0141014051	16/07/2020
AIR02-Ichichon	Estación meteorológica	EHS-OPE-209	DAVIS	VANTAGE PRO 2	A0141014051	16/07/2020
AIR03-Casa eléctrica	Estación meteorológica	EHS-OPE-145	DAVIS	VANTAGE PRO 2	A0141014051	16/07/2020
AIR04-Walerushi	Estación meteorológica	EHS-OPE-147	DAVIS	VANTAGE PRO 2	A0141014051	16/07/2020

** Monitoreo subcontratado con el laboratorio de S.G.I. S.A.S. N.A.: No Aplica.*

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Los certificados de acreditación IDEAM de los laboratorios se encuentran en el Anexo5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/3-Monitoreo aire/1. Acreditación) y los certificados de los equipos en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/3-Monitoreo aire/3. Certificados).

✓ Norma de calidad del aire

Las normas de calidad del aire para todo el territorio nacional se encuentran establecidas en la Resolución Número 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, que modificó la Resolución 610 de 2010. En el Artículo 2 de la resolución en referencia, se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en condiciones de referencia (25 ºC y 760 mmHg).

Tabla 5-137 Niveles máximos permisibles para contaminantes

Parámetro	Unidad	Norma
Material Particulado PM_{10}		
Promedio aritmético anual	µg/m^3	50
Concentración máxima en 24 horas	µg/m^3	75
Material Particulado $PM_{2.5}$		
Promedio aritmético anual	µg/m^3	25
Concentración máxima en 24 horas	µg/m^3	37
Dióxido De Azufre SO_2		
Concentración máxima en 24 horas	µg/m^3	50
Concentración máxima en 1 hora	µg/m^3	100
Dióxido De Nitrógeno NO_2		
Promedio aritmético anual	µg/m^3	60
Concentración máxima en 1 hora	µg/m^3	200
Monóxido De Carbono CO		
Promedio aritmético 8 horas	µg/m^3	5.000
Concentración máxima en 1 hora	µg/m^3	35.000

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

El protocolo para el monitoreo y seguimiento de calidad de aire establece que, para determinar el promedio anual, se deben contar con el 75% de los datos, es decir, el promedio anual debe determinarse con mínimo 121 datos de concentración diaria medida cada tres días en estaciones que operan manualmente. Por tal razón, para efectos de este informe, los resultados se compararán con las normas de concentración máxima en 24 horas, ya que la cantidad de datos recolectados, corresponden a 18 muestras cuando es época de lluvias. Cualquier otro análisis comparado contra norma anual se realizará con fines indicativos, pero nunca como una comparación absoluta.

✓ Condiciones atmosféricas durante el monitoreo

En el presente numeral se presentan las condiciones meteorológicas registradas durante el programa de monitoreo dispuestas por SGS Colombia S.A.S., en el área de influencia y se tuvo en cuenta para el análisis únicamente los datos meteorológicos de los días en los cuales se hizo recolección de las muestras ya que son los que pueden llegar a influir directamente con las concentraciones y los resultados del monitoreo realizado. Para la medición de las condiciones meteorológicas se empleó una estación meteorológica en cada

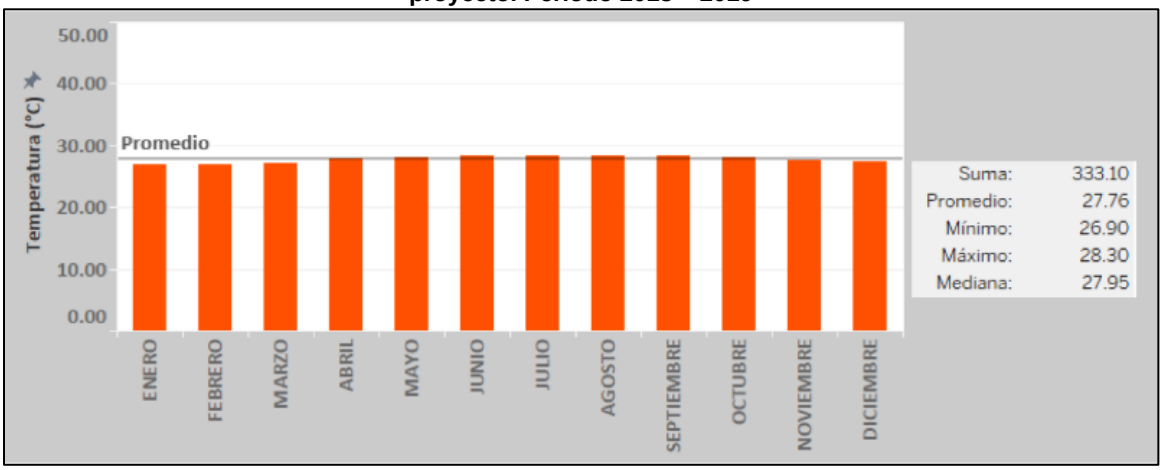
estación de monitoreo, todas marca Davis Ventage con los ID internos EHS-OPE-213, EHS-OPE-209, EHS-OPE-145 y EHS-OPE-147.

- Temperatura (°C)

La temperatura es un elemento climático que indica lo caliente o frio que se encuentra la atmósfera. El calor es la cantidad de energía que se transfiere de un lugar a otro, y que ocasiona movimiento en las moléculas de un cuerpo. Si se adiciona calor a un cuerpo, aumenta la velocidad con que se mueven sus moléculas y esto se manifiesta en un incremento de su temperatura. Por lo tanto, la temperatura del aire es una indicación de la cantidad de energía calorífica existente en el mismo (Alvaro Brenes, 2010).

Teniendo en cuenta los registros históricos recopilados por la estación meteorológica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P., desde el año 2013 al año 2019 (ver Figura 5-203), se observa que, el comportamiento de la temperatura media oscila entre 26,9°C y 28,3°C. Los meses cuya temperatura es mayor al promedio corresponde al periodo entre mayo y octubre y los registros con valores menores se presentan entre noviembre y abril. La temperatura promedio general registra 27,76°C.

Figura 5-203 Distribución temporal de la temperatura media de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

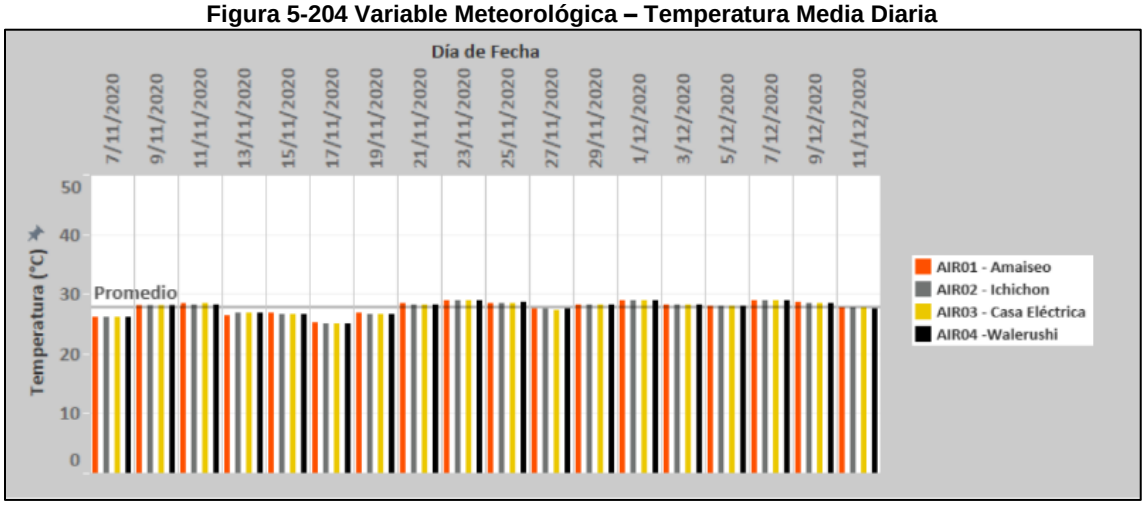
Durante el periodo de la campaña de monitoreo (7 de noviembre al 11 de diciembre del 2020 día de por medio) la temperatura media presentó un promedio de 27,77 °C, 27,72°C, 27,72°C y 27,72°C para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente. La temperatura máxima (27,77°C) se registró en la estación 1 AIR01 – Amaiseo el día 01 de diciembre del 2020 y la mínima (25,00°C) en la estación AIR04- Walerushi el día 17 de noviembre del 2020. En la Figura 5-204 se presenta el comportamiento de la Temperatura en el área de influencia.

Tabla 5-138 Datos meteorológicos - Temperatura media – T(°C).

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
7/11/2020	26,19	26,17	26,18	26,16
9/11/2020	28,14	28,18	28,14	28,15
11/11/2020	28,39	28,27	28,33	28,29
13/11/2020	26,49	26,75	26,74	26,76
15/11/2020	26,79	26,59	26,56	26,56
17/11/2020	25,16	25,02	25,05	25,00
19/11/2020	26,80	26,67	26,66	26,66
21/11/2020	28,44	28,24	28,21	28,26
23/11/2020	28,84	28,84	28,91	28,94
25/11/2020	28,55	28,47	28,49	28,56
27/11/2020	27,56	27,42	27,39	27,44
29/11/2020	28,20	28,17	28,16	28,11
1/12/2020	28,99	28,99	28,97	28,91
3/12/2020	28,26	28,25	28,29	28,28
5/12/2020	27,88	27,99	27,99	27,98
7/12/2020	28,84	28,79	28,81	28,80
9/12/2020	28,56	28,52	28,46	28,51
11/12/2020	27,70	27,68	27,69	27,61
Promedio	**27,77**	**27,72**	**27,72**	**27,72**
Máximo	**28,99**	**28,99**	**28,97**	**28,94**
Mínimo	**25,16**	**25,02**	**25,05**	**25,00**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-204 Variable Meteorológica – Temperatura Media Diaria



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

A partir de la información recopilada en las cuatro estaciones meteorológicas, durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, se establece que la temperatura promedio registrada es de 27,73°C; temperatura que coincide con los reportes históricos recopilados por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P., para los meses de noviembre y diciembre.

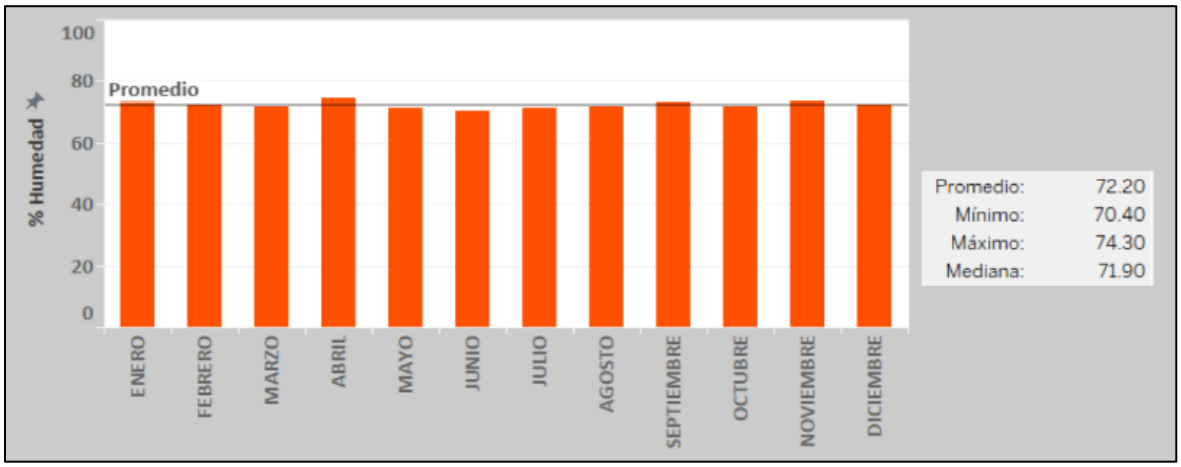
- Humedad Relativa (%)

La cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera se conoce como humedad y alcanza tan solo un 0,033% del volumen total del aire, pero es muy variable y en ocasiones puede llegar al 4%. La humedad o vapor de agua, es muy importante ya que tiene gran influencia sobre los seres vivos, no solamente por sus efectos biológicos, sino también por su influencia sobre el régimen de precipitaciones (Alvaro Brenes, 2010)

La humedad relativa se define como el porcentaje de saturación del agua en el aire, donde 100% representa el aire cuyo contenido de agua se encuentra saturado y propenso a condensar. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire seco y se expresa generalmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

Teniendo en cuenta los registros históricos recopilados por la estación meteorológica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P., desde el año 2015 al año 2019 (ver Figura 5-205). La humedad relativa promedio mensual multianual es del 72,2%, el valor mínimo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de febrero de 2015 (69,5%). El valor máximo diario de humedad relativa media en la estación se registró en el mes de noviembre de 2017 (80,9%).

Figura 5-205 Distribución temporal de la humedad relativa de la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

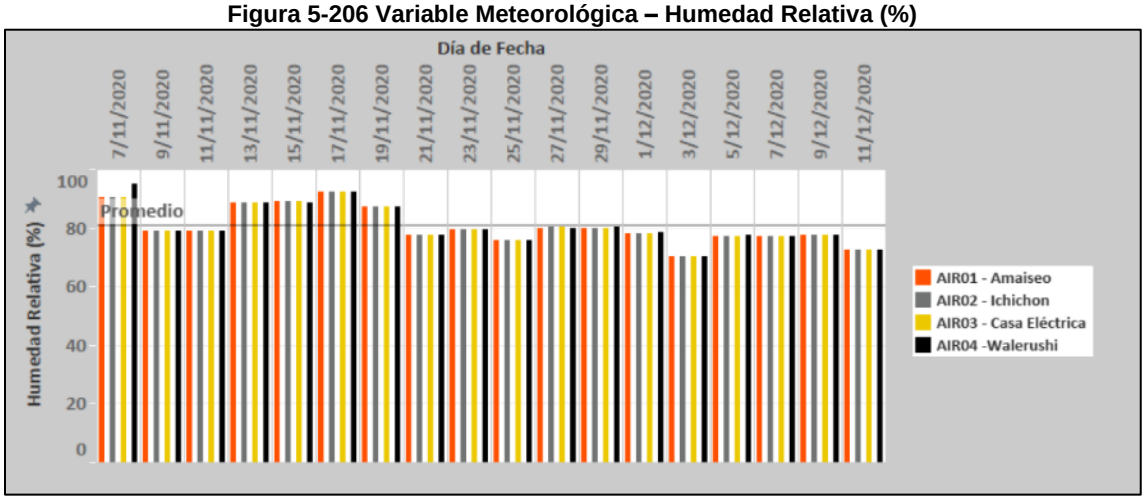
Durante el periodo de la campaña de monitoreo (7 de noviembre al 11 de diciembre del 2020 día por medio) la humedad relativa media de las cuatro estaciones fluctuó entre 73,23 % a 95,10 %, registrando la mayor humedad en la estación AIR01-Amaiseo el día 07 de noviembre de 2020 y la menor el 5 de diciembre de 2020, con un promedio de humedad relativa igual a 80,55%, 80,56%, 80,56% y 80,89% para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente.

Tabla 5-139 Datos meteorológicos – Humedad Relativa – (%)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
7/11/2020	90,27	90,19	90,19	95,10
9/11/2020	79,13	79,04	79,04	78,96
11/11/2020	79,08	79,02	79,02	78,75
13/11/2020	88,58	88,65	88,65	88,69
15/11/2020	88,83	88,79	88,79	88,73
17/11/2020	91,98	92,13	92,13	92,19
19/11/2020	87,13	87,04	87,04	87,19
21/11/2020	77,54	77,67	77,67	77,71
23/11/2020	79,35	79,29	79,29	79,48
25/11/2020	75,85	75,79	75,79	75,83
27/11/2020	80,00	80,15	80,15	79,96
29/11/2020	80,02	80,02	80,02	80,17
1/12/2020	77,98	77,92	77,92	78,46
3/12/2020	70,25	70,23	70,23	70,40
5/12/2020	77,10	77,23	77,23	77,35
7/12/2020	76,88	76,92	76,92	77,23
9/12/2020	77,43	77,43	77,43	77,32
11/12/2020	72,48	72,56	72,56	72,46
Promedio	**80,55**	**80,56**	**80,56**	**80,89**
Máximo	**91,98**	**92,13**	**92,13**	**95,10**
Mínimo	**70,25**	**70,23**	**70,23**	**70,40**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-206 Variable Meteorológica – Humedad Relativa (%)



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

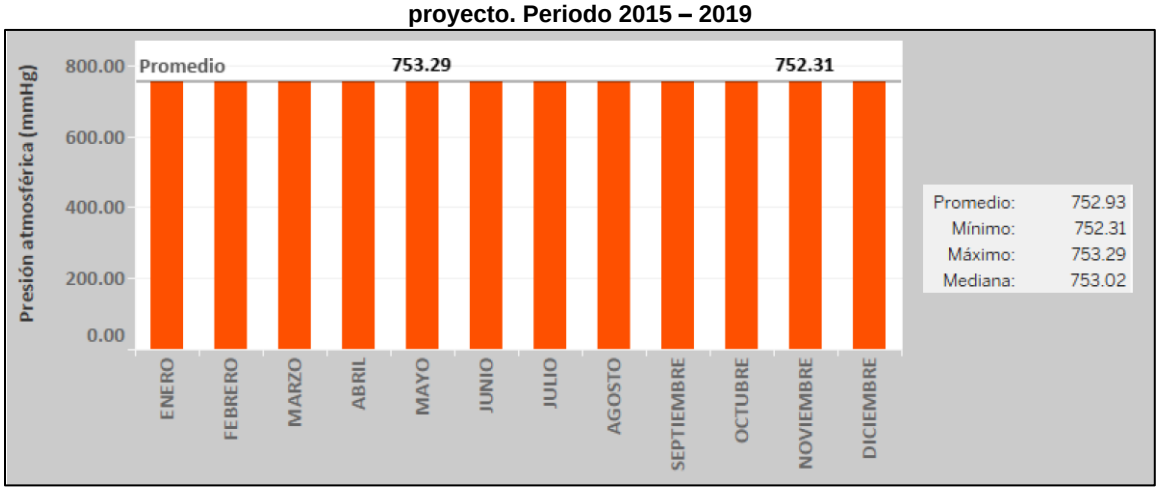
A partir de la información recopilada en las cuatro estaciones meteorológicas, durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, se establece que la humedad relativa promedio registrada es de 80,64%, humedad relativa que se encuentra dentro de los valores máximos registrados en los reportes históricos recopilados por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P.

- Presión atmosférica (mm Hg)

Los gases que componen la atmosfera pierden densidad muy rápidamente a medida que aumenta la altura, por eso la presión atmosférica también disminuye con esa rapidez. Cuanto más alto este un punto de la superficie terrestre menos espesor de atmosfera soporta encima, por lo tanto, menor será la presión que sobre él se ejerce. Así la presión de la atmosfera es siempre menor en una montaña que a nivel del mar (Alvaro Brenes, 2010).

Teniendo en cuenta los registros históricos recopilados por la estación meteorológica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P., desde el año 2015 al año 2019 (ver Figura 5-207), se observa que, el comportamiento de la presión atmosférica oscila entre 753.29mmHg y 752.31mmHg. La presión atmosférica promedio general registra 752.93mmHg.

Figura 5-207 Distribución temporal de la presión atmosférica en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2015 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

De acuerdo la información meteorológica obtenida, el valor promedio de la presión atmosférica registrado en el tiempo de monitoreo fue igual a 760,16mmHg, 760,13mmHg, 760,17mmHg y 760,17 mmHg para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente.

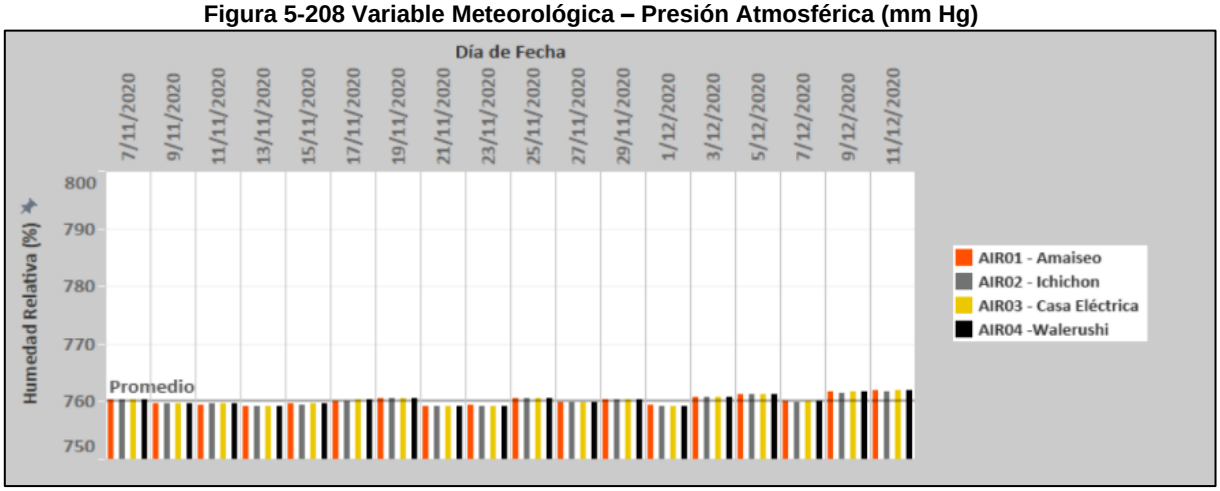
Tabla 5-140 Datos meteorológicos – Presión atmosférica – (mmHg)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
7/11/2020	760,25	760,34	760,41	760,41
9/11/2020	759,70	759,69	759,54	759,54
11/11/2020	759,51	759,64	759,70	759,70
13/11/2020	759,11	759,08	759,26	759,26
15/11/2020	759,52	759,47	759,53	759,53
17/11/2020	760,02	760,11	760,25	760,25
19/11/2020	760,46	760,58	760,51	760,51

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
21/11/2020	759,18	759,08	759,10	759,10
23/11/2020	759,38	759,15	759,15	759,15
25/11/2020	760,56	760,50	760,61	760,61
27/11/2020	759,90	759,84	759,85	759,85
29/11/2020	760,37	760,35	760,44	760,44
1/12/2020	759,38	759,23	759,20	759,20
3/12/2020	760,88	760,86	760,83	760,83
5/12/2020	761,17	761,25	761,21	761,21
7/12/2020	759,99	759,94	760,00	760,00
9/12/2020	761,65	761,55	761,58	761,58
11/12/2020	761,82	761,75	761,90	761,90
Promedio	**760,16**	**760,13**	**760,17**	**760,17**
Máximo	**761,82**	**761,75**	**761,90**	**761,90**
Mínimo	**759,11**	**759,08**	**759,10**	**759,10**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-208 Variable Meteorológica – Presión Atmosférica (mm Hg)



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

A partir de la información recopilada en las cuatro estaciones meteorológicas, durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, se establece que la presión atmosférica promedio registrada es de 760,16mmHg.

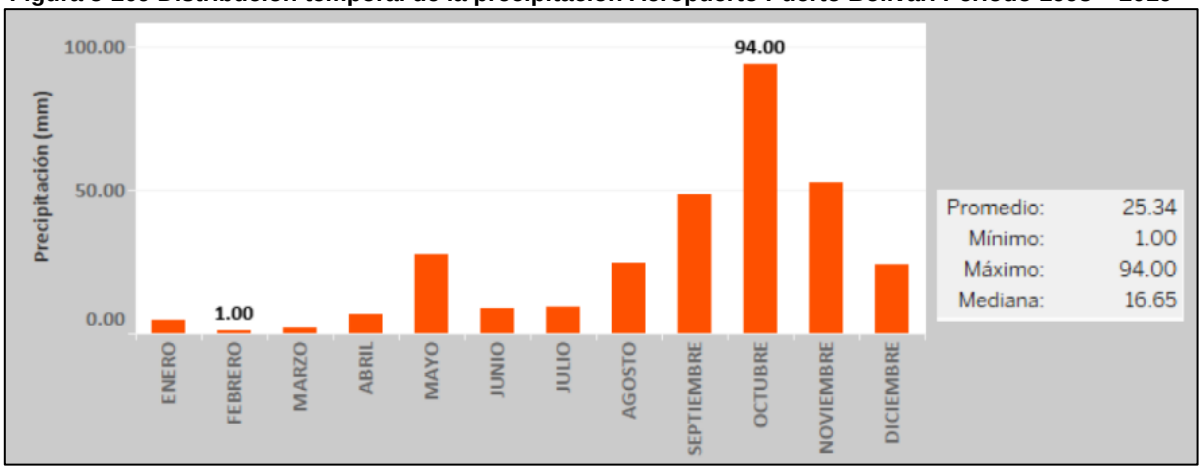
- Precipitaciones (mm)

La precipitación es la cantidad de agua acumulada por unidad de área, su distribución en el año, así como la magnitud de las lluvias están regidos por la posición de Colombia en la zona tropical, aunque estas condiciones son seriamente modificadas por la complicada topografía andina (IGAC, 1977).

Teniendo en cuenta los registros históricos recopilados por la estación meteorológica del Aeropuerto Puerto Bolívar entregada a SGS. Colombia S.A.S., por la empresa JEMEIWAA

KA'I S.A.S. E.S.P.; la cual registra valores desde el año 1998 al año 2019 (ver Figura 5-209), se observa que, el comportamiento de la precipitación oscila entre 1,00 mm y 94,00mm. La precipitación anual registra 304mm. Los meses cuya precipitación es mayor corresponden al periodo entre septiembre y diciembre y los registros con valores menores se presentan entre enero y julio.

Figura 5-209 Distribución temporal de la precipitación Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1998 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se reportaron precipitaciones en 4 de los 18 días intermedios de monitoreo, correspondientes a los días 9, 10, 11y 27 de noviembre del 2020. Se registraron precipitaciones totales de 628,70mm, 627,50mm, 589,70mm y 737,70mm para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente.

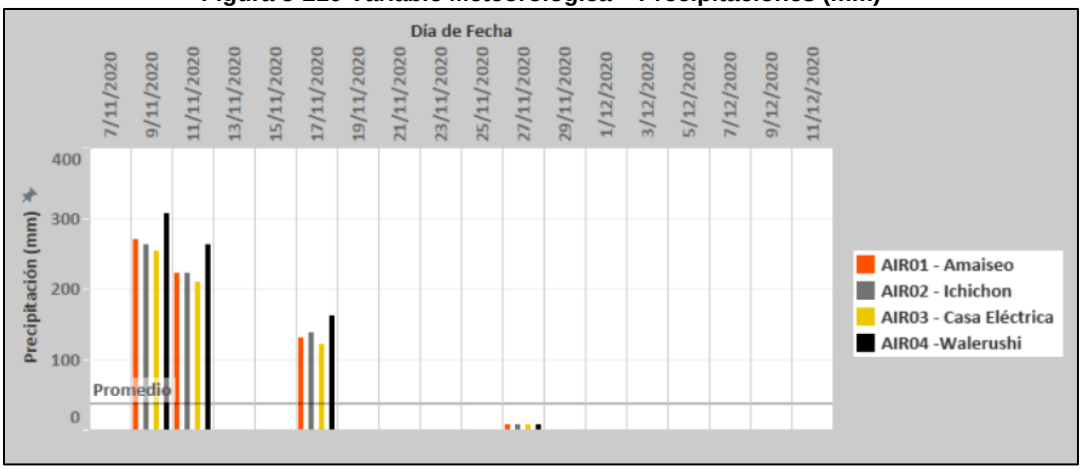
Tabla 5-141 Datos meteorológicos – Precipitaciones – (mm)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
7/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
9/11/2020	269,80	261,90	253,10	306,60
11/11/2020	222,30	221,90	208,80	262,50
13/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
15/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
17/11/2020	130,00	136,70	121,30	161,80
19/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
21/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
23/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
25/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
27/11/2020	6,60	7,00	6,50	6,80
29/11/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
1/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
3/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
5/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
7/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
9/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
11/12/2020	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	628,70	627,50	589,70	737,70
Máximo	269,80	261,90	253,10	306,60
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-210 Variable Meteorológica – Precipitaciones (mm)



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

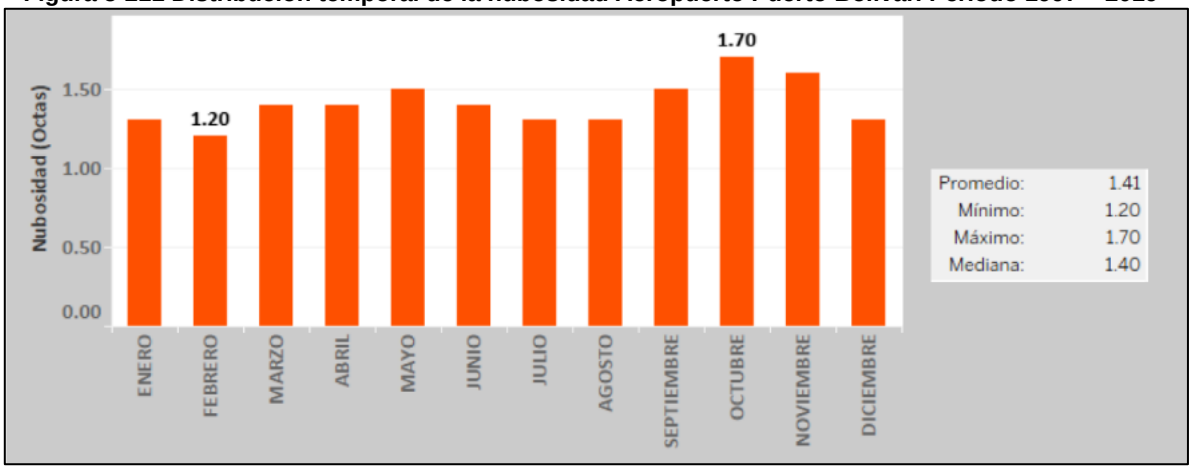
A partir de la información recopilada en las cuatro estaciones meteorológicas, durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, se establece que la precipitación promedio registrada en las cuatro estaciones es de 645.90mm; valor que se encuentra atípicamente por encima de la precipitación anual registrada en los reportes históricos recopilados por la estación meteorológica del Aeropuerto Puerto Bolívar entregada a SGS Colombia S.A. por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P. Esta situación puede atribuirse al fenómeno del huracán IOTA, el cual tuvo su paso por la costa caribe colombiana para el mes de noviembre 2020, ya que paso a 18 kilómetros del Archipiélago de San Andrés, con vientos de hasta 230 kilómetros por hora, por lo que el remanente de este fenómeno infirió en los resultados meteorológicos y atmosféricos de la presente campaña de monitoreo.

- Nubosidad (Octas)

La distribución temporal de la nubosidad se obtuvo a partir de los registros de la estación Aeropuerto Puerto Bolívar, suministrada a SGS Colombia S.A.S. por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P. La nubosidad en dicha estación tiene un comportamiento bimodal, donde el valor promedio multianual es de 1,41 octas. En los periodos abril - mayo y septiembre - noviembre los registros superan el promedio, mientras que, en los meses restantes, los registros son inferiores al valor medio. El mínimo valor registrado corresponde

a 1,2 octas y se presentó en el mes de febrero; el máximo registro se presentó en el mes de octubre corresponde a 1,7 octas.

Figura 5-211 Distribución temporal de la nubosidad Aeropuerto Puerto Bolívar. Periodo 1997 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

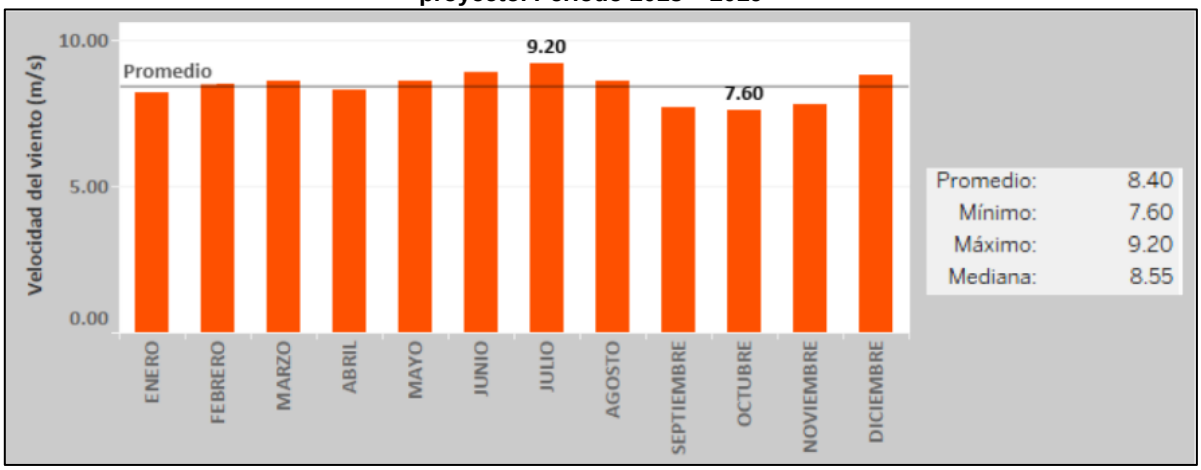
- Vientos dirección (°) y velocidad (m/s)

El viento es el movimiento del aire cuya intensidad está sujeta a variaciones, tanto en período como en amplitud, debido a que no es laminar. El viento sobre la Tierra es un flujo turbulento, que comprende remolinos de tamaños diversos y parámetros físicos que se desplazan con el flujo. La orografía de la Tierra es el principal factor que determina la estructura turbulenta del viento. Esta estructura del flujo del aire se manifiesta a través de la llamada “rafagosidad” del viento, o sea fluctuaciones de los parámetros del viento de superficie.

La dirección del viento es determinada por la trayectoria media que hace el aire en su movimiento y en general, está dada por el punto correspondiente de donde fluye la corriente de viento y no de aquel, hacia el cual se dirige. La velocidad del viento se determina por el espacio recorrido por las partículas de aire que el flujo del aire impulsa en su movimiento, o también por la presión que el viento ejerce sobre un obstáculo dado, se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h), nudos, millas /hora (Alvaro Brenes, 2010).

Teniendo en cuenta los registros históricos recopilados por la estación meteorológica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA’I S.A.S. E.S.P., desde el año 2013 al año 2019 (ver Figura 5-212), se observa que, el comportamiento de la velocidad del viento oscila entre 7,6m/s y 9,20m/s. La velocidad del viento promedio registra 8,4m/s.

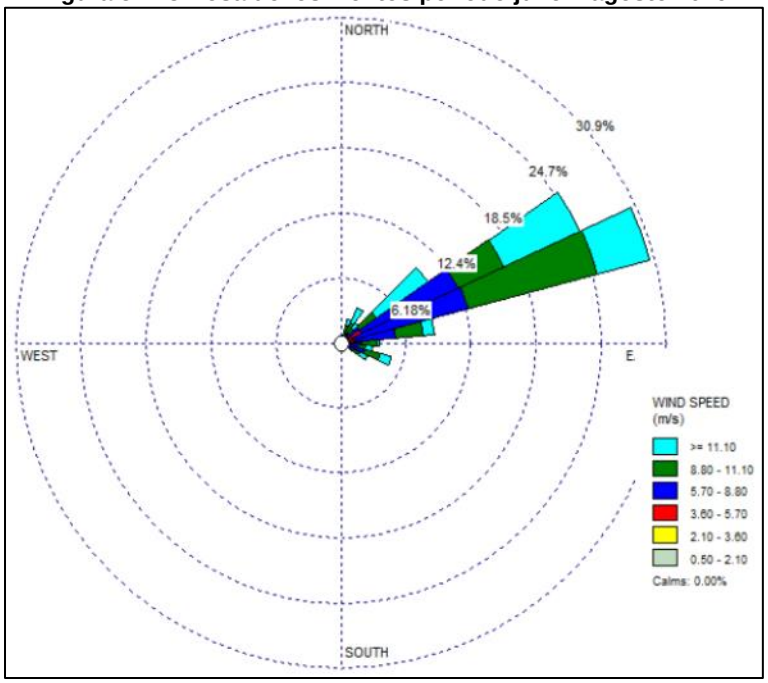
Figura 5-212 Distribución temporal de la velocidad del viento en la torre de medición propia del proyecto. Periodo 2013 – 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

De acuerdo con la información meteorológica obtenida por la estación meteorológica perteneciente a la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P. durante el periodo comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2019, se observa que, el viento proviene principalmente de la dirección noreste. En cuanto a la velocidad del viento, se registró un promedio de 9,11 m/s, considerado como vientos suaves, el máximo valor registrado fue 15,18 m/s y el mínimo de 0,7 m/s. No se registraron periodos de calma.

Figura 5-213 Rosa de los vientos periodo julio – agosto 2019



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

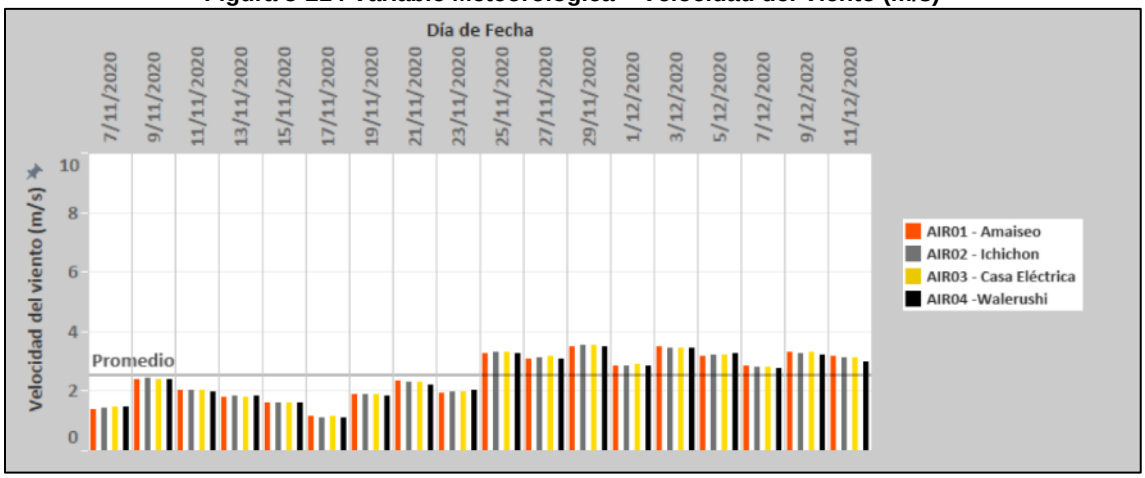
De acuerdo con la información meteorológica obtenida, el valor promedio de la velocidad del viento en el tiempo de monitoreo de días intermedios fue igual a 2,51m/s, 2,51m/s, 2,52 m/s y 4,48m/s para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente. El promedio diario máximo se presentó en la estación AIR03-Casa eléctrica (3,54m/s) el día 29 de noviembre del 2020 y el mínimo se presentó en la estación AIR02 – Ichichon y AIR04 - Walerushi (0,11km/h) el 17 de noviembre del 2020. En la Figura 5-214 se presenta el comportamiento de la velocidad del viento en el área de influencia.

Tabla 5-142 Datos meteorológicos – Velocidad del Viento – (m/s)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
7/11/2020	1,38	1,42	1,49	1,46
9/11/2020	2,40	2,42	2,40	2,36
11/11/2020	2,04	2,02	2,04	1,96
13/11/2020	1,79	1,82	1,81	1,82
15/11/2020	1,62	1,63	1,61	1,62
17/11/2020	1,14	1,11	1,13	1,11
19/11/2020	1,86	1,88	1,87	1,85
21/11/2020	2,33	2,28	2,27	2,21
23/11/2020	1,91	1,97	1,95	2,01
25/11/2020	3,26	3,28	3,31	3,26
27/11/2020	3,09	3,12	3,15	3,07
29/11/2020	3,48	3,52	3,54	3,49
1/12/2020	2,83	2,85	2,90	2,86
3/12/2020	3,47	3,43	3,43	3,43
5/12/2020	3,19	3,21	3,23	3,25
7/12/2020	2,86	2,82	2,80	2,75
9/12/2020	3,31	3,28	3,29	3,20
11/12/2020	3,17	3,14	3,13	3,00
Promedio	2,51	2,51	2,52	2,48
Máximo	3,48	3,52	3,54	3,49
Mínimo	1,14	1,11	1,13	1,11

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-214 Variable Meteorológica – Velocidad del Viento (m/s)



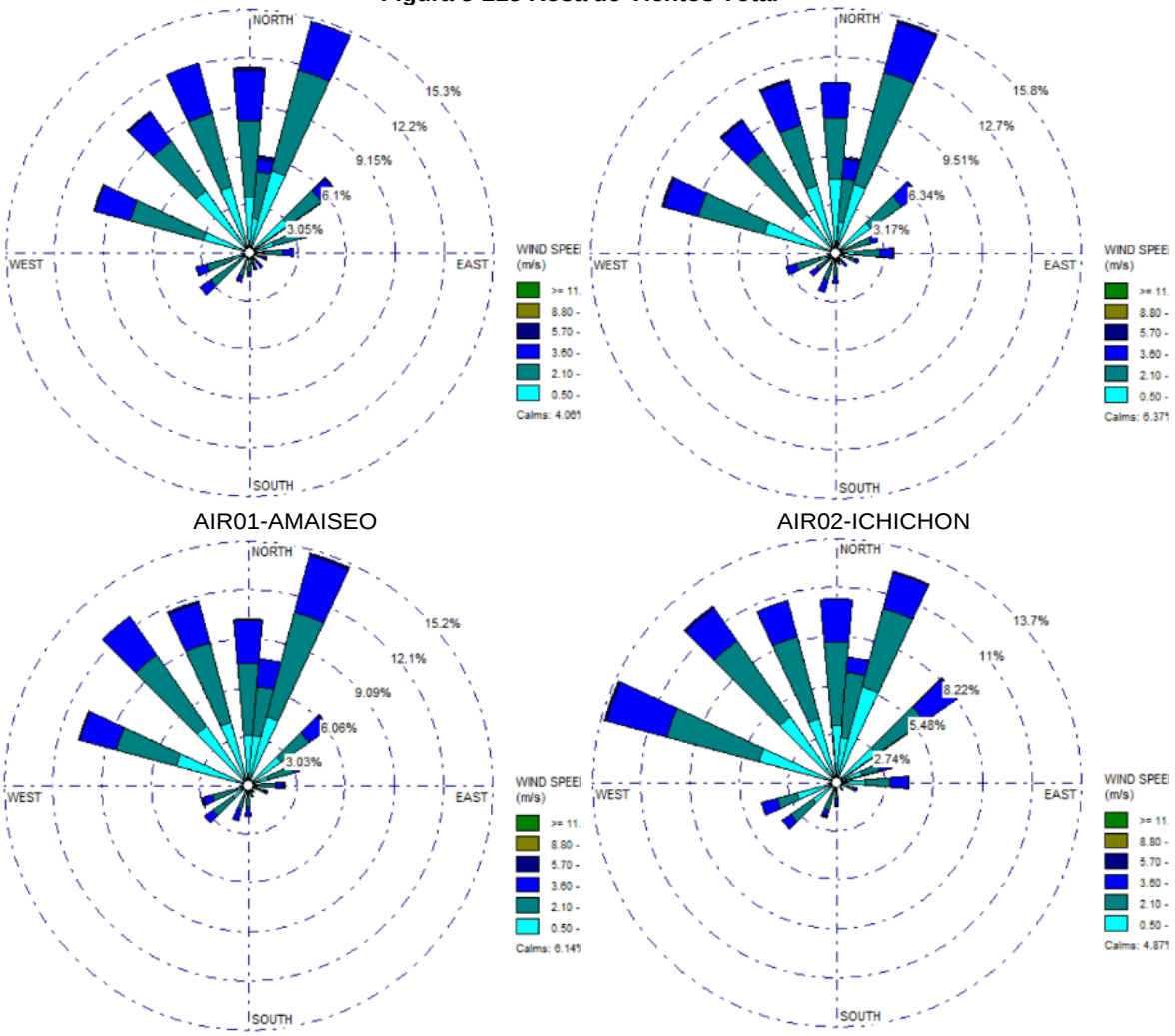
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

A partir de la información recopilada en las cuatro estaciones meteorológicas, durante el periodo de monitoreo comprendido entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, se establece que la velocidad del viento promedio registrada es de 2.51m/s, velocidad que se encuentra por debajo de los valores registrados en los reportes históricos recopilados por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P.

Las distintas direcciones del viento están referidas en la Rosa de los Vientos, la cual señala los diferentes puntos cardinales que van desde 4 hasta 16 direcciones. En las siguientes gráficas se puede observar que durante el tiempo de monitoreo el viento proviene principalmente de las direcciones noreste y noroeste.

Teniendo en cuenta la información recolectada por la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P. para el periodo julio a agosto del 2019, con respecto a la dirección del viento, se evidencia un ligero cambio en el patrón de este durante el periodo de monitoreo entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre de 2020. Esta situación puede atribuirse al fenómeno del huracán IOTA, el cual tuvo su paso por la costa caribe colombiana para el mes de noviembre 2020, ya que paso a 18 kilómetros del Archipiélago de San Andrés, con vientos de hasta 230 kilómetros por hora, por lo que el remanente de este fenómeno infirió en los resultados meteorológicos y atmosféricos de la presente campaña de monitoreo.

Figura 5-215 Rosa de Vientos Total



AIR01-AMAISEO

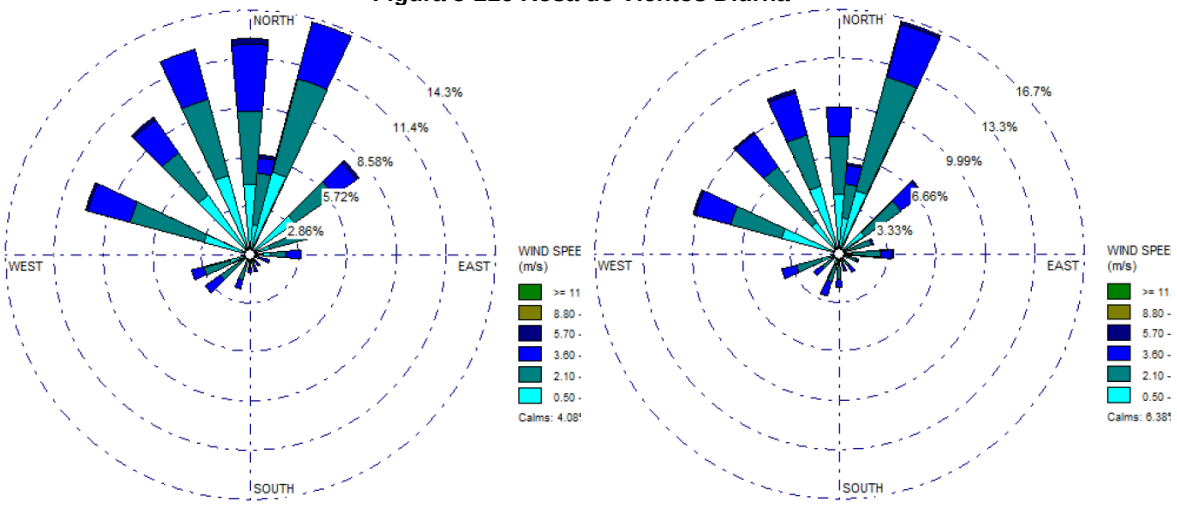
AIR02-ICHICHON

AIR03-CASA ELÉCTRICA

AIR04-WALERUSHI

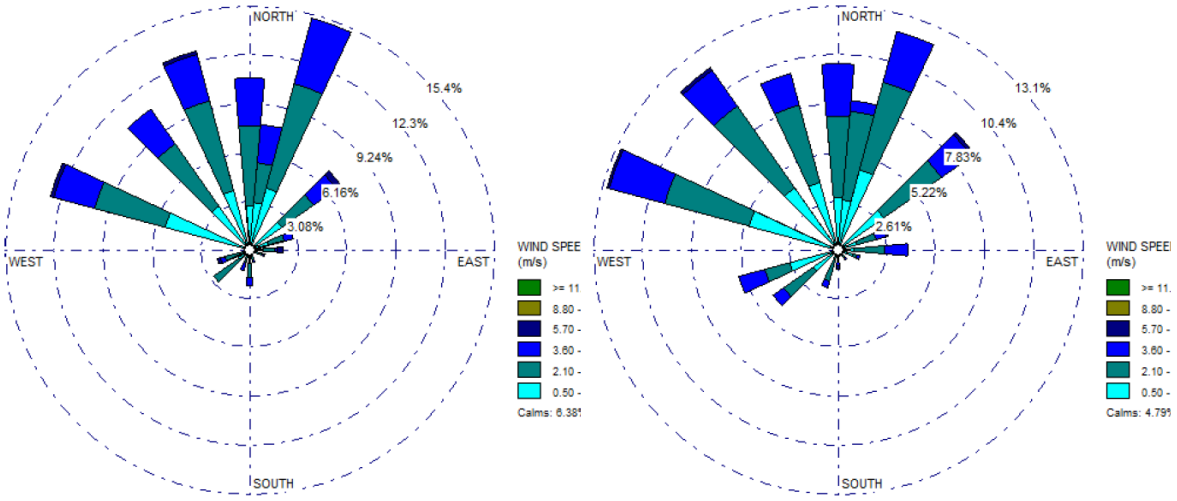
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-216 Rosa de Vientos Diurna



AIR01-AMAISEO

AIR02-ICHICHON

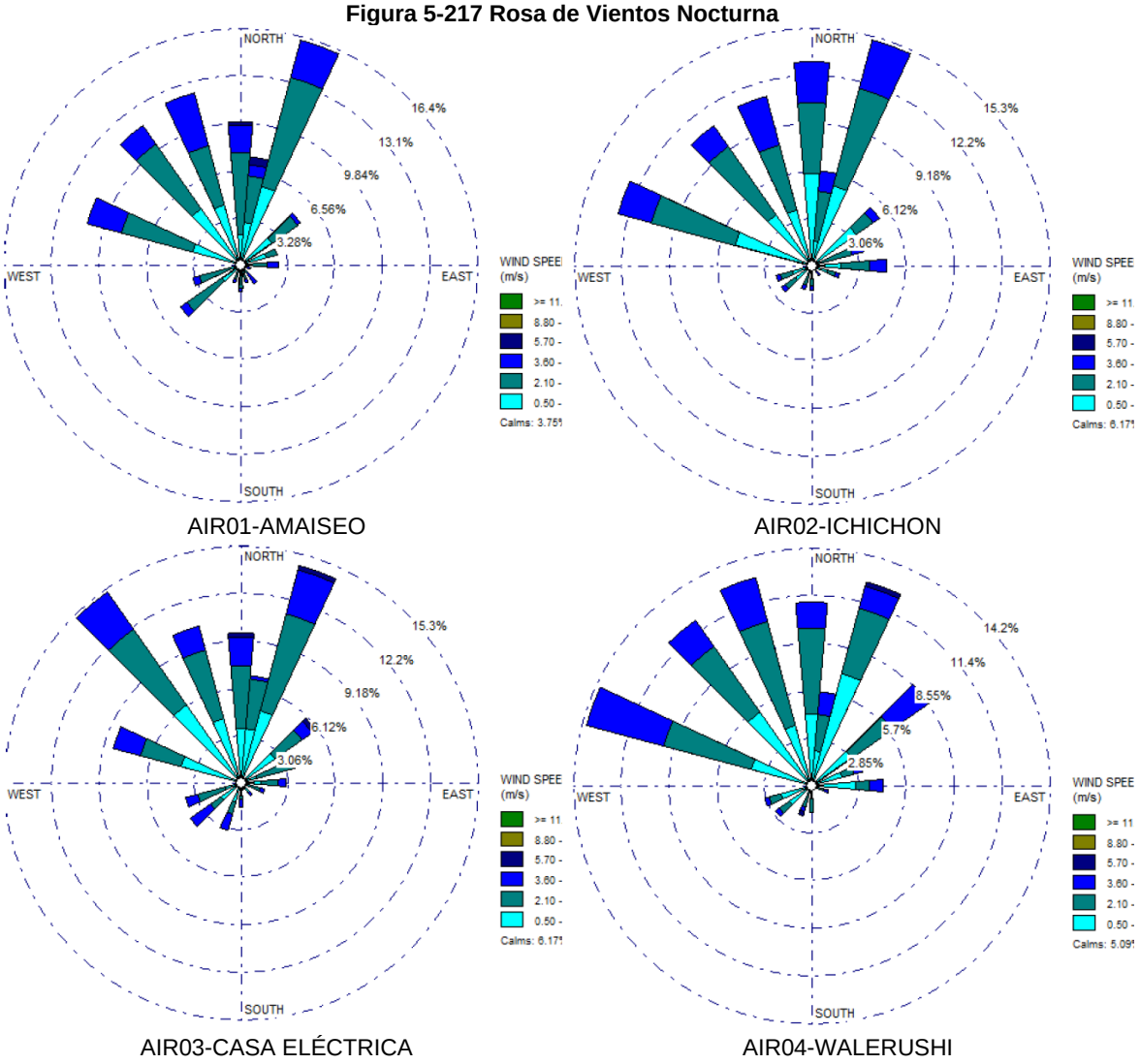


AIR03-CASA ELÉCTRICA

AIR04-WALERUSHI

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-217 Rosa de Vientos Nocturna



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Los datos obtenidos en las estaciones meteorológicas durante el periodo de monitoreo se encuentran en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/3-Monitoreo aire/8. Meteorología) y los datos de la estación del proyecto se encuentran en el Anexo 5 (CAP 5.1 MEDIO ABIÓTICO/C-Atmosfera/1-Hidrológico).

- ✓ Datos y resultados calidad del aire

En las siguientes secciones se presentan los datos y resultados de cada una de las estaciones en donde se determinó la concentración de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), partículas, dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2) y monóxido de carbono (CO) encontrados en la zona de influencia de la empresa JEMEIWAA KA'I S.A.S. E.S.P.

- Material particulado ($PM_{2.5}$)

Las medias aritméticas obtenidas durante los 18 días de monitoreo en el área de influencia fueron 5.33 µg/m3, 3.80 µg/m3, 3.42 µg/m3 y 3.32 µg/m3 para las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi, respectivamente. La concentración máxima reportada durante la campaña de monitoreo se presentó en la estación AIR01 - Amaiseo el 25 de noviembre del 2020 con un valor de 8.44 µg/m3. Por su parte, en la estación AIR03 – Casa eléctrica se reportó la concentración más baja con 0.04 µg/m3 el 17 de noviembre del 2020.

Las concentraciones reportadas, fueron determinadas en las condiciones de referencia para presión y temperatura establecidas por la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (25°C y 760 mmHg).

Tabla 5-143 Concentraciones Diarias Material Particulado $PM_{2.5}$ (µg/m^3)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/07	4,10	6,03*	4,27	3,70
2020/11/09	5,89	4,28	4,20	3,98
2020/11/11	6,26	3,79	2,94	2,12
2020/11/13	6,14	3,45	2,98	2,94
2020/11/15	4,49	2,79	7,18*	5,29*
2020/11/17	6,83	4,85*	0,04	3,99
2020/11/19	5,79	3,44	4,52	2,31
2020/11/21	6,36	3,24	2,45	3,16
2020/11/23	5,81	3,08	2,29	3,85
2020/11/25	8,44	3,40	2,32	3,33
2020/11/27	4,41	2,81	4,05	3,65
2020/11/29	5,25	3,61	2,81	2,32
2020/12/01	4,57	3,36	3,36	3,29
2020/12/03	6,33	3,84	4,23	3,23
2020/12/05	3,06	3,53	2,35	3,36
2020/12/07	2,65	5,86*	3,78	3,04
2020/12/09	3,40	2,54	4,40	2,68
2020/12/11	6,21	4,48	3,44	3,54
Promedio Aritmético (µg/m^3)	**5,33**	**3,80**	**3,42**	**3,32**
Concentración Máxima (µg/m^3)	**8,44**	**6,03**	**7,18**	**5,29**
Concentración Mínima (µg/m^3)	**2,65**	**2,54**	**0,04**	**2,12**

**Valores extremos: considerado como como extremo por encontrarse entre 1.5 y 3 distancias intercuartílicas de la mediana.*

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

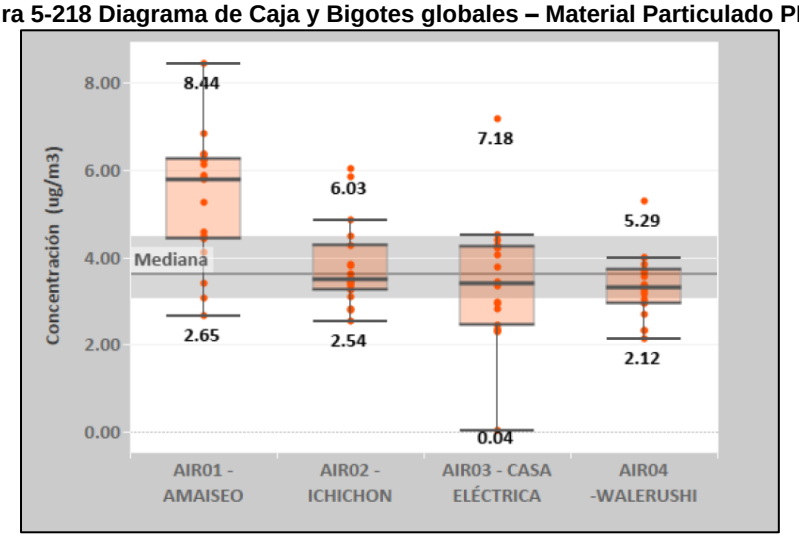
Realizando un análisis de las concentraciones de las estaciones AIR01-Amaiseo, AIR02-Ichichon y AIR03-Casa eléctrica en comparación con la estación de fondo AIR04-Walerushi, la cual refleja las condiciones de inmisión regional, se evidencia que las concentraciones de PM2.5 obtenidas en estas estaciones son ligeramente mayores a las reportadas en la estación de fondo. Este comportamiento podría indicar una condición propia de la zona y

unas condiciones atmosféricas poco influenciadas por el Hombre o proceso de combustión antrópica.

En la Figura 5-218, se presentan las tendencias para las estaciones y su variabilidad con respecto al centro de cada grupo de datos (medianas), que permite reconocer que la mayor dispersión de datos se encuentra en la estación AIR03 – Casa eléctrica, con un rango de 7.14 µg/m3, seguido de la estación AIR01 - Amaiseo, que presentó una diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de 5.79 µg/m3, la estación AIR02 – Ichichon registró un rango 3.49 µg/m3 de por último, la estación AIR 04 – Walerushi presentó el rango más bajo de las cuatro estaciones, con un valor de 3.16 µg/m3. La dispersión presentada en las concentraciones, específicamente en la estación AIR 01 – Amaiseo y la estación AIR03-casa eléctrica, se debe en parte a la influencia de los de la dirección e intensidad de los vientos presentados durante el periodo de monitoreo.

Realizando un análisis global del conjunto de datos de Material Particulado PM2.5, se puede establecer que la media aritmética global de obtenida durante la jornada de monitoreo fue de 3.97 µg/m3 y una mediana de 3.63 µg/m3 con una máxima concentración de 8.44 µg/m3 y una mínima de 0.04 µg/m3; una varianza de (1.43µg/m3)2 y un rango de 8.40µg/m3.

Figura 5-218 Diagrama de Caja y Bigotes globales – Material Particulado PM2.5



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

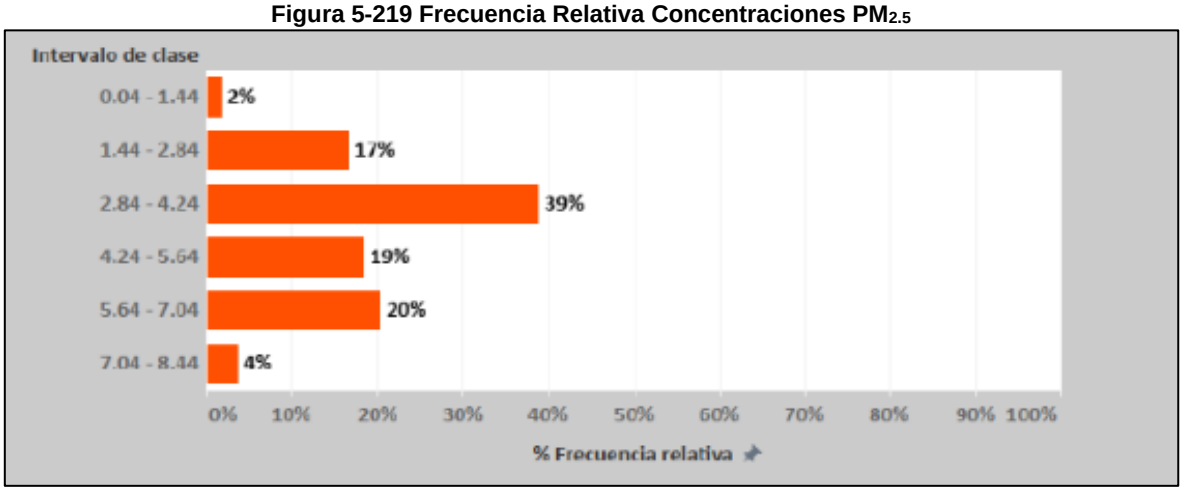
Como se puede observar en la Tabla 5-144, la mayor distribución de datos se presentó en el intervalo comprendido entre 2.84 a 4.24 µg/m3 con una frecuencia relativa de 39% y una frecuencia de clase de 21 datos, seguido por el intervalo comprendido entre 5.64 a 7.04 µg/m3 el cual agrupa 11 datos del total de las concentraciones, equivalentes al 20%. Las concentraciones más significativas registradas durante la campaña de monitoreo para PM2.5 se agrupan en el intervalo comprendido entre 0.04 a 1.44 µg/m3 con una frecuencia de clase de 1 dato y una frecuencia relativa del 2%.

Tabla 5-144 Tratamiento estadístico para los datos de $PM_{2.5}$

Intervalo			Punto Medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	0,04	1,44	0,74	1	1	2%	2%
2	1,44	2,84	2,14	9	10	17%	19%
3	2,84	4,24	3,54	21	31	39%	57%
4	4,24	5,64	4,94	10	41	19%	76%
5	5,64	7,04	6,34	11	52	20%	96%
6	7,04	8,44	7,74	2	54	4%	100%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-219 Frecuencia Relativa Concentraciones $PM_{2.5}$



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- Material particulado (PM10)

Las medias aritméticas obtenidas durante los 18 días de monitoreo en el área de influencia fueron 7.60 µg/m^3, 5.65 µg/m^3, 5.16 µg/m^3 y 4.97 µg/m^3 para las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi, respectivamente. La concentración máxima reportada durante la campaña de monitoreo se presentó en la estación AIR01 - Amaiseo el 25 de noviembre del 2020 con un valor de 11.56 µg/m^3. Por su parte, en la estación AIR03 – Casa eléctrica se reportó la concentración más baja con 2.93 µg/m^3 el 09 de diciembre del 2020.

Las concentraciones reportadas, fueron determinadas en las condiciones de referencia para presión y temperatura establecidas por la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (25°C y 760 mmHg).

Tabla 5-145 Concentraciones Diarias Material Particulado PM_{10} (µg/m^3)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/07	8,59	7,96*	5,97	5,07
2020/11/09	7,89	5,61	5,71	5,21

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/11	8,39	4,97	3,88	2,91
2020/11/13	8,10	4,49	3,94	4,11
2020/11/15	5,92	3,71	9,80*	7,09*
2020/11/17	10,87	6,31	4,45	5,26
2020/11/19	7,98	6,11	9,22*	5,10
2020/11/21	7,04	5,23	3,57	4,63
2020/11/23	7,73	9,76*	4,01	5,19
2020/11/25	11,56*	5,69	3,11	6,89*
2020/11/27	5,92	3,83	6,78	7,84*
2020/11/29	7,03	6,17	3,90	4,13
2020/12/01	6,08	4,60	3,88	4,62
2020/12/03	8,73	5,33	5,54	4,26
2020/12/05	8,29	4,88	3,90	5,65
2020/12/07	3,52	8,02*	4,95	3,19
2020/12/09	4,69	2,93	5,72	3,75
2020/12/11	8,45	6,13	4,51	4,56
Promedio Aritmético (µg/m^3)	**7,60**	**5,65**	**5,16**	**4,97**
Concentración Máxima (µg/m^3)	**11,56***	**9,76***	**9,80***	**7,84***
Concentración Mínima (µg/m^3)	**3,52**	**2,93**	**3,11**	**2,91**

**Valores extremos: considerado como como extremo por encontrarse entre 1.5 y 3 distancias intercuartílicas de la mediana.*

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Realizando un análisis de las concentraciones de las estaciones AIR01-Amaiseo, AIR02-Ichichon y AIR03-Casa eléctrica en comparación con la estación de fondo AIR04-Walerushi, la cual refleja las condiciones de inmisión regional, se evidencia que las concentraciones de PM10 obtenidas en estas estaciones son ligeramente mayores a las reportadas en la estación de fondo. Este comportamiento puede estar asociado a las condiciones naturales de mezcla atmosférica de la zona y la influencia de la dirección del viento en el arrastre de contaminantes por factores meteorológicos. Es necesario resaltar que, estas condiciones atmosféricas pueden ser utilizadas como línea base para estudios futuros como la construcción y la operación del proyecto tal.

Es importante reconocer que esta zona está altamente influenciada por los vientos alisios que se dirigen desde las altas presiones subtropicales hacia las bajas presiones ecuatoriales lo que favorece la dispersión y circulas de contaminantes.

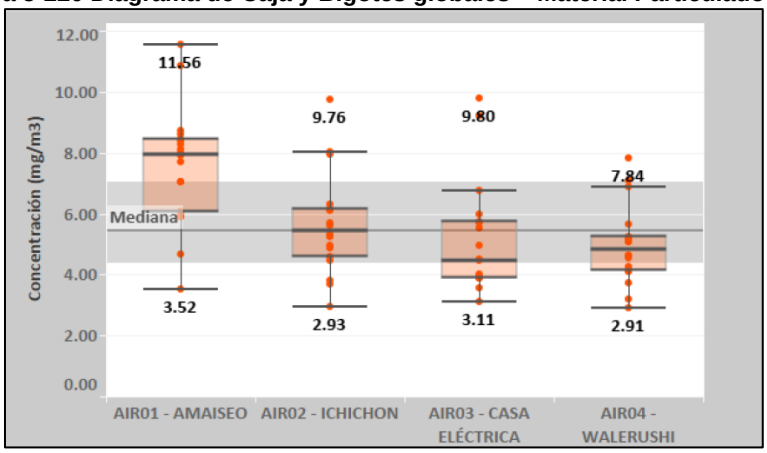
En los siguientes diagramas de cajas y bigotes se presentan las tendencias para las estaciones (cuartiles y medianas) y la variación del conjunto de datos, así como los datos atípicos considerados así por encontrarse a más de 3 distancias intercuartílicas de la mediana, los cuales se identifican con un asterisco y valores extremos considerados así por encontrarse entre 1.5 y 3 distancias intercuartílicas representados por un círculo, lo anterior, de acuerdo a lo estipulado por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del 2008 del MAVDT. El rango de concentraciones más amplio se presentó en la

estación AIR01 - AMAISEO con un valor de 8.04 µg/m3 producto de la diferencia entre la mayor y menor concentración determinadas y la estación AIR03 - Walerushi reportó un rango mínimo de 4.93 µg/m3.

Las concentraciones de material particulado PM10 están relativamente bajas conforme al límite de referencia de la Resolución 225 de2254 de 2017 del MADS, esta situación puede ser presentada por las condiciones meteorológica y las lluvias fuertes presentadas durante los primeros días del monitoreo. Las altas precipitaciones indican la presenta de un fenómeno meteorológico denominado “remoción húmeda de contaminantes” aumentando el lavado atmosférico de la concentración de contaminantes durante los monitoreos.

Realizando un análisis global del conjunto de datos de Material Particulado PM10, se puede establecer que la media aritmética global de obtenida durante la jornada de monitoreo fue de 5.84 µg/m^3 y una mediana de 5.82 µg/m^3 con una máxima concentración de 11.56 µg/m^3 y una mínima de 2.93 µg/m^3; una varianza de (2.09 µg/m^3)^2 y un rango de 8.62µg/m^3.

Figura 5-220 Diagrama de Caja y Bigotes globales – Material Particulado PM$_{10}$



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-146 se presenta la distribución de las concentraciones determinadas para Material Partículas PM10, en donde se reconoce que el intervalo comprendido 4.37 µg/m3 y 5.81 µg/m3 agrupa el mayor número de datos con 22 concentraciones equivalentes al 33% del conjunto total de datos, seguido por el intervalo comprendido entre 2.93µg/m3 y 4.37 µg/m3 con 17 concentraciones que representan el 26 %. La frecuencia más baja durante la campaña de monitoreo se presenta en el intervalo de 10.12 µg/m3 a 11.56 µg/m3 el cual representa el 2%.

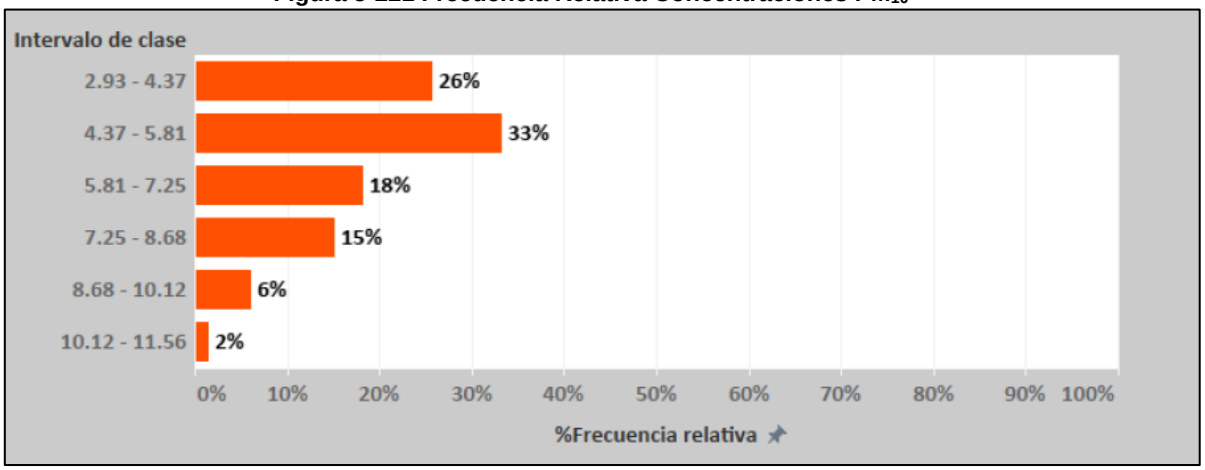
Tabla 5-146 Tratamiento estadístico para los datos de PM$_{10}$

Intervalo			Punto Medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	2,93	4,37	3,65	17	17	26%	26%
2	4,37	5,81	5,09	22	39	33%	59%
3	5,81	7,25	6,53	12	51	18%	77%

Intervalo			Punto Medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
4	7,25	8,68	7,97	10	61	15%	92%
5	8,68	10,12	9,40	4	65	6%	98%
6	10,12	11,56	10,84	1	66	2%	100%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-221 Frecuencia Relativa Concentraciones PM_{10}



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- Dióxidos de Azufre (SO_2)

El análisis de laboratorio de SO2 reportó en todos los casos concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada para su determinación, por lo tanto, el cálculo de la concentración se realiza con el valor del límite de detección del método (<0.01ug SO2) y su comparación normativa se realiza de manera indicativa.

Las medias aritméticas obtenidas durante los 18 días de monitoreo en el área de estudio fueron <1.72µg/m3, <1.78µg/m3, <1.78µg/m3 y <1.75µg/m3 para las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi, respectivamente., respectivamente. La concentración máxima reportada durante la campaña de monitoreo se presentó en la estación AIR03 – Casa eléctrica el 29 de noviembre de 2020 con un valor de <7.86µg/m3. Por su parte, la estación AIR01 - Amaiseo reportó la concentración más baja con <1.65µg/m3 el 13 de noviembre de 2020.

En la siguiente tabla se presentan las concentraciones diarias obtenidas durante la campaña de monitoreo las cuales fueron determinadas en las condiciones de referencia para presión y temperatura establecidas por la Resolución 2254 de 2017 del MADS (25°C y 760 mmHg).

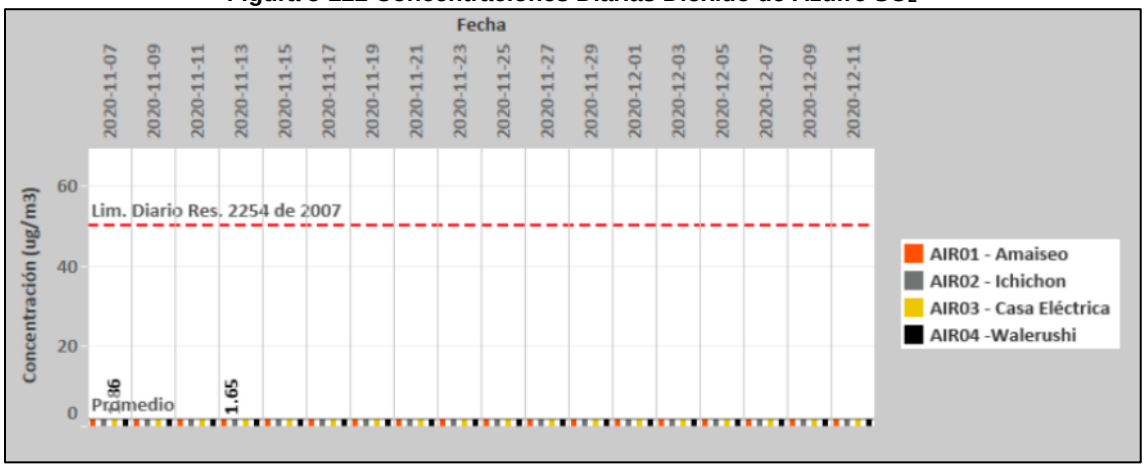
Tabla 5-147 Concentraciones Diarias Dióxidos de Azufre SO_2 (µg/m³)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/07	<1,73	<1,72	<1,86	<1,71
2020/11/09	<1,74	<1,79	<1,80	<1,72
2020/11/11	<1,70	<1,77	<1,86	<1,77
2020/11/13	<1,65	<1,77	<1,73	<1,74
2020/11/15	<1,76	<1,81	<1,82	<1,79
2020/11/17	<1,77	<1,74	<1,75	<1,73
2020/11/19	<1,78	<1,75	<1,81	<1,72
2020/11/21	<1,73	<1,84	<1,79	<1,75
2020/11/23	<1,76	<1,79	<1,81	<1,75
2020/11/25	<1,70	<1,83	<1,76	<1,72
2020/11/27	<1,67	<1,72	<1,76	<1,76
2020/11/29	<1,69	<1,84	<1,74	<1,74
2020/12/01	<1,76	<1,80	<1,75	<1,77
2020/12/03	<1,71	<1,84	<1,78	<1,71
2020/12/05	<1,69	<1,74	<1,76	<1,75
2020/12/07	<1,67	<1,74	<1,74	<1,75
2020/12/09	<1,73	<1,76	<1,76	<1,75
2020/12/11	<1,71	<1,79	<1,71	<1,80
Promedio Aritmético (µg/m³)	**<1,72**	**<1,78**	**<1,78**	**<1,75**
Concentración Máxima (µg/m³)	**<1,78**	**<1,84**	**<1,86**	**<1,80**
Concentración Mínima (µg/m³)	**<1,65**	**<1,72**	**<1,71**	**<1,71**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Como se puede observar en la Figura 5-222, no se presentaron diferencias significativas en las concentraciones determinadas para SO2 en las cuatro estaciones monitoreadas. El nivel máximo permisible establecido para tiempos de exposición de 24 horas (50 µg/m3) en la resolución 2254 de 2017 no fue superado en ninguno de los días evaluados.

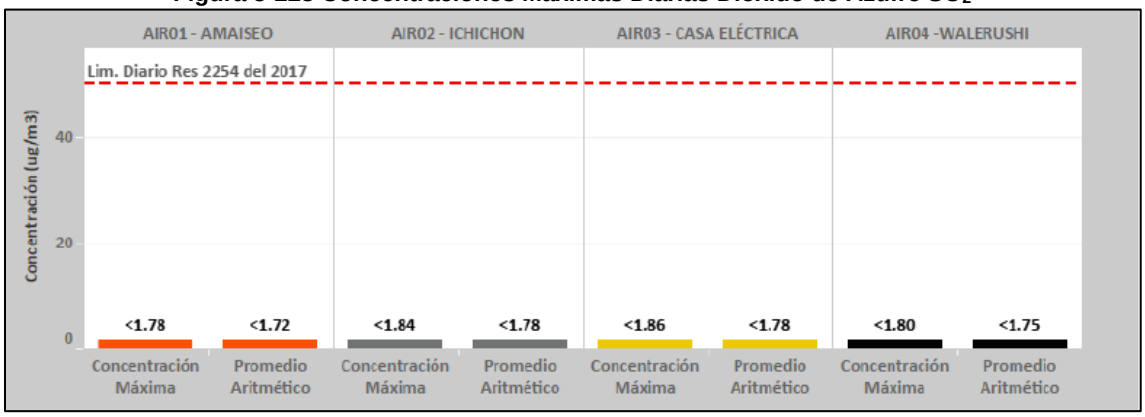
Figura 5-222 Concentraciones Diarias Dióxido de Azufre SO_2



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-223 se presentan las máximas concentraciones obtenidas en las estaciones de monitoreo, así como los promedios aritméticos comparados contra el nivel máximo permisible establecido para tiempos de exposición de 24.

Figura 5-223 Concentraciones Máximas Diarias Dióxido de Azufre SO_2



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Realizando un análisis de las concentraciones de las estaciones AIR01-Amaiseo, AIR02-Ichichon y AIR03-Casa eléctrica en comparación con la estación de fondo AIR04-Walerushi, la cual refleja las condiciones de inmisión regional, se evidencia que las concentraciones de dióxido de azufre (SO2) obtenidas en estas estaciones son ligeramente mayores a las reportadas en la estación de fondo. Este comportamiento se debe a la influencia de la operación del proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica.

- Dióxidos de Nitrógeno (NO_2)

Para el análisis de laboratorio de dióxido de nitrógeno (NO2), se determinó la concentración máxima del contaminante criterio durante cada día de monitoreo de la jornada ejecutada entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, estos datos fueron comparados con el límite máximo establecido en la Resolución 2254 del 2017 (200 µg/m3) y se estableció que la totalidad de los datos no superan límite normativo.

En la siguiente tabla se presentan las concentraciones diarias obtenidas durante la campaña de monitoreo las cuales fueron determinadas en las condiciones de referencia para presión y temperatura establecidas por la Resolución 2254 de 2017 del MADS (25°C y 760 mmHg).

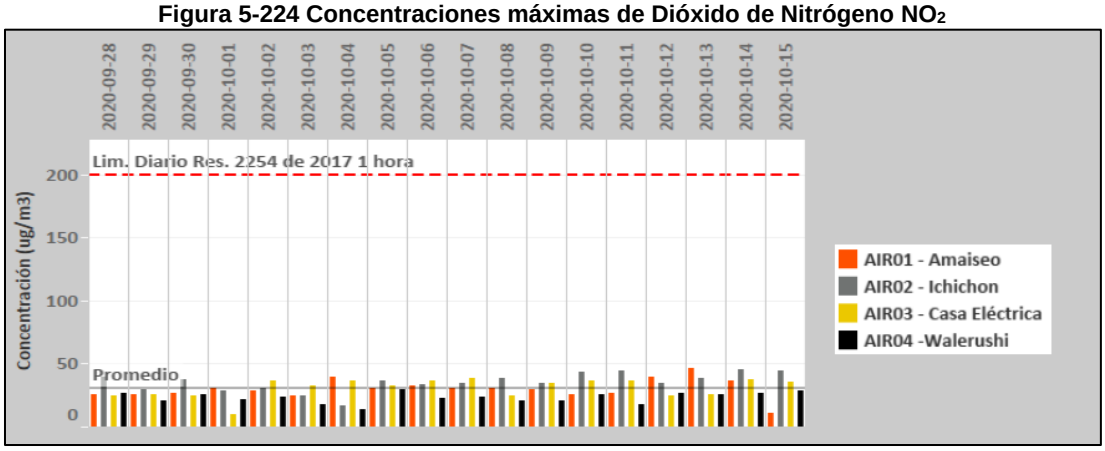
Tabla 5-148 Concentraciones Diarias Dióxidos de Nitrógeno NO_2 (µg/m³)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/07	25,56	38,87	24,63	26,57
2020/11/09	25,96	28,95	25,46	21,03
2020/11/11	26,39	36,70	25,16	25,86
2020/11/13	30,25	28,04	9,64	21,76
2020/11/15	27,57	29,80	36,22	23,62

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/17	25,12	24,70	31,83	17,85
2020/11/19	39,18	16,68	35,48	13,73
2020/11/21	30,06	35,62	32,15	28,61
2020/11/23	31,73	32,53	36,27	23,26
2020/11/25	30,02	33,61	37,70	24,04
2020/11/27	29,98	37,71	24,94	20,73
2020/11/29	29,08	33,62	33,60	20,48
2020/12/01	25,75	42,44	35,53	25,88
2020/12/03	27,31	43,93	35,94	17,66
2020/12/05	38,70	34,25	24,85	26,46
2020/12/07	46,00	37,99	25,95	26,29
2020/12/09	35,79	44,64	37,23	27,25
2020/12/11	10,83	43,45	34,66	28,21
Concentración Máxima (µg/m³)	**46,00**	**44,64**	**37,70**	**28,61**
Concentración Mínima (µg/m³)	**10,83**	**16,68**	**9,64**	**17,66**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-224 Concentraciones máximas de Dióxido de Nitrógeno NO_2



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-149 se presentan las máximas concentraciones obtenidas en las estaciones, así como los promedios aritméticos horarios a modo indicativo de todo el periodo de monitoreo comparados contra el nivel máximo permisible establecido para tiempos de exposición de 1 hora (200 µg/m3).

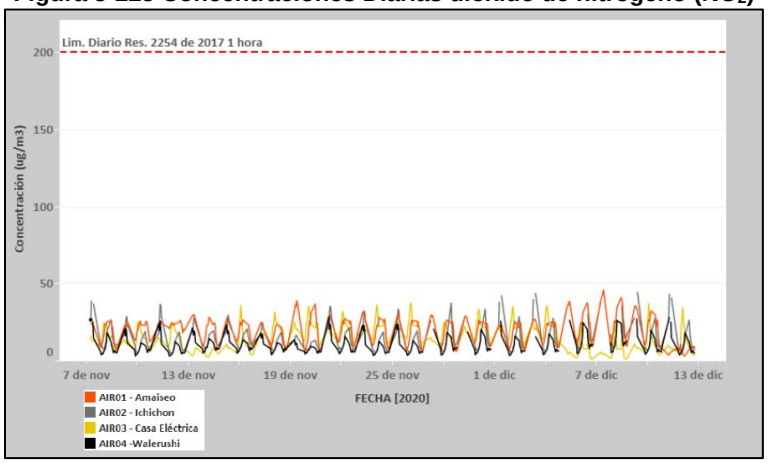
Tabla 5-149 Concentraciones Máximas, µg/m3 – dióxido de nitrógeno (NO_2)

Puntos de muestreo	Promedio Aritmético (µg/m3)	Concentración Máxima (µg/m3)	Concentración Mínima (µg/m3)	Lím. Diario Res. 2254 de 2017 1 hora
AIR 01 - Amaiseo	19,73	46,00	3,13	200
AIR 02 – Ichichon	13,58	44,64	4,51	200
AIR 03 – Casa Eléctrica	15,51	37,70	1,30	200
AIR 04 – Walerushi	9,59	28,61	2,99	200

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-225 se identifican la totalidad de los datos analizados, donde se observa que los datos analizados no sobrepasan el máximo permitido horario de 200 µg/m3 establecido en la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Figura 5-225 Concentraciones Diarias dióxido de nitrógeno (NO_2)

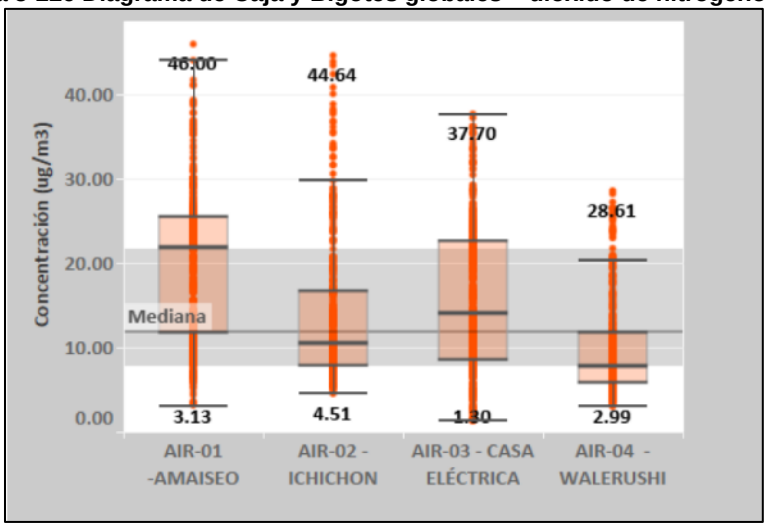


Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Realizando un análisis de las concentraciones de las estaciones AIR01-Amaiseo, AIR02-Ichichon y AIR03-Casa eléctrica en comparación con la estación de fondo AIR04-Walerushi, la cual refleja las condiciones de inmisión regional, se evidencia que las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO2) obtenidas en estas estaciones son ligeramente mayores a las reportadas en la estación de fondo.

En los siguientes diagramas de cajas y bigotes se presentan las tendencias para las estaciones (cuartiles y medianas) y la variación del conjunto de datos, así como los datos atípicos considerados así por encontrarse a más de 3 distancias intercuartílicas de la mediana, los cuales se identifican con un asterisco y valores extremos considerados así por encontrarse entre 1.5 y 3 distancias intercuartílicas representados por un círculo, lo anterior, de acuerdo a lo estipulado por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del 2008 del MAVDT. El rango de concentraciones más amplio se presentó en la estación AIR01-Amasieo con un valor de 42.87µg/m3 producto de la diferencia entre la mayor y menor concentración se observó en la estación AIR04 – Walerushi la cual reportó un rango mínimo de 25.62 µg/m3.

Figura 5-226 Diagrama de Caja y Bigotes globales – dióxido de nitrógeno (NO_2)



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Realizando un análisis global del conjunto de datos de dióxido de nitrógeno (NO2) se puede establecer que la media aritmética global de obtenida durante la jornada de monitoreo fue de 14.71 µg/m3 y una mediana de 11.83 µg/m3 con una máxima concentración de 46.00 µg/m3 y una mínima de 1.30 µg/m3; una varianza de 75.23 µg/m3 y un rango de 44.70 µg/m3.

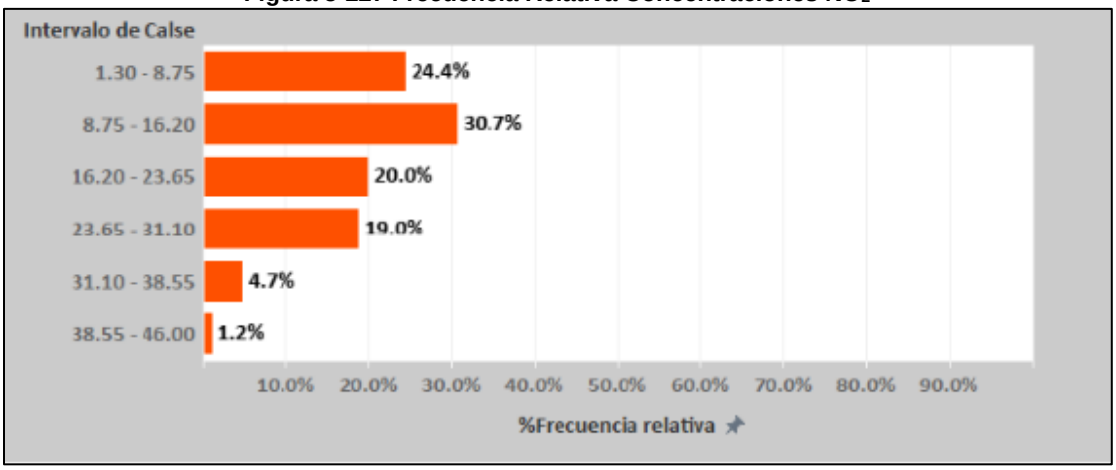
En la Tabla 5-150 se presenta la distribución de las concentraciones determinadas para dióxido de nitrógeno (NO2), en donde se reconoce que el intervalo comprendido 8.75 µg/m3 y 16.20µg/m3 agrupa el mayor número de datos con 389 concentraciones equivalentes al 30.7% del conjunto total de datos, seguido por el intervalo comprendido entre 1.30 µg/m3 y 8.75 µg/m3 con 309 concentraciones que representan el 24.4%. La frecuencia más baja durante la campaña de monitoreo se presenta en el intervalo de 38.55 µg/m3 a 46.00µg/m3 el cual representan el 1.2% con 15 datos. Ver Figura 5-227.

Tabla 5-150 Tratamiento estadístico para los datos de NO_2

Intervalo			Punto Medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	1,30	8,75	5,02	309	309	24,4%	24,4%
2	8,75	16,20	12,47	389	698	30,7%	55,1%
3	16,20	23,65	19,92	253	951	20,0%	75,1%
4	23,65	31,10	27,37	240	1191	19,0%	94,1%
5	31,10	38,55	34,82	60	1251	4,7%	98,8%
6	38,55	46,00	42,27	15	1266	1,2%	100,0%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-227 Frecuencia Relativa Concentraciones NO_2



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- Monóxido de Carbono (CO)

Para determinar las concentraciones del parámetro Monóxido de Carbono (CO), se empleó un equipo analizador automático, en el que cada tiempo de medición es representativo para una hora de monitoreo, es decir que se obtienen 24 concentraciones diarias de este contaminante.

Para el análisis de datos horarios se determinó la concentración máxima del contaminante criterio durante cada día de monitoreo de la jornada ejecutada entre el 7 de noviembre y el 11 de diciembre del 2020, estos datos fueron comparados con el límite máximo establecido en la Resolución 2254 del 2017 (35000 µg/m3) y se estableció que la totalidad de los datos no superan límite normativo.

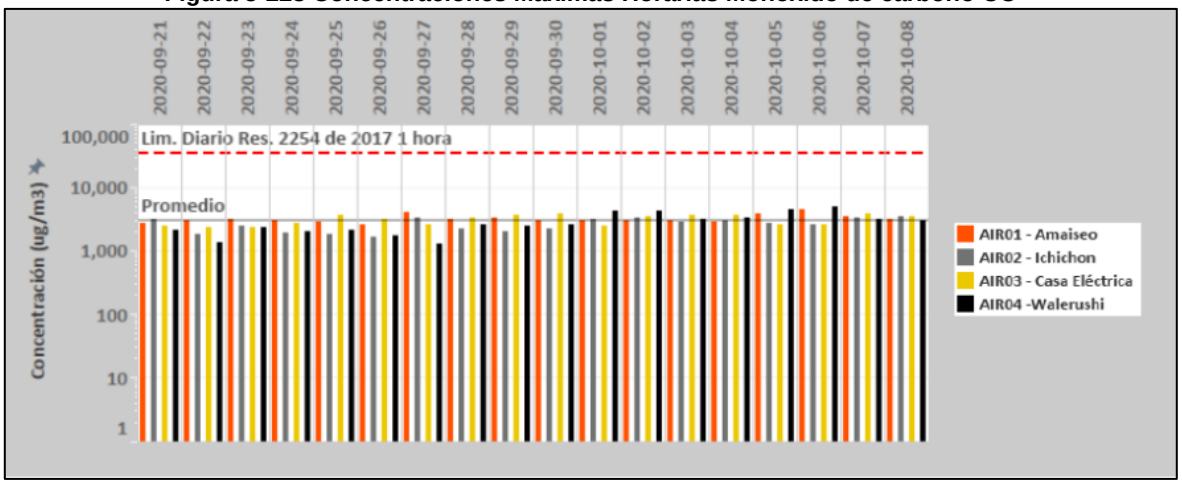
Tabla 5-151 Concentraciones máximas horarias Monóxido de Carbono (CO)

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/11/07	2716.60	3153.11	2494.18	2141.88
2020/11/09	3113.53	1870.37	2385.35	1348.46
2020/11/11	3146.44	2512.76	2408.68	2396.79
2020/11/13	3051.20	1965.24	2787.91	2078.94
2020/11/15	2847.49	1863.14	3736.89	2204.37
2020/11/17	2590.47	1650.23	3271.99	1802.34
2020/11/19	4087.96	3451.46	2568.08	1310.20
2020/11/21	3165.12	2252.32	3323.00	2677.75
2020/11/23	3303.43	2045.27	3737.47	2486.14
2020/11/25	3059.90	2306.83	3883.02	2569.01
2020/11/27	3109.20	3264.91	2508.50	4279.46
2020/11/29	2994.72	3439.24	3479.99	4353.60
2020/12/01	2995.41	2835.38	3670.53	3235.75
2020/12/03	2842.17	3054.89	3704.94	3358.19
2020/12/05	4012.69	2765.38	2573.12	4609.24

Día	AIR-01 Amaiseo	AIR-02 Ichichon	AIR-03 Casa eléctrica	AIR-04 Walerushi
2020/12/07	4629.10	2599.23	2684.47	4907.81
2020/12/09	3630.62	3394.72	3865.38	3135.27
2020/12/11	3133.75	3612.15	3568.26	3121.05
Concentración Máxima (µg/m³)	**4629.10**	**3612.15**	**3883.02**	**4907.81**

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-228 Concentraciones Máximas Horarias Monóxido de carbono CO



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-152 se presentan las máximas concentraciones obtenidas en las estaciones, así como los promedios aritméticos horarios de todo el periodo de monitoreo comparados contra el nivel máximo permisible establecido para tiempos de exposición de 1 hora (35000 µg/m3).

Tabla 5-152 Concentraciones promedio y máximas, µg/m3 – Monóxido de Carbono CO – 1 hora

Puntos de muestreo	Promedio Aritmético (µg/m3)	Concentración Máxima (µg/m3)	Concentración Mínima (µg/m3)	Lím. Diario Res. 2254 de 2017 1 hora
AIR 01 - Amaiseo	2030.75	4629.10	508.55	35000
AIR 02 – Ichichon	1022.00	3612.15	268.48	35000
AIR 03 – Casa Eléctrica	1525.75	3883.02	124.25	35000
AIR 04 – Walerushi	1077.12	4907.81	211.27	35000

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Para realizar la comparación normativa en tiempos de exposición de 8 horas, se realiza el cálculo de las medias móviles de la totalidad de los datos recolectados y se obtiene la Tabla 5-153 en donde se identifica que la totalidad de los datos analizados no sobrepasa el máximo permisible de 5000 µg/m3 establecido en la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

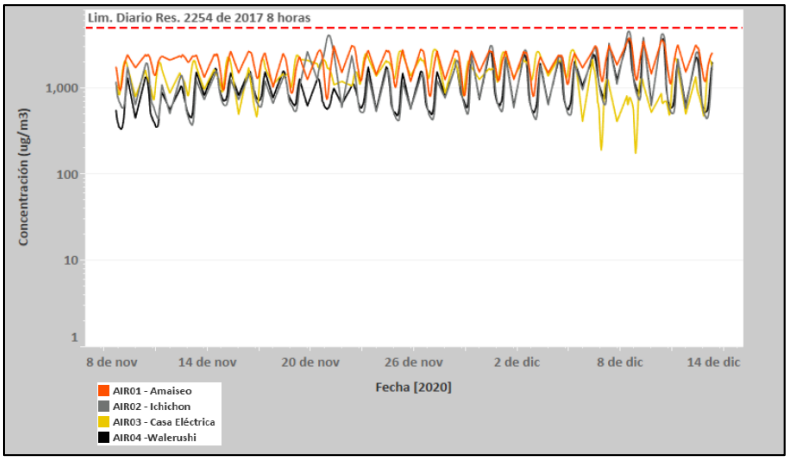
Tabla 5-153 Concentraciones promedio y máximas, µg/m3 – Monóxido de Carbono CO – 8 horas

Puntos de muestreo	Promedio Aritmético (µg/m3)	Concentración Máxima (µg/m3)	Concentración Mínima (µg/m3)	Lím. Diario Res. 2254 de 2017 1 hora
AIR 01 - Amaiseo	2025.36	3841.42	744.88	5000
AIR 02 – Ichichon	1271.54	4615.07	373.17	5000
AIR 03 – Casa Eléctrica	1531.44	2832.52	175.44	5000
AIR 04 – Walerushi	1106.70	3805.00	334.00	5000

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Figura 5-229 se puede observar la variación de las medias móviles de CO para las cuatro (4) estaciones de monitoreo durante todo el periodo del estudio.

Figura 5-229 Concentraciones Monóxido de carbono – Medias Móviles 8 horas



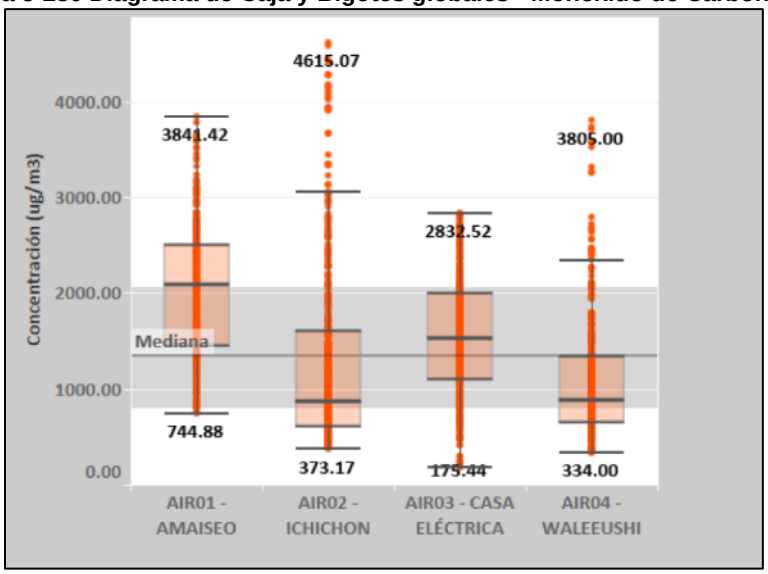
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Realizando un análisis de las concentraciones de las estaciones AIR01-Amaiseo, AIR02-Ichichon y AIR03-Casa eléctrica en comparación con la estación de fondo AIR04-Walerushi, la cual refleja las condiciones de inmisión regional, se evidencia que las concentraciones de monóxido de carbono (CO) obtenidas en estas estaciones son ligeramente mayores a las reportadas en la estación de fondo. Este comportamiento se debe a la influencia de la operación del proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica.

En los siguientes diagramas de cajas y bigotes se presentan las tendencias para las estaciones (cuartiles y medianas) y la variación del conjunto de datos, así como los datos atípicos considerados así por encontrarse a más de 3 distancias intercuartílicas de la mediana, los cuales se identifican con un asterisco y valores extremos considerados así por encontrarse entre 1.5 y 3 distancias intercuartílicas representados por un círculo, lo anterior, de acuerdo a lo estipulado por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del 2008 del MAVDT. El rango de concentraciones más amplio se presentó en la estación AIR02-Ichichon con un valor de 4241.90µg/m3 producto de la diferencia entre la mayor y menor concentración se observó en la estación AIR03 – casa eléctrica la cual reportó un rango mínimo de 2657.07 µg/m3.

Realizando un análisis global del conjunto de datos de Monóxido de Carbono (CO), se puede establecer que la media aritmética global obtenida durante la jornada de monitoreo fue de 1484.21µg/m3 y la mediana fue de 1343.18 µg/m3, con una máxima concentración de 4615.07 µg/m3 y una mínima de 175.44 µg/m3, una varianza de (809.59 µg/m3)2 y un rango de 4439.63 µg/m3.

Figura 5-230 Diagrama de Caja y Bigotes globales - Monóxido de Carbono CO



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

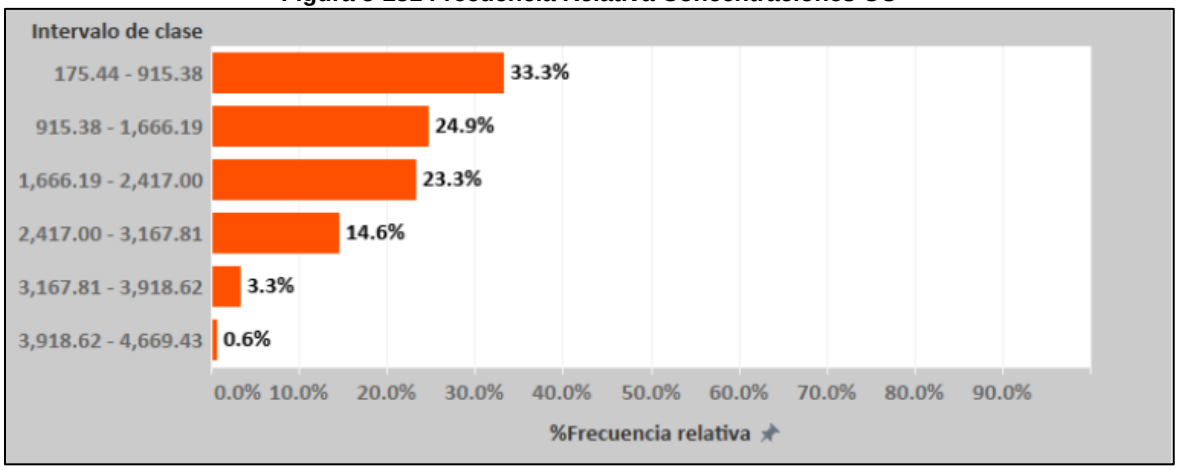
En la Tabla 5-154 se presenta la distribución de las concentraciones determinadas para Monóxido de Carbono (CO), en donde se reconoce que el intervalo comprendido entre 175.44 µg/m3 915.38 µg/m3 agrupa el mayor número de datos con 419 concentraciones equivalentes al 33.3% del conjunto total de datos seguido por el intervalo comprendido entre 915.38 µg/m3 a 1666.19 µg/m3 con 313 concentraciones que representan el 24.9%. La frecuencia más baja durante la campaña de monitoreo se presenta en el intervalo de 3918.62 µg/m3 a 4669.43µg/m3 y representan el 0.6% con 8 datos.

Tabla 5-154 Tratamiento estadístico para los datos de Monóxido de Carbono CO

Intervalo			Punto Medio	Frecuencia de clase	Frecuencia acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
1	175.44	915.38	545.41	419	419	33.3%	33%
2	915.38	1666.19	1290.78	313	732	24.9%	58%
3	1666.19	2417.00	2041.59	293	1025	23.3%	81%
4	2417.00	3167.81	2792.40	184	1209	14.6%	96%
5	3167.81	3918.62	3543.21	42	1251	3.3%	99%
6	3918.62	4669.43	4294.02	8	1259	0.6%	100%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-231 Frecuencia Relativa Concentraciones CO



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Resultado índice de calidad del aire

Teniendo en cuenta el capítulo IV de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Índice de Calidad del Aire (ICA) permite comparar los niveles de contaminación de calidad del aire, de las estaciones que pertenecen a un SVCA. Es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociadas unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población; es utilizado en el pronóstico de la calidad de aire. El Índice de calidad del aire ha sido adoptado a partir del documento Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI) documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009.

A continuación, se realiza el cálculo de índice de calidad ICA. En la Tabla 5-155 se presentan los rangos cualitativos, los efectos y el valor del ICA para cada una de las estaciones de calidad del aire monitoreadas.

Tabla 5-155 Índice de Calidad de Aire

Contaminante	Estaciones de monitoreo	Concentración Máxima por Contaminante (µg/m³)	Índice calidad del aire ICA	Rango ICA	Punto de corte (µg/m³)	Estado de la Calidad del aire	Efectos
Partícula Menores a 10 micras PM_{10} (Máx. 24 horas)	Estación 1 - AMAISEO	7,60	7	0 – 50	0 - 54	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
	Estación 2- ICHICHON	5,65	5	0 – 50	0 - 54		
	Estación 3 - CASA ELÉCTRICA	5,16	5	0 – 50	0 - 54		
	Estación 4 - WALERUSHI	4,97	5	0 – 50	0 - 54		

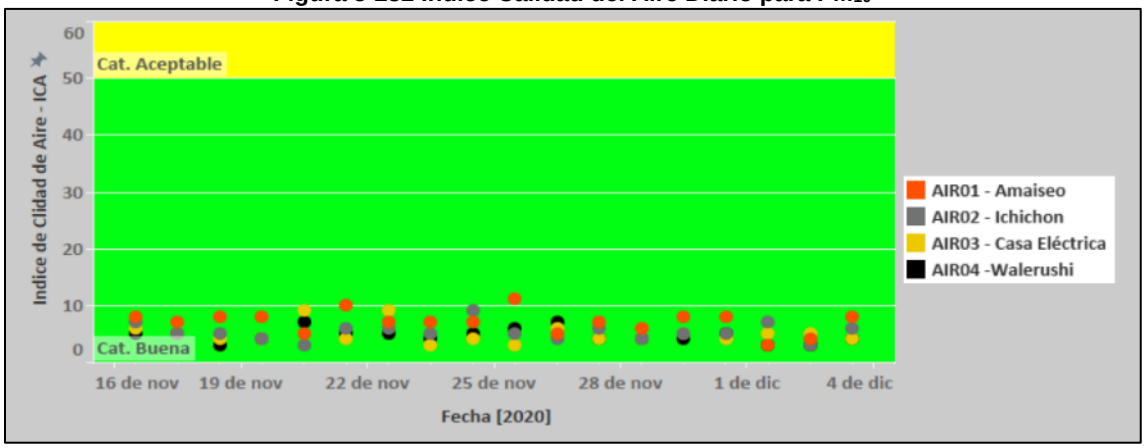
Contaminante	Estaciones de monitoreo	Concentración Máxima por Contaminante (µg/m³)	Índice calidad del aire ICA	Rango ICA	Punto de corte (µg/m³)	Estado de la Calidad del aire	Efectos
Partícula Menores a 2.5 micras $PM_{2.5}$ (Máx. 24 horas)	Estación 1 - AMAISEO	5,33	22	0 – 50	0 - 12	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
	Estación 2- ICHICHON	3,80	16	0 – 50	0 - 12		
	Estación 3 - CASA ELÉCTRICA	3,42	14	0 – 50	0 - 12		
	Estación 4 - WALERUSHI	3,32	14	0 – 50	0 - 12		
*Monóxido de Carbono CO (Máx. 8 horas)	Estación 1 - AMAISEO	2.025,36	20	0 – 50	0 - 5094	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
	Estación 2- ICHICHON	1.271,54	12	0 – 50	0 - 5094		
	Estación 3 - CASA ELÉCTRICA	1.531,44	15	0 – 50	0 - 5094		
	Estación 4 - WALERUSHI	1.106,70	11	0 – 50	0 - 5094		
Dióxido de nitrógeno NO_2 (Máx. 2 horas)	Estación 1 - AMAISEO	19,73	10	0 – 50	0 - 100	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
	Estación 2- ICHICHON	13,58	7	0 – 50	0 - 100		
	Estación 3 - CASA ELÉCTRICA	15,51	8	0 – 50	0 - 100		
	Estación 4 - WALERUSHI	9,59	5	0 – 50	0 - 100		

(*) Se determina como el máximo valor de las medias móviles.

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

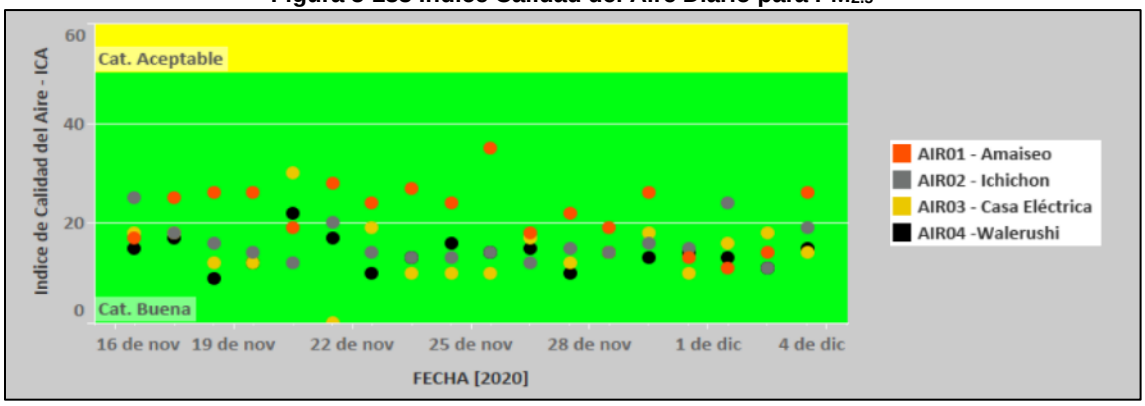
A continuación, se muestra el Índice de Calidad del Aire (ICA) Diario para el Material Particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO_2) durante el tiempo de monitoreo en todos los puntos de muestreo.

Figura 5-232 Índice Calidad del Aire Diario para PM_{10}



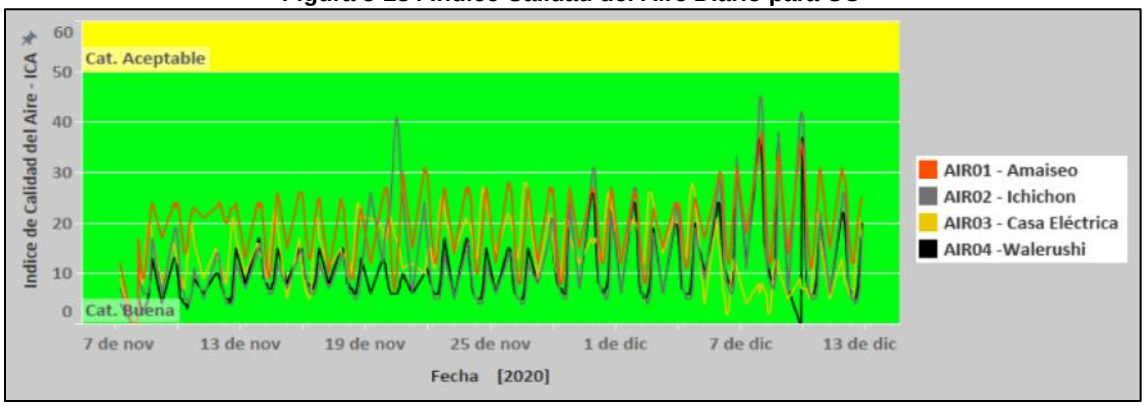
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-233 Índice Calidad del Aire Diario para $PM_{2.5}$



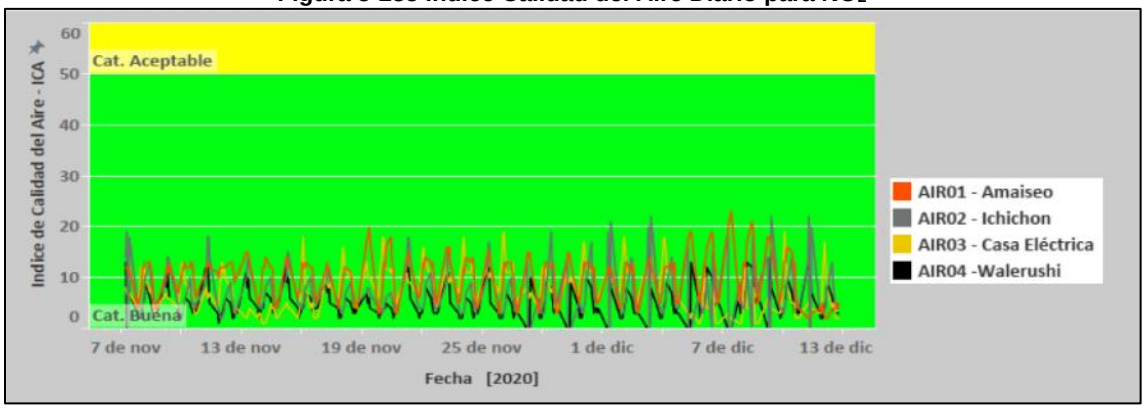
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-234 Índice Calidad del Aire Diario para CO



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-235 Índice Calidad del Aire Diario para NO_2



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

✓ Conclusiones monitoreo de calidad del aire

- La media aritmética de material particulado PM_{10} registrada para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi fue de 7,60 µg/m³, 5,65 µg/m³, 5,16 µg/m³ y 4,97 µg/m³, respectivamente. Los valores máximos fueron de 11,56 µg/m³ para la Estación AIR 01 (25 de noviembre de 2020), 9,76 µg/m³ para la Estación AIR 02 (23 de noviembre de 2020), 9,80 µg/m³ para la Estación AIR 03 (15 de noviembre de 2020) y 7,84 µg/m³ para la Estación AIR 04 (27 de noviembre de 2020). Los valores registrados no superan el límite normativo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (75 µg/m³ para un periodo de 24 horas).
- La media aritmética de material particulado $PM_{2.5}$ registrada para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi fue de 5,33µg/m³, 3,80 µg/m³, 3,42 µg/m³ y 3,32 µg/m³, respectivamente. Los valores máximos fueron de 8,44 µg/m³ para la Estación AIR 01 (25 de noviembre del 2020), 6,03 µg/m³ para la Estación AIR 02 (1 de noviembre de 2020), 7,18 µg/m³ para la Estación AIR 03 (15 de noviembre de 2020) y 5,29 µg/m³ para la Estación AIR 04 (15 de noviembre de 2020). Los valores registrados no superan el límite normativo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (37 µg/m³ para un periodo de 24 horas).
- La media aritmética de Dióxido de Azufre SO_2 registrada para las Estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 - Walerushi fue de <1,72µg/m³, <1,78µg/m³, <1,78µg/m³ y <1,75µg/m³, respectivamente. Los valores máximos fueron de <1,78 µg/m³ para la Estación AIR 01 (19 de noviembre de 2020), <1,84 µg/m³ para la Estación AIR 02 (03 de diciembre de 2020), <1,86 µg/m³ para la Estación AIR 03 (7 y 11 de noviembre de 2020) y <1,80 µg/m³ para la Estación AIR 04 (11 de diciembre de 2020). Los valores registrados no superan el límite normativo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (50 µg/m³ para un periodo de 24 horas).

- Para Dióxidos de Nitrógeno (NO_2) se reportaron concentraciones promedio de 19,73 µg/m^3, 13,58 µg/m^3, 15,51 µg/m^3 y 9,59 µg/m^3 para las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente. Los valores máximos fueron de 46,00 µg/m^3 para la Estación AIR 01 (07 de diciembre de 2020), 44,64 µg/m^3 para la Estación AIR 02 (09 de diciembre de 2020), 37,70 µg/m^3 para la Estación AIR 03 (25 de noviembre de 2020) y 28,61 µg/m^3 para la Estación AIR 04 (21 de noviembre de 2020). Los valores registrados no superan el límite normativo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (200 µg/m^3 para un periodo de 1 hora).
- Las concentraciones máximas Monóxido de Carbono (CO) se encontraron por debajo del límite normativo (35000 µg/m^3 para tiempos de exposición de 1 hora). Los valores máximos fueron de 4629,10 µg/m^3 para la estación AIR 01 (07 de diciembre de 2020), 3612,15 µg/m^3 para la estación AIR 02 (11 de diciembre de 2020), 3883,02 µg/m^3 para la Estación AIR 03 (25 de noviembre de 2020) y 4907,81 µg/m^3 para la Estación AIR 04 (07 de noviembre de 2020). Así mismo, se calcularon medias móviles para realizar la comparación con el límite establecido en la Resolución 2254 de 2017 del MADS (5000 µg/m^3) para tiempos de exposición de 8 horas, las cuales no superan el límite normativo. Las medias móviles máximas calculadas fueron de 2025,36 µg/m^3, 1271,54 µg/m^3, 1531,44 µg/m^3 y 1106,70 µg/m^3 para las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi, respectivamente.
- De acuerdo con la información obtenida de condiciones meteorológicas en el área de influencia durante el periodo de monitoreo en días intermedios se registró 27,73°C de temperatura promedio, 80,64% de Humedad Relativa, 760,16 mmHg de Presión atmosférica y se presentaron precipitaciones en 4 días, con un valor total de 645,90mm. La velocidad del viento promedio fue de 2,51m/s, proveniente principalmente de la dirección noreste y noroeste.
- De manera general se puede indicar que la meteorología durante la campaña de monitoreo de calidad del aire presentó condiciones atípicas en la zona de la guajira, debido al análisis realizado con datos históricos y los reportes generado en el monitoreo. Caso particular la velocidad del viento, donde se encontraban velocidades históricas promedio de 8,40 m/s y para el monitoreo 2,51m/s, indicando un punto de corte relativamente bajo, asimismo las precipitaciones históricas muestran una temporada marcada de lluvias altas en octubre (94 mm) con tendencia a la baja en diciembre o al final del año, para el presente monitoreo las precipitaciones fueron atípicamente fuertes, superando el promedio anual para la región en el periodo de monitoreo del 7 de noviembre al 11 de diciembre del 2020. En cuanto al comportamiento de parámetros o contaminantes criterio, estos permiten identificar unas concentraciones relativamente bajas que en la actualidad, los centros de estudio como el IDEAM, están analizando si el fenómeno del huracán IOTA y la temporada de la Niña en el 2020 pudieron tener influencia en las condiciones climáticas y atmosféricas en la costa caribe colombiana, por lo que se considera tomar en cuenta

los análisis históricos de los parámetros en la toma de decisiones de proyecto de desarrollo en la zona y que sea soportada técnicamente las tendencias en un estudio de línea base de calidad del aire.

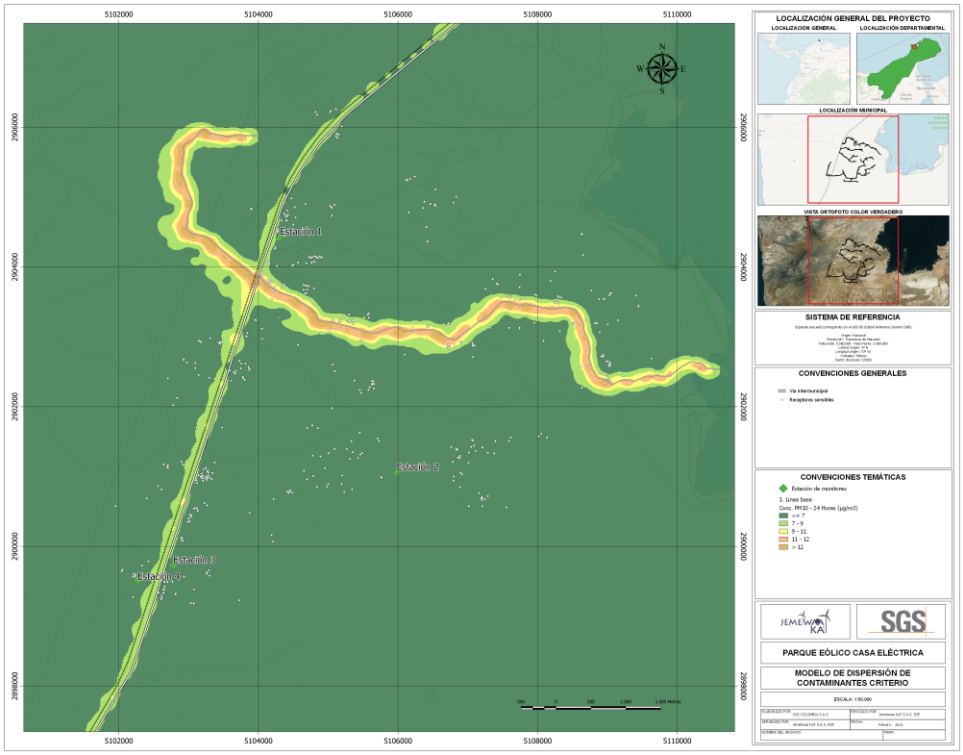
- La determinación del ICA (Índice de Calidad de Aire) permite catalogar como “Bueno” la calidad del aire en términos de PM10, PM2.5, CO y NO2 en las estaciones AIR01 - Amaiseo, AIR02 - Ichichon, AIR03 - Casa eléctrica y AIR04 – Walerushi indicando un riesgo bajo para la salud.

5.1.8.3.2. Modelo de dispersión

✓ Línea base

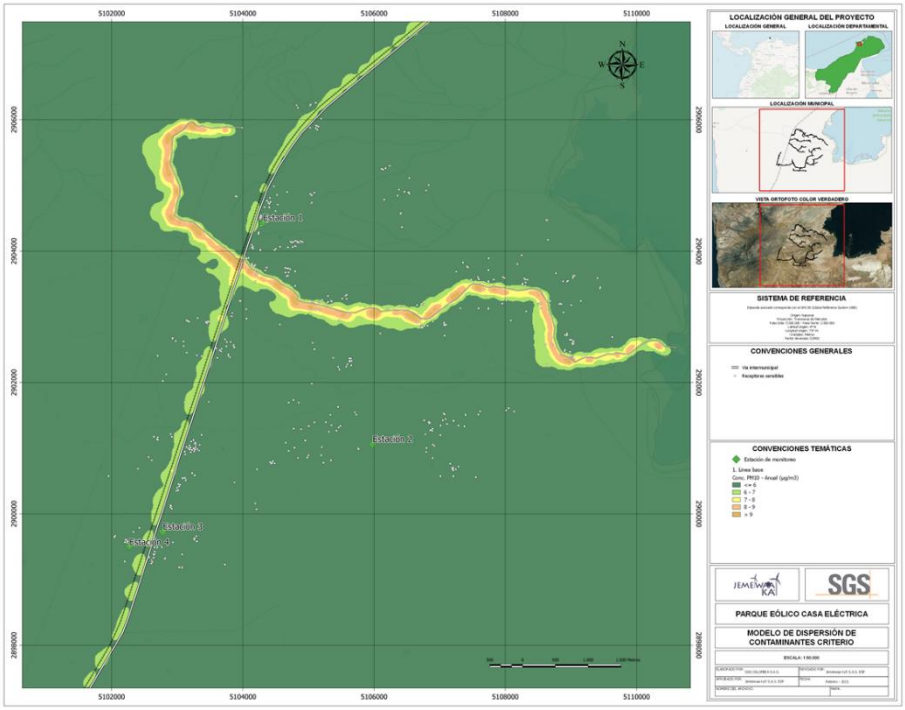
Para espacializar los resultados obtenidos del aforo vehicular descrito en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/2-Inventario fuentes/Aforo vehicular), se desarrollo un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos, cuyo detalle, metodología y análisis específico se encuentra en el Numeral 7.8.3 Modelo de dispersión y Anexo 5 (5.1 MedioAbiotico/C-Atmósfera/4-Modelo aire). A continuación, se resumen los resultados:

Figura 5-236 Mapa de isoconcentración de PM10 (percentil 98) – Tiempo de exposición 24 horas – Línea base



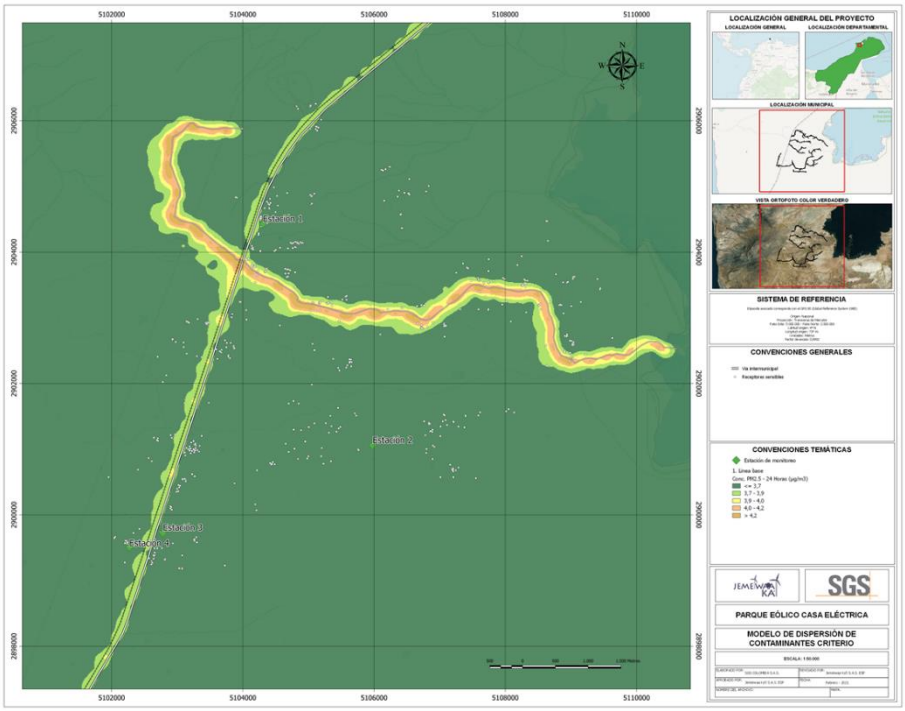
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-237 Mapa de isoconcentración de PM10 – Tiempo de exposición anual – Línea base



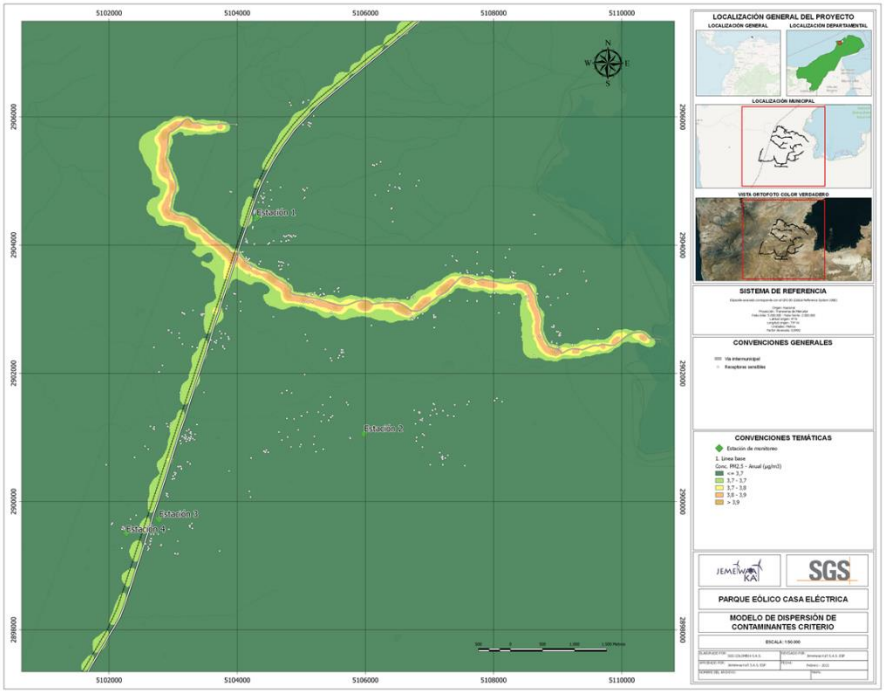
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-238 Mapa de isoconcentración de PM2.5 (percentil 98) – Tiempo de exposición 24 horas – Línea base



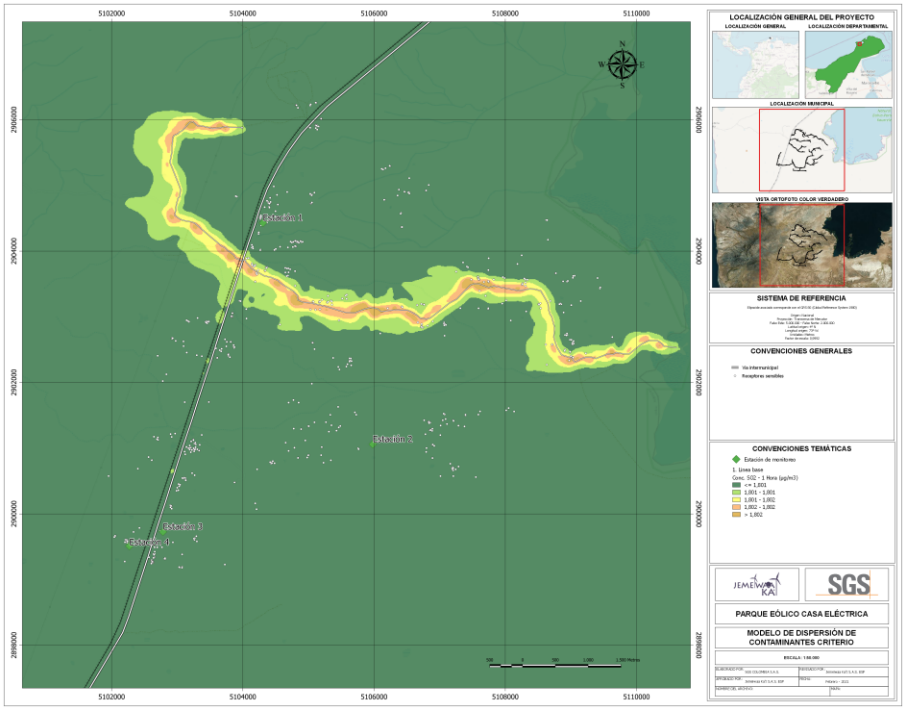
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-239 Mapa de isoconcentración de PM2.5 – Tiempo de exposición anual – Línea base



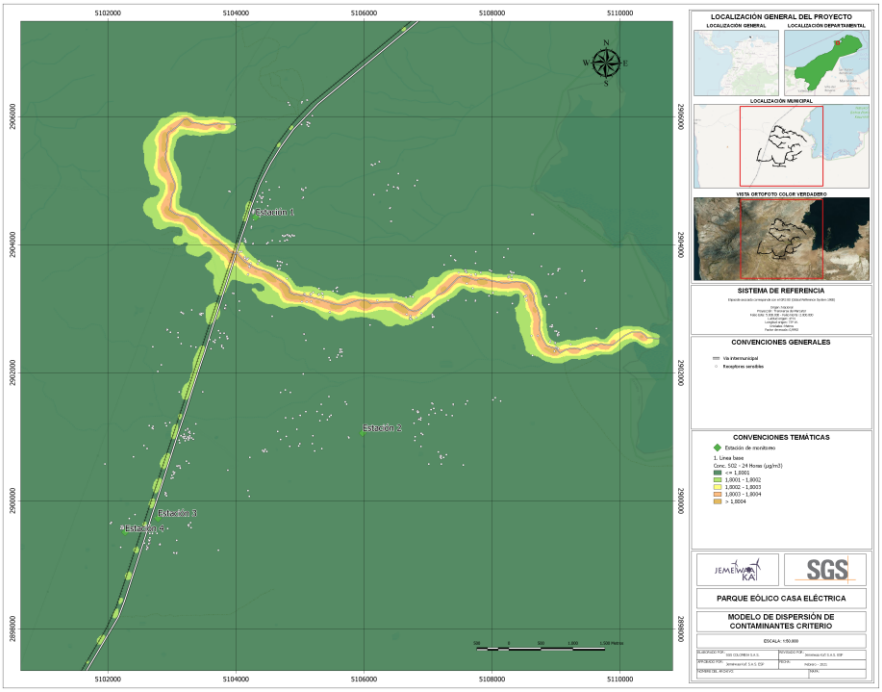
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-240 Mapa de isoconcentración de SO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 1 hora – Línea base



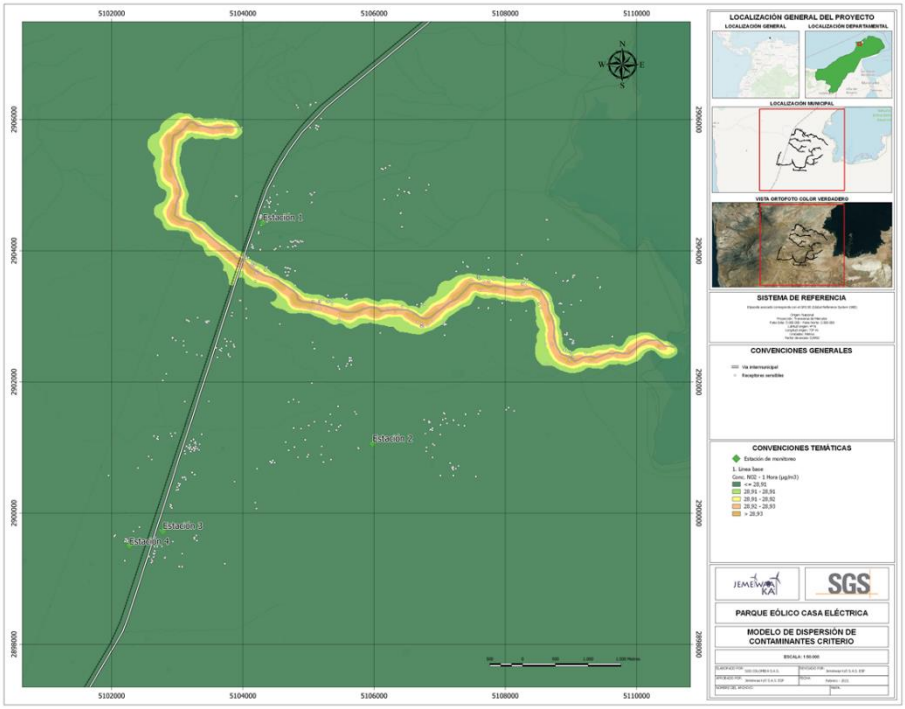
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-241 Mapa de isoconcentración de SO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 24 horas – Línea base



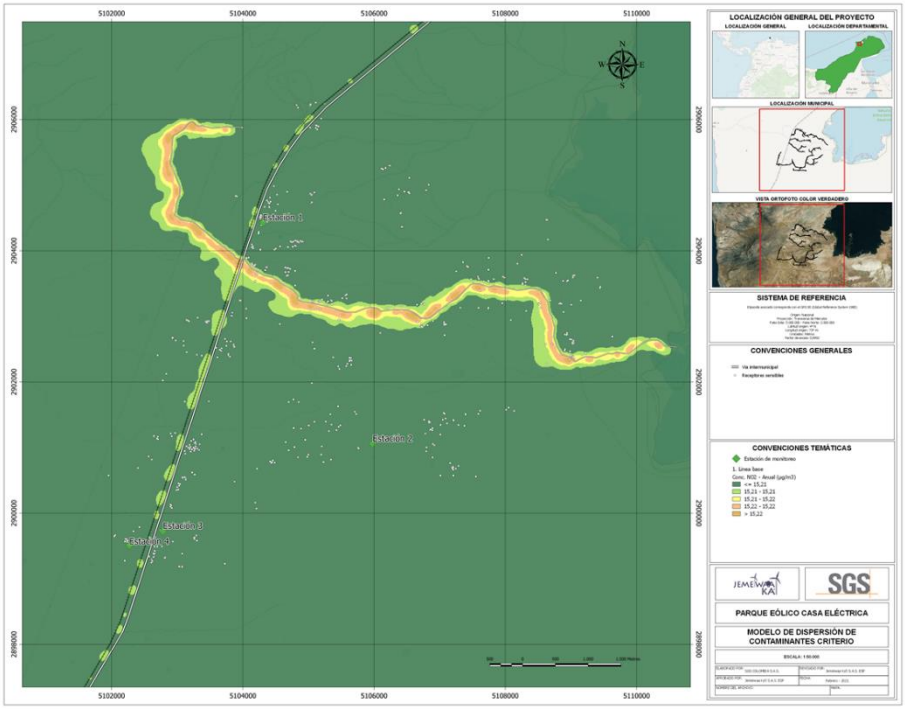
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-242 Mapa de isoconcentración de NO2 (percentil 98) – Tiempo de exposición 1 hora – Línea base



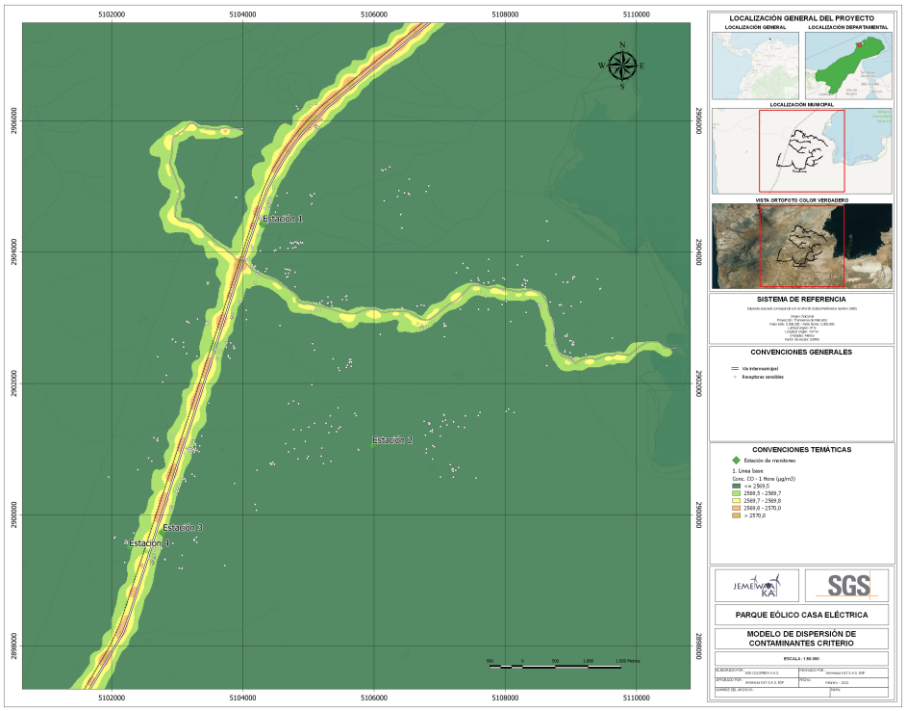
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-243 Mapa de isoconcentración de NO2 – Tiempo de exposición anual – Línea base



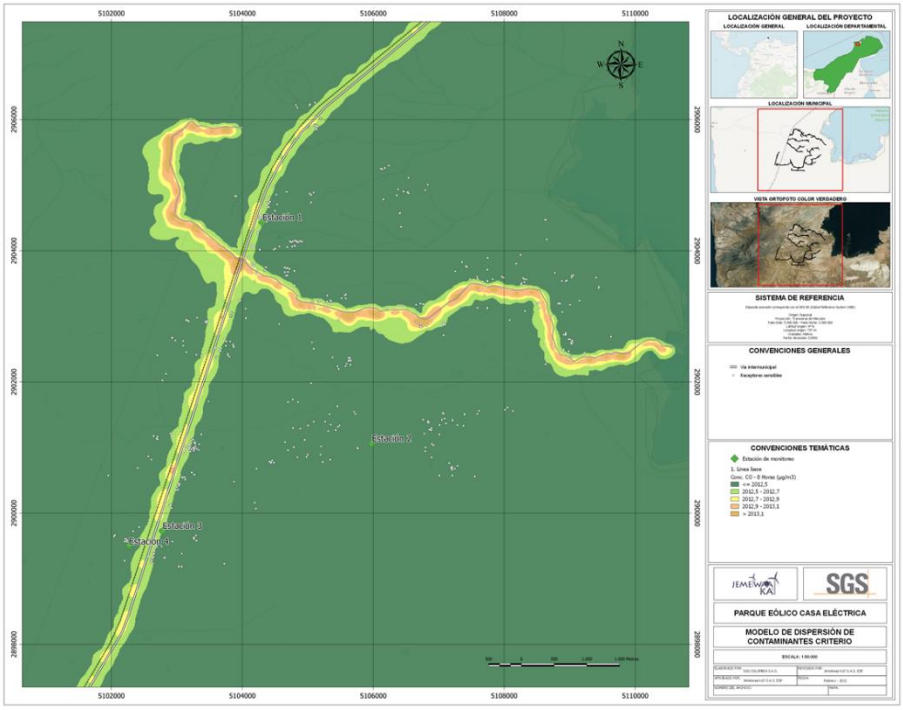
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-244 Mapa de isoconcentración de CO (percentil 98) – Tiempo de exposición 1 hora – Línea base



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-245 Mapa de isoconcentración de CO (percentil 98) – Tiempo de exposición 8 horas – Línea base



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-156 Niveles máximos de inmisión (percentil 98) – Línea base. Diaria y Anual

Parámetro	Concentración diaria (µg/m³)	Coordenadas planas Origen Único Nacional		Concentración anual (µg/m3)	Coordenadas planas Origen Único Nacional	
		Norte	Este		Norte	Este
PM10	15,5	5.103.935	2.903.821	9,75	5.103.224	2.905.915
PM2.5	4,48	5.103.935	2.903.821	4,03	5.103.224	2.905.915
SO2	1,801	5.103.243	2.904.380	---	---	---
NO2	---	---	---	15,22	5.103.224	2.905.915
CO	---	---	---	---	---	---

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-157 Niveles máximos de inmisión (percentil 98) – Línea base. 1 hora y 8 horas

Parámetro	Concentración 1 hora (µg/m3)	Coordenadas planas Origen Único Nacional		Concentración 8 horas (µg/m3)	Coordenadas planas Origen Único Nacional	
		Norte	Este		Norte	Este
PM10	---	---	---	---	---	---
PM2.5	---	---	---	---	---	---
SO2	1,803	5.107.439	2.903.526	---	---	---
NO2	28,94	5.106.028	2.903.077	---	---	---
CO	2.570,2	5.103.935	2.903.821	2.013,6	5.103.935	2.903.821

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Todas las consideraciones para el modelo se muestran en el capítulo 7 del presente documento y en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/4-Modelo aire).

5.1.8.4. Ruido

5.1.8.4.1. Monitoreo de ruido[79]

El estudio de monitoreo de ruido se realizó desde el 22 al 30 de noviembre de 2020 por la empresa Servicios Geológicos Integrados (S.G.I S.A.S) acreditada mediante la resolución 1628 del 26 de diciembre de 2019, en el área de influencia del proyecto EIA Parque Eólico Casa Eléctrica, el cual consistió en la ubicación, calibración y medición de niveles de presión sonora en ocho (8) puntos de monitoreo, dentro del área mencionada con el fin de verificar el impacto generado por esta matriz ambiental en el entorno.

Se determinaron los niveles de presión sonora de tipo ambiental en periodos de muestreo de un ahora en horarios diurno y nocturno, con repetición en días hábiles y no hábiles; dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), donde se comparan los límites máximos permisibles para el presente estudio con el sector D: Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado debido al tipo de actividad de la zona de estudio.

- ✓ Localización puntos de monitoreo

El monitoreo de ruido ambiental se llevó a cabo para el seguimiento al proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica que se desarrolló en el municipio de Uribía, en el departamento de Guajira. En la Figura 5-246 y en el Mapa 17. Localización puntos monitoreo de ruido (Carpeta 3. CARTOGRAFÍA del EIA) se observa el mapa generado mediante el software ArcMap 10.5.3, en el que se evidencia la localización geográfica general del proyecto, así mismo se referencian los puntos de monitoreo, las vías principales, los principales drenajes y los límites municipales, además del área otorgada al proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica ubicado en el municipio de Uribía, Guajira.

Tabla 5-158 Coordenadas de los puntos de Monitoreo Ruido Ambiental – Parque Eólico Casa Eléctrica, Uribía. Guajira

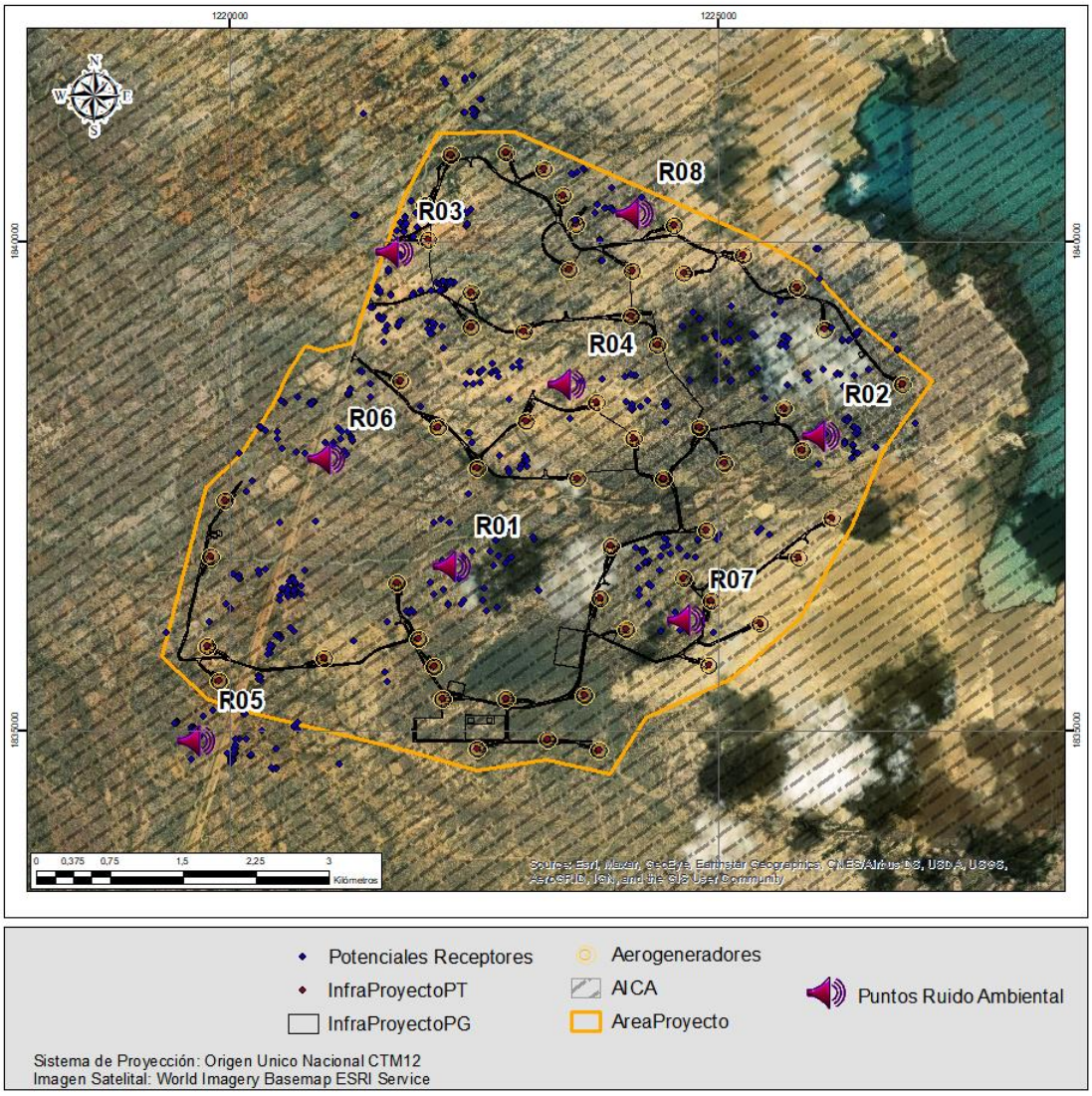
No.	Nombre	Departamento	Municipio	Coordenadas geográficas WGS 84		Coordenadas planas Origen Único Nacional	
				Longitud	Latitud	Norte	Este
R01	Jeyudshe. 2.Ichipa a 1.5km al O.	Guajira	Uribía	12°09'14.50" W	72°02'08.30" N	2901283,548	5104882,052
R02	Suhuna	Guajira	Uribía	12°09'57.20" W	72°00'02.88" N	2902608,472	5108666,592
R03	Casa Eléctrica	Guajira	Uribía	12°10'59.41" W	72º02'26.94" N	2904503,145	5104307,509
R04	Chinchorrito. 2. Isashika 3.	Guajira	Uribía	12°10'14.79" W	72°01'29.18" N	2903139,162	5106057,355

[79] S.G.I. S.A.S. Consultoría e Ingeniería. (2020). Monitoreo de Ruido Ambiental. Proyecto SGS Colombia IL-20-0146-V1. Bogotá D.C. Colombia.

No.	Nombre	Departamento	Municipio	Coordenadas geográficas WGS 84		Coordenadas planas Origen Único Nacional	
				Longitud	Latitud	Norte	Este
	Iperrain a 1.8km al N-O						
R05	Ichichon	Guajira	Uribía	12°08'17.13" W	72°03'35.51" N	2899512,613	5102253,251
R06	Ullaransen	Guajira	Uribía	12°09'50.58" W	72°02'50.66" N	2902386,987	5103598,343
R07	Walerushi	Guajira	Uribía	12°08'56.09" W	72°00'49.13" N	2900726,782	5107276,087
R08	Kasia	Guajira	Uribía	12°11'11.68" W	72°01'05.60" N	2904888,726	5106763,424

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-246 Localización general puntos de monitoreo



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Características de las mediciones de ruido ambiental

La descripción de los puntos monitoreados su ubicación y condiciones atmosféricas se presentan a continuación, es necesario resaltar que los datos meteorológicos que se encuentran en este capítulo fueron los registrados al momento de realizar la medición en cada punto de monitoreo, de igual forma para la velocidad del viento, se cumplió con lo establecido en el artículo 20, donde se establece que no puede ser superior a (3 m/s), de la Tabla 5-159 a Tabla 5-166, se relaciona la información mencionada anteriormente:

Tabla 5-159 Punto 1. Jeyudshe 2. Ichipa a 1.5 km al O

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 24/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2901283,548		2901283,548		
	Este	5104882,052		5104882,052		
	Municipio	Uribia		Uribia		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,8 m/s	N - S	2,0 m/s	N - S	
	Temperatura	32°C		26°C		
	Humedad	67%		72%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 24/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2901283,548		2901283,548		
	Este	5104882,052		5104882,052		
	Municipio	Uribia		Uribia		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	1,7 m/s	N - S	1,2 m/s	N - S	
	Temperatura	26°C		23°C		
	Humedad	72%		69%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-160 Punto 2. Suhuna

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 25/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2902608,472		2902608,472		
	Este	5108666,592		5108666,592		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,8 m/s	N - S	2,5 m/s	N - S	
	Temperatura	32°C		33°C		
	Humedad	69%		68%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 25/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2902608,472		2902608,472		
	Este	5108666,592		5108666,592		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	1,5 m/s	N - S	1,2 m/s	N - S	
	Temperatura	23°C		23°C		
	Humedad	70%		69%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-161 Punto 3. Casa Eléctrica

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 27/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2904503,145		2904503,145		
	Este	5104307,509		5104307,509		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento:	2,0 m/s	N - S	2,0 m/s	N - S	
	Temperatura:	31°C		32°C		
	Humedad:	72%		68%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 27/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2904503,145		2904503,145		
	Este	5104307,509		5104307,509		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento:	2,2 m/s	N - S	2,5 m/s	N - S	
	Temperatura:	26°C		33°C		
	Humedad:	75%		70%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-162 Punto 4. Casitas - 1. Chinchorrito. 2. Isashika 3. Iperrain a 1.8km al N-O

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 25/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2903139,162		2903139,162		
	Este	5106057,355		5106057,355		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento:	2,7 m/s	N - S	2,0 m/s	N - S	
	Temperatura:	32°C		32°C		
	Humedad:	69%		68%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 24/11/2020		No Hábil 17/08/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2903139,162		2903139,162		
	Este	5106057,355		5106057,355		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento:	1,7 m/s	N - S	1,2 m/s	N - S	
	Temperatura:	26°C		23°C		
	Humedad:	72%		71%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-163 Punto 5. Ichichon

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 28/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2899512,613		2899512,613		
	Este	5102253,251		5102253,251		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento:	2,8 m/s	N - S	2,0 m/s	N - S	
	Temperatura:	31°C		33°C		
	Humedad:	68%		68%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 28/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2899512,613		2899512,613		
	Este	5102253,251		5102253,251		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,3 m/s	N - S	2,5 m/s	N - S	
	Temperatura	24°C		25°C		
	Humedad	69%		70%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-164 Punto 6. Ullaransen

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 28/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2902386,987		2902386,987		
	Este	5103598,343		5103598,343		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,8 m/s	N - S	2,3 m/s	N - S	
	Temperatura	31°C		33°C		
	Humedad	68%		69%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 29/08/2020		No Hábil 30/08/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2902386,987		2902386,987		
	Este	5103598,343		5103598,343		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	1,8 m/s	N - S	1,8 m/s	N - S	
	Temperatura	27°C		25°C		
	Humedad	69%		70%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-165 Punto 7. Walerushi

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 24/11/2020		No Hábil 22/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2900726,782		2900726,782		
	Este	5107276,087		5107276,087		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,7 m/s	N - S	2,0 m/s	N - S	
	Temperatura	32°C		32°C		
	Humedad	67%		68%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 29/08/2020		No Hábil 30/08/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2900726,782		2900726,782		
	Este	5107276,087		5107276,087		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,0 m/s	N - S	1,3 m/s	N - S	
	Temperatura	26°C		22°C		
	Humedad	71%		72%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-166 Punto 8. Kasia

Nombre		**Periodo Diurno**				
Periodo		Hábil 27/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2904888,726		2904888,726		
	Este	5106763,424		5106763,424		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	2,0 m/s	N - S	1,3 m/s	N - S	
	Temperatura	31°C		33°C		
	Humedad	72%		69%		
Nombre		**Periodo Nocturno**				
Periodo		Hábil 24/11/2020		No Hábil 29/11/2020		Sector D
Coordenadas magna sirgas Origen nacional	Norte	2904888,726		2904888,726		
	Este	5106763,424		5106763,424		
	Municipio	Uribía		Uribía		
	Departamento	Guajira		Guajira		
Condiciones atmosféricas	Precipitación	0,0 mm		0,0 mm		
	Viento	1,8 m/s	N - S	1,6 m/s	N - S	
	Temperatura	26°C		24°C		
	Humedad	75%		69%		

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

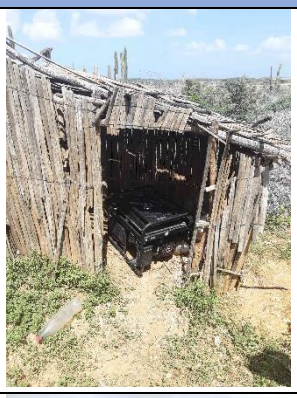
✓ Inventario de fuentes de ruido

Las principales fuentes de ruido identificadas dentro del área de estudio fueron 11 plantas eléctrica y los vehículos que transitan por los diferentes tramos de vías del proyecto. A continuación. se muestran las características obtenidas mediante encuestas por AES Colombia, JEMEWAA KA´I y SUNCOLOMBIA. Además de los aforos realizados en campo.

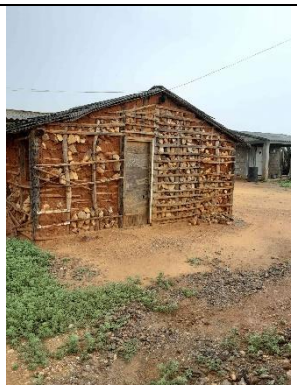
- Fuentes fijas de ruido

En la Tabla 5-167, se muestran la localización y descripción de las fuentes identificadas en campo por medio de encuestas en el área de influencia del proyecto.

Tabla 5-167 Localización y características fuentes fijas de ruido

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
294-1606146180802	Planta eléctrica a gasolina	Chinchorrito		5106207,97	2903129,16
293-1605201767853	Planta eléctrica a gasolina	Kasia		5106793,32	2904922,55

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
293-1605192642561	Planta eléctrica a gasolina	Kasia		5106530,27	2904898,79
293-1605199685768	Planta eléctrica a gasolina	Kasia		5106787,71	2904921,96
293-1605196315888	Planta eléctrica a gasolina	Kasia		5106521,50	2904893,23

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
293-1605188385844	Planta eléctrica a gasolina	Kasia		5106535,78	2905111,36
292-1607542729362	Planta eléctrica a gasolina	Kasushi		5104420,09	2904743,49
292-1607532706391	Planta eléctrica a gasolina	Kasushi		5104367,51	2904765,63
292-1605189269529	Planta eléctrica diesel	Morrenaka		5102912,90	2900118,51

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
292-1605369558331	Planta eléctrica diesel	Suhuna		5109040,74	2902630,27
R-Planta_Isahika	Planta eléctrica	Isashika		5105175,10	2903231,30

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Aunque las fuentes se identificaron en campo no se dispone de la información necesaria para ser incluidas dentro de los modelos, por lo tanto, no se incluyen dentro de los cálculos de línea base, los registros se encuentran en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/2-Inventarios/Fuentes ruido y Aforo).

De la misma manera que se identificaron las fuentes fijas determinaron las fuentes móviles que se encuentran en la zona de estudio las principales consideraciones de muestran en la Tabla 5-168.

Tabla 5-168 Flujo vehicular identificado en campo

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
R-Mieshi	El tránsito vehicular por la noche produce afectación auditiva y molestia al dormir.	Mieshi	Tren, vehículos y motos	5103544	2902406
R-Cubamana	Transitan vehículos de diferentes modelos.	Cubamana	Vehículos y motos	5107542	2903505
R-Planta_Isashika	Transitan varios tipos de vehículos (motos, carros de carga pesada).	Isashika	Vehículos, motos	5105133	2903174
R-Kasia	El medio de transporte que mas frecuenta son las motos durante el día.	KASIA	Motos	5106495	2904875

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
R-Jeyudshe	El medio de transporte que mas frecuenta son las motos durante el día.	JEYUTSHE	Moto y tren	5104914	2901184
R-Ullaransen	El medio de transporte que mas frecuenta son las motos durante el día.	ULLARANSEN	Tren, carro y moto	5103749	2903056
R-Rutkamaria		RUTKAMARIA	Carro y Motos	5106895	2901370
R-Puchecherapu	El medio de transporte que mas frecuenta son las motos durante el día y noche	PUCHECHERRAPU	Motos	5104446	2900671
R-Iperrain	Los vehículos les causan molestia a los miembros de la comunidad	IPERRAIN	Moto, tren, carro	5104079	2903791
R-Casa Eléctrica	La comunidad esta cerca de la carretera y pasan todo tipo de carro.	CASA ELÉCTRICA	Tren, vehículos y motos	5104203	2904476
R-Juliarance	La comunidad esta cerca de la carretera y pasan todo tipo de carro.	JULIARANCE	Tren, vehículos y motos	5104529	2903562
R-Ishamana	Cerca de la comunidad pasan todo tipo de vehículo.	ISHAMANA	Tren y vehículos	5103615	2902880
R-Suhuna	En la comunidad transitan vehículos y motos.	SUHUNA	Vehículos y motos	5108857	2902425
R-Ichipa	En la comunidad transitan vehiculos y motos.	ICHIPA	Tren, vehículos y motos	5103109	2901059
R-Chinchorrito	En la comunidad transitan vehículos y motos. Carga pesada tambn	CHINCHORRITO	Tren, vehículos y motos	5106764	2902958
R-Ichichon	En la comunidad transitan vehículos y motos.	ICHICHON	Tren, vehículos y motos	5102535	2899599
R-Uleule	En la comunidad transitan vehiculos y motos.	ULEULE	Tren, vehículos y motos	5102530	2899264
R-Amaiseo	Pasan carros de carga pesada. Transitan todo tipo de vehículos de diferentes modelos.	AMAISEO	Vehículos	5108559	2903351
R-Morrenaka	Los carros transitan de noche.	MORRENAKA	Tren y Vehículos	5102815	2900140
R-Kasushi	El tren del Cerrejón. El avión del Cerrejón. Por la	KASUSHI	Tren, vehículos, moto, avion	5104414	2904758

Id_Encuesta	Descripción	U_vereda	Fotografía	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
				Este	Norte
	carretera transitan vehículos de todos los modelos.				
R-Walerushi	El tránsito vehicular por la noche produce afectación auditiva y molestia al dormir.	WALERUSHI	Vehículos, motos	5107205	2900696

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Para determinar el TPD (tráfico promedio diario) se realizó un aforo específico para el área de influencia del proyecto los resultados obtenidos se muestran en el numeral 5.1.9.2 del presente capítulo, mientras que los datos obtenidos en campo se encuentran en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/2-Inventarios/Fuentes ruido).

- ✓ Potenciales receptores de interés

Los receptores de acuerdo con las observaciones realizadas en el área de estudio y la cartografía de la zona. Ver Mapa 20. Localización de receptores, carpeta 3 CARTOGRAFÍA del EIA.

Tabla 5-169 Potenciales receptores de interés - Cementerios

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
1	Uleule	"Cementerio ""Kasushi"".	5103872,93	2900478,30
2	Uleule	Compartido con Ichichon y Morrenaka"	5103725,20	2899228,23
3	Ichichon		5103872,93	2900478,30
4	Morrenaka	"Cementerio ""Kasushi"".	5103872,93	2900478,30
5	Puchecherrapu	Compartido con Uleule y Morrenaka"	5103481,27	2901702,15
6	Ullaransen	"Cementerio ""Kasushi"".	5103481,27	2901702,15
7	Mieshi	Compartido con Uleule e Ichichon"	5103481,27	2901702,15
8	Ishamana	"Cementerio Clan Epiayu.	5103481,27	2901702,15
9	Jeyudshe	Compartido con Ullaransen, Ishamana, Mieshi, Jeyushe."	5103481,27	2901702,15
10	Jeyudshe	"Cementerio Clan Epiayu.	5105051,31	2901981,20
11	Walerushi	Compartido con Puchecherrapu, Ishamana, Mieshi, Jeyushe."	5107551,40	2900559,20
12	Ichipa	"Cementerio Clan Epiayu.	5103113,07	2901699,77
13	Suhuna	Compartido con Puchecherrapu, Ishamana, Ullaransen, Jeyushe."	5109630,73	2902690,75
14	Suhuna	"Cementerio Clan Epiayu.	5108082,60	2902943,31
15	Amaiseo	Compartido con Puchecherrapu, Mieshi, Ullaransen, Jeyushe."	5109630,73	2902690,75
16	Chinchorrito	"Cementerio Clan Epiayu.	5106093,70	2902746,11

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
17	Iperrain	Compartido con Puchecherrapu, Mieshi, Ullaransen, Ishamana."	5103989,22	2905878,95
18	Ashulamana		5103989,22	2905878,95
19	Kasushi		5103989,22	2905878,95
20	CasaEléctrica	Cementerio Clan Epiayu	5103989,22	2905878,95
21	Isashika	"Cementerio Clan Uriana	5105466,21	2902945,93
22	Jullarance	Compartido con Amaiseo"	5105466,21	2902945,93
23	Cubamana		5107745,95	2903891,04

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-170 Potenciales receptores de interés - Iglesias

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
1	Uleule	Asiste Ichichon	5103074,07	2899382,17
2	Uleule	Ichichon asiste a iglesia de Uleule	5103074,07	2899382,17
3	Ichichon	Ichichon asiste a iglesia de Ichipa	5103333,26	2900961,74
4	Morrenaka	Asiste Ichichon, Morrenaka, Mieshi, Ishamana, Jeyudshe, Ullaransen, Iperrain	5103333,26	2900961,74
5	Puchecherrapu	Ishamana asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
6	Ullaransen		5103374,30	2902399,69
7	Mieshi	Morrenaka asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
8	Ishamana	Ullaransen asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
9	Jeyudshe	Mieshi asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
10	Jeyudshe	Jeyudshe asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
11	Walerushi	Iperrain asiste a iglesia Ichipa	5103333,26	2900961,74
12	Ichipa		5107204,68	2900661,81
13	Suhuna	Asiste Amaiseo	5108714,63	2902577,55
14	Suhuna	Amaiseo asiste a iglesia Suhuna	5108714,63	2902577,55
15	Amaiseo	En construcción.	5108765,51	2903662,24
16	Chinchorrito		5106655,96	2903177,80
17	Iperrain	Asiste Ichichon	5106462,76	2904904,12

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-171 Potenciales receptores de interés - Aulas

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
1	Ichipa	"Asisten Morrenaka, Puchecherrapu, Ishamana, Jeyudshe, Ullaransen, Ichichon.	5103211,54	2901102,29
2	Ullaransen	De primero de primaria en adelante. Aula satelital. "	5103211,54	2901102,29

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
3	Morrenaka	Ullaransen asiste al centro educativo de Ichipa.	5103211,54	2901102,29
4	Ichichon	Morrenaka asiste al centro educativo de Ichipa.	5103211,54	2901102,29
5	Ichichon	Ichichon asiste al centro educativo de Ichipa.	5102608,77	2899294,44
6	Puchecherrapu	Ichichon asiste al centro educativo de Uleule.	5103211,54	2901102,29
7	Ishamana	Puchecherrapu asiste al centro educativo de Ichipa.	5103211,54	2901102,29
8	Jeyudshe	Ishamana asiste al centro educativo de Ichipa.	5103211,54	2901102,29
9	Uleule	Jeyudshe asiste al centro educativo de Ichipa.	5102608,77	2899294,44
10	Mieshi	"Asiste Ichichon	5103727,05	2902657,48
11	Suhuna	Hasta primero de primaria."	5108985,44	2902651,45
12	Chinchorrito		5106667,01	2902913,54
13	Iperrain		5104188,47	2903535,39
14	Juliarance	UCA	5104188,47	2903535,39
15	Kasia	Asiste Juliarance	5106469,55	2904900,73
16	Casa Eléctrica	Juliarance asiste al centro educativo de Iperrain	5104368,19	2904434,91
17	Kasushi	UCA	5104533,48	2904709,45
18	Ashulamana		5104533,48	2904709,45

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Tabla 5-172 Potenciales receptores de interés - Viviendas.

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
1	Ichipa		5103257,18	2900951,78
2	Ichipa		5103261,97	2900981,30
3	Ichipa		5103305,01	2900982,15
4	Ichipa		5103200,38	2901009,95
5	Ichipa		5103207,61	2901009,20
6	Ichipa		5103170,35	2900999,18
7	Ichipa		5103111,73	2900946,68
8	Ichipa		5103120,70	2900905,78
9	Ichipa		5103205,89	2900938,06
10	Ichipa		5103272,64	2900988,90
11	Ichipa		5103223,07	2900971,94
12	Ichipa		5103249,53	2900986,85
13	Ichipa		5103267,75	2900978,34
14	Ichipa		5103279,00	2901015,40

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
15	Ichipa		5103282,34	2901055,09
16	Ichipa		5103248,88	2900996,71
17	Ichipa		5103189,18	2900976,79
18	Ichipa		5103135,81	2901013,42
19	Ichipa		5103140,50	2901018,01
20	Ichipa		5103188,96	2901039,82
21	Ichipa		5103197,89	2901006,27
22	Ichipa		5103242,27	2901129,11
23	Ichipa		5103245,72	2901130,58
24	Ichipa		5103245,67	2901120,74
25	Ichipa		5102399,02	2900686,86
26	Ichipa		5102614,06	2900820,58
27	Ichipa		5102643,52	2901173,59
28	Ichipa		5102704,28	2901162,60
29	Ichipa		5103225,70	2900618,76
30	Ichipa		5103264,55	2900587,04
31	Ichipa		5103128,47	2900521,25
32	Ichipa		5103129,33	2900510,39
33	Ichipa		5103095,72	2900543,51
34	Ichipa		5102561,86	2900863,79
35	Ichipa		5102709,52	2901128,68
36	Ichipa		5102707,16	2901126,40
37	Ichipa		5102690,79	2901135,95
38	Ichipa		5102915,22	2901171,42
39	Ichipa		5102898,24	2901213,61
40	Ichipa		5102966,81	2901222,22
41	Ichipa		5103373,40	2901201,08
42	Ichipa		5103342,12	2901049,50
43	Ichipa		5103259,86	2901069,23
44	Ichipa		5103258,98	2901068,86
45	Ichipa		5103270,47	2901067,57
46	Jeyutshe		5104891,36	2901290,67
47	Jeyutshe		5104995,87	2901334,54
48	Jeyutshe		5105091,02	2901393,04
49	Jeyutshe		5105265,93	2901394,67
50	Jeyutshe		5105349,84	2901347,88
51	Jeyutshe		5105427,28	2901266,21
52	Jeyutshe		5105460,54	2901315,41
53	Jeyutshe		5105484,94	2901337,42
54	Jeyutshe		5105311,11	2901251,50
55	Jeyutshe		5105331,68	2901506,77
56	Jeyutshe		5104697,26	2901693,36
57	Jeyutshe		5104950,97	2901117,03
58	Jeyutshe		5104652,19	2901083,20
59	Jeyutshe		5105651,02	2902260,61

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
60	Jeyutshe		5105594,39	2902278,26
61	Jeyutshe		5105577,21	2902241,57
62	Jeyutshe		5105625,39	2902334,04
63	Jeyutshe		5105637,45	2902331,53
64	Jeyutshe		5105624,70	2902319,03
65	Jeyutshe		5105646,06	2902365,12
66	Jeyutshe		5105375,93	2902373,69
67	Jeyutshe		5105454,50	2902237,01
68	Jeyutshe		5105471,95	2902197,37
69	Jeyutshe		5105728,08	2901508,86
70	Jeyutshe		5105706,64	2901545,05
71	Jeyutshe		5105756,74	2900996,67
72	Jeyutshe		5105763,67	2900983,79
73	Jeyutshe		5105341,46	2900814,61
74	Jeyutshe		5105193,46	2900893,14
75	Jeyutshe		5105204,61	2901012,38
76	Jeyutshe		5104187,79	2900158,98
77	Jeyutshe		5104208,19	2900070,38
78	Jeyutshe		5105627,07	2902366,68
79	Jeyutshe		5105655,79	2902325,33
80	Jeyutshe		5105451,85	2901627,80
81	Jeyutshe		5104849,94	2901693,12
82	Jeyutshe		5104774,81	2901297,38
83	Jeyutshe		5104786,41	2901005,90
84	Jeyutshe		5104696,97	2900958,38
85	Jeyutshe		5104216,89	2900677,59
86	Jeyutshe		5105001,60	2900894,66
87	Jeyutshe		5105229,25	2900778,32
88	Jeyutshe		5105202,36	2901015,76
89	Jeyutshe		5104997,39	2900891,21
90	Jeyutshe		5104980,34	2900856,92
91	Jeyutshe		5105005,46	2901334,50
92	Puchecherraput		5104441,64	2900783,29
93	Puchecherraput		5104432,09	2900765,18
94	Puchecherraput		5104483,28	2900770,26
95	Puchecherraput		5104455,99	2900801,72
96	Puchecherraput		5104415,58	2900786,29
97	Ashulamana		5105155,54	2905897,27
98	Ashulamana		5105145,95	2905899,03
99	Ashulamana		5105133,22	2905850,42
100	Ashulamana		5105111,16	2905873,00
101	Ashulamana		5105125,61	2905917,73
102	Ashulamana		5105117,54	2906257,86
103	Ashulamana		5105110,03	2906260,42
104	Ashulamana		5105025,59	2906217,07

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
105	Ashulamana		5105032,53	2906233,82
106	Ashulamana		5104810,10	2906220,85
107	Ashulamana		5104838,99	2906182,01
108	Ashulamana		5104812,13	2906224,01
109	Ashulamana		5104816,88	2906220,54
110	Ashulamana		5105189,94	2906017,72
111	Ashulamana		5105192,19	2906018,63
112	Ashulamana		5105196,52	2906014,47
113	Ashulamana		5105192,41	2906015,53
114	Ashulamana		5105111,32	2905919,25
115	Ashulamana		5105113,54	2905911,35
116	Ashulamana		5105111,72	2905909,19
117	Ashulamana		5105108,85	2905918,02
118	Ashulamana		5105116,49	2905917,55
119	Ashulamana		5105110,37	2905914,83
120	Ashulamana		5105018,34	2905882,22
121	Ashulamana		5105025,80	2905877,62
122	Rutkamaria		5106847,03	2901397,91
123	Rutkamaria		5106845,89	2901397,50
124	Rutkamaria		5106838,57	2901394,87
125	Rutkamaria		5106826,96	2901401,62
126	Rutkamaria		5106845,44	2901392,90
127	Rutkamaria		5106854,29	2901386,97
128	Rutkamaria		5106762,59	2901424,13
129	Rutkamaria		5106828,55	2901395,66
130	Rutkamaria		5106838,22	2901400,55
131	Rutkamaria		5106859,06	2901278,00
132	Rutkamaria		5106885,14	2901264,46
133	Rutkamaria		5106862,31	2901274,84
134	Rutkamaria		5106888,78	2901295,41
135	Rutkamaria		5106857,25	2901275,16
136	Rutkamaria		5106782,14	2901211,72
137	Rutkamaria		5106855,42	2901281,18
138	Rutkamaria		5106865,71	2901279,09
139	Rutkamaria		5106856,84	2901275,06
140	Rutkamaria		5106852,06	2901270,98
141	Rutkamaria		5106862,19	2901275,27
142	Ullaransen		5103844,53	2903053,95
143	Ullaransen		5103840,40	2903058,86
144	Ullaransen		5103831,20	2903000,83
145	Ullaransen		5103827,14	2902995,73
146	Ullaransen		5103835,84	2903001,45
147	Ullaransen		5104054,96	2902972,68
148	Ullaransen		5104565,44	2902881,54
149	Ullaransen		5104050,71	2903116,52

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
150	Ullaransen		5103834,38	2903012,46
151	Cubamana	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103858,82	2902569,39
152	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103820,02	2902618,73
153	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103813,90	2902617,79
154	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103760,20	2902620,24
155	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103755,18	2902617,75
156	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103861,41	2902545,31
157	Ullaransen	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103866,96	2902526,70
158	Ullaransen		5103950,33	2903242,65
159	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5103096,27	2902553,39
160	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5103093,96	2902624,69
161	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102976,04	2902632,61
162	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102917,41	2902669,60
163	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102921,96	2902678,63
164	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102925,29	2902665,77
165	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102922,61	2902664,82
166	Ullaransen	Aclarar que es territorio de ISHAMANA.	5102929,97	2902674,42
167	Ullaransen		5102700,51	2902405,51
168	Ullaransen		5103964,74	2903237,53
169	Ullaransen		5103825,72	2903004,47
170	Ullaransen		5103823,91	2903010,91
171	Ullaransen		5103824,70	2903008,41
172	Iperrain		5104140,92	2904052,94
173	Iperrain		5104136,13	2904053,42
174	Iperrain		5104154,95	2904040,15
175	Iperrain		5104150,19	2904067,34
176	Iperrain		5104351,85	2903750,73
177	Iperrain		5104369,87	2903756,55
178	Iperrain		5104167,49	2903779,60
179	Iperrain		5104137,78	2903809,25
180	Iperrain		5104189,64	2903788,78
181	Iperrain		5104163,65	2903765,06
182	Iperrain		5104139,89	2903787,74
183	Iperrain		5104363,33	2903750,24
184	Iperrain		5104362,00	2903744,90
185	Iperrain		5104337,20	2903701,84
186	Iperrain		5104338,77	2903701,61
187	Iperrain		5104339,62	2903704,10
188	Mieshi		5103647,17	2902491,47
189	Mieshi		5103872,21	2902537,47
190	Mieshi		5103746,63	2902549,95
191	Mieshi		5103778,33	2902407,75
192	Mieshi		5103610,56	2902378,13
193	Mieshi		5103604,53	2902373,15
194	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5102610,70	2900816,25

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
195	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103120,07	2900546,31
196	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103105,74	2900548,80
197	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103029,41	2900419,32
198	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103041,99	2900443,42
199	Mieshi		5103675,84	2902511,63
200	Mieshi		5103801,81	2902385,48
201	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103015,82	2900359,50
202	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5102987,82	2900350,52
203	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5102998,83	2900397,47
204	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103019,51	2900452,57
205	Ishamana		5103447,53	2902911,85
206	Ishamana		5103431,92	2902920,82
207	Ishamana		5103448,16	2902929,26
208	Ishamana		5103454,63	2902901,24
209	Ishamana		5103309,03	2902980,80
210	Ishamana		5103177,93	2902923,70
211	Ishamana		5103144,33	2902455,14
212	Ishamana		5103296,98	2902415,21
213	Ishamana		5102778,56	2902021,23
214	Ishamana		5102834,44	2902124,12
215	Mieshi		5103590,25	2902519,19
216	Mieshi		5103669,21	2902474,12
217	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103088,45	2900538,24
218	Mieshi	Aclarar que es territorio de ICHIPA.	5103077,83	2900544,20
219	Ishamana	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103781,92	2902432,03
220	Ishamana	Aclarar que es territorio de MIESHI.	5103776,51	2902426,97
221	Ishamana	Aclarar que es territorio de WALERUSHI	5107012,34	2900573,74
222	Ishamana	Aclarar que es territorio de JEYUDSHE.	5104844,56	2900853,86
223	Ishamana	Aclarar que es territorio de JEYUDSHE.	5104840,27	2900851,41
224	Ishamana	Aclarar que es territorio de JEYUDSHE.	5104770,75	2901732,43
225	Ishamana		5103482,11	2902926,51
226	Ishamana		5103460,99	2902926,16
227	Ishamana		5103162,53	2902936,48
228	Ishamana		5103141,92	2902946,14
229	Ichichon		5102208,95	2899606,23
230	Ichichon		5102257,45	2899511,62
231	Ichichon		5102294,38	2899505,87
232	Ichichon		5102257,43	2899510,76
233	Ichichon		5102261,48	2899520,44
234	Ichichon		5102240,93	2899597,96
235	Ichichon		5102222,73	2899575,29
236	Ichichon		5102230,75	2899581,68
237	Ichichon		5102236,60	2899562,39
238	Ichichon		5102228,87	2899608,16
239	Ichichon		5102202,28	2899568,31

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
240	Ichichon		5102220,55	2899599,22
241	Ichichon		5102056,73	2899665,65
242	Ichichon		5102045,20	2899650,73
243	Ichichon		5102055,98	2899659,65
244	Ichichon		5102053,31	2899665,05
245	Ichichon		5102040,01	2899646,15
246	Ichichon		5102332,65	2899724,26
247	Ichichon		5102422,79	2899785,46
248	Ichichon		5102198,52	2899273,57
249	Ichichon		5102238,92	2899593,93
250	Uleule		5102642,50	2899330,02
251	Uleule		5102655,24	2899341,35
252	Uleule		5102650,02	2899336,61
253	Uleule		5102641,78	2899336,89
254	Uleule		5102637,97	2899329,25
255	Uleule		5102655,33	2899386,58
256	Uleule		5102637,37	2899387,96
257	Uleule		5102645,21	2899377,46
258	Uleule		5102237,98	2899583,35
259	Ichichon		5102269,14	2899512,52
260	Uleule		5102626,63	2899279,09
261	Uleule		5102626,92	2899273,46
262	Uleule		5102610,08	2899249,96
263	Uleule		5102621,94	2899256,49
264	Uleule		5102617,08	2899257,31
265	Uleule		5102622,75	2899270,69
266	Uleule		5102623,04	2899271,64
267	Uleule		5102630,72	2899260,54
268	Uleule		5102614,05	2899275,75
269	Uleule		5102630,21	2899269,86
270	Uleule		5102619,46	2899262,51
271	Uleule		5102610,44	2899253,30
272	Uleule		5102567,67	2899339,09
273	Uleule		5102807,41	2899318,87
274	Uleule		5102810,02	2899313,09
275	Uleule		5102802,92	2899315,44
276	Uleule		5102814,42	2899311,86
277	Uleule		5102813,71	2899323,64
278	Uleule		5102932,86	2899566,02
279	Uleule		5102767,07	2899490,78
280	Uleule		5102694,97	2899488,75
281	Uleule		5102654,49	2899489,04
282	Uleule		5102747,27	2899743,35
283	Uleule		5102739,91	2899739,74
284	Uleule		5102751,76	2899736,15

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
285	Uleule		5103074,77	2899191,15
286	Uleule		5103071,66	2899179,79
287	Uleule		5103038,37	2899183,40
288	Uleule		5103029,46	2899188,11
289	Uleule		5103263,77	2899612,93
290	Uleule		5103260,13	2899613,87
291	Uleule		5103261,77	2899605,16
292	Uleule		5103265,87	2899629,45
293	Uleule		5103254,25	2899622,09
294	Uleule		5103298,86	2899580,04
295	Uleule		5103290,84	2899658,59
296	Uleule		5102655,71	2899423,16
297	Uleule		5102623,48	2899272,96
298	Uleule		5102617,41	2899270,44
299	Morrenaka		5102895,96	2900099,02
300	Morrenaka		5102912,90	2900118,51
301	Morrenaka		5102914,94	2900077,81
302	Morrenaka		5101952,93	2900574,77
303	Morrenaka		5102910,72	2900116,91
304	Morrenaka		5102893,23	2900129,24
305	Suhuna		5109024,96	2902578,73
306	Suhuna		5109042,66	2902592,61
307	Suhuna		5109027,03	2902609,36
308	Suhuna		5109008,04	2902649,36
309	Suhuna		5109020,96	2902590,92
310	Suhuna		5108910,37	2902499,15
311	Suhuna		5108999,21	2902399,73
312	Suhuna		5108910,19	2902721,72
313	Suhuna		5108945,44	2902722,73
314	Suhuna		5108906,05	2902481,29
315	Suhuna		5109040,74	2902630,27
316	Suhuna		5108987,81	2902461,20
317	Suhuna		5108986,50	2902468,85
318	Suhuna	Aclarar que es territorio de AMAISEO.	5109005,60	2903177,41
319	Suhuna	Aclarar que es territorio de AMAISEO.	5109442,14	2903432,22
320	Suhuna	Aclarar que es territorio de AMAISEO.	5109448,01	2903447,32
321	Suhuna	Aclarar que es territorio de AMAISEO.	5109406,45	2903589,83
322	Suhuna	Aclarar que es territorio de AMAISEO.	5109030,42	2903592,91
323	Suhuna		5108940,42	2902746,39
324	Suhuna		5108934,47	2902717,23
325	Amaiseo		5108296,91	2903579,70
326	Amaiseo		5108262,43	2903508,22
327	Amaiseo		5108306,48	2903567,04
328	Amaiseo		5108253,82	2903488,99
329	Amaiseo		5108262,73	2903494,25

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
330	Amaiseo		5108317,87	2903081,91
331	Amaiseo		5108540,10	2903129,02
332	Amaiseo		5108308,47	2903521,97
333	Amaiseo		5108338,35	2903564,15
334	Amaiseo		5108289,88	2903582,91
335	Amaiseo		5108307,18	2903471,17
336	Amaiseo		5108507,00	2903192,98
337	Amaiseo		5108513,95	2903184,54
338	Amaiseo		5108533,71	2903204,70
339	Amaiseo		5108940,95	2903535,64
340	Amaiseo		5108953,47	2903546,29
341	Amaiseo		5108770,65	2903662,78
342	Amaiseo		5109055,86	2903624,83
343	Amaiseo		5109035,27	2903621,40
344	Amaiseo		5108686,20	2903239,95
345	Amaiseo		5108855,39	2903191,62
346	Amaiseo		5108837,59	2903201,54
347	Amaiseo		5108824,50	2903192,29
348	Amaiseo		5108888,85	2903066,35
349	Amaiseo	Aclarar que es territorio de SUHUNA.	5108974,44	2902335,97
350	Amaiseo	Aclarar que es territorio de SUHUNA.	5109026,92	2902384,73
351	Amaiseo	Aclarar que es territorio de SUHUNA.	5109033,52	2902379,42
352	Amaiseo	Aclarar que es territorio de SUHUNA.	5109228,25	2902442,97
353	Amaiseo		5109149,65	2903239,47
354	Amaiseo		5108879,08	2903537,45
355	Casa Eléctrica	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104268,10	2904023,55
356	Casa Eléctrica		5104275,89	2904505,96
357	Casa Eléctrica		5104259,93	2904522,21
358	Casa Eléctrica		5104258,46	2904507,90
359	Casa Eléctrica		5104267,50	2904490,17
360	Casa Eléctrica		5104282,64	2904529,93
361	Casa Eléctrica		5104238,80	2904262,00
362	Casa Eléctrica		5104242,32	2904285,55
363	Casa Eléctrica	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104135,69	2904094,69
364	Casa Eléctrica	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104264,71	2904013,87
365	Casa Eléctrica		5104315,99	2904444,57
366	Casa Eléctrica		5104266,61	2904433,83
367	Casa Eléctrica		5104279,29	2904392,14
368	Casa Eléctrica		5103907,62	2904829,85
369	Casa Eléctrica		5103891,48	2904836,04
370	Casa Eléctrica		5104274,77	2904503,11
371	Casa Eléctrica		5104275,29	2904515,72
372	Casa Eléctrica		5104275,34	2904544,13
373	Kasushi		5104416,03	2904816,27
374	Kasushi		5104414,58	2904810,59

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
375	Kasushi		5104471,38	2904985,25
376	Kasushi		5104387,00	2904743,77
377	Kasushi		5104367,51	2904765,63
378	Kasushi		5104332,16	2904668,84
379	Kasushi		5104496,97	2904608,41
380	Kasushi		5104420,09	2904743,49
381	Kasushi		5104401,67	2904734,20
382	Kasushi		5104412,25	2904725,80
383	Kasushi		5105034,69	2904723,87
384	Kasushi		5105043,01	2904725,78
385	Kasushi		5105050,00	2904734,23
386	Kasushi		5105051,98	2904740,45
387	Kasushi		5105054,72	2904858,82
388	Kasushi		5105090,13	2904889,61
389	Kasushi		5105030,64	2904860,30
390	Kasushi		5105027,41	2904871,58
391	Kasushi		5105048,93	2904849,72
392	Kasushi		5104519,77	2904856,29
393	Kasushi		5104400,77	2904675,24
394	Kasushi		5104404,22	2904663,27
395	Kasushi		5104396,66	2904727,20
396	Kasushi		5104390,91	2904728,61
397	Kasushi		5104403,78	2904722,83
398	Kasushi	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104231,00	2903709,45
399	Kasushi	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104216,39	2903646,55
400	Kasushi	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104086,56	2903895,14
401	Kasushi		5104674,84	2904899,59
402	Kasushi	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104204,85	2903664,93
403	Kasushi		5104770,69	2904137,44
404	Kasushi		5104818,55	2904144,27
405	Kasushi		5104817,99	2904151,24
406	Kasushi		5104826,35	2904135,93
407	Kasushi		5104852,45	2904127,20
408	Kasushi		5104875,54	2904156,20
409	Kasushi		5104895,60	2904136,98
410	Kasushi		5104911,00	2904141,11
411	Kasushi		5104811,21	2904071,18
412	Kasushi		5104798,53	2904070,95
413	Kasushi		5104794,87	2904076,42
414	Kasushi		5104835,81	2904142,53
415	Kasushi		5104879,31	2904151,25
416	Kasushi		5104685,82	2904056,47
417	Kasushi		5104762,28	2904062,32
418	Kasushi		5104747,27	2904130,51
419	Kasushi		5104727,15	2904143,90

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
420	Kasushi		5104768,82	2904140,09
421	Kasushi		5104793,35	2904155,63
422	Kasushi		5104798,02	2904155,46
423	Kasushi		5104567,18	2904066,12
424	Kasushi		5104500,68	2904033,26
425	Kasushi		5104481,26	2904017,30
426	Kasushi	Aclarar que es territorio de IPERRAIN.	5104056,76	2903887,93
427	Kasia		5106535,78	2905111,36
428	Kasia		5106530,27	2904898,79
429	Kasia		5106521,50	2904893,23
430	Kasia		5106787,71	2904921,96
431	Kasia		5106793,32	2904922,55
432	Kasia		5106832,81	2905006,62
433	Kasia		5106379,40	2904935,71
434	Kasia		5106378,18	2904936,31
435	Kasia		5106358,14	2904845,83
436	Kasia		5106161,32	2904782,72
437	Kasia		5106153,78	2904780,65
438	Kasia		5106411,01	2904580,01
439	Kasia		5106404,35	2904569,75
440	Kasia		5106417,33	2904366,33
441	Kasia		5106426,63	2904366,21
442	Kasia		5106244,70	2905294,99
443	Kasia		5106237,37	2905297,98
444	Kasia		5106137,22	2905241,58
445	Kasia		5106116,11	2905251,68
446	Kasia		5106173,69	2905262,16
447	Cubamana		5107252,33	2903687,30
448	Cubamana		5107355,89	2903827,04
449	Cubamana		5107415,05	2903764,95
450	Cubamana		5107480,47	2903566,06
451	Cubamana		5107607,33	2903394,79
452	Cubamana		5107698,79	2903318,82
453	Cubamana		5108623,24	2904473,26
454	Cubamana		5108637,92	2904470,92
455	Cubamana		5108250,45	2903936,04
456	Cubamana		5108013,59	2903249,97
457	Cubamana		5107953,10	2903201,26
458	Cubamana		5107991,48	2903590,17
459	Cubamana		5107963,21	2903604,04
460	Cubamana		5108184,64	2903803,68
461	Cubamana		5108650,33	2904172,87
462	Cubamana		5107738,80	2903117,73
463	Cubamana		5107741,36	2903129,91
464	Cubamana		5107592,11	2903129,17

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
465	Cubamana		5107747,46	2903530,37
466	Cubamana		5107740,81	2903541,76
467	Cubamana		5107824,11	2903565,98
468	Cubamana		5107741,90	2903710,69
469	Cubamana		5107431,18	2903753,30
470	Cubamana		5107585,38	2903597,47
471	Cubamana		5107582,49	2903611,26
472	Cubamana		5107583,76	2903605,67
473	Cubamana		5107601,96	2903567,39
474	Cubamana		5107584,45	2903583,76
475	Cubamana		5107673,72	2903529,51
476	Cubamana		5107591,09	2903581,94
477	Ullaransen		5105056,90	2902605,93
478	Ullaransen		5105091,87	2902506,61
479	Julianrance		5104796,41	2903471,57
480	Julianrance		5104795,12	2903694,28
481	Julianrance		5104720,69	2903723,05
482	Julianrance		5104686,92	2903626,87
483	Julianrance		5104695,74	2903676,57
484	Julianrance		5104647,74	2903674,91
485	Julianrance		5104645,77	2903744,11
486	Julianrance		5104674,13	2903735,46
487	Ullaransen		5105067,05	2902605,90
488	Ullaransen		5105063,74	2902604,35
489	Julianrance		5104667,71	2903619,39
490	Isashika		5105165,02	2903217,56
491	Isashika		5105164,70	2903230,65
492	Isashika		5105067,28	2903232,48
493	Isashika		5105076,06	2903228,31
494	Isashika		5105030,48	2903109,98
495	Isashika		5105173,55	2903115,07
496	Isashika		5105205,64	2903257,20
497	Isashika		5105287,00	2903219,75
498	Isashika		5105286,67	2903216,61
499	Isashika		5105298,33	2903226,86
500	Isashika		5105343,02	2903245,50
501	Isashika		5105354,30	2903232,66
502	Isashika		5105358,06	2903185,05
503	Isashika		5105514,72	2903276,91
504	Isashika		5105564,55	2903321,92
505	Isashika		5105582,59	2903335,49
506	Isashika		5105581,11	2903272,92
507	Isashika		5105296,96	2903317,53
508	Isashika		5105106,60	2903106,50
509	Chinchorrito		5106726,24	2902877,58

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
510	Chinchorrito		5107315,46	2903129,51
511	Chinchorrito		5106895,27	2902928,66
512	Chinchorrito		5107066,53	2902912,29
513	Chinchorrito		5107066,35	2902893,40
514	Chinchorrito		5107081,99	2902884,89
515	Chinchorrito		5107095,08	2902875,87
516	Chinchorrito		5106741,82	2902840,72
517	Chinchorrito		5106735,83	2902833,41
518	Chinchorrito		5106816,09	2902863,66
519	Chinchorrito		5106715,16	2902848,60
520	Chinchorrito		5106207,97	2903129,16
521	Chinchorrito		5106757,52	2903186,99
522	Chinchorrito		5106754,56	2903186,73
523	Chinchorrito		5106762,82	2903184,67
524	Chinchorrito		5106423,07	2903156,22
525	Chinchorrito		5107069,66	2902870,14
526	Chinchorrito		5107073,52	2902711,58
527	Chinchorrito		5106719,79	2903195,37
528	Chinchorrito		5106725,45	2902889,19
529	Chinchorrito		5106430,58	2903145,03
530	Walerushi		5107201,51	2900692,14
531	Walerushi		5107202,95	2900702,99
532	Walerushi		5107201,06	2900707,74
533	Walerushi		5107189,19	2900695,99
534	Walerushi		5107195,03	2900679,13
535	Walerushi		5107207,82	2900573,68
536	Walerushi		5107161,05	2900763,01
537	Walerushi		5107244,17	2900676,68
538	Walerushi		5106887,51	2900853,20
539	Walerushi		5106890,49	2900848,86
540	Walerushi		5106799,28	2901001,42
541	Walerushi		5106889,92	2901049,54
542	Walerushi		5106893,78	2901053,60
543	Walerushi		5106916,53	2901034,74
544	Walerushi		5107010,38	2901198,45
545	Walerushi		5107588,62	2901510,90
546	Walerushi		5107286,27	2901341,60
547	Walerushi		5107014,04	2901343,83
548	Walerushi		5107046,95	2901424,47
549	Walerushi		5107090,50	2901443,47
550	Walerushi		5107075,17	2901513,77
551	Walerushi		5107060,67	2901525,08
552	Walerushi		5107111,06	2901366,92
553	Walerushi		5107207,35	2901422,90
554	Walerushi		5107210,85	2901414,28

Item	Comunidad	Observaciones	Coordenadas magna sirgas Origen nacional	
			Este	Norte
555	Walerushi		5107393,52	2901499,13
556	Walerushi		5107392,82	2901508,87
557	Walerushi		5107614,94	2901560,37
558	Walerushi		5107286,93	2900719,89
559	Walerushi		5107378,23	2901329,58
560	Walerushi		5108133,56	2901558,23
561	Walerushi		5108050,98	2901610,49
562	Walerushi		5108013,82	2901576,25
563	Walerushi		5106793,68	2900942,21

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- ✓ Obstáculos cercanos

En relación a los obstáculos identificados durante el monitoreo, estos fueron registrados en las cadenas de custodia y documentación en campo, a continuación, se exponen los resultados:

Tabla 5-173 Elementos cercanos a las estaciones de ruido ambiental

No.	Nombre	Obstáculo	Distancia Aproximada	Altura Aproximada del obstáculo	Cantidad de personas identificadas
R01	Jeyudshe. 2.Ichipa a 1.5km al O.	Ranchería Jeyudshe	250 m	2,20m	5 personas
R02	Suhuna	Vía Puerto Nuevo-corral	15 m de una vivienda	2,0m	20 personas
R03	Casa Eléctrica	Vía Uribia-Puerto Bolivar	25 m vivienda 18 m al sur de la vía Uribia – Puerto Bolívar	2,20 m	6 personas
R04	Chinchorrito. 2. Isashika 3. Iperrain a 1.8km al N-O	Comunidad Chinchorrito	350 m de una vivienda	2,20 m	6 personas
R05	Ichichon	Ranchería Ichichon	25 m de una vivienda 350 m de la vía Uribia –Puerto Bolívar	2,50 m	11 personas
R06	Ullaransen	Zona de aulas Ullaransen	12 m de una vía principal, 16 m de una vivienda	2,20 m	16 personas
R07	Walerushi	Comunidad Walerushi	300 m de una vivienda	2,20 m	8 personas
R08	Kasia	Comunidad Kasia	80 m de una vivienda	2,20 m	20 pesonas

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

✓ Análisis de resultados monitoreo de ruido ambiental

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental del proyecto ubicado en Uribía, Guajira de acuerdo con lo establecido en la Resolución 627 de 2006, además de las gráficas que representan los niveles de ruido en comparación con el estándar máximo permisible.

- Horario diurno día hábil

La resolución 631 de 2006, establece que se debe monitorear en el horario diurno en el rango de las 7:01 am a las 21: 00 horas, es por esto que en la Tabla 5-174, se presentan los resultados que se obtuvieron en Proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica, se puede observar que presenta un rango entre 53,3 – 62,7 dB, sin mostrar picos de consideración. Así mismo la normatividad relacionada anteriormente determina sectores de acuerdo a la actividad del lugar donde se ubique el proyecto en este caso se clasifica en el sector D, entendido como una zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado, de acuerdo con los registros fotográficos se infiere que es una zona poco transitada, con vegetación arbustiva que no tiene influencia directa en la emisión de ruido ambiental.

Tabla 5-174 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno hábil

Punto	LRAeq	Sector	Límite Diurno Sector Res. 627/2006	% Respecto a la norma	Cumple	Límite Diurno Sector D Res. 627/2006
R01	53,32	D	55	-3,1	SI	55
R02	56,56	D	55	2,8	NO	55
R03	59,22	D	55	7,7	NO	55
R04	58,74	D	55	6,8	NO	55
R05	56,77	D	55	3,2	NO	55
R06	53,74	D	55	-2,3	SI	55
R07	62,77	D	55	14,1	NO	55
R08	59,89	D	55	8,9	NO	55

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En relación al porcentaje respecto a la norma se percibe que los dos puntos que tienen mayor porcentaje es la estación con código R01 Jeyudshe. 2.Ichipa a 1.5km al O. con un 3,1 % por debajo de la norma lo que indica que es el punto donde se registra menor ruido ambiental tomando como referencia la resolución 631 de 2006. La estación R07 Walerushi, muestra un 14,1% de incumplimiento, probablemente debido a la importante actividad humana de la ranchería.

Tabla 5-175 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Diurno Hábil

Sector	No. de puntos		
	Total	Cumple	No Cumple
Total Sector D	8	2	6
TOTAL	8	2	6

Sector	No. de puntos		
	Total	Cumple	No Cumple
% Sector D	100%	25%	75%
% TOTAL	100%	25%	75%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-175, se observa el porcentaje de cumplimiento de cada uno de los puntos monitoreados para el horario diurno hábil, donde se determinó que solo el 25% de las estaciones cumplen con la normatividad y el 75% no cumple, de igual forma es necesario tener en cuenta que estas mediciones se realizaron durante el día, que es donde se realizan la mayoría de las actividades humanas, es importante tener en cuenta que cerca del punto Punto 5. Ichichon, se encuentra una vía principal y la vía férrea, hecho que afecta directamente el ruido ambiental en el área de estudio.

- Horario nocturno hábil

Tomando como base lo establecido en la resolución 631 de 2006, se debe monitorear en el horario nocturno en el rango de las 21:01 pm a las 7:00 am horas, es por esto que en la Tabla 5-176, se aprecian los resultados de ruido ambiental en horario nocturno para el Proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica, Guajira, reportó un rango entre 46,5-50,3 dB, con un registro inferior de 46,5 dB para la estación R05 Ichichon. Luego de un análisis multiespectral apoyado con imágenes satelitales, se dedujo que es una zona desértica lo que ayuda a que las ondas sonoras viajen con mayor facilidad, incrementando los registros sonoros en la zona de estudio.

Tabla 5-176 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno hábil

Punto	LRAeq	Sector	Límite Diurno Sector Res. 627/2006	% Respecto a la norma	Cumple	Límite Diurno Sector D Res. 627/2006
R01	49,34	D	55	9,6	NO	45
R02	47,73	D	55	6,1	NO	45
R03	49,01	D	55	8,9	NO	45
R04	50,30	D	55	11,8	NO	45
R05	46,49	D	55	3,3	NO	45
R06	47,24	D	55	5,0	NO	45
R07	46,90	D	55	4,2	NO	45
R08	47,70	D	55	6,0	NO	45

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Por lo que se refiere al porcentaje de cumplimiento con la norma para las mediciones realizadas, para la estación R05 Ichichon se encontró en un 9,6 % inferior a la norma, lo que demuestra que este punto registró el valor más bajo de todo el monitoreo en un horario nocturno hábil, el punto R04 Chinchorrito mostró un valor de 11,8% por debajo de la resolución 631 de 2006, siendo el punto que más se aleja del valor máximo establecido.

Tabla 5-177 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Nocturno Hábil

Sector	No. de puntos		
	Total	Cumple	No Cumple
Total Sector D	8	0	8
TOTAL	8	0	8
% Sector D	100%	0%	100%
% TOTAL	100%	0%	100%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En la Tabla 5-177, se muestra el porcentaje de cumplimiento de cada uno de los puntos monitoreados para el horario nocturno hábil, donde se determinó que el 100% no cumple, de igual forma es necesario tener en cuenta las mediciones, aunque superan la norma, lo hace con diferencias muy bajas, algunas dentro de la incertidumbre de la medición, hecho importante para interpretar los resultados.

- Horario diurno no hábil

Por lo que se refiere al periodo no hábil se entiende como aquel que se realiza los días domingos o festivos, el registros sonoros obtenidos se encuentran entre 52,3 – 60,02 dB, con un comportamiento constante, sin presentar variaciones de consideración, la zona de estudio se define como una zona suburbana o rural con una constante actividad humana, estas características determinaron en este caso los resultados obtenidos en el monitoreo, por lo que todas las estaciones reportaron el 25% de cumplimiento normativo.

Tabla 5-178 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno no hábil

Punto	LRAeq	Sector	Límite Diurno Sector Res. 627/2006	% Respecto a la norma	Cumple	Límite Diurno Sector D Res. 627/2006
R01	60,0	D	55	9,1	NO	55
R02	56,7	D	55	3,1	NO	55
R03	56,4	D	55	2,6	NO	55
R04	60,0	D	55	9,1	NO	55
R05	57,3	D	55	4,1	NO	55
R06	59,9	D	55	8,8	NO	55
R07	53,8	D	55	-2,2	SI	55
R08	52,2	D	55	-5,0	SI	55

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Acerca del porcentaje respecto a la norma, que se encuentra en la Tabla 5-178 las estaciones con el porcentaje más alto de incumplimiento fueron las estaciones R01 Y R04, en los dos puntos se presentaron registros similares que superan el nivel máximo permisible para el sector D. de la Resolución 631 de 2006, en un 9.1% y 8.8% respectivamente, sin embargo, es de anotar como en los anteriores casos, que los resultados resultan ser cercanos unos de otros, por lo anterior se puede inferir que en la zona del área de influencia del Proyecto Parque Eólica Casa Eléctrica en un periodo diurno no hábil se llevan a cabo

actividades generadoras de ruido que aportan de manera significativa a los resultados encontrados.

Tabla 5-179 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Diurno No Hábil

Sector	No. de puntos		
	Total	Cumple	No Cumple
Total Sector D	8	2	6
TOTAL	8	2	6
% Sector D	100%	25%	75%
% TOTAL	100%	25%	75%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

- Horario nocturno no hábil

Finalmente, en la Tabla 5-180 se observan los resultados obtenidos para el monitoreo en el horario nocturno no hábil, se encuentra en un rango entre 46,7 – 59,9 dB, con un comportamiento constante. La zona de estudio del proyecto se caracteriza por tener poca actividad industrial, sin embargo, se relaciona la presencia de grandes manadas de chivos, en los puntos R01 y R02 se identificó el sonido de motores lejanos, por lo anterior se puede atribuir los valores reportados el día de la medición.

Tabla 5-180 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno no hábil

Punto	LRAeq	Sector	Límite Diurno Sector Res. 627/2006	% Respecto a la norma	Cumple	Límite Diurno Sector D Res. 627/2006
R01	57,0	D	55	26,6	NO	45
R02	59,9	D	55	33,1	NO	45
R03	49,4	D	55	9,9	NO	45
R04	49,7	D	55	10,6	NO	45
R05	49,1	D	55	9,2	NO	45
R06	50,7	D	55	12,6	NO	45
R07	46,7	D	55	3,8	NO	45
R08	47,9	D	55	6,4	NO	45

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

En Tabla 5-181 se muestran los registros para el horario nocturno no hábil, el mayor se encontró en la estación R02. Suhuna con 59,9 dB, este punto está próximo a una ranchería que lleva por nombre el mismo que el punto, asimismo se encuentra cerca a la vía que va al municipio de Puerto Nuevo y durante la toma de la muestra se registraron sonidos cercanos de motores, lo que puede estar relacionado con el valor obtenido. El menor estuvo en R07. Walerushi con 46,7 dB, valor cercano a la norma.

Tabla 5-181 Distribución de número de puntos discriminado por sector – Nocturno No Hábil

Sector	No. de puntos		
	Total	Cumple	No Cumple
Total Sector D	8	0	8
TOTAL	8	0	8
% Sector D	100%	0%	100%
% TOTAL	100%	0%	100%

Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

✓ Conclusiones monitoreo de ruido ambiental

- Durante la ejecución de la campaña de monitoreo de ruido ambiental para el proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica, se identificaron diversas fuentes de emisión, las cuales corresponden a fuentes de origen antrópico y natural, en las que se destacan sonidos provenientes de las viviendas cercanas, tránsito vehicular en vías terciarias y secundarias y en relación a las fuentes de origen natural, se relacionan sonidos provenientes de fauna local y silvestre del área de estudio.
- De acuerdo a lo estipulado en la Resolución 627 de 2006 para el establecimiento de sectores para las restricciones de ruido ambiental, de acuerdo a las zonas donde se desarrolló el proyecto Parque Eólico Casa Eléctrica, se determinaron un que pertenece al Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, el cual se relaciona con los usos del suelo estipulados en el uso principal del suelo determinado por el IGAC.
- Periodo Hábil: En el sector D se ubican el 100% de los puntos evaluados, para este se obtuvo un nivel de presión sonora en horario diurno de 53,3 – 62,7 dB y para horario nocturno de 46,5-50,3 dB, por lo que en horario diurno hábil presentó cumplimiento en el 25% de los puntos, mientras que para horario nocturno día hábil se evidenció incumplimiento del 100% de las estaciones de monitoreo para ruido ambiental. El comportamiento de los casos en los que se sobrepasa el límite establecido en la Resolución 627 de 2006 (45 dB), obedece a la influencia de actividades antrópicas propias del área analizada, como sonidos emitidos por animales domésticos y silvestres característicos del ecosistema de desierto árido. Los datos son consistentes con los resultados esperados en la zona y entre sí mismos.
- Periodo no Hábil: El 25% de los puntos evaluados en el sector D presenta cumplimiento en los niveles de presión sonora en horario diurno día no hábil, mientras que para el nocturno día no hábil presenta un cumplimiento del 100%. Para el periodo no hábil se obtuvo un rango entre 52,3 – 60,0 dB para el horario diurno mientras que para el nocturno fue de 46,7 – 59,9 dB. Se puede inferir que para el periodo no hábil se dio un mayor cumplimiento normativo comparado con el horario hábil, tal vez

asociado a que es el tiempo de descanso de las personas en las rancherías aledañas al área de influencia del proyecto.

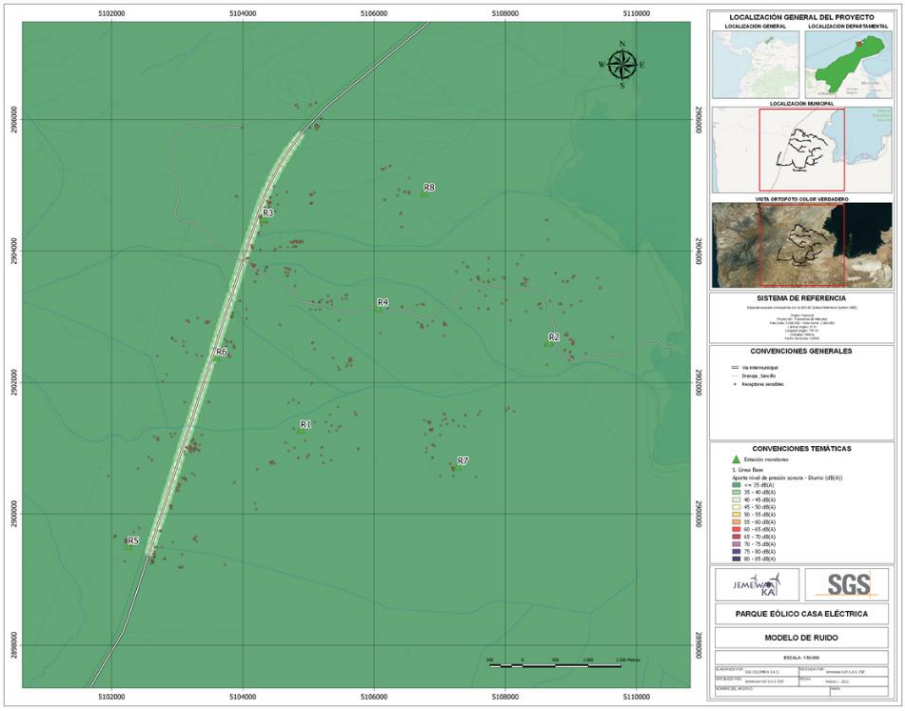
Para obtener información específica sobre las mediciones ver el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/6-Modelo ruido).

5.1.8.4.2. Modelación de ruido

- ✓ Resultados línea base

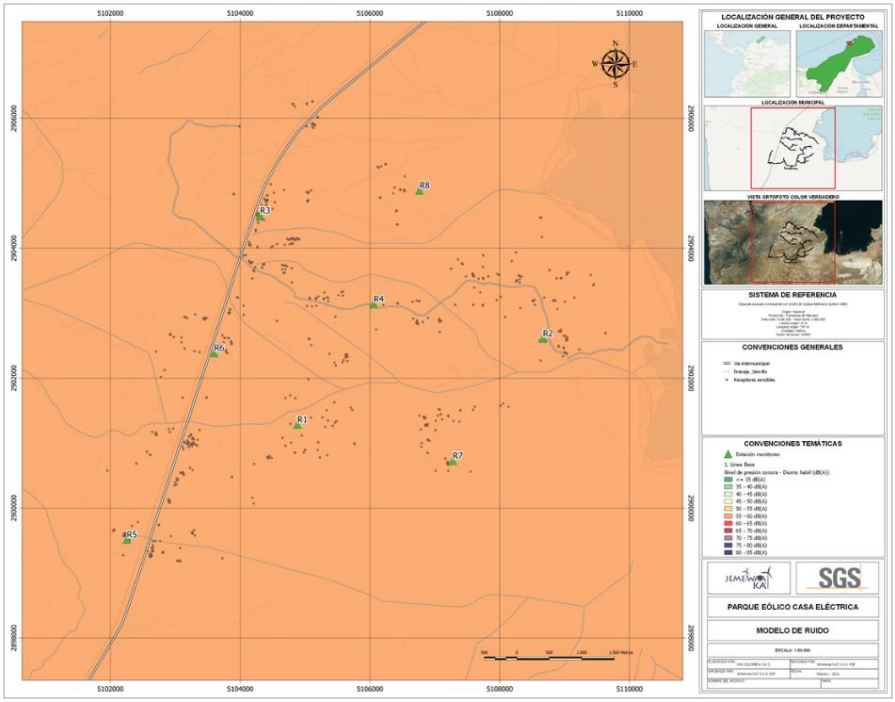
Con respecto a la línea base el modelo tiene en cuenta los resultados obtenidos para el aforo vehicular descrito en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/6-Modelo ruido). Dando los resultados que se muestran en la Figura 5-247 y la Figura 5-252.

Figura 5-247 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base



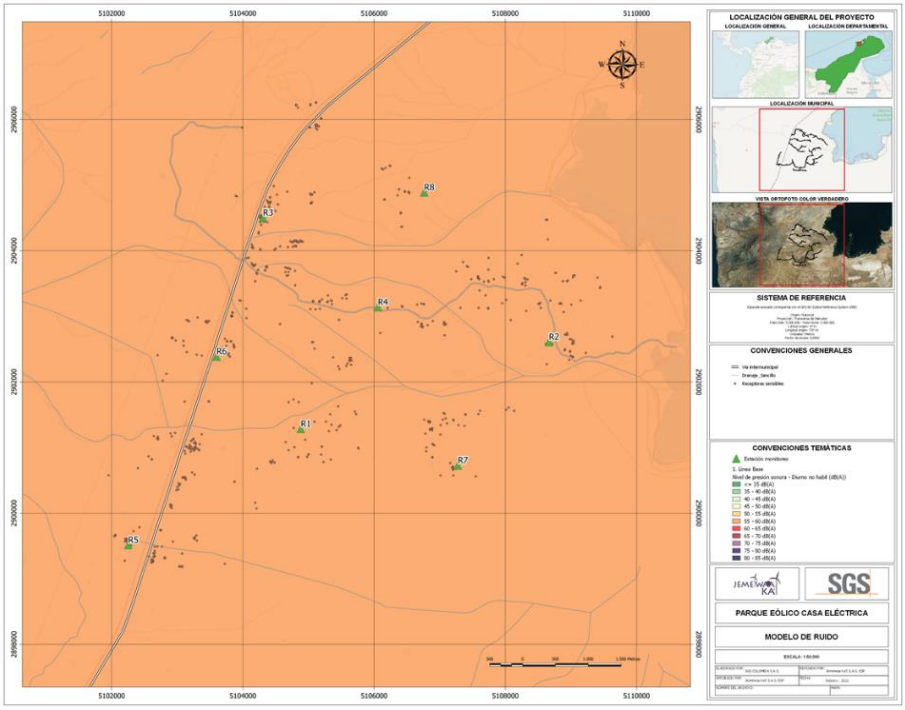
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-248 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo diurno hábil



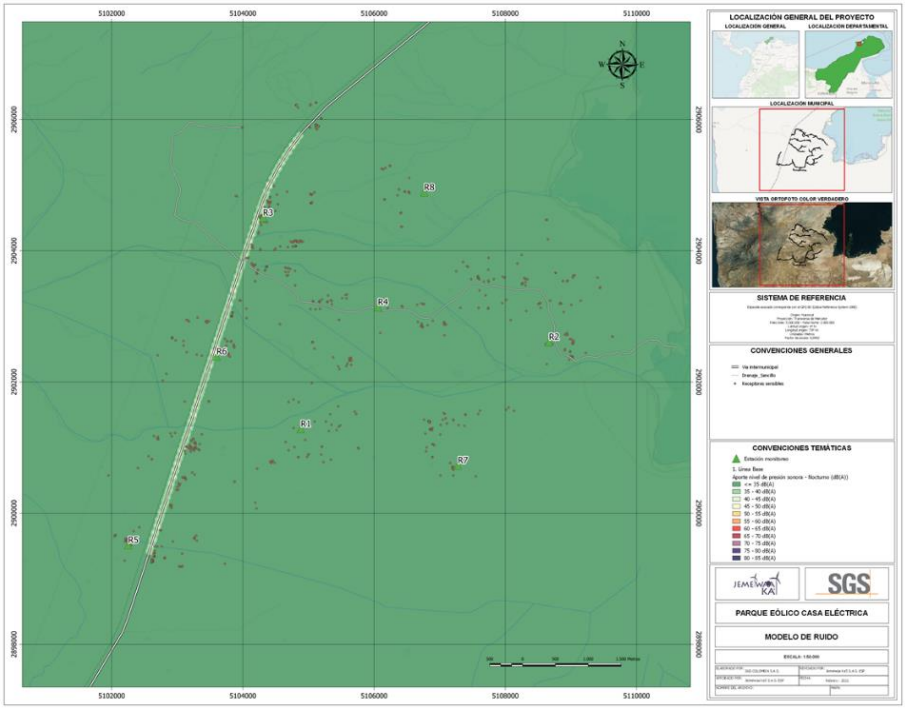
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-249 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo diurno no hábil



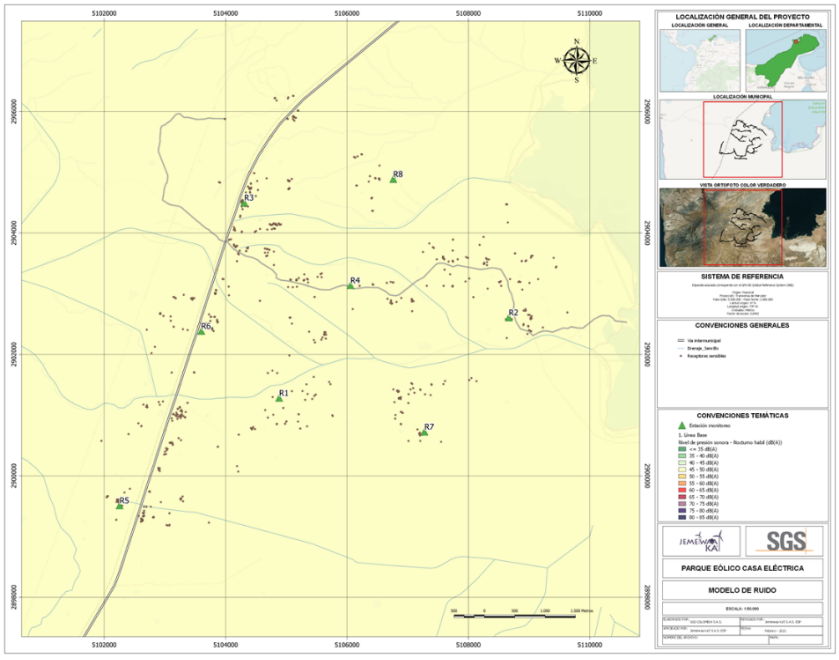
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-250 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo nocturno



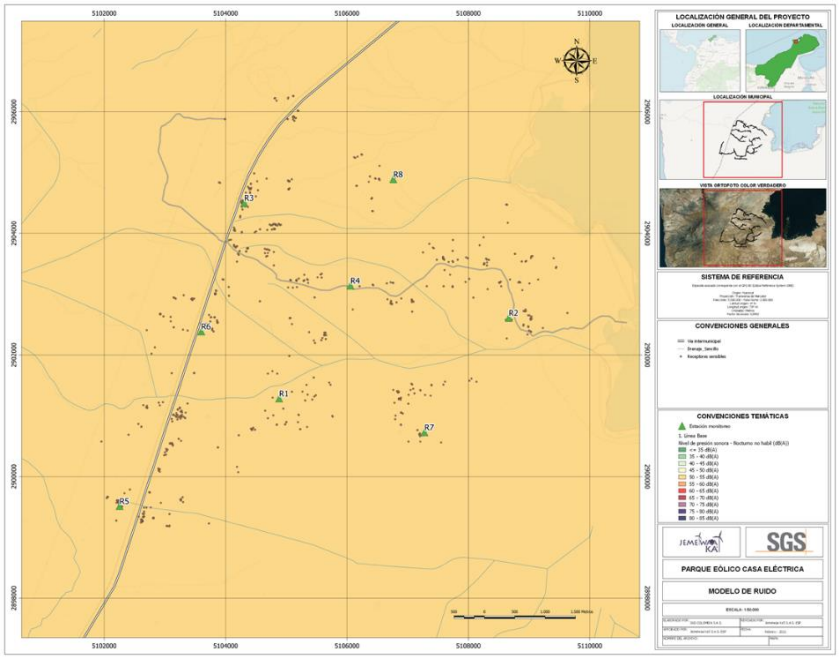
Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-251 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo nocturno hábil.



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Figura 5-252 Proyección de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo nocturno no hábil



Fuente: AUDITORÍA AMBIENTAL S.A.S., 2020.

Todas las consideraciones para el modelo se muestran en el capítulo 7 del presente documento y en el Anexo 5 (5.1 Medio Abiótico/C-Atmosfera/6-Modelo ruido).

BIBLIOGRAFÍA

Anbalagan, R. (1992). Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. (E. S. B.V., Ed.) Engineering Geology(32), 269-277.

APHA-AWWA-WPCF. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater (22 ed.). Washington D.C.

Ambientum (2018). Usos del agua. Ambientum - Portal del Medioambiente. Disponible en: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/usos_del_agua.asp

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica- AIS. 2010. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia 2009. Comité AIS-300: Amenaza Sísmica. ISBN 978-958-97609-6-3 https://issuu.com/corpoguajira/docs/atlas_ambiental/18

Bonet, J. y Hahn, L.W. (2017). La Mortalidad Infantil en La Guajira: Una Caracterización Estructural, Banco de la República - sucursal Cartagena, ISSN: 1692-3715, 255(1), 1-63.

Brünner, G., & Beck, P. (1990). Nueva guía práctica de las plantas acuáticas. Tetra-Verlag.

Cantillo, K.C., Vargas, G.A., Sakzuk, N.A., Díaz, D., Vallejo, E.D. y Castalleda, C. Hambre y Desnutrición en La Guajira, Instituto Nacional de Salud (2016)

Carlos, Z. (2009). Cartografía e historia de la Alta Guajira. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, D.C.

Carvajal, H. (2011). Propuesta para la Estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Ingeominas.

Cirujano, S., Cambra, J., & Gutiérrez, C. (2005). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva MARCO del agua (Vol. Protocolos de muestreo y análisis para macrófitas). Zaragoza: Confederación Hidrográfica del Ebro, comisaría de aguas.

Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo- SNGRD. 2017. Terminología sobre Gestión de Desastres y Fenómenos Amenazantes. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/Terminologia-GRD-2017.pdf;jsessionid=5B75F51ACC0F7692943D3C28CEF62626?sequence=2

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2002. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Bogotá, Colombia.

Daza-Daza, Alcides R., Serna-Mendoza, Ciro A., & Carabalí-Angola, Alexis. (2018). El Recurso Agua en las Comunidades Indígenas Wayuu de La Guajira Colombiana. Parte 2: Estudio Cualitativo de las Condiciones de Higiene, Aseo y Disponibilidad de Agua.

Información tecnológica, 29(6), 25-32. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600025

Domínguez, E., & Fernández, H. (2009). acroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Tucumán: Fundación Miguel Lillo.

Empresas Públicas de Medellín – EPM (2019). Memoria técnica del proyecto piloto Modelo de distribución de agua potable para las Comunidades indígenas wayuú de la zona rural Dispersa del municipio de Manaure. Disponible en: http://www.appanepm.com/repository/PR-2017-027-0005.pdf

García-Murillo, P., Fernández-Zamudio, R., & Cirujano-Bracamonte, S. (2009). Habitantes del agua: Macrófitos. Andalucía: Agencia Andaluza del Agua, Consejeria de Medio Ambiente.

Gobernación del Departamento de la Guajira, PNUD y UNGRD. 2012. Plan Departamental de Gestión del Riesgo La Guajira. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/381/PDGR%20La%20Guajira.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gobernación de La Guajira (2011). Evaluación social y plan de pueblos indígenas, para el proyecto “construcción y sostenibilidad de once (11) reservorios y un (1) Microacueducto, en comunidades indígenas de la alta Guajira”. Riohacha, la guajira, 133p. Disponible en: http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/Plan%20de%20Pueblos%20Ind%C3%ADgenas,%20Proyecto%20Construcci%C3%B3n%20y%20Sostenibilidad%20de%2011%20Reservorios%20y%201%20Micro%20acueducto.pdf

Gómez, J. N. (2007). Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:1'000.000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, D.C.

GREGORY K.J y WALLLING, D.E. (1973). Drainage Basin Form and Process. Arnold. London, 456 págs.

Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, (2018). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Gutiérrez, M., Suarez, M., Gutiérrez, A., Silva, B., Granados, R., & Garfias, E. (2008). Cladocera y Copepoda. (F. d. Iztacala, Ed.) México: Universidad Nacional de México.

Hiscock, P. (2003). Encyclopedia of Aquarium plants. Borron's Educational Series, Inc.

HORTON, R. E: (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of Geological Society of America, 56, p. 275-370.

INGEOMINAS (1999). Mapa Geológico del Departamento de La Guajira a escala 1:250.000. Compilado por Margaret Mercado.

INGEOMINAS (2003). Memoria explicativa del Mapa Geológico del Departamento de La Guajira a escala 1:250.000. Compilado por Margaret Mercado.

INGEOMINAS (2008). Geología de la plancha geológica 2 Puerto Bolívar a escala 1:100.000. Compilado por INGEOMINAS y Universidad Nacional de Colombia.

INGEOMINAS (2008). Geología de la plancha geológica 5 Bahía Portete a escala 1:100.000. Compilado por INGEOMINAS y Universidad Nacional de Colombia.

INGEOMINAS (2009). Memoria explicativa de las planchas geológicas 2, 3, 5 y 6 con parte de las planchas 4, 10 y 10BIS, a escala 1:100.000. Compilado por INGEOMINAS y Universidad Nacional de Colombia.

INGETEC SAS (2020). Documento No. 04605.01-DIS-RE-OINF-0001 Rev.1. INFORME DE DISEÑO - PARQUE EÓLICO “CASA ELÉCTRICA”. AES Colombia, Jemeiwaa Kai.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. 2010. Amenazas Costeras. Bogotá, D.C. http://www.ideam.gov.co/documents/21021/23877/Amenazas+Costeras.pdf/2d134cc7-063e-43c3-8ef2-c76fa25c1cdd

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales – IDEAM. (2013). Guía Metodológica Para La Elaboración De Mapas Geomorfológicos A Escala 1:100.000. Bogotá,D.C.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Corporación Autónoma Regional de La Guajira – CORPOGUAJIRA. 2009. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá. D.C.; Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1998. Erosión de las Tierras Colombianas. Subdirección de Agrología.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2010. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso – V.1. Grupo interno de trabajo levantamiento de suelos.

J., G. (2019). Mapa geológico de Colombia a escala 1:2.000.000. Servicio Geológico Colombiano, Bogotá, D.C.

Jordán, A. 2005. Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla. 143 pp.

La Guajira Hoy.com- LGH.2020. En caso de sismo o tsunami, ¿sabe usted qué hacer? Extraído 17/03/2021. https://laguajirahoy.com/editorial/en-caso-de-sismo-o-tsunami-sabe-usted-que-hacer.html

Leal, J. (2002). Gastropods: The Living Marine Resources of the Western Central Atlantic (Vol. 1). (K. Carpenter, Ed.) Rome: The Food and Agricultural Organization of the United Nations.

Liévano, A., & Ospina, R. (2007). Guía Ilustrada de los macroinvertebrados acuáticos del río Bahamón. Bogotá: Universidad El Bosque.

López I., J. A. (2012). Neis de Macuira: Evolución Tectónica de las rocas metamórifcas paleozóicas de la Alta Guajira, Colombia. Boletín de Geología, 34(2).

Lopretto, E., & Tell, G. (1995). Ecosistemas de aguas continentales. La Plata: Ediciones Sur.

Méndez, F.S., Opazo, M., Romero, P. y Pérez, B.C. (2011). Metodología para la Apropiación de Tecnologías de Saneamiento Básico en Comunidades Indígenas, Cuaderno de desarrollo rural, ISSN: 0122-1450, 8(66), 153-176.

M. RINALDI, B. BELLETTI, F. COMITI, L. NARDI, M. BUSSETTINI, L. MAO, A.M. GURNELL, (2015). The Geomorphic Units survey and classification System (GUS). Delivera0000 ble 6.2, Part 4, of REFORM (Restoring rivers FOR effective catchment Management), a Collaborative project (large-scale integrating project) funded by the Europ an Commission within the 7th. Framework Programme under Grant Agreement 282656.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 124 p.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico [recurso electrónico]: TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed. / Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Ed.); Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados – CIACUA. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 480 p.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad (Vol. 1). Zaragoza: M&T Manuales y Tesis SEA.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). 2009. Guía para la descripción de Suelos.

Plan de Desarrollo Municipal de Uribia “Todos por Uribia 2016-2019”. http://www.uribia-laguajira.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/PLAN%20%20%20MUNICIPAL%20DE%20%20DESARROLLO%20DE%20URIBIA%20%20VERSION%20%20FINAL%20%20MAS%20%20FIRMAS%20%20MESA%20DIRECTIVA%20%20Y%20%20PARRAFO.pdf

Ramírez, J. J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos. Bogotá: Universidad de Antioquia - Centro de investigaciones - CIEN.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y tecnología.

Roldán, G., & Ramírez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical (2da edición ed.). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Secretaría de Planeación y Desarrollo Social. 2017. Plan de Ordenamiento Territorial (2017 – 2029). Uribia, La Guajira; Colombia.

Servicio Geológico Colombiano. (2002). Metodología de cartografía geomorfológica con aplicación a zonificación geomecánica. Fase 1. Documento inédito y en revisión. Bogotá, D.C.

Servicio Geológico Colombiano. (2012). Estudios De Geología y Geomorfología Escala 1:25.000 para la reubicación del casco urbano del municipio de Gramalote, Departamento Norte de Santander. Bogotá,D.C.

Servicio Geológico Colombiano. (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación De Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000. Bogotá,D.C.

Servicio Geológico Colombiano. (2017). Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Planchas 4 - 5 El Cardón - Bahía Portete. Bogotá, D.C.

Smagula, A., & Connor, J. (2007). Aquatic plants and algae of the New Hampshire's Lakes and Ponds (1 ed.). New Hampshire: New Hampsgire Department of Environmental Services.

Soil Conservation Service. 1993. Soil Survey Manual. Soil Survey Division Staff. U.S. Department of Agriculture

Streble, H., & Krauter, D. (1987). Atlas de los microorganismos de agua dulce. Barcelona: Ediciones Omega.

UNESCO. (1978). The size of Cells in: Manual of Phytoplankton. Sournia.

Whitford, L., & Shumacher, A. (1969). A manual of the fresh-water algae in North Carolina. North Carolina: North Carolina Agricultural Experiment Station.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia,2014.

Water Resources Technical Publication.Design of Small Dams,1977

German Monsalve Sáenz. Hidrología en la Ingeniería 1995

REYES-ULISES-CARVAJAL, 2011

Castro, L. M., & Carvajal Escobar, Y. Análisis de tendencia y homogeneidad de series climatológicas, 2010.

Andrés Martinez de Azagra Paredes, 2006.

INVIAS- Instituto Nacional de Vías. Manual de drenajes,2011.

INGETEC. Estudio y revisión de las curvas IDF y del Análisis Espacial de las Tormentas para la Sabana de Bogotá,2005.

Chow, Maidment, & Mays.Hidrología Aplicada,1994.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio Nacional del Agua,2018.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Estudio Nacional del Agua,2010.

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Boletín hidrologíco,2020.

GA Ingenieros. Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW),2020

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – NGRD. Atlas de Riesgo de Colombia,2018.

Organización Meteorológica Mundial.Guía de prácticas hidrológicas, 2011.

German Monsalve Sáenz. Hidrología en la Ingeniería 1995

GA Ingenieros. Estudio de Impacto Ambiental, Parque Eólico Casa Eléctrica (180 MW - 360 MW),2020

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – NGRD. Atlas de Riesgo de Colombia,2018.