



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS

CAPITULO 2. GENERALIDADES



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

TABLA DE CONTENIDO

2	GENERALIDADES	1
2.1	ANTECEDENTES	5
2.1.1	Justificación	7
2.1.2	Estudios e investigaciones previas	9
2.1.3	Radicaciones y/o trámites previos	18
2.1.3.1	Solicitud de información	18
2.1.3.2	Ministerio del Interior	24
2.1.3.3	Interrelación con área SINAP y SIRAP, ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles ..	31
2.1.3.4	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA	32
2.1.3.5	Reserva Forestal de Ley 2ª de 1959 y otros	32
2.1.3.6	Ecosistemas Estratégicos (Local, Regional, Nacional y/o Internacional, Humedales, Páramos, Manglares, Ramsar).....	33
2.1.3.7	Distritos de manejo integrado y su interacción con el área de influencia	34
2.1.3.8	Proyectos en el área de influencia	34
2.1.3.9	Proyectos en el área de influencia socioeconómica	55
2.2	ALCANCE.....	59
2.2.1	Limitantes y/o restricciones en el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental	61
2.2.1.1	Limitantes para el desarrollo de las actividades de campo	62
2.2.1.2	Otras limitaciones.....	62
2.2.2	Marco Normativo	63
2.3	METODOLOGÍA.....	69
2.3.1	Aspectos metodológicos generales	70
2.3.1.1	Recopilación de información secundaria existente para el área de influencia	70
2.3.1.2	Programación y realización de actividades de campo de los profesionales	73
2.3.2	Descripción del Proyecto	76
2.3.2.1	Trabajo de campo	77
2.3.2.2	Análisis e interpretación de datos	77
2.3.3	Área de influencia del proyecto	78
2.3.4	Medio abiótico.....	81
2.3.4.1	Geología.....	81
2.3.4.2	Amenaza sísmica	84
2.3.4.3	Geomorfología	84
2.3.4.4	Suelos y uso del suelo	88
2.3.4.5	Hidrología.....	93
2.3.4.6	Calidad del Agua	149
2.3.4.7	Usos del Agua.....	154
2.3.4.8	Hidrogeología.....	155
2.3.4.9	Geotecnia.....	169
2.3.4.10	Atmósfera.....	170
2.3.4.11	Vibraciones	192
2.3.5	Medio biótico	195
2.3.5.1	Ecosistemas Terrestres.....	196
2.3.5.2	Ecosistemas acuáticos	282
2.3.5.3	Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA)	290
2.3.6	Medio Socioeconómico	291
2.3.6.1	Metodología para la caracterización de comunidades no étnicas	291
2.3.6.2	Componente demográfico	301
2.3.6.3	Componente espacial.....	302
2.3.6.4	Componente económico	302
2.3.6.5	Componente cultural comunidades no étnicas	302
2.3.6.6	Componente arqueológico.....	306
2.3.6.7	Componente político – organizativo	306

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.6.8	Tendencias del Desarrollo	306
2.3.6.9	Información sobre población a reasentar	307
2.3.7	Servicios ecosistémicos	307
2.3.8	Paisaje	313
2.3.9	Zonificación ambiental	319
2.3.9.1	Sensibilidad e importancia ambiental	320
2.3.9.2	Rangos y categorías de calificación	320
2.3.9.3	Evaluación de la susceptibilidad a partir de la interacción entre la sensibilidad e importancia (S/I) 321	
2.3.9.4	Interacción de las variables temáticas	322
2.3.9.5	Relación de sensibilidad e importancia (S/I)	322
2.3.9.6	Elementos de evaluación y análisis	323
2.3.10	Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales.	324
2.3.10.1	Ocupaciones de cauce	324
2.3.10.2	Aprovechamiento forestal	331
2.3.10.3	Estimación de volumen en otras formas de la vegetación	338
2.3.10.4	Emisiones atmosféricas	342
2.3.10.5	Ruido	343
2.3.11	Evaluación ambiental	344
2.3.11.1	Identificación de las actividades impactantes en los escenarios CON y SIN Proyecto	344
2.3.11.2	Identificación de los impactos en los escenarios CON y SIN Proyecto	345
2.3.11.3	Determinación de la importancia en los impactos ambientales	345
2.3.11.4	Identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos	348
2.3.11.5	Valoración económica	348
2.3.12	Zonificación de manejo ambiental del proyecto	350
2.3.12.1	Especialización de impactos	351
2.3.12.2	Zonificación preliminar de manejo	351
2.3.12.3	Inclusión de restricciones legales y áreas de interés ambiental	352
2.3.12.4	Zonificación final de manejo ambiental	352
2.3.13	Plan de manejo ambiental	353
2.3.14	Plan de seguimiento y monitoreo	355
2.3.15	Plan de gestión del riesgo	357
2.3.15.1	Calificación de la probabilidad	358
2.3.15.2	Calificación de las consecuencias	359
2.3.15.3	Cálculo del riesgo	361
2.3.15.4	Nivel de riesgo	362
2.3.16	Plan de abandono y restauración final	362
2.3.17	Plan de compensación del componente biótico	363
2.3.18	Plan de compensación del 1%	365
2.3.19	Cartografía	365

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1	Localización de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas	2
Tabla 2-2	Análisis ambiental comparativo Diseño conceptual- Diseño Básico	15
Tabla 2-3	Relación de las solicitudes realizadas a entidades del orden nacional y regional	19
Tabla 2-4	Relación de las solicitudes realizadas a entidades del orden regional	20
Tabla 2-5	Comunidades indígenas Wayuu del Resguardo de la Alta y media Guajira	25
Tabla 2-6	Comunidad indígena Wayuu del Resguardo Wopumuin Junain Maikou	25
Tabla 2-7	Comunidades Indígenas Wayuu registradas en las bases de datos de la Dirección de Asuntos Indígenas, Rom y Minorías del Ministerio de Interior	25
Tabla 2-8	Comunidades Indígenas Wayuu resolución ST-0884 del 14 de junio de 2023.....	27
Tabla 2-9	Comunidades étnicas - Resolución de Procedencia ST-1432 el 2 de octubre de 2023	29
Tabla 2-10	Comunidades Resolución ST-0206 del 23 de febrero de 2024, emitida por la Dirección de Autoridad Nacional de Consulta Previa-Ministerio del Interior	30
Tabla 2-11	Ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles	31
Tabla 2-12	Lista de Proyectos Existentes y Projectados en el Área de Influencia	35
Tabla 2-13	Normatividad general.....	63
Tabla 2-14	Planes de desarrollo municipales y departamentales del área de influencia del proyecto	70
Tabla 2-15	Índice de planchas IGAC escala 1:25.000.....	71
Tabla 2-16	Actividades de campo proyectadas para el EIA	73
Tabla 2-17	Equipo de trabajo EDP Renewables	75
Tabla 2-18	Equipo de trabajo ISA Intercolombia	75
Tabla 2-19	Equipo de trabajo Geocol Consultores	75
Tabla 2-20	Fuentes de información geológica consultadas para la construcción de la cartografía geológica del área de influencia abiótica del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas.....	81
Tabla 2-21	Tipo de relieve.....	85
Tabla 2-22	Índice de inclinación de ladera.....	85
Tabla 2-23	Índice de contraste de relieve.....	85
Tabla 2-24	Longitud de ladera	85
Tabla 2-25	Clasificación de procesos erosivos y de remoción en masa.....	87
Tabla 2-26	Grado de erosión	87
Tabla 2-27	Clasificación de movimientos en masa	87
Tabla 2-28	Observaciones de campo	89
Tabla 2-29	Coordenadas de puntos de observación de campo (Cajuelas y pruebas de barreno)	89
Tabla 2-30	Distribución espacial de puntos de observación (Cajuelas y pruebas de barreno)	90
Tabla 2-31	Coordenadas de perfiles modales.....	91
Tabla 2-32	Clasificación Índice de Gravelius	103
Tabla 2-33	Clasificación por factor de forma	104
Tabla 2-34	Clasificación Densidad de Drenaje.....	105
Tabla 2-35	Categorías para la clasificación del índice de sinuosidad	106
Tabla 2-36	Clasificación de la pendiente (%)	106
Tabla 2-37	Estaciones seleccionadas	113
Tabla 2-38	Temporalidad de los registros de precipitación y % de datos faltantes	115
Tabla 2-39	Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia	117
Tabla 2-40	Temporalidad de los registros de temperatura y % de datos faltantes.....	117
Tabla 2-41	Comportamiento del Índice Oceánico (ONI) de 1989 al 2016	124
Tabla 2-42	Estaciones hidrométricas de interés.	125
Tabla 2-43	(%) de Datos faltantes	126
Tabla 2-44	Estaciones hidrométricas de interés	126
Tabla 2-45	Comparación estadístico series imputadas estaciones de interés.....	131
Tabla 2-46	Distribuciones de probabilidad para el ajuste de información hidrológica.....	133
Tabla 2-47	Estaciones Limnimétricas de interés para análisis de transposición de caudal.	136
Tabla 2-48	Ocupaciones de cauce con áreas aferentes mayores a 5 km ²	140
Tabla 2-49	Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia	141

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Tabla 2-50	Ocupaciones de cauce asociadas a la estación CUESTECITA [15060020]	142
Tabla 2-51	Ocupaciones de cauce asociadas a la estación CUESTECITA [15060020]	143
Tabla 2-52	Ocupaciones de cauce asociadas a la Estación PARAGUACHON [15087080]	144
Tabla 2-53	Resultados caudales máximos para ocupación de cauce Área mayor a 5 km ²	144
Tabla 2-54	Calificación de los rangos del IRH	145
Tabla 2-55	Interpretación de Índice de Aridez	146
Tabla 2-56	Equipos empleados para la medición de parámetros	151
Tabla 2-57	Método empleado para el análisis de la muestra	151
Tabla 2-58	Clasificación ICA	153
Tabla 2-59	Significancia de los índices de contaminación (ICOs)	154
Tabla 2-60	Categorías del índice de alteración potencial de la calidad del agua	154
Tabla 2-61	Clasificación general de las unidades hidrogeológicas	156
Tabla 2-62	Potencial de recarga hidrogeológica	166
Tabla 2-63	Rangos de vulnerabilidad a la continuación de unidades acuíferas	167
Tabla 2-64	Factores de ponderación metodología de DRASTIC	169
Tabla 2-65	Valores de susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa	169
Tabla 2-66	Valores de amenaza a procesos de remoción en masa	169
Tabla 2-67	Descripción de los valores de amenaza	170
Tabla 2-68	Estaciones meteorológicas seleccionadas	171
Tabla 2-69	Denominación termal	177
Tabla 2-70	Denominación Precipitación	177
Tabla 2-71	Zonificación climática	178
Tabla 2-72	Protocolo para estaciones de muestreo calidad de aire	181
Tabla 2-73	Puntos de monitoreo de calidad de aire	182
Tabla 2-74	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental	183
Tabla 2-75	Coordenadas Puntos de Monitoreo de Ruido	184
Tabla 2-76	Cálculos de Propagación Método de cálculo acorde a ISO 9613-2	190
Tabla 2-77	Configuración de las condiciones del cálculo, Método de cálculo	190
Tabla 2-78	Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños	194
Tabla 2-79	Coordenadas de los monitoreos de vibraciones	194
Tabla 2-80	Clasificación de la cobertura de la tierra de Corine Land Cover	201
Tabla 2-81	Cantidad de unidades de muestreo estimadas	204
Tabla 2-82	Resumen de dimensiones de las unidades de muestreo consignadas en las resoluciones 02421 de 2021	206
Tabla 2-83	Resumen de dimensiones de las unidades de muestreo propuestas	206
Tabla 2-84	Estadígrafos para el cálculo del error del volumen total	211
Tabla 2-85	Parámetros analizados para la determinación de la caracterización de la vegetación en los ecosistemas identificados	214
Tabla 2-86	Índices de Diversidad	217
Tabla 2-87	Técnica de preservación, movilización y transporte para flora epífita vascular	223
Tabla 2-88	Técnica de preservación, movilización y transporte para flora epífita no vascular	228
Tabla 2-89	Índices ecológicos	230
Tabla 2-90	Métricas para la determinación del grado de fragmentación de coberturas naturales y secundaria al interior del área de influencia del proyecto	233
Tabla 2-91	Sitios de muestreo para anfibios dentro del área de influencia	238
Tabla 2-92	Sitios de muestreo para reptiles dentro del área de influencia	243
Tabla 2-93	Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Transectos	248
Tabla 2-94	Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Puntos de red	249
Tabla 2-95	Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Puntos de observación	251
Tabla 2-96	Esfuerzo de muestreo para la avifauna en el área de influencia del proyecto	259
Tabla 2-97	Ubicación de los transectos de mamíferos realizados dentro del área de estudio	262
Tabla 2-98	Ubicación de las redes de niebla para de mamíferos	267
Tabla 2-99	Ubicación de las trampas Sherman para de mamíferos	270
Tabla 2-100	Ubicación de las trampas Tomahawk dentro del área de influencia	276
Tabla 2-101	Ubicación de las cámaras trampa dentro del área de estudio	277
Tabla 2-102	Significancia de los valores de ASTP y BMWP	290

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Tabla 2-103	Categoría de los servicios ecosistémicos.....	310
Tabla 2-104	Dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos	311
Tabla 2-105	Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos	312
Tabla 2-106	Tendencia de los servicios ecosistémicos.....	312
Tabla 2-107	Caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia del proyecto	312
Tabla 2-108	Criterios de valoración de la calidad visual del paisaje.....	314
Tabla 2-109	Asignación de puntajes para los criterios de calidad visual del paisaje según BLM (1980)	315
Tabla 2-110	Criterios de valoración de la fragilidad visual del paisaje.....	315
Tabla 2-111	Criterios de valoración de la fragilidad visual del paisaje.....	315
Tabla 2-112	Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje	316
Tabla 2-113	Rango de visibilidad y escalas visuales	316
Tabla 2-114	Rango de visibilidad y escalas visuales	316
Tabla 2-115	Rango de visibilidad y escalas visuales	316
Tabla 2-116	Metodología para la determinación de elementos discordantes	317
Tabla 2-117	Rangos y categorías de calificación para la sensibilidad e importancia.....	320
Tabla 2-118	Matriz de interacciones sensibilidad / importancia ambiental (S/I)	321
Tabla 2-119	Comunidades o predios privados con restricción de ingreso.....	335
Tabla 2-120	Criterios de evaluación de impactos y rangos de calificación	345
Tabla 2-121	Categorías de la Importancia del Impacto	347
Tabla 2-122	Homologación de la significancia ambiental para la especialización de impactos	351
Tabla 2-123	Matriz de interacción para la zonificación de manejo ambiental.....	351
Tabla 2-124	Homologación de criterios especiales y/o dominantes para la zonificación de manejo	352
Tabla 2-125	Matriz de decisión definitiva para la zonificación de manejo ambiental	352
Tabla 2-126	Escala de probabilidad de amenaza.....	358
Tabla 2-127	Fragilidad socioeconómica	359
Tabla 2-128	Fragilidad ambiental.....	360
Tabla 2-129	Fragilidad infraestructura del proyecto	360
Tabla 2-130	Exposición social/ socioeconómica/ ambiental/ infraestructura del proyecto	361
Tabla 2-131	Criterios para definir la vulnerabilidad.....	361
Tabla 2-132	Homologación de criterios de vulnerabilidad.....	361
Tabla 2-133	Criterios para definir el nivel del riesgo	361
Tabla 2-134	Aceptabilidad de los riesgos	362
Tabla 2-135	Instrumentos de ordenamiento ambiental.....	364
Tabla 2-136	Factores de compensación	364

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1	Trazado de Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas 1	
Figura 2-2	Alternativa 1 del DAA que fue seleccionada por la ANLA para el desarrollo del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas	7
Figura 2-3	Ubicación de la torre 141BN Respecto al corredor DAA, alternativa 1.....	10
Figura 2-4	Diseño planta bahías subestación Nueva Cuestecitas	12
Figura 2-5	Localización de la nueva Subestación Cuestecitas en relación con el corredor 1 del DAA.....	12
Figura 2-6	Detalle del alineamiento del tramo final del “Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” a su llegada a la subestación nueva Cuestecitas 500/220 kV	13
Figura 2-7	Trazado de la vía Cuestecitas Hato nuevo y la línea de transmisión Cuestecitas – San Juan 220 kV respecto a la LE Beta – Alpha – Cuestecitas.....	14
Figura 2-8	Área de influencia socioeconómica del proyecto	29
Figura 2-9	Ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles	32
Figura 2-10	Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta – Alpha – Cuestecitas con el proyecto Minero de Explotación de Carbón Mina El Cerrejón.....	38
Figura 2-11	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Gasoducto Ballenas Barrancabermeja	39
Figura 2-12	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Interconexión Gasífera Colombia – Venezuela Territorio Colombiano	40
Figura 2-13	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Operación y Mantenimiento del Gasoducto Albania – Maicao	41
Figura 2-14	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Área de Perforación Exploratoria Gua 2.....	42
Figura 2-15	Área de superposición con el Área de Perforación Exploratoria Calisto	43
Figura 2-16	Proyecto Línea de Transmisión Cuestecitas – Majayura a 230 KV	44
Figura 2-17	Proyecto de Generación de Energía Eólica Alpha.....	45
Figura 2-18	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Beta.....	46
Figura 2-19	Área de superposición con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Acacias 2	47
Figura 2-20	Área de superposición con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Las Camelias	48
Figura 2-21	Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta –Alpha– Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión Asociada Cuestecitas – Colectora 1500 KV	49
Figura 2-22	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Interconexión Cuestecitas – Copey – Fundación	50
Figura 2-23	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión a 220KV Valledupar – Cuestecitas	51
Figura 2-24	Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Subestación Colectora 500 kv y Líneas de Transmisión Colectora Cuestecitas y Cuestecitas La Loma 500 kv – Conexión Cuestecitas La Loma.....	52
Figura 2-25	Área de superposición Líneas de Transmisión Riohacha – Maicao 110 kV y Riohacha – Cuestecitas 110 kV	53
Figura 2-26	Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta –Alpha– Cuestecitas con el Proyecto Relleno Sanitario del Municipio de Albania.....	54
Figura 2-27	Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta –Alpha– Cuestecitas con el parque eólico Acacia II.....	55
Figura 2-28	Área de superposición Líneas de Transmisión de Celsia LTE ACACIA – 110 kV	56
Figura 2-29	Superposición entre el proyecto de Drummond LTD y el proyecto EIA LE_BACU.....	57
Figura 2-30	Área de superposición con el proyecto Línea Eléctrica de Transmisión Parque Eólico Windpeshi – Subestación Cuestecitas	58
Figura 2-31	Área de superposición con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Parque Eólico Guajira II.	59
Figura 2-32	Representación Planchas IGAC	72
Figura 2-33	Proceso metodológico definición del área de influencia.....	79

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Figura 2-34	Aspectos considerados en la etapa precampo para la definición del área de influencia preliminar del área del proyecto.....	80
Figura 2-35	Cartografía geológica (Etapa de precampo) del área de influencia abiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas	82
Figura 2-36	Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por el Servicio Geológico Colombiano ...	85
Figura 2-37	Unidades geomorfológicas identificadas dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parque Alpha y Beta con la Subestación Cuestecitas	86
Figura 2-38	Distribución espacial de perfiles modales	91
Figura 2-39	Metodología para delimitación de cuencas con reacondicionamiento	95
Figura 2-40	Puntos de referencia para revisión de sistemas lóticos	97
Figura 2-41	Localización puntos tomados cuerpos léticos	99
Figura 2-42	Localización puntos de área de influencia	101
Figura 2-43	Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis	103
Figura 2-44	Comportamiento del hidrograma de creciente en función de la forma de la cuenca	104
Figura 2-45	Esquema de Patrón es de drenaje en cuencas	110
Figura 2-46	Esquema de Patrones de drenaje en cuencas	111
Figura 2-47	Esquema de Patrón es de drenaje en cuencas	112
Figura 2-48	Ubicación espacial de las estaciones	113
Figura 2-49	Polígonos de Thiessen	116
Figura 2-50	Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura	118
Figura 2-51	Regiones del niño en el pacifico	123
Figura 2-52	Estaciones Limnimétrica cercanas al área de influencia	125
Figura 2-53	Diagrama metodología imputación múltiple	127
Figura 2-54	Resultados series imputadas – Caudales Río Ranchería	128
Figura 2-55	Resultados series imputadas – Caudales Ay Bruno, Ay Tabaco y Carraipia	128
Figura 2-56	Gráfica de densidad de resultados de datos imputados	129
Figura 2-57	Comparativo de medios multianuales de series sintéticas método regresión múltiple y medios multianuales de series crudas – Caudal	130
Figura 2-58	Representación esquemática de curva de duración de caudales CDC	132
Figura 2-59	Polígonos de Thiessen	141
Figura 2-60	Curvas IDF Estación CUESTECITA [15060020]	142
Figura 2-61	Curvas IDF Estación AGRÍCOLA CARRAIPIA – AUT [15085030]	143
Figura 2-62	Curvas IDF Estación PARAGUACHON [15087080]	143
Figura 2-63	Mapas de susceptibilidad de inundación según los criterios del IDEAM	147
Figura 2-64	Declaración binaria con la regla de aceptación simple	152
Figura 2-65	Unidades hidrogeológicas aflorantes dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas	157
Figura 2-66	Distribución de los sectores de verificación de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta la Subestación Cuestecitas	158
Figura 2-67	Distribución de los Sondeos Eléctricos Verticales propuestos dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta Subestación Cuestecitas	159
Figura 2-68	Instrumentos utilizados para la realización del inventario de puntos de agua subterránea (Multiparámetro izq – Sonda Piezométrica der)	160
Figura 2-69	Instrumentos utilizados para la cartelización geofísica TERRAMETER	161
Figura 2-70	Distribución del inventario de puntos de agua subterránea realizado dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas	161
Figura 2-71	Distribución de los Sondeos Eléctricos Verticales realizados dentro del área de influencia física de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta la Subestación Cuestecitas	162
Figura 2-72	Distribución de las pruebas hidráulicas realizadas dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas	163
Figura 2-73	Rangos de resistividad para diferentes materiales	164
Figura 2-74	Valoración de vulnerabilidad de acuíferos método GOD	167
Figura 2-75	Metodología DRASTIC	168
Figura 2-76	Clasificación de las fuentes de emisión según su tipo	179

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Figura 2-77	Factor de emisión de fuentes móviles	180
Figura 2-78	Ubicación puntos de monitoreo de Ruido	188
Figura 2-79	Ubicación espacial de las estaciones	193
Figura 2-80	Gráfico de velocidad vs frecuencia según la norma alemana DIN 4150	194
Figura 2-81	Localización general de los monitoreos de vibraciones realizados	195
Figura 2-82	Esquema metodológico del procesamiento cartográfico	196
Figura 2-83	Esquema general de la caracterización Florística	198
Figura 2-84	Esquema de la etapa preliminar	198
Figura 2-85	Diagrama para la clasificación mundial de zonas de vida de Holdridge	199
Figura 2-86	Actividades para realizar un Muestreo Estratificado al Azar	204
Figura 2-87	Esquema representativo para la toma del CAP en árboles bifurcados	209
Figura 2-88	Medición diámetros arboles inclinados y con características especiales	209
Figura 2-89	Medición alturas	210
Figura 2-90	Métodos para medir la diversidad	216
Figura 2-91	Formato captura de datos de flora en otros hábitos de crecimiento	221
Figura 2-92	Estratificación del forófito	223
Figura 2-93	Cuadrícula de 20 x 20 cm empleada para el cálculo de cobertura	226
Figura 2-94	Ejemplo de distribución de plantilla sobre el forófito	226
Figura 2-95	Obtención de métricas del paisaje	232
Figura 2-96	Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad planctónica	284
Figura 2-97	Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad perifítica	285
Figura 2-98	Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad bentónica	285
Figura 2-99	Diagrama de flujo esquematizando el método a utilizar dependiendo del sistema	286
Figura 2-100	Diagrama de flujo esquematizando del método a utilizar para las macrófitas acuáticas	286
Figura 2-101	Integración de los servicios y el bienestar humano	308
Figura 2-102	Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los servicios ecosistémicos	309
Figura 2-103	Procesamiento cartográfico para la zonificación ambiental	319
Figura 2-104	Interacción de las variables temáticas por máximos	322
Figura 2-105	Proceso de evaluación y análisis para la zonificación ambiental	323
Figura 2-106	Localización puntos de ocupación de cauce	324
Figura 2-107	Análisis del diámetro medio (mm)	328
Figura 2-108	Comportamiento del coeficiente n de Manning	331
Figura 2-109	Comunidades con restricción de ingreso	336
Figura 2-110	Criterios para la construcción del aprovechamiento forestal	340
Figura 2-111	Estructura metodológica en el desarrollo de la evaluación económica ambiental	349
Figura 2-112	Proceso de obtención de la zonificación de manejo ambiental del proyecto	353
Figura 2-113	Formato de ficha de Plan de manejo ambiental	355
Figura 2-114	Formato de ficha de Seguimiento y manejo	356
Figura 2-115	Guía metodológica del análisis de riesgo	358
Figura 2-116	Esquema metodológico para la formulación del Plan de compensación	363

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-2	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-3	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-4	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-5	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-6	Registro fotográfico cuerpo lóxico	98
Fotografía 2-7	Registro fotográfico jagüey	99
Fotografía 2-8	Registro fotográfico jagüey	99
Fotografía 2-9	Registro fotográfico jagüey	100
Fotografía 2-10	Registro fotográfico jagüey	100
Fotografía 2-11	Laguna Sarrulämana	100
Fotografía 2-12	Laguna Puroi	100
Fotografía 2-13	Registro fotográfico Al	101
Fotografía 2-14	Registro fotográfico Al	101
Fotografía 2-15	Registro fotográfico Al	102
Fotografía 2-16	Registro fotográfico Al	102
Fotografía 2-17	Sonómetro	189
Fotografía 2-18	Marcación y medición de fustales en parcelas de caracterización	210
Fotografía 2-19	Marcación y medición de árboles fustales en inventario al 100%	212
Fotografía 2-20	Registro fotográfico cuerpo lóxico	213
Fotografía 2-21	Selección de forófitos	220
Fotografía 2-22	Toma de datos in situ	222
Fotografía 2-23	Prensado de especies vasculares	224
Fotografía 2-24	Caracterización de especies vasculares de hábito terrestre	225
Fotografía 2-25	Cálculo de área en especies no vasculares	226
Fotografía 2-26	Caracterización de especies no vasculares de hábito terrestre o rupícola	227
Fotografía 2-27	Colecta de muestras epífitas no vasculares	227
Fotografía 2-28	Secado a temperatura ambiente de muestras no vasculares	228
Fotografía 2-29	Recorrido de observación de anfibios	241
Fotografía 2-30	Registro fotográfico de anfibios	241
Fotografía 2-31	Entrevistas semiestructuradas a pobladores sobre anfibiofauna	242
Fotografía 2-32	Búsqueda de reptiles en microhábitats	246
Fotografía 2-33	Captura manual de individuos	246
Fotografía 2-34	Entrevistas semiestructuradas a pobladores sobre reptiles	247
Fotografía 2-35	Recorridos de observación de aves (Transecto)	257
Fotografía 2-36	Captura redes de niebla	257
Fotografía 2-37	Puntos de observación	258
Fotografía 2-38	Entrevistas semiestructuradas a pobladores residentes	258
Fotografía 2-39	Cobertura de arbustal denso (Localidad Sonchinchon 1)	260
Fotografía 2-40	Cobertura Arbustal denso (Localidad Sonchinchon 1)	260
Fotografía 2-41	Cobertura Tejido urbano discontinuo (Localidad Sonchinson 1)	260
Fotografía 2-42	Cobertura Arbustal abierto (Localidad Sonchinchon 2)	260
Fotografía 2-43	Cobertura Arbustal abierto (Localidad Sonchinson 2)	260
Fotografía 2-44	Cobertura Vegetación Secundaria Baja (Localidad Sonchinson 2)	260
Fotografía 2-45	Cobertura de Jagüey (Localidad Mapuachon)	261
Fotografía 2-46	Cobertura de Herbazal abierto arenoso (Localidad Araparen)	261
Fotografía 2-47	Cobertura bosque de galería (Localidad Araparen)	261
Fotografía 2-48	Cobertura vegetación secundaria baja (Localidad Kuly Kurit)	261
Fotografía 2-49	Cobertura de Pastos enmalezados (Localidad Rancho de Marce)	261
Fotografía 2-50	Cobertura de pastos enmalezados (Localidad La Unión)	261
Fotografía 2-51	Búsqueda de huellas en transecto de observación	265
Fotografía 2-52	Recorrido de Observación	265
Fotografía 2-53	Indicios de mamíferos (pelo de conejo)	265
Fotografía 2-54	Detección de Madrigueras	265

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Fotografía 2-55	Búsqueda de rastros de mamíferos.....	265
Fotografía 2-56	Búsqueda de rastros de mamíferos.....	265
Fotografía 2-57	Excremento de <i>Sylvilagus floridanus</i> /Conejo/Atpaná.....	266
Fotografía 2-58	Observación <i>Marmosa xerophila</i> /Chucha mantequera.....	266
Fotografía 2-59	Instalación de redes de niebla.....	266
Fotografía 2-60	Instalación de redes de Niebla.....	266
Fotografía 2-61	Captura en redes de niebla.....	267
Fotografía 2-62	Red de niebla instalada.....	267
Fotografía 2-63	Red de niebla instalada en la vegetación secundaria baja.....	267
Fotografía 2-64	Manipulación de murciélagos en redes.....	267
Fotografía 2-65	Medición de murciélagos capturados.....	267
Fotografía 2-66	Registro fotográfico de quirópteros.....	267
Fotografía 2-67	Preparación de trampas Sherman.....	270
Fotografía 2-68	Instalación de trampas Sherman.....	270
Fotografía 2-69	Cebado de trampas Sherman.....	270
Fotografía 2-70	Instalación de Sherman en arbustal abierto.....	270
Fotografía 2-71	Trampa Tomahawk (Localidad Kapuchirrajain).....	276
Fotografía 2-72	Trampa Tomahawk instalada (Localidad Shaliman).....	276
Fotografía 2-73	Trampa Tomahawk instalada.....	276
Fotografía 2-74	Instalación de Cámaras trampa.....	279
Fotografía 2-75	Instalación de cámaras trampa.....	279
Fotografía 2-76	Cámara trampa Instalada.....	279
Fotografía 2-77	Registro de mamíferos por foto trampeo.....	279
Fotografía 2-78	Toma de Zooplancton.....	283
Fotografía 2-79	Toma de Perifiton.....	283
Fotografía 2-80	Toma de Fitoplancton.....	283
Fotografía 2-81	Toma de Macrofitas.....	283
Fotografía 2-82	Toma de Peces.....	284
Fotografía 2-83	Toma de Macroinvertebrados.....	284
Fotografía 2-84	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-85	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-86	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-87	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-88	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-89	Registro fotográfico ocupación de cauce.....	325
Fotografía 2-90	Registro fotográfico cuerpo lótico.....	333
Fotografía 2-91	Parcelas de <i>Stenocereus griseus</i> (Yosuu).....	337
Fotografía 2-92	Cactácea columnar <i>Cereus repandus</i> (Kayusii).....	338
Fotografía 2-93	Parcelas de latizales dentro del área de influencia fisicobiótica.....	339

2 GENERALIDADES

Este capítulo incluye los antecedentes más relevantes correspondientes al proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, relacionando los trámites realizados ante las autoridades competentes, así como el marco legal y normativo aplicable, además de los aspectos relacionados con el tipo de proyecto, localización, justificación y aspectos principales de cada una de las etapas del proyecto.

De igual forma se describen las metodologías utilizadas para la realización del estudio, describiendo los mecanismos, procedimientos y métodos de recolección, procesamiento y análisis de la información precampo, de campo y poscampo, con los cuales se caracterizaron cada uno de los componentes del medio.

El grupo empresarial EDP Renewables es dueña de las empresas Eolos Energía S.A.S. E.S.P., y Vientos del Norte S.A.S. E.S.P. Eolos Energía S.A.S. E.S.P., es una empresa colombiana que tiene como objeto la generación, comercialización y distribución de energía eléctrica; y como titular del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, departamento de La Guajira, presenta a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el Estudio de Impacto Ambiental.

La construcción de la Línea Eléctrica se localiza en jurisdicción de los municipios de Uribia, Maicao y Albania y ésta consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una línea eléctrica de conexión a un nivel de tensión de 500 kV, que interconectará las subestaciones de energía de los parques eólicos Beta y Alpha con la nueva subestación Cuestecitas a 500 kV.

En la **Figura 2-1** se muestra el trazado de Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas y en la **Tabla 2-1** se presentan las coordenadas de las torres que marcan el trazado de la línea de conexión.

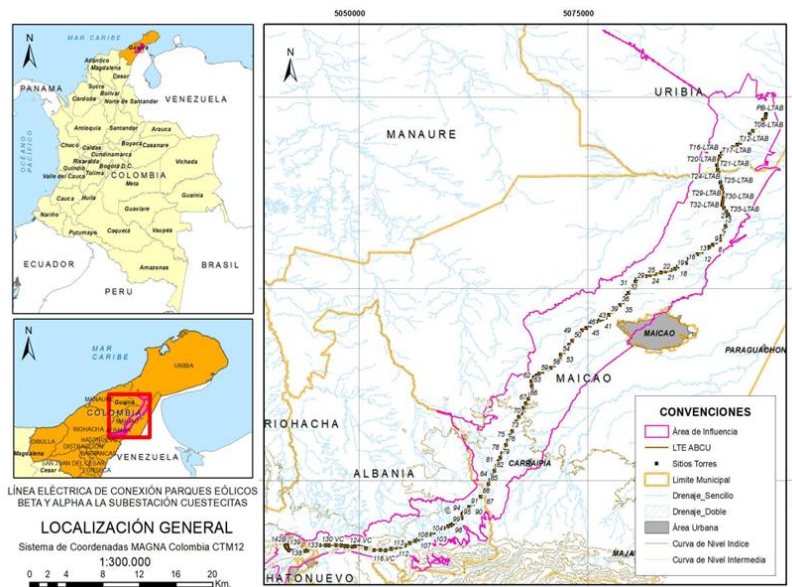


Figura 2-1 Trazado de Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-1 Localización de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas

NÚMERO TORRE	TIPO TORRE	CUERPO TORRE	COTA	VANO ADELANTE	ÁNGULO DEFLEXIÓN DECIMAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA TORRE
PB-LTAB	Pórtico					5094436,12	2838207,87	23,5
T01-LTAB	D C2	2	16,84	252,77	-4,08	5094410,43	2838080,52	35
T02-LTAB	C C2	2	16,02	374,86	37,28	5094378,23	2837830,03	35
T03-LTAB	AC6	6	15,89	517,4	-0,01	5094115,24	2837563,36	53
T04-LTAB	AC7	7	16,35	527,66	0,01	5093751,86	2837194,72	57,5
T05-LTAB	AC7	7	16,13	516,67	-0,01	5093382,03	2836819,66	57,5
T06-LTAB	AC7	7	15,9	518,03	0	5093019,18	2836451,59	57,5
T07-LTAB	AC7	7	16,04	445,41	0	5092655,75	2836082,96	57,5
T08-LTAB	C C3	3	16,66	212	-0,06	5092343,48	2835766,22	39,5
T09-LTAB	AC3	3	16,73	258,66	0,24	5092195,39	2835615,69	39,5
T10-LTAB	C C2	2	17,14	454,04	13,56	5092013,37	2835432,24	35
T11-LTAB	AC7	7	17,92	401,62	2,38	5091626,19	2835193,52	57,5
T12-LTAB	AC7	7	18,43	572,84	-0,02	5091276,21	2834997,26	57,5
T13-LTAB	AC7	7	19	517,41	0,01	5090777,78	2834717,5	57,5
T14-LTAB	DD C7	7	19,58	578,83	13,52	5090327,31	2834464,77	57,5
T15-LTAB	DD C7	7	20,08	278,94	-38,94	5089770,75	2834307,6	57,5
T16-LTAB	AC6	6	19,94	385,06	-0,25	5089610,39	2834081,05	53
T17-LTAB	DD C5	5	20,56	453,22	-15,72	5089389,51	2833766,05	48,5
T18-LTAB	AC7	7	20,14	512,94	-0,52	5089239,73	2833338,72	57,5
T20-LTAB	DD C5	5	20,1	458,97	-31,1	5089074,58	2832853,58	48,5
T21-LTAB	AC6	6	19,41	444,49	-0,48	5089172,3	2832405,54	53
T22-LTAB	AC6	6	18,48	467,98	0,04	5089270,8	2831971,62	53
T23-LTAB	AC6	6	18,48	457,76	-0,07	5089373,79	2831516,42	53
T24-LTAB	AC5	5	19,01	413,55	0,05	5089475,26	2831070,46	48,5
T25-LTAB	AC5	5	19,41	387,19	0	5089566,63	2830667,31	48,5
T26-LTAB	AC4	4	19,58	383,85	0	5089652,29	2830289,36	44
T27-LTAB	AC5	5	20,12	334,39	0	5089736,95	2829915,76	48,5
T28-LTAB	C C2	2	20,39	291,94	24,3	5089810,71	2829590,36	35
T29-LTAB	AC3	3	21,39	317,79	0	5089752,23	2829303,76	39,5
T30-LTAB	AC4	4	21,63	284,55	0	5089688,9	2828993,33	44
T31-LTAB	D C2	2	22,66	351,61	-45,12	5089632,12	2828714,9	35
T32-LTAB	AC6	6	23,07	501,45	0,01	5089826,45	2828422,27	53
T33-LTAB	AC7	7	23,9	325,23	0	5090103,68	2828004,71	57
T34-LTAB	D C2	2	24,36	101,35	50,76	5090283,32	2827734,15	35
T35-LTAB	Transposición Beta	3	23,87	109,39	64,24	5090253,41	2827637,41	35
PA-LTAB	Pórtico					5090145,34	2827621,1	23,5
Pórtico Alpha	Pórtico	Pórtico	24,36	112,39	0,00	5090145,33	2827571,66	32,5
1	D	1,0	24,02	260,95	42,01	5090257,72	2827571,99	36
1A1	D	1,0	23,44	470,11	72,24	5090452,11	2827397,9	42
2	A	4,0	24,00	523,43	0,00	5090260,26	2826968,72	52,5
3	A	6,0	24,55	591,38	0,00	5090046,65	2826490,87	63
4	A	6,0	25,62	563,64	0,00	5089805,31	2825950,97	63
6	A	4,0	26,16	406,41	0,00	5089575,3	2825436,4	57
7	D	2,0	26,68	476,27	33,48	5089409,44	2825065,38	45
8	A	5,0	27,40	476,07	0,00	5089007,48	2824809,92	52,5
9	A	4,0	28,24	442,06	0,00	5088605,69	2824554,56	48
10	A	7,0	28,43	261,27	0,00	5088232,6	2824317,44	70,5
11	A	7,0	29,33	655,55	0,00	5088012,1	2824177,3	70,5
12	B	7,0	30,21	573,32	4,59	5087458,84	2823825,68	72
13	A	6,0	30,75	578,09	0,00	5086951,93	2823557,83	66
14	A	6,0	31,15	499,82	0,00	5086440,82	2823287,74	66
15	D	3,0	32,47	479,51	-28,79	5085998,9	2823054,22	54
16	D	5,0	33,33	481,79	34,59	5085735,26	2822653,7	55,5
17	B	5,0	33,97	527,67	0,00	5085288,72	2822472,8	54
18	C	4,0	34,78	374,59	-18,53	5084799,67	2822274,66	51
19	C	1,0	35,64	482,12	27,37	5084515,2	2822030,94	45

NÚMERO TORRE	TIPO TORRE	CUERPO TORRE	COTA	VANO ADELANTE	ÁNGULO DEFLEXIÓN DECIMAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA TORRE
20	A	6,0	36,15	574,97	0,00	5084045,85	2821920,71	58,5
21	A	5,0	36,95	525,47	0,00	5083486,11	2821789,26	61,5
22	A	7,0	36,79	650,38	0,00	5082974,56	2821669,11	70,5
23	A TRANS	7,0	37,65	585,18	0,00	5082341,41	2821520,41	66
24	A	6,0	38,86	490,25		5081771,73	2821386,61	66
25	A	4,0	39,82	481,59	-4,36	5081294,47	2821274,52	57
26	A	7,0	40,34	539,15	0,00	5080835,36	2821129,1	70,5
28	D	3,0	40,92	316,30	-40,38	5080321,37	2820966,32	45
29	A	5,0	41,91	445,03	0,13	5080153,52	2820698,23	58,5
30	A	4,0	42,65	454,60	0,00	5079916,52	2820321,56	52,5
31	A	6,0	44,91	469,12	0,00	5079674,4	2819936,8	64,5
32	A	4,0	44,89	378,54		5079424,57	2819539,74	52,5
33	A	4,0	46,25	417,81	0,00	5079222,97	2819219,35	54
34	A	4,0	47,47	346,24	0,00	5079000,48	2818865,72	49,5
35	C	1,0	48,02	434,65	17,60	5078816,09	2818572,66	42
36	A	7,0	47,75	552,50	0,00	5078484,25	2818291,95	70,5
37	A	7,0	48,33	515,66	0,00	5078062,42	2817935,14	70,5
38	A	6,0	49,25	531,26	0,00	5077668,72	2817602,11	63
39	A	7,0	49,32	434,01	0,00	5077263,13	2817259	70,5
40	C	1,0	50,24	366,69	13,90	5076931,77	2816978,69	40,5
41	B	3,0	51,81	324,12	11,04	5076603,12	2816816,07	46,5
42	B	4,0	53,48	387,92	-12,83	5076290,47	2816730,62	54
43	B	5,0	54,90	303,07	-1,80	5075948,32	2816547,82	58,5
44	A	6,0	55,46	541,26		5075685,63	2816396,68	61,5
45	A	6,0	57,38	492,31		5075216,48	2816126,74	64,5
46	A	6,0	60,75	496,41	-0,04	5074789,76	2815881,23	64,5
47	A	6,0	57,82	526,22	0,08	5074359,67	2815633,34	64,5
48	C	2,0	59,70	481,25	-22,81	5073903,37	2815371,23	46,5
49	A	7,0	59,72	554,08		5073611,6	2814988,51	70,5
50	B	5,0	60,54	549,00	0,00	5073275,68	2814547,88	60
51	A	6,0	61,77	501,69	0,00	5072942,83	2814111,29	63
52	A	5,0	62,88	390,93	0,00	5072638,67	2813712,32	58,5
53	C	4,0	63,94	486,40	11,67	5072401,66	2813401,44	58,5
54	D	5,0	66,34	483,39	-36,81	5072034,61	2813082,29	58,5
55	B	7,0	69,32	472,64	25,60	5071932,55	2812609,8	72
56	C	2,0	71,85	434,47	14,84	5071642,96	2812236,26	45
57	A	7,0	70,71	429,87	0,00	5071297,71	2811972,51	70,5
58	B	5,0	70,49	475,19	12,91	5070956,14	2811711,53	58,5
58A	A	5,0	73,83	516,97	0,08	5070523,64	2811514,68	57
58B	A	5,0	75,64	437,77	-0,66	5070052,8	2811301,21	57
59	B	5,0	79,51	336,47	-9,01	5069656,2	281115,87	60
60	A	4,0	78,66	364,51	-0,87	5069377,46	2810927,41	52,5
61	C	4,0	79,24	471,46	-21,90	5069078,61	2810718,71	51
62	D	7,0	79,79	473,98	-39,60	5068820,65	2810324,09	64,5
63	B	4,0	82,49	446,39	-3,25	5068873,72	2809853,09	49,5
64	D	7,0	85,48	501,83	37,95	5068948,82	2809413,07	64,5
65	A	7,0	87,23	535,64	0,00	5068711,13	2808971,09	66
66	A	7,0	90,27	538,61	0,00	5068457,44	2808499,34	70,5
67	A	7,0	95,97	552,78	0,00	5068202,34	2808024,98	70,5
68	B	6,0	95,96	596,08	0,00	5067940,52	2807538,13	67,5
69	A	7,0	98,93	448,42	0,00	5067658,19	2807013,15	64,5
70	A	7,0	101,37	577,55	0,00	5067445,8	2806618,22	70,5
71	B	7,0	102,10	545,28	-3,27	5067172,25	2806109,56	70,5
72	A	7,0	103,36	513,88	0,00	5066941,77	2805615,39	70,5
73	A	7,0	103,48	547,93	0,01	5066724,58	2805149,66	70,5
74	A TRANS	7,0	104,48	568,70	0,00	5066492,96	2804653,09	70,5
75	A	7,0	109,38	516,68	0,00	5066252,58	2804137,69	70,5
76	A	7,0	108,68	505,63	-0,01	5066034,19	2803669,43	70,5

NÚMERO TORRE	TIPO TORRE	CUERPO TORRE	COTA	VANO ADELANTE	ÁNGULO DEFLEXIÓN DECIMAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA TORRE
77	A	7,0	111,31	452,84	0,01	5065820,52	2803211,17	70,5
78	A	6,0	114,89	471,97	-0,02	5065629,06	2802800,79	66
79	A	7,0	115,09	455,77	0,01	5065429,63	2802373,03	70,5
80	A	6,0	114,66	498,31		5065236,99	2801959,98	66
81	A	7,0	113,50	558,97	0,00	5065026,36	2801508,37	70,5
82	B	7,0	110,91	566,04	0,00	5064790,09	2801001,79	72
83	A	7,0	111,23	519,80	0,00	5064550,84	2800488,8	70,5
84	A	7,0	111,47	466,01	0,00	5064331,12	2800017,72	61,5
85	A	7,0	114,17	559,52		5064134,15	2799595,39	70,5
86	A	7,0	115,93	486,91	0,00	5063897,64	2799088,31	70,5
87	C	4,0	118,81	565,60	23,24	5063691,83	2798647,04	51
88	B	8,0	122,80	559,87		5063269,87	2798270,41	76,5
89	A	7,0	125,95	517,43	0,00	5062852,18	2797897,6	66
90	B	6,0	126,58	576,24	7,66	5062466,15	2797553,05	66
91	B	7,0	129,35	440,01	-11,88	5061988,95	2797230,04	70,5
92	A	7,0	121,12	338,48	0,01	5061683,14	2796913,68	69
93	A	6,0	130,74	265,24	-0,01	5061447,86	2796670,34	64,5
94	C	4,0	126,22	488,00	-26,28	5061263,51	2796479,63	49,5
95	D	8,0	123,78	275,26	39,86	5061207,12	2796082,47	67,5
96	B	6,0	122,72	435,89	-0,01	5060882,26	2795867,45	64,5
97	A	6,0	123,26	293,22	0,00	5060514,22	2795633,92	66
98	A	4,0	130,27	308,05	0,00	5060266,63	2795476,84	48
99	B	4,0	122,20	324,96	9,59	5060006,51	2795311,81	52,5
100	A	6,0	122,38	478,04	0,00	5059706,93	2795185,9	58,5
101	A	7,0	125,27	539,45	0,00	5059266,24	2795000,67	70,5
102	B	6,0	133,61	671,37	0,00	5058768,93	2794791,65	64,5
103	B	3,0	148,29	445,73	0,00	5058150,01	2794531,52	51
104	A	6,0	144,02	476,93	0,00	5057739,1	2794358,82	57
105	A	6,0	149,19	496,17	0,00	5057299,43	2794174,02	64,5
106	A	7,0	135,48	455,04	0,00	5056842,02	2793981,77	70,5
107	A	7,0	122,22	420,58	0,00	5056422,53	2793805,46	70,5
108	B	8,0	111,64	646,76	0,00	5056118,9	2793684,54	75
109	A	7,0	123,71	430,02		5055512,14	2793430,65	70,5
110	B	4,0	137,71	483,85	8,46	5055042,13	2793225,29	57
111	B	6,0	101,55	486,65	7,27	5054528,71	2793060,6	67,5
112	B	8,0	102,77	571,31	-3,80	5054050,23	2792971,78	75
113	A	7,0	113,58	601,69	-1,06	5053496,68	2792830,47	70,5
114 VC	B	7,0	138,90	590,19	19,41	5052916,54	2792670,87	72
115 VC	B	7,0	187,37	668,52	-3,53	5052327,81	2792712,28	70,5
116 VC	B	7,0	175,64	538,61	6,76	5051659,31	2792718,09	70,5
117 VC	B	5,0	187,10	291,20	8,44	5051125,02	2792786,14	54
118 VC	A	4,0	194,67	333,25	0,00	5050844,68	2792864,93	48
119 VC	A	3,0	188,71	320,99	0,00	5050523,87	2792955,1	43,5
120 VC	A	2,0	186,92	273,18	0,00	5050214,85	2793041,94	46,5
121 VC	B	4,0	168,59	406,92	-16,67	5049951,86	2793115,86	57
122 VC	B	3,0	118,90	307,41	-9,91	5049545	2793108,99	51
123 VC	B	6,0	130,34	493,29	16,35	5049243,11	2793050,98	58,5
124 VC	A TRANS	7,0	136,62	297,70	0,00	5048752,07	2793098	70,5
125 VC	C	4,0	121,71	411,78	4,40	5048455,72	2793126,39	54
126 VC	B	6,0	99,52	551,55	-8,90	5048050,04	2793196,97	63
127 VC	B	8,0	140,47	766,55	-1,13	5047498,61	2793206,28	76,5
128 VC	B	8,0	116,70	368,57	0,00	5046732,02	2793204,09	70,5
129 VC	A	7,0	127,09	663,61	0,00	5046363,45	2793203,05	70,5
130 VC	B	7,0	139,32	418,41	-16,41	5045699,84	2793201,16	70,5
131 VC	B	4,0	157,72	418,28	1,54	5045298,81	2793081,83	49,5
132 VC	B	6,0	176,30	603,18	-14,15	5044894,84	2792973,36	66
133 VC	B	4,0	191,91	277,08	16,33	5044368,19	2792679,32	52,5
133	A	4,0	177,31	463,64	0,00	5044098,05	2792617,72	48

NÚMERO TORRE	TIPO TORRE	CUERPO TORRE	COTA	VANO ADELANTE	ÁNGULO DEFLEXIÓN DECIMAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ALTURA TORRE
134	B	6,0	122,60	526,13	0,00	5043646,01	2792514,64	64,5
135	D	5,0	126,84	309,30	52,63	5043133,06	2792397,66	54
136	D	8,0	117,02	159,54	-26,71	5042895,35	2792595,56	76,5
137	D	2,0	115,39	382,54	-7,54	5042739,95	2792631,64	42
138	E	12,0	122,34	160,07	49,69	5042359,2	2792668,53	94,5
138 A1	B	7,0	146,01	146,35		5042267,89	2792800,01	69
139	D	8,0	165,95	161,06	55,53	5042184,42	2792920,22	67,5
140A	D CG	2,0	143,03	84,00	-29,92	5042215,14	2793001,3	32,5
P_NC	Pórtico	Pórtico	136,42			5042201,75	2793084,21	23,5
140B	DMASTIL	4,0	166,68	265,20	48,61	5042031,64	2792971,21	64,5
141BN	DMASTIL	4,0	156,03	248,80	109,57	5041928,28	2793215,44	64,5
142B	DMASTIL	4,0	138,78	145,14	83,61	5042176,65	2793230,07	64,5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.1 ANTECEDENTES

La Unidad de Planeación Minero Energética - UPME es una entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, y regida por la Ley 143 de 1994 y el Decreto 1258 del 17 de junio de 2013, que tiene por objeto lo siguiente:

- Planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con los agentes del sector minero energético, el desarrollo y aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos.
- Producir y divulgar la información requerida para la formulación de políticas y toma de decisiones.
- Apoyar al Ministerio de Minas y Energía en el logro de sus objetivos y metas¹.

La UPME expidió el “Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015-2029”², adoptado mediante la Resolución 40095 del Ministerio de Minas y Energía del 4 de febrero de 2016, modificada por el Ministerio de Minas y Energía, en la Resolución 40813 del 3 de agosto de 2018, con el fin de garantizar un adecuado abastecimiento de la demanda de energía eléctrica del país.

Con el propósito de conocer los hitos relevantes desarrollados previamente al Estudio de Impacto Ambiental de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, a continuación, se presentan los antecedentes:

- Julio 30 de 2018:** Resolución 104 de 2018 – Subasta de energía CREG³.
- Julio 8 de 2020:** Radicación del diagnóstico ambiental de alternativas – DAA– ante la ANLA.
- Diciembre 28 de 2020:** Auto de 12321 – ANLA efectúa selección de alternativa del DAA.
- Abril 19 de 2022:** Radicación ante la ANLA del estudio de impacto ambiental – EIA.
- Noviembre 18 de 2022:** Auto No 10260 de archivo del trámite administrativo de la solicitud de Licencia Ambiental.
- 2023 y 2024:** Elaboración de nuevo Estudio de Impacto Ambiental –EIA, con actualizaciones técnicas y socioambientales.

El proyecto se encuentra ubicado en los municipios de Uribia, Maicao y Albania en el departamento de La Guajira. La línea estará configurada como circuito doble desde el parque Beta hasta la subestación Cuestecitas.

Eolos Energía S.A.S. E.S.P. dando cumplimiento al artículo 2.2.2.3.4.2 del Decreto 1076 de 2015, realizó el estudio de la necesidad o no de elaboración y presentación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – NDA, radicado a la autoridad ambiental, ANLA el 4 de octubre de 2019 con Radicado No. 2019154048–

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

1-000, que buscó verificar a partir de información secundaria, aspectos abióticos, bióticos, socioeconómicos y técnicos de interés en el área de análisis del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, que llevaron a determinar el trazado más favorable de la línea y establecer la ruta única del proyecto¹.

Adjudicado el proyecto, como parte de las obligaciones establecidas en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 del 26 de mayo de 2015, Eolos Energía SAS ESP solicitó pronunciamiento a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA sobre la necesidad de presentar el Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA, en el que además de solicitar la presentación de DAA para el proyecto, se definen los términos de referencia con los cuales debe ser elaborado el estudio ambiental respectivo, que corresponden a los TDR-11 para la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas DAA en proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica, adoptados mediante Resolución 2183 del 23 de diciembre de 2016 y de acuerdo con la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales establecida mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible².

Para cumplir con las obligaciones adquiridas, los parques Alpha y Beta se deben conectar al STN a través de una línea eléctrica de transmisión; conexión aprobada por la UPME a la subestación Cuestecitas a 500 kV, el 4 de septiembre de 2019 bajo Radicados: No. 2019150038621 para el parque eólico Beta y No. 20191520038591 para el parque eólico Alpha. Estos proyectos fueron declarados por el Gobierno Nacional como PINE, es decir, proyectos de interés nacional y estratégico de acuerdo con el Decreto 2445 del 2013.

La empresa Eolos Energía S.A.S. E.S.P. dando cumplimiento a lo expuesto por ANLA en el pronunciamiento de NDA, realizó el estudio de Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, donde se definió inicialmente un área de estudio con base en el análisis de restricciones de tipo ambiental, social y técnico, en el que se incluyeron los impactos potenciales que podrían producirse por la ejecución del proyecto. Se llevó a cabo la caracterización y zonificación del área del estudio, y con base en esto, se analizaron dos corredores de alternativas, para elegir y justificar la mejor alternativa para el corredor. El DAA, se radicó ante la ANLA el 07 de julio de 2020 con Radicado VITAL 0100090068185720002 (Véase 3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-2 Rad_DAA_7JUL2020).

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en el Auto 13321 de 2020 (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-3 Auto 12321 de 2020), establece el corredor de la alternativa 1, como la mejor alternativa para desarrollar el proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas; pronunciamiento que dio inicio a la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para obtener la Licencia Ambiental del proyecto.

Como se expuso previamente, con base en las necesidades establecidas por la CREG en la subasta de obligaciones de energía, los parques Alpha y Beta deben establecer conexión al Sistema de Transmisión Nacional (STN) a través de una línea eléctrica hasta la subestación Cuestecitas; conexión aprobada por la UPME, con un nivel de tensión de 500 kV. La línea eléctrica busca garantizar la confiabilidad en el mediano plazo del STN.

En la **Figura 2-2** se presenta la Alternativa 1 del DAA que fue seleccionada por la ANLA para el desarrollo del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas:

¹ ANLA, 2019. Respuesta Expediente: NDA 1282-00 con Radicado No. 2019154048-1-000. Suministrado por EOLOS ENERGÍA S.A.S. E.S.P.

² Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. Bogotá D.C.

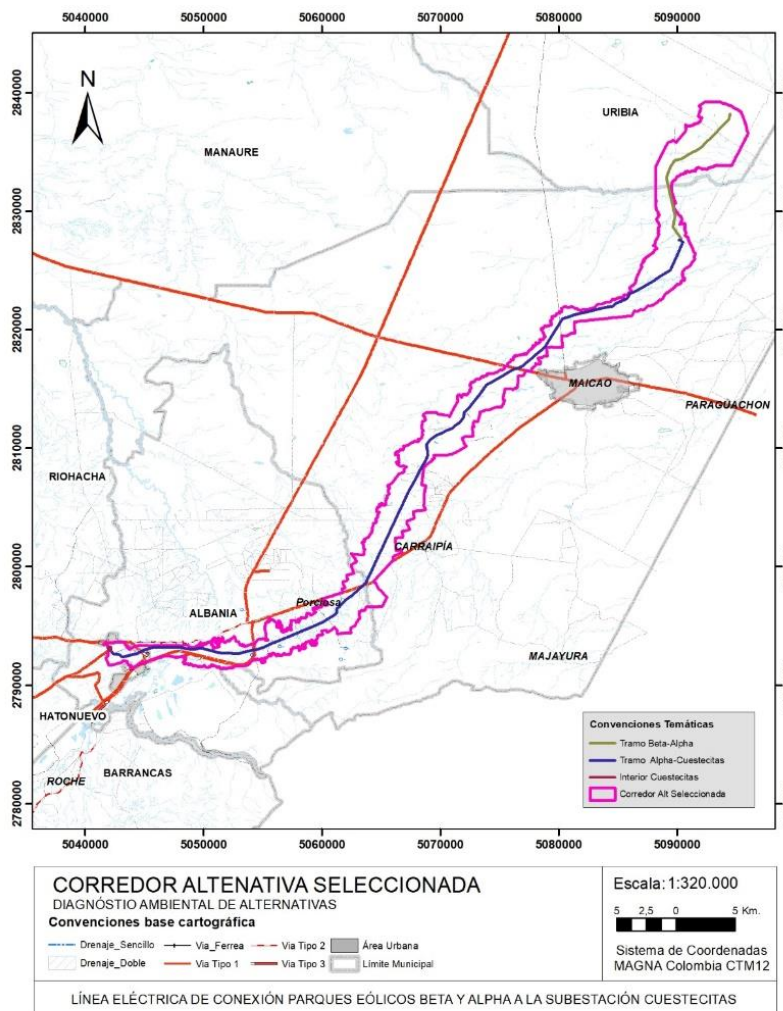


Figura 2-2 Alternativa 1 del DAA que fue seleccionada por la ANLA para el desarrollo del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.1.1 Justificación

Los proyectos propuestos en el Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015-2029³, buscan lograr un abastecimiento de energía en el país, garantizando un suministro confiable, económico, sostenible y eficiente de la electricidad, lo cual se fundamenta a partir del análisis de la infraestructura existente o capacidad instalada, disponibilidad de los recursos energéticos, las proyecciones de la demanda a satisfacer y la situación del mercado de electricidad, tanto a nivel nacional como internacional.

Los objetivos de la expansión de generación de energía en el país plantearon escenarios a corto, mediano y largo plazo, y variación de los diferentes elementos considerados, con lo cual se llegó a la conclusión, que el país requiere la “*Instalación progresiva de 3100 MW adicionales a los definidos por el mecanismo*

³ Ministerio de Minas y Energía. Decreto 1258 del 17 de junio de 2013. Artículo 3. República de Colombia.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

de Cargo por Confiabilidad, siendo necesaria la ejecución de esta expansión a partir del año 2021”. Lo anterior, teniendo en cuenta que para el año 2020, si bien la energía en firme cubre el escenario alto de la demanda; a partir del año 2021, el límite de las reservas empieza a caer si no se incluyen nuevos proyectos de generación; lo anterior, sin tener en cuenta los proyectos que cumplen con su vida útil o la disminución de su disponibilidad en el tiempo.

La UPME con el objeto de alcanzar el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica, anualmente efectúa una revisión del Plan de expansión de los recursos de generación y de las redes de transmisión. Los análisis de planeamiento realizados a largo plazo se establecen en información de la infraestructura eléctrica actual, los proyectos en construcción y las proyecciones nacionales y regionales de demanda de energía y potencia.

La UPME hizo entrega del Plan de Expansión de Referencia Generación –Transmisión 2015– 2029, elaborado con el Comité Asesor de Planeamiento de la Transmisión (CAPT), la participación de diferentes agentes y el apoyo de expertos del mercado.

Las empresas Eolos Energía S.A.S. E.S.P. y Vientos del Norte S.A.S. E.S.P. desarrollaron los estudios ambientales que otorgaron licencia ambiental a los Parques Eólicos Beta y Alpha, localizados en los municipios de Uribia y Maicao, bajo las Resoluciones No. 01555 del 2 de agosto de 2019 y Resolución No. 02059 del 16 de noviembre de 2018, respectivamente, y las modificaciones de licencia bajo las Resoluciones No. 1554 de 2021 y Resolución No. 0618 de 2022 emitidas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA (Véase Anexo 2-10, Anexo 2-11, Anexo 2-12 y Anexo 2-13 en 3_Anexos\Cap. 02 Generalidades).

Para garantizar la confiabilidad en el Sistema de Transmisión Nacional – STN de energía en el mediano plazo, la CREG, estableció un instrumento de regulación designado como *Cargo por Confiabilidad* que busca estructurar la ampliación del parque de generación a través de la Subasta de Asignación de Obligaciones de Energía en firme⁴. A partir de lo anterior, la CREG dio comienzo a la subasta con el objeto de velar por el cubrimiento de la demanda energética del país durante los años 2022 y 2023⁵, con base en la Resolución CREG 104 de 2018⁶; subasta en la que los parques eólicos Alpha y Beta adquirieron obligaciones de energía y cuyo inicio de vigencia corresponde al 1 de diciembre del 2022⁷.

A partir de este diagnóstico, la UPME expidió la Resolución CREG 104 de 2018, y convocó una subasta del Cargo por Confiabilidad para la asignación de Obligaciones de Energía en Firme a partir del periodo 2022–2023, la cual se hizo en febrero de 2019, y de acuerdo a sus resultados, se estableció que el proyecto sería ejecutado por la Empresa Eolos Energía SAS ESP., empresa colombiana que tiene como objeto la generación, comercialización y distribución de energía eléctrica y que por tanto, está obligado a tramitar la licencia ambiental, según el artículo 52 de la Ley 143 de 1994 y demás normatividad ambiental aplicable. A partir de lo anterior, la CREG dio comienzo a la subasta con el objeto de velar por el cubrimiento de la demanda energética del país durante los años 2022 y 2023, con base en la Resolución CREG 104 de 2018; subasta en la que los parques eólicos Alpha y Beta adquirieron obligaciones de energía y cuyo inicio de vigencia corresponde al 1 de diciembre del 2022⁸.

⁴ Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero Energética. Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2015–2029. Colombia. 2015.

⁵ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG, 2018. Disponible en línea

⁶ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG. Subasta de expansión del cargo por confiabilidad 2022–2023. Documento CREG-075, 30-07-2018; en EOLOS ENERGÍA S.A.S. E.S.P., 2019. Justificación técnica para el pronunciamiento sobre la no necesidad de diagnóstico ambiental de alternativas. 1p.

⁷ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS – CREG, 2018.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.1.2 Estudios e investigaciones previas

Dentro de los estudios e investigaciones que se han elaborado en el área de influencia, que están directamente relacionados con el desarrollo de proyectos del sector eléctrico, y que pueden incidir en el proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, se encuentran los siguientes:

- En el año 2019, Eolos Energía S.A.S. E.S.P. mediante Radicado 2019154048-1-000 del 4 de octubre, radicó a la ANLA, la solicitud de pronunciamiento sobre la necesidad o no de elaboración y presentación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para el proyecto denominado “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, localizado entre los municipios de Albania, Maicao y Uribia en el departamento de La Guajira, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, en la Sección 2 sobre Competencia y Exigibilidad de la Licencia Ambiental, Artículo 2.2.2.3.2.2., Numeral 4, literal c) (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-15 Rad 2019154048-1-000).
- En el año 2019, la ANLA, mediante el Radicado 2019183246-2-000 solicitó a Eolos Energía S.A.S. E.S.P. la presentación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA para la construcción y operación del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia en el departamento La Guajira, y demás requerimientos⁹ (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-14 Rad 2019183246-2-000).
- En el año 2020, Eolos Energía S.A.S. E.S.P. mediante comunicación con Radicación No 2020107694-1-000 del 7 de julio, procedió a la radicación del DAA del proyecto ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, para solicitar pronunciamiento sobre el corredor más favorable para desarrollar el EIA, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, sección 4 Artículos 2.2.2.3.4.1, 2.2.2.3.4.2, 2.2.2.3.4.3 y 2.2.2.3.4.4. El DAA se estructuró siguiendo los lineamientos establecidos en los términos de referencia TdR-011, mediante Resolución 2183 del 23 de diciembre de 2016 y de acuerdo con la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, establecida mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS¹⁰ (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-2 Rad_DAA_7JUL2020).
- En el año 2020, en la elaboración del DAA, se definió un área de estudio con base en el análisis de restricciones de tipo ambiental y técnico. Así mismo, se tuvieron en cuenta los posibles impactos que podrían producirse por la ejecución del proyecto. A continuación, se realizó la caracterización y zonificación del área de estudio, y con base en ello, se llevó a cabo el análisis de alternativas, para finalmente seleccionar y justificar la mejor alternativa para el corredor del proyecto, a partir de la calificación multicriterio, se propuso un análisis iterativo con la simulación de 10.000 escenarios de cambio en la ponderación de los criterios. De esta forma, se obtuvo la alternativa más viable ambientalmente. El DAA fue radicado ante la ANLA con radicado No. 2020107694-1-000 el 7 de julio (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-2 Rad_DAA_7JUL2020).
- En el año 2020, mediante Auto No 9567 del 30 de septiembre, la Autoridad Ambiental ANLA, dio inicio al trámite administrativo de evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA (3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-9_Auto 9567).

⁹ EOLOS ENERGÍA S.A.S. E.S.P., 2019. Justificación técnica para el pronunciamiento sobre la no necesidad de diagnóstico ambiental de alternativas. 13 -135 p.

¹⁰ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales. Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. Bogotá D.C.

- En el año 2020, mediante el Auto No 12321 del 28 de diciembre, la Autoridad Ambiental ANLA (3_Anejos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-3 Auto 12321 de 2020), Seleccióó la Alternativa 1 para la realización del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, ubicada en los municipios de Uribia, Maicao y Albania, en el departamento de La Guajira. Esta decisión estableció un corredor que abarca la totalidad del trazado y servidumbre del proyecto, con la excepción de la torre T141BN. como se muestra a continuación en la **Figura 2-3**.

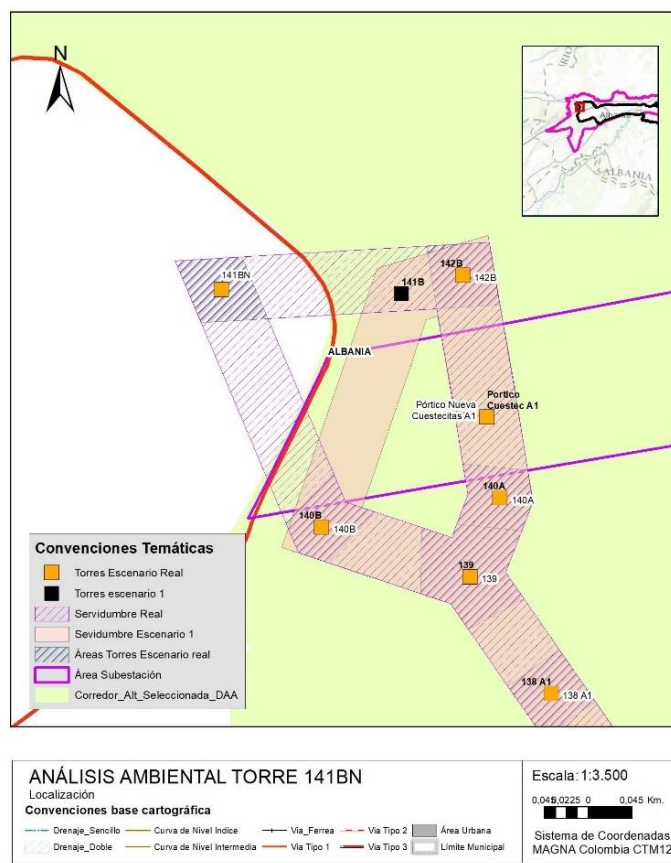


Figura 2-3 Ubicación de la torre 141BN Respecto al corredor DAA, alternativa 1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Con base en lo mencionado, se hace imperativo reubicar la torre 141BN dentro del área de la servidumbre objeto de licenciamiento para garantizar la continuidad del trazado de la línea de transmisión Beta-Alpha Cuestecitas. A continuación, se expondrán los fundamentos técnicos, ambientales y sociales que respaldan la propuesta de realizar un realineamiento.

• Descripción del proyecto

El proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una línea eléctrica de conexión a un nivel de tensión de 500 kV, que interconectará las subestaciones de energía entre los parques eólicos Beta y Alpha y entre ésta última y la nueva subestación Cuestecitas a 500 kV. La primera subestación (Beta) se localiza en el municipio de Uribia, la segunda en el municipio de Maicao (Alpha) y la última (nueva subestación Cuestecitas) en el municipio de Albania del departamento de La Guajira.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

La línea Beta – Alpha – Cuestecitas 500 KV cuenta con una longitud total de 80,45 km y un total de estructuras de 180 (incluidos los cuatro (4) pórticos) las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- **Tramo entre Beta y Alpha:** en doble circuito, se tendrán 34 torres y dos (2) pórticos, uno (1) ubicado en la subestación Beta y otro en la llegada a la subestación Alpha, de las cuales 22 torres son de suspensión y 12 de retención hasta alcanzar una longitud de 13,52 km de línea, lo que significa tener de dos a 3 torres por kilómetro.
- **Tramo entre Alpha y Nueva Subestación Cuestecitas:** tendrá, 146 torres, 142 doble circuito y 4 circuito sencillo y dos (2) pórticos, uno (1) ubicado en la subestación Nueva Cuestecitas y uno (1) ubicado en la subestación Alpha, con una longitud de 66,92 km.

La línea eléctrica tendrá una capacidad de transmisión de 500 MW entre las subestaciones Beta y Alpha y una de 1200 MW por circuito en el tramo entre la subestación Alpha y la nueva subestación Cuestecitas.

La subestación Beta a 500 kV, cuenta con una configuración de barra sencilla y una capacidad de transformación entre 270 y 320 MW. la cual fue licenciada bajo el expediente LAV0056-00-2018 y La subestación Alpha a 500 kV también cuenta con una configuración de barra sencilla y una capacidad de transformación entre 210 y 240 MW, licenciada bajo el expediente LAV0007-00-2018; mientras que la subestación Cuestecitas, cuenta con una configuración de interruptor y medio y los equipos a instalar serán tipo GIS de exteriores.

• **Temporalidad**

Actualmente ISA avanza en la construcción de la nueva subestación Cuestecitas (avance del 50% de conformidad con el expediente LAV0051-00-2021). Por lo anterior, si bien el “Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” cuenta con un espacio de conexión aprobado por la UPME al interior de la nueva subestación Cuestecitas 500/220 kV, su llegada a esta subestación debe considerar la distribución física de la misma, es decir, la infraestructura en construcción y las bahías futuras.

El corredor más viable para ubicar el “Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, seleccionado tras la evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), fue aprobado en diciembre de 2020. En ese momento, la distribución física exacta de la nueva subestación Cuestecitas, punto de conexión del proyecto, aún no se conocía. Por lo tanto, se trabajó utilizando un punto de referencia con su ubicación estimada. Posteriormente, el área ocupada por la nueva subestación Cuestecitas 500/220 kV fue licenciada mediante la Resolución 0285 del 31 de enero de 2022, siendo el titular de la licencia Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P – ISA.

• **Coexistencia física de proyectos**

En la **Figura 2-4** y en el plano CO-COCU-41036-S-01-K2401-V3_Unifilar (Ver 3_Anejos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-16 CO-COCU-41036-S-01-K2401-V3_Unifilar), se muestra la distribución en planta del alcance de la convocatoria UPME 09 – 2016 en lo que respecta a la nueva subestación Cuestecitas 500/220 kV, propiedad de ISA. En este plano, se pueden identificar claramente 9 espacios futuros o bahías de conexión destinadas para líneas de alta tensión. Uno de estos espacios está designado para ser utilizado específicamente como punto de conexión para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”.

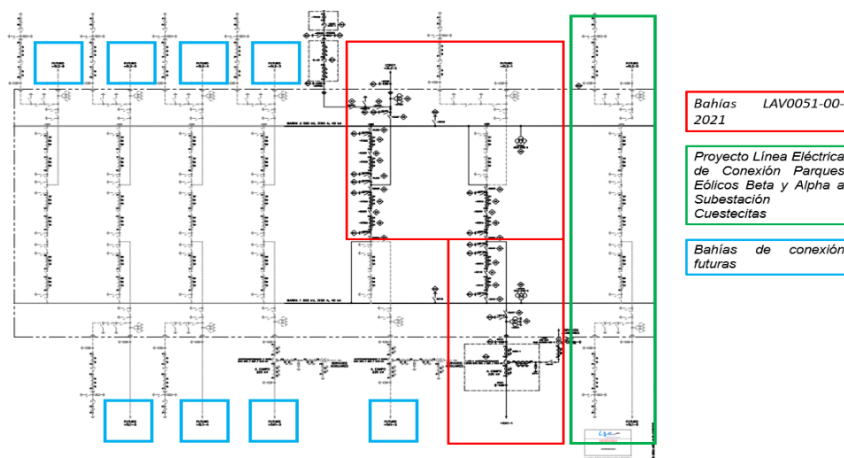


Figura 2-4 Diseño planta bahías subestación Nueva Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La distribución mencionada debe ubicarse dentro del área licenciada de la nueva subestación Cuestecitas 500/220 kV (LAV0051-00-2021). En la **Figura 2-5** se presenta la disposición espacial del área licenciada para la nueva subestación dentro del corredor aprobado según el (DAA).

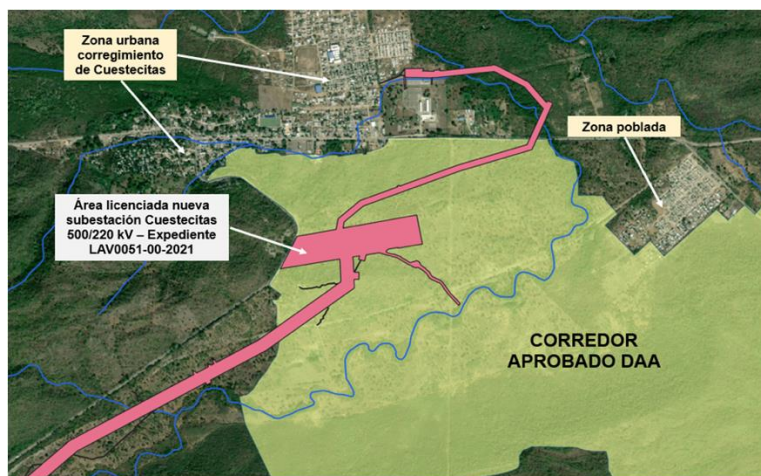


Figura 2-5 Localización de la nueva Subestación Cuestecitas en relación con el corredor 1 del DAA

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El lote de La subestación Cuestecitas contempla futuras áreas de crecimiento hacia el occidente (hacia la vía nacional) y hacia el oriente, por lo anterior el trazado de la línea sobre alguna de estas áreas planeadas como futuros crecimientos genera cruce de proyectos que afecta la coexistencia física.

En la **Figura 2-6** se presenta el alineamiento del tramo final del “Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” a su llegada a la subestación nueva Cuestecitas 500/220 kV. Se observa que el proyecto realiza una bifurcación para ingresar a la subestación, ocupando de esta forma dos bahías en un mismo diámetro. El ingreso a la bahía norte requiere atravesar la vía nacional en dirección oeste (límite del corredor del DAA), buscando crear ángulos, vano adelante y atrás que permitan garantizar la integridad de las estructuras (torres) y a su vez, ocupar el mínimo espacio posible sobre la subestación. Cabe aclarar que, si bien los pórticos son las únicas estructuras puntuales del proyecto al interior de la subestación nueva Cuestecitas, la distribución

de la servidumbre sobre el área licenciada también genera una restricción para la localización de equipos, en el marco de las distancias de seguridad establecidas en el RETIE.

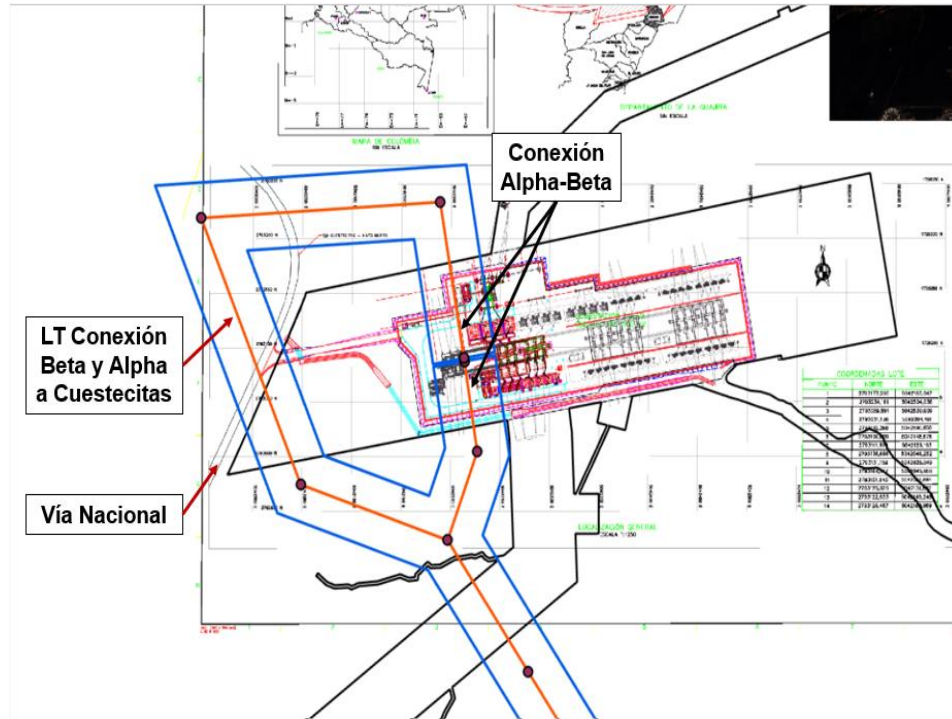


Figura 2-6 Detalle del alineamiento del tramo final del "Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas" a su llegada a la subestación nueva Cuestecitas 500/220 kV
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- **Retiro a vía existente Cuestecitas Hatonuevo**

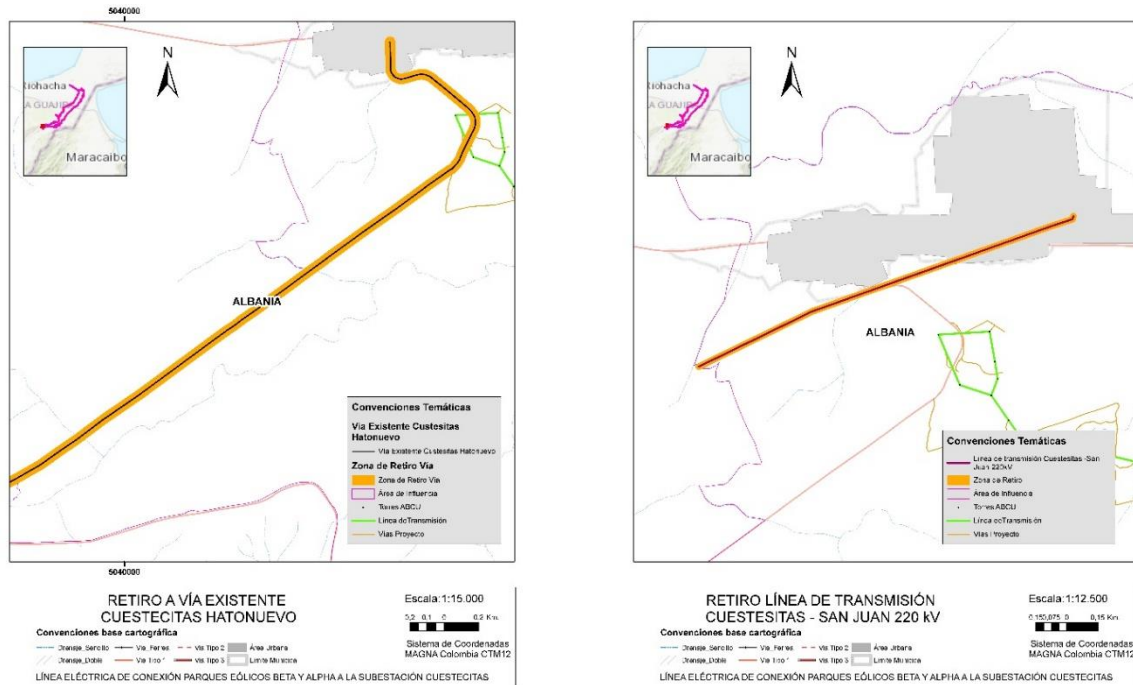
La ubicación de la línea entre la subestación y la vía debe respetar los retiros establecidos en la LEY 1228 DE 2008 Artículo 2°. "Zonas de reserva para carreteras de la red vial nacional, Establécense las siguientes fajas de retiro obligatorio o área de reserva o de exclusión para las carreteras que forman parte de la red vial nacional":

1. Carreteras de primer orden sesenta (60) metros. Parágrafo. El metraje determinado en este artículo se tomará la mitad a cada lado del eje de la vía.

En vista de lo mencionado, proyectar la línea de transmisión en esta área, considerando las restricciones previamente discutidas, no sería factible.

- **Infraestructura existente en la zona**

Dentro de la zona proyectada para el trazado fuera del corredor, se encuentran infraestructuras existentes como la vía Cuestecitas Hato nuevo y la línea de transmisión Cuestecitas – San Juan 220 kV (Figura 2-7), las cuales ya han generado intervenciones en estas áreas. Por consiguiente, se plantea ubicar el apoyo y el corredor en un punto que cumpla con las restricciones de espacios reservados para las vías, pero que al mismo tiempo minimice los impactos. En este sentido, se propone ubicar el sitio junto a la torre existente.



- Ajuste puntual del trazado respecto a la longitud de la línea**

La línea de transmisión Beta – Alpha – Cuestecitas 500 kV tiene una longitud total de 80,45 km, de los cuales solo 264 m se sitúan fuera del corredor aprobado del DAA, lo que representa menos del 0.33% de la longitud total. Además, esta línea está compuesta por un total de 184 estructuras puntuales, entre torres y pórticos, de las cuales solo una torre se encuentra fuera del corredor aprobado del DAA, lo que equivale al 0.5% del total de las estructuras. En cuanto al área de servidumbre por fuera del corredor del DAA, esta abarca 1.7 hectáreas, lo que corresponde al 0.39% de la servidumbre total de la línea Beta – Alpha – Cuestecitas 500 kV y al 0.01% del área total del corredor aprobado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). En consecuencia, se concluye que la ubicación de la torre T141BN no genera un cambio significativo en las condiciones ambientales evaluadas en el DAA y aprobadas por la autoridad ambiental.

- Argumentos Ambientales**

El análisis ambiental se realizó estableciendo una comparación entre un escenario denominado "Diseño Conceptual DAA", donde la totalidad del proyecto se localiza dentro del corredor aprobado del diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), y el escenario real, conocido como "Diseño Básico", resultado de la ingeniería, en el cual la torre T141BN se encuentra fuera de este corredor.

Para realizar la comparación se utilizaron unidades temáticas como geomorfología, unidades de suelo, cobertura vegetal, paisaje y desde el tema socioeconómico la ubicación administrativa, (ver **Tabla 2-2**).

Tabla 2-2 Análisis ambiental comparativo Diseño conceptual- Diseño Básico

ESCENARIO 1 (DISEÑO CONCEPTUAL DAA)	ESCENARIO 2 (DISEÑO BÁSICO EIA)	DESCRIPCION	FIGURA
GEOMORFOLOGIA			
Unidad geomorfológica a intervenir:			
Ladera estructural de sierra sinclinal	Ladera estructural de sierra sinclinal	Para los dos casos, el impacto desde el componente geomorfológico es el cambio en la geomorfología del terreno, derivado la actividad de excavaciones del sitio de torre durante la construcción de la misma. El área máxima a intervenir para las obras en ambos casos sería 0.42 ha correspondiente al área de la torre. No existiría un impacto adicional, sino un desplazamiento del mismo, dentro de la misma unidad geomorfológica.	ANÁLISIS AMBIENTAL TORRE 141BN Geomorfología Con convenciones base cartográfica Escala: 1:2.500 Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia CTM12 LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A LA SUBESTACIÓN CUESTECITAS
SUELO			
Unidad de suelo a intervenir:			
LXCL-Ac	LXCL-Ac	Desde el componente suelo, el impacto que se genera en ambos casos es el cambio en las características físicas químicas y biológicas debido a las obras de la remoción, descapote y explanación por la adecuación del sitio de torre. Para los dos casos, el área de intervención de la torre sería 0.42 ha, en la misma unidad de suelo. Se estaría realizando un desplazamiento en el sitio puntual de intervención. Y por lo tanto el impacto sería el mismo.	ANÁLISIS AMBIENTAL TORRE 141BN Suelo Con convenciones base cartográfica Escala: 1:2.500 Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia CTM12 LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A LA SUBESTACIÓN CUESTECITAS

ESCENARIO 1 (DISEÑO CONCEPTUAL DAA)		ESCENARIO 2 (DISEÑO BÁSICO EIA)	DESCRIPCION	FIGURA
COBERTURA VEGETAL				
Unidad de cobertura de la tierra a intervenir:			Desde el impacto en coberturas, existe algunas diferencias, que no se consideran significativas. Para el caso de del escenario 1 (DAA), la cobertura de intervención de la torre corresponde a Arbustal abierto (natural), mientras que para el escenario 2 (Real) la cobertura de intervención de la torre corresponde a Vegetación secundaria baja (seminatural). Ambas coberturas se clasifican en el nivel 3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.	ANÁLISIS AMBIENTAL TORRE 141BN Cobertura Vegetal Escala: 1:2.500 Sistema de Coordenadas MAGNA Colombia CTM12
Arbustal Abierto	Vegetación Secundaria Baja			
PAISAJE				
Unidad de cobertura de la tierra a intervenir:			Desde el componente paisaje el impacto es permanente debido a la ubicación de la torre, como tal y por ello se consideran dos impactos: 1). cambio en la percepción de la calidad visual del paisaje, que para los dos escenarios se clasifica como vista lejana con interés medio. La vía Cuestecitas – Hatonuevo, se considera el punto de observación temporal, la cual es equidistante para los dos escenarios. 2). Desde el punto de vista de la integridad escénica en ambos casos se clasifica Moderada (levemente alterado). Es importante resaltar que no existe observadores permanentes.	ANÁLISIS AMBIENTAL TORRE 141BN Paisaje ESCALA VISUAL Escala: 1:2.500 Sistema de Coordenadas MAGNA Colombia CTM12
Vista lejana con interés medio	Vista lejana con interés medio			
Moderada (levemente alterado)	Moderada (levemente alterado)			
UNIDAD ADMINISTRATIVA				

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Página | 17

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

subestación (áreas construidas y expansiones futuras). De igual manera en términos ambientales, no se presentan variaciones en comparación con el escenario 1, donde la torre se encuentra dentro del corredor aprobado en el Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA). Por lo tanto, se considera que, aunque esta torre esté fuera del corredor aprobado del DAA, los impactos asociados con su ubicación, así como los relacionados con los vanos de la línea de transmisión, están contemplados con sus respectivas medidas de manejo ambiental.

2.1.3 Radicaciones y/o trámites previos

Eolos Energía S.A.S. E.S.P. inició el proceso relacionado con la solicitud de la Licencia Ambiental ante la autoridad ambiental competente, que para este proyecto corresponde a la ANLA, según el Artículo 2.2.2.3.2.2 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, en la Sección 2 sobre Competencia y Exigibilidad de la Licencia Ambiental, Artículo 2.2.2.3.2.2., Numeral 4, literal c), en donde para proyectos relacionados indica *“El tendido de las líneas de transmisión del Sistema de Transmisión Nacional (STN), compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes subestaciones que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a doscientos veinte (220) kV”*, y la línea de transmisión objeto del EIA es de 500 kV.

2.1.3.1 Solicitud de información

Dentro de los insumos requeridos para la elaboración del EIA, se generaron oficios de solicitud de información y se radicaron en las entidades del orden nacional, regional y municipal, como se muestra en la **Tabla 2-3** y **Tabla 2-4** en donde se incluye la relación de los requerimientos realizados, así como las respuestas obtenidas, cuyos soportes se encuentran en *3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-7 SolicitudInformacion_RespuestaEntidades*.

Se realizó solicitud de información entre el 23 de agosto y el 4 de septiembre de 2023 enviando comunicaciones escritas a las autoridades territoriales del área de influencia del proyecto, así como a las autoridades ambientales, y otras entidades de interés para la elaboración del EIA, con el propósito de capturar información secundaria necesaria, teniendo como premisa los siguientes requisitos: solicitar información a fuentes oficiales como CAR, gobernación, municipios, entre otras; que provinieran de instrumentos de planificación como los planes de desarrollo, POMCA, EOT, POT, DMI, áreas protegidas a nivel regional y nacional, entre otras; y poder contar con los registros más actualizados de la misma. En la **Tabla 2-3** y la **Tabla 2-4** se presenta una relación de los oficios radicados.

Para la colecta, transporte y preservación del material de flora y fauna del componente biótico, se utilizó la metodología aprobada en la Resolución No 02421 del 30 de diciembre de 2021 *“Por la cual se otorga Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones”*. El citado acto administrativo se notificó a la sociedad Geocol Consultores S.A., el 16 de diciembre de 2021 (*3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-6 Permiso Colecta*).

A través del radicado 20236200381712 del 21 de julio de 2023 se notificó a ANLA sobre el inicio de actividades del EIA del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, para el componente biótico con el fin de efectuar el muestreo en campo de los grupos biológicos: mamíferos, aves, herpetofauna, vegetación terrestre, epífitas vasculares y no vasculares, asociados al proyecto objeto del EIA (*3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-6 Permiso Colecta*).

Se enviaron oficios a las diferentes entidades del orden nacional y regional, con el fin de solicitar información en el marco de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas (*3_Anexos\Cap. 02 Generalidades\Anexo 2-7 SolicitudInformacion_RespuestaEntidades*).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Tabla 2-3 Relación de las solicitudes realizadas a entidades del orden nacional y regional

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA / Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales	- Proyectos actualmente licenciados o en proceso de licenciamiento ante la ANLA dentro del área de consulta. - Portafolio de compensaciones. - Shape file o Áreas (ha) aprobadas o en implementación para compensación del medio Biótico, e inversión de no menos del 1%, que puedan traslaparse con el área de estudio; objeto de Seguimiento/Evaluación por parte de la ANLA.	20236200592872 del 11 de septiembre de 2023	20232300456731 fecha: 26 Sep. 2023
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Dirección de bosques, biodiversidad y servicios ecosistémicos	- Existencia de áreas de reserva forestal (ley 2ª de 1959). - Existencia de ecosistemas estratégicos, reservas Forestales Protectoras Nacionales. - Presencia de especies de fauna declaradas bajo protección o en algún grado de amenaza y existencia de programas específicos para el manejo de estas especies. - Área Importante para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad – AICAS. - Desarrollo de proyectos de interés nacional, regional y demás información de interés, asociada al área de consulta.	Respuesta a la solicitud con radicados No. 2023E1042023 de 12 de septiembre de 2023	Radicado No. 21022023E2034212 19 de octubre de 2023
Corpogujaira	- Áreas de protección ambiental o ecosistemas estratégicos en el área de consulta y documentos de manejo y zonificación de dichas áreas. - Documentos e información cartográfica de los Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas vigentes (POMCA) aplicables al área de desarrollo del proyecto, o información de cualquier otro ejercicio de reglamentación de corrientes hídricas, aplicable. - Datos registrados en la red de monitoreo de la Corporación, acerca de la calidad del agua superficial o subterránea en el área. - Listados de especies de flora o fauna en alguna categoría de veda regional o nacional aplicable, en jurisdicción de la Corporación. - Permisos de captación de aguas superficiales o subterráneas y de vertimientos, vigentes en el área de consulta o en los municipios que cubren dicha área, con la información de georreferenciación correspondiente. - Fuentes de material de cantera o material de arrastre o concesiones similares de extracción de materiales, emitidas a nivel local o regional, que cuenten con licencia ambiental vigente, de lo cual se solicitó copia tanto de la Licencia Ambiental como de la resolución del registro minero. - Fuentes fijas que cuenten con permiso de emisiones atmosféricas de la Corporación, existentes en el área de consulta. - Información acerca de restricciones legales establecidas por la Corporación en materia de rondas de protección y manejo de sistemas lénticos y lóticos para el área de su jurisdicción. - Determinantes ambientales de la Corporación e información cartográfica asociada a las mismas. - Plan de gestión ambiental regional.	Radicado 202310303010045422 11 de septiembre de 2023	Respuesta 20230911440059661 30 de octubre de 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2		Noviembre 2024

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
	- Proyectos con Licencias ambientales expedidas por la Corporación, coincidentes con el área de consulta. - Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos aplicable. - Rellenos sanitarios existentes autorizados indicando la Resolución de la Licencia Ambiental. - Empresas prestadoras de servicios de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos autorizados indicando la Resolución de la Licencia Ambiental. - Empresas especializadas en el transporte, manejo, tratamiento y disposición final de residuos líquidos domésticos e industriales indicando la Resolución de la Licencia Ambiental. - Empresas prestadoras de servicios públicos de agua y aseo, jurisdicción y cobertura de prestación del servicio. - Existencia de restricciones o no para las empresas de servicios públicos de agua para la venta de agua.		
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt	- Certificación sobre la existencia o no de áreas importantes para la conservación de las aves – AICAS y demás información de interés, asociada al área de consulta disponible en la entidad.	Radicado No. 202304400025862 Fecha: 11-09-2023	Radicado No.: 202301700014471 Fecha: 19-09-2023
Parques Nacionales Naturales de Colombia	- Identificación de áreas pertenecientes al Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales y al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. - Certificación de la existencia o no de áreas en alguna categoría de manejo, así como áreas prioritarias de conservación, de importancia ecosistémica, propuestas de nuevas áreas o de ampliaciones de áreas estratégicas, o cualquier otra iniciativa de protección, de la cual la entidad tenga claridad que genere algún tipo de restricción.	202334600117022 Fecha: 11 de septiembre	Radicado No.: 20232401406221 Fecha: 21 de septiembre 2023
Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil Resnatur	- Existencia de áreas de Reservas de la Sociedad Civil, actos administrativos de creación o declaración. - Planes de Manejo vigentes para estas áreas de reserva. - Ejercicios de zonificación existentes del área y cartografía oficial disponible.	Solicitud Fecha: 11 de septiembre de 2023	Respuesta 25 de septiembre de 2023
Unidad De Restitución De Tierras	- Presencia o no de predios inmersos en procesos de restitución de tierras que se traslapen con el área de consulta.	DTCG2-202302014	DSC1-202326647

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-4 Relación de las solicitudes realizadas a entidades del orden regional

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de «municipio»	1. Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio, con su respectivo Acuerdo y diagnóstico de dimensiones. 2. Mapas actualizados asociados al Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial. 3. Áreas protegidas indicadas en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial con su respectiva categoría de manejo.	25 de agosto de 2023 vía Email	8 de septiembre de 2023 vía Email

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
	4. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCAS) del municipio. 5. Zonas de expansión urbanas del municipio. 6. Uso reglamentado del suelo en las áreas urbana y rural del municipio, con su respectiva cartografía. 7. Plan de Gestión de Riesgo Municipal. 8. Plan de Desarrollo (vigente) del municipio con su diagnóstico, proyectos y programas prioritarios.		
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de «municipio»	1. Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio, con su respectivo Acuerdo y diagnóstico de dimensiones. 2. Mapas actualizados asociados al Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial. 3. Áreas protegidas indicadas en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial con su respectiva categoría de manejo. 4. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCAS) del municipio. 5. Zonas de expansión urbanas del municipio. 6. Uso reglamentado del suelo en las áreas urbana y rural del municipio, con su respectiva cartografía. 7. Plan de Gestión de Riesgo Municipal. 8. Plan de Desarrollo (vigente) del municipio con su diagnóstico, proyectos y programas prioritarios.	25 de agosto de 2023 vía Email	Sin respuesta
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de «municipio»	1. Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio, con su respectivo Acuerdo y diagnóstico de dimensiones. 2. Mapas actualizados asociados al Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial. 3. Áreas protegidas indicadas en el Plan o Esquema de Ordenamiento Territorial con su respectiva categoría de manejo. 4. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCAS) del municipio. 5. Zonas de expansión urbanas del municipio. 6. Uso reglamentado del suelo en las áreas urbana y rural del municipio, con su respectiva cartografía. 7. Plan de Gestión de Riesgo Municipal. 8. Plan de Desarrollo (vigente) del municipio con su diagnóstico, proyectos y programas prioritarios.	29 de agosto de 2023 con radicado 2155	29 de agosto de 2023 vía Email
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de «municipio»	1. Relación de presencia de instituciones y organizaciones públicas, privadas, cívicas y comunitarias (internacionales, nacionales, departamentales, municipales y veredales y comunidades étnicas, entre otras), relacionando los siguientes aspectos: a. Tiempo de permanencia en la zona b. Temas de interés o trabajo c. Programas o proyectos ejecutados o en ejecución d. Población beneficiaria 2. Relación de instancias y mecanismos de participación de la población. 3. Relación de programas y proyectos en curso o por ejecutarse en las veredas y/o barrios pertenecientes al municipio. 4. Directorio de líderes de Juntas de Acción Comunal de las veredas, corregimientos y barrios del municipio. 5. Listado de fechas especiales y fiestas que se celebren en el municipio.	25 de agosto de 2023 vía Email	Sin respuesta

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
	6. Fotocopia simple de actas de posesión vigentes de autoridades tradicionales y gobernadores de Cabildo. 7. Fotocopia simple de actos administrativos de reconocimiento de Consejos Comunitarios o Comunidades Negras del municipio.		
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de Maicao	1. Relación de presencia de instituciones y organizaciones públicas, privadas, cívicas y comunitarias (internacionales, nacionales, departamentales, municipales y veredales y comunidades étnicas, entre otras), relacionando los siguientes aspectos: a. Tiempo de permanencia en la zona b. Temáticas de interés o trabajo c. Programas o proyectos ejecutados o en ejecución d. Población beneficiaria 2. Relación de instancias y mecanismos de participación de la población. 3. Relación de programas y proyectos en curso o por ejecutarse en las veredas y/o barrios pertenecientes al municipio. 4. Directorio de líderes de Juntas de Acción Comunal de las veredas, corregimientos y barrios del municipio. 5. Listado de fechas especiales y fiestas que se celebren en el municipio. 6. Fotocopia simple de actas de posesión vigentes de autoridades tradicionales y gobernadores de Cabildo. 7. Fotocopia simple de actos administrativos de reconocimiento de Consejos Comunitarios o Comunidades Negras del municipio.	25 de agosto de 2023 vía Email	Sin respuesta
Secretario de «Secretaría» Alcaldía de Uribe	1. Relación de presencia de instituciones y organizaciones públicas, privadas, cívicas y comunitarias (internacionales, nacionales, departamentales, municipales y veredales y comunidades étnicas, entre otras), relacionando los siguientes aspectos: a. Tiempo de permanencia en la zona b. Temáticas de interés o trabajo c. Programas o proyectos ejecutados o en ejecución d. Población beneficiaria 2. Relación de instancias y mecanismos de participación de la población. 3. Relación de programas y proyectos en curso o por ejecutarse en las veredas y/o barrios pertenecientes al municipio. 4. Directorio de líderes de Juntas de Acción Comunal de las veredas, corregimientos y barrios del municipio. 5. Listado de fechas especiales y fiestas que se celebren en el municipio. 6. Fotocopia simple de actas de posesión vigentes de autoridades tradicionales y gobernadores de Cabildo. 7. Fotocopia simple de actos administrativos de reconocimiento de Consejos Comunitarios o Comunidades Negras del municipio.	29 de agosto de 2023 con radicado 2155	Sin respuesta
Secretaria de «Secretaría»	1. Perfil epidemiológico del municipio. 2. Relación de nacimientos en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.	25 de agosto de 2023 vía Email	Sin respuesta

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

ENTIDAD	SOLICITUD	RADICACIÓN	RESPUESTA
Alcaldía de «municipio»	3. Relación de defunciones en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.		
Secretaría de «Secretaría» Alcaldía de Maicao	1. Perfil epidemiológico del municipio. 2. Relación de nacimientos en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022. 3. Relación de defunciones en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.	25 de agosto de 2023 vía Email	Sin respuesta
Secretaría de «Secretaría» Alcaldía de Uribia	1. Perfil epidemiológico del municipio. 2. Relación de nacimientos en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022. 3. Relación de defunciones en el municipio de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.	23 de agosto de 2023 con radicado 2130	31 de agosto de 2023 vía Email
Sisbén Albania	1. Número total de habitantes: población urbana y población rural. 2. Censo poblacional por sexo: población masculina y población femenina. 3. Número total de habitantes por cada vereda. 4. Censo poblacional por sexo por cada vereda: población masculina y población femenina. 5. Censo poblacional por sexo y grupos etáreos de cada vereda: De 0 a 5 años. De 6 a 17 años. De 18 a 35 años. De 36 a 59 años. De 60 en adelante	23 de agosto de 2023 vía Email	31 de agosto de 2023 con radicado 2506
Sisbén Maicao	1. Número total de habitantes: población urbana y población rural. 2. Censo poblacional por sexo: población masculina y población femenina. 3. Número total de habitantes por cada vereda. 4. Censo poblacional por sexo por cada vereda: población masculina y población femenina. 5. Censo poblacional por sexo y grupos etáreos de cada vereda: De 0 a 5 años. De 6 a 17 años. De 18 a 35 años. De 36 a 59 años. De 60 en adelante	25 de agosto de 2023 vía Email	28 de agosto de 2023 vía Email
Sisbén Uribia	1. Número total de habitantes: población urbana y población rural. 2. Censo poblacional por sexo: población masculina y población femenina. 3. Número total de habitantes por cada vereda. 4. Censo poblacional por sexo por cada vereda: población masculina y población femenina. 5. Censo poblacional por sexo y grupos etáreos de cada vereda: De 0 a 5 años. De 6 a 17 años. De 18 a 35 años. De 36 a 59 años. De 60 en adelante	23 de agosto de 2023 radicado con firma Katiuska Lubo	Sin respuesta
Unidad de Restitución de Tierras	1. Información de las áreas, predios y coordenadas, resoluciones y mapas de microfocalización de donde se están llevando a cabo los procesos de Restitución de Tierras Despojadas y Abandonadas Forzosamente en el área del Proyecto.	Con Radicado DSC1-202326647	20 de septiembre de 2023 con radicado DTCG2-202302014
Ministerio del Interior	Procedencia de Consulta Previa	11 de julio de 2023 radicado 2023-1-002410-050003	Resolución ST-1432 del 02 de octubre de 2023

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.1.3.2 Ministerio del Interior

A continuación, se relacionan los actos administrativos por medio de los cuales la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior (DANCP) se pronunció para cada uno de los trámites ambientales adelantados a fin de solicitar el otorgamiento de la licencia ambiental para el proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

- **Antecedentes de procedencia de consulta previa**

- **Resolución ST-407 de 2020**

Mediante el radicado EXTM2020-16883 del 14 de mayo de 2020, la empresa EOLOS ENERGÍA S.A.S. E.S.P., presentó ante la Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior la solicitud de determinación de procedencia de consulta previa para la ejecución del proyecto: *“Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”*, localizado en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de La Guajira.

La Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior en respuesta al radicado EXTM2020-16883 del 14 de mayo de 2020 expidió la Resolución Número ST-0407 del 9 de junio de 2020 para el proyecto: *“Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”*, localizado en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de La Guajira, mediante la cual resolvió lo siguiente:

“PRIMERO: Que para las actividades y características que comprenden el proyecto: “Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, localizado en los municipios de Albania, Maicao y Uribia en el departamento de La Guajira, no procede la realización del proceso de consulta previa.

SEGUNDO: Que la información sobre la cual se expide el presente acto administrativo aplica específicamente para las características técnicas relacionadas y entregadas por el solicitante a través del oficio radicado externo EXTM2020-16883 del 14 de mayo de 2020, para el proyecto: “Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, localizado en los municipios de Albania, Maicao y Uribia en el departamento de La Guajira.

- **Resolución ST-1395 de 2020 (Primera resolución de procedencia y oportunidad de la consulta previa)**

Mediante el radicado EXTM2020-37608 del 6 de noviembre de 2020, la empresa EOLOS ENERGÍA S.A.S. E.S.P., presentó ante la Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio solicitud de determinación de procedencia de consulta previa para la ejecución del proyecto: *“Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”*, localizado en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de La Guajira; en el marco de la realización del Estudio de Impacto Ambiental.

La Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior en respuesta al radicado EXTM2020-37608 del 6 de noviembre de 2020 expidió la Resolución Número ST-1395 del 30 de diciembre de 2020 para el proyecto: *“Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”*, localizado en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de La Guajira, mediante la cual resolvió:

“PRIMERO. Que procede la consulta previa con las siguiente Comunidades Indígenas:

1. *Comunidades Indígenas Wayuu pertenecientes al Resguardo de la Alta y Media Guajira constituido mediante resolución No. 0015 del 28 de febrero de 1984 del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria – INCORA y ampliado mediante resolución No. 28 del 19 de julio de 1994 del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria-INCORA:*

Tabla 2-5 Comunidades indígenas Wayuu del Resguardo de la Alta y media Guajira

ID	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	Torinche	Uribia
2	Jaiparen	Maicao
3	Jura'alén	Maicao
4	Orotchón	Uribia
5	Patillita	Maicao
6	Silencio	Maicao
7	Walashimana	Maicao
8	Mapuachón	Uribia
9	Sukuluwou	Uribia
10	Araparen	Maicao
11	Kapuchirrain	Uribia
12	Walirumana	Uribia
13	Ichichón	Maicao
14	Aipiain	Maicao
15	Ekimana	Maicao
16	Kashatain	Uribia
17	Jolotsain	Maicao
18	Tospa	Uribia

Fuente: EDPR, 2023, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST1395 del 30 de diciembre de 2020, 2021.

Tabla 2-6 Comunidad indígena Wayuu del Resguardo Wopumuin Junain Maikou

ID	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	La Paz	Maicao

Fuente: EDPR, 2023, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST1395 del 30 de diciembre de 2020, 2021

Tabla 2-7 Comunidades Indígenas Wayuu registradas en las bases de datos de la Dirección de Asuntos Indígenas, Rom y Minorías del Ministerio de Interior

ID	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	Amaritshi	Maicao
2	Atsaulia	Maicao
3	Bandera	Maicao
4	Charito	Albania
5	Piturumana	Albania
6	Ilualüu (Irruaru-)	Maicao
7	Karrapatamana	Maicao
8	Kasutot	Maicao
9	Kaulakimana	Maicao
10	Maicaito	Maicao
11	Majayut	Maicao
12	Pala'asumana	Maicao
13	Shonkomana	Maicao
14	Yawasirüu 2	Maicao
15	Yosulüu	Maicao
16	Kachuyas	Maicao
17	Puaimana	Maicao
18	kuli Kuri	Maicao
19	Jeyüichón	Maicao
20	Iru'uaín	Maicao
21	Coleramana	Maicao
22	Comunidad Shalimana	Maicao
23	La Macarena	Albania
24	Campo Herrera	Albania
25	La Horqueta	Albania

Fuente: EDPR, 2023, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST1395 del 30 de diciembre de 2020, 2021.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

El documento de procedencia de consulta previa indica que no procede tal actividad con Comunidades Negras, Afrocolombianas Raizales, Palenqueras o comunidades ROM.

Los procesos de participación se llevaron a cabo respetando los principios rectores a nivel constitucional (oportunidad, entendimiento intercultural y bilingüismo, representatividad, buena fe, legitimidad, participación y transparencia) que permitieron finalizar en buen término los procesos de consulta previa determinados por la autoridad competente. En ese sentido, se realizó un proceso de relacionamiento con las autoridades legítimas de los territorios y comunidades incluidas en la procedencia para poder organizar las propuestas de las rutas metodológicas en cada una de las 44 comunidades donde se establecían fechas flexibles, jornadas preparatorias y formales, recorridos, mesas técnicas y demás espacios requeridos para la comprensión del proyecto.

Es pertinente manifestar que la mayoría de las comunidades contaban con equipos de asesoramiento para acompañar el proceso y apoyar técnicamente en la definición de impactos y formulación de medidas de manejo, que involucraran el sentir de las comunidades.

El garante principal de los procesos de consulta es la DANCP, quien lidero los espacios oficiales de reunión y convoco a las partes interesadas en articulación con las rutas metodológicas concertadas para adelantar los procesos, así como extendió la invitación a otros garantes institucionales a nivel local, regional y nacional en cada una de sus etapas, con el fin de generar mayor garantía y legitimidad en cada una de las comunidades consultadas. Resulta pertinente resaltar que uno de los actores más representativos al momento de identificar los impactos y definir las medidas de manejo, fue la participación de La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, quien a través de su equipo territorial en campo apoyo y acompañó los distintos espacios concertados con cada comunidad.

Con las 44 comunidades incluidas en la resolución de procedencia de Consulta Previa se establecieron acuerdos particulares con cada comunidad, registrados en las actas de protocolización para cada uno de los procesos. Dichos acuerdos están vigentes y los procesos de consulta adelantados se encuentran en etapa de seguimiento. Considerando que se presentaron ajustes técnicos para la solicitud del trámite del licenciamiento ambiental, los posibles impactos y medidas de manejo adicionales, derivados de las modificaciones técnicas en cada territorio serán analizados con las comunidades en la etapa de seguimiento de los procesos de consulta previa vigente, dentro del marco de los impactos adicionales que no fueron contemplados en su momento.

○ **Resolución 0884 de 2023 (segunda resolución de procedencia y oportunidad de consulta previa)**

Teniendo en cuenta los ajustes técnicos y ambientales, en el marco de la actualización del Estudio de Impacto Ambiental, el proyecto mediante radicado 2023-1-004044-023289 del 30 de marzo de 2023, a nombre de Eolos Energía S.A.S E.S.P., presentó ante la Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior solicitud de determinación de procedencia de consulta previa para la ejecución del proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”, localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira.

La Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior en respuesta al radicado 2023-1-004044-023289 del 30 de marzo de 2023 emitió el oficio 2023-2-002410-017745 Id: 125027 del 5 de mayo de 2023 mediante el cual citó a reunión virtual el día 10 de mayo de 2023 con el fin de revisar los aspectos técnicos del proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”.

El 10 de mayo de 2023 se realizó reunión entre la empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P., y la Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior en la que la empresa expuso el proyecto y aclaró dudas relacionadas con el alcance de las actividades a ejecutar para del proyecto “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”,

es pertinente resaltar que esta solicitud contemplaba el área que involucra el uso del acceso principal para llegar a los sitios de subestación, siendo esta la primer solicitud de actualización de área para el proyecto.

La empresa Eolos Energía S.A.S.E.S.P. mediante el radicado 2023-1-002410-034393 del 11 de mayo de 2023 solicitó determinación de procedencia de consulta previa para la ejecución del proyecto ahora denominado “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA ADICIONAL*”, localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira.

La Subdirección Técnica de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior en respuesta al radicado 2023-1-002410-034393 del 10 de mayo de 2023 expidió la Resolución ST-0884 del 14 de junio de 2023 para el proyecto “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA ADICIONAL*” (Véase 0_Documentos radicación\3_DANCP), los ajustes solicitados se localizan localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira, mediante la cual resolvió lo siguiente:

- Que procede la consulta previa con las siguientes Comunidades Indígenas del pueblo Wayuu: ROSAMANA, AIPISHIMANA, KATZIALAMANA 1, CARCLOCTAMANA (KARROLOUTAMANA), APUSILAMANA, MATENARI (MATHUNALI), SOSHINCHON 1, SOSHINCHON 2, TALAURA, CASERIAS, UTAITHU Y SIWOLU, pertenecientes al Resguardo Indígena de la Alta y Media Guajira, constituido y ampliado mediante las resoluciones números 0015 de 28 de febrero del 1984 y 028 del 19 de julio del 1994, expedidas por el Instituto Colombiano para la Reforma Agraria – INCORA, comunidades adicionales a las ya determinadas en la Resolución Número 1395 del 30 de diciembre de 2020; para el proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA ADICIONAL*”, localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa de éste acto administrativo.
- Que no procede la consulta previa con Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras; para el proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA ADICIONAL*”, localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa de este acto administrativo.
- Que no procede la consulta previa con Comunidades Rom, para el proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA ADICIONAL*”, localizado en jurisdicción del municipio de Uribia, en el departamento de La Guajira, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa de este acto administrativo.
- El día 7 de julio de 2023, mediante radicado externo EXTMI17-13262, el coordinador de convocatorias UPME solicita Solicitud de Determinación de Procedencia y Oportunidad de la Consulta Previa para comunidades étnicas para el proyecto: “*Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA AJUSTADA*”.

Tabla 2-8 Comunidades Indígenas Wayuu resolución ST-0884 del 14 de junio de 2023

Nº	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	Carclotamana	URIBIA
	(Karroloutamana)	
2	Siwolu	
3	Katzaliamana	
4	Apusilamana	
5	Mathunali	
6	Soshinchon 1	
7	Soshinchon 2	
8	Casería	

Nº	COMUNIDAD	MUNICIPIO
9	Uthaitu	
10	Talaura	
11	Rosamana	
12	Aipishimana	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST0884 del 14 de junio de 2023

○ **Resolución ST-1432 de 2023 (Tercera resolución de procedencia y oportunidad de la consulta previa)**

En el marco de la revisión a las recomendaciones recibidas por la ANLA, se realizó un ajuste al área de influencia del proyecto, lo que conlleva a contemplar áreas adicionales a las contempladas para la solicitud de procedencia inicial del proyecto. En ese sentido, se solicitó una primera área para cubrir el acceso hasta las subestaciones y por la modificación del área de influencia, una segunda solicitud de procedencia que abarcará la nueva área de influencia definida para el proyecto. Es pertinente aclarar que las actividades y el trazado se han generado cambios mínimos, sin embargo, al ampliarse la cobertura del área de influencia nos lleva a realizar los ajustes pertinentes en cada uno de los componentes correspondientes, incluido el análisis de afectaciones directas que pueda generar el proyecto a comunidades que no habían sido identificadas inicialmente.

Para ello se realizó una identificación en terreno para ubicar comunidades con posibles afectaciones directas derivadas de las actividades del proyecto. Con dicha información se solicita a la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa –DANCP– su concepto sobre la procedencia o no de consulta previa con 26 comunidades étnicas que tenían alta probabilidad de ser afectadas y adicionalmente llevar a cabo una visita de verificación a 10 comunidades sobre las cuales no se contaban con la información necesaria para establecer su posible afectación.

Esta solicitud se realizó el 12 de julio de 2023 con **Radicado 2023-1-002410-050003 Id: 162674**. Mediante respuesta el 29 de agosto de 2023 con **radicado 2023-2-002410-038301 Id: 188849**, la DANCP informa que se requiere adelantar visitas de verificación a las comunidades étnicas identificadas cerca del área de intervención del proyecto. Las cuales se llevaron a cabo entre el 4 y el 9 de septiembre de 2023 en 17 comunidades, ya que adicional a las 10 solicitadas, se identificaron 6 comunidades y la DANCP decidió visitar 1 comunidad que identifico en su base de datos (Véase *0_Documentos radicación\3_DANCP*).

La DANCP emitió **Resolución de Procedencia ST-1432 el 2 de octubre de 2023**, resolución que fue notificada el 3 de octubre de 2023. Esta Resolución ST-1432 de 2023 resolvió la procedencia con los Cuatro Pueblos de la Sierra Nevada de Santa Marta (Arhuaco, Kankuamo, Kogui y Wiwa), el Resguardo Indígena Cuatro de Noviembre del pueblo wayuu, el Resguardo Indígena Alberto Pushaina del pueblo wayuu, 19 comunidades indígenas pertenecientes al Resguardo Indígena de la Alta y Media Guajira del pueblo Wayuu y 12 comunidades indígenas por fuera de resguardo registradas ante la Alcaldía Municipal de Maicao y Albania (La Guajira) y/o con procesos de consulta previa de acuerdo con el Sistema de Información en Consulta Previa–SICOP (Véase *0_Documentos radicación\3_DANCP*).

Así como se han realizado los otros procesos de consulta previa, vinculados a las 2 resoluciones anteriores mencionadas, se brindaron las garantías constitucionales para su desarrollo, de acuerdos con cada una de las comunidades. Los detalles sobre el desarrollo de cada uno de los procesos serán abordados en el capítulo 5.3 en el apartado de participación con comunidades étnicas y soportados a través de las actas y registros de cada proceso.

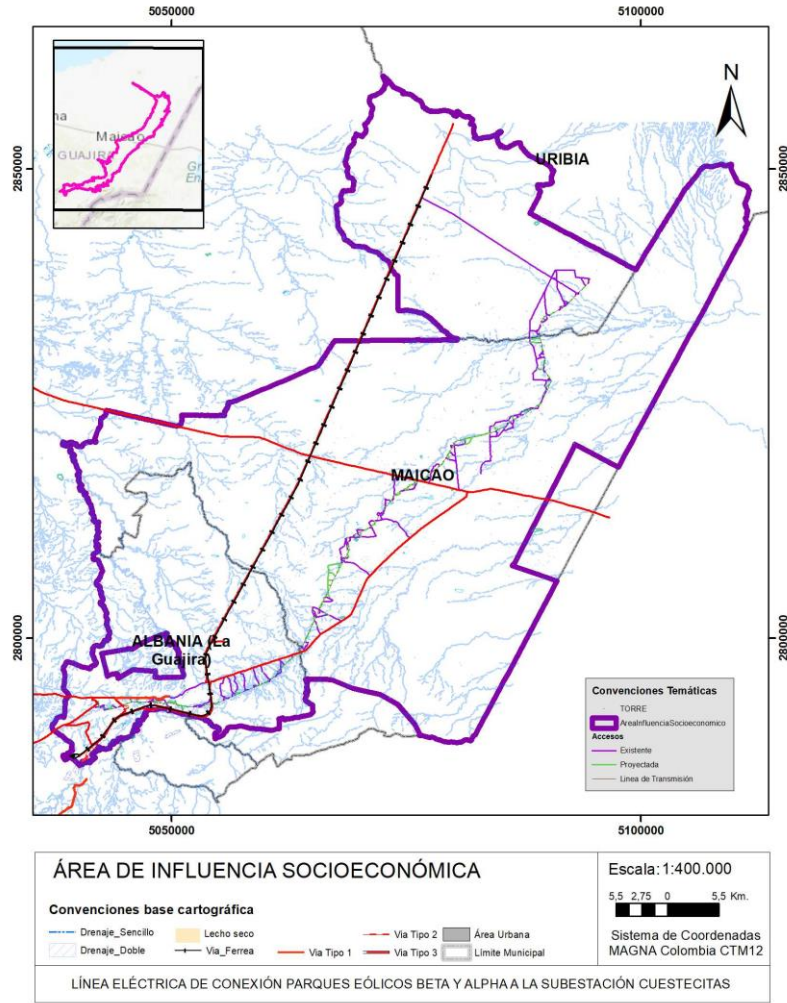


Figura 2-8 Área de influencia socioeconómica del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST1432 del 02 de octubre de 2023.

Tabla 2-9 Comunidades étnicas – Resolución de Procedencia ST-1432 el 2 de octubre de 2023

Nº	COMUNIDAD	MUNICIPIO
1	Pueblos de la Sierra Nevada de Santa Marta	ALBANIA
2	Resguardo Cuatro de Noviembre	
3	Resguardo Alberto Pushaina	
4	Limoncito	MAICAO
5	Laguna de Oxidación	
6	Jojoncito	
7	Maisheman	
8	Manaure	
9	Mi Ranchito	
10	Naranjito	
11	Palasumana	
12	Sicheen	
13	Waletpa	
14	Siwolu III	MAICAO
15	Casería Santana	
16	Tolinchirijuna II	
17	Ailtajain	

Nº	COMUNIDAD	MUNICIPIO
18	Murrulimana	URIBIA
19	Shaleo	
20	Katzialamana I	
21	Santana	MAICAO
22	Campo Florido	
23	Houluy	
24	Loma Jotolimana	
25	La Cruz Capilla	
26	La Horqueta II	
27	Marañamana	
28	Sarrulumana	
29	Seguana	
30	Wairramana	
31	Wulijitsumana (La Cruz Dos)	
32	Los Olivos	ALBANIA
33	Bandera 01	MAICAO

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024, extraído del documento de procedencia de consulta previa ST1342 del 2 de octubre de 2023.

- **Resolución ST-0206 del 23 de febrero de 2024¹¹ (Cuarta resolución de procedencia y oportunidad de la consulta previa)**

La empresa Eolos Energía S.A.S E.S.P., presentó ante la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa-DANCP- del Ministerio del Interior, con radicado **2024-1-004044-001037 - ID 261421 del 10 de enero de 2024**, la Solicitud de Determinación de Procedencia y Oportunidad de la Consulta Previa en el marco del proyecto denominado **“Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas – ÁREA AJUSTADA”** localizado en jurisdicción de los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de la Guajira, debido a que en primer lugar podría existir una posible afectación directa por el desarrollo de las actividades del proyecto a las comunidades indígenas Wayuu de Santa Rosa, Poroika, La Esperanza y El Salao ubicadas en el municipio de Maicao y Moloconosir en el municipio de Albania, a la luz de lo señalado en la Sentencia SU-123 de 2018; y en segundo lugar en el marco de la Debida Diligencia, a la solicitud manifiesta por parte de la empresa en pro de que las comunidades de Siwoluu 2, Wairracalu y Juwalain (Jiwalain) fueran sujetos de Consulta Previa, por la posible afectación directa, y sobre las cuales se realizó la correspondiente visita de verificación previo pronunciamiento de la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa-DANCP- a través de la **Resolución ST-1432 del 02 de octubre de 2023**, donde se determinó la no procedencia de la Consulta Previa con estas tres (3) comunidades pertenecientes a la etnia Wayuu (Véase *0_Documentos radicación\3_DANCP*).

En ese sentido, y una vez realizado el correspondiente análisis geográfico de los contextos del proyecto y las comunidades étnicas, la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa, resolvió la procedencia de la Consulta Previa con las siguientes comunidades:

Tabla 2-10 Comunidades Resolución ST-0206 del 23 de febrero de 2024, emitida por la Dirección de Autoridad Nacional de Consulta Previa-Ministerio del Interior

Nº	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ETNIA	RESGUARDO	COMUNIDAD
1	LA GUAJIRA	ALBANIA	WAYUU	NA	Moloconosir
2		MAICAO			La Esperanza
3					Poroika
4					Santa Rosa
5					El Salao

¹¹ Información extraída de la solicitud de procedencia y oportunidad de la consulta previa y la Resolución ST-0206 de 23 de febrero de 2024.

Nº	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ETNIA	RESGUARDO	COMUNIDAD
6		URIBIA		Alta y Media Guajira	Wairracalú
7					Juwalain (Jiwalain)
8					Siwolu 2

Fuente: Adaptado de la Resolución ST-0206 del 23 de febrero de 2024, GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

2.1.3.3 Interrelación con área SINAP y SIRAP, ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles

A continuación, se presentan los ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles a nivel local, regional y nacional, que se identificaron en el área de influencia fisicobiótica del proyecto. Se llevó a cabo la consulta en el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC –, de manera específica, en las capas correspondientes a prioridades de compensación CONPES y el RUNAP de Parques Nacionales Naturales, Reserva de la Biósfera del MADS, y ecosistemas de importancia reportados en SIAC por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt¹². La **Tabla 2-11** presenta un resumen de los ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles, y la información completa se presenta en el numeral 5.2.1.3. Ecosistemas Estratégicos, del presente estudio.

Tabla 2-11 Ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles

NIVEL	TIPO	NOMBRE	ÁREA (ha) vs. AINF	FUENTE
Nacional	Bosque seco Tropical	Bosque seco tropical	7476,23	Geocol Consultores
	Humedales	Humedales de Colombia	308,24	SIAC
	Reserva Natural de la Sociedad Civil	Aguas Blancas – Santa Helena – Mushaisa	282,33	RUNAP
	Áreas Prioritarias de Conservación CONPES	Peri Caribeño Baja Guajira Zonobioma seco tropical del Caribe	15567,47	SIAC
		Peri Caribeño Baja Guajira Helobioma del Magdalena y Caribe	85,05	SIAC
		S_N_Santa_Marta SubAndino_Santa M Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	1435,63	SIAC
Regional	Reservas Forestales Protectoras Regionales	Reserva Forestal Protectora Ubicada En Los Montes De Oca	25,75	CORPOGUAJIRA
	Distrito Regional de Manejo Integrado	Distrito de Manejo Integrado de la Cuenca Baja del río Ranchería	702,39	RUNAP
	Sistema Regional de Áreas Protegidas del Caribe	Arbustales y herbazales de la alta Guajira	4671,04	SIRAP
		Arbustales de Carraipia	1192,30	
		Bosques y arbustales de la Serranía de Bañaderos	737,53	
		Complejo ribereño del Río Ranchería	268,51	
		Complejo de arbustales de la media Guajira	4823,40	
	Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas	POMCA Río Ranchería	8266,80	CORPOGUAJIRA
		POMCA Río Carraipía – Paraguachón	4771,12	
Local	Clasificación de suelo	Retiro cuerpos de agua	2064,71	POT Maicao
		Suelo de Protección Municipio de Albania	3006,55	POT Albania
		Franja de servidumbre vía férrea del Cerrejón	343,84	
		Retiro cuerpos de agua	1466,84	
		Retiro cuerpos de agua	279,81	POT Uribia
	Corredor Biológico del Cerrejón	Corredor del agua – Wüin-Manna	1760,85	Carbones del Cerrejón

¹² Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2020. Disponible en línea en: <http://www.humboldt.org.co/es/>. Consultado el 01/04/2020.

NIVEL	TIPO	NOMBRE	ÁREA (ha) vs. AINF	FUENTE
	Bosque de galería y/o ripario	Bosque de galería y/o ripario	1032,10	Geocol Consultores

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

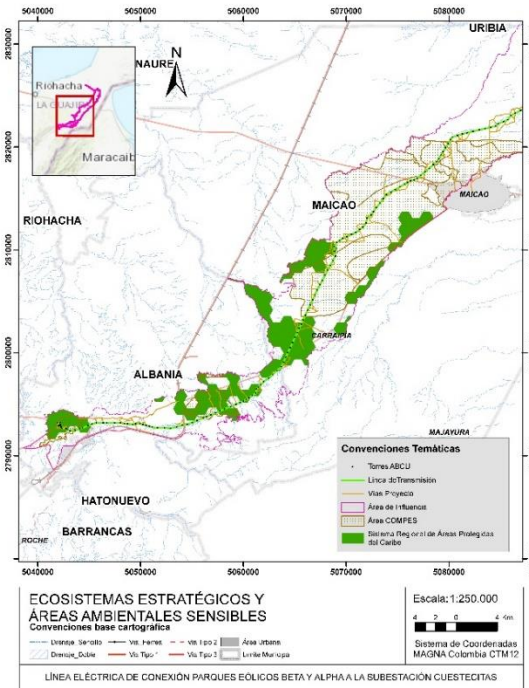
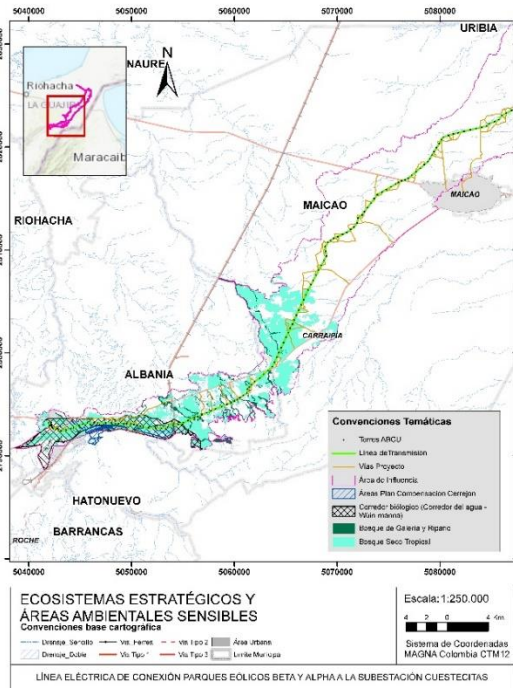


Figura 2-9 Ecosistemas estratégicos y áreas ambientales sensibles

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.1.3.4 Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCA

En el área de influencia del proyecto, se identificaron los Planes de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Ranchería y Carraipía – Paraguachón. Con base en la zonificación de dicho POMCA, dentro del área de influencia biótica del proyecto se encuentran áreas de importancia ambiental definidas en tres (3) categorías: Áreas de preservación hídrica y biológica, Áreas de restauración y Áreas de producción sostenible. Los análisis de las áreas mencionadas se presentarán en el Capítulo 5.2 Caracterización Biótica del proyecto numeral 5.2.1.3.

2.1.3.5 Reserva Forestal de Ley 2ª de 1959 y otros

En el Sistema de Información Ambiental del Colombia – SIAC¹³ no se identificó en el área de influencia del proyecto reservas forestales correspondientes a aquellas que forman parte de la Ley 2ª de 1959.

¹³ SIAC, 2020 Sistema de Información Ambiental de Colombia. Disponible en línea en <http://sig.anla.gov.co:8083/> Consultado en 13/03/2020.

2.1.3.6 Ecosistemas Estratégicos (Local, Regional, Nacional y/o Internacional, Humedales, Páramos, Manglares, Ramsar)

En la **Tabla 2-11** se presentan los resultados de la búsqueda en el portal el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC (Geovisor de Parques Nacionales y MinAmbiente) y en el Geovisor de Corpogujira y se identificaron las áreas de importancia del área de influencia del proyecto.

De acuerdo con la revisión realizada, no se encontraron en el área de influencia sitios RAMSAR, ni ninguna intercepción con alguna área declarada en esta categoría¹⁴. Se verificó en cada uno de los instrumentos de ordenamiento territorial las áreas de importancia ambiental de los municipios del área de influencia, y se logró identificar lo que se presenta a continuación.

- **Municipio de Maicao**

El Plan de Ordenamiento Territorial-POT de Maicao define áreas de reserva relacionadas con los ecosistemas estratégicos para el mantenimiento ecológico y la biodiversidad del municipio. Se encuentra el área de manejo especial de los Montes de Oca, que pertenecen a un sistema montañoso en la zona sur y suministra servicios directos e indirectos de orden ambiental, económico y social.

El POT define un área de manejo especial llamado Alto del Cedro, localizado en las estribaciones de los Montes de Oca al sur del Corregimiento de Carraipía; la cobertura vegetal corresponde al Bosque Muy Seco Tropical.

Se identificaron ecosistemas estratégicos como ríos, arroyos, caños, jagüeyes y brazos de ríos y lagunas que se encuentran en el municipio, considerados fundamentales para el mantenimiento del equilibrio y de la biodiversidad en el municipio. En la categoría de ecosistemas estratégicos de alto riesgo, están las zonas inundables, las áreas de deslizamientos de tierra y otras amenazas. Se establecieron zonas de conservación y protección: Área de conservación activa, Área de preservación estricta, Áreas de regeneración y mejoramiento, Zonas de protección hídrica, Zonas de conservación hídrica, Zonas de recuperación y mejoramiento hídrico.

Todas las categorías identificadas en el POT tienen por objeto la protección de ecosistemas estratégicos del municipio con base en la importancia, presencia y explotación de recursos naturales, siempre buscando el desarrollo sostenible.

- **Municipio de Uribia**

De acuerdo con la zonificación ambiental presentada en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio, la categoría correspondiente a suelos rurales se divide en Áreas de Especial Importancia Ecosistémica (AIE), Área de Recuperación Ambiental (ARA), Zona de Actividad Mixta (ZAM), Zona de Reserva del Corredor Minero (ZRCMP) y Área del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (ASNAP).

La clasificación de suelos está identificada en el POT, como suelos de protección, constituidos por áreas de terrenos que, por sus características geográficas, paisajísticas, ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructura, para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, poseen restricción a ser urbanizados. En esta categoría sobresale por su importancia ambiental los siguientes:

¹⁴ Ibíd.

¹⁴ Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2020. Disponible en línea en: <http://www.humboldt.org.co/es/>. Consultado el 01/04/2020.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- **Suelos de protección para fuentes hídricas:** suelos que se ubican en la zona aledaña a los arroyos Chemarrain, Cutanamana y Jipi. Para este tipo de suelos el POT reglamenta un área de 30 m a lado y lado de cada fuente.
- Los suelos de protección para zonas de riesgos naturales son aquellos donde se presenta algún tipo de riesgo para la ubicación de asentamientos, debido a inundaciones o deslizamientos.

- **Municipio de Albania**

De acuerdo con la clasificación de Corpoguajira, se identificaron como determinantes ambientales a nivel rural las siguientes categorías de ecosistemas estratégicos: Áreas de Reserva para la Conservación y Protección del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Dentro de la mencionada área de reserva, se encuentran la Reserva Forestal de los Montes de Oca, y las áreas protegidas del río Ranchería. Conforme al Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT de Albania, se registraron áreas forestales protectoras correspondientes a nacimientos y rondas hídricas, el área de recuperación de falla de Oca y del río Ranchería, áreas de rehabilitación posterior a actividades extractivas, éstas últimas asociadas a la minería de carbón. Así como, áreas de manejo especial para saberes locales, áreas de preservación hídrica y biológica, que tienen como principal propósito la protección de la biodiversidad y la continuidad de las dinámicas biológicas y ecológicas. En esta última categoría, se encuentran inmersas tres (3) subcategorías:

- Áreas protegidas declaradas (Reserva Forestal Protectora Montes de Oca).
- Áreas protegidas propuestas para declaratoria.
- Otras áreas de importancia ambiental.

En el EOT se establecen áreas de restauración, que buscan la recuperación natural o asistida de áreas deterioradas; y áreas de uso múltiple restringido a actividades de impacto moderado, que corresponden a áreas con intervenciones antrópicas de importancia hidrológica.

2.1.3.7 Distritos de manejo integrado y su interacción con el área de influencia

En el área de influencia se identificó el Distrito Regional de Manejo Integrado de la Cuenca Baja del Río Ranchería, establecido en el Acuerdo No. 20 del 19 de diciembre de 2014 por Corpoguajira. Este DMRI cuenta con una extensión total de 32.442,2 ha y se distribuye entre los municipios de Albania, Manaure y Riohacha, en el departamento de La Guajira. El área del DMRI es interceptada por el área de influencia fisicobiótica establecida para el proyecto y corresponde a 702,39 ha; dicha intercepción se localiza sobre la zona suroccidental del área de influencia del proyecto en inmediaciones a la subestación Cuestecitas. El trazado del proyecto no se intercepta con el DRMI.

2.1.3.8 Proyectos en el área de influencia

De acuerdo con la información del SIAC y del portal Vital, se identificaron en el área de influencia del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, los proyectos que se incluyen y presentan a continuación en la **Tabla 2-12**.

Tabla 2-12 Lista de Proyectos Existentes y Projectados en el Área de Influencia

ID	EXPEDIENTE	ENTIDAD	TITULAR	PROYECTO	LICENCIA AMBIENTAL			ACTIVIDAD	SUPERPOSICIÓN AI		SUPERPOSICIÓN SERVIDUMBRE	
					RESOLUCIÓN	FECHA	ESTADO					
1	LAM1094	ANLA	CARBONES DEL CERREJÓN LTD.	PROYECTO MINERO DE EXPLOTACIÓN DE EXPLOTACIÓN DE CARBÓN BLOQUE CENTRAL DEL CERREJÓN ZONA NORTE. MINA EL CERREJÓN (ÁREAS INTEGRADAS).	797	23/06/1983	Activo	MINERÍA	6709.65	Ha	109.31	Ha
2	LAM0034	ANLA	TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL S.A. E.S.P. - TGIS.A. E.S.P.	GASODUCTO BALLENAS BARRANCABERMEJA	44	19/01/1994	Activo	HIDROCARBUROS	12.05	Ha	0.89	Ha
3	LAM3406	ANLA	PDVSA GAS S.A. SUCURSAL COLOMBIA	INTERCONEXIÓN GASÍFERA COLOMBIA - VENEZUELA TERRITORIO COLOMBIANO	1133	15/06/2006	Activo	HIDROCARBUROS	20.06	Ha	0.16	Ha
4	LAV0020-00- 2022	ANLA	PROMIGAS S.A. E.S.P.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL GASODUCTO ALBANIA -MAICAO	5524	18/07/2022	Activo	HIDROCARBUROS	165.71	Ha	1.17	Ha
5	LAM3256	ANLA	ECOPETROL S.A.	ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA CALISTO	708	8/06/2005	Activo	HIDROCARBUROS	1251.73	Ha	36.51	Ha
6	LAV0042-00- 2018	ANLA	HOCOL S.A.	ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA GUA 2	1476	7/09/2022	Activo	HIDROCARBUROS	1968.21	Ha	18.10	Ha
7	LAM8237-00	ANLA	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	LÍNEA DE TRANSMISIÓN CUESTECITAS – MAJAYURA A 230 KV	988	11/05/2022	Activo	ELÉCTRICO	52.27	Ha	0.35	Ha
8	LAV0007-00- 2018	ANLA	VIENTOS DEL NORTE S.A.S.E.S.P	PROYECTO DE GENERACION DE ENERGIA EOLICA ALPHA	618	18/03/2022	Activo	ELÉCTRICO	3694.62	Ha	69.90	Ha

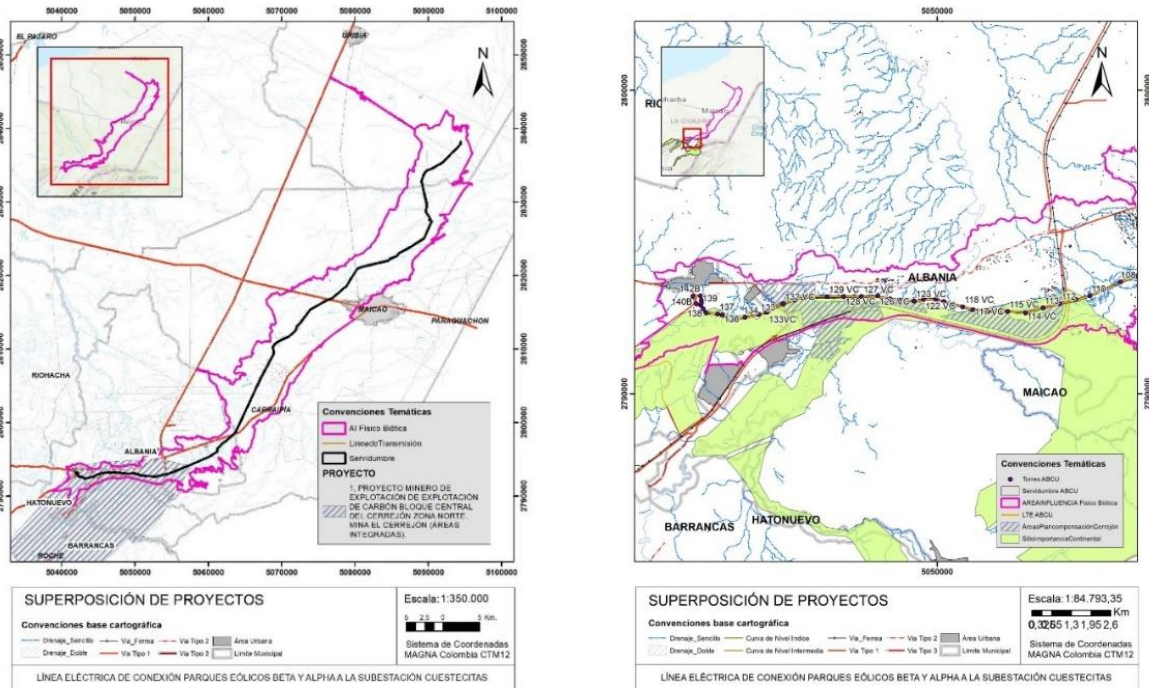
ID	EXPEDIENTE	ENTIDAD	TITULAR	PROYECTO	LICENCIA AMBIENTAL			ACTIVIDAD	SUPERPOSICIÓN AI		SUPERPOSICIÓN SERVIDUMBRE	
					RESOLUCIÓN	FECHA	ESTADO					
9	LAV0056-00- 2018	ANLA	EOLOS ENERGIA S.A.S. E.S.P.	PROYECTO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA BETA	1554	2/09/2021	Activo	ELÉCTRICO	4097.08	Ha	32.87	Ha
10	LAV0033-00- 2023	ANLA	GRUPO ENERGIA BOGOTA S A ESP	LÍNEA DE TRANSMISIÓN ASOCIADA A LA CONEXIÓN CUESTECITAS – COLECTORA 1500 KV	6234	13/08/2023	Activo	ELÉCTRICO	66.59	Ha	N/A	
11	LAV0051-00- 2021	ANLA	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P.	INTERCONEXIÓN CUESTECITAS – COPEY - FUNDACIÓN 500/220 MIL VOLTIOS – INTERCONEXIÓN CUESTECITAS – COPEY - FUNDACIÓN 500/220 MIL VOLTIOS	285	31/01/2022	Activo	ELÉCTRICO	204.34	Ha	5.91	Ha
12	LAM0758	ANLA	TRANSELCA S.A. ESP	LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 220 KV VALLEDUPAR- CUESTECITA	727	4/07/2003	Activo	ELÉCTRICO	1.97	Km	N/A	
13	LAV0011-00- 2022	ANLA	GRUPO ENERGIA BOGOTA S A ESP	SUBESTACIÓN COLECTORA 500KV Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN COLECTORA CUESTECITAS Y CUESTECITAS LA LOMA 500KV – CONEXIÓN CUESTECITAS LA LOMA	1937	12/09/2022	Activo	ELÉCTRICO	13.36	Ha	0.42	Ha
14	LAM0683	ANLA	DRUMMOND LTD	Bloque Exploratorio Patillal Noreste	1517	11/12/95	Activo	Hidrocarburos	533,769	Ha	N/A	
15	LAV0038-00-2020	ANLA	ISAGEN S.A. E.S.P.,	Proyecto Parque Eólico Guajira II	01511	27/08/21	Activo	Electrico	7248,213	Ha	N/A	

ID	EXPEDIENTE	ENTIDAD	TITULAR	PROYECTO	LICENCIA AMBIENTAL			ACTIVIDAD	SUPERPOSICIÓN AI		SUPERPOSICIÓN SERVIDUMBRE	
					RESOLUCIÓN	FECHA	ESTADO					
16	LAV0002-00-2021	ANLA	ENEL GREEN POWER COLOMBIA S.A.S. E.S.P	Línea Eléctrica de Transmisión Parque Eólico Windpeshi – Subestación Cuestecitas	01621	13/09/21	Activo	Electrico	193,155	Ha	N/A	
17		CORPOGUAJIRA	ALCALDIA MUNICIPAL DE ALBANÍA	DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE ALBANIA – LA GUAJIRA.	515	17/03/2010	Activo	RELLENO SANITARIO	9.54	Ha	N/A	
18		CORPOGUAJIRA	ELECNOTRE S.A.S E.S.P (GEB)	LÍNEA ELÉCTRICA RIOHACHA-MAICAO 110 KV Y RIOHACHA-CUESTECITAS 110 KV	2726	13/11/2018	Activo	ELÉCTRICO	12.12	Ha	0.11	Ha
19		CORPOGUAJIRA	CELSIA	PARQUE EÓLICO CAMELIAS	128	26/01/2018	Activo	ELÉCTRICO	7.07	Ha	N/A	
20		CORPOGUAJIRA	CELSIA	PARQUE EÓLICO ACACIA II	406	15/12/2016	Activo	ELÉCTRICO	1098.58	Ha	N/A	
21		CORPOGUAJIRA	CELSIA	LTE ACACIA 110KV	1051	17/05/24	Activo	ELÉCTRICO	2793,29	Ha	0,271711 ha	

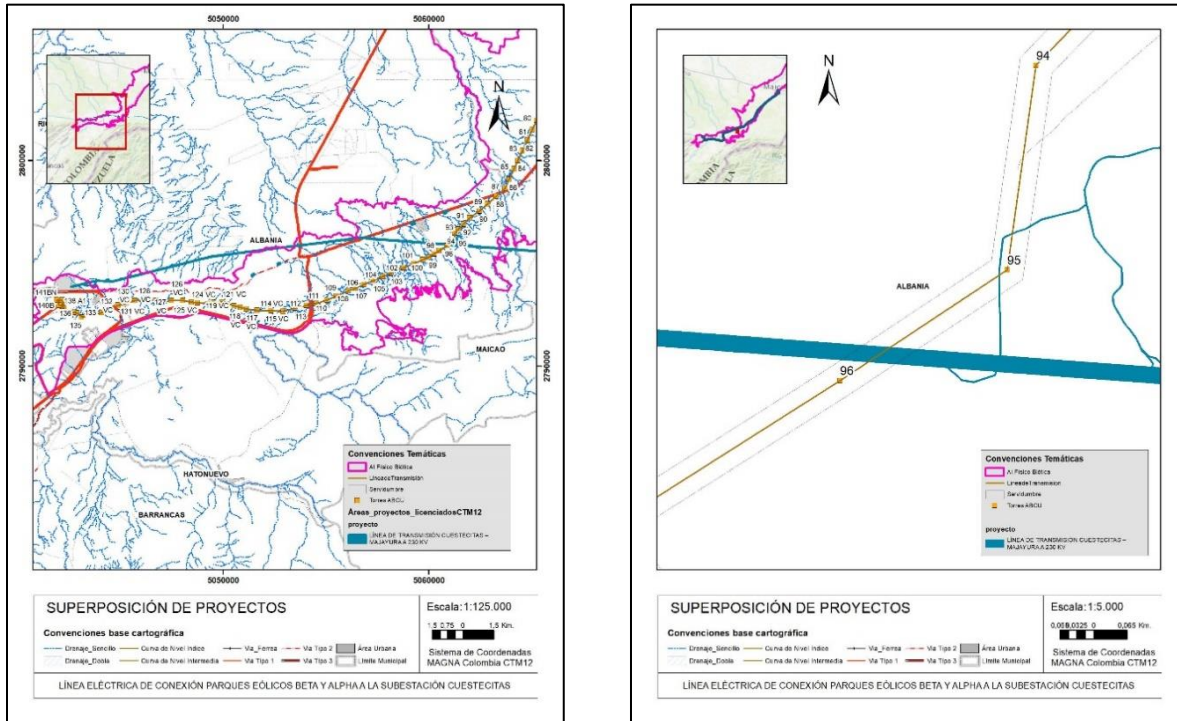
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

A continuación, se presentan cada uno de los Proyectos Existentes y Proyectos en el Área de Influencia (La información de superposición de proyectos se amplía en el Capítulo 8 de Evaluación ambiental).

En la **Figura 2-10** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el proyecto Minero de Explotación de Carbón. Mina El Cerrejón (Bloque Central Del Cerrejón Zona Norte. Mina El Cerrejón (Áreas Integradas), incluye la vía férrea y Línea de Transmisión eléctrica Cuestecitas Mina Intercol 110 kV). Se observa la superposición del proyecto minero, con el área de influencia del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* de 6709,65 ha y de 109,31 ha con las áreas propuestas de intervención.



En la **Figura 2-11** se observa la superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta Alpha Cuestecitas con el Proyecto Gasoducto Ballenas Barrancabermeja. presenta traslape con el área de influencia en 12,05 ha e intercepción con el derecho de servidumbre de 0,89 ha.



En la **Figura 2-12** se observa la superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas presenta traslape con el polígono del Proyecto Interconexión Gasífera Colombia - Venezuela Territorio Colombiano en 20,06 ha con el área de influencia y 0,16 ha con la servidumbre.

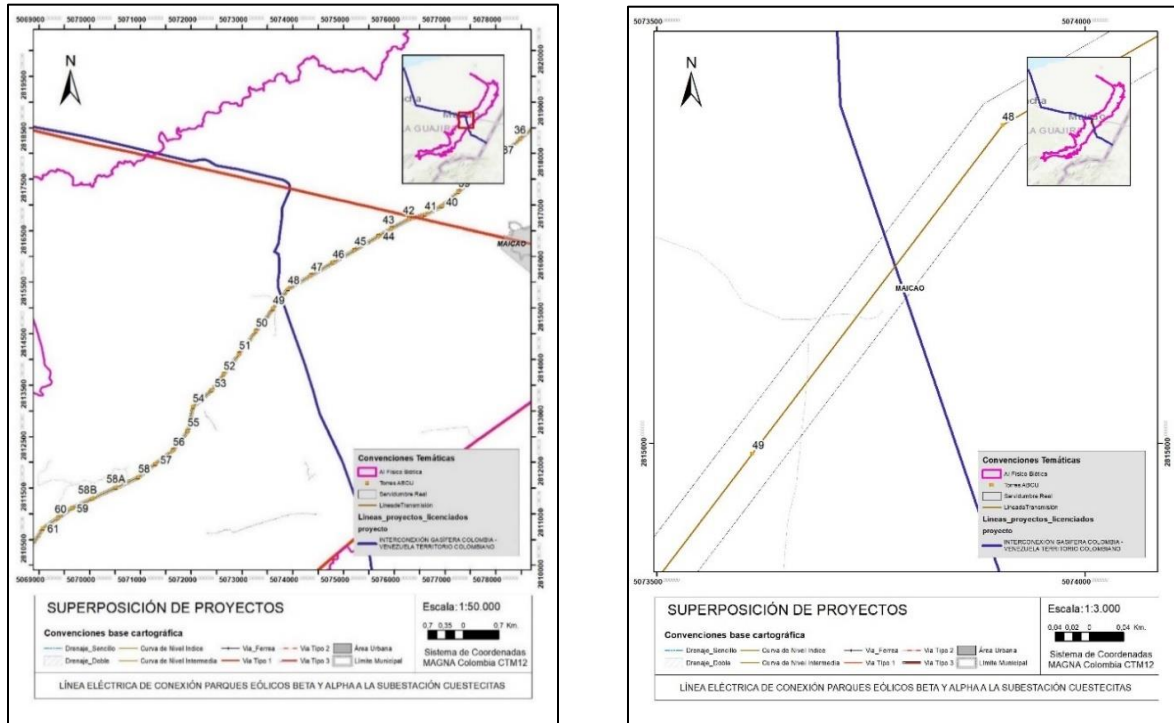
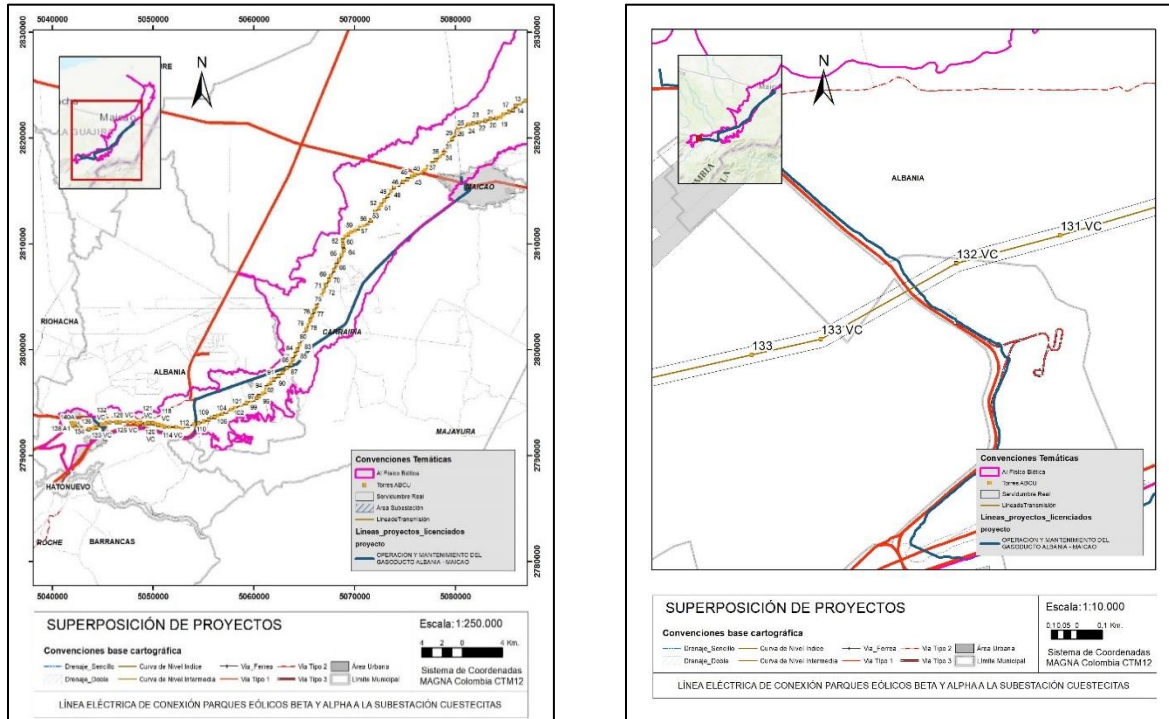


Figura 2-12 Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Interconexión Gasífera Colombia – Venezuela Territorio Colombiano

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-13** se observa la superposición entre el Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas y el Gasoducto Albania-Maicao presenta traslape con el área de influencia en 165,71 ha y con el derecho de servidumbre en tres (3) puntos específicos a lo largo del trazado del proyecto, equivalente a 1,17 ha.



En la **Figura 2-14** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el Proyecto Área de Perforación Exploratoria Gua 2. tiene una superposición parcial con el área de influencia del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* de 1968,21 hectáreas y una intersección menor con el área de servidumbre de 18,10 hectáreas específicamente de la torre 38 a la 44.

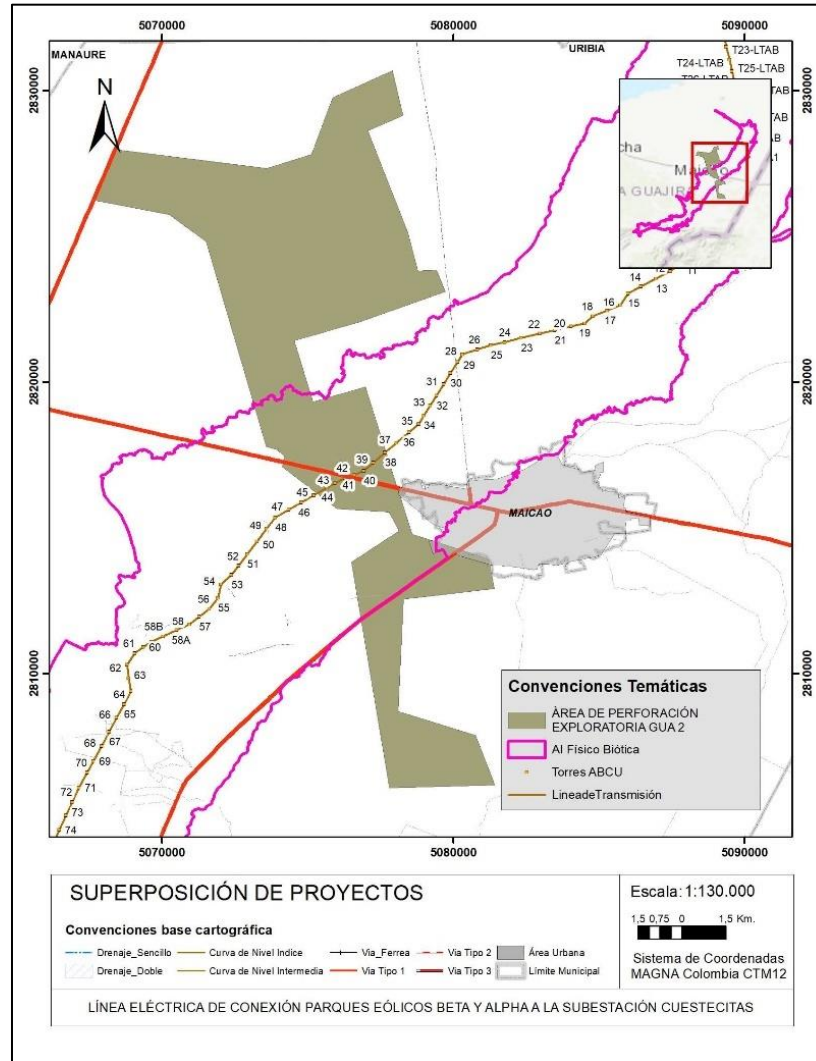


Figura 2-14 Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Área de Perforación Exploratoria GUA 2
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-15** el proyecto Área de Perforación Exploratoria Calisto se superpone parcialmente con una zona del área de influencia en 125,73 Ha y posee una intersección menor con el área de servidumbre de 36,51 Ha. El sitio de la infraestructura eléctrica proyectada indica que varias torres estarán ubicadas dentro del área de la perforación exploratoria, específicamente las torres que van desde la 127 VC a la torre 142 B. A pesar de estas superposiciones, es crucial reconocer que no se ha desarrollado infraestructura permanente en la zona de traslape y que cualquier construcción previa, específicamente la plataforma Calisto-1, ha sido ya adecuadamente desmantelada.

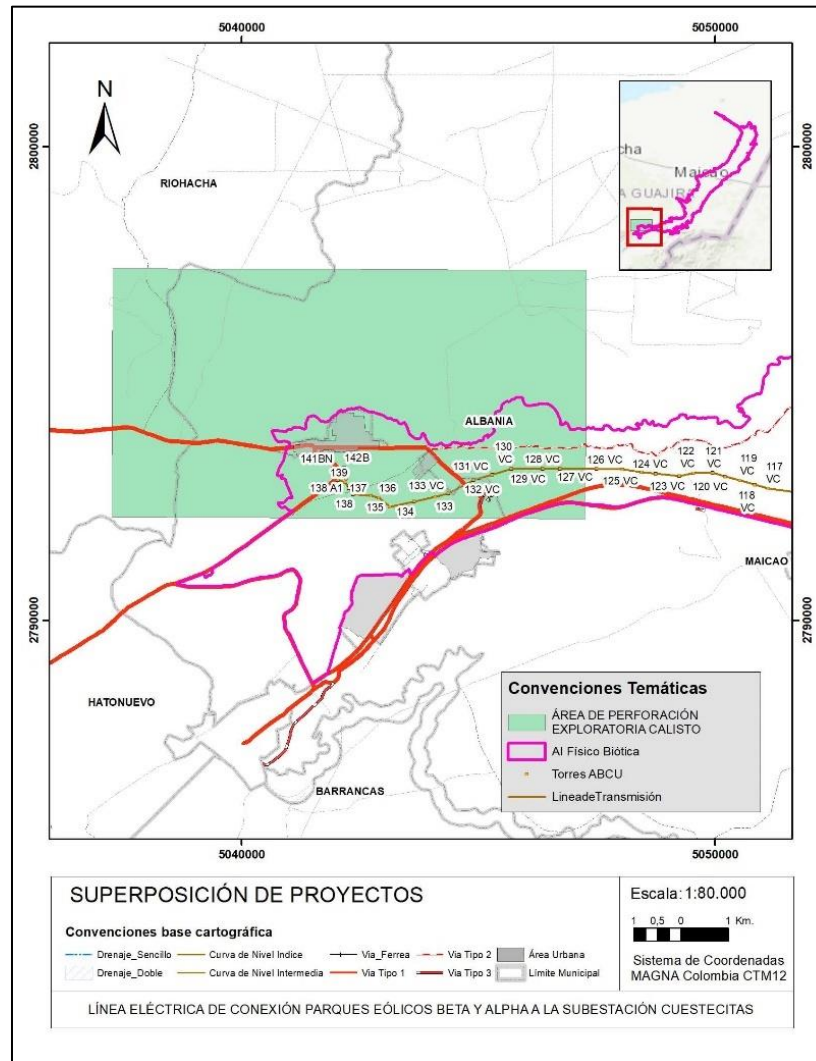
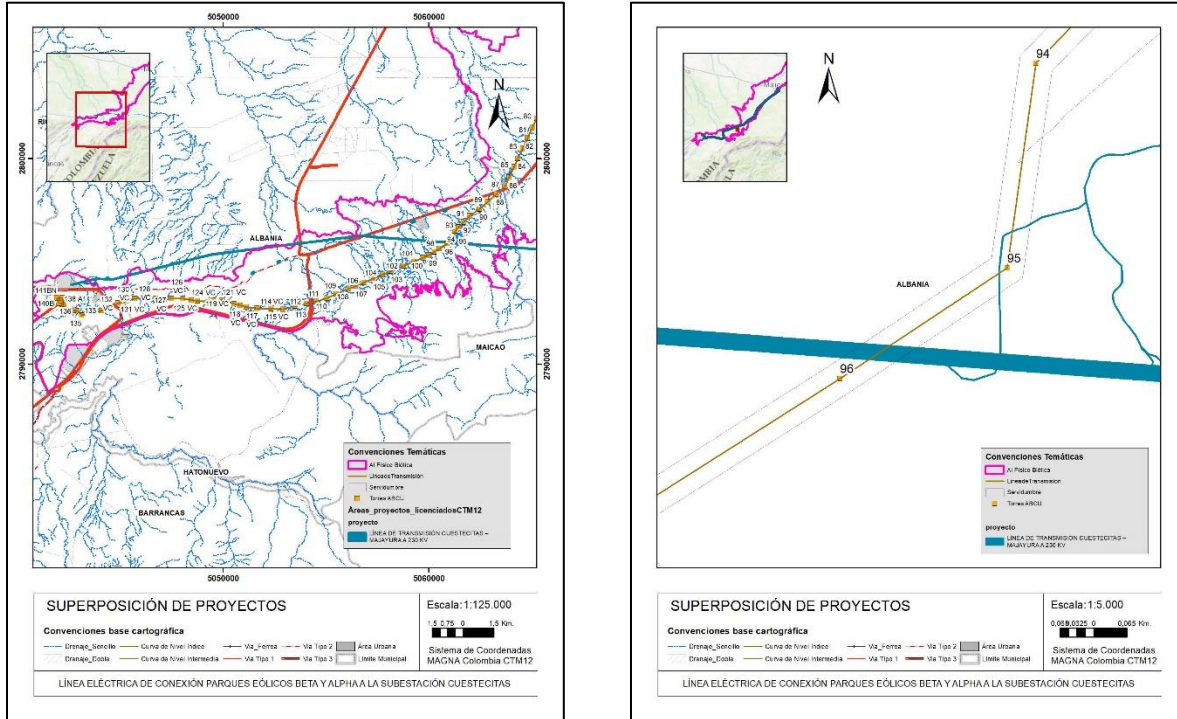


Figura 2-15 Área de superposición con el Área de Perforación Exploratoria Calisto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la **Figura 2-16** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el Proyecto Línea de Transmisión Cuestecitas – Majayura a 230 KV. La superposición de los proyectos se hace en el tercer tercio del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, en el municipio de Albania, se cruzan en un punto de la línea eléctrica, y recorre la parte sur del AI de forma paralela hasta llegar a Cuestecitas. Se presenta traslape con el área de influencia en 5,27 ha e intercepción con el derecho de servidumbre de 0,35 ha.



En la **Figura 2-17** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Alpha. presenta traslape con el polígono del proyecto de Generación de Energía Eólica Alpha en 3694,62 ha con el área de influencia y 69,90 ha con la servidumbre.

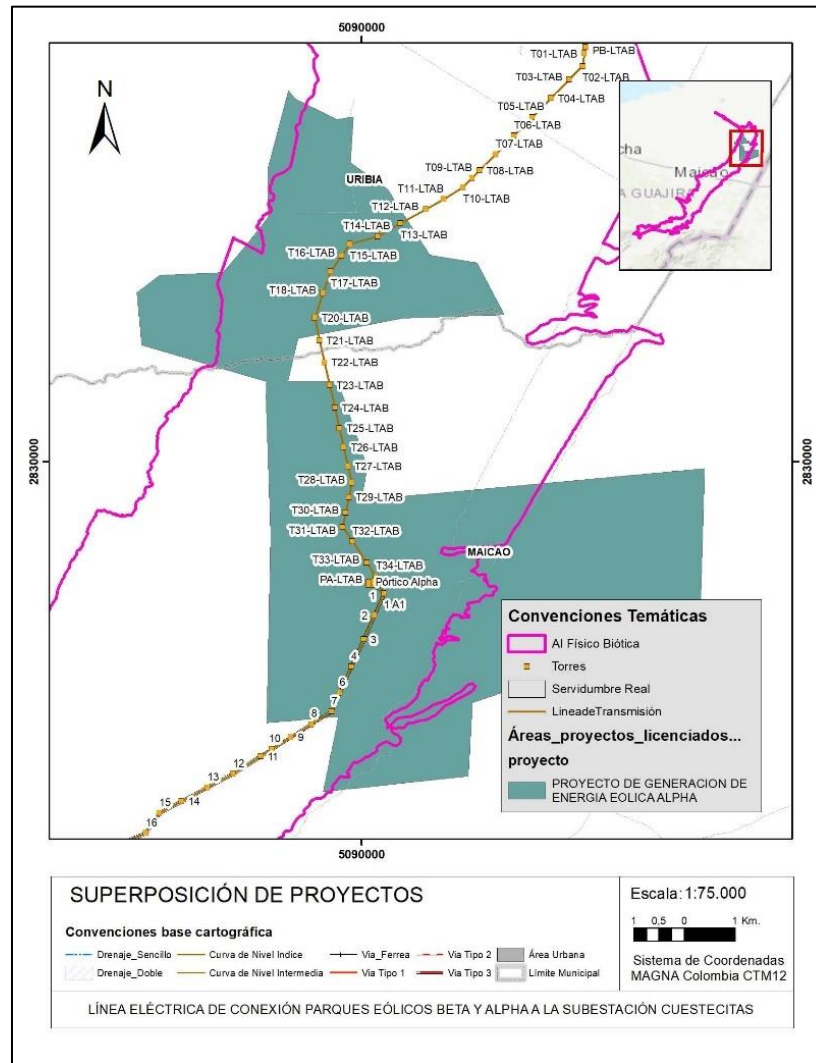


Figura 2-17 Proyecto de Generación de Energía Eólica Alpha

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-18** se observa la superposición de la *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Beta. Se presenta traslape con el polígono del Proyecto de Generación de Energía Eólica Beta en 4097,08 con el área de influencia y 32,87 ha con la servidumbre.

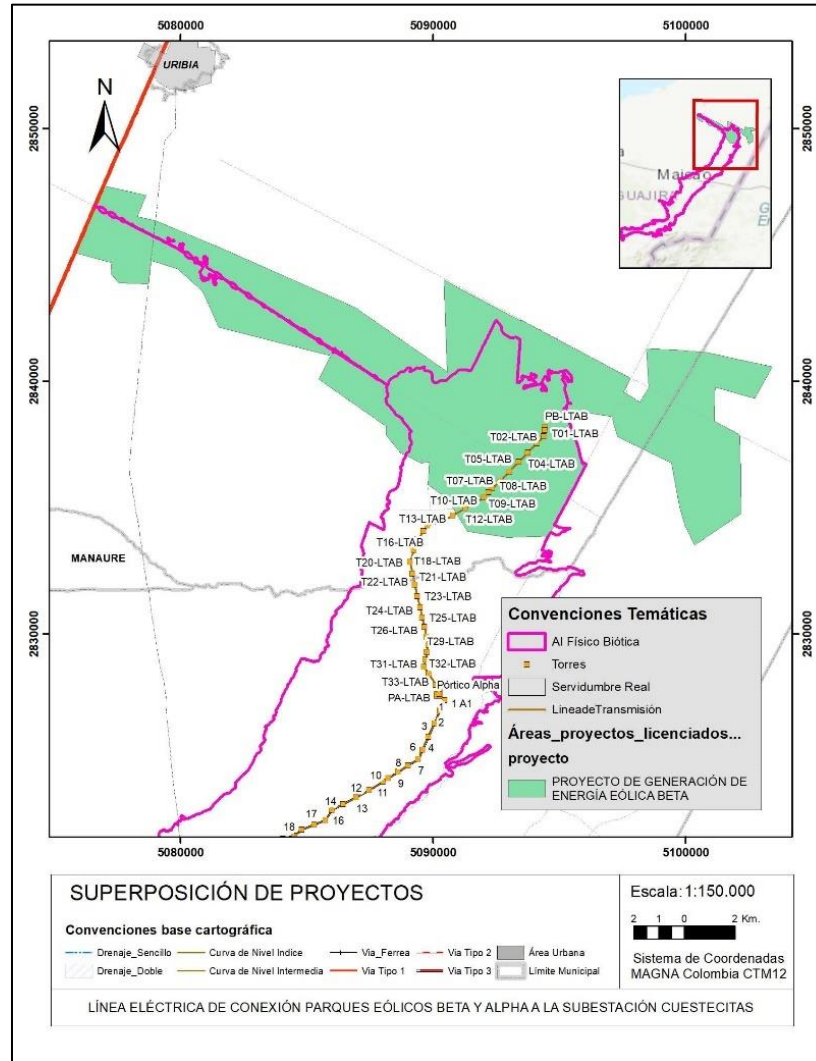


Figura 2-18 Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Beta

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Como se evidencia en la **Figura 2-19** el proyecto Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas presenta traslape con el polígono del Proyecto de Generación de Energía Eólica Acacias 2. El área de influencia fisicobiótica del proyecto Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas se superpone en 1098,58 ha con el proyecto Acacia 2. No existe interferencia alguna con las áreas de intervención de la línea eléctrica.

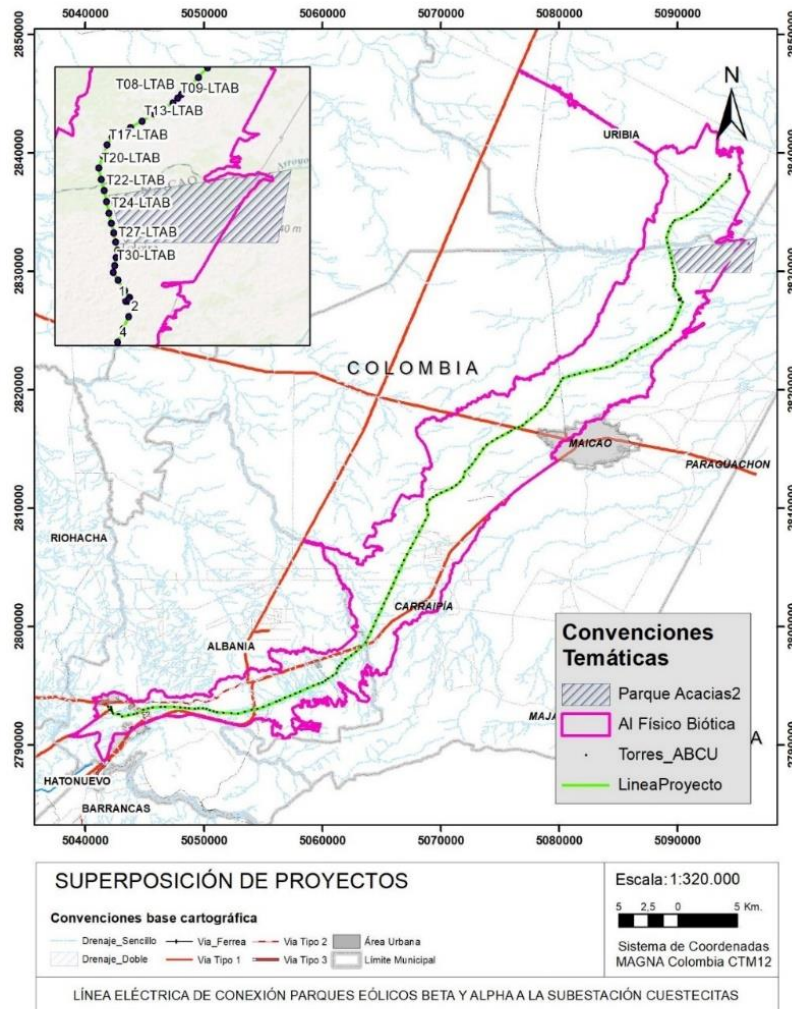


Figura 2-19 Área de superposición con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Acacias 2

Fuente: AMBIENTAL EMPRESARIAL S.A.S. Y EYC GLOBAL S.A.S., 2021, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

En la **Figura 2-20** el proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* presenta traslape con el polígono del Proyecto de Generación de Energía Eólica Las Camelias. Según la ubicación proyectada de la infraestructura del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, solamente el área de influencia se intercepta dentro del área del Proyecto de Generación de Energía Eólica CAMELIA en un área de **7,07** ha.

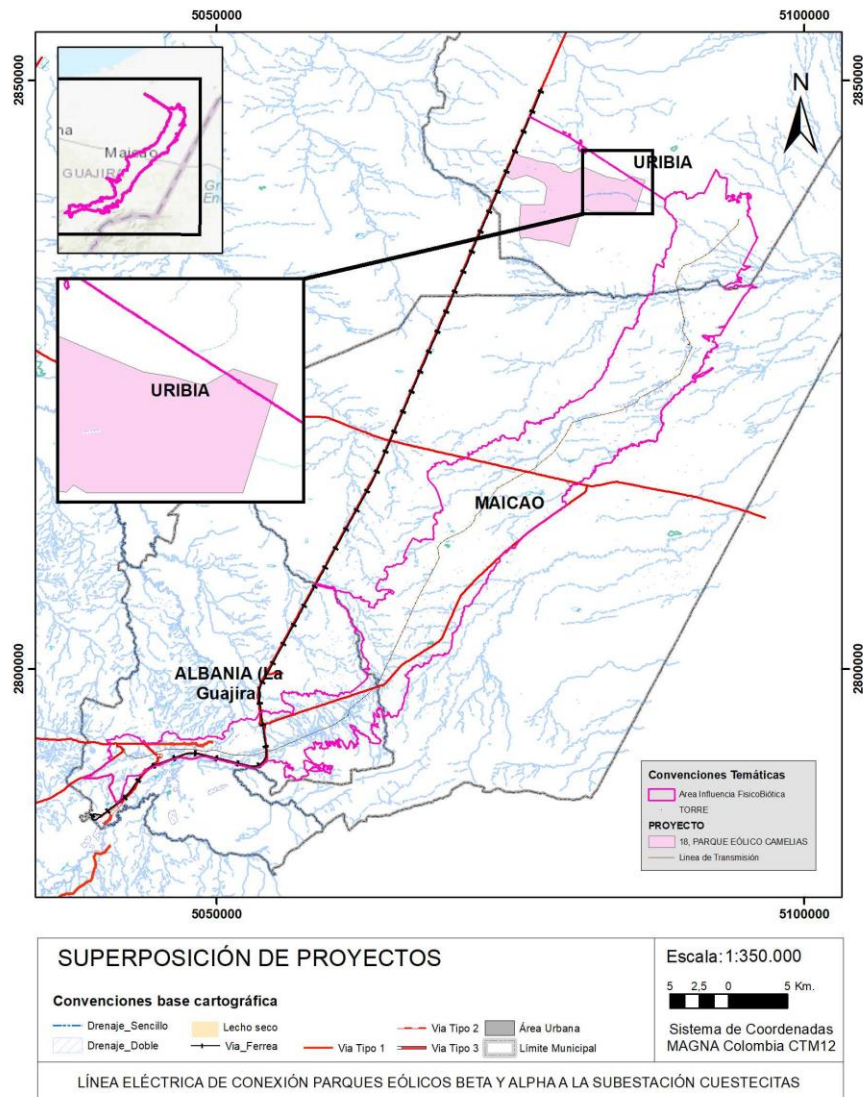


Figura 2-20 Área de superposición con el Proyecto de Generación de Energía Eólica Las Camelias

Fuente: Begonia Power S.A.S.E.S.P 2018, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

En la **Figura 2-21** se observa la superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta -Alpha- Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión Asociada Cuestecitas – Colectora 1500 KV presenta traslape en el área de influencia con el proyecto de subestación Colectora 500 kV y conexión Colectora –Cuestecitas 500 kV de 66,59 hectáreas.

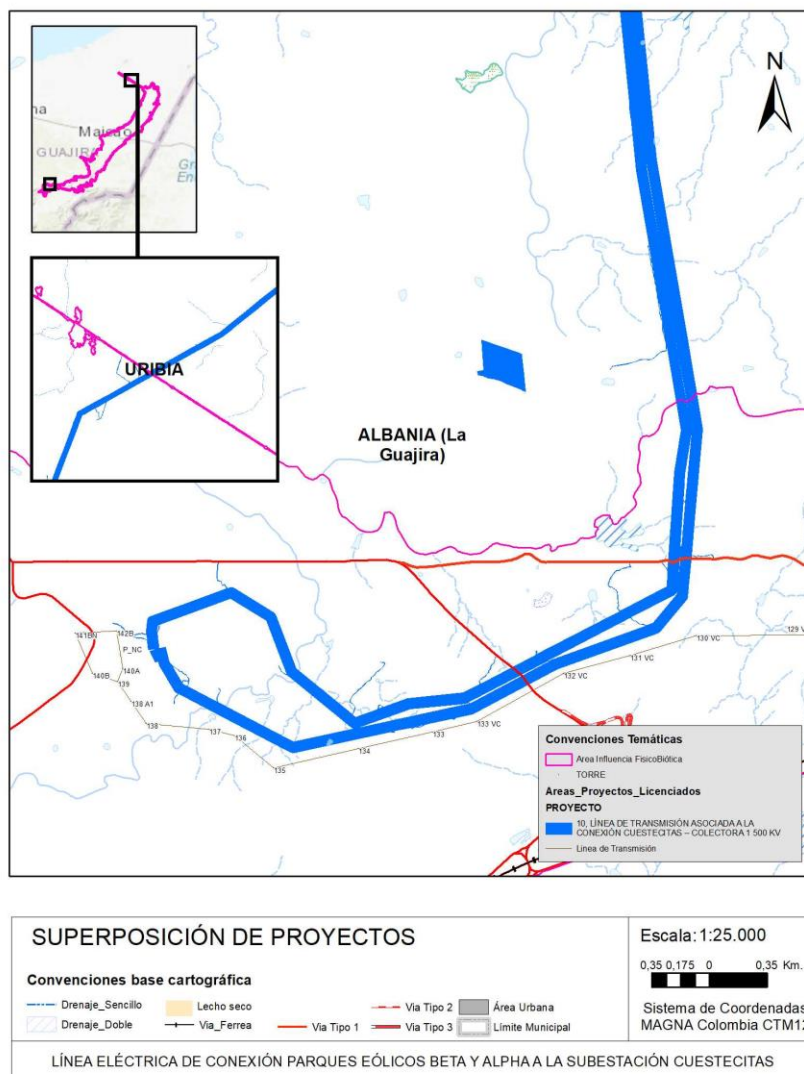


Figura 2–21 Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta –Alpha– Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión Asociada Cuestecitas – Colectora 1500 KV
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2–22** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el Proyecto Interconexión Cuestecitas – Copey – Fundación. La superposición de los dos proyectos se hace al sur de la línea eléctrica BACU a donde llega la línea eléctrica Copey – Fundación; en un área de 204,34 ha con el área de influencia y de 5,91 ha con el derecho de servidumbre.

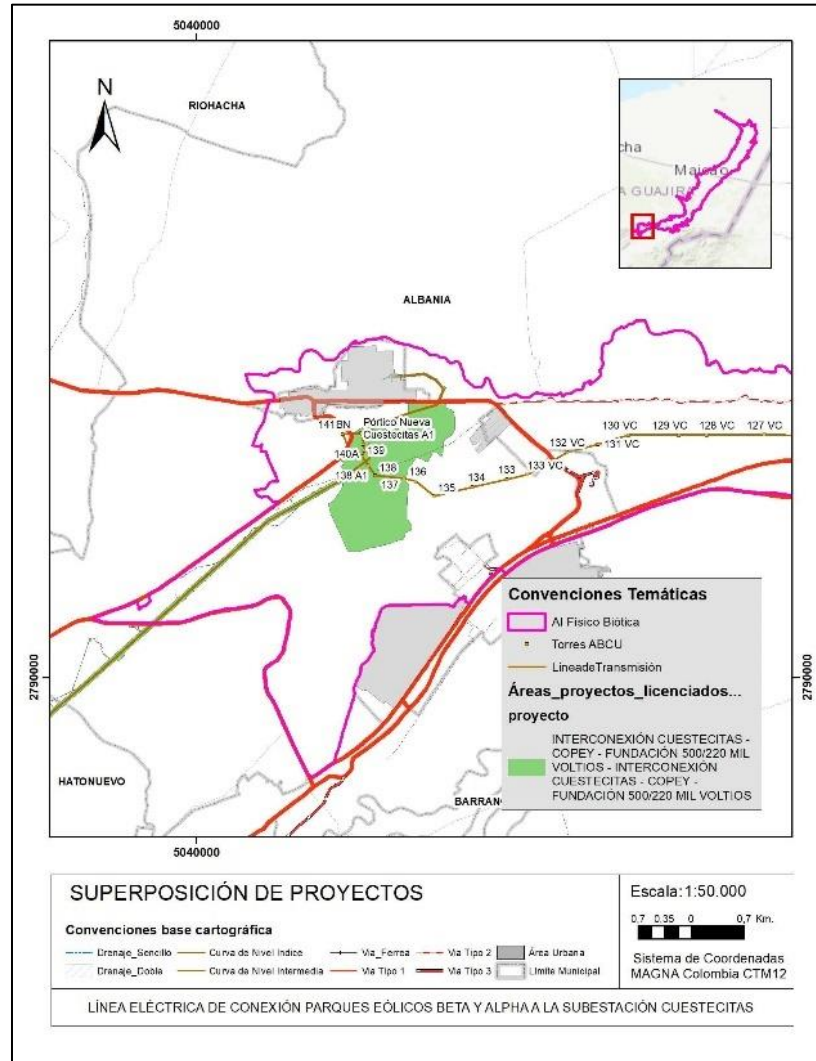


Figura 2-22 Superposición de la Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Interconexión Cuestecitas – Copey – Fundación
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-23** se observa la superposición de la Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión a 220 KV Valledupar – Cuestecitas. Los proyectos se superponen en la zona sur de la Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, una extensión de 1,97 Ha dentro del área de influencia.

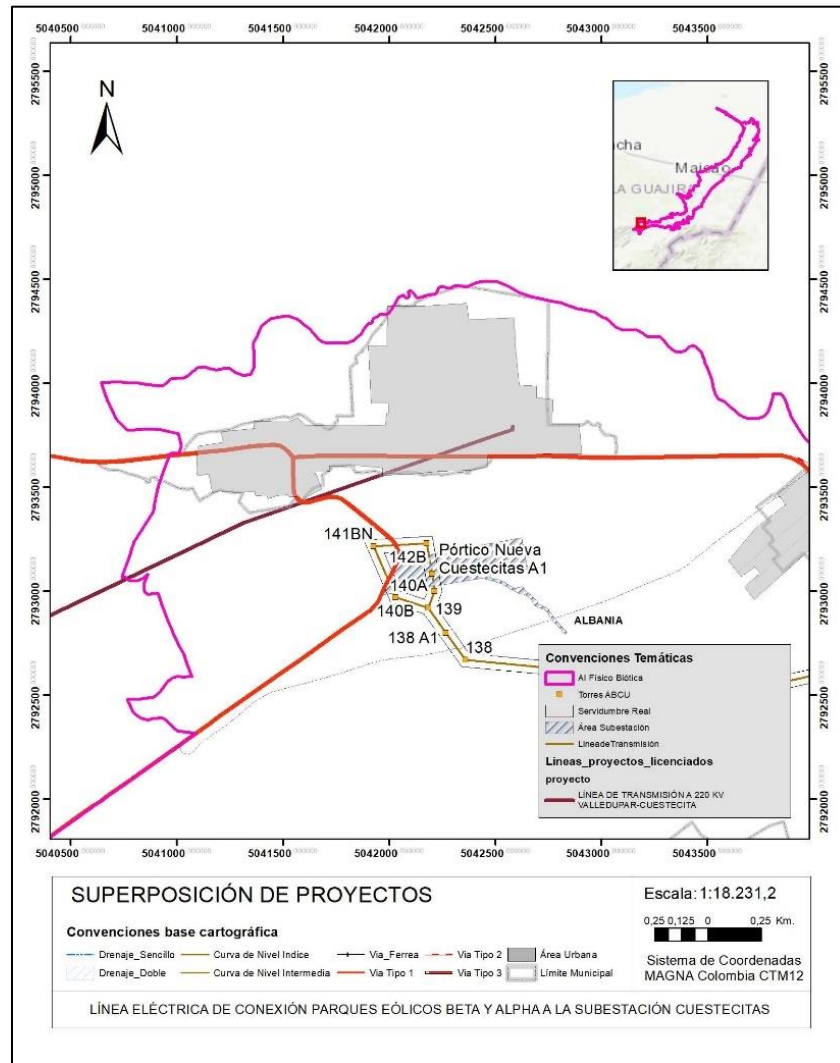


Figura 2-23 Superposición del Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Proyecto Línea de Transmisión a 220KV Valledupar – Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-24** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con la subestación Colectora 500 kv y líneas de transmisión colectora cuestecitas y cuestecitas La Loma 500 kv –Conexión cuestecitas La Loma. abarca un área de 13,36 hectáreas dentro del área de influencia y de 0,42 hectáreas con el derecho de servidumbre.

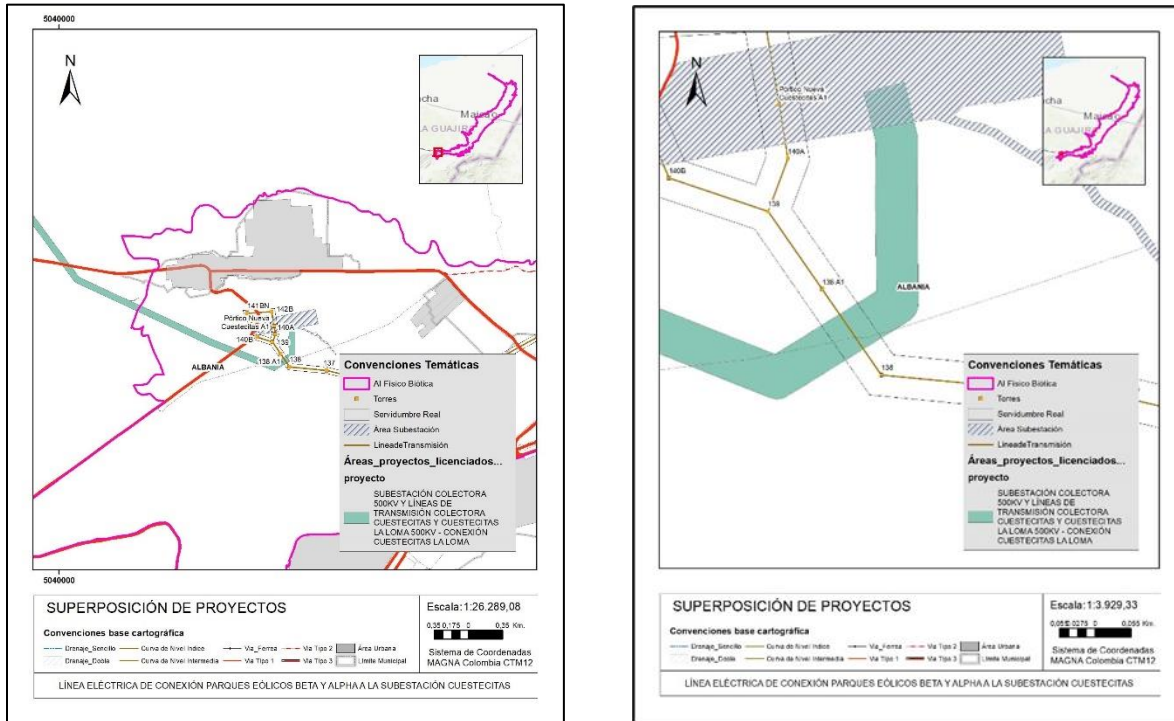


Figura 2-24 Superposición de la Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas con el Subestación Colectora 500 kv y Líneas de Transmisión Colectora Cuestecitas y Cuestecitas La Loma 500 kv – Conexión Cuestecitas La Loma

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-25**, a superposición entre la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas, se superpone con el proyecto Líneas de Transmisión Riohacha – Maicao 110 kV y Riohacha – Cuestecitas 110 kV entre los vanos y sitios de torres 43 a la 44 del tramo Alpha–Cuestecitas. El trazado de la línea se superpone en un área de 12,12 ha con el área de influencia y de 0,11 ha con el derecho de servidumbre.

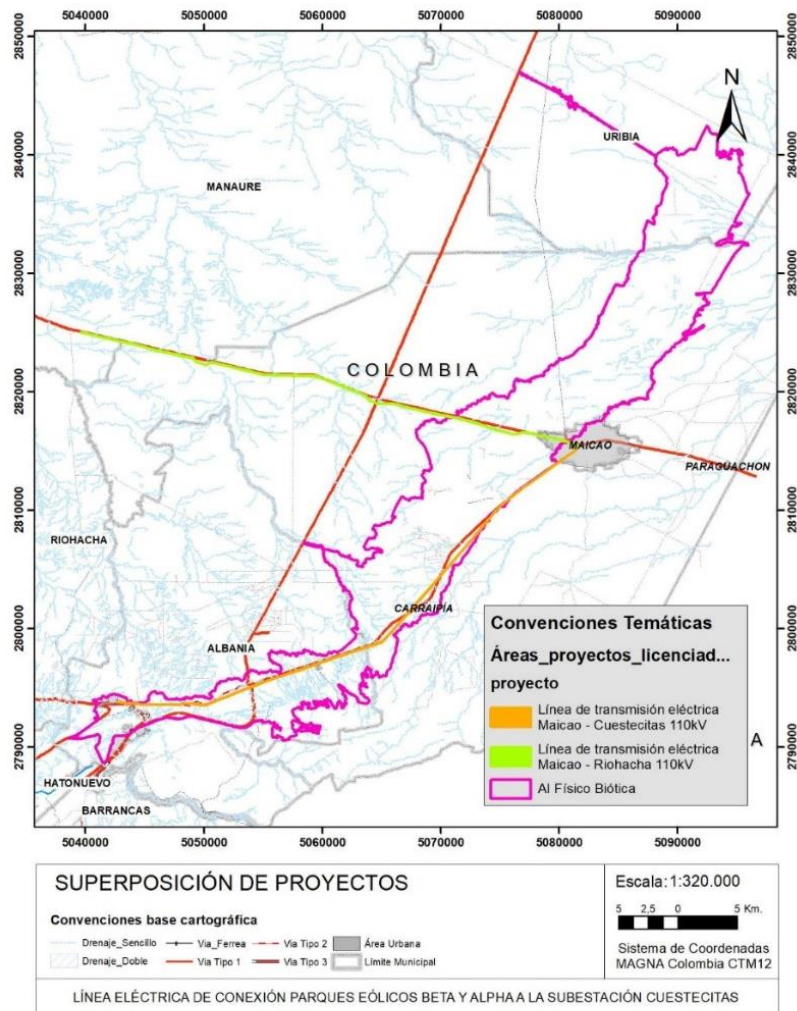


Figura 2-25 Área de superposición Líneas de Transmisión Riohacha – Maicao 110 kV y Riohacha – Cuestecitas 110 kV

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la **Figura 2-26** se observa la superposición del *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el proyecto "Diseño y Construcción del Relleno Sanitario del Municipio de Albania – La Guajira" muestra un área de influencia que se superpone con la del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, abarcando un total de 9,54 hectáreas.

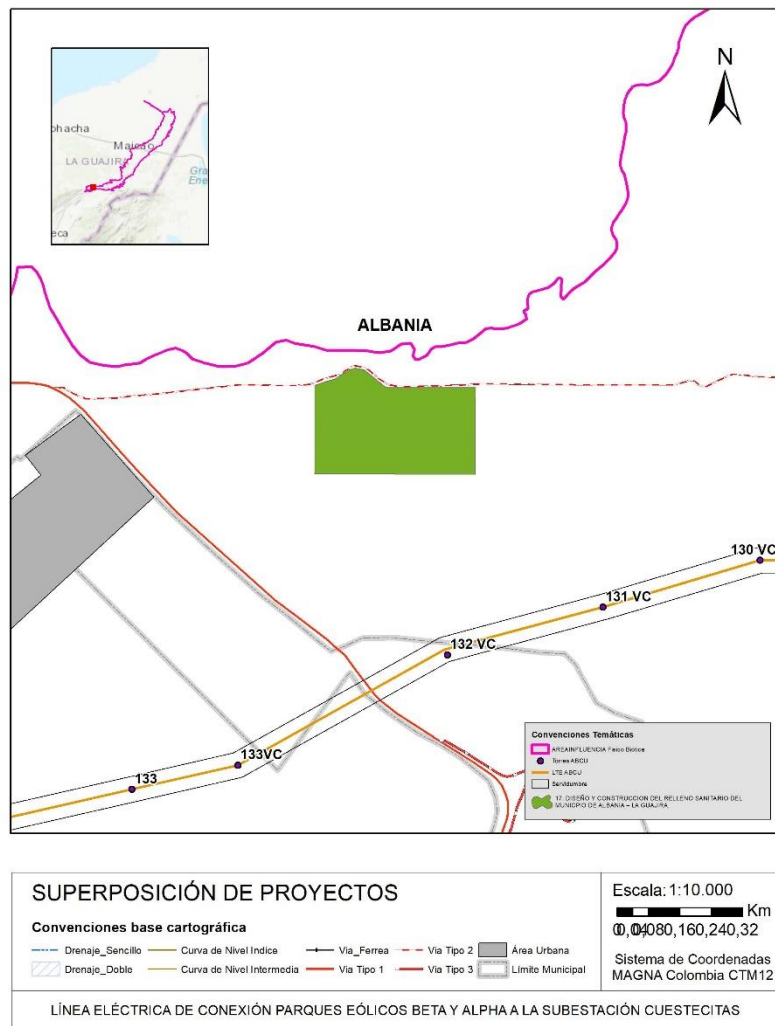


Figura 2-26 Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta -Alpha- Cuestecitas con el Proyecto Relleno Sanitario del Municipio de Albania
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Figura 2-27** se observa la superposición de la *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* con el proyecto "Parque Eólico Acacia II" donde se observa que el área de influencia del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* se superpone con este proyecto de generación eléctrica perteneciente a la empresa Celsia.

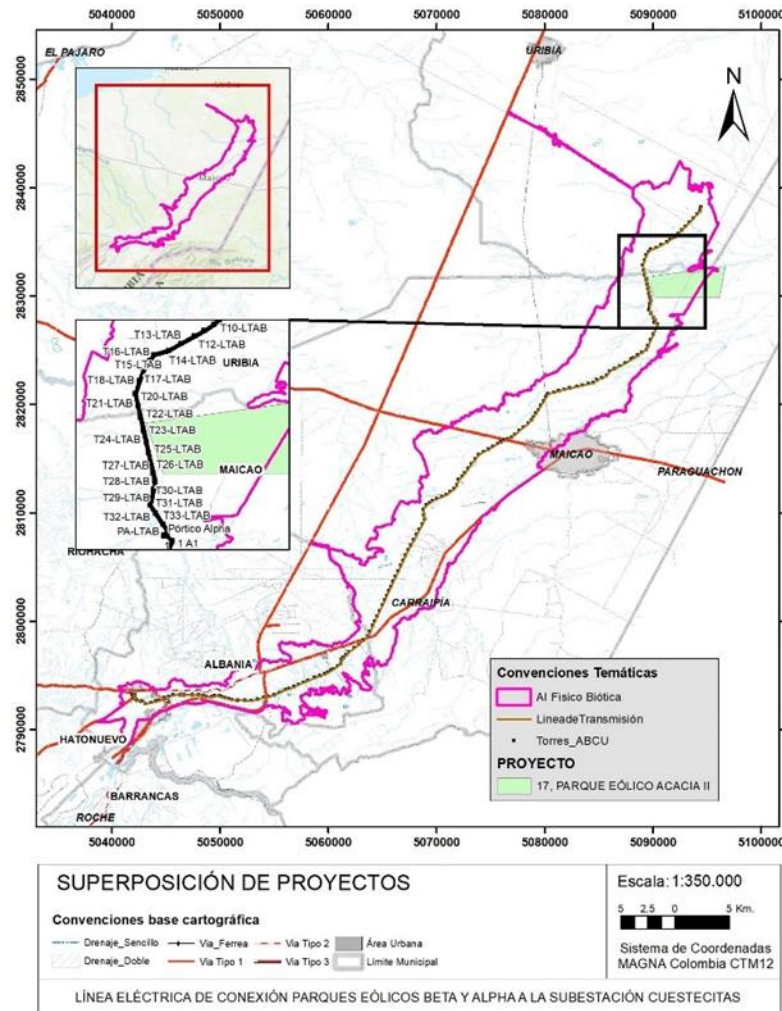


Figura 2-27 Superposición del Proyecto Línea Eléctrica Beta –Alpha– Cuestecitas con el parque eólico Acacia II

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.1.3.9 Proyectos en el área de influencia socioeconómica

De acuerdo con la información requerida por la autoridad ambiental se incluyen los proyectos con traslape en el área de influencia del medio socioeconómico.

Como se puede observar en la **Figura 2-28**, a superposición entre la *Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas*, se superpone con el proyecto *Línea de transmisión 110KV Conexión Parque Eólico Acacias 2- LT Camelias – Cuestecitas 500 KV Subestación Eléctrica Camelias*, por área de intervención, por servidumbre y por área de influencia social.

El trazado de la línea de CELSIA tiene 6250,335 ha de las cuales se superponen 2793,29 ha y un área de servidumbre en común de 0,271711 ha

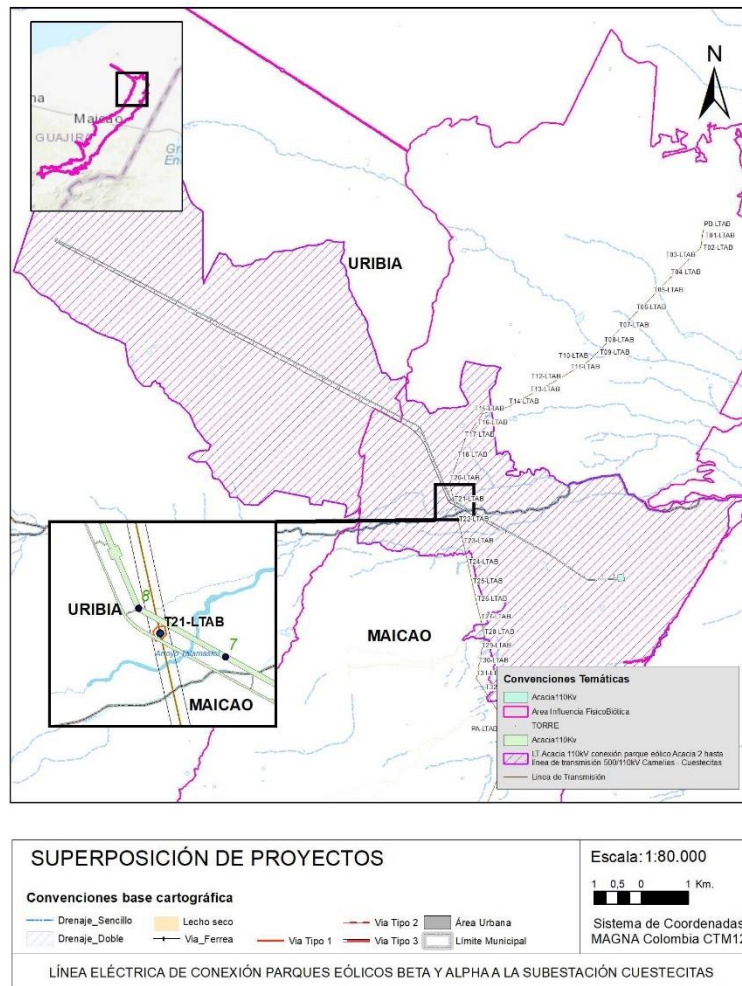
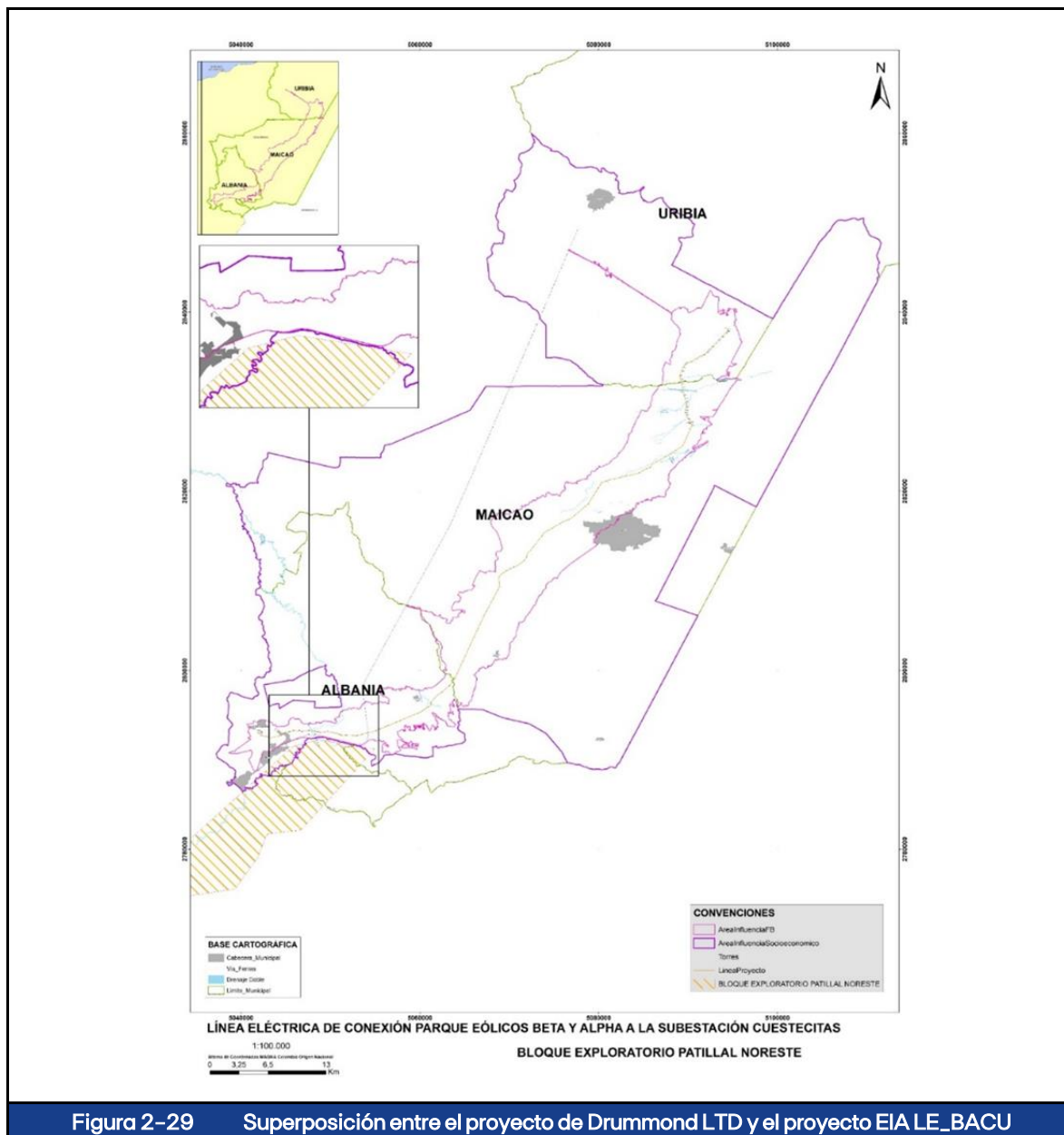


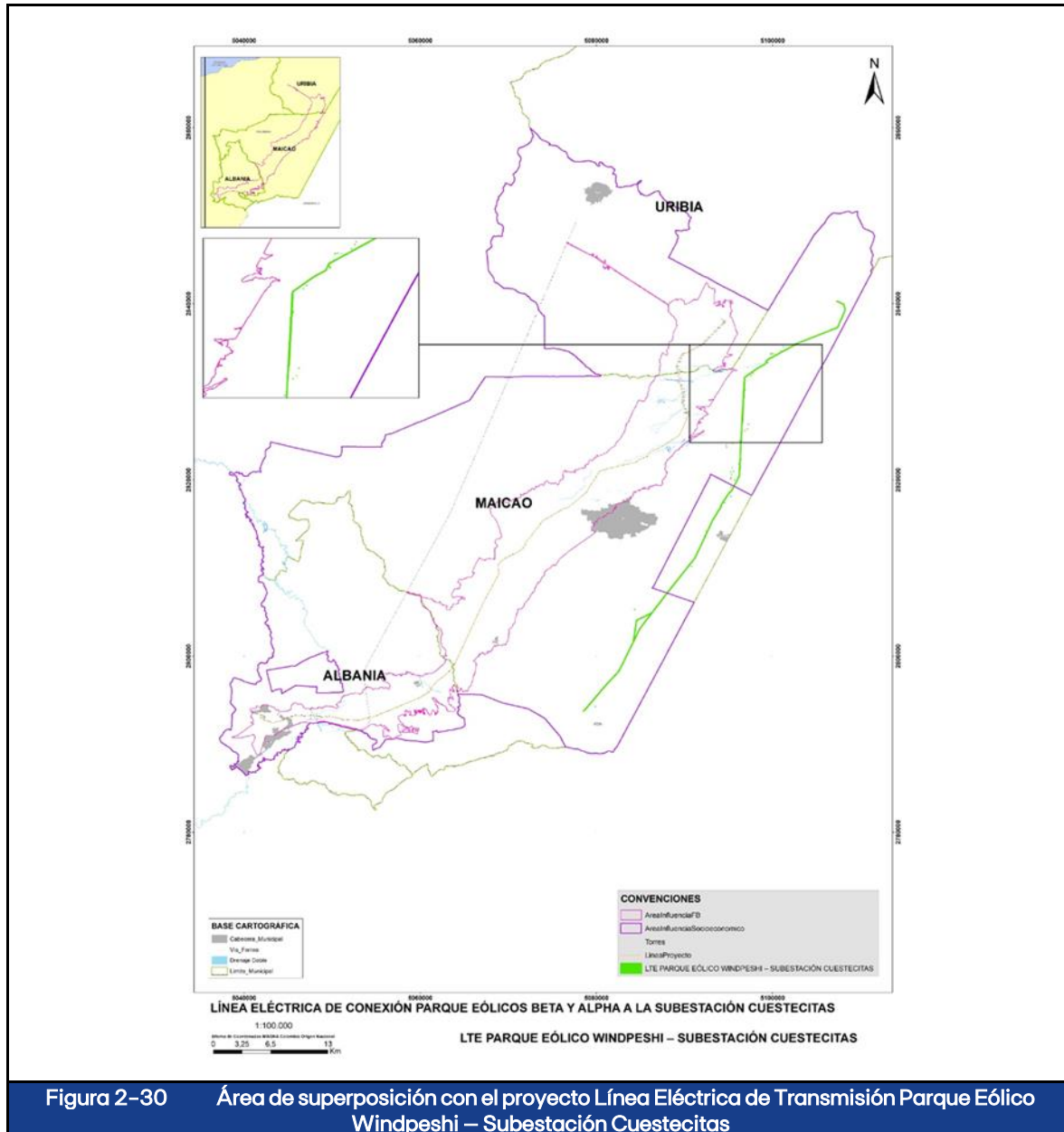
Figura 2-28 Área de superposición Líneas de Transmisión de Celsia LTE ACACIA - 110 kV

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

La **Figura 2-29**, se muestra que el proyecto Área de Perforación Exploratoria de Drummond tiene una superposición parcial con el área de influencia social del proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a la Subestación de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* de 533,77 ha no hay traslapo con servidumbre o con alguna actividad del proyecto, solo se superponen áreas sociales.

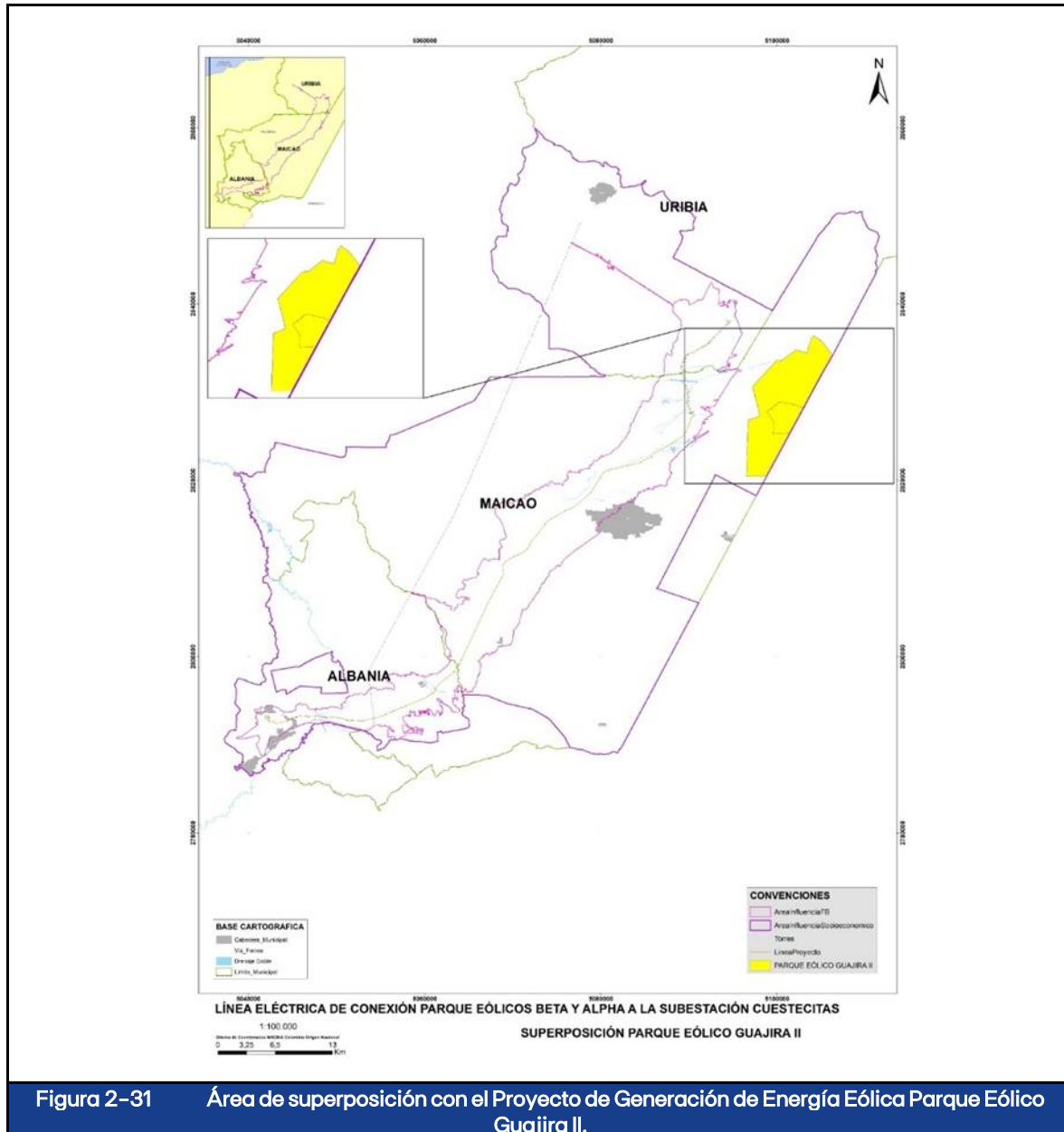


De acuerdo con el trazado descrito en la **Figura 2-30** la superposición entre ambos proyectos permite referenciar que el área del proyecto del EIA LEBACU que se superpone con el proyecto ENEL GP, únicamente traslapa los componentes del medio social, al compartir unidades territoriales y comunidades étnicas en común, sobre las cuales se aplicaron los lineamientos de participación respectivos para informarles acerca del alcance del proyecto.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Como se evidencia en la **Figura 2-31**, el proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas* presenta traslape con el polígono del Proyecto Parque Eólico Guajira II. La forma gráfica la superposición entre ambos proyectos, es importante referenciar que el área del proyecto EIA_LE_BACU, que se superpone con el proyecto de generación de Energía Eólica Parque Eólico Guajira II, únicamente se traslapa por el medio social, dado que alcanzan a compartir unidades territoriales, sobre las cuales se aplicaron los lineamientos de participación respectivos para informarles acerca del alcance del proyecto.



FUENTE: ISAGEN 2019, Adaptado por GEOCOL CONSULTORES, 2024

2.2 ALCANCE

De acuerdo con los requerimientos de los términos de referencia para el sector eléctrico (TdR-17), así como la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, a continuación, se presenta el alcance del Estudio de Impacto Ambiental – EIA:

- Presentación de la localización geográfica y político administrativa del Proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, con sus respectivas bahías de conexión.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Identificación de la infraestructura existente en el área de influencia del proyecto, tales como vías y sus obras de arte, líneas férreas, redes eléctricas, infraestructura social y/o productiva, entre otras.
- Descripción de las características técnicas del proyecto incluidas las etapas y actividades para el desarrollo de este, diseños, infraestructura a instalar y/o construir tanto de tipo temporal como permanente, cronograma y estructura organizacional para la gestión ambiental y social.
- Delimitación del área de influencia del proyecto basada en la localización geográfica de las posibles áreas de intervención, características técnicas y unidades de análisis de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, definidas a partir de la trascendencia de los impactos identificados para estos medios.
- Caracterización abiótica, biótica y socioeconómica del área de influencia del proyecto, presentación de la información secundaria recopilada, y complementada con información primaria.
- Identificación y evaluación de los impactos abióticos, bióticos y socioeconómicos resultantes de la preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento, y desmantelamiento y abandono del proyecto. Descripción de los impactos ambientales en el área de influencia, en un escenario sin proyecto y los impactos potenciales que podrían originarse por el desarrollo del mismo, teniendo en cuenta los alcances técnicos y la caracterización del área de influencia para los medios abiótico, biótico y socioeconómico.
- Caracterización de los servicios ecosistémicos de regulación, aprovisionamiento, soporte y culturales.
- Identificación de los recursos naturales que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas, incluyendo los que requieran o no permisos, concesiones o autorizaciones.
- Realizar la evaluación económica de los impactos ambientales considerados relevantes o significativos la cuantificación biofísica y el análisis de internalización y el análisis del costo-beneficio de los impactos no internalizados. La evaluación de impacto ambiental se debe desarrollar la identificación de impactos relevantes, la jerarquización de impactos que consiste en la diferenciación de impactos entre internalizables (impactos del proyecto que se pueden controlar con medidas de manejo) y no internalizables (impactos del proyecto que no se pueden controlar con medidas de manejo). Luego se realiza la cuantificación biofísica de los cambios en los BSE asociados a los impactos relevantes. Se procede a realizar el análisis económico de impactos, para los impactos internalizables y no internalizables.
- Obtención y presentación de la zonificación ambiental del área de influencia para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así como la agrupación, ponderación y superposición de todos los elementos para obtener el resultado final.
- Presentación del conjunto de estrategias, planes y programas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) que permitan prevenir, mitigar, corregir y/o compensar aquellos impactos negativos que el proyecto pueda llegar a generar.
- Identificación y descripción de los indicadores de los planes de manejo ambiental y de seguimiento, donde se proponen los objetivos y las estrategias para atender los impactos, minimizarlos, corregirlos o compensarlos.
- Establecer los programas de seguimiento y monitoreo del proyecto como control de la eficacia y efectividad del funcionamiento de las medidas ambientales propuestas en el Plan de Manejo Ambiental.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Realizar el análisis de riesgos basado en las posibles amenazas y su probabilidad de ocurrencia, así como las consecuencias sobre la población, el ambiente, económicas y estructuración del plan de gestión del riesgo incluyendo el diseño de los planes estratégico, operativo e informativo.
- Identificar a las partes interesadas, como grupos e instituciones regionales y nacionales, con injerencia en el territorio por su intervención en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, como agencias ambientales, ONG, representantes de la sociedad civil, comunidades, resguardos y otros, incluyendo aquellos grupos que potencialmente serán afectados por los posibles impactos ambientales significativos del proyecto.
- Identificar todos los programas y proyectos públicos y privados que se estén desarrollando en el área de influencia del proyecto, así como la coexistencia con otros proyectos, con el propósito de buscar estrategias de articulación y coordinación interinstitucional.
- Formulación del plan de abandono y restauración final para las áreas e infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto.
- Elaborar el plan de compensación para el componente biótico, en correspondencia con la Resolución 256 del 22 de febrero de 2018 y el correspondiente Manual de Compensaciones del Componente Biótico del mismo año, el Plan de compensación por Pérdida de la Biodiversidad a que hacen referencia los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TDR-17. Incluir planes de rehabilitación o enriquecimiento para la afectación de epifitas no vasculares, así como, la compensación con factores de reposición por especies en veda regional o nacional, dado que ya no se surte el proceso de levantamiento de veda, si no la aplicación de las medidas.
- Elaborar la cartografía y caracterización ambiental con imágenes de sensores remotos (imágenes satelitales, de radar, fotos aéreas, ortofotografías etc.), con resolución espacial a 1/3 de la escala cartográfica de análisis (la escala corresponde a 1:25000 y su temporalidad no debe superar los tres (3) años. La cartografía será revisada por MAG de la ANLA, que es el punto de partida para estandarizar la entrega de los productos geográficos y cartográficos de los proyectos sujetos a permisos y licenciamiento por parte de esta entidad, de manera que servirán como insumos al Sistema de Información Geográfica –SIG– de la ANLA; herramienta para la administración y gestión.
- El desarrollo de la consulta previa se realizó haciendo una identificación en terreno para ubicar comunidades con posibles afectaciones directas derivadas de las actividades del proyecto. Con dicha información se solicitó a la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa –DANCP– su concepto sobre la procedencia o no de consulta previa con comunidades étnicas que tenían alta probabilidad de ser afectadas y adicionalmente llevar a cabo una visita de verificación a las comunidades sobre las cuales no se contaban con la información necesaria para establecer su posible afectación.

Este EIA se enmarcó en el cumplimiento de la legislación ambiental colombiana, Decreto 1076 de 2015, los Términos de Referencia (TdR-17/2018) emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales adoptada por la ANLA mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018, la Guía para la Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia y la Guía de Participación Ciudadana para el Licenciamiento Ambiental publicadas por la ANLA en 2018, así como la Resolución 2182 de 23 de diciembre de 2016 por la cual se modificó y consolidó el modelo de almacenamiento geográfico y la Resolución 471 de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre el nuevo origen para Colombia.

2.2.1 Limitantes y/o restricciones en el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental

Durante el desarrollo de los estudios ambientales es frecuente la ocurrencia e identificación de limitantes o deficiencias de información de carácter secundario con la que se debe fundamentar buena parte de la

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

línea base socioambiental del área de influencia del proyecto, así como en el levantamiento de la información primaria. Dentro de los principales aspectos identificados para este estudio, se presentaron importantes limitantes para obtención de la información primaria, debidas a la no obtención de permisos de ingreso a algunas comunidades, las cuales se describen a continuación.

2.2.1.1 Limitantes para el desarrollo de las actividades de campo

El proyecto *Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, se localiza en un contexto en el cual predominan en casi la totalidad de su área de influencia, presencia de Comunidades Étnicas. En el marco de este contexto, para el desarrollo del presente estudio de impacto ambiental, se surtió el proceso de solicitud de permiso de ingreso a las comunidades, realizando acercamiento directamente en campo con el objetivo de socializar las actividades requeridas para el desarrollo de los estudios, la finalidad de los mismos y obtener la autorización de ingreso para la toma de información primaria.

No obstante, se encontraron diversas dificultades para obtener datos debido a conflictos internos en las comunidades, disputas de representatividad y obstáculos en el proceso de relacionamiento que requerían la intervención del proyecto en solicitudes de gran envergadura. Estas solicitudes implicaban la participación de actores institucionales o terceros, lo que dificultaba la resolución de controversias en las comunidades involucradas.

Finalmente, a pesar de realizar el procedimiento y agotar las gestiones de solicitud de permiso de ingreso a predios y comunidades étnicas tanto en campo, como a través comunicación con las autoridades tradicionales, de llamadas telefónicas y reuniones con los representantes y líderes, desarrolladas entre agosto y octubre de 2023, no se logró contar con los permisos de ingreso respectivos en 13 comunidades que hacen parte del área de influencia directa del proyecto (Ekimana, Araparen sector Lulusain, Amaritshi, Apuchrrain, Campo Florido, Jeyuichon, Pwaimana, Santa Rita, Shikepi, Shonkomana (Yosuru), Willitsimana (Yosuru), Wullitjutsumana (Yosuru), Yosuru). (Ver 3_AneXos\Cap. 05 Caracterización\5.3 Medio socioeconómico).

Adicionalmente, otras comunidades que permitieron el ingreso a desarrollar actividades de monitoreos Hidrológicos, atmosféricos, secciones topobatimétricas, censo forestal y otras, no solo limitaron los horarios de trabajo hasta las 2:00 pm, si no también exigieron acompañamiento por parte del Ejército Nacional. Con el agravante de la presencia de lluvias por tratarse de la época húmeda, dificultando los desplazamientos por las vías de acceso a las comunidades de Mapuachon, Sukuluwo, Orrotchon, Walirrumana, Kapuchirrajain, Araparen, Jeyuichon, Ekimana, Pwaimana; también hubo obstáculos con hechos relacionados con el orden público por cierres de las vías intermunicipales.

Teniendo en cuenta las limitantes descritas anteriormente, se plantearon para el desarrollo del presente estudio, metodologías para caracterización de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, basadas en información complementaria, de tal manera que permitiera elaborar una línea base con información relevante y suficiente para la identificación y evaluación de impactos ambientales asociados al proyecto.

2.2.1.2 Otras limitaciones

Desde el componente hídrico y atmosférico, falta de información de estaciones meteorológicas cercanas al área de Influencia, o al interior de esta. Así mismo, las series de datos históricos disponibles no son continuas en el tiempo y presentan periodos correspondientes a semanas, meses y años sin datos. El análisis de datos de las estaciones se presenta en el numeral 5.1.6.2.

Por otra parte, desde el componente socioeconómico, no es posible establecer límites territoriales oficiales por comunidades, por lo tanto, se tomó la información disponible en el DANE e IGAC.

2.2.2 Marco Normativo

La normatividad ambiental colombiana, se deriva de la Constitución Política de 1991, que estableció los derechos y deberes del Estado y de los particulares frente a los recursos culturales y naturales de la Nación. En 1993 se expidió la Ley 99, que define los principios de la gestión ambiental del país, crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA. Se crea la Licencia Ambiental como instrumento de gestión y planificación para que desde la etapa inicial se contemplen las medidas de prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de efectos ambientales.

El Estudio de Impacto Ambiental – EIA es el instrumento básico para la planeación y toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental de acuerdo con la ley y lo establecido en el Decreto único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015.

Los lineamientos establecidos en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales emitida por el MADS, adoptada mediante la Resolución 1503 del 04 de agosto de 2010, y la Guía Ambiental para Proyectos de Transmisión de Energía Eléctrica de septiembre de 1999 del Ministerio de Ambiente.

En la **Tabla 2-13** se presentan las principales normas aplicables al uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales, en el desarrollo del proyecto y las relacionadas con el marco normativo vigente considerado para la elaboración de estudios teniendo en cuenta las comunidades territorialmente asentadas en el área de influencia local, desde la perspectiva de la participación que le confiere la Constitución Nacional, la Ley 99 de 1993, la Ley 70 de 1993, la Ley 21 de 1991, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 y las demás leyes que aplican en el desarrollo del proyecto; también se incluyen las normas relacionadas con el sector eléctrico.

Tabla 2-13 Normatividad general

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
CONSTITUCIÓN POLÍTICA NACIONAL DE 1991	Presidencia de la República	Constitución Política de Colombia
LEY 2 DE 1959	Presidencia de la República	Sobre economía forestal de la Nación y conservación de los recursos naturales renovables.
LEY 23 DE 1973	Presidencia de la República	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales.
DECRETO 2811 DE 1974	Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
DECRETO 1449 DE 1977	Presidencia de la República	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.
DECRETO 1608 DE 1978	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
DECRETO 1715 DE 1978	Presidencia de la República	Reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto – ley 154 de 1976, en cuanto a la protección del paisaje.
LEY 09 DE 1979	Presidencia de la República	Código Sanitario Nacional.
LEY 79 DE 1986	Presidencia de la República	Por la cual se prevé a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones.
LEY 99 DE 1993	Presidencia de la República	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.
LEY 142 DE 1994	Presidencia de la República	Por el cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
LEY 165 DE 1994	Presidencia de la República	Ratifica el Convenio de Diversidad Biológica y lo incorpora a la legislación Nacional.
LEY 357 DE 1997	Presidencia de la República	Suscribe la Convención RAMSAR, relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, suscrita en RAMSAR en 1971.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
LEY 388 DE 1997	Presidencia de la República	Ordenamiento Territorial Municipal y Distrital y Planes de Ordenamiento Territorial.
LEY 1252 DE 2008	Presidencia de la República	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 1503 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones.
RESOLUCIÓN 1415 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010. Este acto administrativo es derogado por la Resolución 2182 de 2016, sin embargo, tiene vigencia hasta el 22 de junio de 2017.
DECRETO 1076 DE 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
LEY 1753 DE 2015	Congreso de la República	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014– 2018 “Todos por un nuevo país”.
DECRETO 2099 DE 2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por el cual se reglamenta el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 1076 de 2015, en lo relacionado con la Inversión Forzada por la Utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales y se toman otras determinaciones.
RESOLUCIÓN 2182 DE 2016	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos.
Normatividad – áreas protegidas		
DECRETO 622 DE 1977	Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte XIII, libro II del Decreto-Ley número 2811 de 1974 sobre «sistema de parques nacionales»; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2a de 1959.
DECRETO 1996 DE 1999	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Reglamenta sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil.
DECRETO 2372 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Por el cual se reglamenta el Decreto ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las Categorías de Manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 383 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.
Normatividad – medio abiótico		
DECRETO-LEY 2811 DE 1974	Presidencia de la República	Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables, reguló lo relacionado con el uso y aprovechamiento del recurso hídrico: captación, vertimiento, ocupación de cauces, ordenamiento de cuencas, entre otros.
DECRETO 1449 DE 1977	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del Numeral 5 del Artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974. Establece lo relativo a la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas otorgando obligaciones a los propietarios de predios.
DECRETO 1541 DE 1978	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974: “De las aguas no marítimas” y parcialmente la Ley 23 de 1973
DECRETO 1608 DE 1978	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
DECRETO 2858 DE 1981	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 56 del Decreto 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.
DECRETO 1594 DE 1984	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI –Parte III– Libro II y el Título III de la Parte III –Libro I– del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
RESOLUCIÓN 2309 DE 1986	Ministerio de Salud – MINSALUD	Este acto administrativo fue derogado por el Decreto 3930 de 2010, salvo los artículos 20 y 21.
RESOLUCIÓN 2309 DE 1986	Ministerio de Salud – MINSALUD	Indica los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
LEY 9 DE 1989	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas sobre planes de desarrollo municipal, compraventa y expropiación de bienes y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 541 DE 1994	Ministerio del Medio Ambiente – MMA	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, concretos y agregados sueltos de construcción.
DECRETO 948 DE 1995	Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 9 de 1979 y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire
DECRETO 2107 DE 1995	Presidencia de la República	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
LEY 373 DE 1997	Congreso de Colombia	Por la cual se establece el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
LEY 388 DE 1997	Congreso de Colombia	Reglamentada por los Decretos Nacionales 150 y 507 de 1999; 932 y 1337 de 2002; 975 y 1788 de 2004; 973 de 2005; 3600 de 2007; 4065 de 2008; 2190 de 2009; Reglamentada parcialmente por el Decreto Nacional 1160 de 2010. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones de Ordenamiento territorial. La Ley 388 de 1997, Esta Ley establece cómo se debe desarrollar el componente ambiental en los citados planes de ordenamiento.
LEY 430 DE 1998	Presidencia de la República	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 1609 DE 2002	Presidencia de la República	Norma sobre manejo y transporte terrestre de mercancías peligrosas.
DECRETO 1729 DE 2002	Ministerio del Medio Ambiente – MMA	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas y se reglamenta parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993.
RESOLUCIÓN 886 DE 2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 0058 del 21 de enero de 2002 y se dictan otras disposiciones relacionadas con la operación y mantenimiento de incineradores y hornos crematorios en los cuales se pretende incinerar residuos o mezcla de ellos.
DECRETO 3440 DE 2004	MAVDT	Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones sobre tasas retributivas.
DECRETO 4741 DE 2005	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral
RESOLUCIÓN 1402 DE 2006	MAVDT	Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.
RESOLUCIÓN 627 DE 2006	MAVDT	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
DECRETO 1575 DE 2007	Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
RESOLUCIÓN 1362 DE 2007	MAVDT	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
RESOLUCIÓN 2115 DE 2007	MAVDT	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
LEY 1259 DE 2008	Congreso de la República	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 207 DE 2010	MAVDT	Por la cual se adiciona el listado de especies exóticas invasoras declaradas por el artículo primero de la Resolución 848 de 2008 y se toman otras determinaciones.

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
RESOLUCIÓN 2154 DE 2010	MAVDT	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.
DECRETO 2372 DE 2010	Sistema Único de Información Normativa	Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 3930 DE 2010	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI- Parte III – Libro II del Decreto- Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones
DECRETO 4728 DE 2010	MAVDT	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, en los artículos 28, 34, 35, 52, 54, 61, 77 y 78 y deroga el n
DECRETO REGLAMENTARIO 303 DE 2012	Sistema Único de Información Normativa	Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto-ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones
DECRETO 2667 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
DECRETO 1640 DE 2012	MADS	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 0631 DE 2015	MADS	Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
DECRETO 1076 DE 2015	MADS	Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.
RESOLUCIÓN 2245 DE 2017	MADS	Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas.
DECRETO 050 DE 2018	MADS	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos.
RESOLUCIÓN 2184 DE 2019	MADS	Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 0699 DE 2021	MADS	Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas tratadas a suelo y se dictan otras disposiciones.
Normatividad – medio biótico		
RESOLUCIÓN 316 DE 1974	INDERENA	Por la cual se establecen vedas para algunas especies forestales maderables.
DECRETO 877 DE 1976	Presidencia de la República	Por el cual se señalan prioridades referentes a los diversos usos del recurso forestal, a su aprovechamiento y al otorgamiento de permisos y concesiones y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 213 DE 1977	INDERENA	Por el cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre.
DECRETO 1715 DE 19781	Ministerio de Agricultura	Reglamenta la protección del paisaje en carreteras. Prohíbe la alteración de elementos del paisaje.
DECRETO 1681 DE 1978	Presidencia de la República	Por el cual se reglamentan la parte X del libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 que trata de los recursos hidrobiológicos y parcialmente la Ley 23 de 1973 y el Decreto-Ley 376 de 1957.
DECRETO 2787 DE 1980	Ministerio de Agricultura	Se reglamenta parcialmente el Decreto Ley 2811 de 1974 con relación al recurso forestal.
LEY 84 DE 1989	Presidencia de la República	Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones y se regula lo referente a su procedimiento y competencia.
DECRETO 1791 DE 1996	Ministerio de Medio Ambiente – MMA	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
LEY 611 DE 2000	Congreso de la República	Dicta normas para el manejo de especies de fauna silvestre y acuática.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
DECRETO 309 DE 2000	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la investigación científica sobre la diversidad biológica.
LEY 17 DE 1981	Congreso de la República	Por la cual se aprueba la "Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres", suscrita en Washington, D.C. el 3 de marzo de 1973.
RESOLUCIÓN 207 DE 2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT	Por la cual se adiciona el listado de especies exóticas invasoras declaradas por el artículo primero de la Resolución 848 de 2008 y se toman otras determinaciones.
DECRETO REGLAMENTARIO 2803 DE 2010	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Por el cual se reglamenta la Ley 1377 de 2010, sobre registro de cultivos forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales, de plantaciones protectoras-productoras la movilización de productos forestales de transformación primaria y se dictan otras disposiciones.
POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS, 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Se define como el proceso por el cual se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido y en diferentes estados de conservación.
RESOLUCIÓN 1517 DE 2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Adopta el Manual para la asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad
RESOLUCIÓN 256 DE 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Adopta la actualización del Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico.
DECRETO 3016 DE 2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Reglamenta el Permiso de Estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de Elaboración de Estudios Ambientales.
RESOLUCIÓN 192 DE 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 0126 DE 2024	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS	Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones
Normatividad – medio socioeconómico		
LEY 21 DE 1991	Congreso de Colombia	Se aprueba el Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra 1989.
LEY 70 DE 1993	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política, relacionado con el reconocimiento de las comunidades negras.
LEY 99 DE 1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
LEY 134 DE 1994	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
LEY 136 DE 1994	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios.
SENTENCIA C- 535 DEL 16 DE OCTUBRE DE 1996.	Corte Constitucional. Sala Plena.	En el caso del patrimonio ecológico local, este principio (Rigor subsidiario), plantea como competencia propia de los concejos municipales y los territorios indígenas, la potestad reglamentaria para proteger el patrimonio ecológico, sin desconocer que la ley puede dictar normatividad básica indispensable a la protección del patrimonio ecológico en todo el territorio nacional.
LEY 393 DE 1997	Presidencia de la República	Mediante el cual se reglamente la acción de cumplimiento.
LEY 397 DE 1997	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2		Noviembre 2024

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
LEY 472 DE 1998, artículo 4º literales a y c.	Presidencia de la República	Mediante el cual se reglamentan las acciones populares y de grupo, concretamente a la exigibilidad de protección del ecosistema y en general al goce de un ambiente como un derecho colectivo y la protección del equilibrio ecológico.
LEY 743 DE 2002	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrolla el artículo 38 de la Constitución Política de Colombia en lo referente a los organismos de acción comunal.
LEY 850 DE 2003	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas.
DECRETO 330 DE 2007	MAVDT	Reglamenta las audiencias públicas.
LEY 1185 DE 2008	Congreso de Colombia	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 – Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones.
LEY 1381 DE 2010	Congreso de Colombia	por la cual se desarrollan los artículos 7º, 8º, 10 y 70 de la Constitución Política, y los artículos 4º, 5º y 28 de la Ley 21 de 1991 (que aprueba el Convenio 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales), y se dictan normas sobre reconocimiento, fomento, protección, uso, preservación y fortalecimiento de las lenguas de los grupos étnicos de Colombia y sobre sus derechos lingüísticos y los de sus hablantes.
DECRETO 1076 DE 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.
DECRETO 1076 DE 2015	Congreso de Colombia	ARTÍCULO 2.2.2.3.3.3. Participación de las comunidades. Se deberá informar a las comunidades el alcance del proyecto, con énfasis en los impactos y las medidas de manejo propuestas y valorar e incorporar en el estudio de impacto ambiental, cuando se consideren pertinentes, los aportes recibidos durante este proceso.
LEY 1757 DE 2015	Congreso de Colombia	Se dictan disposiciones en materia de promoción y protección del derecho a la participación democrática.
Normatividad – prevención y atención de desastres		
DECRETO 842 DE 1987	Presidencia de la República	Integración del Comité Nacional de Emergencias creado en el Artículo 492 de la Ley 9 de 1979.
DECRETO 976 DE 1997	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta el artículo 70 del Decreto-Ley 919 de 1989
DECRETO 93 DE 1998	Presidencia de la República	Plan nacional para la prevención y atención de desastres
DECRETO 321 DE 1999	Presidencia de la República	Plan Nacional contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas: Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres. Art. 1: Se adopta el PNC contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres. Art. 2: Objetivo general del PNC.
DECRETO 4147 DE 2011	Departamento Administrativo de la Función Pública	Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objetivo y estructura.
LEY 1523 DE 2012	Congreso de la República	Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
LEY 1505 DE 2012	Presidencia de la República	Por medio del cual se crea el subsistema nacional de voluntarios de primera respuesta.
Normatividad – sector eléctrico		
LEY 56 DE 1981	Ministerio de Minas y Energía – MINMINAS	Sobre obras públicas de generación eléctrica y regulación de expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras.
DECRETO 2024 DE 1982	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 56 de 1981 sobre obras públicas de generación eléctrica y acueductos, sistemas de regadío y otras, y se regulan las expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras.
LEY 143 DE 1994	Presidencia de la República	Establece el régimen de actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía.
Resolución CREG 025 de 1995	Comisión de Regulación de Energía y Gas	Establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional
LEY 689 DE 2001	Congreso de Colombia	Modifica parcialmente la Ley 142 de 1994
RESOLUCIÓN 90708 DE 2013	Ministerio de Minas y Energía – MINMINAS	Por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, que fija las condiciones técnicas que garantizan la seguridad en los procesos de Generación, Transmisión,

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2		Noviembre 2024

NORMATIVIDAD GENERAL		
Tipo de legislación	Organismo emisor	Descripción
		Transformación, Distribución y utilización de la energía eléctrica en la República de Colombia y se dictan otras disposiciones.
RESOLUCIÓN 90772 DE 2013	Ministerio de Minas y Energía – MINMINAS	Se adopta el Plan de Expansión de Referencia Transmisión 2013 – 2027.
DECRETO 1073 DE 2015	Ministerio de Minas y Energía – MINMINAS	Por el cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.
Normatividad – arqueología y patrimonio cultural		
LEY 14 DE 1936	Congreso de Colombia	Por la cual se autoriza al Poder Ejecutivo a adherir al Tratado sobre la protección de muebles de valor histórico.
LEY 36 DE 1936	Congreso de Colombia	Por la cual se aprueba el Pacto Roerich para la protección de las Instituciones Artísticas y Científicas y Monumentos Históricos.
LEY 163 DE 1959	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
DECRETO REGLAMENTARIO 264 DE 1963	Congreso de Colombia	Por el cual se reglamenta la Ley 163 de 1959 sobre defensa y conservación del Patrimonio Histórico, Artístico y Monumentos Públicos de la Nación.
DECRETO 444 DE 1967	Presidencia de la República	Parágrafo al artículo 46. Queda prohibida la exportación de bienes que formen parte del patrimonio arqueológico
DECRETO 1397 DE 1989	Ministerio de Hacienda y Crédito Público	Por el cual se reglamenta la Ley 163 de 1959, sobre la defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación
RESOLUCIÓN 49 DE 1990	Presidencia de la República	Consejo de Monumentos Nacionales. Por medio de la cual se revoca la Resolución No. 015 de 1990. Se establece el registro de bienes arqueológicos.
LEY 397 DE 1997	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias.
DECRETO 833 DE 2002	Ministerio de Cultura	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones.
LEY 1185 DE 2008	Ministerio de Cultura	Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura y se dictan otras disposiciones
DECRETO 763 DE 2009	Ministerio de Cultura	Por el cual se reglamenta parcialmente las leyes 814 de 2003 y 397 de 1997. Modificada por medio de la ley 1185 de 2008. En lo correspondiente al patrimonio cultural de la nación de naturaleza material.
DECRETO 2941 DE 2009	Ministerio del Interior y de Justicia	Reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 modificada por la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza inmaterial.
RÉGIMEN LEGAL Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE LOS PROGRAMAS DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN COLOMBIA DE 2010	Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH	Se presentan los lineamientos legales sobre los que descansa la exigencia de implementar Programas de Arqueología Preventiva, así mismo se definen los parámetros de carácter técnico dentro de los cuales deben desarrollarse las investigaciones arqueológicas que hacen parte de los Programas de Arqueología Preventiva.
DECRETO 1080 DE 2015	Ministerio de Cultura	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura”
LEY 1801 DE 2016	Congreso de la República	Se expide el Código Nacional de Policía y Convivencia en el que se reglamentan aspectos como la Protección de los Bienes del Patrimonio Cultural y Arqueológico y Comportamientos contrarios a la protección y conservación del patrimonio cultural.
RESOLUCIÓN 139 DE 2017	Instituto Colombiano de Antropología e Historia	Por la cual se establece el procedimiento del Registro Nacional de Arqueólogos.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3 METODOLOGÍA

La elaboración de la metodología del estudio se basa en la revisión de información secundaria disponible del área de influencia, así como el levantamiento de información primaria para el desarrollo de los

diferentes componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Para la estructuración del documento en cada uno de sus componentes se tuvo en cuenta la Resolución 0075 del 18 de enero de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA – para proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17 y la Resolución 1402 de 2018 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018) y se toman otras determinaciones.

El EIA involucra, la revisión de información secundaria existente para el área y relacionada con el objeto del estudio, como requisito del proceso de licenciamiento ambiental, así como la adquisición de información primaria, mediante visitas de verificación, y caracterización de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, la aplicación de lineamientos de participación a comunidades y autoridades del área de influencia del proyecto, y el análisis necesario para garantizar el manejo y uso sostenible de recursos naturales existentes en el área de influencia del proyecto.

Como fuentes de información secundaria son consideradas entre otras, los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios, los diagnósticos socioambientales, estudios técnicos específicos realizados previamente en el área, información disponible en las diferentes entidades administrativas regionales y nacionales que tengan información del proyecto.

A continuación, se describen los aspectos metodológicos generales desarrollados, tomando como referencia la estructura de los términos de referencia TdR-17 de 2018 “Términos de referencia para la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica – TdR17”.

2.3.1 Aspectos metodológicos generales

2.3.1.1 Recopilación de información secundaria existente para el área de influencia

Para la realización del estudio de impacto ambiental “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, desde cada área temática, se identificó la información secundaria disponible para la caracterización del área de influencia respectiva. Dicha recopilación y revisión de información secundaria del área de influencia, incluyó documentos y cartografía de diferentes entidades, así como estudios desarrollados en la región y sectores aledaños al Área en estudio, dentro de los que se destacan:

- **Planes de desarrollo locales y regionales**

En el ámbito regional se revisa la información de los planes de desarrollo municipales. Fue también consultada la Ley 2294 de 2023 mediante la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, con el fin de identificar lineamientos o proyectos puntuales con incidencia en el área de influencia del proyecto. A continuación, en la **Tabla 2-14** se listan los Planes consultados en las diferentes instancias.

Tabla 2-14 Planes de desarrollo municipales y departamentales del área de influencia del proyecto

DEPARTAMENTO / MUNICIPIO	DESCRIPCIÓN
Plan Nacional de Desarrollo “Colombia Potencia Mundial de la Vida”	Consultado para verificar información demográfica, espacial, económica cultural y política de a nivel Departamental
Plan de Desarrollo Municipal de Uribe 2020-2023 Unidos por la transformación de Uribe	Consultado para verificar información demográfica, espacial, económica cultural y política de a nivel municipal
Plan de Desarrollo Municipal de Maicao 2020-2023 El verdadero Cambio	Consultado para verificar información demográfica, espacial, económica cultural y política de a nivel municipal
Plan de Desarrollo Municipal de Albania 2020-2023 Albania somos todos-Incluyente, participativa y sostenible	Consultado para verificar información demográfica, espacial, económica cultural y política de a nivel municipal

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Adicionalmente, se emplea la información municipal de las bases de datos del Sisbén, estudios socioeconómicos de las zonas de interés, diagnóstico territorial de salud – perfil epidemiológico – plan de atención básica en salud, diagnóstico educativo – estadísticas en educación, diagnóstico agropecuario – Censos agropecuarios, listado de ONG con presencia en los municipios de Uribia, Maicao y Albania, entre otras. Así como información de fuentes oficiales nacionales como: DANE, Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, Servicio Geológico Colombiano etc. Finalmente, se usó información pública de libre consulta, disponible en la red, a través de sitios como Tremarcos y SIAC.

- **Planes de ordenación de cuencas hidrográficas**

El área de influencia del proyecto se ubica, entre otras, en la cuenca hidrográfica del Río Ranchería, la cual se localiza en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de la Guajira – Corpoguajira. Esta cuenca se encuentra ordenada bajo el Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Ranchería – Julio 2011.

La zonificación hidrográfica del área de influencia se desarrolló con base en los lineamientos de la Guía de Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas, elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM.

- **Definición de la ventana y base cartográfica**

Metodología aspectos cartográficos.

A continuación, se presentan los pasos a seguir para la obtención de la cartografía temática del estudio de impacto ambiental.

- **Etapa precampo**

1. Recopilación de información secundaria para el área de influencia: Para dar inicio se revisó la información correspondiente al estudio denominado “Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas” del cual se tomó la información más relevante de cada componente, biótico, abiótico y socioeconómico; además de la cartografía base la cual ya contaba con ajustes de campo. Esto para contar con la información inicial para dar cumplimiento a términos de referencia (TdR17).
2. Definición de la ventana cartográfica: A partir de la definición de las características preliminares técnicas del proyecto y de la información secundaria recolectada, con el aporte de los profesionales temáticos se realiza la definición de las áreas de influencia preliminares por componente, para así definir la extensión de la ventana cartográfica.

La fuente inicial fueron las organizaciones y entidades nacionales, productoras de dicha información y relacionadas con el medio ambiente, dicha información se encuentra avalada a nivel nacional e internacional (IGAC en cuanto a cartografía Base escala 1:25.000 y suelos, SIAC para temáticas como inundación, alertas tempranas, SIGOT para Geomorfología y Cuencas, Servicio Geológico colombiano para la geología e hidrogeología); la cobertura preliminar se toma del mapa de ecosistemas del IDEAM, 2017. Con estos insumos se realiza la consulta de la cartografía base IGAC escala 1:25.000 para hacer el ajuste correspondiente a la información de entrada.

Con este proceso se realiza la identificación de coberturas de la tierra a partir de un mosaico de imágenes con las siguientes características: Resolución espacial de 0.5 metros, resolución espectral de 4 bandas (RGB + Infrarrojo cercano) con fecha de captura de 2022, lo cual garantiza la temporalidad de las imágenes (inferior a 3 años conforme TdR17). Se cuenta con una Imagen con las siguientes características: de 50 cm Maxar Imagery, AOI 1, 12/24/2022; (10300100DF20C500), 27 23.50 634.50; 4-Band Pansharpened; Resolution: 50 cm; Resampling Kernel: Enhanced: Product: OR2A; Coordinate System: UTM; Datum: WGS84; Tiling: None; Bit Depth:16; Media: FTP-Pull; License: Internal Use, Perp.

Tabla 2-15 Índice de planchas IGAC escala 1:25.000

ID	PL_25000	ID	PL_25000
1	10IIIA	9	15IVA

ID	PL_25000	ID	PL_25000
2	10IIIC	10	15IVC
3	15BISIA	11	9IID
4	15IIA	12	9IVB
5	15IIB	13	9IVD
6	15IIC	14	14IVC
7	15IID	15	10IC
8	15IIID	16	15ID

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

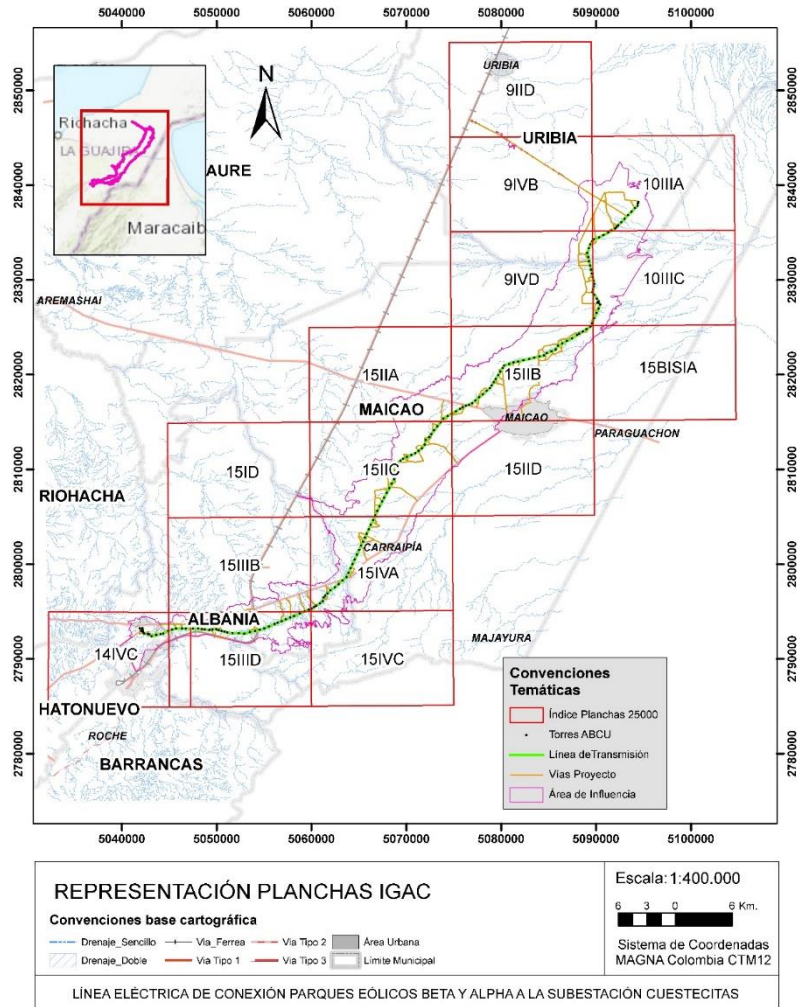


Figura 2-32 Representación Planchas IGAC

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Etapa de Campo

Con el resultado del proceso antes mencionado se generan los insumos para que los profesionales en campo puedan capturar información primaria guiados principalmente por Mapas, archivos vectoriales para geonavegadores (gpx, kmz y shapes para cargar en aplicaciones móviles), para obtener los elementos necesarios para ser procesados en oficina con el equipo SIG del proyecto y definir las áreas de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

influencia definitivas por cada medio; y la validación de la socioeconómica en caso de que la información usada en oficina sea diferente a la obtenida en las entidades de autoridad regional.

Las áreas de influencia se caracterizan de manera independiente, pero en conjunto generan el área de influencia del proyecto, área utilizada para la caracterización ambiental y zonificaciones. De cualquier forma, el punto inicial para la definición de todas las áreas de influencia es la identificación de las actividades puntuales del proyecto, su análisis a través de la matriz de información secundaria y su definición definitiva con el apoyo de la información primaria recolectada en campo.

○ **Etapa Poscampo**

▪ **Caracterización del área de influencia**

La caracterización del área de influencia se realiza para cada componente ambiental requerido en los TdR-17. Para el medio abiótico se tienen en cuenta geología, geomorfología, suelos, hidrología, modelaciones atmosféricas entre las más representativas. Para el medio biótico se tienen en cuenta coberturas de la tierra, ecosistemas, flora y fauna. Para el medio socioeconómico las unidades territoriales en donde se manifiestan las actividades directas del proyecto y/o los impactos de los otros medios.

La caracterización del área de influencia se desarrolla teniendo en cuenta el Modelo de Datos Geográficos de ANLA (Resolución 2182 de 2016) en el cual se consigna la información capturada y procesada en las etapas anteriores. Durante todo el proceso se garantiza la consistencia lógica y temática de la información, así como su concordancia con los documentos generados. Finalmente, se realizan los procesos de zonificación por medio, zonificación ambiental y zonificación de manejo.

○ **Presentación de Entregables**

En la ruta *2_Anexo_cartográfico* se estructurará en 6 elementos fundamentales del anexo cartográfico:

1. GDB. Contiene las Geodatabase de cartografía base (Modelo IGAC vigente) y cartografía temática (Modelo de Almacenamiento Geográfico – MAG ANLA vigente) origen único nacional conforme resolución 471 del 2020.
2. MXD. Contiene los archivos *.mxd de cada uno de los mapas presentados.
3. PDF. Contiene los mapas generados en formato *.pdf.
4. METADATOS. Contiene los metadatos de la información generada y consignada en las GDB. (Plantilla de Metadato Institucional ANLA) <http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica>.
5. INSUMOS. Contiene los elementos vectoriales y raster que no hacen parte del MAG vigente pero que se usaron en el análisis de la caracterización ambiental.
6. INVENTARIO. Contiene el inventario de mapas y archivo léame asociado a la GDB temática.
7. RASTER

2.3.1.2 Programación y realización de actividades de campo de los profesionales

Las actividades de campo para el “Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Alpha y Beta con La Subestación Cuestecitas”, iniciaron en agosto de 2023, con los acercamientos a las autoridades municipales y se extendieron hasta el mes de enero de 2024, con la presentación de resultados del EIA a comunidades y autoridades. A continuación, en la **Tabla 2-16** se sintetizan las diferentes labores desarrolladas en campo.

Tabla 2-16 Actividades de campo proyectadas para el EIA

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas. (COMUNIDADES NO ÉTNICAS)					
Actividad	Participantes	No de actividades	Actividades	Fechas estimadas	Observaciones
Validación de contactos y presentación comunidad	Comunidad	14	Talleres	9 al 25 de septiembre	Visita a cada unidad territorial de comunidad no étnica para validar contactos de representantes y disponibilidad para el desarrollo de reuniones
Recolección de información primaria para los medios abiótico y biótico.	6	46	Monitoreos de flora, fauna. Verificación de puntos de control de aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, entre otros.	29/8/2023 al 23/09/2023	Monitoreos en las diferentes coberturas de los tres biomas identificados. Monitoreos de suelos. Verificación de puntos de control en geología, geomorfología, hidrología. Levantamiento de puntos hidrogeológicos.
Monitoreo de Aire	4	108 monitoreos de aire	Monitoreos	26/10/2023 al 30/11/2023	Monitoreo de 36 días con 18 muestras por estación y seis (6) estaciones
Monitoreo de Ruido	4	68 monitoreos de ruido	Monitoreos	11/10/2023 al 7/11/2023	17 puntos de monitoreo, cuatro (4) registros por punto
Aforo vehicular	7	7 vías	Aforos	29 de agosto al 6 de octubre	Aforos en 7 vías
Monitoreo de aguas superficiales primera campaña	2	222 puntos	Monitoreos	29/09/2023 al 29/12/2023	Monitoreo de cuerpos lénticos y lóticos (170 secos puntos secos)
Monitoreo de aguas superficiales segunda campaña	2	218 puntos	Monitoreos	29 de agosto al 6 de octubre	Monitoreo de cuerpos lénticos y lóticos (183 puntos secos, 15 puntos sin permiso de acceso)
Primer momento de participación	Comunidad e instituciones	16	Talleres	- 13 al 20 de septiembre - 29 enero al 2 de febrero de 2024 - 09 al 18 de abril de 2024	Dos (2) reuniones por día con un (1) equipo de trabajo.
Caracterización social	Comunidad	16 comunidades No étnicas		Septiembre de 2023 a abril 2024	Dos (2) profesionales (social y ambiental).
Segundo Momento de Participación	Comunidad	13	Talleres	- 20 enero al 03 febrero 2024 - 09 al 14 de abril 2024	Dos (2) reuniones por día con un (1) equipo de trabajo. Se convocaron 16 comunidades, tres (3) de las cuales no quisieron participar
Tercer Momento de Participación	Instituciones	5	Reuniones	17 al 30 de abril de 2024	Presentación de resultados del EIA.
	Reuniones con comunidad No étnica	13	Talleres Folletos	12 al 30 de abril de 2024	Dos (2) reuniones por día con un (1) equipo de trabajo.
	Reuniones con propietarios de predios	62			Cuatro (4) reuniones por día con dos (2) equipos de trabajo.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El trabajo de campo se realizó entre el 03 de octubre y el 08 de Noviembre de 2024, con el fin de obtener y validar la siguiente información:

1. Verificación de accesos, drenajes y OC en campo.

2. Verificación de observadores fijos y móviles para AI de paisaje.
3. Verificación de coberturas en campo.
4. Realización de parcelas de muestreo de flora arbórea.
5. Verificación de individuos muertos dentro del censo forestal.
6. Realización de parcelas de muestreo de flora epífita.
7. Monitoreos de fauna.
8. Caracterización de vibraciones
9. Realización de topo batimetrías en OC
10. Complemento al inventario de fuentes de agua subterráneas.
11. Reunión de socializaciones adicional en corregimiento de cuestecitas.

- **Análisis de información**

Una vez culminada la etapa de campo, se procede a realizar la tabulación y análisis de la información recopilada para compararla y ajustarla con la información secundaria obtenida previamente; esta labor implica la organización de datos, establecimiento de relaciones y comparaciones de información e iniciar con la organización de los respectivos documentos temáticos, para lo cual, cada componente cuenta con una metodología específica a continuación:

- **Equipo de profesionales**

El equipo de trabajo, responsable de la elaboración del presente estudio, se relaciona en las siguientes tablas.

Tabla 2-17 Equipo de trabajo EDP Renewables

NOMBRE	CARGO
Ana María López Tobón	Gerente ambiental
Angie Tatiana Pérez Reyes	Especialista ambiental
Gustavo Andrés Blanco Arenas	Especialista ambiental
Maria Camila Avila Martínez	Analista SIG
Mariluz Cadena Martinez	Líder social
Consuelo Muñoz Riales	Analista social
Diana Azucena Manco Valle	Analista ambiental

FUENTE: EDP Renewables. 2024

Tabla 2-18 Equipo de trabajo ISA Intercolombia

NOMBRE	CARGO
Fabián Alonso Páez Piñeros	Coordinador socioambiental
Carlos Hernan Anaya Castro	Analista ambiental
John Fredy Bastidas Montero	Analista ambiental
Natalia Alejandra Gómez Espinoza	Analista social
Andrés Camilo Beltrán Navas	Analista social
Janneth Cáceres Carrillo	Analista social
Obed Andrés Moncada Rojas	Coordinador compensaciones bióticas

FUENTE: EDP Renewables. 2024

Tabla 2-19 Equipo de trabajo Geocol Consultores

NOMBRE	CARGO
Dora Elsie Garzón P	Coordinadora Técnica
Andrés Ariza	Coordinador Técnico
Janeth Giraldo	Líder Abiótica
Andrés Albarracín	Geólogo
Carlos Mario Martínez	Hidrólogo
Ana Ricardo	Agróloga/Suelos
Moises Alejandro Díaz	Ingeniero Ambiental

NOMBRE	CARGO
Gonzalo Herrera	Ingeniero Civil Senior
Jeferson Dueñas	Ingeniero Civil Junior
John Sierra	Líder Flora arbórea
Nicolás Perea	Líder Flora epífita
Paula Sánchez	Ecóloga/Conectividad/Fragmentación/Paisaje
Pavel Arciniégas	Líder Fauna
Andrea Ardila	Bióloga/Ornitóloga
Syndy Celis	Bióloga/Mastozoóloga
Ricardo Pineda	Bióloga/Mastozoóloga
Jhony Cuervo/Yoany Silva/Diego Casas	Equipo SIG
Ítalo Pinto	Líder Social

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.2 Descripción del Proyecto

En el capítulo de descripción del proyecto, se especifican las características técnicas del proyecto en las diferentes etapas, acompañándolas de los respectivos diseños de la infraestructura a construir y/o adecuar. Igualmente, se contempla la duración del proyecto y se presenta el cronograma estimado de actividades, costos estimados y estructura organizacional del mismo. Como parte de este capítulo se incluye la siguiente información:

- **Infraestructura existente:** La finalidad de la caracterización de la infraestructura vial y demás infraestructura existente (líneas eléctricas, líneas férreas, vías y otra infraestructura asociada, situada en el área de influencia del proyecto), es conocer el estado actual del área (Línea base) donde se va a desarrollar el proyecto, mediante la realización del inventario y determinación de todas las obras viales e infraestructura social que se encuentran en el área de influencia, y que darán el soporte operativo al desarrollo del proyecto. La información secundaria se identifica en los mapas avalados a nivel nacional e internacional (IGAC – cartografía Base escala 1:25.000), y es corroborada con la información primaria obtenida en el trabajo de campo.
- **Etapas y actividades del proyecto:** Las etapas del proyecto se describen de acuerdo con los términos de referencia TdR, describiendo la duración de las etapas y actividades del proyecto, bajo las cuales se desarrollará el proyecto, incluyendo las actividades previas (pre operativa), de construcción y de operación, así como las de desmantelamiento, cierre y clausura y/o terminación de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura temporal y permanente relacionados y asociados con el desarrollo del proyecto. Se incluyen los estimativos de los residuos de construcción y demolición, generados en las obras de excavación, construcción, y demolición, incluidos los de obra menor y reparación, así como el tipo de cimentación y tipo de suelo para cada familia de torres y con ello se estima un aproximado del volumen de excavación. Se incluye la estimación de materiales de construcción, partiendo de una resistencia de concreto por cada tipo de cimentación para estimar cantidades de agua, cemento y triturados.
- **Características Técnicas: Dentro de este ítem se incluyó lo relacionado con:**
 - **Adecuación y construcción de vías de acceso:** En lo referente a vías de acceso existentes y vías de acceso nuevas requeridas. También lo relacionado con la infraestructura de transmisión de energía eléctrica: donde se hace la descripción de los aspectos técnicos de la línea de transmisión.
 - **Operación:** Presenta la descripción de las obras y actividades que se desarrollan en el marco de las actividades de operación de la línea.
 - **Infraestructura asociada al proyecto:** Se incluyen las características y ubicación aproximada de la infraestructura asociada (Campamentos permanentes y transitorios, sitios de acopio y almacenamiento de materiales y cualquier tipo de infraestructura relacionada con el proyecto,

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

fuentes de materiales, plantas de procesos, infraestructura de drenaje, infraestructura de geotecnia, infraestructura de suministro de energía, infraestructura de suministro de agua).

- **Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto:** Descripción y dimensionamiento de la infraestructura y redes de servicios que sean necesarios trasladar, reubicar o proteger.
- **Insumos del Proyecto:** Se presenta el listado y la estimación de los volúmenes de insumos requeridos para la ejecución y operación del proyecto, contemplando: Materiales de construcción, Materiales sobrantes, entre otros.
- **Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición:** Se describe lo relacionado con el manejo, transporte y disposición de materiales sobrantes de excavación, construcción y demolición.
- **Residuos peligrosos y no peligrosos:** Se incluye lo relacionado con la clasificación de los residuos sólidos (aprovechables, especiales, de construcción y demolición, ordinarios, etc., de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), y de los residuos peligrosos (según lo previsto en el Capítulo 1, Título 6, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015); así como la estimación de los volúmenes de residuos peligrosos y no peligrosos a generador por el proyecto. De igual forma se realiza la revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de los municipios de Uribia, Maicao y Albania, con el fin de considerar los aspectos relevantes del mismo aplicables al proyecto.
- **Costos del proyecto, cronograma del proyecto y organización del proyecto:** Se describen los costos y cronogramas de las actividades del proyecto.

2.3.2.1 Trabajo de campo

El objetivo en campo es caracterizar todas las obras de infraestructura vial y demás infraestructura existente, haciendo énfasis en lo siguiente:

- Tipo y clasificación de vías, líneas férreas y otra infraestructura asociada a éstas.
- Estado actual de las vías e infraestructura de transporte que va a ser utilizada o modificada por el proyecto. Se realiza el inventario de obras de arte sobre los trazados viales.
- Infraestructura social y/o productiva asociada o no al proyecto como centros poblados, áreas urbanas, suburbanas o de expansión urbana, rancherías, escuelas, centros de salud, entre otros.
- Infraestructura del Sistema Interconectado Nacional en el área de influencia del proyecto.

Para la realización de la caracterización de la infraestructura se tiene en cuenta información como:

- **Nombre de la obra:** Se confirma el nombre del proyecto de acuerdo con su fin, con la población o información existente.
- **Ubicación geográfica:** Se toman las coordenadas de la obra si es de tipo puntual o se hace recorrido con GPS si la obra es lineal (vías).
- **Características físicas:** Dimensiones y especificaciones del proyecto.
- **Estado y funcionalidad:** Se revisa visualmente el estado estructural y funcional del proyecto.
- **Registro fotográfico:** Se realiza el registro fotográfico del detalle de cada obra, como soporte de su estado actual y posterior descripción.

2.3.2.2 Análisis e interpretación de datos

Una vez finalizado el trabajo de campo se procede al análisis de la información:

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Clasificación de vías de acuerdo con la categoría INVIAS e IGAC, identificando vías de tipo primario (Nacional), secundario (Departamental), terciario (Veredales) y privadas.
- Confrontación de información secundaria con la de campo, y generación de datos definitivos de infraestructura vial existente en la zona.
- Generación de inventario de cada elemento de la infraestructura vial y su caracterización, donde se incluye la ubicación, el registro fotográfico, las especificaciones, el estado funcional y estructural, y las recomendaciones y observaciones.
- Se genera para cada elemento caracterizado de la infraestructura vial una recomendación de las obras necesarias para adecuación y posible uso por el Proyecto.
- Generación de planos, donde se plasma la infraestructura existente encontrada en el área del proyecto que se prevé será utilizada por el Proyecto.
- Elaboración de fichas de acceso para cada uno de los accesos a ser utilizados por el proyecto.

2.3.3 Área de influencia del proyecto

De acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental de proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TdR-17) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS & Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, 2018), el área de influencia es aquella en la que se manifiestan y hasta donde trascienden los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios, debido a que la manifestación de los impactos ambientales de un proyecto, obra o actividad, varía de un componente a otro y de una actividad a otra. Para la definición del área de influencia se tuvo en cuenta la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia de la ANLA (2018).

Adicionalmente, los Términos de Referencia TdR-17 (MADS & ANLA, 2018), define que el área de influencia por componente, grupo de componentes o medios deberá ser planteada en función de unidades de análisis tales como: cuencas hidrográficas (superficiales o subterráneas), ecosistemas o unidades territoriales, según la caracterización del área, y que para la identificación y delimitación de las áreas de influencia del proyecto se debe definir un área de influencia preliminar por componente, grupo de componentes o medio, sobre la cual se caracterice, identifiquen y evalúen los impactos ambientales. Como resultado de la evaluación ambiental se deberá ajustar el área de influencia preliminar, obteniendo así el área de influencia definitiva por componente, grupo de componentes o medio.

Para el proyecto se definió, el área de influencia, como resultado del análisis e integración de criterios para los diferentes componentes, grupo de componentes o medios, a partir del análisis de los alcances técnicos del proyecto, uso de los recursos naturales durante las distintas etapas del proyecto, así como la consideración de los impactos generados sobre los diferentes componentes.

Respecto a la obtención de un área de influencia preliminar en una Etapa Previa, la revisión y ajuste de la misma así como la toma de información primaria y desarrollo de talleres de impacto con las comunidades en una Etapa de Campo, y finalmente en la Etapa de Análisis, la realización de un proceso iterativo, que permitiese ajustar las áreas de influencia preliminares, obteniendo así las áreas de influencia definitivas por componente, grupos de componentes o medios, y finalmente, el área de influencia del proyecto. A continuación, se puede observar el proceso para la definición del área de influencia (**Figura 2-33**).



Figura 2-33 Proceso metodológico definición del área de influencia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.3.1.1 Etapa previa o delimitación de área de influencia preliminar

Para la definición del Área Influencia del proyecto en la Etapa Previa se desarrollaron actividades relacionadas con:

- Definición de aspectos técnicos sujetos a licenciamiento ambiental, en cuanto a infraestructura y a uso y aprovechamiento de recursos previstos.
- Identificación de actividades del proyecto y establecimiento preliminar de lugares donde se podrían presentar los impactos y/o efectos positivos y negativos.
- Definición de información cartográfica secundaria de referencia, para cada uno de los medios y componentes.
- Interpretación de imagen satelital del área del proyecto, para definición preliminar de coberturas de la tierra.
- Definición preliminar de un área de influencia social y físico biótica, como base para el desarrollo de trabajo de campo y su correspondiente verificación.

Los criterios para la definición del área de influencia abiótica en los componentes geomorfología, suelos, hidrología y paisaje. De igual manera, para definición del área de influencia preliminar del medio biótico, se utilizaron los componentes flora, fauna e hidrobiota.

El área de influencia preliminar del medio socioeconómico se realizó en varios pasos. El Primer paso consulta de información IGAC: Ubicación del trazado del proyecto, en tres (3) municipios del depto. de la Guajira (Uribia, Maicao, Albania).

Segundo paso IGAC): División político-administrativa de cada municipio:

- **Uribia:** se encuentra al interior del título colectivo Resguardo Indígena Wayuu de la Alta y Media Guajira; sin embargo, la administración reconoce en su organización una división por corregimientos y veredas que son habitadas totalmente por rancherías o comunidades wayuu.

- **Maicao:** algunos corregimientos de los municipios de Maicao y Albania se traslapan con el resguardo en mención. Existe población indígena asentada en predios privados y títulos colectivos pequeños al interior de los corregimientos, así como el Consejo Comunitario de Ancestral, de la Comunidad Negra Ramiro Miro Joiro en el centro poblado del municipio de Carraipia.
- **Corregimiento de Cuestecitas (Albania):** también hay traslape con el área denominada Línea Negra de los pueblos indígenas de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La información relacionada es el resultado del análisis preliminar, el cual será contrastado en visita de campo y se encuentra en línea al ejercicio preliminar realizado para la solicitud de la procedencia y oportunidad de consulta previa en el AI.

Para la elaboración del área de influencia preliminar de paisaje se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Cuenca visual (observadores aleatorios tanto fijos como fluctuantes); Buffer de incidencia visual directa (1 km de buffer al trazado de la línea); este se realiza contemplando metodologías que disponen que la incidencia visual directa se establece en un área entre el 0 y el 1 km de distancia (Morlans, 2014).

En la **Figura 2-34**, se presenta el esquema del procedimiento Precampo desarrollado.



Figura 2-34 Aspectos considerados en la etapa precampo para la definición del área de influencia preliminar del área del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.3.1.2 Etapa de campo

Para la definición de las áreas de influencia del proyecto, en la etapa de campo se realiza un reconocimiento del área, con el fin de corroborar la información secundaria, realizando un inventario de los principales elementos verificables desde cada medio como las cuencas hidrográficas, divisoria de aguas, las coberturas, las unidades territoriales, y Paisaje, y así precisar la delimitación de áreas de influencia preliminar realizada. Igualmente se identifican y definen los sitios de aprovechamiento de recursos naturales para ajustar las áreas de influencia y obtener las definitivas.

2.3.3.1.3 Definición, identificación y delimitación del área de influencia definitiva

Las áreas de influencia se caracterizan de manera independiente; dicha caracterización se realiza al interior de cada una de las áreas, siendo el límite de la manifestación de los impactos propios de cada medio (abiótico, biótico y socioeconómico), el borde de cada una de las áreas de influencia.

Adicional a la caracterización ambiental de las áreas de influencia abiótica, biótica y socioeconómica, las respectivas zonificaciones ambiental y de manejo se realizan teniendo en cuenta el límite de cada una de las áreas de influencia definitivas.

Las áreas de influencia definitivas se realizan teniendo en cuenta las actividades previstas por el proyecto, los resultados de la evaluación de impactos ambientales, la delimitación previa de áreas de influencia y la verificación realizada en campo:

- **Descripción técnica del proyecto:** El punto de partida para la delimitación del área de influencia, son las actividades definidas para el desarrollo del proyecto.
- **Impactos de mayor significancia del proyecto:** La evaluación ambiental considera la totalidad de componentes que se evalúan en la definición preliminar de áreas de influencia y por ende su resultado, permite establecer cuáles de ellos serán afectados con impactos significativos, los cuales de acuerdo con los Términos de Referencia corresponden a los impactos ambientales que obtengan mayores calificaciones, según la metodología utilizada y la jerarquía de valoración establecida.
- **Definición de componentes involucrados en la delimitación del área de influencia y unidades mínimas de análisis por componente:** A partir de la identificación de las actividades técnicas del proyecto, el uso y aprovechamiento de recursos, así como el análisis de impactos ambientales significativos, se realizó la definición de los componentes, grupos de componentes y medios que podrían verse afectados por el desarrollo del proyecto y que por dicho motivo fueron considerados para la delimitación del Área de Influencia.

A partir de la selección de las unidades mínimas de análisis, se realiza la definición de las Áreas de Influencia para cada uno de los componentes, grupos de componentes o medios; de esta manera, se obtiene un área de influencia para el medio abiótico, un área de influencia para el medio biótico y un área de influencia para el medio socioeconómico.

2.3.4 Medio abiótico

2.3.4.1 Geología

• Etapa de precampo

En esta etapa, se analiza la información geológica del área de influencia abiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas, disponible en las bases de datos de la ANLA y la ANH. Es utilizada la base cartográfica desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano a escala 1:100.000 para la construcción de un mapa geológico regional. Posteriormente son usados modelos digitales de elevación para el ajuste de contactos geológicos. La **Tabla 2-20** presenta de manera resumida las fuentes de información geológica consultadas.

Tabla 2-20 Fuentes de información geológica consultadas para la construcción de la cartografía geológica del área de influencia abiótica del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas

Servicio Geológico Colombiano. Plancha geológica 15 a escala 1:100.000 (Año 2012)
Servicio Geológico Colombiano. Plancha geológica 9 a escala 1:100.000 (Año 2012)
Servicio Geológico Colombiano. Memoria explicativa de la plancha 10 a escala 1:100.000 (Año 2012)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La **Figura 2-35**, presenta el mapa geológico obtenido para verificación en la etapa de campo.

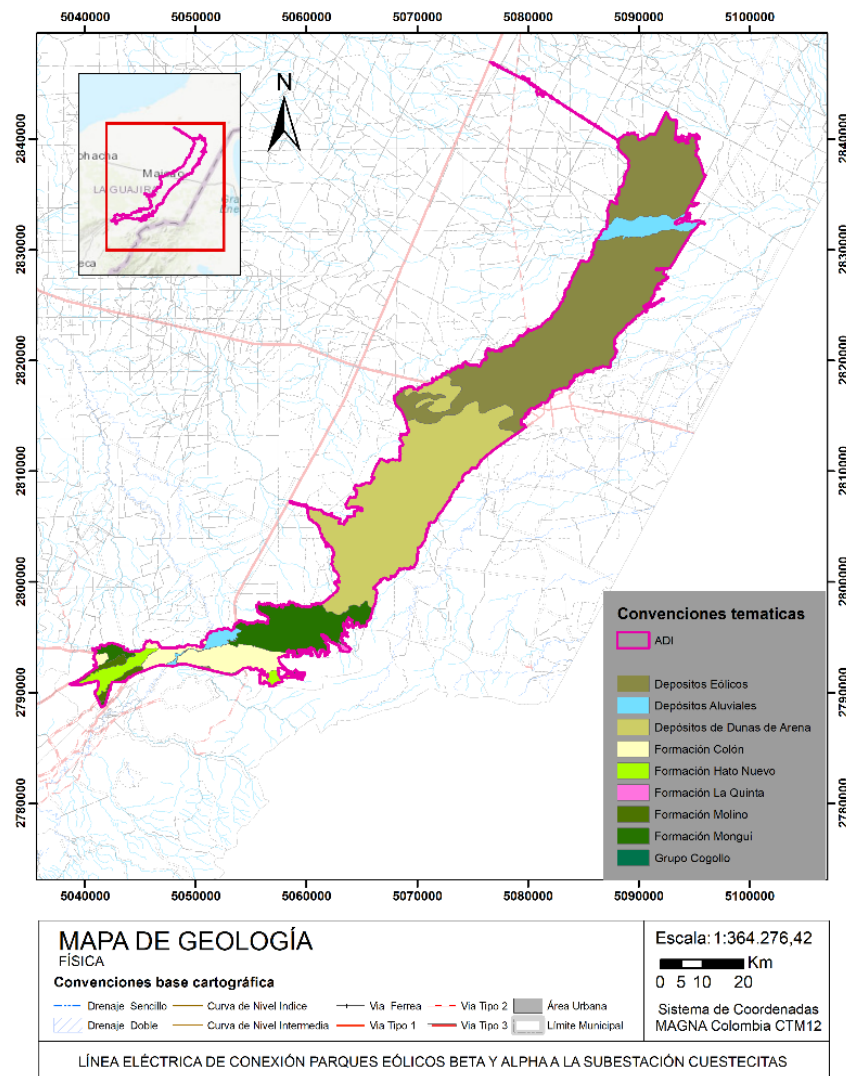


Figura 2-35 Cartografía geológica (Etapa de precampo) del área de influencia abiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parque Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

• Etapa de campo

Con la finalidad de realizar la caracterización litológica y la cartografía geológica de las unidades rocosas aflorantes en el área de influencia abiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, se realizaron recorridos de campo de manera perpendicular a las estructuras y unidades geológicas.

El proceso metodológico y lineamientos técnicos usados para la toma de información geológica es presentado en las siguientes viñetas.

○ Geometría de los estratos

En Este estudio se trató como estrato a todo cuerpo de roca sedimentaria cuyas propiedades fueran homogéneas o uniformemente heterogéneas dentro de límites reconocibles, es decir, estuvieran

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

limitados tanto en la vertical como en la horizontal por superficies que establecieran discontinuidad a sus propiedades. Con el propósito de facilitar la comunicación de la información, se adoptó la terminología propuesta por (Campbell, 1976), que considera estratos a los cuerpos rocosos sedimentarios cuyo espesor es mayor de un centímetro y láminas cuando el espesor es inferior a un centímetro.

Por las razones anteriores un intervalo de roca sedimentaria estaría constituido por estratos con una disposición particular, que es su estratificación, mientras que un estrato no bioperturbado tendrá internamente una o varias laminas.

○ **Textura de las rocas sedimentarias**

Con la finalidad de optimizar la descripción de las rocas sedimentarias en terreno se prestó especial atención a los siguientes aspectos:

- **Almacén:** Hace referencia a los granos que soportan el peso del sedimento.
- **Matriz:** Hace referencia a los granos o clásticos de menor tamaño que se apilan en los intersticios dejados por los granos que constituyen el almacén.
- **Cemento:** Corresponde al material precipitado químicamente entre los granos del almacén.

El formato para caracterización textural es el presentado en la ruta *3_Anexos\Cap.05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología\5.1.1-1 Formatos de campo*.

● **Proceso para la descripción de las rocas sedimentarias en terreno (Arenitas)**

○ **Descripción textural**

- Se determina la porción de grava. Se utilizan tablas comparativas de porcentaje.
- Se determina la porción de arena o lodo.
- Se determina el calibrado (sorting) de la fracción arena – grava. Se utilizan imágenes de calibrado; en nuestro caso las de (Pettijohn, 1973).
- Se determina la redondez de los granos. Se utilizan diagramas de (Barret; 1980).

○ **Descripción composicional**

- Se identifica, en un área estándar, los componentes; se avanza desde los menos estables así: cuarzo, feldespatos, fragmentos de roca.
- Se identifica el tipo de contacto entre los granos.
- Se identifica la sustancia cementante: cuarzo, calcita etc.
- Se determina el color de la roca. Se utiliza una tabla de colores.

○ **Verificación de la homogeneidad de la roca**

- Se reconoce la forma interna de la estratificación o la falta de esta (Bioperturbación).
- Obtención de muestra si se juzga necesario.

● **Proceso para la descripción de las rocas sedimentarias en terreno (Lodolitas)**

Para el caso de las lodolitas, o rocas en las cuales hay más del 50% de granos menores a 0,062 mm se prestó especial atención a su laminación: 1) Por granulometría y 2) Por color. Se discriminó además las formas como parten (fisibilidad).

● **Proceso para la descripción de las rocas no terrígenas del grupo de las calizas**

Rocas en que los clásticos de silicatos constituyen menos del 50%. Para la descripción de las rocas calizas en el campo se procede de modo análogo al caso de las arenitas.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Se establece si el soporte o armazón de la roca es de lodo calcáreo o de granos. Se utiliza el sistema de comparación de (Dunham, 1962).
- Se describe la textura general y la composición de los elementos del armazón.

2.3.4.1.1 Geología estructural

A través de reconociendo en trabajo de campo será identificada la ocurrencia de fallas geológicas o lineamientos. Serán identificados brechas de falla o facetas triangulares que permitir de manera contundente definir la presencia de fallas. Serán tomados datos estructurales en planos de falla y de esta manera será definido el comportamiento geométrico de las mismas.

• Etapa de Poscampo

En esta etapa es construida la cartografía y perfiles geológicos del área de influencia física de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, así como los documentos explicativos en donde se da especial realce a la estratigrafía y geología estructural del área. La escala de presentación de la información geológica es de 1:25.000, partiendo de mapas base IGAC y del Servicio Geológico colombiano para la geología una vez se finaliza el trabajo de campo.

2.3.4.2 Amenaza sísmica

Según el Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS (2010), la aceleración pico efectiva (A_a) es la aceleración horizontal del sismo de diseño contempladas en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), como porcentaje de la aceleración de la gravedad terrestre ($g = 980 \text{ cm/s}^2$). El valor del parámetro A_a se utiliza para definir las cargas sísmicas de diseño que exige el reglamento de Construcciones Sismo Resistentes.

El mapa de amenaza sísmica representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia. El movimiento del terreno 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 periodo de retorno) de los sismos potencialmente destructores: de ocurrencia excepcional (periodo de retorno de 2.475 años), frecuentes (período de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años).

2.3.4.3 Geomorfología

• Etapa de precampo

La caracterización geomorfológica para el área de influencia abiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas es direccionada por la “Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia” publicada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en el 2012. Se utilizó el esquema de jerarquización geomorfológica presentado en la **Figura 2-36**.



Figura 2-36 Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por el Servicio Geológico Colombiano

Fuente: SGC, 2012

En esta etapa las unidades geomorfológicas son determinadas a partir de los ambientes morfogenéticos (Regiones geomorfológicas) de las unidades geológicas y los rasgos morfométricos de las mismas. Los principales atributos morfométricos usados para la determinación de unidades geomorfológicas son los presentados en la **Tabla 2-21** a la **Tabla 2-24**.

Tabla 2-21 Tipo de relieve

TIPO	ELEVACIÓN (METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR)
Montañoso	Mayor de 500
Colina	20 a 499
Loma	50 a 200
Montículos	0 a 49

Fuente: SGC, 2012

Tabla 2-22 Índice de inclinación de ladera

INCLINACIÓN (GRADOS)	DESCRIPCIÓN
Menor a 5	Plana o suavemente inclinada
6 a 10	Inclinada
11 a 15	Muy inclinada
16 a 20	abrupta
21 a 30	Muy abrupta
31 a 45	Escarpada
Mayor de 45	Muy escarpada

Fuente: SGC, 2012.

Tabla 2-23 Índice de contraste de relieve

ELEVACIÓN (m)	DESCRIPCIÓN
Menor de 29	Muy bajo
30 a 74	Bajo
75 a 149	Moderado
150 a 249	Alto
250 a 499	Muy alto
Mayor de 500	Extremadamente alto

Fuente: SGC, 2012.

Tabla 2-24 Longitud de ladera

LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
Menor de 50	Muy corta
51 a 250	Corta
251 a 500	Moderada
501 a 1.000	Larga
1.001 a 2.500	Muy Larga

LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
Mayor de 2500	Extremadamente larga

Fuente: SGC, 2012.

La **Figura 2-37**, representa gráficamente las unidades geomorfológicas identificadas durante la etapa de precampo.

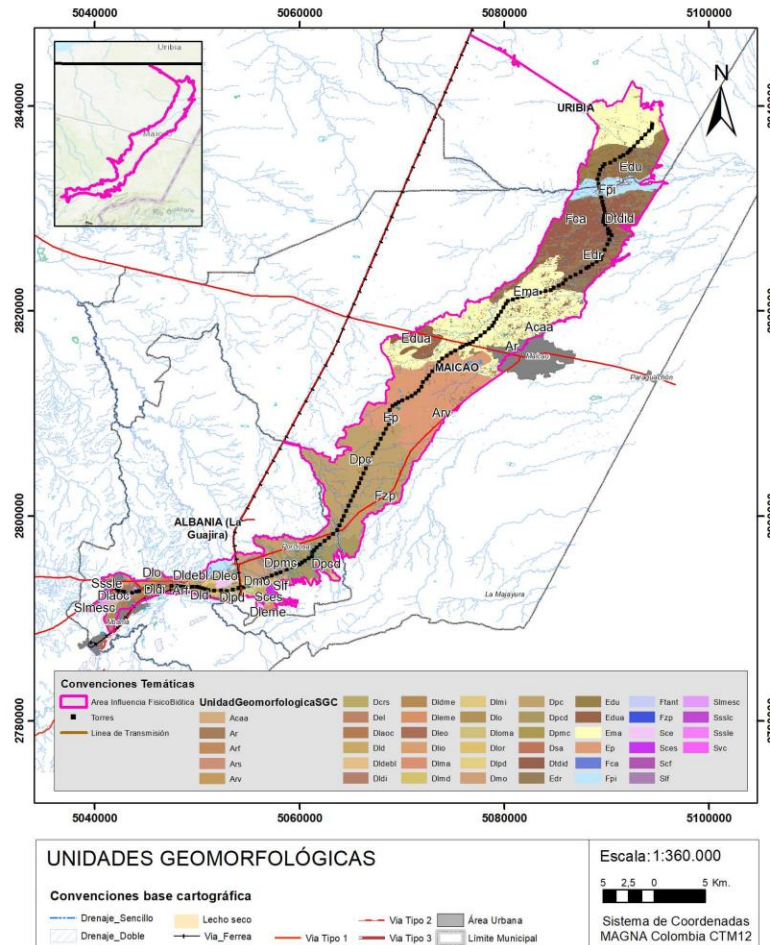


Figura 2-37 Unidades geomorfológicas identificadas dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parque Alpha y Beta con la Subestación Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Con la finalidad de validar la existencia de procesos morfodinámicos dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parque Alpha y Beta a La Subestación Cuestecitas, son reconocidos a través de procesos de fotogeología posibles procesos morfodinámicos para una posterior comprobación en la etapa de campo.

- **Etapa de campo**

- **Unidad geomorfológica**

En esta etapa son verificados los contactos de las unidades geomorfológicas identificadas en la etapa de precampo y determinadas las principales subunidades geomorfológicas.

○ **Identificación de procesos morfodinámicos**

Los procesos morfodinámicos identificados dentro del trabajo de campo fueron caracterizados de conformidad con los lineamientos de clasificación expuestos por el Servicio Geológico Colombiano a través de la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia (ver **Tabla 2-25** a la **Tabla 2-27**).

Tabla 2-25 Clasificación de procesos erosivos y de remoción en masa

TIPO DE EROSIÓN	ESPACIAMIENTO ENTRE CANALES					
	Menor 5 cm	5 a 15 cm	15 a 50 cm	50 a 150 cm	150 a 500 cm	Mayor a 500 cm
Erosión laminar	Severa	Moderada	Suave			
Surcos (Menor a 50 cm de profundidad)	Severa	Severa	Moderada	Suave		
Barrancos (51 a 150 cm de profundidad)	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	
Cárcavas (Mayor a 150 cm de profundidad)	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave

Fuente: SGC, 2012

Tabla 2-26 Grado de erosión

ÁREA EROSIONADA % DE UNIDAD	GRADO DE EROSIÓN R	DESCRIPCIÓN
Menor a 25	Sin erosión	Geoforma original
25 a 50	Erosión baja	Geoforma denudada
51 a 74	Erosión media	Geoforma remanente
75 a 89	Erosión alta	Geoforma residual
Mayor a 90	Erosión muy alta	Bad Lands

Fuente: SGC, 2012

Tabla 2-27 Clasificación de movimientos en masa

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL ASOCIADO		
			Roca	Suelo de ingeniería	
				Predominantemente grueso	Predominantemente fino
Caídas			Rocas fracturadas	Detritos	Tierra
Volcamientos			Rocas muy inclinadas	Detritos	Tierra
Deslizamientos	Rotacional	Pocas unidades	Hundimiento en roca	Hundimiento de detritos	Hundimiento de tierra
			Deslizamiento de bloques en roca	Deslizamiento de bloque de detritos	Deslizamientos de bloques de tierra
	Traslacional	Muchas unidades	Deslizamiento en roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de tierra
Propagación lateral			Roca	Detritos	Tierra
Flujos			Flujo de roca (Reptación profunda)	Detritos	Tierra
				Reptación de suelo	
Reptación: Áreas de gran extensión			Reptación profunda	Reptación de suelo	
Compuestos o múltiples: Combinación de dos o más de los tipos anteriores					

Compuestos o múltiples: Combinación de dos o más de los tipos anteriores

Fuente: SGC, 2012

• **Etapas Postcampo**

En esta etapa se construye la cartografía y perfiles geomorfológicos del área de influencia física de Línea Eléctrica de Conexión Parque Alpha y Beta a La Subestación Cuestecitas, así como los documentos explicativos en donde se dio especial realce a la morfogénesis, morfodinámica y morfoestructura de cada unidad geomorfológica. En cuanto a la evolución de los procesos morfodinámicos, serán desarrollados análisis multitemporales de los mismos usando como insumos imágenes satelitales.

2.3.4.4 Suelos y uso del suelo

Se presenta la descripción de las tres (3) etapas desarrolladas para llevar a cabo el desarrollo del componente suelos dentro del área de influencia abiótica.

- **Etapas precampo**

Se adquirió información relacionada con la naturaleza del estudio, así como los materiales e instrumentos necesarios para la observación y muestreo de los suelos en el campo. Se realizó la interpretación geomorfológica con imágenes de satélite y modelos digitales de terreno, discriminando geoformas hasta el nivel de forma de terreno. Con el conocimiento de la distribución de los materiales geológicos y clima local, se identificaron los marcos pedológicos existentes en la zona de estudio y se elaboró la leyenda preliminar de suelos. Se revisó la cartografía IGAC en cuanto a cartografía Base escala 1:25.000 de suelos. Igualmente se revisaron los POT de los municipios de Uribe y Maicao y el EOT de Albania; así como los POMCA disponibles de los ríos Ranchería y Carraipía. Mencionar también la adquisición de información secundaria asociada al uso del suelo de acuerdo con instrumentos de planificación territorial, como POT, EOT, PBOT, POMCA, etc.

y relacionadas con el medio ambiente, dicha información se encuentra avalada a nivel nacional e internacional (IGAC en cuanto a cartografía Base escala 1:25.000 y suelos, SIAC para temáticas como inundación, alertas tempranas, SIGOT para Geomorfología y Cuencas, Servicio Geológico colombiano para la geología e hidrogeología); la cobertura preliminar se toma del mapa de ecosistemas del IDEAM, 2017. Durante la preparación de la información se realizaron las siguientes actividades:

- **Adquisición y preparación de material cartográfico**

La descripción y delimitación de las unidades de suelos se realizó considerando la información disponible en el Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC):

- Suelos de las planchas 9, 10, 14 y 15. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras departamento de la Guajira. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Escala 1:100.000. Año 2009.
- Suelos de las planchas 15ID, 15BISIA, 15IIA, 15IIB, 15IIC, 15IID, 15IIIB, 15IIID, 15IVA, 15IVC y 14IVC. Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de Tierras en la media y baja Guajira y el Estudio General de suelos. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Escala 1:25.000. Año 2012.

Se adquirieron los siguientes estudios realizados:

- Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras departamento de la Guajira. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Escala 1:100.000. Año 2009.
- Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de Tierras en la media y baja Guajira y el Estudio General de suelos. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Escala 1:25.000. Año 2012.

- **Adquisición de Materiales, Equipos y Reactivos de Campo**

Se obtuvieron los equipos y materiales de trabajo necesarios para el levantamiento de suelos, tales como: herramientas (barrenos, palines, picas y palas), formatos para el registro de observaciones y descripción de perfiles de suelos, rótulos para la identificación de las muestras, GPS, reactivos químicos para las pruebas en campo (reacción del suelo (Ph), materia orgánica, carbonatos, materiales amorfos) y demás equipos técnicos especializados.

- **Etapas de Campo**

La etapa de campo se desarrolló con el fin de realizar el reconocimiento y muestreo de los suelos según la metodología de levantamientos de la Subdirección de Agrología (IGAC, 2017). Las actividades que se realizaron en cada una de las etapas del levantamiento se describen a continuación:

○ **Reconocimiento preliminar del Área de Estudio**

La etapa de campo se inició con un recorrido general en las diferentes áreas para familiarizarse con los paisajes, coberturas, usos del suelo y vías de comunicación.

○ **Reconocimiento de Campo**

Se realizó un reconocimiento de campo mediante observaciones de comprobación (barrenos, cajuelas y calicatas) utilizando la técnica de mapeo libre.

▪ **Número de observaciones de comprobación realizadas**

Para la caracterización del componente suelos, se realizaron 38 puntos de observación (**Tabla 2-28 y Tabla 2-29**), correspondientes a cajuelas y pruebas de barreno, el número de puntos de observación se estableció teniendo en cuenta los ambientes edafogenéticos del área, el Estudio Semidetallado de Suelos y Zonificación de Tierras en la media y baja Guajira y el Estudio General de suelos y zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira.

Tabla 2-28 Observaciones de campo



Fuente: Geocol Consultores S.A., 2020

Tabla 2-29 Coordenadas de puntos de observación de campo (Cajuelas y pruebas de barreno)

NOMENCLAT	ESTE	NORTE
PO_01	5042420,53	2792662,59
PO_02	5043909,48	2792674,33
PO_03	5046375,16	2793205,32
PO_04	5048335,37	2793271,54
PO_05	5052994,97	2793893,97
PO_06	5054458,8	2793076,2
PO_07	5060473,21	2795607,9
PO_08	5078817,17	2818578,96
PO_09	5090145,54	2832642,35
PO_10	5087473,16	2823831,81
PO_11	5072942,62	2817174,81
PO_14	5047496,5	2792446,17
PO_15	5067909,28	2801792,22
PO_16	5065186,53	2801851,8
PO_17	5045841,42	2791860,46
PO_18	5081501,04	2844265,2
PO_19	5094422,04	2838138,08
PO_20	5079829,23	2822409,1
PO_21	5084729,03	2822229,81
PO_22	5071853,68	2812508,06
PO_23	5068187,48	2807878,88
PO_25	5057737,7	2793379,6
PO_26	5061653,96	2796883,5

NOMENCLAT	ESTE	NORTE
PO_27	5057498,13	2792958,43
PO_28	5051129,69	2792108,75
PO_29	5053392,02	2792818,5
PO_30	5041926,42	2793223,3
PO_31	5057049,6	2792755,38
PO_32	5044902,8	2792976,43
PO_33	5092058,93	2835478,17
PO_35	5077394,64	2847637,72
PO_37	5045109,27	2793497,46
PO_38	5058155,53	2791131,16
PO_39	5057299,63	2794190,67
PO_40	5056849,23	2796108,87
PO_41	5050850,36	2792865,53
PO_42	5052344,61	2794395,63
PO_43	5058426,8	2791933,03

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2023

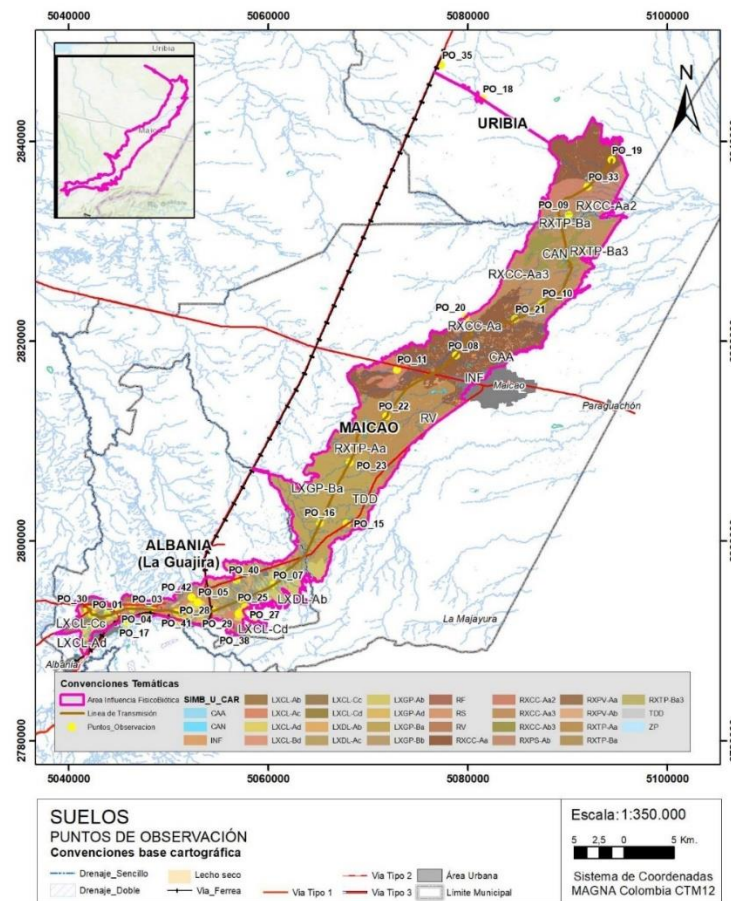


Tabla 2-30 Distribución espacial de puntos de observación (Cajuelas y pruebas de barreno)

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2023

○ Descripción de perfiles modales

La caracterización del perfil modal dentro del área de estudio se realizó a través de la apertura de calicatas. Se realizarán 17 calicatas, en cada perfil modal se llevó a cabo la toma de muestras de suelos

para el análisis fisicoquímico y biológico; se toman hasta cuatro (4) muestras, correspondientes a los cuatro (4) primeros horizontes.

Seguidamente, en la **Tabla 2-31** se muestran las coordenadas de los puntos donde realizaron los perfiles modales y en la **Figura 2-38** su distribución espacial.

Tabla 2-31 Coordenadas de perfiles modales

NOMENCLAT	ESTE	NORTE
GUA-01	5041926,47	2793223,29
GUA-02	5043909,47	2792674,39
GUA-03	5047496,50	2792446,17
GUA-04	5051129,70	2792108,71
GUA-05	5044902,76	2792976,40
GUA-06	5052344,56	2794395,67
GUA-07	5057049,63	2792755,40
GUA-08	5057299,63	2794190,66
GUA-09	5058426,83	2791932,96
GUA-10	5057498,13	2792958,43
GUA-11	5079829,23	2822409,10
GUA-12	5057737,73	2793379,59
GUA-13	5068187,54	2807878,92
GUA-15	5078817,18	2818578,95
GUA-16	5087473,22	2823831,83
GUA-17	5090145,54	2832642,35
GUA-18	5081501,04	2844265,20

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2023

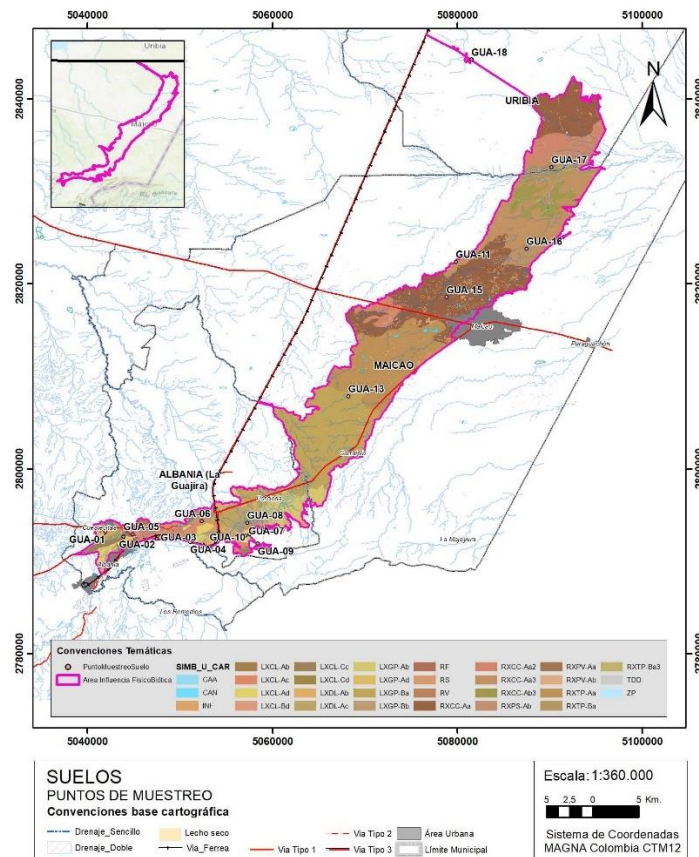


Figura 2-38 Distribución espacial de perfiles modales

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Durante la etapa de campo se corroborará y ajustará las delineaciones de las UCS, permitiendo perfeccionar la leyenda de suelos, en ella se incluyen los componentes taxonómicos, el % de ocurrencia de cada taxón, las características de los suelos y el clima de cada UCS.

- **Etapa postcampo**

Esta etapa comprende actividades de organización y procesamiento de la información levantada en campo, interpretación de los resultados de laboratorio, perfeccionamiento de la leyenda de suelos y elaboración de la cartografía temática y memoria técnica. Seguidamente, se describe cada una de las actividades a desarrollar.

- **Análisis de laboratorio**

Las muestras de suelo tomadas en campo se someterán a análisis físicos y químicos. Con los resultados se definirán los horizontes diagnósticos, la clasificación taxonómica a nivel de familia y la fertilidad del suelo.

Durante la etapa postcampo se corrobora y ajustan las delineaciones de las UCS, permitiendo perfeccionar la leyenda de suelos, en ella se incluyen los componentes taxonómicos, el % de ocurrencia de cada taxón, las características de los suelos, teniendo en cuenta los resultados de laboratorio. y el clima de cada UCS.

- **Leyenda**

La leyenda contiene en forma tabular información referida a: paisaje, clima, tipo de relieve, forma del terreno, material parental, las principales características de la zona, la clase de unidad cartográfica, los componentes taxonómicos, los perfiles modales, las etapas y la extensión expresada en hectáreas y porcentajes.

- **Elaboración del mapa de Suelos**

De acuerdo con la leyenda definitiva de suelos, se colocarán los símbolos de cada una de las delineaciones. Las unidades cartográficas se identifican con un símbolo compuesto por dos letras mayúsculas y una o más minúsculas.

- **Elaboración de memoria técnica**

La memoria técnica consta de dos partes: una descriptiva, donde aparece la información básica y complementaria relacionada con el estudio de suelos y otra de carácter interpretativo que involucra la clasificación de los suelos por capacidad de uso, uso actual y conflictos de uso. Seguidamente, se describen las partes de la memoria técnica:

- **Parte descriptiva**

En esta sección se recopila la información de localización geográfica, vías de comunicación, uso actual de las tierras y medio natural (aspectos de geología, geomorfología, clima ambiental, vegetación natural) del área trabajada. Así mismo, se describieron las UCS mapeadas, en cada una se relaciona la posición geomorfológica, ubicación geográfica, clima, material de origen de los suelos y componentes de taxonómicos (taxones); cada taxón se describió a partir del perfil modal y sus réplicas, indicando su morfología, propiedades físicas y químicas.

- **Parte interpretativa**

- **Caracterización del suelo:** En esta sección se realiza:

- ✓ Agrupación de las unidades cartográficas de suelos (UCS) con limitaciones y potencialidades similares mediante el sistema de clasificación por capacidad de uso de las tierras del servicio de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

conservación de suelos de los Estados Unidos” (USDA, 1965) y adaptado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2002).

- ✓ Uso actual del suelo, de acuerdo a la Clasificación utilizada por el IGAC en la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia Vol. 2 Bogotá D.C. 2002.
- ✓ Análisis de conflictos de uso del suelo, de acuerdo a los criterios basados en las categorías definidas en la resolución 2182 de 23 de diciembre de 2016 y en la zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país, Capítulo IV – Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia, IGAC – Corpoica, 2002.
- ✓ Análisis de degradación por erosión, el cual se basa en la metodología propuesta por IDEAM, U.D.C.A., 2015. Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión. IDEAM – MADS – U.D.C.A. Bogotá D.C., Colombia. Versión 2.
- ✓ Análisis de la degradación por salinización, se realiza de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, CAR y UDCA, 2017.
- ✓ Análisis de tendencia de la degradación por desertificación, se basa en la metodología propuesta por el IGAC-IDEAM-MAVDT en el protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación.

2.3.4.5 Hidrología

El estudio hidrológico se basa en la caracterización de corrientes hídricas y cuerpos asociados al flujo de agua dentro del análisis del ciclo hidrológico, y su potencial dinámico de interacción temporal y espacial. Dicha caracterización permite conocer el estado actual de los recursos hídricos, la dinámica de las principales corrientes, el análisis del régimen hídrico de las fuentes, para generar una evaluación ambiental, lo que permite prever y desarrollar medidas de manejo, para así, mitigar y controlar los posibles impactos ambientales sobre este bien tan importante y relevante para cualquier actividad humana.

En ese sentido, la evaluación hidrológica dentro de una primera etapa (pre campo), se centra en la recopilación y análisis de información cartográfica, climatológica y otras variables de importancia ambiental asociadas a la hidrología. Una segunda etapa (campo), se valida y se recoge información ambiental directa en campo, y una etapa (post campo) donde se ajusta la información y se realizan los procesos de caracterización de cuencas conforme a los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17. A continuación se abordan desde el enfoque metodológico cada una de estas etapas.

• Etapa pre campo

Para la caracterización preliminar de las unidades hidrológicas, se utilizó la información secundaria disponible en las fuentes de los sistemas ambientales nacionales (Planchas IGAC 1:25.000; POMCA), así como estudios realizados de otros proyectos cercanos, los cuales fueron sometidos a revisión preliminar en los sistemas de información cartográfica ArcGis Pro, e imágenes satelitales de Google Earth, y una imagen adquirida en alta resolución, que permitieran definir en primera instancia las fuentes hídricas superficiales de índole lótico y léntico. El resumen de la información secundaria utilizada se presenta a continuación.

- Planchas 1:25.000 del servicio geográfico Agustín Codazzi.
- Imagen satelital del servicio gratuito Google Earth.
- Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia – IDEAM.
- Imagen adquirida.
- Modelo Digital de Terreno DEM Alos Palsar 12.5 y SRTM 30 m.
- Modelo Digital de Terreno DEM Lidar.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Plan de Ordenamiento de cuencas –POMCA.
- Estudio de impacto Ambiental del proyecto EDPR.
- Registros históricos de las estaciones hidrometeorológicas en la zona del proyecto, conforme a la disponibilidad hidrométrica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Términos de referencia, para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17.
- Metodología general para la presentación de estudios ambientales resolución 1402 de 2018.
- Resolución 2182 del 23 de diciembre de 2016, la cual establece el Modelo de Almacenamiento Geográfico.

2.3.4.5.1 Identificación de cuerpos lóticos y lénticos

Como primer paso, se realiza la evaluación de la existencia de las corrientes de tipo lótico o red de drenaje superficial asociada al área de influencia del proyecto, tomando como referencia las planchas de información cartográfica de referencia base del instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC, a escala 1:25.000. Esta información fue contrastada con el uso de imágenes satelitales de referencia en Google Earth e imagen ortofoto de alta resolución adquirida haciendo uso del software ArcGis Pro. En el sistema se realiza el procesamiento por fotointerpretación y digitalización de las corrientes observadas, sistemas lénticos, y otros cuerpos de agua, además de uso de imágenes multitemporales para definición de intermitencia de flujo, considerando sus curso e interconexión a confluencias entre drenajes y sistemas lénticos. En ese sentido, se logra un detalle a escala de detalle inferior a 1:2000, para dar cumplimiento al nivel detalle establecido por los términos de referencia Tdr-17, y la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales 2018.

2.3.4.5.2 Delimitación de cuencas

Con la depuración y el detalle de estudio de la red de drenaje y sistemas lénticos asociados al polígono del proyecto, se verifica su interconexión y distribución conforme a sus cuencas de aportación por fotointerpretación preliminar. Posteriormente se realiza el geoprocesamiento por delimitación de alturas (Z) y coordenadas (X, Y), gracias al insumo base de un modelo digital de terreno DEM, el cual se obtiene de los sistemas de información Internacional de la NASA, los cuales definen un resultado de delimitación de parteaguas de las cuencas, y se convierten en el insumo primario de las cuencas.

Dado que este insumo está sometido a un margen de error, en consecuencia, a que la zona en su mayoría se asienta sobre una llanura de inundación, se realiza un quemado de las redes de drenaje y se realiza un cruce de información entre las capas de drenaje y cuencas realizando los ajustes correspondientes por fotointerpretación.

En la **Figura 2-39** se puede observar la metodología llevada a cabo para la delimitación.

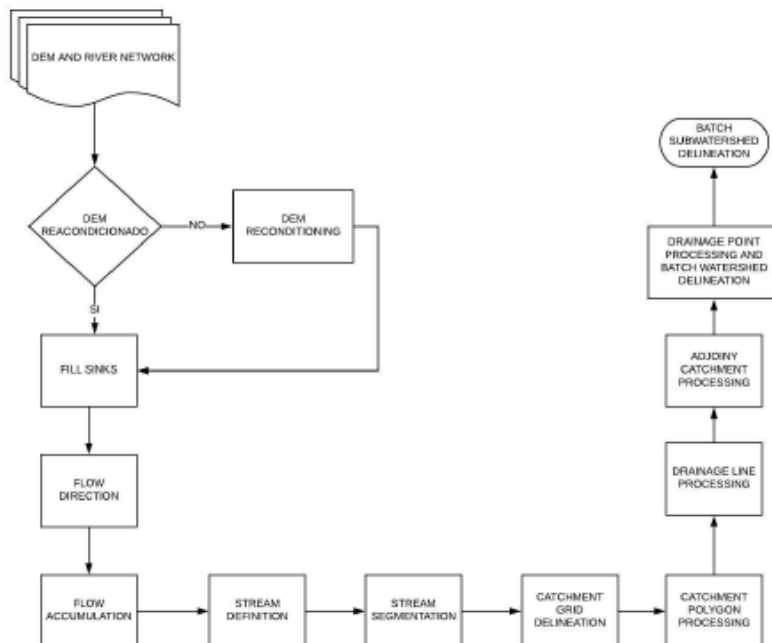


Figura 2-39 Metodología para delimitación de cuencas con reacondicionamiento

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Además de los geoprocесamientos en los sistemas de información geográfica, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios técnicos:

- La divisoria de aguas corta de manera perpendicular las curvas de nivel y pasa estrictamente por los puntos de mayor nivel topográfico.
- Cuando la divisoria de aguas va aumentando, su altitud corta a las curvas de nivel por su parte convexa, mientras que, si la altitud de la divisoria va decreciendo, corta las curvas de nivel en su parte cóncava.
- La divisoria de agua en ningún punto debe cortar ningún flujo de agua natural, a excepción del punto de descarga o salida de la cuenca o punto de interés.

Posteriormente se realizó un proceso de suavizado y corrección topológica. En casos particulares donde la divisoria de aguas no tuviera un sentido lógico con los cauces se realizaron ajustes.

Además, se lleva a cabo un proceso de suavizado y corrección topológica para eliminar posibles inconsistencias y garantizar la integridad del modelo. En casos donde la alineación de la divisoria de aguas con los cauces naturales no sea óptima, se realizan ajustes para mejorar la coherencia del sistema.

Aunque estos criterios son fundamentales, también se tienen en cuenta otros aspectos relevantes para definir el área de influencia del proyecto, detallados en el capítulo correspondiente del documento.

• Etapa pre campo y etapa de campo

Las principales actividades desarrolladas se centraron en la validación de información cartográfica y la verificación de inconsistencias en los cursos de fuentes superficiales, su dinámica temporal y fluvial, de acuerdo con lo establecido en la etapa preliminar.

Previo a la salida de campo, se realizó la preparación de la información cartográfica disponible. Esta información se basó en datos de vías de acceso, sistemas de drenaje, ocupaciones de cauces y la red de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

drenaje. Estos datos se utilizaron en aplicaciones de navegación y GPS para facilitar la localización de los puntos de interés. Una vez en el lugar, se llevó a cabo la verificación de las condiciones y características hidrológicas. En muchos casos, se consultó a lugareños y propietarios de fincas para obtener información sobre la dinámica temporal de las corrientes, lo que contribuyó a validar la información dinámica temporal. En ausencia de esta información, se procedió a la observación directa de las características geomorfológicas e hidrológicas para definir la dinámica temporal y otras propiedades físicas.

La salida de campo se desarrolló desde el 4 de septiembre del 2023 hasta el 3 de noviembre del 2023. Cada día se programó un recorrido siguiendo las rutas de acceso vial, cubriendo los puntos de interés o áreas cercanas. Antes de ingresar a los lugares, se gestionaron los permisos correspondientes con los administradores y propietarios de los terrenos. Se presentó formalmente al equipo y se expuso el contexto del proyecto junto con las actividades planificadas. Tras la autorización, se procedió al ingreso al sitio, considerando los posibles riesgos asociados. En el lugar, se llevó a cabo la recopilación de información primaria y se realizó el registro fotográfico.

Las actividades desarrolladas en la etapa de campo se resumen a continuación:

- Recorridos de reconocimiento generales sobre la zona.
- Visita sobre los puntos de validación de corrientes hídricas identificadas en el área de influencia preliminar para realizar la validación cartográfica.
- Evaluación de cuerpos de agua lóticos.
- Evaluación de la dinámica de flujo y las condiciones de divagaciones de las corrientes.
- Recopilación, caracterización y georreferenciación de cuerpos de tipo léntico como jagüeyes, represas, madre viejas, lagunas, esteros, rebalses y demás cuerpos de agua relacionados, mediante inspecciones visuales por medio de recorridos, obteniendo registros fotográficos, y describiendo aspectos como su forma, profundidad, origen, cobertura vegetal asociada y uso del recurso.
- Consulta a los pobladores cercanos a las corrientes las dinámicas hídricas en temporadas secas y húmedas.
- Verificación de zonas claves con incertidumbre de divisoria de aguas para validación y posible ajuste cartográfico.
- Verificación de puntos relacionados a límites de área de influencia para validación tomando como criterio de limitante físico de impacto.
- Verificación de las ocupaciones de cauce propuestas para el desarrollo del proyecto.

Cabe resaltar que, dentro de la identificación de cuerpos lénticos por fotointerpretación se contemplaron un gran número de estos, que en términos logísticos para validación de campo se dificulta por el tiempo para el desarrollo del estudio, sin embargo, conforme a la etapa precampo se establecieron cuerpos lénticos representativos para las cuencas los cuales permiten inferir en las características hidrológicas de la totalidad de cuerpos lénticos que se basan en tipo, origen, descripción ambiental, servicios ecosistémicos y usos principales. Así se consideró un mínimo de n observaciones, seleccionadas de entre los cuerpos identificados, garantizando así una muestra representativa para cada uno.

$$n = \frac{(z^2 * p * q * N)}{(NE^2 + Z^2)(p * q)}$$

Z = nivel de confianza.

N = población – censo.

P = probabilidad a favor.

Q = probabilidad en contra.

E = error estimación.

N = tamaño de la muestra.

2.3.4.5.3 Cuerpos lóticos

Conforme a la revisión y evaluación de la información secundaria se logró evidenciar algunas inconsistencias sobre la red de drenaje que derivan a su intermitencia y el nivel de interacción antrópica en la zona. Algunos drenajes pierden sus cursos naturales de agua determinando sectorizaciones de cauces y/o en los casos más graves la pérdida de estos en zonas de planicies amplias, donde se pierde por completo los rastros de los cursos de aguas. Para estos casos, se utilizaron imágenes multitemporales para definir algunos cursos como el modelo digital de elevación y las verificaciones en campo.

Por otra parte, los puntos de control fueron establecidos sobre las corrientes principales y algunos tributarios identificados en la cartografía base e información secundaria, de forma tal que permita, la caracterización hidrológica, referente a su régimen estacionario (permanente, intermitente, efímero), dinámica fluvial, geoformas de cauce, evidencia de divagación de cauces (inundación), conectividad ecológica y divisorias de aguas dentro del establecimiento de sus cuencas. Estas características, aunque tienen un fundamento por observación se refuerza con aportes de los lugareños quienes pueden brindar información en las dinámicas estacionales de las corrientes y la configuración de sus cursos en el tiempo.

Los puntos de caracterización de sistemas lóticos que permita la interpretación dinámica de las corrientes tal como se muestra en la **Figura 2-40**.

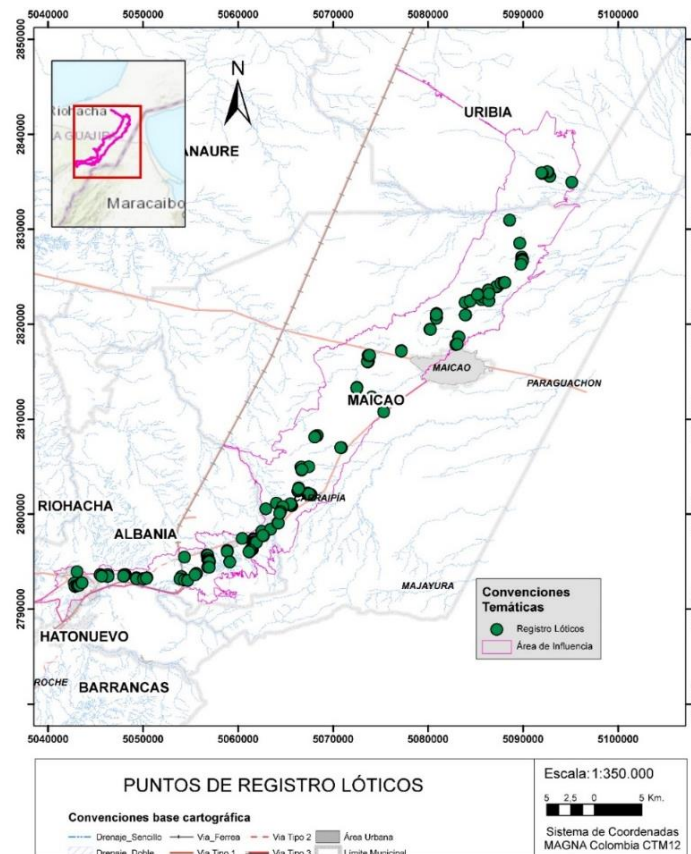
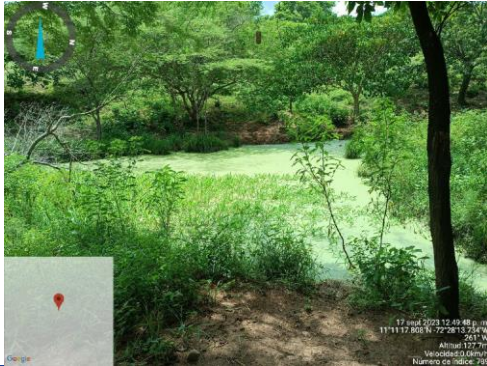


Figura 2-40 Puntos de referencia para revisión de sistemas lóticos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-1 Registro fotográfico cuerpo lútico

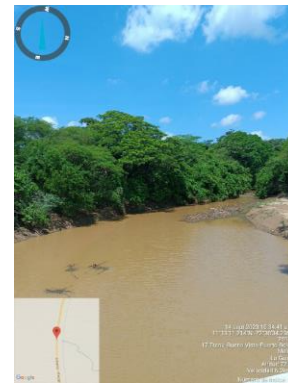


Fotografía 2-2 Registro fotográfico cuerpo lútico

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-3 Registro fotográfico cuerpo lútico



Fotografía 2-4 Registro fotográfico cuerpo lútico

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-5 Registro fotográfico cuerpo lútico



Fotografía 2-6 Registro fotográfico cuerpo lútico

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.4.5.4 Cuerpos lúnticos

De acuerdo a la revisión y fotointerpretación de la ortofoto de alta resolución adquirida y otras disponibles de los sistemas de información geográfica, se realizó una identificación preliminar de cuerpos lúnticos asociados a las cuencas delimitadas, de la totalidad de estos se fijaron puntos de visita en campo conforme a su representatividad de la cuenca, origen natural o artificial, y su tipología como jagüey, laguna, lago, pantano entre otras, de igual manera se consideró su logística de accesibilidad al punto.

De esta forma, mediante la visita de campo se pudo determinar la dinámica de los cuerpos de agua lénticos de la zona. Donde se identificaron ciénagas, pantanos, lagunas y jagüeyes (ver **Figura 2-41**).

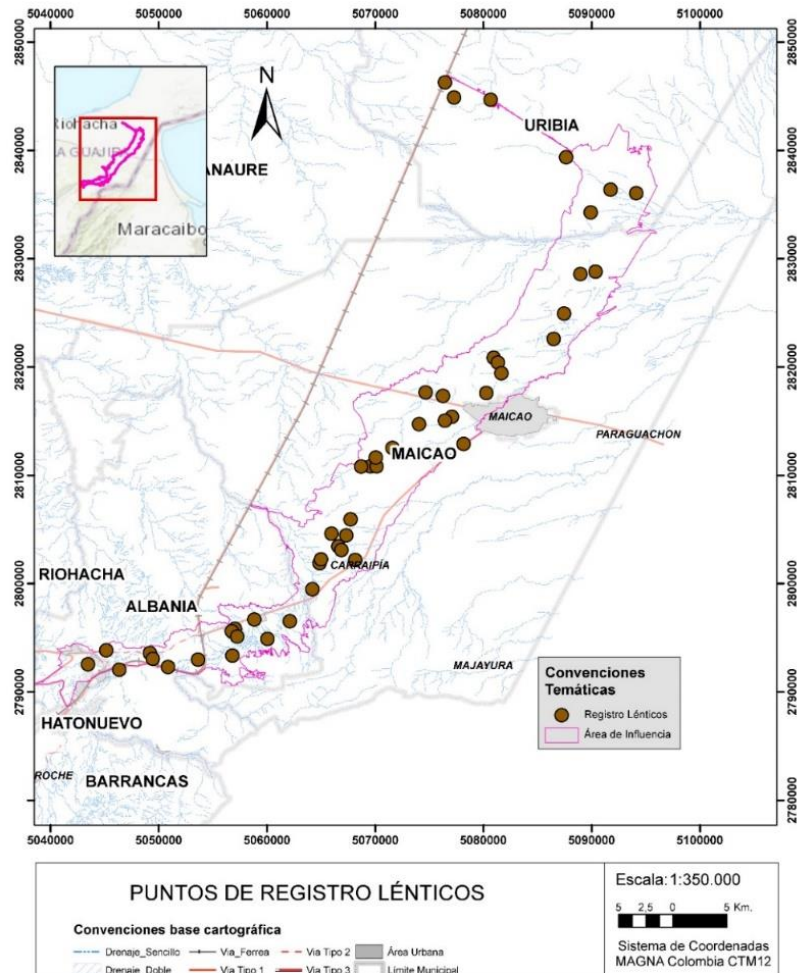


Figura 2-41 Localización puntos tomados cuerpos lénticos

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

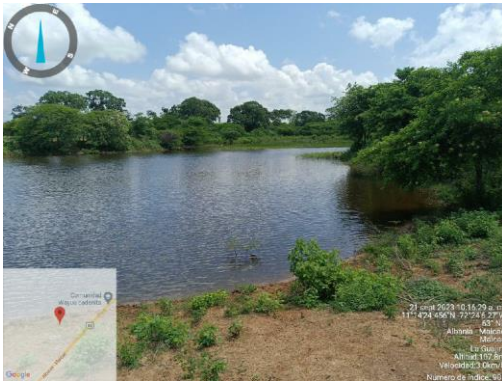


Fotografía 2-7 Registro fotográfico jagüey



Fotografía 2-8 Registro fotográfico jagüey

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-9 Registro fotográfico jagüey



Fotografía 2-10 Registro fotográfico jagüey

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-11 Laguna Sarrulämana



Fotografía 2-12 Laguna Puroi

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.4.5.5 Puntos área de influencia

Se verificaron los criterios asociados a las cuencas hidrográficas, divisorias de agua, drenajes de carácter intermitente o permanente, los cuales fueron como barreras físicas en la etapa precampo y definieron los límites del área de influencia. (ver **Figura 2-42**).

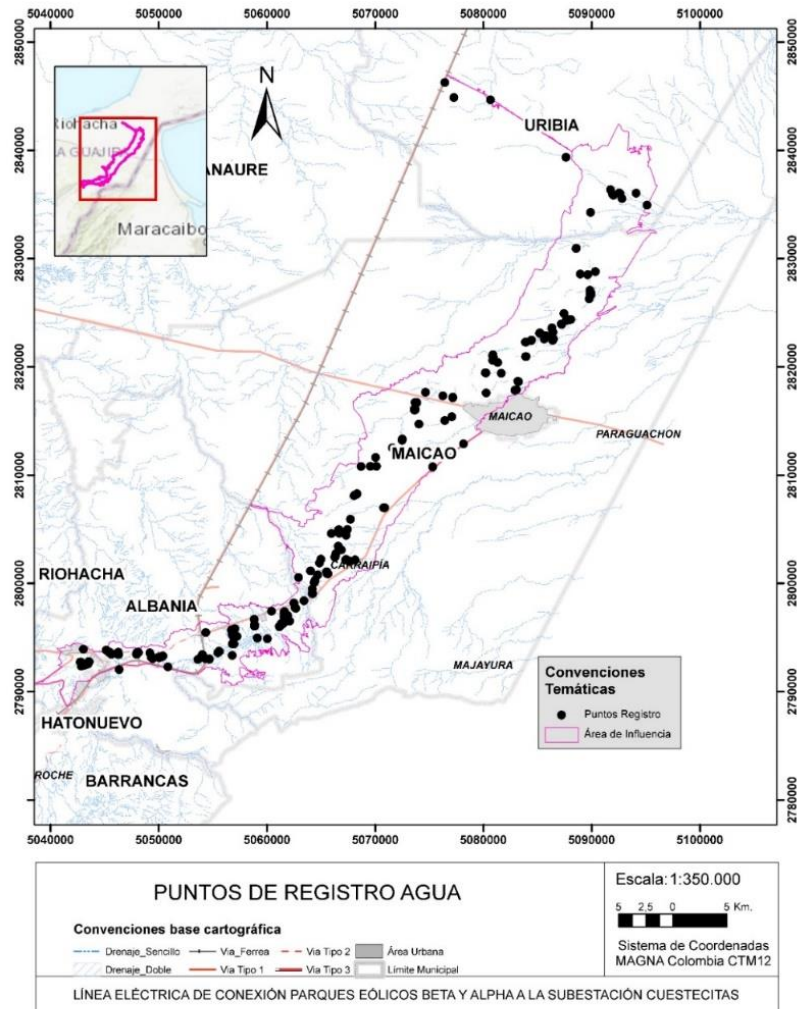


Figura 2-42 Localización puntos de área de influencia

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

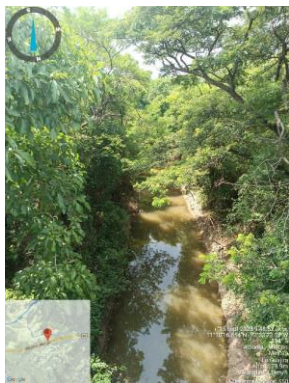


Fotografía 2-13 Registro fotográfico AI



Fotografía 2-14 Registro fotográfico AI

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-15 Registro fotográfico AI



Fotografía 2-16 Registro fotográfico AI

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

• Etapa post campo

En primera instancia dentro de la actividad preliminar post campo, se realiza el cruce y análisis de información secundaria y primaria, para posterior ajuste cartográfico conforme a los hallazgos de campo, este proceso se realizó para los sistemas lóticos, lénticos, canales, delimitación de cuencas, y otros de índole hidrológico.

Una vez con el insumo base cartográfico el trabajo se centra en el uso de metodologías que permitan la caracterización del recurso hídrico tomando como referencia a los términos TDR-17, establecidos por la autoridad nacional de licencias ambientales ANLA, acogidos por la Resolución 0421 del 20 de marzo de 2014 y la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales del 2018, cada uno de los apartados y los métodos a emplear se presenta a continuación.

2.3.4.5.6 Caracterización morfométrica

Para la localización hidrográfica se utilizan los criterios establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual mediante el Decreto 1640 de 2012, estableció una estructura para la planificación, ordenación y manejo de unidades hidrológicas de análisis y acuíferos, estableciendo la siguiente estructura hidrográfica:

- Áreas Hidrográficas o Macrocuencas.
- Zonas Hidrográficas.
- Subzonas Hidrográficas o su nivel subsiguiente.
- Microcuencas y Acuíferos.

Más tarde, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su publicación “Zonificación y Codificación de Unidades hidrológicas de análisis e Hidrogeológicas de Colombia, 2013”, presentó el sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis conformado por un consecutivo numérico compuesto por 10 dígitos. En la **Figura 2-43** se muestra como está conformado el sistema de codificación, con la cual se clasificarán las cuencas del estudio hasta nivel 3 es decir hasta subzona hidrográfica.

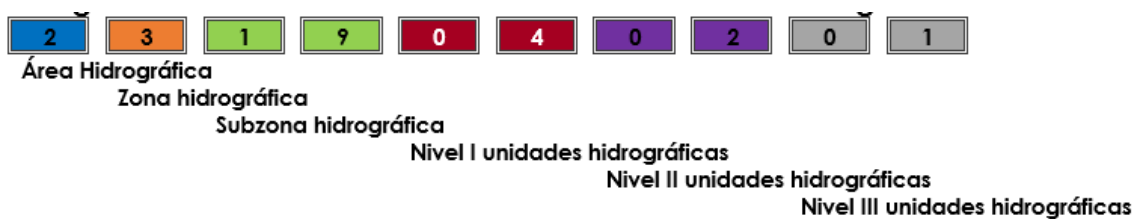


Figura 2-43 Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis

Fuente: IDEAM, 2013

2.3.4.5.7 Morfometría de cuencas

Como su nombre lo indica establece criterios relacionados a la configuración física de una cuenca y su relación en la inferencia del comportamiento del flujo sobre la red de drenaje, generalmente establece índices con valores numéricos que denotan características físicas de forma implícita y explícita. Dentro del estudio se establecieron los parámetros morfométricos conforme a los términos de referencia y de los cuales se describen en los siguientes apartados.

- **Índices de Forma**

- **Índice de Gravelius**

“Es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca”¹⁵. “El parámetro describe la geometría de la cuenca que a su vez guarda una relación con el tiempo de concentración”¹⁶. Los valores adimensionales son “inferiores a 1, dado que uno representa una cuenca imaginaria exactamente circular, por lo tanto, ningún valor de este parámetro en la realidad será inferior a este número. Las cuencas con valores más cercanos a 1 serán cuencas más circulares, las cuales tienden a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento y por tanto más susceptibles a crecientes”¹⁷, caso contrario valores mayores o alejados de uno tiende a concentrar menores volúmenes de agua y por ende menos susceptibles a crecientes. El índice de Gravelius o el coeficiente de Compacidad K_c , expresado como:

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi \left(\frac{A_{cuenca}}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

A = área de drenaje.

P = perímetro de la cuenca.

La interpretación cualitativa se define en la **Tabla 2-32**.

Tabla 2-32 Clasificación Índice de Gravelius

CLASE K_c	RANGOS K_c	CLASE DE FORMA
$K_c 1$	1,0 – 1,25	Casi redonda a oval – redonda
$K_c 2$	1,25 – 1,50	Oval redonda a oval – oblonga
$K_c 3$	> 1,5	Oval – oblonga a rectangular – oblonga

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

¹⁵ Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Rio La Vieja. Caracterización de la Cuenca del Rio La Vieja. Corporación Autónoma del Valle del Cauca. CVC. 2012.

¹⁶ Revista Universitaria de Geografía. Estudio Morfométrico de las cuencas de drenaje vertiente Sur del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Vol 27. Argentina. 2010.

¹⁷ Morfometría de Cuencas. Disponible paginaWeb: <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>.

• Factor de forma (Kf)

Es un índice que permite establecer “la tendencia morfológica general en función de la longitud axial de la cuenca y de su área promedio”¹⁸. “Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, 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, de crecientes rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas; por ello, aquellas cuencas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz, en comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base principalmente”¹⁹. (Ver **Tabla 2-33**). La ecuación que representa este parámetro es:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

A = área de drenaje.

L = longitud axial de la cuenca, distancia en línea recta entre la parte más alta de la cuenca y la parte más baja o de desembocadura (FAO, 1985).

La interpretación cualitativa se define en la **Tabla 2-33**.

Tabla 2-33 Clasificación por factor de forma

RANGOS DE Kf	CLASIFICACIÓN
<1	Alargada
~1	Cuadrada u Oblonga
>1	Achatada

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

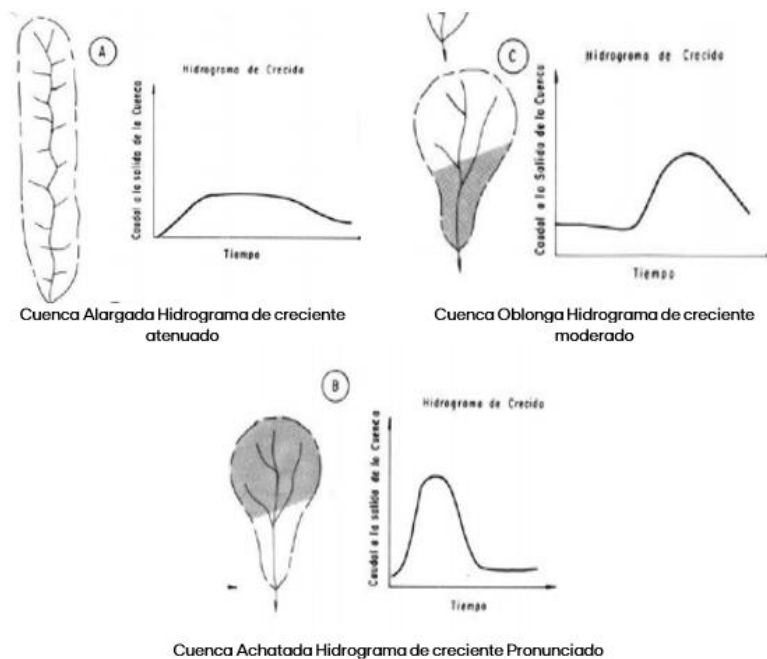


Figura 2-44 Comportamiento del hidrograma de crecienta en función de la forma de la cuenca

Fuente: Morfología de Cuencas Hidrográficas. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2005

¹⁸ Benjamín Cardona. Conceptos Básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Universidad de San Carlos. Guatemala. 2012.

¹⁹ Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Río La Vieja. Caracterización de la Cuenca del Río La Vieja. Corporación Autónoma del Valle del Cauca. CVC. 2012.

2.3.4.5.8 Índices relacionados a la red de drenaje

- Densidad de drenaje**

“Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y el área total de la cuenca”²⁰. Básicamente expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua por los drenajes de la cuenca. “De esta manera altos valores reflejan un alto escurrimiento, relieves montañosos, con cobertura vegetal escasa y suelos impermeables”²¹. La ecuación de estimación de densidad de drenaje es la siguiente:

$$D_D = \frac{l}{A} = \frac{km}{km^2}$$

Dónde:

Dd = Densidad de drenaje Km/km².

L= Longitud de todos los cauces de la cuenca Km.

A= Área de la cuenca Km².

La interpretación cualitativa se define en la **Tabla 2-34**.

Tabla 2-34 Clasificación Densidad de Drenaje

DENSIDAD DE DRENAJE	CLASIFICACIÓN
Menor de 1	Muy Baja
1-1,5	Baja
1,5- 2	Moderada
2- 2,5	Moderadamente alta
2,5-3	Alta
Mayor	Muy alta

Fuente: (Horton 1932)

- Índice de Sinuosidad**

“Es la Relación que existe entre la longitud del cauce principal (Lc) y la longitud del valle del cauce principal (Lv) medida en línea recta o curva. Este índice define el nivel de curvaturas de los cursos de las corrientes, causados por la dinámica fluvial”²². El grado de sinuosidad depende de la pendiente de la corriente, dado que las pendientes bajas presentan una menor energía de flujo con la tendencia al bajo transporte y la deposición de sedimentos caso contrario a pendientes más altas se presenta mayor energía de flujo por ende mayor erosión y fuerza en el transporte de sedimentos.

$$S = \frac{L_c}{L_d}$$

Dónde:

S = Sinuosidad del cauce.

Lc= Longitud del curso Principal Km.

Ld= Longitud de valle del cauce principal Km.

²⁰ Parámetros geomorfológicos de las cuencas Hidrográficas. Disponible página web: https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26

²¹ Análisis Morfométrico de las cuencas de la red Mexlter. Estudio de Diez Cuencas a Nivel Nacional De México. Instituto de Manatlán de Ecología y Recursos Naturales. Universidad de Guadalajara. 2010.

²² Parámetros geomorfológicos de las cuencas Hidrográficas. Disponible página web: https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26.

“Un valor de la sinuosidad mayor o igual a 1.5 define a un cauce meándrico, entre 1 y 1.5 cauce sinuoso y si adopta un valor de 1 se considera que el cauce es recto”²³. (Ver **Tabla 2-35**).

Tabla 2-35 Categorías para la clasificación del índice de sinuosidad

ÍNDICE DE SINUOSIDAD	CLASIFICACIÓN
<1,2	Recto
1,2-1,5	Sinuoso

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ Índices de geoformas de la cuenca

El análisis altitudinal de una cuenca es una herramienta para identificar ciertos parámetros relacionados con la distribución de las alturas de esta, los cuales ayudan a identificar como es el comportamiento de los caudales y determinar mediante curvas y figuras geométricas, el cubrimiento en superficie de los diferentes rangos altitudinales.²⁴

○ Pendiente media de la cuenca (S)

La pendiente media del cauce principal es la diferencia total entre la elevación del cauce principal, contemplando la cota máxima y la cota mínima por donde discurre la corriente, divida por su longitud total.

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_c}$$

Dónde:

Sm= Pendiente media del cauce principal.

Hmax= Cota máxima (m.s.n.m.).

Hmin= Cota mínima (m.s.n.m.).

Lc= Longitud total del cauce (m).

La clasificación de la pendiente de una corriente se presenta en la **Tabla 2-36**.

Tabla 2-36 Clasificación de la pendiente (%)

PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: Reyes, 2012²⁵

• Tiempo de concentración

“Es un tiempo mínimo que le toma a una cuenca desde el inicio de una precipitación para que aporte escorrentía a un punto determinado”²⁶, generalmente los tiempos de concentración son importantes

²³ López, Dennis Alexandra. Estudio Morfométrico y cálculo de caudal de creciente en la Hacienda Pozo Rubio por Método Racional entre Caño Venado y Caño pescado. Tesis de Pregrado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad Tecnológica en obras Civiles. Bogotá D.C 2016.

²⁴ Londoño (2001). Op Cit. p.226.

²⁵ Reyes, A. (2012). Cuencas hidrográficas., guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Cali: Universidad del Valle, Corporación Autónoma Regional del Cauca.

²⁶ Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill.p.512.

dado que refieren a los tiempos en que se puede desarrollar una creciente hasta el punto de incidencia de la cuenca, dentro de las modelaciones hidrológicas determina el tiempo en que se desarrolla un hidrograma desde el inicio de la precipitación hasta la culminación de esta manera calcular los caudales desarrollados en los escenarios propuestos de precipitación.

Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias de las ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes²⁷. Las ecuaciones consideradas de cálculo de tiempos de concentración de varias referencias científicas se aprecian a continuación:

- **Kirpich (1942):**

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L_f}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

T_c: es el tiempo de concentración (horas).

L_f: es la longitud del cauce principal hasta la divisoria (kilómetros).

S: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m).

- **Témez (1978):**

$$0.3 \left(\frac{L_c}{S_0^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

T_c: Es el tiempo de concentración (Horas).

L_c: Es la longitud del cauce principal (Km).

S₀: es la pendiente promedio del cauce principal (%).

- **Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt[2]{A} + 1.5L_c}{25.3\sqrt{L_c S_0}}$$

Dónde:

T_c: es el tiempo de concentración (Horas).

L_c: es la longitud del cauce principal (Km).

S₀: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m).

- **V.T Chow**

$$T_c = 0.8773 \left(\frac{L_c^{1.5}}{\sqrt{CM_c} - CM_c} \right)^{0.64}$$

Dónde:

T_c: Es el tiempo de concentración (Horas).

²⁷ Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill, p.512.

Lc: Es la longitud del cauce principal (Km).

CMc: es la cota mayor del cauce principal (m.s.n.m).

Cmc: es la cota menor del cauce principal (m.s.n.m).

- **Clark**

$$T_c = 0.335 \left(\frac{A}{S_0^{0.5}} \right)^{0.593}$$

Dónde:

Tc: es el tiempo de concentración (Horas).

So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m).

A: es el área de la cuenca (Km²)

- **Fórmula de SCS – Ranser**

$$T_c = 0.947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

L: Es la longitud del cauce principal (Km).

H: Diferencia de cotas (m.).

- **Fórmula del Bureau of Reclamation (EEUU) (II)**

$$T_c = 0.886 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Dónde:

H = Diferencia de alturas entre la cota máxima y mínima del cauce principal.

L= Es la longitud del cauce principal (Km).

Para estimar el tiempo de concentración en una cuenca se consideró el promedio de los valores generados por cada una de las metodologías consideradas.

2.3.4.5.9 Patrones de drenaje

Básicamente un patrón es la “configuración de las redes fluviales dadas las influencias de las formas de los suelos, las rocas y grado de fracturación, estratificación y topografía. El significado de cada patrón de drenaje tiene relación con el tipo de material geológico”²⁸. Existe una clasificación de Patrones de drenaje que se definen a partir de características geomorfológicas, las cuales se describe a continuación:

- **Patrones de drenaje erosionales**

Sistema dendrítico: Este es el patrón más común se presenta y se caracteriza por tener ramificaciones arborescentes en la que las corrientes tributarias se unen a la corriente principal formando ángulos agudos. La presencia de estos indica suelos homogéneos, y están presentes en áreas de rocas sedimentarias blandas, tobas volcánicas, depósitos glaciales y antiguas llanuras costeras (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). Este drenaje es el más común, se desarrolla sobre rocas

²⁸ Análisis morfométrico de las cuencas de la red Mexlter: Estudio de cuencas a nivel nacional de México. Instituto Manatlán de Ecología y conservación de la Biodiversidad. Universidad de Guadalajara. México. 2010.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

de resistencia uniforme y denota una notable falta de control estructural, está asociada a estratos de rocas casi horizontales y a áreas de rocas masivas (SECO 2000). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema rectangular: Esta representa otra variante del drenaje dendrítico. Las corrientes tributarias suelen juntarse con las corrientes principales en ángulos casi rectos y dan lugar a formas rectangulares controladas por las fracturas y la junturas de las rocas. Cuanto más claro sea el patrón rectangular más fina será la cubierta del suelo (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra, 1980). Las corrientes superficiales como sus tributarios presentan curvaturas en ángulos rectos. Refleja el control ejercido por sistemas de grietas o fallas (SECO 2000). Por lo general los valles y escarpes son producto de antiguas fallas geológicas que se mantienen por millones de años y se encuentran en relativa estabilidad (Strahler 1966). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema angular: Este es otra más de las variantes del drenaje dendrítico, en lo que las fallas, fracturas y sistemas de unión han modificado su forma clásica. Estas son encontradas en aguas arriba donde son comunes las curvas fuertes formando ángulos grandes donde los tributarios suelen estar muy controlados por las rocas. La dirección del ángulo puede reflejar un tipo específico de roca. Las areniscas tienden a formar uniones paralelas y las calizas dan lugar a uniones muy agudas (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema pinado: Este sistema indica un elevado contenido de limo en el suelo, son típicas de zonas de llanuras aluviales de textura fina. El drenaje tiene la forma de nervación de ciertas hojas, en el que las hojas se juntan formando ángulos casi rectos que se agudizan aguas arriba (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema radial: En este se caracterizan la red de drenaje circular con canales paralelos procedentes de un punto elevado. Suele existir una corriente colectora principal que circula alrededor de la base de la elevación topográfica. Los volcanes y cerros aislados suelen presentar este tipo de drenaje (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). Estas se desarrollan en alturas de domos, conos volcánicos y otro tipo de elevaciones aisladas. En ocasiones este tipo de drenaje se relaciona con zonas de elevamientos neo-tectónicos (SECO 2000). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema anular: Este es similar al sistema radial, en este caso las uniones de la roca madre o las fracturas hacen que los tributarios sean paralelos. Se presentan estos tipos de red en cerros de granito o sedimentarios (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema dicotómico: Esta configuración genésicamente “consecuente”, constituye una modificación del tipo “radial”, que bien puede denominarse también como “semi-radial”, su denominación procede de dicotomía, que significa bifurcación o división en dos partes estas corrientes se pierden en valles “Anabanches” (Guerra 1980). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema paralelo: Se presentan en zonas homogéneas, de pendientes uniformes y suaves en las que las corrientes principales reflejan fallas fracturas. Los tributarios se unen formando ángulos generalmente iguales y son típicas de zonas de llanuras costeras y de grandes afloramientos basálticos (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). Son encontrados donde hay pendientes muy fuertes y control estructural que conduce a un espaciamiento de las corrientes de dirección paralela o casi paralela (SECO 2000). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema subparalelo: (Trellis o Enrejado). Presenta tributarios paralelos y pequeños arroyos también paralelos que se unen en ángulos rectos. Este refleja más la estructura de la roca madre que el tipo de roca (CEOTMA 1981). Generalmente se alinean a través de contactos litológicos o entre formas del relieve paralelas o casi paralelas. Es típico de regiones sobre estratos blando, este tipo de red refleja un marcado control estructural sobre corrientes superficiales (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver **Figura 2-45**).

Sistema desordenado: Son sistemas no ordenados, resulta de formas de suelo relativamente jóvenes con topografías llanas o suaves y elevada capa freática. En las depresiones existen zonas pantanosas,

lagunas; pueden presentarse en llanuras jóvenes y en llanuras aluviales (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). Característico de regiones afectadas por glaciaciones, donde el drenaje preglacial fue borrado y el nuevo drenaje no ha tenido tiempo de desarrollarse un grado de integración significativo, esta muestra corrientes irregulares, cuyo curso corre hacia pantanos y presentan sólo escasos y cortos tributarios, las corrientes son meros hilos de agua a través de áreas pantanosas (SECO 2000). (Ver Figura 2-45).

Sistema enrejado o rastrillado: Este sistema es controlado por la estructura y la estratificación de las rocas. Se desarrolla principalmente en rocas plegadas inclinadas, donde hay una serie de falla paralelas, donde los afluentes más largos siguen el paso más débil de las rocas, y están presentes en areniscas, pizarras, calizas y rocas sedimentarias inclinadas (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver Figura 2-45).

Sistema anastomótico: Representa una más modificación del modelo dendrítico, con la presencia de meandros, pantanos, los cauces entrelazados, las características de áreas de llanuras aluviales y deltas (Ricci, M. y Petri, S. 1965; Guerra 1980). (Ver Figura 2-45).

Sistema cárstico: Esta configuración de drenaje se denomina también como “sumidero” “resumideros”, en México, la característica de estratos de caliza horizontal cuya localidad es típica de regiones “Karts o Carso”, el drenaje en su parte superficial y en parte subterránea, las pequeñas corrientes superficiales desaparecen o se sumen, en “sumideros” para continuar bajo tierra como corrientes subterráneas. Cuando se derrumban las cavernas que, por disolución de las calizas originan las corrientes que penetran por los “sumideros”, se forman estanques o “dolinas”, denominado como “cenotes” (Guerra 1980). En las áreas de “karst” maduro o senil, por el contrario, los “sumideros” y valles de solución “uvalas y poljés” dan lugar a un tipo de drenaje falto de sistema, porque se encuentra interrumpido por la desaparición de las corrientes debajo de la superficie (Guerra 1980). (Ver Figura 2-45).

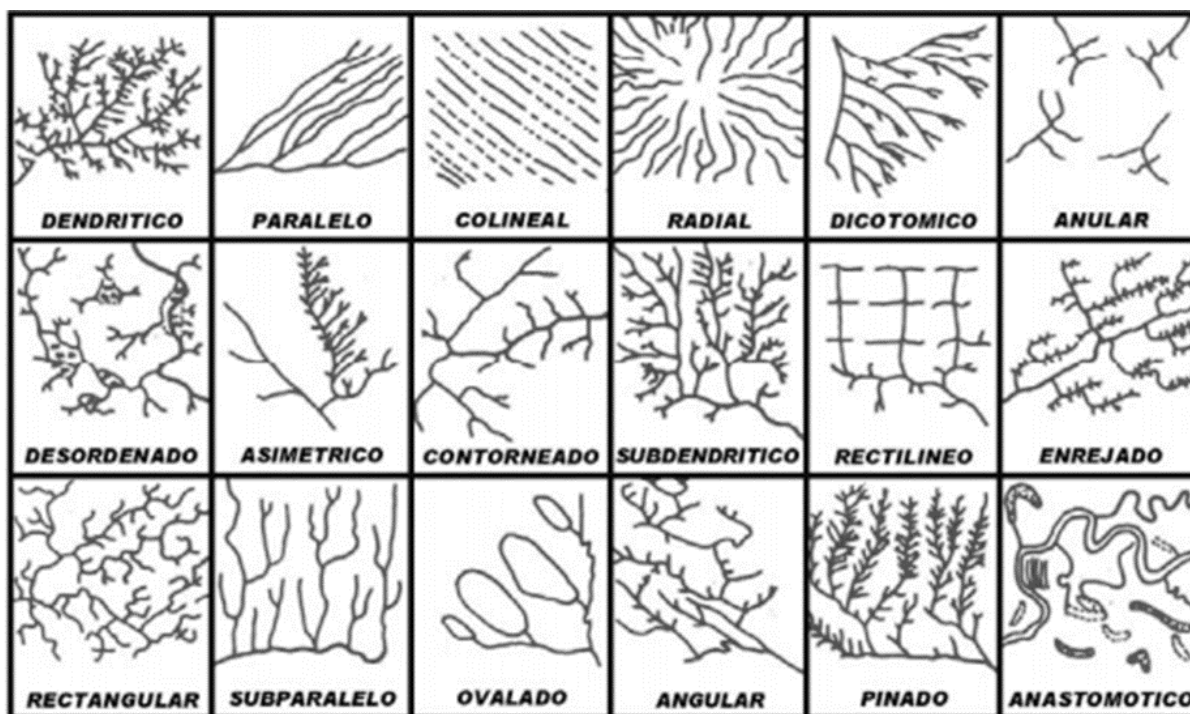


Figura 2-45 Esquema de Patrones de drenaje en cuencas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

- **Patrones de drenaje deposicionales**

Reticular: Se forma generalmente en planicies costeras jóvenes, muy planas y que se asemeja a una red; se observa gran cantidad de canales interconectados y meandros con curvas rectangulares debidas a la influencia de las mareas. (Ver Figura 2-46).

Distributivo: Se forma típicamente en los abanicos aluviales jóvenes, en el que todas las vías de drenaje parecen salir del ápice del abanico, y dispersarse, en forma casi radial, sobre la superficie de este. También se observa en los deltas.

Multibasinal no integrado: Se desarrolla en zonas con rocas solubles, los sumideros se presentan aislados y desconectados entre sí, debido a que el drenaje de esta zona se realiza en forma subterránea. Este patrón se da principalmente en calizas, yeso, sal gema; pero, además, puede desarrollarse en materiales insolubles porosos.

Multibasinal integrado: Se desarrolla en zonas que estuvieron sometidas a procesos glaciares, en las cuales quedan gran cantidad de cuerpos de agua como lagos y lagunas, en estas zonas glaciares los cuerpos de agua están conectados entre sí por medio de pequeños arroyos, lo cual hace que este patrón sea integrado y superficial.

Artificial: Cobija todas las obras que realiza el hombre para evacuar los excesos de agua de zonas mal drenadas. No se debe confundir con las acequias de riego en zonas áridas o semiáridas. (Ver Figura 2-46).

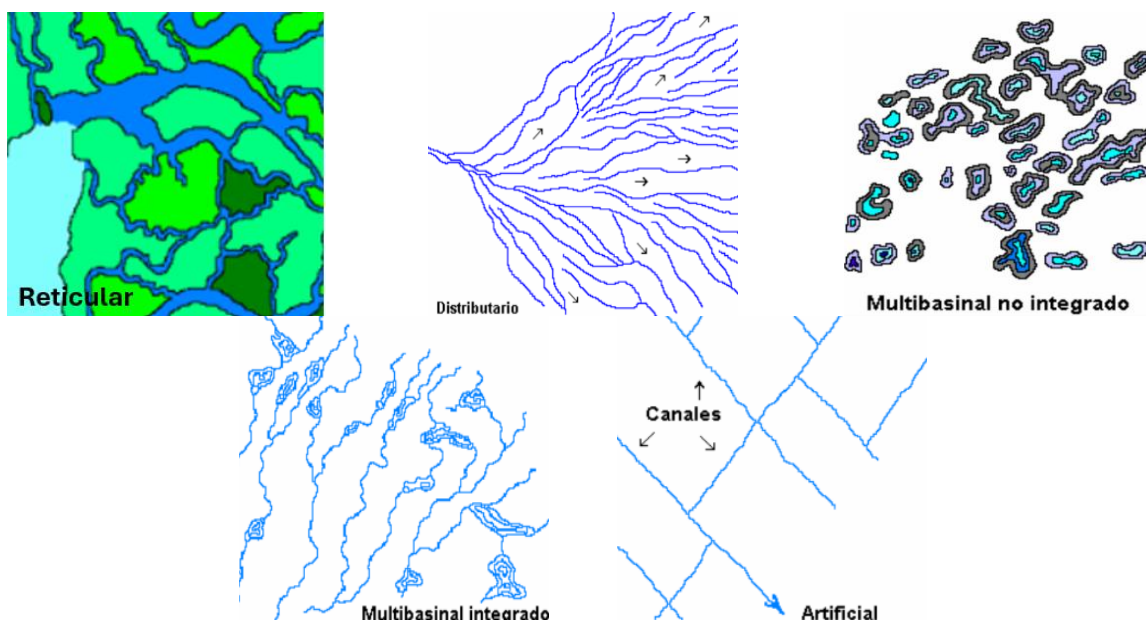


Figura 2-46 Esquema de Patrones de drenaje en cuencas

Fuente: Londoño, C.H., (2001). Cuencas Hidrográficas: Bases Conceptuales–Caracterización–Planificación–Administración. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería. Ibagué.

- **Patrones de corrientes individuales**

Cauces rectos: Son tramos del cauce que discurren en línea casi recta y que pueden estar asociados con problemas de fallas que lo están controlando. Este tipo de canales no son frecuentes en la naturaleza. También se presenta este tipo de cauces en ríos canalizados y, en este caso, no hay relación entre el cauce y algún fenómeno geológico.

Cauces meándricos: Este tipo de cauces es indicativo de ríos que están en su etapa de madurez, caracterizados por poseer valles amplios y planos, en los cuales el cauce se desplaza formando lazos u ondulaciones más o menos regulares, que aumentan grandemente su longitud, con respecto a la longitud que presenta el valle.

Los cauces trenzados, llamados también anastomosados o anastomóticos, evidencian un aporte de sedimentos a las corrientes, mayor del que ellas pueden transportar. Se encuentran generalmente en sitios donde las bancas son fácilmente erosionables (materiales arenosos con poco recubrimiento vegetal). La pendiente de estos canales es mayor que la de los tramos adyacentes del río que no son trenzados (Ver Figura 2-47).



Figura 2-47 Esquema de Patrones de drenaje en cuencas

Fuente: Londoño, C.H., (2001). Cuencas Hidrográficas: Bases Conceptuales–Caracterización–Planificación–Administración. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería. Ibagué.

2.3.4.5.10 Análisis Climático

De acuerdo con los lineamientos establecidos en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del año 2018, es imperativo llevar a cabo el análisis temporal y espacial de diversas variables climáticas cruciales, tales como la precipitación media anual y mensual, la temperatura media, máxima y mínima mensual y anual, así como otras estimadas a partir de estas, como la evapotranspiración potencial y real anual y mensual.

Para la evaluación de las variables climáticas en el contexto específico de este estudio, que implicó el análisis de estaciones climáticas en la zona de estudio, se ejecutó un detallado análisis espacial y temporal de las series diarias de diversas variables climatológicas. A cada una de estas variables se le aplicó un tratamiento de datos, que incluyó la identificación de datos atípicos, el cálculo de datos faltantes, y pruebas de homogeneidad y tendencia.

En este apartado, se proporciona información detallada sobre las variables relacionadas con la precipitación y la temperatura (medias, máximas y mínimas mensuales multianuales de las series de tiempo).

Con el objetivo de seleccionar las estaciones meteorológicas de la red de monitoreo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), se llevó a cabo una búsqueda inicial en un área envolvente de 25 kilómetros al límite del área de influencia. Este procedimiento asegura la representatividad adecuada de las estaciones seleccionadas para el análisis climático en el marco de este estudio. En la se presenta la ubicación espacial de las estaciones solicitadas.

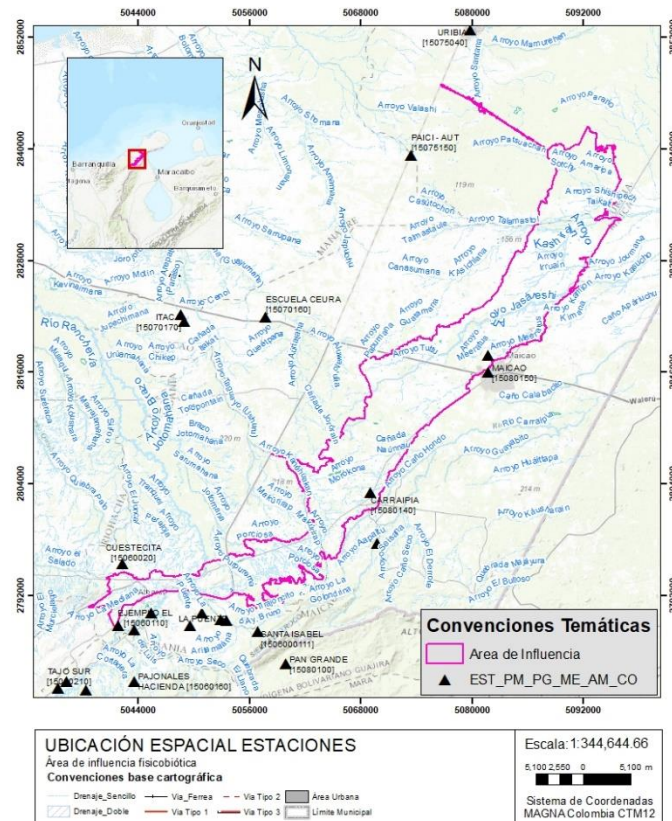


Figura 2-48 Ubicación espacial de las estaciones

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La información detallada sobre las estaciones se encuentra resumida en la **Tabla 2-37**, mientras que los aspectos particulares de estos datos se encuentran disponibles en el numeral 5.1. Caracterización del área de influencia – Medio Abiótico y los criterios para la selección de las estaciones implementadas en el estudio.

Tabla 2-37 Estaciones seleccionadas

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INST	FECHA_S_USP	X	Y
0	15065190	MONGUI - AUT [15065190]	CP	2011-11-22		5019571,16	2798613,42
1	15060090	GUACAMAYO [15060090]	PG	1987-08-15		5024379,83	2780557,64
2	15060280	CERREJON CARBOCOL [15060280]	PM	1981-01-15	1983-08-15	5036400,23	2773562,58
3	15065110	CAURINA [15065110]	ME	1985-12-15	1998-03-15	5049137,77	2775421,36
4	15065170	ESPINAL EL [15065170]	ME	1991-04-15	1998-02-15	5029113,57	2780923,82
5	15060210	TAJO SUR [15060210]	PG	1989-04-15		5035480,99	2782059,97
6	15065100	CRUZ LA HACIENDA [15065100]	ME	1985-12-15		5031810,37	2786363,71

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INST	FECHA_S USP	X	Y
7	15060120	PALMAR EL HACIENDA [15060120]	PG	1979-03-15	1987-06-15	5036389,97	2782773,27
8	15060160	PAJONALES HACIENDA [15060160]	PG	1978-05-15	1996-02-15	5043668,07	2782782,23
9	15080100	PAN GRANDE [15080100]	PM	1975-10-15	1993-11-15	5060040,59	2784650,52
10	15060200	ROCHE [15060200]	PG	1987-10-14	2019-07-02	5038501,70	2781860,77
11	15060130	ESPERANZA LA HACIENDA [15060130]	PG	1978-05-14	2019-07-02	5053649,65	2789281,65
12	15060180	GLORIA LA [15060180]	PM	1987-08-15		5031489,61	2788813,45
13	15060110	EJEMPLO EL [15060110]	PM	1978-06-15	1996-02-15	5043660,63	2788308,70
14	15060270	ARENA LA [15060270]	PM	1978-10-15		5029692,54	2794461,00
15	15065120	LAGUNA D OXIDACION [15065120]	ME	1985-12-15	1996-02-15	5045477,27	2790153,37
16	15060140	SAN FRANCISCO [15060140]	PG	1978-05-15	1996-02-15	5050934,65	2790161,51
17	15065030	ARENA LA [15065030]	CO	1972-10-15	1978-10-15	5029692,54	2794461,00
18	15065060	BUENA FE LA [15065060]	CO	1971-09-15	1972-03-15	5018186,62	2797495,04
19	15060020	CUESTECITA [15060020]	PM	1959-05-15		5042362,73	2795387,04
20	15065501	LA MINA CERREJON - AUT [15065501]	CP	2014-08-26		5041919,64	2788776,15
21	15080140	CARRAIPIA [15080140]	PM	1966-05-15	1971-11-15	5069098,48	2803090,91
22	15070160	ESCUELA CEURA [15070160]	PM	1971-06-15		5057792,79	2821978,95
23	15080150	MAICAO [15080150]	PM	1937-08-15	1972-02-15	5081794,62	2816016,97
24	15085010	AEROPUERTO MAICAO [15085010]	CP	1971-06-15	1996-06-15	5081789,86	2817859,27
25	15070170	ITACA [15070170]	PM	1971-06-15	1980-10-15	5049067,35	2821475,96
26	15070230	GUAYABAL [15070230]	PM	1980-10-15	2014-08-28	5048654,27	2822224,49
27	15070150	CARACAS HACIENDA [15070150]	PM	1971-07-15		5048080,77	2826869,06
28	15080050	HUIMPECHT [15080050]	PM	1971-07-15	1979-10-15	5108965,50	2843735,56
29	15075040	URIBIA [15075040]	CO	1958-01-15	1978-09-15	5079882,44	2852858,56
30	15065140	TAJO SUR [15065140]	CP	1988-07-15	1989-04-15	5035480,99	2782059,97
31	15065050	CAMP INTERCOR [15065050]	CP	1978-06-15	2016-01-06	5052973,37	2789375,71
32	1506000111	SANTA ISABEL [1506000111]	PM	2018-04-20		5056954,10	2788148,82
33	150600016 7	LA PUENTE	PM	2021-01-08		5049739,12	2788815,78

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INST	FECHA_S USP	X	Y
34	150600016 8	MIRADOR OREGANAL	PM	2021-01-08		5028931,00	2771665,12
35	15075150	PAICI - AUT [15075150]	AM	2004-10-14		5073478,16	2839387,55
36	15085030	ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - AUT [15085030]	CO	1968-10-15		5069843,94	2797575,00

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Después de organizar la información, se llevó a cabo un análisis detallado de la temporalidad, tanto por variables como por estaciones, con el fin de establecer la longitud temporal óptima para la caracterización hidrológica. Este proceso se basó en la evaluación del porcentaje de datos faltantes y la fecha de suspensión (ver **Tabla 2-38**).

El análisis temporal se respaldó mediante la creación de gráficos y el cálculo del porcentaje de datos faltantes para un período específico. La selección de la longitud temporal fue el resultado de un análisis gráfico exhaustivo de la disponibilidad de datos. En consecuencia, se eligió el período desde el 01/01/1993 hasta el 30/12/2022, abarcando un total de 30 años.

Con el objetivo de mantener la integridad de los datos, se excluyeron todas las estaciones de precipitación y temperatura que presentaron un porcentaje de datos faltantes superior al 20% y 30%, respectivamente. Esta medida de rechazo se aplicó para asegurar la fiabilidad y representatividad de los datos utilizados en el análisis hidrológico.

- **Análisis de la Precipitación**

El análisis de calidad inicial se enfocó en identificar la longitud esperada y observada de las series, calculando así el porcentaje de completitud, conforme a las directrices de la Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM No. 168 y los estándares colombianos. Se estableció como meta un porcentaje de completitud entre el 50% y el 70% para las series hidrológicas.

Posteriormente, para el tratamiento de datos, se seleccionaron series que contaran con al menos 20 años de datos hidrológicos y un porcentaje de datos faltantes inferior al 30%, en línea con las recomendaciones de la Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM No. 168 y los estándares colombianos.

La identificación de valores anómalos se llevó a cabo mediante diferentes librerías en Python, como *numpy* y *scipy*, para visualizar y detectar posibles valores atípicos en las series temporales de datos hidrológicos. La precisión en esta identificación es esencial para garantizar la calidad de los datos y reconocer eventos excepcionales con impacto significativo en el análisis y diseño de infraestructuras hidrológicas.

Adicionalmente, se empleó el método de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW) para el cálculo de datos faltantes. Después se aplicó una prueba de completitud, considerando la longitud esperada y observada de la serie, con criterios que establecen un periodo efectivo no inferior a 15 años y un porcentaje de datos faltantes inferior al 20%. Para aprobar el análisis de completitud, la serie debe cumplir simultáneamente con ambos criterios.

La selección de estaciones para el análisis de precipitación se fundamentó en criterios de completitud y en la necesidad de representatividad para el área de estudio. La evaluación de la representatividad se realizó mediante la construcción de polígonos de Thiessen, técnica que divide el área en regiones más cercanas a una estación de medición de precipitación específica que a cualquier otra estación.

Tabla 2-38 Temporalidad de los registros de precipitación y % de datos faltantes

ESTACIÓN	DATOS FALTANTES	DATOS TOTALES	DATOS FALTANTES (%)
15060020	69	10.956	1%

ESTACIÓN	DATOS FALTANTES	DATOS TOTALES	DATOS FALTANTES (%)
15060090	31	10.956	0%
15060130	2622	10.956	24%
15060180	71	10.956	1%
15060200	4250	10.956	39%
15060210	333	10.956	3%
15060270	10	10.956	0%
15065050	5392	10.956	49%
15065100	284	10.956	3%
15065501	125	10.956	1%
15070150	2645	10.956	24%
15070160	66	10.956	1%
15070230	4083	10.956	37%
15070240	546	10.956	5%
15075030	1006	10.956	9%
15085030	597	10.956	5%
15085040	167	10.956	2%
15087080	777	10.956	7%

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En conclusión, se escogieron trece (13) estaciones con datos que cumplen con los criterios anteriormente expuestos. El enfoque adoptado posibilitó la identificación y selección de estaciones que desempeñan un papel crucial en el área de estudio, particularmente en lo que concierne a la variable de precipitación total diaria. Para visualizar de manera más clara esta influencia, se presenta la **Figura 2-49**.

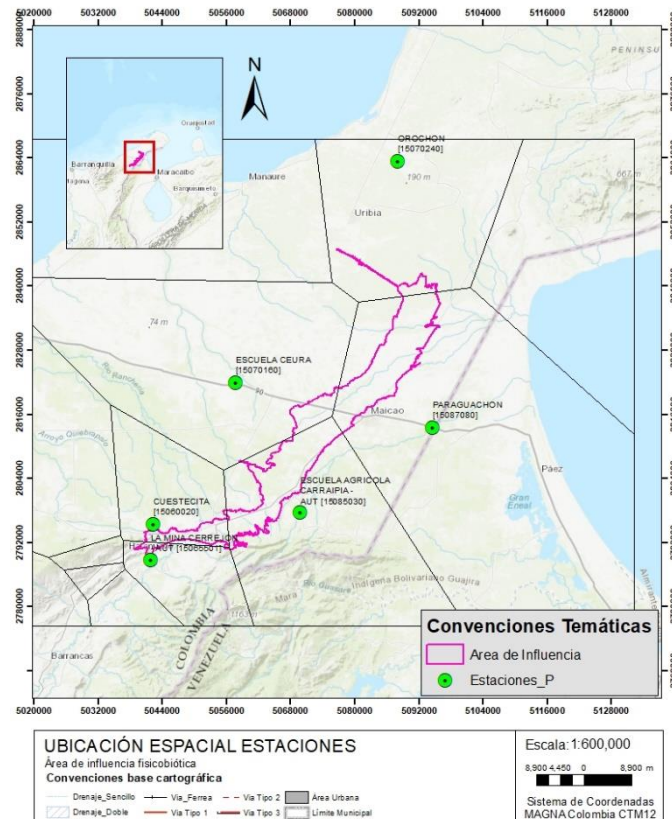


Figura 2-49 Polígonos de Thiessen

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En conclusión, el análisis de polígonos de Thiessen destaca las estaciones OROCHON [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHON [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], CUESTECITA [15060020] como las más representativas para el estudio de la precipitación en el área. Estas estaciones, al tener áreas de influencia más extensas según el análisis, se posicionan estratégicamente para proporcionar datos más completos y representativos de los patrones de precipitación en la región. En la **Tabla 2-39**, se presenta de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen.

Tabla 2-39 Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia

ESTACIÓN	ÁREA (ha)	% ÁREA
CUESTECITA	4232,71	9,32
ESCUELA CEURA	3621,70	7,98
LA MINA CERREJON - AUT	722,21	1,59
PARAGUACHÓN	18820,39	41,45
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPÍA - AUT	16461,95	36,26
OROTCHON	1543,28	3,40
	45402,25	100,00

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

• Análisis de la Temperatura

La selección de estaciones para el análisis de temperatura se basó en criterios de completitud y en la necesidad de que fueran representativas del área en estudio. En la **Tabla 2-40** se presentan los resultados del análisis de completitud de datos para cada una de las estaciones seleccionadas de las cuales 4 cumplen con los criterios establecidos.

Tabla 2-40 Temporalidad de los registros de temperatura y % de datos faltantes

NOMBRE	LONGITUD ESPERADA	% DATOS FALTANTES
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	10.955	6%
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	10.955	16%
MANAURE [15075030]	10.955	16%
RANCHO GRANDE [15085040]	10.955	9%

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La representatividad de las estaciones que cumplieron con el criterio se evaluó mediante la construcción de polígonos de Thiessen. Ver **Figura 2-50**.

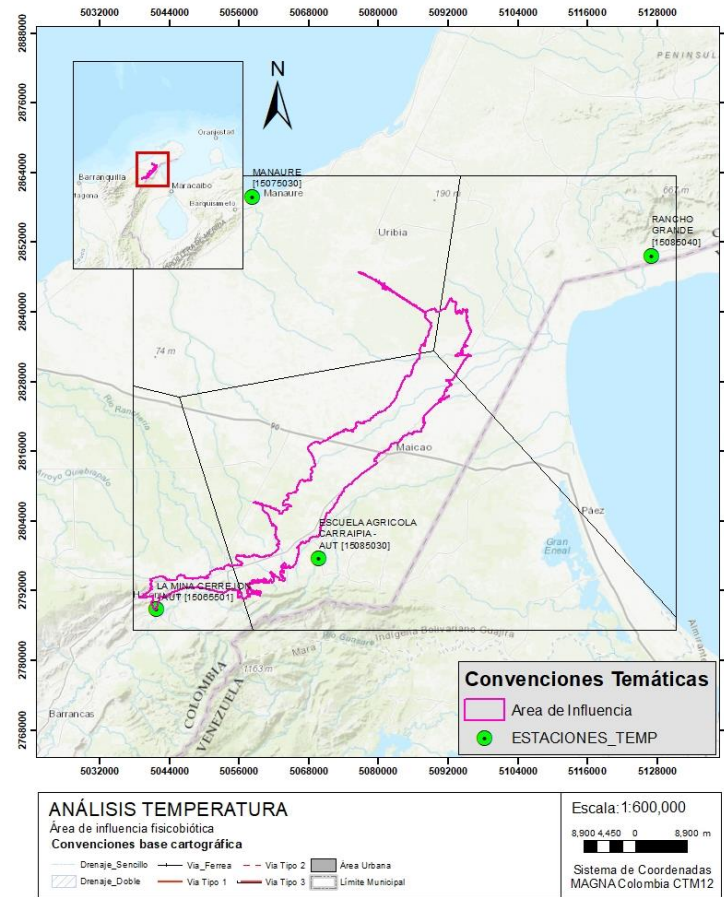


Figura 2-50 Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Con base en el análisis de polígonos de Thiessen, se resalta que las estaciones LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030], MANAURE [15075030], RANCHO GRANDE [15085040] son particularmente representativas para el estudio de las condiciones térmicas en la zona. Identificación de datos anómalos (outliers).

○ Tratamiento de datos hidro climatológicos

Teniendo en cuenta que las series históricas están expuestas a errores humanos, cambios por desplazamiento de los equipos de la estación, daños a las mismas que establecen periodos de vacíos en los registros y otros de índole ambiental y antrópico, los cuales pueden representar incertidumbre en la representatividad climatológica de la zona, de otra parte también se pueden presentar datos con valores por fuera de los rangos típicos de comportamiento, a consecuencia de dos posibles factores, uno de ellos a posibles errores en la transcripción del dato que obedece al factor humano y dos es un dato real a causa de un efecto macroclimático mundial como el fenómeno de Niño y Niña, además de condiciones de cambios ambientales, los cuales alteran las condiciones climáticas regionales y locales.

Por lo anterior, es indispensable realizar un tratamiento de la data que permita la identificación de datos atípicos, estableciendo las pruebas de homogeneidad y consistencia que garanticen la calidad, y sean representativos del comportamiento climático y en relevancia dentro de la hidrología en el establecimiento del régimen de caudales.

○ **Identificación de datos atípicos (Outliers)**

El análisis de datos anómalos se realizó con las bibliotecas Scipy y Numpy del lenguaje de programación Python.

En primera instancia, se realizaron los BOXPLOTS mensuales para cada estación. Adicionalmente, se complementó el análisis con la prueba estadística de Grubbs. Estas dos metodologías proporcionan un papel fundamental en la detección de valores atípicos en series temporales de datos hidrológicos.

La prueba de Grubbs para detección de valores atípicos se basa en la hipótesis nula de que no hay valores atípicos en la serie de datos, y la hipótesis alternativa es que hay al menos un valor atípico presente.

○ **Formulación de Hipótesis:**

- **Hipótesis Nula (H0):** No hay valores atípicos en la serie de datos.
- **Hipótesis Alternativa (H1):** Hay al menos un valor atípico en la serie de datos.

○ **Cálculo del Estadístico de Grubbs:**

- El estadístico de Grubbs se calcula como la relación entre la desviación estándar del valor atípico potencial y la diferencia entre el valor máximo/mínimo y la media de la serie de datos.

○ **Comparación con Valor Crítico:**

- Se compara el estadístico de Grubbs calculado con un valor crítico de la distribución t de Student para determinar si es estadísticamente significativo.

○ **Completamiento de datos climáticos variables de precipitación y temperatura**

Con las series provenientes del análisis de datos anómalos, se procedió a desarrollar la imputación de las series, con el propósito de tener series completas.

Para las series se utilizó el método de interpolación IDW. El método de interpolación IDW utiliza la autocorrelación espacial de los datos hidroclimatológicos. La determinación del dato faltante se realiza a partir de otras series del mismo carácter y de la misma escala. La idea principal detrás del método IDW es que los valores más cercanos a un punto desconocido tienen más influencia en la estimación que aquellos más lejos. La relación entre la variable que estamos interpolando (en este caso, la precipitación) y la distancia inversa se expresa de la siguiente manera:

$$P_M(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i} * P_i(t)}{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i}}$$

Donde $\lambda_{M,i}$ es el peso asociado a cada estación y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\lambda_{M,i} = \frac{1}{d_{M,i}^k}$$

Donde $d_{M,i}$ es la distancia desde la estación M hasta la estación i y k referenciada como una distancia de fricción que se ubica en un intervalo que va de 1 a 6. Según García Reinoso (2015) el valor comúnmente usado para k es 2. A partir de las técnicas anteriores se generaron las series completas para todas las estaciones seleccionadas.

● **Análisis de homogeneidad**

Para el análisis de homogeneidad se utilizó la Prueba de Pettitt, es una prueba no paramétrica basada en la prueba de Wilcoxon (Pettitt, 1979) y derivada de otra no paramétrica denominada Mann-Whitney. En esa función, la prueba se implementa según lo indicado por Verstraeten et Alabarna (2006), donde los rangos $r_1, r_2, \dots, r_n$ de la $X, X_2, \dots, X_n$ son usados para calcular las estadísticas enunciadas a continuación:

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, 2, \dots, n$$

El estadístico de prueba es el máximo del valor absoluto del vector:

$$\hat{U} = \max |U_k| \quad 1 \leq k \leq n$$

El probable punto de cambio K se ubica donde $\hat{U}$ tiene su máximo. La probabilidad aproximada de una prueba de dos caras se calcula de acuerdo con:

$$p = 2 \exp \left(-\frac{6K^2}{T^3 + T^2} \right)$$

El valor crítico para la prueba fue dado por (Pettit, 1979) Esta prueba tiende a determinar el punto de cambio en la parte media de la serie de tiempo. La prueba tiene hipótesis nula H_0 = la serie de tiempo es homogénea, y como hipótesis alternativa H_1 = existe un cambio en la media.

• Tendencia de datos

Para el análisis de tendencia de las estaciones se utilizó la prueba de Mann-Kendall, siendo una de las más empleadas en el análisis de tendencia de las series hidroclimáticas. Para aplicar la prueba de Mann-Kendall se ejecutó el siguiente procedimiento:

1. Se listan los valores de forma ordenada.
2. Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes ($Q_j - Q_k$) con ($j > k$) de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{signo}(Q_j - Q_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (Q_j - Q_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (Q_j - Q_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (Q_j - Q_k) < 0 \end{cases}$$

Se calcula el estadístico S de Mann-Kendall, mediante la siguiente expresión:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(Q_j - Q_k)$$

Si S es positivo, se infiere a priori que la tendencia es creciente, por el contrario, cuando el estadístico es negativo se supone que hay tendencia decreciente.

1. Con base a los indicadores se estima una varianza para el estadístico S de Mann-Kendall, que considera el caso de los empates $\text{Signo } Q_j - Q_k = 0$ obtenidos en el paso 2, mediante la ecuación:

$$\text{Var}[S] = \frac{1}{8} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^g t_i(t_i-1)(2t_i+5) \right]$$

Donde n es el tamaño de muestra, g es el número de grupos de medidas que tienen igual valor y t_i es el número de vínculos en el grupo i .

1. Se calcula el estadístico Z_{MK} a partir de la expresión:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{Var}(S)]^{\frac{1}{2}}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{[\text{Var}(S)]^{\frac{1}{2}}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

2. A partir del estadístico Z_{MK} se realiza la prueba de hipótesis, dada como:

H_0 : No existe una tendencia en la serie

H_a : Hay una tendencia en la serie

Para muestras grandes como las series hidroclimatológicas, la hipótesis nula H_0 es rechazada si Z_{MK} es mayor que $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ o menor que $-Z_{\frac{\alpha}{2}}$ de la distribución normal estándar para el nivel de significancia α . El nivel de significancia usada en esta prueba fue de 0,05.

2.3.4.5.11 Evapotranspiración potencial (ETP):

Para el cálculo de la ETP, se utilizó el método de Heagreves (1985), la cual emplea las variables de la temperatura media y de radiación solar, esta última se estima en lo referente a la superficie de la tierra. A continuación, se detalla la fórmula empleada.

Esta metodología permite calcular la evapotranspiración potencial en mm para cada mes en función de la temperatura, la radiación solar y la humedad relativa²⁹.

$$ETP_i = 0.0135(t_{medi} + 17.78)Rs$$

Dónde:

ETo = Evapotranspiración potencial diaria, mm/día.

tmed = Temperatura media.

Rs = Radiación Solar incidente, convertida en mm/día.

$$R_s = R_0 * KT * (T_{max} - T_{min}).$$

R_s = Radiación solar Terrestre.

KT = Coeficiente.

T_{max} = Temperatura máxima diaria.

T_{mi} = Temperatura mínima diaria.

Evapotranspiración real (ETR): Es la evapotranspiración producida realmente en las condiciones del suelo siempre y cuando existan reservas de agua, es importante mencionar que $ETR \leq ETP$, siendo iguales en temporadas climáticas lluviosas en donde la precipitación abastece la demanda potencial de agua, en estas condiciones la humedad del suelo y de la cobertura vegetal son óptimas para permitir la transferencia de agua a la atmósfera:

$$ETRI = PI + LVRIL \text{ SI } ETR < ETP$$

$$ETRI = ETPI \text{ SI } ETR > ETP$$

Déficit (D): El déficit es la cantidad de agua que falta para lograr cubrir las necesidades de potenciales del agua, en periodos de déficit prolongados, repercute inmediatamente en el deterioro de la cobertura vegetal y en casos extremos la aridez del suelo es inminente.

$$DI = ETPI - ETRI$$

Exceso (E): Los excesos de agua se presentan cuando se supera la reserva máxima de agua (100 mm/mes), el agua en exceso fluye como escorrentía superficial o subterránea.

²⁹ MARTÍN, V. (2010). Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la evaporación registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. P.39

2.3.4.5.12 Fenómenos macroclimáticos ONI

La variabilidad climática corresponde a las fluctuaciones que presenta el clima en tiempo y espacio. Esta incluye los extremos y las diferencias de los valores mensuales, estacionales y anuales con relación a los valores climáticos esperados³⁰. La Diferencia entre el valor registrado de una variable climatología y su promedio se determina como Anomalía y a la secuencia de estas oscilaciones en relación a los valores normales corresponde la variabilidad climática.³¹

Algunos de los factores que se consideran como incidentes en la variabilidad climática, especialmente a gran escala son: variación de los parámetros orbitales de la tierra (inclinación, excentricidad, precesión), posibles cambios en la órbita del sol alrededor del centro de la galaxia, variación de largo plazo en la actividad solar, grandes erupciones volcánicas, dinámica de las placas tectónicas, dinámica orbital del sistema tierra luna, entre otros.

Paralelamente se tiene la variabilidad climática de corto periodo, la cual corresponde a las fluctuaciones del clima en pequeños lapsos de tiempo, como un año por ejemplo donde se evidencien parámetros más altos o bajos de la normal³². La normal climatológica o valor normal, hace referencia al valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un periodo de por lo menos 30 años, la diferencia entre el valor de la variable y su promedio se lo conoce como anomalía.

Dentro de las escalas de variabilidad climática de corto periodo, se consideran las más relevantes para la determinación y modulación de procesos atmosféricos las siguientes:

- **Estacional:** Corresponde a la fluctuación del clima a nivel mensual y se analiza en referencia a los ciclos anuales. En el caso de las latitudes tropicales la migración de la zona de confluencia intertropical (ZCIT) es una de las fluctuaciones climáticas de escala estacional más importante.
- **Interestacional:** Este tipo de variabilidad es menos evidente y ha sido de las menos estudiadas en nuestro medio. La mayoría de las veces estas oscilaciones pasan desapercibidas porque su amplitud es pequeña, en comparación con las del ciclo anual.
- **Interanual:** En este grupo se encuentran las variaciones que se presentan de año en año, un ejemplo característico de es la variabilidad climática interanual correspondiente a los fenómenos del niño y de la niña, oscilación del sur, ENOS. Para efectos de este estudio se aplica esta escala para determinar la variabilidad climática con registros de 29 años (Precipitación y temperatura máxima y mínima).
- **Interdecadal:** En esta escala se manifiestan las fluctuaciones correspondientes a nivel de décadas.

Dentro de las variaciones interanuales se encuentran el ciclo conocido como “El Niño” y su etapa opuesta “La Niña”, los cuales son la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del Océano Pacífico, en la escala interanual. Son las componentes oceánicas del ENOS (oscilación de sur) que corresponde a la aparición, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) de lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y Colombia.

Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del oeste al centro del Océano Pacífico tropical.³³ En el caso del Niño el calentamiento de la superficie del

³⁰ Pabón, D. 1997, Variabilidad Climática. Técnicas Agrometeorológicas en la agricultura Operativa de América Latina.

³¹ Montealegre, E, 2009 Estudio de la Variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala IDEAM-meteo/022-2009, Bogotá D.C.

³² D Pabón, 1997 Variabilidad climática. Técnicas agrometeorológicas en la agricultura operativa de América Latina OMM.

³³ SIAC sistema de información Ambiental de Colombia
<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=374&conID=1240>.

océano Pacífico cubre grandes extensiones, y por su magnitud afecta el clima en diferentes regiones del planeta, entre ellas, el norte de Suramérica donde está situado el territorio colombiano.

En base a la información histórica de las estaciones climatológicas, se ha identificado que en Colombia el fenómeno del niño afecta, entre otros, la temperatura del aire, la precipitación y los caudales³⁴, generando un aumento de la temperatura y el brillo solar y disminución en las precipitaciones.

En el caso contrario el fenómeno climático denominado La Niña, aunque no se puede catalogar como totalmente opuesto a lo observado durante el fenómeno del niño, en términos generales, los efectos sobre las variables climáticas si son inversos. El efecto climático depende de la época del año en que se presenta (por la estacionalidad o el ciclo anual de las variables) y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad y el riesgo de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.³⁵

- **Índice Oceánico (ONI)**

Este índice fue creado por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para evidenciar el comportamiento que ha tenido el océano pacifico desde hace varios años atrás con relación a la temperatura en la región 3.4 que se observa en la **Figura 2-51** (Regiones del Niño en el Pacífico), con la finalidad de determinar la intensidad de la ocurrencia de los eventos Niña y Niño si es débil acercándose a cero (0) o si el evento es fuerte tiende alejarse del cero (0).

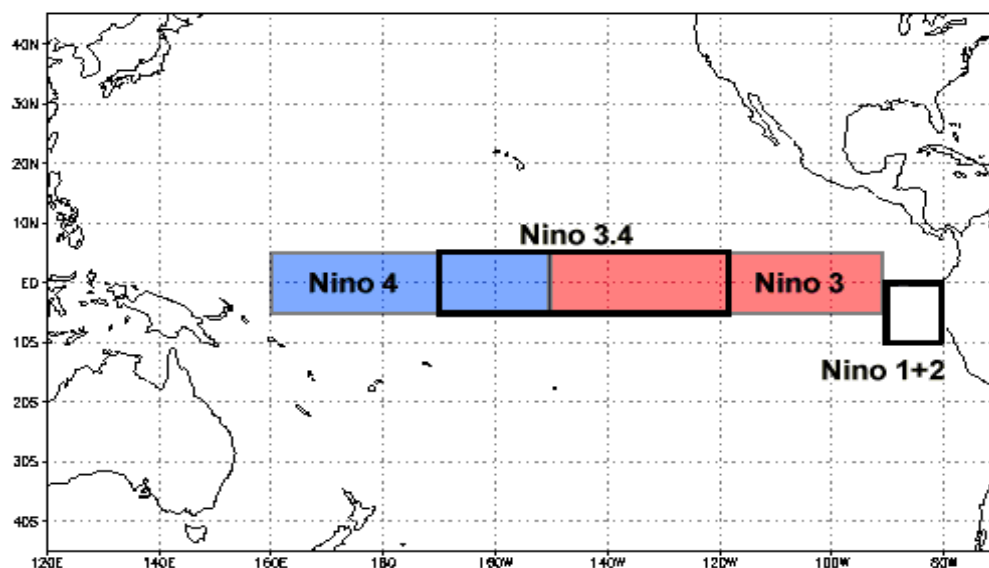


Figura 2-51 Regiones del niño en el pacifico

Fuente: <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php#oni>.

Cuando hay ocurrencia del fenómeno de la Niña este debe ser igual o menor que el valor del índice oceánico -0.5 , mientras que si es igual o mayor a 0.5 corresponden a Niño, así mismo según lo establecido por la NOAA (**Tabla 2-41** y **Figura 2-51**), para determinar si es uno de estos dos fenómenos, este debe ser superior a una desviación estándar en el tiempo evaluado de no menor que 5 meses consecutivos, de acuerdo a la anterior premisa expuesta, se basó para realizar el análisis de variabilidad climática, donde se tuvo el comportamiento del fenómeno teniendo como punto de partida los valores del índice oceánico superiores o iguales a 0.5 y -0.5 , con el fin de identificar la relación en las estaciones empleadas.

³⁴ J Montealegre E y J Pabón, 1997 probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno El Niño.

³⁵ Op.cit. Montealegre & Pabón, 2002.

Tabla 2-41 Comportamiento del Índice Oceánico (ONI) de 1989 al 2016

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1989	-2	-1	-1	-1	-0,6	-0	-0	-0,3	-0	-0	-0	-0
1990	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5
1992	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	-0	-0	-0	-0
1993	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1	1,1
1995	1	0,7	0,5	0,3	0,1	0	-0	-0,5	-1	-1	-1	-1
1996	-1	-1	-1	-0	-0,3	-0	-0	-0,3	-0	-0	-0	-1
1997	-1	-0	-0	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1	0,5	-0	-1	-1,1	-1	-1	-2	-2
1999	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,1	-1	-1	-2	-2
2000	-2	-1	-1	-1	-0,7	-1	-1	-0,5	-1	-1	-1	-1
2001	-1	-1	-0	-0	-0,3	-0	-0	-0,1	-0	-0	-0	-0
2002	-0	0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0	-0,3	-0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0	-0,1	-0	-0	-1	-1
2006	-1	-1	-1	-0	0	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,3	0	-0	-0,3	-0	-1	-0,8	-1	-1	-2	-2
2008	-2	-1	-1	-1	-0,8	-1	-0	-0,3	-0	-0	-1	-1
2009	-1	-1	-1	-0	0,1	0,4	0,5	0,5	0,7	1	1,3	1,6
2010	1,5	1,3	0,9	0,4	-0,1	-1	-1	-1,4	-2	-2	-2	-2
2011	-1	-1	-1	-1	-0,5	-0	-1	-0,7	-1	-1	-1	-1
2012	-1	-1	-1	-0	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0	-0
2013	-0	-0	-0	-0	-0,3	-0	-0	-0,4	-0	-0	-0	-0
2014	-0	-0	-0	0,1	0,3	0,2	0,1	0	0,2	0,4	0,6	0,7
2015	0,6	0,6	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6
2016	2,5	2,2	1,7	1	0,5	0	-0	-0,6	-1	-1	-1	-1

Fuente: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

2.3.4.5.13 Estimación del régimen de caudales

Por el comportamiento o régimen de la precipitación en la cuenca y la combinación principalmente de las características de los suelos y la cobertura vegetal en la misma. El análisis y conocimiento de esta información es fundamental para el manejo adecuado del recurso hídrico superficial, ya que sirve como instrumento en la toma de decisiones y ordenanza de las cuencas hídricas, y brinda una visión general de la oferta hídrica de los cuerpos de agua y su comportamiento y fluctuación temporal. Con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en los Términos de Referencia Tdr-17 y a la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, se realizó la caracterización del régimen hídrico de los cuerpos de agua más importantes del área de influencia, a partir de la información recolectada por la red de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Este análisis partió inicialmente en la selección de las estaciones del IDEAM, ubicadas cerca del área de influencia y sobre drenajes más representativos de la misma, seguido a esto, se realizó la descarga de la página del DHIME de las series de tiempo de las variables hidrológicas.

2.3.4.5.13.1 Identificación de estaciones Hidrométricas

Se realizó una revisión e identificación de estaciones hidrométricas del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) con relación a las corrientes cartografiadas, su asociación a las cuencas, aproximación sobre la zona de estudio, disponibilidad de registro histórico en cantidad de año y nivel de registro de datos. En la **Tabla 2-42**, se puede observar las estaciones hidrométricas de interés para la caracterización del régimen hidrológico de los principales cuerpos de agua del proyecto, las cuales se ubican dentro o cerca del área de estudio.

Tabla 2-42 Estaciones hidrométricas de interés.

NOMBRE	CÓDIGO	CATEGORÍA	FECHA INSTALACIÓN	FECHA FIN	MUNICIPIO	CORRIENTE
AREMASAHIN AUTOMÁTICA	15067180	LG	2007-06-01	2019-12-31	Riohacha	Ranchería
GUAMITO HDA	15067040	LG	1999-12-31	2013-10-31	Barrancas	Ranchería
CUESTECITAS AUTOMÁTICA	15067050	LG	1999-12-31	2023-12-31	Albania	Ranchería
ESPERANZA LA	15067060	LM	1999-12-31	2023-12-31	Albania	Arroyo Bruno
REMEDIOS	15067110	LG	1999-12-31	2023-08-31	Albania	Arroyo Tabaco
CARRAIPIA	15087010	LG	1999-12-31	2015-02-19	Maicao	Arroyo Carraipia
PARAGUACHON	15087080	LG	1990-05-05	2009-11-18	Maicao	Arroyo Carraipia

LG: Limnigráfica.
LM: Limnimétrica.

Fuente: IDEAM, 2024

En la **Figura 2-52**, se presenta la ubicación de las estaciones consultadas don respecto al área de influencia del proyecto.

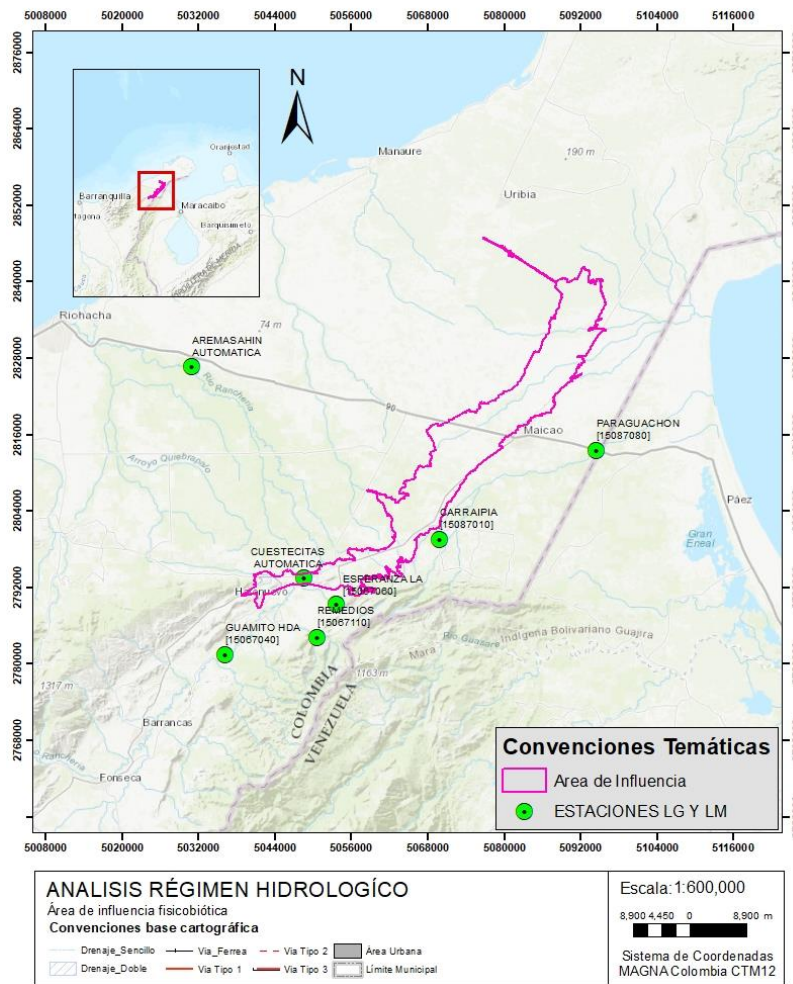


Figura 2-52 Estaciones Limnimétrica cercanas al área de influencia.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Inicialmente se estableció el porcentaje de datos faltantes, con el fin de identificar que los datos presentaran una continuidad de mínimo 10 años consecutivos con información lo más actualizada posible. En la **Tabla 2-43**, se presenta la longitud de la serie encontrada en cada una de las estaciones y el % de datos faltantes a partir de la información disponible.

Tabla 2-43 (%) de Datos faltantes

ESTACIÓN	CÓDIGO	FECHA INICIO	FECHA FIN	DATOS TOTALES	DATOS FALTANTES	DATOS FALTANTES (%)
AREMASAHIN AUTOMÁTICA	15067180	1/01/2008	31/12/2019	4.380	1.266	29%
GUAMITO HDA	15067040	1/01/2000	31/12/2012	4.745	852	18%
CUESTECITAS AUTOMÁTICA	15067050	01/01/2001	31/12/2023	8.395	1.115	13%
ESPERANZA LA	15067060	01/01/1999	31/12/2023	6.205	966	16%
REMEDIOS	15067110	01/01/2000	31/12/2022	8.030	3.044	38%
CARRAIPIA	15087010	01/01/1999	31/12/2012	5.110	747	15%
PARAGUACHON	15087080	5/05/1990	31/12/2009	6.935	1.312	81%

Fuente: IDEAM, 2024.

Para la caracterización del proyecto, se utilizarán tres estaciones identificadas en la zona. La primera es Cuestecitas, ubicada a lo largo del río Ranchería a la altura del proyecto. La segunda es La Esperanza, situada en el arroyo Bruno. Y la tercera es Carraipia, localizada en la cuenca media del río Carraipia, un drenaje que se encuentra al sur del área de influencia del proyecto. de estas series de caudal sin procesar se establecieron los diferentes descriptores estadísticos, los cuales se presentan en la **Tabla 2-44**.

Tabla 2-44 Estaciones hidrométricas de interés

ESTACIÓN	ESPERANZA_LA	CUESTECITAS	CARRAIPIA
	Ay Bruno	Rio Ranchería	Rio Carraipia
Media	0,21	14,8	0,69
Mediana	0,09	6,8	0,09
Moda	0,07	3,5	0,04
desviación estándar	0,5	23,13	3,13
Varianza de la muestra	0,25	535,17	9,82
Curtosis	109,28	22,86	1.001,4
Coeficiente de asimetría	8,86	4,15	26,89
Rango	9,1	227,13	139,1
mínimo	0	0,07	0
máximo	9,1	227,2	139,1
Suma	1.100,22	110.641,07	4.030,28
Cuenta	5.239	7.474	5.864
Nivel de confianza (95.0%)	(-0,76; 1,18)	(-30,53; 60,14)	(-5,45; 6,83)

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.4.5.13.2 Completamiento de datos faltantes en las series históricas de Caudales

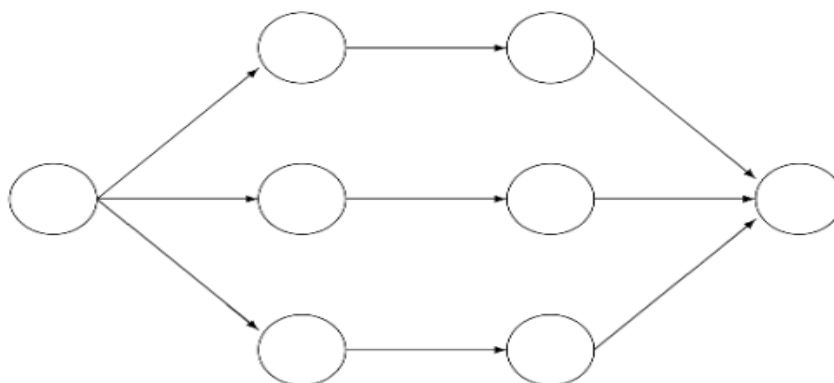
El completamiento de datos de las series históricas de caudal se llevó a cabo mediante la metodología de regresión múltiple. Esta técnica consiste en reemplazar los datos faltantes por un conjunto de *mm* valores con sus respectivas medias y varianzas o errores estándar. De manera iterativa, se busca ajustar los conjuntos de datos a las medias y varianzas del comportamiento de la serie original, lo cual minimiza el sesgo y la pérdida de potencia estadística causada por datos faltantes de forma completamente aleatoria (Missing at Randow MAR)³⁶

La literatura científica respalda que esta metodología genera buenos resultados incluso con datos faltantes de hasta un 30%, 40% o 50%, pero si la falta de datos supera un umbral establecido, se corre el

³⁶ Checa Gamarra, Marisol. Análisis estadístico de datos funcionales de temperatura del aire en la provincia de Chimborazo. Proyecto de investigación, Ingeniería estadística informática. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020.

riesgo de comprometer la confiabilidad estadística de las variables. Por ello, se recomienda mantener los valores de datos faltantes por debajo del 20% ³⁷

El procedimiento comprende tres pasos, primero se crea copias de conjuntos de datos (m) con valores diferenciados de datos perdidos, conocidos como datos plausibles que se extraen de una distribución modelada, luego estos conjuntos de datos se someten a análisis obteniendo m parámetros estadísticos y error estándar, finalmente, se agrupan los resultados en una estimación puntual más un error estándar al agrupar basado en la reglas de Rubín (Rubín 1987), asegurándose de tengan las propiedades estadísticas correctas y cuyas agrupaciones se presenten de forma insesgada. En la **Figura 2-53**, se puede observar de forma esquemática el proceso metodológico de la imputación múltiple.



Incomplete data Imputed data Analysis results Pooled result

Figura 2-53 Diagrama metodología imputación múltiple

Fuente: Checa Gamarra, Marisol. Análisis estadístico de datos funcionales de temperatura del aire en la provincia de Chimborazo. Proyecto de investigación, Ingeniería estadística informática. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020

El proceso de imputación de datos para caudales se realizó utilizando la herramienta RStudio dentro del paquete MICE. Se creó un código para modelar cinco (5) series múltiples, con 200 iteraciones posibles. La memoria de cálculo de este procedimiento se puede observar en la ruta *3_Anexos\Cap.05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.6 Hidrología*. Para el desarrollo de la imputación, se realizaron grupos según la ubicación de las estaciones:

1. Se realizó la imputación de datos para las estaciones GUAMITO HDA, AREMASAHIN AUTOMÁTICA y CUESTECITAS AUTOMÁTICA, las cuales se encuentran aguas arriba, aguas abajo y en el área del proyecto todas sobre el río Ranchería.
2. Se realizó una segunda imputación de datos, utilizando las estaciones CARRAIPÍA, REMEDIOS y ESPERANZA LA.

En la **Figura 2-54** y **Figura 2-55**, se presenta los ejercicios de imputación realizados.

³⁷ Ibid

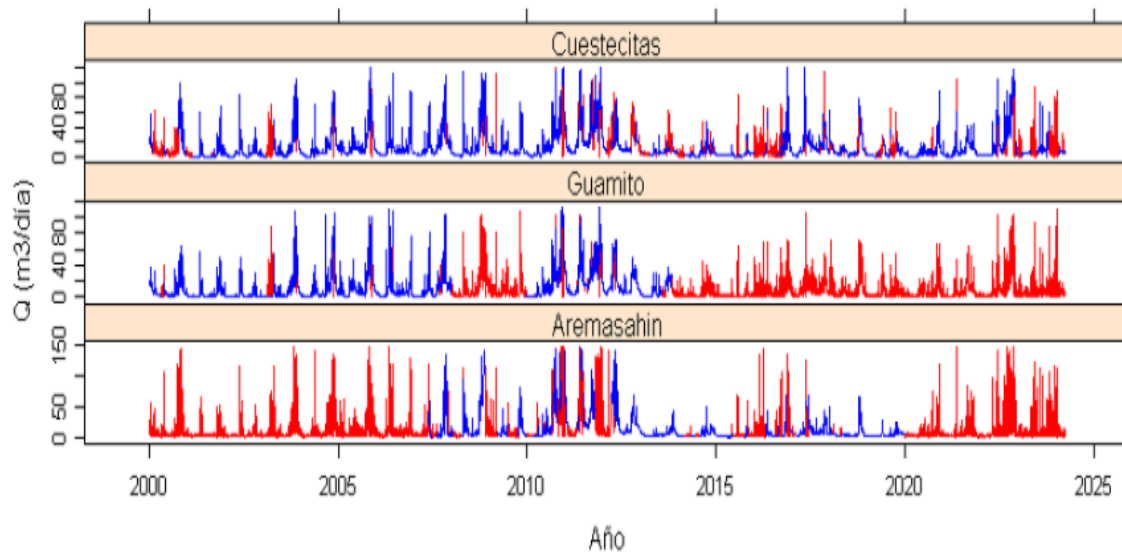


Figura 2-54 Resultados series imputadas – Caudales Rio Ranchería

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

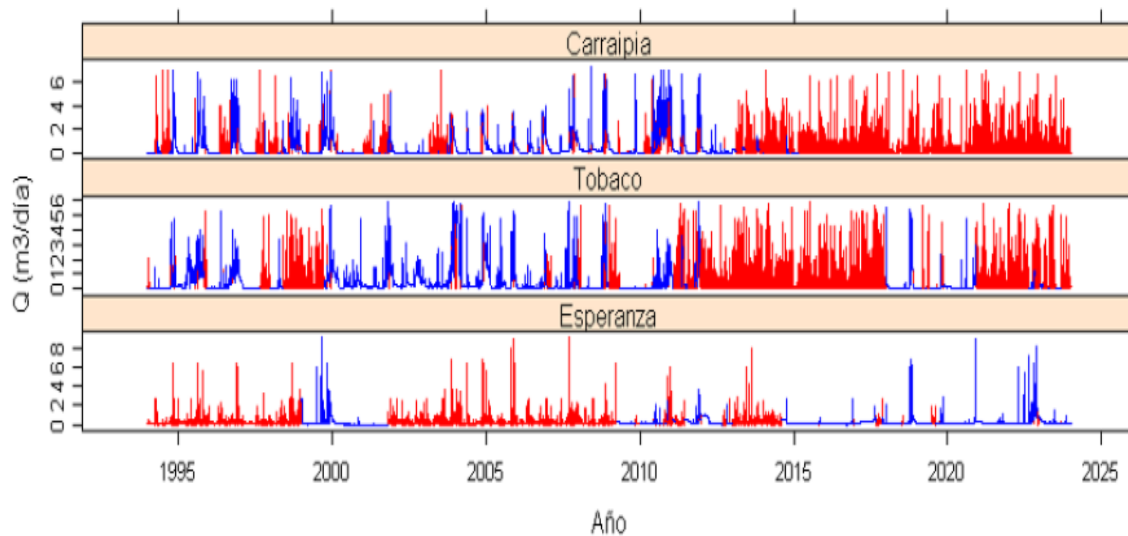


Figura 2-55 Resultados series imputadas – Caudales Ay Bruno, Ay Tabaco y Carraipia

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los análisis de resultados de los datos imputados de acuerdo con las gráficas de densidad muestran un buen acople a la distribución de la serie original, lo cual muestra un buen desempeño del método en la imputación. (Ver **Figura 2-56**).

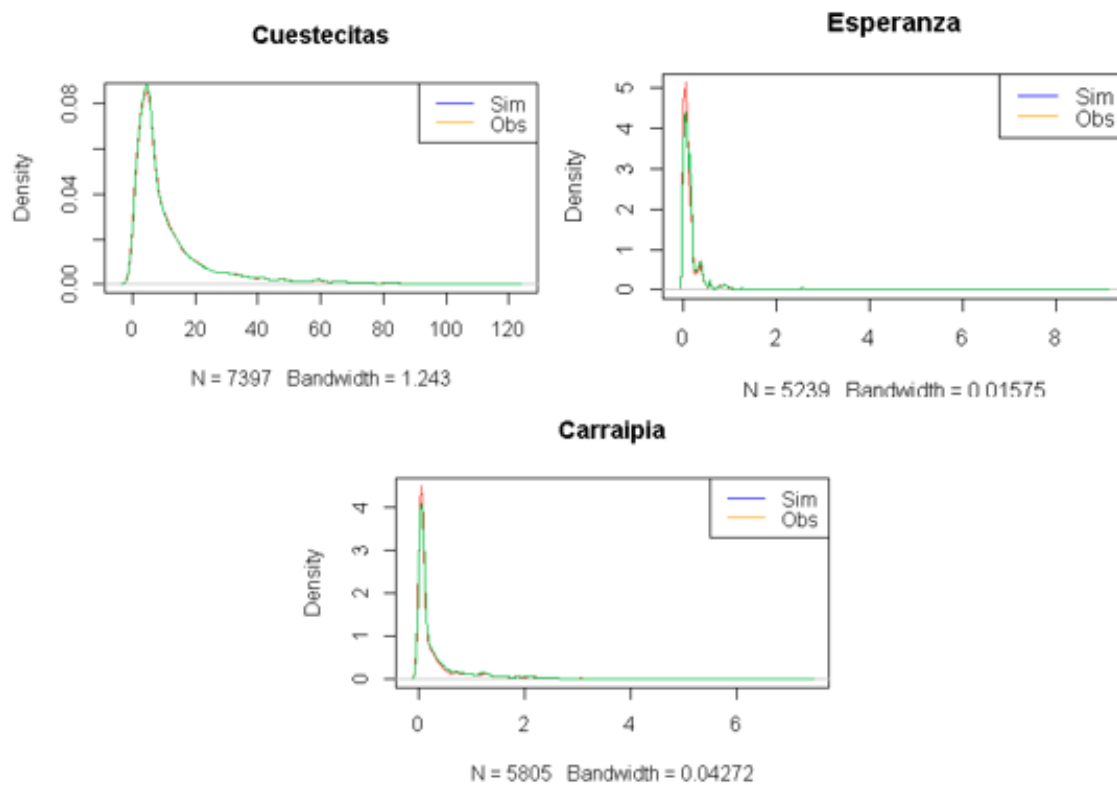


Figura 2-56 Gráfica de densidad de resultados de datos imputados

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Para observar el nivel de ajuste del método de imputación múltiple se realizó una evaluación grafica comparativa de los medios multianuales de las series crudas y los medios multianuales de series imputadas, tal como se puede apreciar en la **Figura 2-57**.

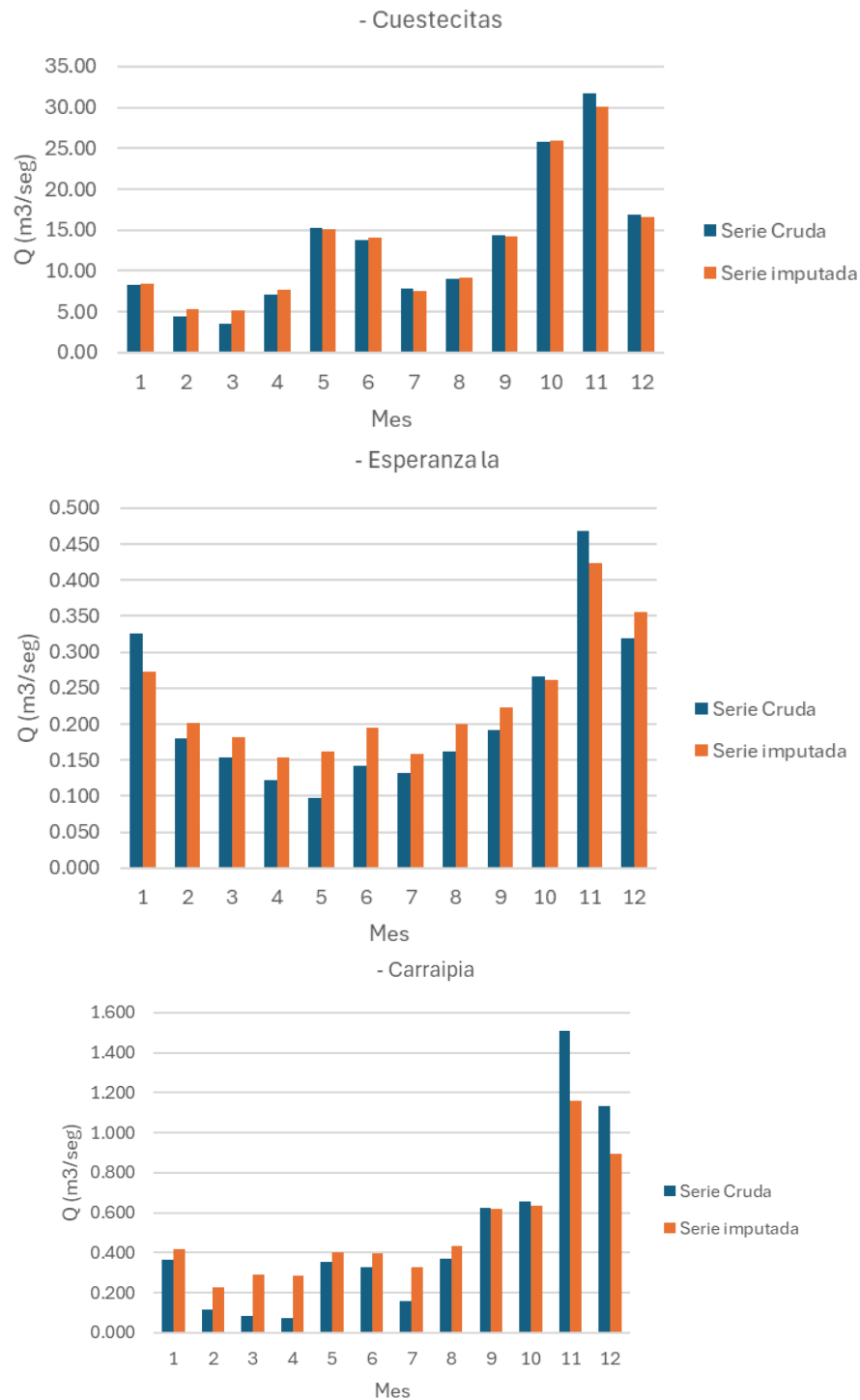


Figura 2-57 Comparativo de medios multianuales de series sintéticas método regresión múltiple y medios multianuales de series crudas – Caudal

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los resultados comparativos de las series resultantes muestran que los medios de la serie sintética obtenida de la imputación múltiple respetan el comportamiento cíclico anual y cuya diferencia en valor de caudales no excede el al 15%, lo cual muestra una buena representatividad al comportamiento del régimen de caudales.

En la **Tabla 2-45**, se presenta la comparación de los estadísticos de las series imputadas para las estaciones de interés comparándolas con las series crudas sin datos atípicos.

Tabla 2-45 Comparación estadístico series imputadas estaciones de interés

ESTACIÓN	ESPERANZA_LA Ay Bruno		CUESTECITAS Rio Ranchería		CARRAIPÍA Rio Carraipía	
	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada
Serie	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada
Media	0,21	0,23	14,8	13,24	0,69	0,51
Mediana	0,09	0,11	6,8	6,6	0,09	0,1
Moda	0,07	0,07	3,5	3,5	0,04	0,04
desviación estándar	0,5	0,53	23,13	17,21	3,13	0,96
Varianza de la muestra	0,25	0,28	535,17	296,28	9,82	0,92
Curtosis	109,28	94,65	22,86	9,32	1.001,4	13,47
Coefficiente de asimetría	8,86	8,34	4,15	2,82	26,89	3,35
Rango	9,1	9,1	227,13	120,33	139,1	7,32
mínimo	0	0	0,07	0,07	0	0
máximo	9,1	9,1	227,2	120,4	139,1	7,32
Suma	1.100,22	2.547,27	110.641,07	117.217,85	4.030,28	5.564,72
Cuenta	5.239	10.957	7.474	8.856	5.864	10.957
Nivel de confianza (95.0%)	(-0,76; 1,18)	(-0,799; 1,264)	(-30,53; 60,14)	(-20,500; 46,972)	(-5,45; 6,83)	(-1,370; 2,386)

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los resultados de la imputación de datos demostraron una alta consistencia entre las series crudas e imputadas para ambas estaciones. Las medidas de tendencia central, dispersión y forma de la distribución fueron similares en ambas series, lo que indica que la imputación no alteró significativamente las características estadísticas de los datos. Además, los intervalos de confianza para la media mostraron que los valores imputados estaban dentro de un rango aceptable con un nivel de confianza del 95%.

• Curvas de duración y frecuencia

“Es una Curva de frecuencia acumulada, que presenta el porcentaje del tiempo que un determinado valor de caudal es igualado o excedido durante el periodo analizado y representa de una forma simple y directa el rango de variación de caudales en un punto específico de una corriente”³⁸. para realizar una curva de duración de caudales se necesita un registro de caudales sobre la corriente de estudio, sin embargo, “existe en muy pocos lugares debido a la escasa instrumentación para la medición de caudales en las corrientes naturales”³⁹. Es por ello, que se pueden aludir a métodos que suplan este déficit de información, las cuales se basan en la disponibilidad de registros históricos de cuencas cercanas una de la más recomendada es el método de transferencia de caudal o métodos indirectos de obtención de caudales los cuales son la materia prima para la construcción de una curva de duración y frecuencia CDC.

³⁸ Salazar Oliveros, Juan Carlos. Una metodología para la estimación de curvas de duración de caudales (cdc) en cuencas no instrumentadas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C., Colombia. 2016.

³⁹ Salazar Oliveros, Juan Carlos. Una metodología para la estimación de curvas de duración de caudales (cdc) en cuencas no instrumentadas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C., Colombia. 2016.

Para la construcción de una CDC “se debe contar con un registro con al menos el 90% de los datos de un año y descartar los años incompletos, los años completos no deben ser estrictamente consecutivos. A los caudales observados $q_i, i=1,2,\dots$, se les asigna un número de orden para establecer una serie ordenada $(i), i=1,2,\dots$, en donde N es el número de datos y (1) y (N) son el caudal mayor y el caudal menor de la serie, respectivamente. Posteriormente se calcula la probabilidad de excedencia de los caudales ordenados. Si se emplea la distribución de probabilidad de Weibull, se obtiene la probabilidad de excedencia o probabilidad de ser igualado o excedido, mediante la siguiente expresión:

$$p_i = P(Q \geq q_{(i)}) = \frac{i}{N+1} \text{ ,}$$

Finalmente, cada uno de los datos ordenados (i) es graficado en pareja con su correspondiente valor de probabilidad de excedencia p_i , obteniendo la curva de duración de caudales CDC. En caso de que existan valores iguales de caudal dentro de la serie, se deben graficar todos los valores iguales de caudal en pareja con la mayor probabilidad calculada para dicho valor”⁴⁰. (Ver Figura 2-58).

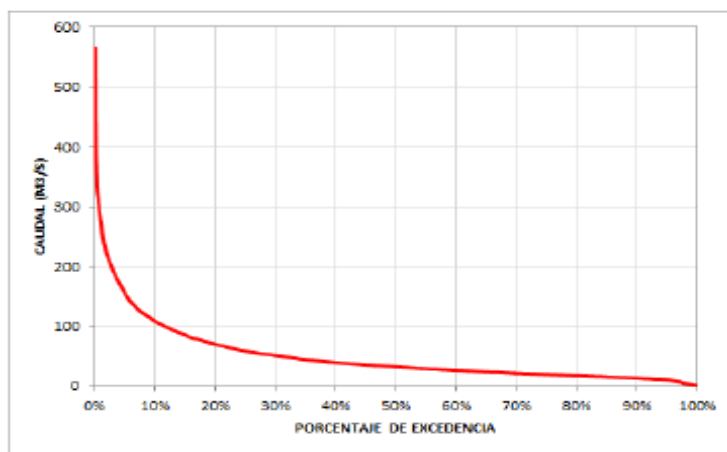


Figura 2-58 Representación esquemática de curva de duración de caudales CDC

Fuente: Salazar Oliveros, Juan Carlos, 2016.⁴¹

- **Análisis de frecuencias para avenidas de caudales máximos (Tr: 2,5,10,15,25,50,100) cuencas instrumentadas**

Existen eventos de avenidas o crecientes condicionadas a los factores geomorfológicos, coberturas y climáticos, en este último el factor determinante es la intensidad de la precipitación en un periodo y lapso de tiempo dado, estas condiciones favorecen el desarrollo de fuertes crecientes, que pueden causar inundaciones, de ahí la importancia en el análisis de dichos eventos, en pro de la toma de decisiones a nivel de ingeniería, manejo ambiental y del recurso hídrico.

Por lo anterior, la estimación de caudales máximos asociados a las funciones de probabilidad y periodos de retorno se realiza tomando en consideración la distribución de la serie de caudales a las funciones probabilísticas de ocurrencia (Normal, Log Normal, Pearson III, Gumbel, Log Gumbel etc.), evaluando su nivel de ajuste a cada una de estas distribuciones con la prueba χ^2 (Chi-cuadrado), de esta manera se

⁴⁰ Salazar Oliveros, Juan Carlos. Una metodología para la estimación de curvas de duración de caudales (cdc) en cuencas no instrumentadas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C., Colombia. 2016.

⁴¹ Salazar Oliveros, Juan Carlos. Una metodología para la estimación de curvas de duración de caudales (cdc) en cuencas no instrumentadas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá D.C., Colombia. 2016.

garantiza la calidad y representatividad en la estimación. Para un mejor entendimiento del proceso se debe conocer los conceptos que se describen a continuación:

Periodo de retorno (Tr): es el promedio de los valores de X sobre un número de ocurrencias lo suficientemente grande. De esta forma puede definirse el periodo de retorno de un evento hidrológico como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

Puede relacionarse directamente el periodo de retorno con la probabilidad de ocurrencia del evento hidrológico. La probabilidad P de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno así:

$$P = \frac{1}{T}$$

Dónde:

P: Probabilidad ocurrencia o excedencia.

T: Periodo de retorno.

Frecuencias de probabilidad de ocurrencia: relaciona la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Se supone que a la información hidrológica analizada es independiente y esta idénticamente distribuida y el sistema hidrológico que la produce se consideran estocásticos, independientes del espacio y del tiempo. (Chow, et.al, 1994). Las funciones de probabilidad se muestran en la **Tabla 2-46**.

Tabla 2-46 Distribuciones de probabilidad para el ajuste de información hidrológica

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
Normal	La distribución normal surge del teorema del límite central, el cual establece que, si una secuencia de variables aleatorias X_i son independientes y están idénticamente distribuidas con media μ y varianza σ^2 , entonces la distribución de la suma de n de las variables aleatorias $Y = \sum_{i=1}^n X_i$, tiende hacia la distribución normal con media $n\mu$ y varianza $n\sigma^2$ a medida que aumenta n .	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}, \sigma = s_x$
Log normal	Si la variable aleatoria $Y = \log X$ esta normalmente distribuida, entonces se dice que X está distribuida en forma log normal. Chow (1954) llegó a la conclusión que esta distribución se aplica a las variables hidrológicas formadas como productos de otras variables debido a que si $X = X_1 X_2 X_3 \dots X_n$, entonces $Y = \log X = \sum_{i=1}^n \log X_i = \sum_{i=1}^n Y_i$, lo cual tiende a una distribución normal para valores grandes de n siempre y cuando los X_i sean independientes y estén idénticamente distribuidos.	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$	$x > 0$	$\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = s_y$

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
	Se ha encontrado que la distribución log normal describe la distribución de la conductividad hidráulica en el medio porosos (Freeze, 1975), la distribución del tamaño de las gotas de lluvia en una tormenta y otras variables hidrológicas.			
Exponencial	Algunas secuencias de eventos hidrológicos, como la ocurrencia de la precipitación, pueden considerarse como procesos de Poisson, en los cuales los eventos ocurren instantánea o independientemente en un horizonte de tiempo o a lo largo de una línea. El tiempo entre tales eventos, o tiempo de interarribo, esta descrito por una distribución exponencial cuyo parámetro λ es la tasa media de ocurrencia de los eventos. La distribución exponencial se utiliza para describir los tiempos de interarribo de choques aleatorios a sistemas hidrológicos, tales como volúmenes de escorrentía contaminada que entra a ríos a medida que la lluvia lava los contaminantes localizados en la superficie del terreno.	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$
Gamma	El tiempo que toma la ocurrencia de un número β de eventos en un proceso Poisson esta descrito por la distribución Gamma, la cual es la distribución de l una suma de β variables aleatorias independientes e idénticas, distribuidas exponencialmente. La distribución Gamma es muy útil para la descripción de variables hidrológicas asimétricas sin el uso de la transformación log. Se ha aplicado a la descripción de la distribución de profundidades de precipitación en tormentas.	$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{\beta-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\beta)}$ donde Γ = función gamma	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{\bar{x}}{s_x^2}$ $\beta = \frac{\bar{x}^2}{s_x^2} = \frac{1}{CV^2}$
Pearson Tipo III	La distribución Pearson tipo IIO, también llamada la distribución gamma de tres parámetros, introduce un tercer parámetro el límite inferior ϵ , de tal manera que, por el método de los	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)}$	$x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}}, \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$ $\epsilon = \bar{x} - s_x \sqrt{\beta}$

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
	momentos, los tres momentos de la muestra (la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría) pueden transformarse en los tres parámetros λ, β, ϵ de la distribución de probabilidad. Esta es una distribución muy flexible, que puede asumir diferentes formas a medida que λ, β, ϵ varían (Bobee y Rottailie, 1977)			
Log Pearson Tipo III	Si Log X sigue una distribución Pearson tipo III, entonces se dice que X sigue una distribución Los Pearson tipo III. Esta es la distribución estándar para análisis de frecuencia de crecientes máxima en Estados Unidos (Benson, 1968). La distribución de Log Pearson tipo III se desarrolló como un método para ajustar una curva a cuenta información. Su uso está justificado por que se ha encontrado que arroja buenos resultados en muchas aplicaciones particularmente para la información de picos de crecientes.	$f(x) = \frac{\lambda^{\beta}(y - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{x \Gamma(\beta)}$ donde $y = \log x$	$\log x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_y}{\sqrt{\beta}}$ $\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)} \right]^2$ $\epsilon = \bar{y} - s_y \sqrt{\beta}$ (Suponiendo que $C_s(y)$ es positivo)
Gumbel	Los valores extremos son valores máximos o mínimos seleccionados de conjuntos de datos. Por ejemplo, el caudal máximo anual en un lugar dado es el mayor caudal registrado durante un año y los valores de caudal máximo anual para cada año de registro histórico conforman un conjunto de valores extremos que puede analizarse estadísticamente.	$f(X) = \frac{1}{\beta} \exp \left[\frac{X - \alpha}{\beta} \right] \exp \left[-e^{\frac{X - \alpha}{\beta}} \right]$	$-\infty < x < \infty$	$\alpha = \frac{\sqrt{6}s_x}{\pi}$ $u = \bar{x} - 0.5772\alpha$

Fuente: Modificado de (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

Prueba de bondad y ajuste: Consiste en comparar las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas determinando significativa de dos variables categóricas. El resultado menor sobre las frecuencias de distribución determina el mejor ajuste.

La prueba se realiza de la siguiente manera:

- Se grafica la probabilidad para cada distribución la serie de caudal máximo anual en el eje de las ordenadas y la respectiva probabilidad asociada a ese caudal en el eje de las abscisas (serie observada).

- Se traza la línea recta de modo que se ajuste de la mejor forma posible a los puntos de la serie observada.
- Para cada punto de la serie observada se asoció un punto de la recta proyectándolo sobre esta por medio de una línea vertical. Los puntos proyectados sobre la recta constituyen la serie calculada.
- A cada punto de la serie calculada se le halló el valor de caudal correspondiente.
- Se aplica la ecuación:

$$Error = \frac{(Q_{obs} - Q_{calc})^2}{Q_{calc}}$$

- Se realizó la sumatoria del error para cada punto de la serie.
- Se comparó este valor con el que aparece en la tabla tabulada para la prueba Chi² con un nivel de confianza de x y con n-1 grados de libertad siendo n el número de años de la serie.
- Si el valor del error es menor que el de la tabla se puede concluir que la hipótesis nula (la información se ajusta a la distribución) no puede ser rechazada con un nivel de confianza de x.

Para la estimación de caudales máximos ajustados a la función de probabilidad de frecuencia se utilizó el software estadístico Hyfran, el cual fue desarrollado Instituto Nacional de Investigación Científica Agua, Tierra y Medioambiente (INRS-ETE) de la Universidad de Québec con el patrocinio de Hydro-Québec y del Consejo de investigación en las ciencias naturales y en ingeniería de Canadá (CRSNG), este paquete permite el análisis de frecuencias estadísticas de probabilidad y pruebas de confianza estipuladas en este apartado.

2.3.4.5.13.3 Régimen de caudales en cuencas no instrumentadas

De acuerdo con los términos de referencia y la Metodología general para la presentación de estudios ambientales (ANLA, 2018), las fuentes de información principal empleadas en el componente hidrológico, corresponde a la base de datos de la red de monitoreo estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en cuanto a la cercanía de las estaciones al área de influencia.

Respondiendo a la necesidad de obtener datos de caudales característicos de las cuencas y en ausencia de estaciones hidrométricas sobre las cuencas aportantes, se establece como método de análisis la transposición de caudales para las cuencas no instrumentadas que están ubicadas dentro del área de estudio. Para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

Teniendo en cuenta las cuatro estaciones hidrométricas escogidas de la **Tabla 2-42** se realizó la transposición de caudales o el método racional a las diferentes cuencas que hacen parte del proyecto, de acuerdo con su tamaño.

En la **Tabla 2-47** se presenta la estación hidrométrica que se utilizara para el análisis de transposición de caudales en cada una de las subzonas hidrográficas identificadas, en las cuales se proyecta una intervención por ocupación de cauce.

Tabla 2-47 Estaciones Limnimétricas de interés para análisis de transposición de caudal.	
NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	ESTACIÓN DEFINIDA PARA REALIZAR LA TRANSPOSICIÓN DE Q.
Arroyo Porciosa	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Bruno	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo El Salado	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Wachuari	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Amaripa	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Shishipec Taikalt	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Talamastol	CARRAIPIA [15087010]

NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	ESTACIÓN DEFINIDA PARA REALIZAR LA TRANSPOSICIÓN DE Q.
Arroyo Mocucutao	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Kashirain	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Irruain	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Joumana	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Caño Hondo	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Kanéhuakan	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Makúirap	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Santana	CARRAIPIA [15087010]

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

A partir de la identificación de estaciones para realizar el análisis de transposición de caudales a cada una de las subzonas hidrográficas donde se proyecta realizar una intervención por el proyecto, se procede a realizar las evaluaciones en sus diferentes frecuencias a nivel diario, mensual y anual, obteniendo los caudales característicos del régimen hidrológico para cada una de las cuencas no instrumentadas.

De la selección del periodo de la serie histórica y tratada apta para las estimaciones, se procede a realizar las evaluaciones en sus diferentes frecuencias a nivel diario, mensual y anual, obteniendo los caudales característicos del régimen hidrológico para cada una de las cuencas.

Con el insumo de caudales se puede calcular el rendimiento hídrico de las cuencas, al relacionar los caudales estimados y los aportes de escorrentías asociados al área física de la cuenca, lo cual define en proporción la producción de caudal en unidad de superficie ($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$). La relación para estimación de rendimiento de las cuencas se define en la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{corriente aprov.}} = Q_{\text{cuenca AI}} \times \frac{A_{\text{corriente aprov.}}}{A_{\text{cuenca AI}}}$$

Donde:

$Q_{\text{corriente aprov.}}$: caudal mensual de la corriente objeto de aprovechamiento (m^3/s).

$Q_{\text{cuenca AI}}$: caudal mensual de la cuenca analizada para el área de influencia (m^3/s).

$A_{\text{corriente aprov.}}$: Área de la cuenca objeto de aprovechamiento (km^2).

$A_{\text{cuenca AI}}$: Área de la cuenca analizada para el área de influencia (km^2).

De igual modo, el método Racional se utilizó para la estimación de los caudales máximos para los puntos de ocupación de cauce, considerando diferentes periodos de retorno (desde 2.33 hasta 100 años), específicamente para cuencas con áreas menores a $2,5 \text{ km}^2$.

A partir del análisis de los polígonos de Thiessen, se determinaron las estaciones con influencia para cada una de las ocupaciones de cauce. A cada estación se le construyó su respectiva curva de Intensidad – Frecuencia – Duración (Curvas IDF) utilizando el método de Díaz Granados. Con la información de las curvas IDF, se calcularon los caudales máximos para cada una de las ocupaciones de cauce, con áreas menores a $2,5 \text{ km}^2$.

A partir de los caudales calculados para cada una de las unidades hidrográficas, se realizó la transposición y cálculo de caudales diarios en las ocupaciones de cauce.

2.3.4.5.14 Cálculo de caudales máximos

2.3.4.5.14.1 Cálculo de caudales máximos en cuencas instrumentadas

Para el cálculo de caudales en las cuencas instrumentadas, se realizó un análisis de los datos de caudales diarios y determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno. Se realizaron pruebas

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

estadísticas para ajustar los datos a distintas distribuciones de probabilidad y se calcularon los caudales máximos esperados usando diferentes metodologías. Distribuciones Evaluadas:

- Distribución Normal.
- Distribución Gumbel.
- Distribución Pearson Tipo III.
- Distribución Logística.
- Distribución Log-normal.

• **Pasos:**

1. Prueba de Shapiro-Wilk:

- i. **Descripción:** Esta prueba evalúa si los datos siguen una distribución normal.
- ii. **Interpretación:** Un valor p mayor a 0.05 indica que los datos se ajustan a una distribución normal.

2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov:

- i. **Descripción:** Compara los datos con diferentes distribuciones especificadas (Gumbel, logística, log-normal).
- ii. **Interpretación:** Un valor p mayor a 0.05 indica que los datos se ajustan a la distribución evaluada.

3. Ajuste para Distribución Pearson Tipo III:

- i. **Descripción:** Ajuste de datos a la distribución Pearson Tipo III antes de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.
- ii. **Interpretación:** Un valor p mayor a 0.05 indica que los datos se ajustan a una distribución Pearson Tipo III.

4. Compilación y Guardado de Resultados

- i. **Descripción:** Guardar los resultados de las pruebas estadísticas en un archivo Excel para su análisis posterior.
- ii. **Detalles:** Se incluyen las estadísticas de prueba y los valores p para cada distribución, junto con mensajes interpretativos sobre si los datos se ajustan o no a cada distribución.

5. Q-Q Plot para Verificar Normalidad

- i. **Descripción:** Un gráfico Q-Q (Quantile-Quantile) se generó para visualizar cómo los datos se ajustan a una distribución normal.
- ii. **Interpretación:** Una línea recta en el Q-Q plot indica un buen ajuste a la distribución normal.

Cálculo de Caudales Máximos

Para calcular los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno, se siguieron los siguientes pasos:

1. Cálculo de Estadísticos Básicos

- i. **Descripción:** Se calcularon las medias y desviaciones estándar de los caudales y sus logaritmos.
- ii. **Detalles:** Estos estadísticos son esenciales para los cálculos posteriores de caudales máximos.

2. Determinación de Períodos de Retorno y Probabilidades

- i. **Descripción:** Se definieron los periodos de retorno y se calcularon las probabilidades asociadas.
- ii. **Detalles:** Los periodos de retorno considerados fueron 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Cálculos para Diferentes Distribuciones

1. Distribución Gumbel:

- Descripción:** Utilización de la fórmula de Gumbel para calcular los caudales.
- Detalles:** Incluye transformaciones específicas para ajustarse a la distribución Gumbel.

2. Distribución Normal:

- Descripción:** Cálculo de caudales utilizando los valores Z de la distribución normal.
- Detalles:** Se utiliza la media y desviación estándar de los caudales.

3. Distribución Log-Normal:

- Descripción:** Aplicación de los valores Z a los logaritmos de los caudales.
- Detalles:** Se usa la media y desviación estándar de los logaritmos de los caudales.

4. Distribución Pearson Tipo III:

- Descripción:** Cálculo de caudales usando la fórmula específica para esta distribución.
- Detalles:** Incluye parámetros ajustados a la distribución Pearson Tipo III.

5. Distribución Log-Pearson Tipo III:

- Descripción:** Cálculo de caudales usando los logaritmos de los caudales para esta distribución.
- Detalles:** Utiliza la media y desviación estándar de los logaritmos de los caudales ajustados a esta distribución.

Visualización de Datos

1. Boxplot Mensual

- Descripción:** Se creó un boxplot para visualizar la variabilidad de los caudales por mes.
- Interpretación:** El boxplot muestra la dispersión y posibles valores atípicos de los caudales para cada mes, proporcionando una visión clara de la variabilidad estacional.

El análisis realizado permitió evaluar el ajuste de los datos de caudales a varias distribuciones de probabilidad y calcular los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno. Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para la toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos y el diseño de infraestructuras relacionadas con el manejo de caudales.

Los archivos generados, incluyendo los resultados de las pruebas estadísticas y los cálculos de caudales máximos, se guardaron en formato Excel para su posterior revisión y análisis detallado.

2.3.4.5.14.2 Cálculo de caudales máximos en cuencas no instrumentadas

Para la estimación de los caudales máximos en las cuencas no instrumentadas de los diferentes cuerpos de agua evaluados donde se proyectaron ocupaciones de cauce, se emplearon dos métodos distintos debido a la falta de registros disponibles de caudales. Estos métodos se seleccionaron en función del área de las cuencas y su aplicabilidad para las condiciones específicas del estudio.

Conforme a la necesidad de obtener datos de caudales característicos de las ocupaciones de cauce y en ausencia de estaciones hidrométricas sobre las cuencas aportantes, se establecen dos métodos. En primera instancia el método de la curva número del Soil Conservation Service (SCS) y el método racional. El método del SCS fue escogido para cuencas de 5 km² en adelante, y para cuencas menores el método racional.

• Cálculos caudales máximos en ocupaciones de cauce mayores a 5 km²

El método del número de curva SCS es una técnica ampliamente utilizada y eficaz para estimar la cantidad de escorrentía proveniente de un evento de lluvia en un área específica. Este método fue

desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS): Este modelo requiere la cantidad de lluvia y el número de curva. La lluvia es proporcionada con base en una curva IDF, y el número de curva se basa en el grupo de suelos hidrológicos del área, el uso del suelo y la condición hidrológica, siendo los dos primeros los más importantes (Purdue, 2024).

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

Donde:

Q, escorrentía en pulgadas.

P, cantidad de lluvia (mm).

S, máximo potencial de retención después de que la escorrentía comienza.

I_a, abstracción inicial.

Donde la abstracción inicial es calculada mediante la siguiente formula:

$$I_a = 0.2 S$$

Y el potencial máximo de retención con la siguiente formula:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

A partir de la información de caudales diarios calculados para cada una de las unidades hidrográficas nivel II, para las ocupaciones con un área aferente mayor a 5 kilómetros se calcularon los caudales máximos por medio del software HEC-HMS, donde se configuro de la siguiente manera: SCS curva número como método de pérdidas y el hidrograma SCS como método de transformada. En la **Tabla 2-48** se pueden observar las ocupaciones para las cuales fue desarrollado el método.

Tabla 2-48 Ocupaciones de cauce con áreas aferentes mayores a 5 km²

ID	ÁREA (km ²)	LONGITUD DE CORRIENTE (Lc) (Km)
OC75	97,81	37,67
OC70	95,37	34,41
OC69	93,14	33,81
OC58	47,56	15,73
OC66	25,27	16,05
OC85	21,89	14,02
OC_1	9,77	9,59
OC50	5,68	4,15
OC67	5,43	6,35
OC_33	3,63	8,22
OC51	3,30	4,71
OC52	3,05	4,35

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

La curva número se determinó utilizando los grupos hidrológicos de suelos descritos en el capítulo correspondiente, junto con los datos de cobertura terrestre obtenidos durante el trabajo de campo. Con base en esta información, se consultaron las tablas del manual 'Urban Hydrology for Small Watersheds' de la USDA para su aplicación, donde se obtuvo un número de curva para cada una de las cuencas en análisis.

- **Curvas IDF**

A partir del análisis de los polígonos de Thiessen, se determinaron las estaciones con influencia para cada una de las ocupaciones de cauce. A cada estación se le construyó su respectiva curva de Intensidad -

Frecuencia – Duración utilizando el método de Mario Díaz Granados, en la **Figura 2-59** se presenta los polígonos Thiessen y las estaciones utilizadas para la caracterización hidrológica del proyecto.

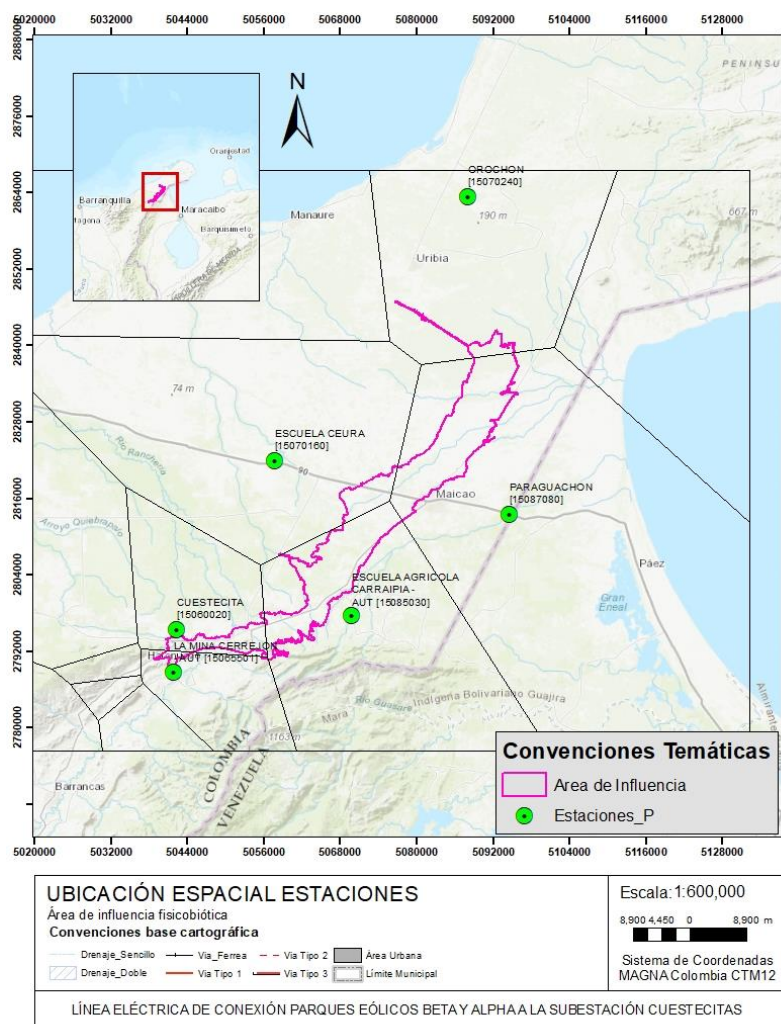


Figura 2-59 Polígonos de Thiessen

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En conclusión, el análisis de polígonos de Thiessen destaca las estaciones OROCHON [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHON [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], CUESTECITA [15060020] como las más representativas para el estudio de la precipitación en el área. Estas estaciones, al tener áreas de influencia más extensas según el análisis, se posicionan estratégicamente para proporcionar datos más completos y representativos de los patrones de precipitación en la región. En la **Tabla 2-49**, se presenta de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen.

Tabla 2-49 Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia

ESTACIÓN	ÁREA km ²	% ÁREA
OROCHON [15070240]	66,68	12%
PARAGUACHON [15087080]	209,098	39%

ESTACIÓN	ÁREA km ²	% ÁREA
ESCUELA CEURA [15070160]	36,28	7%
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	173,208	32%
CUESTECITA [15060020]	45,045	8%
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	9,5439	2%

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

A continuación de la **Figura 2-60** a la **Figura 2-62**, se presenta las curvas IDF desarrolladas por el método Mario Díaz Granados.

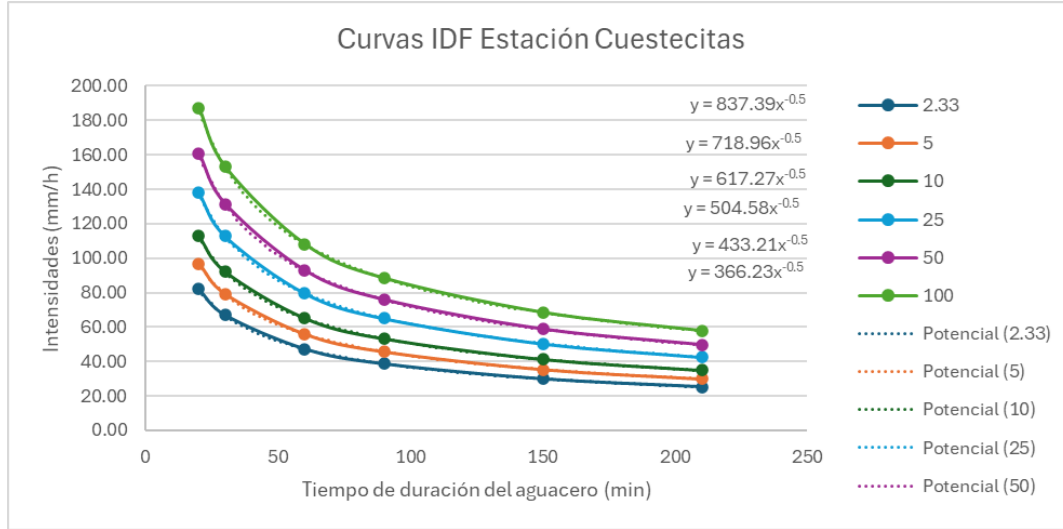


Figura 2-60 Curvas IDF Estación CUESTECITA [15060020]

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

A la estación CUESTECITA [15060020], se le asociaron las OC que se presentan en la **Tabla 2-50**.

Tabla 2-50 Ocupaciones de cauce asociadas a la estación CUESTECITA [15060020]

NOMBRE	
OC10	OC19
OC11	OC2
OC12	OC3
OC13	OC4
OC14	OC5
OC15	OC6
OC16	OC7
OC17	OC8
OC18	OC9
	OC91

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

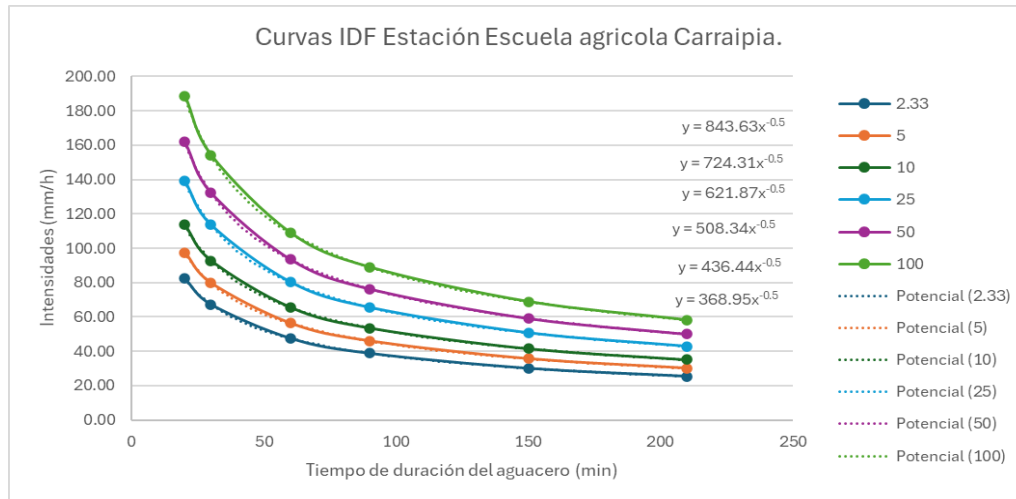


Figura 2-61 Curvas IDF Estación AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Tabla 2-51** se presentan las OC asociadas a la Estación AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030].

Tabla 2-51 Ocupaciones de cauce asociadas a la estación CUESTECITA [15060020]

Nombre			
OC20	OC31	OC42	OC53
OC21	OC32	OC43	OC54
OC22	OC33	OC44	OC55
OC23	OC34	OC45	OC56
OC24	OC35	OC46	OC57
OC25	OC36	OC47	OC61
OC26	OC37	OC48	OC93
OC27	OC38	OC49	OC94
OC28	OC39	OC50	
OC29	OC40	OC51	
OC30	OC41	OC52	

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

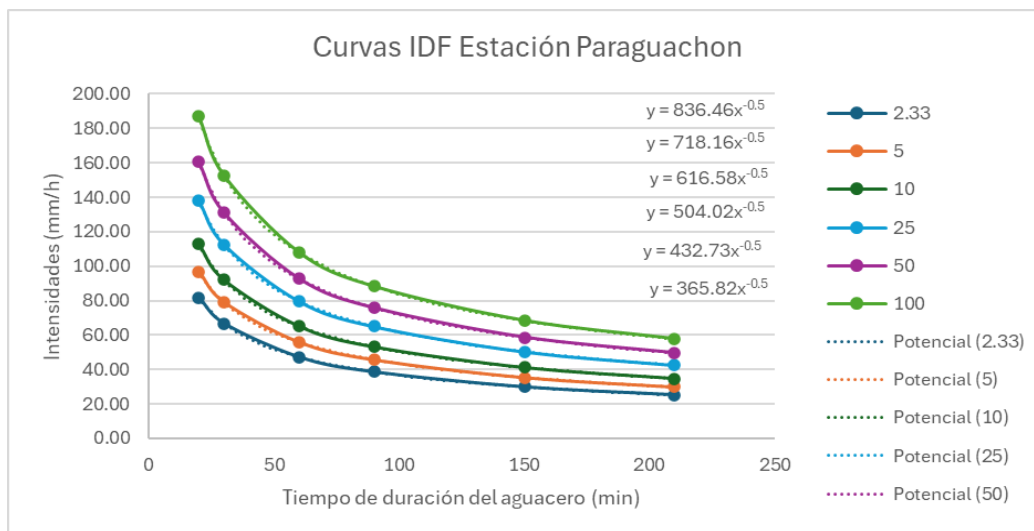


Figura 2-62 Curvas IDF Estación PARAGUACHON [15087080]

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la **Tabla 2-52** se presentan las OC asociadas a la Estación PARAGUACHON [15087080].

Tabla 2-52 Ocupaciones de cauce asociadas a la Estación PARAGUACHON [15087080]		
NOMBRE		
OC88	OC73	OC86
OC89	OC74	OC87
OC90	OC76	OC91
OC60	OC77	OC92
OC62	OC78	
OC63	OC80	
OC64	OC81	
OC65	OC82	
OC68	OC83	
OC71	OC84	
OC72	OC85	

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Una vez determinada la curva número para cada una de las cuencas de la **Tabla 2-53** para periodos de retorno de 2,33, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Tabla 2-53 Resultados caudales máximos para ocupación de cauce Área mayor a 5 km ²							
OCUPACIÓN	AREA	Q (Tr 2,33 años)	Q (Tr 5 años)	Q (Tr 10 años)	Q (Tr 25 años)	Q (Tr 50 años)	Q (Tr 100 años)
OC75	97,81	9,04	12,48	16,42	23,05	29,34	36,94
OC70	95,37	9,66	13,22	17,28	24,09	30,51	38,25
OC69	93,14	9,64	13,17	17,18	23,91	30,25	37,89
OC58	47,56	12,49	16,68	21,39	29,18	36,45	45,16
OC59	36,20	10,63	13,95	17,62	23,65	29,22	35,86
OC66	31,72	9,81	12,77	16,04	21,37	26,30	32,14
OC85	21,88	6,40	8,69	11,27	15,58	19,62	24,49
OC1	9,77	5,70	7,72	10,00	13,80	17,36	21,65
OC50	5,68	2,37	3,31	4,39	6,22	7,96	10,08
OC67	5,43	2,27	3,16	4,19	5,94	7,61	9,63
OC33	3,63	1,52	2,12	2,81	3,98	5,09	6,44
OC51	3,30	1,38	1,92	2,55	3,61	4,62	5,85
OC52	3,05	1,27	1,78	2,35	3,34	4,27	5,41
OC94	2,68	1,12	1,56	2,07	2,93	3,76	4,75

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

- **Cálculos caudales máximos en ocupaciones de cauda con áreas aferentes mayores a 5 km**

- **Método Racional:**

El método racional es una técnica clásica y ampliamente utilizada en hidrología para estimar el caudal pico de escorrentía superficial de pequeñas cuencas hidrográficas debido a un evento de lluvia. Desarrollado inicialmente por Thomas Mulvaney en 1851, este método asume que la precipitación es uniforme sobre toda el área, la tasa de precipitación es constante y la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración de la cuenca, que es el tiempo que tarda una gota de agua en viajar desde el punto más distante de la cuenca hasta el punto de salida.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q , caudal en (m³/s).

C, coeficiente de escorrentía.

A, área aferente (ha).

Según el manual de drenaje del INVIAS, existe discrepancia entre los diferentes autores sobre el rango de aplicabilidad del método en relación con el área de drenaje. Valores entre 0.65 y 12.5 km² han sido citados en la literatura técnica. En el presente estudio se adopta un área máxima 5 para la aplicación de este método.

2.3.4.5.15 Índices Hidrológicos

Permite dar un diagnóstico en referencia a la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico, en la literatura existen varios planteamientos, sin embargo, se tendrán en cuenta los desarrollados por las autoridades ambientales en cabeza del instituto de hidrología y estudio ambientales IDEAM para Colombia. Estos índices están asociados al régimen natural (Índice de Aridez e índice de retención y regulación hídrica) y a la intervención antrópica (Índice de uso de agua (IUA) e índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH)⁴².

2.3.4.5.16 Índice de Retención y Regulación Hídrica

Conforme al planteamiento del Estudio Nacional del agua: “El Índice de retención y de regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelos vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas morfológicas de la cuenca. Este índice permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto”⁴³

De acuerdo con el Estudio Nacional del agua-ENA.⁴⁴, el cálculo se realizó mediante la metodología establecida por el IDEAM, a partir de las curvas de duración de caudal medio diario obtenido para las cuencas localizadas en el área de influencia del proyecto. El índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) se calcula mediante la siguiente formula:

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH = \frac{VP}{Vt}$$

Dónde:

IRH: Índice de retención y regulación Hídrica.

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio (Q 50%).

Vt: Volumen total representado por el área total de la curva de duración de caudales.

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones. A cada rango se le asigna una calificación, cualitativa, que corresponde a la descripción que se presenta en la **Tabla 2-54**.

Tabla 2-54 Calificación de los rangos del IRH		
RANGO IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
>0,85	Muy Alto	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 – 0,85	Alto	Alta retención y regulación de humedad
0,65 – 0,75	Moderado	Media retención y regulación de humedad
0,50 – 0,75	Bajo	Baja retención y regulación de humedad
< 0,50	Muy Bajo	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente: IDEAM, 2014

⁴² IDEAM, Estudio Nacional del Agua, 2014

⁴³ Ibid.

⁴⁴ IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2014. Colombia, Bogotá D.C.

2.3.4.5.17 Índice de aridez

El índice de aridez es una característica del clima que muestra, de manera cualitativa, los lugares con excedentes o déficit de agua. La Evapotranspiración potencial representa, para este caso, un factor determinante en la obtención del índice⁴⁵. Las variables que conforman la expresión para el cálculo del índice de aridez son la Evapotranspiración Potencial (ETP) y la Evapotranspiración Real (ETR), utilizadas en la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{(ETP - ETR)}{ETP}$$

Dónde:

ETP= Evapotranspiración potencial (mm)

ETR= Evapotranspiración Real (mm)

En la **Tabla 2-55** se presenta la clasificación del índice de aridez de acuerdo con lo establecido por el IDEAM.

Tabla 2-55 Interpretación de Índice de Aridez	
RANGO	CATEGORÍA
<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: IDEAM, 2020⁴⁶

2.3.4.5.18 Dinámica Fluvial

La dinámica fluvial es el proceso por el que, la acción de los ríos modifica de alguna manera el relieve terrestre y el propio trazado de los ríos. Es un concepto fundamental en el análisis de la hidrografía, en especial, en el estudio de las aguas continentales.

- **Análisis multitemporal**

Para llevar a cabo el análisis multitemporal de la dinámica fluvial y las inundaciones, se hizo uso del programa Google Earth, centrado en los cuerpos de agua más representativos de la región y que ante la resolución de las imágenes fuera posible su identificación. Este análisis se fundamenta en la observación de la dinámica de los cauces, observando épocas secas, húmedas, promedio, el trazado de las corrientes, sus características geométricas entre otras.

- **Análisis de susceptibilidad a inundación**

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM, 2017), “las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce; superando la altura de las orillas, lo que a su vez ocasiona un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas. En la clasificación más sencilla se pueden identificar dos tipos: Inundaciones lentas, que son las que ocurren en las zonas planas de los ríos y con

⁴⁵ IDEAM (2014). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.

⁴⁶ <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.01+HM+%2Bndice+de+Aridez.pdf/19f9c7c5-9db9-4129-be36-72a5aa5e4ef9>

valles aluviales extensos, los incrementos de nivel diario son de apenas del orden de centímetros, afectando grandes extensiones”.

El otro tipo de inundación son las crecientes súbitas que, aunque las áreas de afectación son menores, el poder destructivo es potencialmente mayor, responden rápidamente a la ocurrencia de fuertes precipitaciones en las partes altas de las cuencas, los incrementos de nivel son del orden de metros en pocas horas, y el tiempo de permanencia de estas inundaciones en las zonas afectadas puede alcanzar horas o días.

Este fenómeno se presenta principalmente en zonas donde la pendiente es baja, por lo cual, la capacidad de los ríos disminuye provocando desbordamientos que generan Inundaciones en las partes aledañas (CENAPRED, 2004).

La relación espacial y temporal de las inundaciones, se analiza desde la susceptibilidad, que de acuerdo con la guía de mapas de inundación del IDEAM (2017), y el Estudio Nacional del agua (IDEAM, 2018) se realiza clasificando los Sistemas Morfogénicos y las unidades geomorfológicas donde pueden presentarse inundaciones (Ver **Figura 2-63**).



○ Amenaza por inundaciones

Para la generación del mapa de amenaza por inundaciones se requirió de registros de ocurrencias y de variables detonantes, que en conjunto con la susceptibilidad permitieron estimar aquellas zonas con mayor o menor probabilidad de ser afectadas por este tipo de evento. De acuerdo con la Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas de Inundación realizada por el IDEAM en el 2017, las inundaciones terrestres, de las que trata este análisis, se producen por el desbordamiento de corrientes fluviales o debido al encharcamiento de zonas planas o endorreicas sin vinculación con la red fluvial. El proceso es el siguiente:

- **Factor de recurrencia de eventos:** La consolidación de esta información se realiza a partir de la revisión de fuentes secundarias en las que se describe su ubicación por asociación a proximidad de puntos o zonas de referencia. Mediante este parámetro se analiza el número de eventos por inundación ocurridos en el área de estudio en un periodo determinado. Para esto se consultó el consolidado de emergencias de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres del periodo 2012-2023.
- **Factor de recurrencia (Finun):** Mediante este factor se determina el promedio de ocurrencia de las inundaciones por año en un periodo de tiempo determinado.

$$Finun = \frac{\sum_1^a ni}{a}$$

Donde ni corresponde al número de inundaciones por año y al número de años.

- **Factor de recurrencia normalizado (FinunN):** Como el anterior factor representa la frecuencia con la cual se presentó un evento de tipo inundación en un rango variable, este se normaliza con el objetivo de que el valor quede en un intervalo definido, particularmente entre el número máximo y mínimo de inundaciones del periodo analizado.

$$FinunN = \frac{Finun - nMin}{nMax - nMin}$$

Donde nMin es el menor número de inundaciones registrados dentro del periodo y nMax el mayor número de inundaciones.

- **Precipitación media:** Las inundaciones se pueden llegar a desencadenar tanto por acumulación de precipitación en superficie como por elevación del nivel freático por sobresaturación (IDEAM, 2017); esto lleva a considerar esta variable como uno de los detonantes potenciales.
- **Zonificación de amenaza por inundación:** Considerando la susceptibilidad, el inventario de eventos y la precipitación se estimó la amenaza por inundación.

○ Relación temporal de inundaciones

Para la identificación de los eventos de inundación ocurridos en el área de influencia del proyecto, se tomaron fuentes oficiales como el POMCA y herramientas como DESINVENTAR, el cual es un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos y permite ver los desastres desde una escala espacial local (municipio).

○ Espacialización de inundaciones – Análisis multicriterio de mapas

La especialización de inundaciones responde al comportamiento dinámico de las corrientes hídricas y su capacidad de abarcar geoformas relacionadas a los eventos de precipitación. En términos de practicidad metodológica se puede acudir a la información establecida en los estudios de las entidades municipales y ambientales sobre el área de influencia, además de un reforzamiento con los reportes de la comunidad que han evidenciado los alcances en terreno.

Para el análisis espacial de inundaciones se utilizará la metodología de análisis multicriterio utilizando las capas incidentes en el desarrollo de la inundación las cuales son.

Hidrológico: Se desarrolla a partir de la información cartográfica base resultado del análisis de imágenes satelitales estableciendo el alcance de los patrones de lámina de agua, y será robustecido con la información primaria recolectada en campo, esta ayuda al establecimiento de los alcances conforme a las indagaciones a los lugareños y evidencias de inundación observadas.

Cobertura de la Tierra: Se desarrolla con el mapa de coberturas robustecido con la información de campo, dando el detalle de escala establecido en los términos de referencia. Una vez consolidado este mapa se puede establecer las coberturas con incidencia de inundación.

Geomorfológico: esta capa presencia una gran importancia dado que la inundación está asociada de forma directa con la susceptibilidad de inundación, ya que define la geometría de los cauces con sus características de relieve susceptibles a ser inundables.

Este apartado se desarrollará una vez se cuenten con los insumos bases ajustados después de la validación post campo, y su metodología se basa en una traslape por la suma calificativa de los mismo conforme a su nivel de incidencia en la inundación y un factor de pesos de importancia, estableciendo la susceptibilidad a las inundaciones.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.4.6 Calidad del Agua

La calidad del agua se entiende como la composición fisicoquímica y microbiológica del agua en la medida en que ésta es alterada por la concentración de diferentes sustancias generadas por procesos naturales y actividades antrópicas.

Con base en lo anterior, los criterios que se establecen según los estándares de calidad del agua representan una serie de variaciones dependiendo de su aplicación, si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Para determinar la calidad actual del agua, en el área de influencia del proyecto, se realizaron monitoreos mediante los cuales se conocen los atributos fisicoquímicos, bacteriológicos e hidrobiológicos de los cuerpos de agua y con base en estos se determina su aptitud para los diferentes usos potenciales del recurso, según los estándares de calidad establecidos en el decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Actividades Precampo**

En la primera etapa los parámetros fisicoquímicos a evaluar se determinan teniendo en cuenta los términos de referencia, las normas de carácter ambiental asociadas y las especificaciones técnicas del proyecto, así como las cuencas delimitadas. Así mismo, previo a la salida a campo, se revisó la información secundaria correspondiente a los estudios realizados previamente en la zona, así como el inventario de permisos de captación y vertimiento otorgados por CORPOGUAJIRA en el área de influencia.

El plan de monitoreo se elabora con el objetivo de caracterizar las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas de los cuerpos hídricos que intervendría el área del proyecto, para esto se identifican los principales drenajes que hacen parte del área de influencia del proyecto y se definen los parámetros a monitorear con el objetivo de conocer las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas. La selección de los puntos de monitoreo para el proyecto se basa en las siguientes premisas:

- Cuerpos hídricos que tienen posibilidad de intervención por las actividades del proyecto.
- Drenajes representativos de la red hídrica superficial.

Se realiza el monitoreo de las aguas superficiales, teniendo en cuenta las disposiciones establecidas en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica –TdR-17, emitido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en el 2018.

Vale la pena resaltar que el objetivo de la caracterización es crear una línea base de los principales cuerpos hídricos del área, para lo cual se hace uso de información secundaria consignada en la red de monitoreo de CORPOGUAJIRA.

Con el objetivo de cumplir con los requerimientos de los términos de referencia, se debe realizar el monitoreo en dos épocas climáticas, para lo cual se analizan las estaciones pluviométricas operadas por el IDEAM en el área de estudio con el objetivo de identificar estas épocas.

Cumpliendo los términos de referencia se solicitan a la Corporación Autónoma Regional las concesiones de agua superficial y vertimiento, que podrían estar dentro del área de influencia del proyecto, igualmente se identificó la red de drenaje perteneciente al área del proyecto y las posibles intervenciones que podría generar el proyecto. Los parámetros fisicoquímicos por evaluar se determinan teniendo en cuenta los términos de referencia, las normas de carácter ambiental asociadas y las especificaciones técnicas del proyecto, así como las cuencas delimitadas.

• Actividades de campo

El levantamiento de información primaria, la toma de muestras en campo, su custodia y transporte estará a cargo de un laboratorio acreditado por el IDEAM. La colecta de muestras de agua en las diferentes estaciones de muestreo se desarrolló en concordancia con los protocolos de calidad establecidos por el laboratorio. Se toman parámetros “in situ”, mediante una sonda multiparamétrica debidamente calibrada sobre muestras de agua tomadas directamente del cuerpo de agua superficial. Para la determinación de los demás parámetros de análisis, se procedió al envasado, preservación y embalaje de las muestras colectadas, para así transportarlas al laboratorio de análisis. Adicionalmente, en cada punto monitoreado se diligenció la cadena de custodia, registro de coordenadas y fotográfico. Los monitoreos se efectuaron en época húmeda y seca, según el régimen bimodal de la zona del proyecto de la siguiente manera:

- El monitoreo de calidad del agua para época húmeda se realizó entre los días 29 de septiembre al 28 de diciembre de 2023.
- El monitoreo de calidad del agua para época seca se realizó entre los días 04 de febrero al 22 de febrero de 2024.

El muestreo se realizó según los requerimientos de la empresa, los cuales fueron realizar la toma de muestra de agua superficial, en cincuenta y cinco (55) puntos, ubicados en los municipios de Maicao, Uribia y Albania, en el departamento de La Guajira; para su caracterización fisicoquímica y microbiológica.

Los métodos empleados siguen los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos–U.S EPA en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua– AWWA– en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 23 (2017), además de la norma técnica Colombiana NTC–ISO 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración (ICONTEC, 2017).

Se realizó la toma de muestras los días 29 de septiembre, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 de octubre y los días 6, 7, 12, 14, 18 y 28 de diciembre del 2023, implementando la metodología descrita en los procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S., PO–PSM–01 Planeación y ejecución del servicio y PO–PSM–45 Muestreo de aguas. El muestreo fue de tipo “manual” y la toma de muestras se realizó de manera simple para cincuenta (50) puntos, mientras que para los cinco (5) puntos restantes se realizó un muestreo integrado. Para tal fin, se utilizó un balde con el cual se tomó la muestra, y posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico–opaco, los cuales fueron preservados (acidificación y/o refrigeración) teniendo en cuenta el análisis a realizar.

Asimismo, para la medición del parámetro In situ se realizó la verificación de la calibración del equipo utilizado, de lo cual se dejó registro en los formatos de campo. Posteriormente, se adelantó la determinación de pH, temperatura, oxígeno disuelto.

conductividad eléctrica, sólidos sedimentables y caudal; efectuando la lectura a la mayor brevedad posible, con el fin de minimizar la oxigenación natural de la muestra. En la siguiente tabla, se presenta el equipo empleado para la medición de dicho parámetro, así como el método analítico empleado y el límite de cuantificación de estos. Cabe mencionar, que el caudal no pudo ser medido, debido a que los cuerpos de agua son de naturaleza lentic, por lo cual no hay flujo.

Tabla 2-56 Equipos empleados para la medición de parámetros

Parámetro	Unidad	Equipo utilizado	Método analítico	Límite de cuantificación del método
pH	Unidades	Equipo multiparámetro AZ Instruments Corp	SM 4500H+ B	NA
Oxígeno disuelto	mg/L		ASTM D 888-18B	NA
Conductividad eléctrica	µS/cm		SM 2510 B	NA
Temperatura	°C		SM 2550 B	NA
Sólidos sedimentables	mL/L	Cono inoff	SM 2540 F	0,1
Caudal	N.M	N.M	N.M	N.M

NA: No Aplica. N.M: No medido, debido a que los cuerpos de agua son de naturaleza lenticas, por lo cual no hay flujo.
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. & DAPHNIA LTDA, 2023.

Finalmente, es importante mencionar los métodos empleados para el análisis fisicoquímico y microbiológico de la muestra se describen en la **Tabla 2-57**.

Tabla 2-57 Método empleado para el análisis de la muestra

Parámetros	Unidad	Método analítico	Límite de cuantificación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SM 5210 B - Edición 23, 2017	2,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SM 5220 D - Edición 23, 2017	10
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SM 2340 C - Edición 23, 2017	2,0
Fósforo total	mg P/L	S M 4500 P B E - Edición 23, 2017	0,05
Grasas y aceites	mg /L	ASTM D7066-04, 2017. Modificado	1
Nitrógeno total	mg N/L	EN 12260, 2003	0,50
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	Cálculo	No aplica
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	SM 2540 C - Edición 23, 2017	5
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	SM 2540 D - Edición 23, 2017	5,0
Turbidez (Turbiedad)	NTU	SM 2130 B - Edición 23, 2017	0,02
Microbiológicos			
Parámetros	Unidad	Método analítico	Límite de cuantificación
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SM 9221 F-2 - Edición 23, 2017	1,8
Coliformes totales	NMP/100 mL	SM 9221 B - Edición 23, 2017	1,8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S. & DAPHNIA LTDA, 2023.

Regla de decisión y declaración de conformidad

La regla de decisión describe como se tiene en cuenta la incertidumbre de medición cuando se declara la conformidad con un requisito especificado, (ISO/IEC 17025:2017), el laboratorio SERAMBIENTE S.A.S. utiliza la declaración binaria con la regla de aceptación simple ($w=0$) para determinar la conformidad de los resultados relacionados en el presente informe, previamente acordado con el cliente. y constado en la orden interna de trabajo, en la cual, SERAMBIENTE S.A.S. define por defecto la regla de aceptación simple

toda vez que durante la documentación el cliente no especifique la regla de decisión a aplicar. Lo anterior de acuerdo con lo establecido PO-PSM-84 DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD.

La declaración binaria para una regla de aceptación simple ($w=0$) es definida como aquella regla de decisión en la cual el límite de aceptación es el mismo que el límite de tolerancia cuyo riesgo específico corresponde al $< 50\%$ PFA (Probabilidad de Aceptación Falsa). Esta regla supone dos conceptos de decisión asociados a la comparación de los resultados registrados con la normatividad vigente, estos son:

- Pasa (cumple) – el valor medido está por debajo del límite de aceptación.
- No pasa (no cumple) – el valor medido está por encima del límite de aceptación.

En la **Figura 2-64** se relaciona la representación gráfica de una declaración binaria para una regla de aceptación simple.

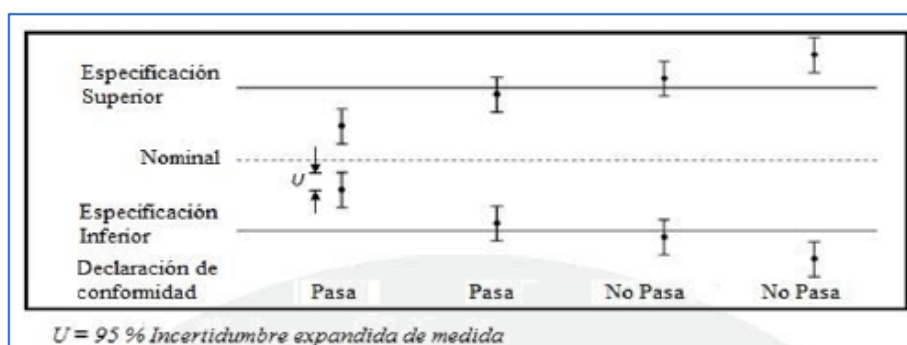


Figura 2-64 Declaración binaria con la regla de aceptación simple

Fuente: ILAC-G8:09/2019.

• Actividades Poscampo

Mediante el análisis de correlación entre parámetros, se determinaron las características fisicoquímicas más relevantes por cuenca y sus interrelaciones. Estas correlaciones fueron la base para agrupar los diferentes parámetros analizados en cada cuenca. Luego de este análisis, se calcularon los índices de contaminación, con el objetivo de sintetizar los hallazgos de todos los parámetros de análisis en cada estación y cuenca. Cabe anotar que los límites de comparación que se incluyen corresponden a los establecidos en las disposiciones transitorias del Decreto único 1076/2015 (artículos 2.2.3.3.9.2 a 2.2.3.3.9.10) que recopilan los artículos 37 al 45 del Decreto 1594 de 1984, para algunos usos probables, como los criterios para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico que indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional o desinfección, así mismo, las condiciones para uso agrícola y pecuario, ya que a la fecha no se encuentran definidos los criterios de calidad para el uso de las aguas en el Decreto 3930 de 2010 (Capítulo V, Artículo 20).

• Índices de contaminación

○ Índice de calidad de agua (ICA)

El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t . En la siguiente tabla se presenta la clasificación establecida por el IDEAM para la clasificación del ICA.

Tabla 2-58 Clasificación ICA

CATEGORÍAS DE VALORES QUE PUEDE TOMAR EL INDICADOR	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	SEÑAL DE ALERTA
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024 IDEAM, 2011

○ **Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)**

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Coliformes Totales y porcentaje de saturación de Oxígeno:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxígeno\%})$$

Donde:

$$I_{DBO} = 0,05 + 0,70 * \log_{10} DBO(mg/L)$$

$$DBO > 30(mg/L) = 1$$

$$DBO < 2 (mg/L) = 0$$

$$I_{Coliformes\ totales} = 1,44 + 0,56 * \log_{10} Col\ Tot\ (NMP/100mL)$$

$$Coliformes\ Totales > 20.000(NMP/100mL) = 1$$

$$Coliformes\ Totales < 500(NMP/100mL) = 0$$

$$I_{Oxígeno} = 1 - 0,01\ Oxígeno\%$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de Oxígeno de 0

Para sistemas lénticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100% se sugiere reemplazar la ecuación por:

$$I_{Oxígeno} = 0,01\ Oxígeno\% - 1$$

○ **Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS)**

El Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS) refleja la concentración de sólidos suspendidos en mg/L.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003\ Sólidos\ suspendidos\ (mg/L)$$

$$Sólidos\ Suspendedos > a\ 340\ mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS = 1$$

$$Sólidos\ Suspendedos < a\ 10\ mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS = 0$$

○ **Índice de Contaminación por Trófica – ICOTRO**

Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo total en mg/L.

Oligotrofia: < 0,01

Mesotrofia: 0,01 – 0,02

Eutrofia: 0,02 – 1,00

Hipertrofia: > 1,00

○ **Índice de Contaminación por pH (ICOpH)**

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08+3,45pH}}{1 + e^{-31,08+3,45pH}}$$

Al reemplazar el valor obtenido de pH en la fórmula presentada, se puede obtener el índice de contaminación por pH –ICOpH.

Tabla 2-59 Significancia de los índices de contaminación (ICOs)

VALOR DEL ICO	GRADO DE CONTAMINACIÓN
0-0,2	Ninguna
>0,2 – 0,4	Bajo
>0,4 – 0,6	Medio
>0,6 – 0,80	Alto
>0,8 – 1	Muy Alto

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024 – Ramírez et al (1997).

○ **Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)**

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

Tabla 2-60 Categorías del índice de alteración potencial de la calidad del agua

IACAL	
Categoría	Valor
Baja	1
Moderada	2
Media Alta	3
Alta	4
Muy Alta	5

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024 – Estudio nacional del agua, 2022

Los criterios establecidos en la Resolución 2115 de 2007 para agua tratada apta para consumo doméstico, se tienen en cuenta en los casos en que no se establece el límite en el Decreto único 1076 de 2015, a fin de tener una referencia, principalmente en las fuentes de agua que se estén usando para consumo humano.

2.3.4.7 Usos del Agua

- **Actividades precampo**

En el proceso de determinación de usos y usuarios del recurso hídrico en el área de influencia del proyecto, se indaga sobre la información secundaria con el fin de establecer una base respecto a los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes hídricas a intervenir.

- **Actividades campo**

Con base en lo establecido en la actividad previa a campo se llevó a cabo un recorrido por el área de influencia del proyecto, donde se hizo correlación de la información secundaria y levantamiento de información adicional en campo.

Este concepto se genera con base en los recorridos y el acercamiento con las comunidades para establecer los usos no registrados. Así mismo se identifican los usuarios registrados ante la autoridad ambiental competente. Los usos del agua se identifican con base en el Decreto 3930 de 2010, el cual en su Capítulo IV, artículo 9, establece y define los usos para recurso hídrico. Entre los que están:

1. Consumo humano y doméstico.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2. Preservación de flora y fauna.
3. Agrícola.
4. Pecuario.
5. Recreativo.
6. Industrial.
7. Estético.
8. Pesca, maricultura y acuicultura.
9. Navegación y transporte acuático.

- **Actividades poscampo**

Mediante la información obtenida de fuentes secundarias y el trabajo de campo, se describen los usos identificados en el área de influencia del medio abiótico.

La metodología utilizada para el cálculo de la Demanda Hídrica sigue los lineamientos establecidos en la Resolución 865 de 2004, en las situaciones descritas en los numerales 4.2 y 4.3, correspondientes a escenarios cuando existe información medida, pero esta es insuficiente o cuando no existe información. En estos casos se debe estimar potencialmente el volumen de agua demandada a nivel sectorial. Estas estimaciones están basadas principalmente en la asociación de dos variables: el volumen de producción sectorial y un factor de consumo por tipo de bien⁴⁷.

Mediante la correlación de oferta y demanda se identifica la vulnerabilidad y los conflictos actuales de los cuerpos hídricos de interés para el proyecto, siguiendo la metodología del IDEAM, establecida en el estudio nacional del agua del 2010.

2.3.4.8 Hidrogeología

La caracterización hidrogeológica del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas ha sido direccionada a partir de la construcción de un modelo hidrogeológico conceptual que involucra entre otros:

- Evaluación geológica.
- Inventario de puntos de agua subterránea.
- Evaluación geofísica.
- Evaluación hidráulica.
- Evaluación hidrogeoquímica.
- Evaluación de la recarga de acuíferos.
- Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.

Los siguientes numerales, presentan de manera secuencial las etapas de precampo, campo y post campo para cada una de las evaluaciones anteriormente mencionadas.

- **Etapas de precampo**
 - **Evaluación geológica**

En el marco de este estudio es realizada la correlación entre las unidades geológicas y su comportamiento hidrogeológico (capacidad para almacenar y permitir el flujo de agua subterránea), a partir de la clasificación propuesta en la metodología de zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia utilizada por el Servicio Geológico Colombiano (ver **Tabla 2-61**).

⁴⁷ Resolución 865 de 2004.

Tabla 2-61 Clasificación general de las unidades hidrogeológicas

TONALIDAD	UNIDAD	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO (l/s/m)
A. SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR		
 A1	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por depósitos cuaternarios poco consolidados de ambiente fluvial, con transmisividad del orden de 20 a 500 m ² /días.	Pozos con capacidad específica entre 0.16 a 1.6 L/S/m
 A2	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional a intermedia de alta a moderada productividad, conformados por depósitos cuaternarios poco consolidados de ambiente fluvial y fluvio lacustre y rocas terciarias semiconsolidadas, conformando acuíferos libres y confinados multicapa. Transmisividad del orden de 20 a 500 m ² /día.	Pozos con capacidad específica entre 0.15 a 2.2 L/S/m
 A3	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional a intermedia de moderada a baja productividad conformados por depósitos cuaternarios poco consolidados de ambiente fluvial y rocas sedimentarias terciarias semi consolidadas conformando acuíferos libres y confinados, con transmisividad del orden de 10 a 150 m ² /día.	Pozos con capacidad específica entre 0.09 a 1.1 L/S/m
 A4	Sistemas acuíferos continuos de extensión intermedia a local y baja productividad conformados por rocas sedimentarias terciarias consolidadas.	
B. ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS)		
 B3	Sistemas acuíferos continuos de extensión intermedia a local, conformados por rocas sedimentarias cretácicas calcáreas consolidadas con porosidad secundaria.	
C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADO A NINGÚN RECURSO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.		
 C1	Rocas sedimentarias terciarias consolidadas y fracturadas; alto diaclasa miento de muy baja productividad.	

Fuente: SGC., 2021

La **Figura 2-65**, muestra la representación cartográfica de las unidades hidrogeológicas aflorantes, con los respectivos sitios donde se tomaron los sondeos eléctricos verticales dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

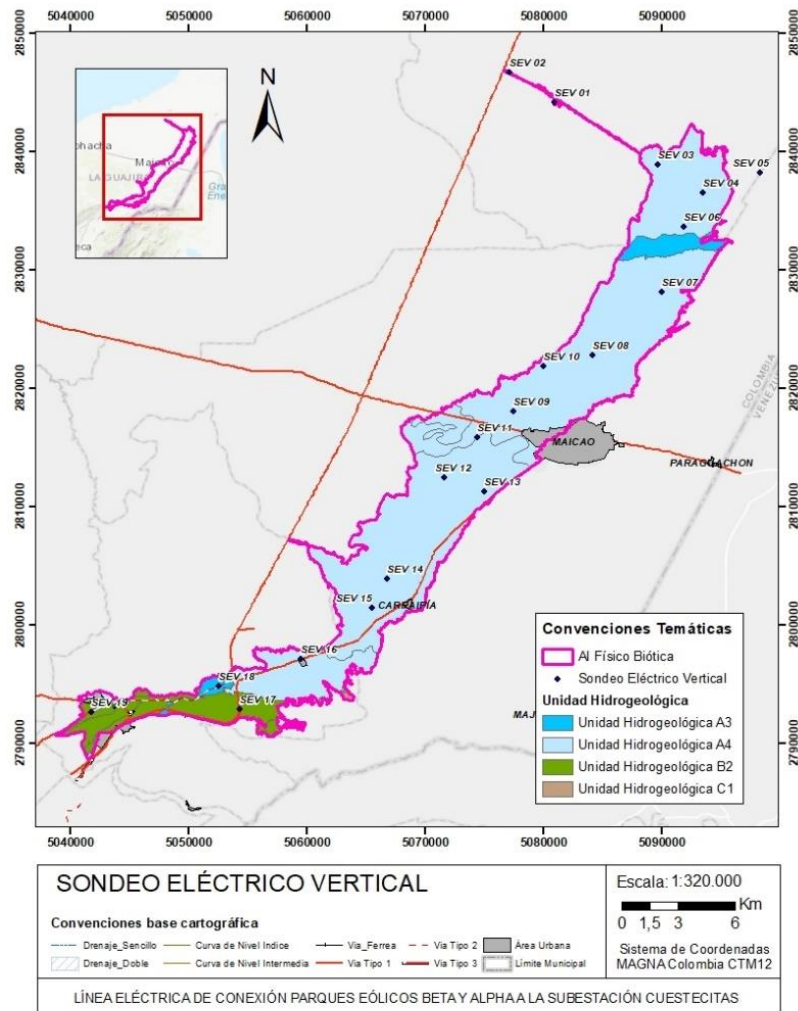


Figura 2-65 Unidades hidrogeológicas aflorantes dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

▪ Inventario de puntos de agua subterránea

El inventario de puntos de agua subterránea se considera una de las actividades más importante en un estudio hidrogeológico, toda vez que a partir de la información recolectada es posible determinar el uso y aprovechamiento del recurso, así como las propiedades organolépticas y profundidades de los niveles del agua subterránea.

Para establecer la densidad de puntos de agua a inventariar dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, se consideró que la densidad está condicionada a la ocurrencia de puntos hidrogeológicos dentro del área de influencia.

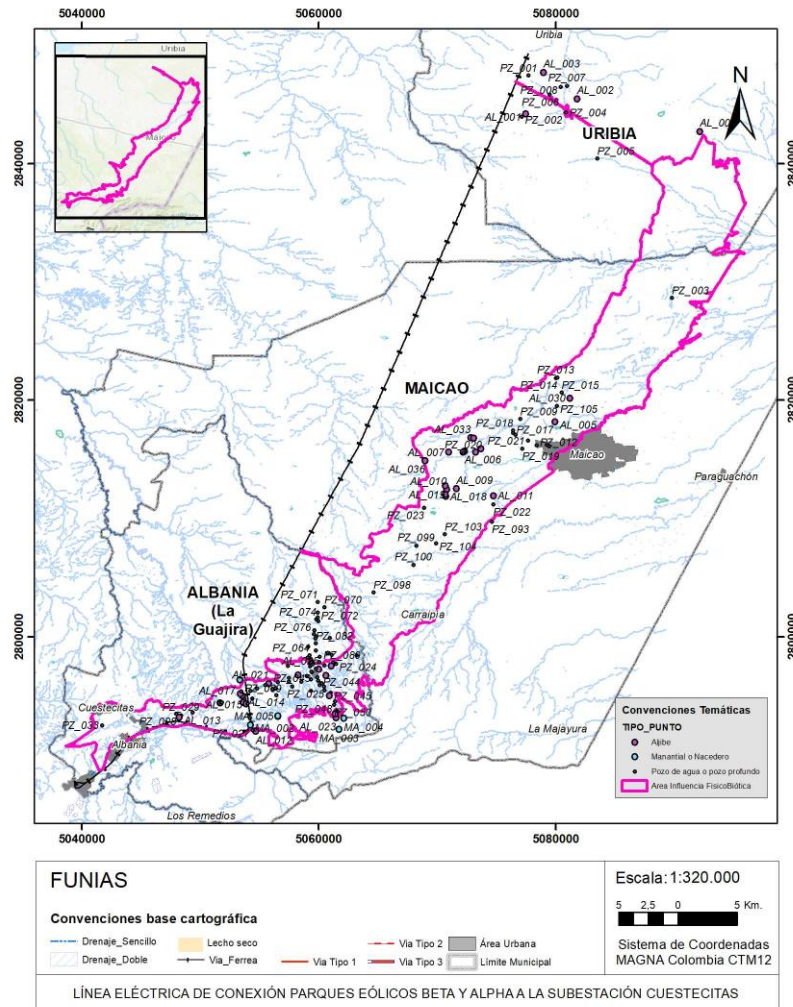


Figura 2-66 Distribución de los sectores de verificación de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta la Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Evaluación geofísica

La geofísica consiste en la aplicación de los principios de la física al estudio de la Tierra (Overmeeren, R., 1987). Los métodos geofísicos están basados en el análisis y la variación de propiedades físicas como la resistividad, la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, variaciones del campo magnético de la Tierra y la densidad de la roca.

Con la finalidad de obtener información del subsuelo que ayude a identificar la geometría de las unidades hidrogeológicas más superficiales dentro del área de influencia física de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, así como condiciones de salinidad del agua, la compañía ha definido como método de exploración geofísico los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). La **Figura 2-67** presenta la distribución de veinte (20) SEV a ser desarrollados dentro del área de influencia física de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

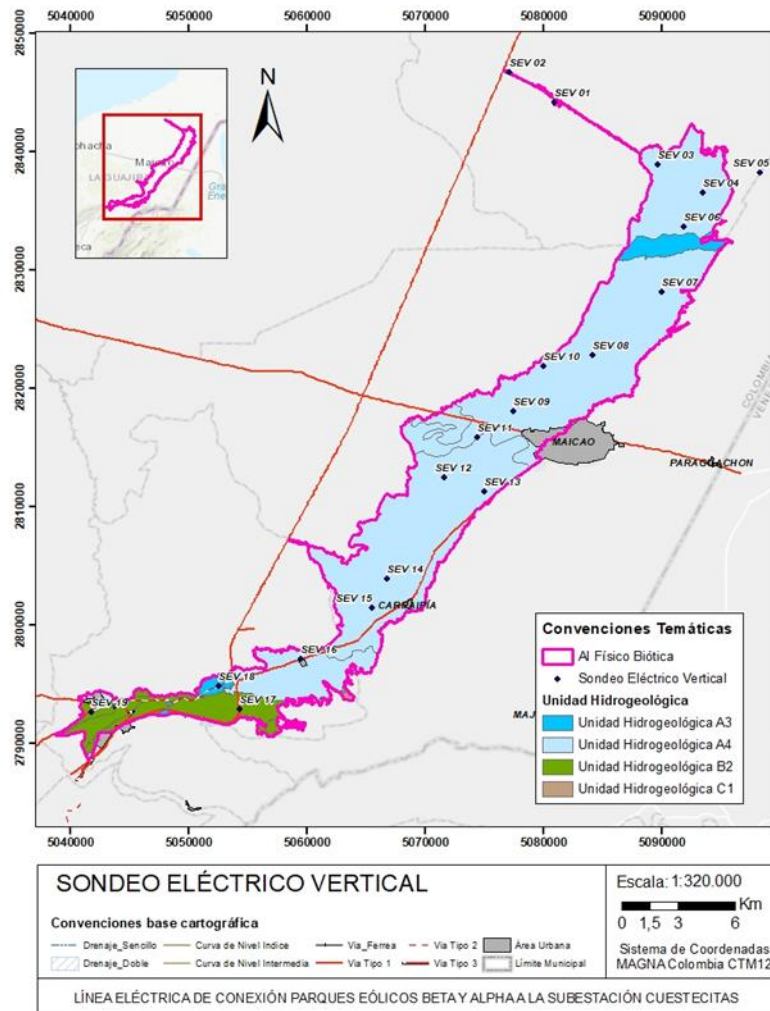


Figura 2-67 Distribución de los Sondeos Eléctricos Verticales propuestos dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Evaluación hidráulica

Para establecer el comportamiento actual y futuro de un acuífero es indispensable la estimación de parámetros hidráulicos como: conductividad hidráulica ($K [L/T]$), transmisividad ($T [L^2/T]$) y coeficiente de almacenamiento (S), los cuales pueden obtenerse por medio de pruebas de bombeo.

Las pruebas de bombeo desarrolladas en el marco de este estudio, fueron direccionadas a través de los lineamientos técnicos establecidos por la Metodología General para la Elaboración de Estudios Ambientales 2018 en donde se indica que ...”Los parámetros hidráulicos se obtienen mediante la interpretación de pruebas de bombeo de larga duración (24 horas o hasta que el nivel dinámico se estabilice) y de recuperación (hasta alcanzar el 90 % del nivel inicial de la pruebas) realizadas en pozos que capten de la unidad hidrogeológica de interés”.

Con la finalidad de caracterizar hidráulicamente las unidades hidrogeológicas más superficiales, la compañía ha desarrollado cinco (5) pruebas hidráulicas (bombeo) de larga y corta duración distribuidas sobre las unidades geológicas aflorantes.

○ Evaluación hidrogeoquímica

Según Foster, nueve constituyentes químicos conforman el 99% del contenido soluto en las aguas subterráneas naturales (Na, Ca, Mg, K, HCO₃ Cl, SO₄, NO₃ y Si). La proporción de cada uno de estos constituyentes, así como la de elementos traza asociados, reflejan la trayectoria del flujo del agua subterránea y su evolución hidrogeoquímica.

Con la finalidad de caracterizar Hidrogeoquímicamente a las unidades hidrogeológicas más superficiales, fueron monitoreados diez (10) puntos de agua subterránea distribuidos espacialmente sobre la totalidad de unidades hidrogeológicas aflorantes en el área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

• Etapa de campo

○ Inventario de puntos de agua subterránea

El inventario de puntos de agua subterránea es desarrollado capturando la información solicitada por el Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS) que contempla entre otras las siguientes características:

- Unidad geológica captada.
- Cota del agua en los puntos inventariados, con el fin de determinar la dirección del flujo local.
- Características geológicas e hidrogeológicas del área de influencia del punto y determinación de la dirección del flujo del agua subterránea.
- Características físicas del manantial o punto de agua y características de la captación en caso de que exista.
- Caudales y tiempos de explotación.
- Usos y número de usuarios.
- Nivel freático (comportamiento de tabla de agua).

Los instrumentos utilizados para la captura de la información son los presentados en la **Figura 2-68**.



Figura 2-68 Instrumentos utilizados para la realización del inventario de puntos de agua subterránea (Multiparámetro izq – Sonda Piezométrica der)

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La **Figura 2-70**, expone la representación cartográfica de inventario de puntos de agua subterránea realizado dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

○ Evaluación geofísica

Para determinar la geometría, espesor y continuidad de los acuíferos someros, fueron realizados veinte (20) Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con 250 metros de AB/2. En tal sentido, bajo los principios geofísicos establecidos para el método Wenner-Schlumberger la profundidad de investigación predominante en los SEV es de 160 metros, toda vez que este valor corresponde a un AB/3.

Los equipos utilizados en el trabajo de campo fueron los presentados en la **Figura 2-69**.



Figura 2-69 Instrumentos utilizados para la cartelización geofísica TERRAMETER

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

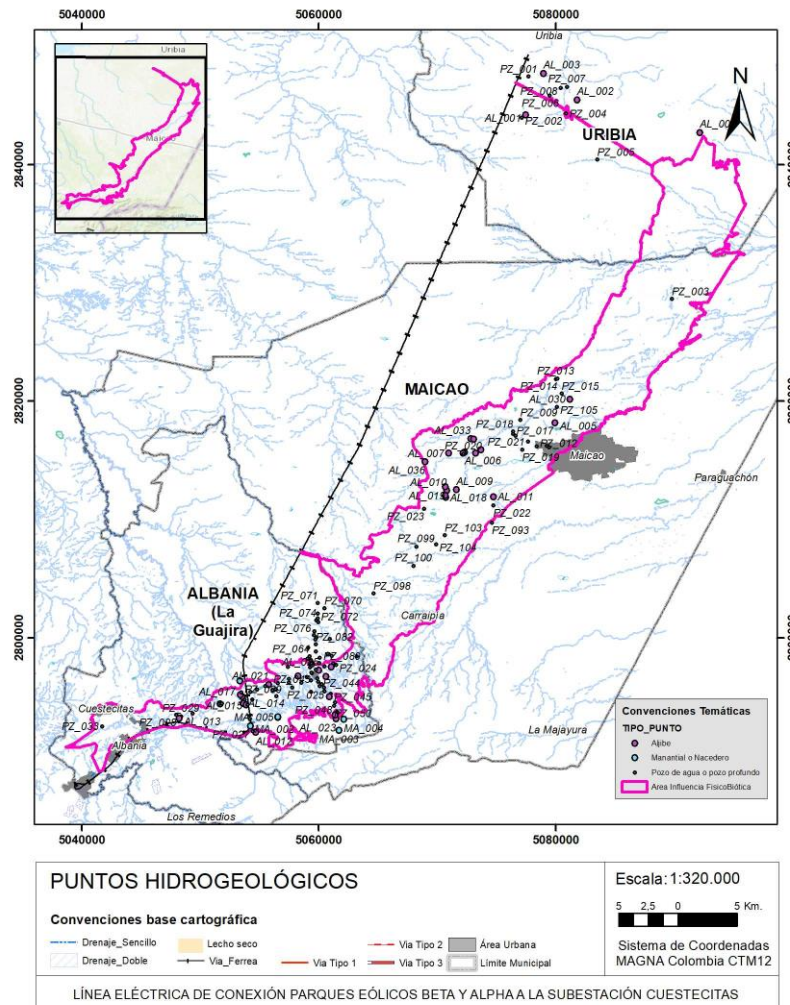


Figura 2-70 Distribución del inventario de puntos de agua subterránea realizado dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La distribución espacial de los Sondeos Eléctricos Verticales realizados en el área de influencia físicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, son los presentados en la **Figura 2-71**.

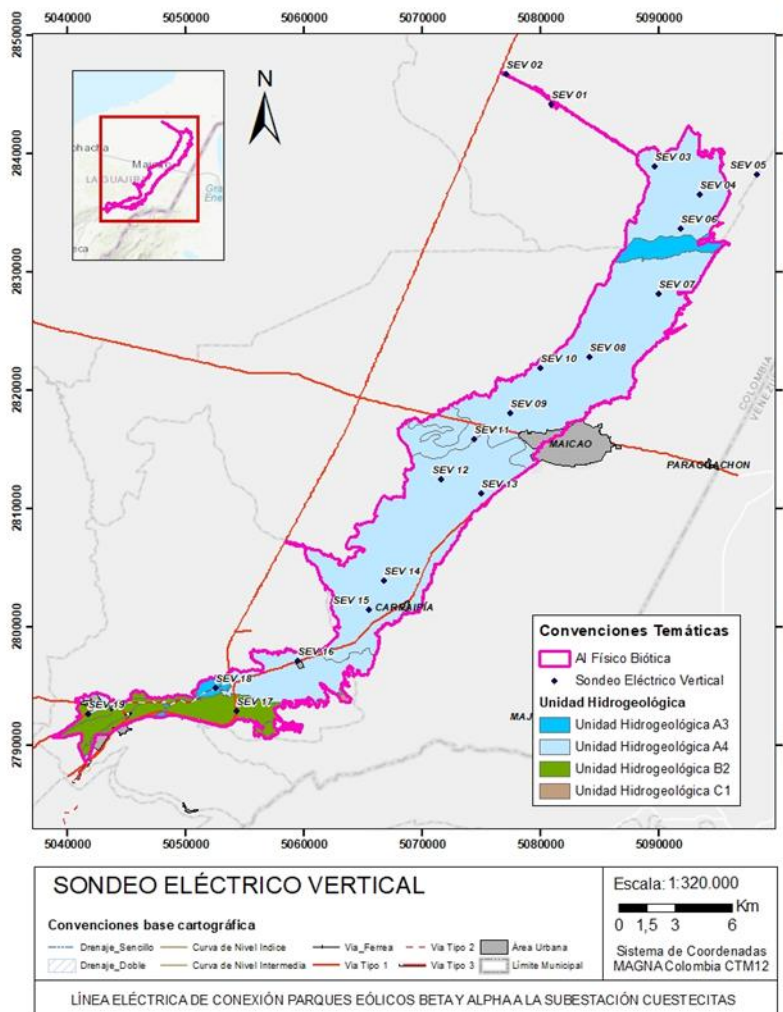


Figura 2-71 Distribución de los Sondeos Eléctricos Verticales realizados dentro del área de influencia físicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha hasta la Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Evaluación hidráulica

Las pruebas de bombeo se realizan en pozos de agua subterránea a través de la extracción de un caudal constante, causando un descenso del nivel freático o piezométrico según corresponda. Las pruebas de recuperación se realizan suspendiendo la extracción de caudal y esperando a que el pozo llegue por lo menos al 90% del nivel estático inicial. Los formatos de captura de las mediciones de los niveles estáticos son presentados en la ruta 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología\Anexo 5.1.9-3 Evaluación Hidráulica.

Las características geométricas de las captaciones asociadas a los espesores de los filtros son las indicadas de manera verbal por los propietarios de las captaciones y la ausencia de un piezómetro

aledaño al pozo sobre el cual tomar las mediciones es suplida en el Acuífer Test asumiendo que la distancia entre el piezómetro de observación y el pozo de bombeo es casi la misma.

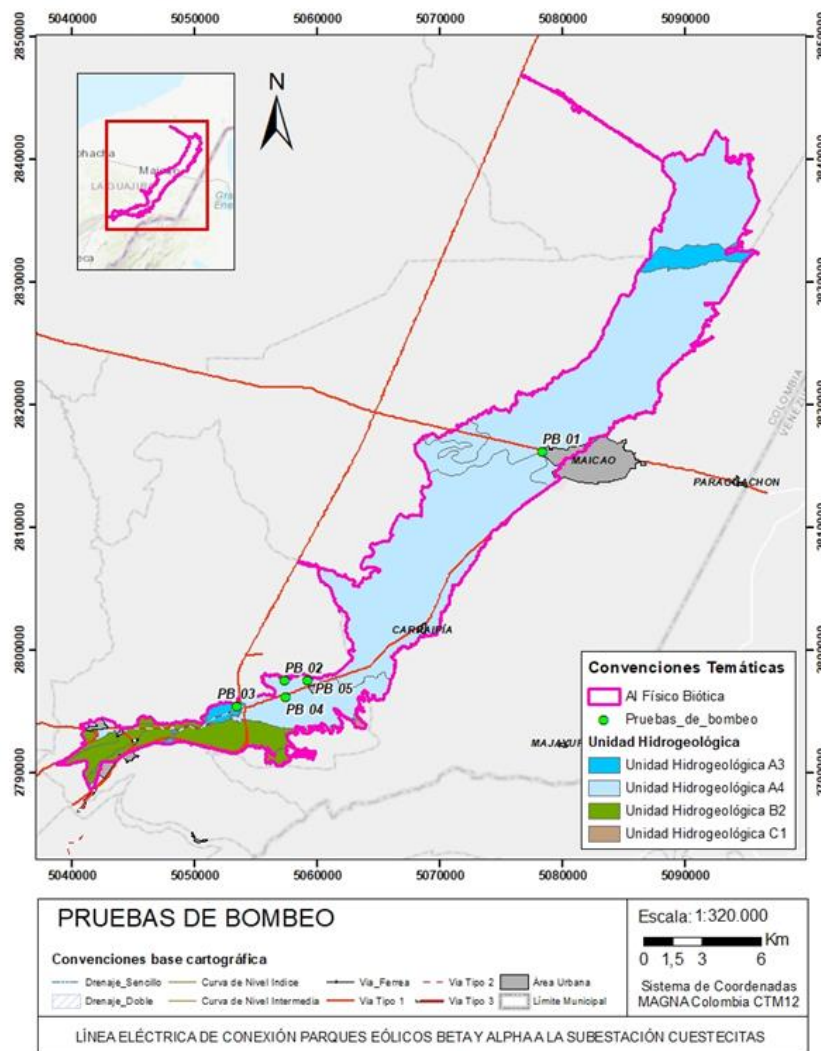


Figura 2-72 Distribución de las pruebas hidráulicas realizadas dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- Etapa de poscampo
- Evaluación geológica
- Cartografía de unidades hidrogeológicas

Una vez finalizada la cartografía geológica del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, es construido el mapa hidrogeológico definitivo.

▪ Inventario de puntos de agua subterránea

Con la construcción del inventario de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, se realizó un análisis estadístico de los puntos hidrogeológicos y se determinó las direcciones de flujo predominantes en las unidades hidrogeológicas más superficiales. Las siguientes viñetas, describen las dos actividades anteriormente mencionadas.

▪ Análisis estadísticos del inventario de puntos de agua subterránea

Como producto del procesamiento estadístico de la información del Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS), se obtuvieron gráficas porcentuales que permiten observar de manera gráfica el comportamiento de:

- Unidad hidrogeológica captada por tipo de punto.
- Usos y usuarios de la unidad hidrogeológica captada.
- Características geométricas de las captaciones.
- Profundidades de los niveles del agua subterránea.

▪ Determinación de superficies de predicción piezométrica y direcciones de flujo

Con la finalidad de determinar la dirección del flujo del agua subterránea en las unidades hidrogeológicas más superficiales, se construyó una superficie de predicción piezométrica a partir de las mediciones del nivel piezométrico reportadas en el inventario de puntos de agua subterránea para pozos y aljibes. Dicha superficie, construida con el método de interpolación Kriging, representa el lugar geométrico de los puntos que tienen el mismo potencial hidráulico.

○ Evaluación geofísica

▪ Construcción de columnas geoelectricas

Para cada uno de los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) realizados, se elaboró una columna geoelectrica. Los valores de resistividad por unidad litológica usados para la interpretación de los SEV, son los presentados en la **Figura 2-73**.

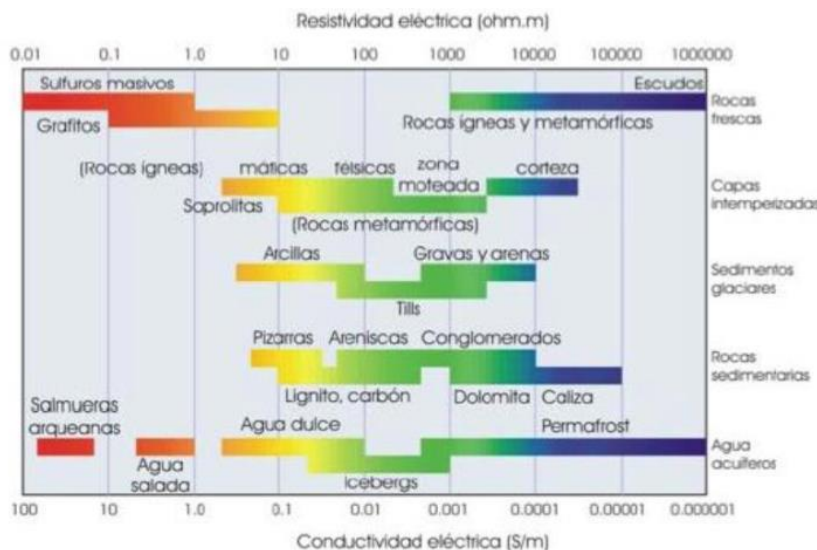


Figura 2-73 Rangos de resistividad para diferentes materiales

Fuente: Keller y frischknecht 1966, Daniels y Alberty 1966, Orellana 1982

Una vez desarrolladas las columnas geoeléctricas, se construyeron perfiles geológicos – geofísicos en sentidos norte-sur y este-oeste, de tal manera que permitieran la construcción de un bloque diagrama de las unidades hidrogeológicas más superficiales.

- **Evaluación hidráulica**

- **Determinación de parámetros hidráulicos de unidades acuíferas ensayadas**

A partir de las variaciones en los niveles dinámicos de los acuíferos ensayados hidráulicamente, se determinaron con la herramienta computacional Aquifer Test los parámetros hidráulicos de los mismos. Ha sido seleccionado el método numérico en función del tipo de acuífero y a partir de los parámetros hidráulicos obtenidos se realizaron simulaciones numéricas de los conos de abatimiento y radios de influencia de las captaciones ensayadas.

- **Evaluación hidrogeoquímica**

- **Determinación de balances iónicos**

Una vez obtenidos los reportes del laboratorio de aguas subterráneas para los puntos hidrogeológicos seleccionados dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, se verificó la consistencia y confiabilidad de los análisis de laboratorio, a través del balance iónico (electroneutralidad). El balance iónico, mide la diferencia entre el total de aniones y cationes expresados en mili- equivalentes por litro (meq/L), determinados analíticamente.

El error del balance iónico se define según la siguiente ecuación:

$$\left| \frac{(\sum \text{aniones (meq/l)} - \sum \text{cationes (meq/l)})}{(\sum \text{aniones (meq/l)} + \sum \text{cationes (meq/l)})} \right| \times 100$$

Los errores en el balance iónico no superaron en 10%.

- **Construcción de diagramas hidrogeoquímicos**

La representación gráfica de los datos hidroquímicos monitoreados dentro del área de influencia fisicobiótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas, ha sido direccionada a través de la construcción de diagramas de Piper y Stiff. Los diagramas hidroquímicos constituyen una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades del agua, así como para hacer comparaciones o correlaciones.

- **Evaluación de las zonas de recarga**

La evaluación de las áreas de recarga de la unidad hidrogeológica más superficial ha sido abordada desde los siguientes enfoques: Zonificación de las susceptibilidades a la recarga de unidades acuíferas y cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico en suelos. Las metodologías utilizadas en el desarrollo de este estudio son (Matus, 2009) y (Schosinsky, 2006).

- **Cálculo de la recarga de acuíferos a partir de balance hídrico en suelos**

- **Marco conceptual**

La recarga al acuífero se lleva a cabo, si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente ecuación.

$$Rp = Pi + HSi - HSf - ETR$$

Donde:

Rp = Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i = Precipitación que infiltra en mm/mes.

HS_f = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

- **Zonificación de la susceptibilidad a la recarga de acuíferos**
 - **Marco conceptual**

Para determinar el potencial de recarga hídrica se emplea la ecuación siguiente. En ella se sustituye cada uno de los elementos del modelo por los valores respectivos obtenidos en la evaluación en campo:

$$ZR = [0.27(Pend) + 0.23(Ts) + 0.12(Tr) + 0.25(Cve) + 0.13(Us)]$$

Donde:

$Pend$: Pendiente y macrorelieve.

Ts : Tipo de suelo.

Tr : Tipo de roca.

Cve : Cobertura vegetal permanente.

Us : Usos del suelo.

Tabla 2-62 Potencial de recarga hidrogeológica

POSIBILIDAD DE RECARGA	RANGO
Muy alta	4,1 – 5
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2 – 2,59
Muy baja	1 – 1,99

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

▪ **Modelo hidrogeológico conceptual**

El modelo hidrogeológico conceptual, es el resultado del análisis e integración de la información geológica, geomorfológica, geofísica, hidrológica, hidroquímica e hidráulica del área de estudio, así como la integración de pozos inyectores, productores y los utilizados por la comunidad para su abastecimiento. El modelo hidrogeológico conceptual ha permitido identificar y caracterizar los sistemas acuíferos y de las unidades impermeables o con limitadas posibilidades de flujo subterráneo, la distribución de los puntos de agua, la dirección regional de flujo, las condiciones de recarga y descarga, las características hidrogeoquímicas y parámetros hidráulicos.

- **Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos**

▪ **Método GOD**

La definición tradicional de vulnerabilidad de un acuífero se refiere a la susceptibilidad natural que presenta a la contaminación, y está determinada principalmente por las características intrínsecas del acuífero (VARGAS QUINTERO 2010).

El método utilizado para la determinación de la vulnerabilidad fue el GOD, desarrollado específicamente para zonas cuya información acerca del subsuelo y sistemas de agua subterránea no es muy grande (Hirata y Foster 1988). El método GOD estima la vulnerabilidad de un acuífero, multiplicando tres parámetros que representan tres tipos de información espacial:

G (Ground water occurrence): modo de ocurrencia del embalse subterráneo o tipo de acuífero (libre, semiconfinado o confinado).

O (Overlying lithology): litología de la zona no saturada.

D (Depth to ground water): profundidad al agua subterránea.

El producto de estos tres componentes arroja un índice de vulnerabilidad que puede variar entre cero (0) y uno (1), indicando vulnerabilidades desde despreciables hasta extremas. Se puede corregir el hecho de no considerar directamente el suelo que, en general, es un parámetro esencial, añadiendo sufijos al índice de vulnerabilidad que consideran la capacidad de atenuación y el grado de fisuración del suelo.

Las grandes simplificaciones introducidas por este método están justificadas por la disponibilidad real de datos y permiten tener una valoración de vulnerabilidad hidrogeológica adecuada; sus resultados pueden ajustarse con métodos más detallados para áreas específicas.

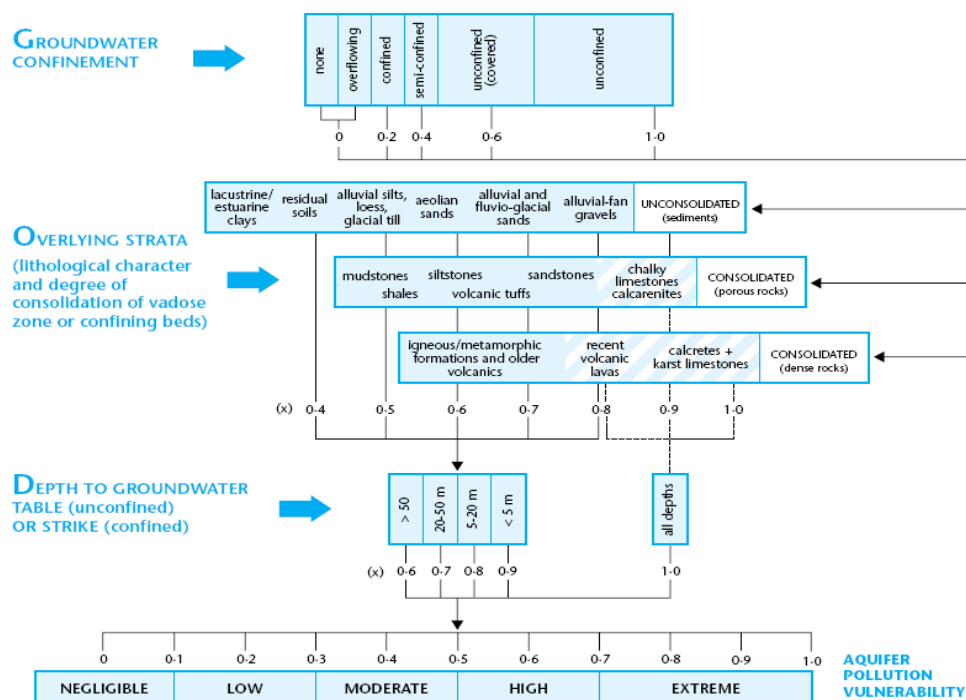


Figura 2-74 Valoración de vulnerabilidad de acuíferos método GOD

Fuente: Foster, 1991⁴⁸. Adaptado por ASI, 2020

De acuerdo con lo anterior, cada una de las variables posee valores entre 0 y 1; cuanto mayor es el valor más desfavorable es la condición. Este método solo asigna un peso indirecto a las variables a través de sus valores. La clasificación para determinar el grado de vulnerabilidad del acuífero se presenta en la **Tabla 2-63**.

Tabla 2-63 Rangos de vulnerabilidad a la continuación de unidades acuíferas

VULNERABILIDAD	RANGO
Menor	<0,1
Baja	0,1-0,3
Moderada	0,3-0,5

⁴⁸ FOSTER, S.S.D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, Pollution risk and protection strategy: Hydrological resources processes and information. s.l. s.n., 1991.

VULNERABILIDAD	RANGO
Alta	0,5-0,7
Extrema	>0,7

Fuente: Foster, 1991⁴⁹. Adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023

▪ **Método DRASTIC**

El método DRASTIC desarrollado por (Aller et al., 1987) para la United States Enviromental Protection Agency (EPA) en 1988, es un proceso con bases empíricas que evalúa la vulnerabilidad de los acuíferos someros con base en parámetros: D (profundidad del nivel piezométrico o freático), R (recarga), A (litología del acuífero), S (tipo de textura de suelo), T (pendiente del terreno), I (naturaleza de la zona no saturada) y C (permeabilidad).

Consiste en asignar pesos y valores a cada una de las variables anteriormente mencionadas, donde cada una representa un área cartografiable y luego, en un proceso de superposición de variables llamado álgebra de mapas (Ver **Figura 2-75**), se obtiene como resultado, la suma acumulada de todos los aspectos involucrados para un área específica, generando un mapa de vulnerabilidad de acuerdo a los rangos establecidos por la metodología.

En resumen, el valor de vulnerabilidad resulta de la siguiente operación:

$$Drastic = (Dw \cdot Dr) + (Rw \cdot Rr) + (Aw \cdot Ar) + (Sw \cdot Sr) + (Tw \cdot Tr) + (Iw \cdot Ir) + (Cw \cdot Cr)$$

Dónde:

Dw, Rw, Aw, Sw, Tw, Iw y Cw corresponden a los pesos asignados a los parámetros o factores y Dr, Rr, Ar, Sr, Tr, Ir y Cr corresponden a la calificación de cada una de las variables involucradas.

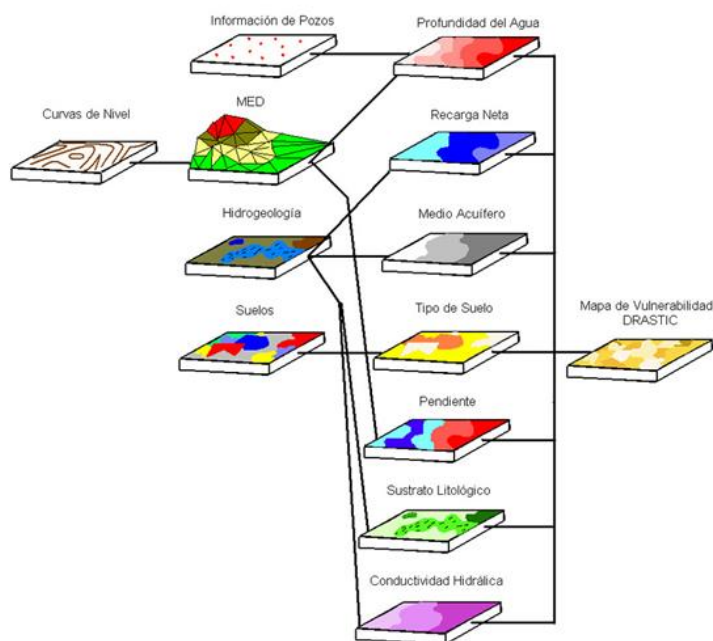


Figura 2-75 Metodología DRASTIC

Fuente: Análisis de vulnerabilidad. Agüero Valverde Rosendo Pujol Mesalle

⁴⁹ FOSTER, S.S.D. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, Pollution risk and protection strategy: Hydrological resources processes and information. s.l. s.n., 1991.

Los pesos utilizados para cada variable se presentan a continuación:

Tabla 2-64 Factores de ponderación metodología de DRASTIC

TIPO	PARÁMETRO						
	Dw	Rw	Aw	Sw	Tw	Iw	Cw
Vulnerabilidad intrínseca	5	4	3	2	1	5	3

Fuente: MAVD, 2010.

2.3.4.9 Geotecnia

• Etapa de poscampo

La zonificación de amenaza a procesos de remoción en masa utilizada para este estudio está basada en la “Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” publicada por el Servicio Geológico Colombiano en mayo del 2015. Dicha metodología dimensiona la amenaza relativa por los detonantes sísmico y de lluvias como la suma algebraica de los pesos de susceptibilidad y detonantes así:

$$A = (SGf + SGul + SGMmm + SGMmg + SScu) + Fs$$

Donde:

A= Amenaza por factores sísmicos o de lluvias.

SGf= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología – fracturamiento.

SGul= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología – unidad litológica.

SGMmm= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geomorfología – morfometría.

SGMmg= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geomorfología – ambiente morfogenético.

SScu= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro conflicto de uso de suelo.

Fs= Evaluación del detonante sísmico en la generación de movimientos en masa calculada a partir de los mapas de zonificación sísmica tomados de la actualización del mapa nacional de amenaza sísmica.

Cada una de las variables anteriormente mencionadas fue valorada numéricamente de 1 a 5, siendo los valores mayores aquellos altamente susceptibles a la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Tabla 2-65 Valores de susceptibilidad a la ocurrencia de procesos de remoción en masa

VALOR	SUSCEPTIBILIDAD POR PARÁMETROS
1	Muy baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La valoración de amenaza a procesos de remoción en masa es el resultado de la suma de las 5 variables de susceptibilidad y del factor detonante, cuya suma oscilaría entre 6 y 30. Se presenta a continuación la categoría de amenaza a procesos de remoción en masa y su intervalo numérico asociado.

Tabla 2-66 Valores de amenaza a procesos de remoción en masa

VALOR	AMENAZA A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
< 6	Muy baja
6_12	Baja

VALOR	AMENAZA A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA
12_18	Moderada
18_24	Alta
24_30	Muy alta

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La descripción de los diferentes grados de amenaza a procesos de remoción en masa es presentada en la siguiente tabla.

Tabla 2-67 Descripción de los valores de amenaza

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
Muy alta	Zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar procesos de remoción en masa y están asociadas a corredores de fallas en áreas donde afloran depósitos coluviales activos predominantemente arcillosos y calcáreos localizados sobre laderas de pendientes quebradas a escarpadas, no se encuentran en la zona de trabajo
Alta	Zonas en donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar remoción en masa. Comprende áreas donde las rocas aflorantes presentan intercalaciones de litologías duras y blandas con alta densidad de drenaje, dispuestas en paisajes de colinas y lomas con pendientes fuertemente inclinadas, no se presentan en la zona de trabajo.
Moderada	Zonas en donde el terreno presenta algunas condiciones para generar procesos de remoción en masa. Las rocas presentan moderada competencia, en áreas con densidad de drenaje moderada, con pendientes moderadamente onduladas localizadas en paisajes de colinas, a veces calcáreas, se encuentran en la zona de estudio.
Baja	Zonas en donde las condiciones del terreno no son favorables para generar deslizamientos. Son rocas competentes o depósitos localizados en pendientes planas a levemente inclinadas, sin influencia de fallas y con densidad de drenaje baja, relieve relativo suave muy frecuentes en las colinas y afloramientos en la zona de trabajo.
Muy baja	Zonas donde no se presentan procesos de remoción en masa. Corresponden a áreas donde las rocas son competentes o son depósitos donde la pendiente es plana y no existe contraste de relieve, no existen fallas activas, la densidad de drenaje es muy baja y son las predominantes en la zona de trabajo.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.4.10 Atmósfera

- **Clima**

Con el fin de identificar, zonificar y describir las condiciones climáticas del área de influencia del proyecto, se debe partir del análisis estadístico de las series de datos meteorológicas, las cuales se definen como una sucesión de datos históricos, cuya escala temporal se encuentra a nivel diario, mensual y anual para este estudio, cabe destacar que las dos últimas son subproductos de la escala a nivel diario. A continuación, se presenta la metodología implementada para el desarrollo del componente, desde la selección de estaciones, pruebas de homogeneidad, completado y consistencia de la información disponible.

- **Selección de estaciones meteorológicas**

La selección de las estaciones obedece principalmente a la relación de entorno fisiográfico e hidrográfico, proximidad respecto al área de estudio y disponibilidad de datos del IDEAM.

Los registros son obtenidos de la red meteorológica nacional del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), dicha red cuenta con instrumentación a lo largo del territorio colombiano y sigue los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para una red de estaciones. Se buscaron aquellas estaciones próximas al trazado, a las cuencas aferentes, sitios de interés, un historial continuo en lo posible de más de 20 años de mediciones, homogeneidad respecto a su ubicación y observaciones comunes; se obtuvo un conjunto de 36 estaciones climatológicas ordinarias, pluviométrica, pluviográficas, sinópticas, agrometeorológicas. Todas éstas se emplearon para realizar el

análisis espacial y las más cercanas para el análisis temporal. A continuación, en la siguiente tabla se presentan las estaciones inicialmente seleccionadas para caracterizar las variables en mención.

Tabla 2-68 Estaciones meteorológicas seleccionadas

FI D	CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	FECHA_INS T	ALTITUD (m.s.n.m)	FECHA_SUS P	X	Y
0	15065190	MONGUÍ - AUT [15065190]	CP	2011-11-22	60		5019571,162	2798613,422
1	15060090	GUACAMAYO [15060090]	PG	1987-08-15	220		5024379,828	2780557,644
2	15060280	CERREJÓN CARBOCOL [15060280]	PM	1981-01-15	150	1983-08-15	5036400,234	2773562,582
3	15065110	CAURINA [15065110]	ME	1985-12-15	380	1998-03-15	5049137,766	2775421,358
4	15065170	ESPINAL EL [15065170]	ME	1991-04-15	150	1998-02-15	5029113,569	2780923,815
5	15060210	TAJO SUR [15060210]	PG	1989-04-15	95		5035480,989	2782059,972
6	15065100	CRUZ LA HACIENDA [15065100]	ME	1985-12-15	155		5031810,373	2786363,714
7	15060120	PALMAR EL HACIENDA [15060120]	PG	1979-03-15	105	1987-06-15	5036389,971	2782773,271
8	15060160	PAJONALES HACIENDA [15060160]	PG	1978-05-15	116	1996-02-15	5043668,066	2782782,225
9	15080100	PAN GRANDE [15080100]	PM	1975-10-15	250	1993-11-15	5060040,594	2784650,518
10	15060200	ROCHE [15060200]	PG	1987-10-14	100	2019-07-02	5038501,696	2781860,768
11	15060130	ESPERANZA LA HACIENDA [15060130]	PG	1978-05-14	87	2019-07-02	5053649,654	2789281,646
12	15060180	GLORIA LA [15060180]	PM	1987-08-15	680		5031489,613	2788813,452
13	15060110	EJEMPLO EL [15060110]	PM	1978-06-15	116	1996-02-15	5043660,633	2788308,701
14	15060270	ARENA LA [15060270]	PM	1978-10-15	120		5029692,535	2794460,997
15	15065120	LAGUNA D OXIDACIÓN [15065120]	ME	1985-12-15	89	1996-02-15	5045477,267	2790153,371
16	15060140	SAN FRANCISCO [15060140]	PG	1978-05-15	115	1996-02-15	5050934,645	2790161,506
17	15065030	ARENA LA [15065030]	CO	1972-10-15	120	1978-10-15	5029692,535	2794460,997
18	15065060	BUENA FE LA [15065060]	CO	1971-09-15	50	1972-03-15	5018186,624	2797495,044
19	15060020	CUESTECITA [15060020]	PM	1959-05-15	93		5042362,73	2795387,037
20	15065501	LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	CP	2014-08-26	80		5041919,639	2788776,152
21	15080140	CARRAIPA [15080140]	PM	1966-05-15	50	1971-11-15	5069098,48	2803090,914
22	15070160	ESCUELA CEURA [15070160]	PM	1971-06-15	85		5057792,785	2821978,946
23	15080150	MAICAO [15080150]	PM	1937-08-15	50	1972-02-15	5081794,619	2816016,969
24	15085010	AEROPUERTO MAICAO [15085010]	CP	1971-06-15	53	1996-06-15	5081789,856	2817859,268
25	15070170	ITACA [15070170]	PM	1971-06-15	85	1980-10-15	5049067,353	2821475,961
26	15070230	GUAYABAL [15070230]	PM	1980-10-15	85	2014-08-28	5048654,265	2822224,487
27	15070150	CARACAS HACIENDA [15070150]	PM	1971-07-15	80		5048080,768	2826869,06
28	15080050	HUIMPECHT [15080050]	PM	1971-07-15	10	1979-10-15	5108965,498	2843735,563
29	15075040	URIBIA [15075040]	CO	1958-01-15	18	1978-09-15	5079882,438	2852858,557
30	15065140	TAJO SUR [15065140]	CP	1988-07-15	95	1989-04-15	5035480,989	2782059,972
31	15065050	CAMP INTERCOR [15065050]	CP	1978-06-15	122	2016-01-06	5052973,367	2789375,711
32	150600011 1	SANTA ISABEL [150600011]	PM	2018-04-20	207		5056954,096	2788148,815
33	15060001 67	LA PUENTE	PM	2021-01-08	109		5049739,116	2788815,776
34	15060001 68	MIRADOR OREGANAL	PM	2021-01-08	145		5028930,999	2771665,124
35	15075150	PAICI - AUT [15075150]	AM	2004-10-14	45		5073478,159	2839387,546
36	15085030	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	CO	1968-10-15	118		5069843,939	2797574,997

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

○ **Periodo de análisis**

Una vez seleccionadas las estaciones, se procede a determinar el periodo de análisis, ya que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda escoger un espacio de tiempo común mayor a diez años para evaluar las variables que determinan el clima en un área dada (Unesco, 2005). Es por esto por lo que se determina según la serie de tiempo para todos los parámetros, en este caso se seleccionó el periodo de 1993–2022, para analizar la normal climatológica del área de estudio.

○ **Vacíos en la información**

El estudio de vacíos consiste en determinar el porcentaje de datos faltantes en las series temporales estudiadas, se tomó como umbral aceptable un nivel de ausencia de información del 20%. Por lo tanto, todas las series con más del 20 % de datos faltantes fueron descartadas. Dicho porcentaje es calculado en escalas mensuales de toda la serie disponible de la estación y para la reconstrucción o complementación es utilizado el mismo periodo de análisis.

▪ **Completado de datos faltantes**

El completado de datos faltantes es un tema que aún se analiza (Shabalala, Moetsi, Tongwane & Mazibuko, 2019)⁵⁰. En general se busca una correlación que permita estimar datos cuando una estación no registró. La correlación puede ser con base en la serie misma, o en otra variable registrada o con estaciones vecinas. Con la misma serie se puede aplicar métodos como rellenar con el valor medio de la serie, con el último valor medido, medias móviles o modelos lineales o no lineales o un método de interpolación espacial como el Inverso de la Distancia Ponderada o Kriging.

○ **Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información comprende tres etapas: consistencia, validez y homogeneidad de la información hidrometeorológica, constituyéndose en el primer paso de los análisis hidrológicos y climatológicos a realizar en este estudio.

Este procesamiento se realiza con el fin de establecer la calidad de la información histórica de las estaciones escogidas y así detectar posibles valores erróneos, reduciendo el nivel de incertidumbre en los resultados de los análisis de datos. El análisis se realizó para los siguientes parámetros: temperatura, precipitación, humedad relativa, nubosidad, brillo solar, evaporación, dirección y velocidad del viento, radiación solar y presión atmosférica.

○ **Análisis de homogeneidad**

Para asumir que una serie de datos es homogénea, es necesario tener la seguridad de que las variaciones existentes se deben únicamente a la propia variabilidad de la dinámica natural del elemento medido y que no existe ninguna influencia humana o instrumental que la altere (Meseguer Ruiz & Sarricolea, 2017)⁵¹. Para las estaciones seleccionadas se utilizó la prueba de Pettit y de Buishand las cuales se describen a continuación. Para las estaciones seleccionadas se utilizó la prueba de Pettit. Este método se describe a continuación.

⁵⁰ Shabalala, Z., Moeletsi, M., Tongwane, M., & Mazibuko, S. (2019). Evaluation of Infilling Methods for Time Series of Daily Temperature Data: Case Study of Limpopo Province, South Africa. *Climate*. doi: <https://doi.org/10.3390/cli7070086>

⁵¹ Meseguer Ruiz, O., & Sarricolea, P. (2017). DETECCIÓN DE INHOMOGENEIDADES EN SERIES DE PRECIPITACIÓN. *DIARIA EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHILE*, VOL. 42 N° 4.

• Pettit Test

Pettit (1979)⁵² propuso esta prueba no paramétrica, la cual no hace ninguna asunción acerca de la distribución de probabilidad a la cual se ajustan los datos observados. Se utiliza para identificar un único punto de cambio probable en una serie de datos anuales.

Se utilizó la implementación realizada por Pohlert (2020)⁵³ con base en el trabajo de Verstraeten et. al. (2006)⁵⁴. En donde los rangos $r_1, \dots, r_n$ de $X_1, \dots, X_n$ son usados para calcular la estadística:

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n+1) \quad k = 1, \dots, n$$

La estadística final de la prueba es el máximo del valor absoluto del vector U_k

$$\hat{U} = \max |U_k|$$

El punto de cambio probable se da cuando se presenta este máximo.

○ Análisis de datos anómalos

Existen diferentes situaciones que pueden generar datos anómalos, la influencia de eventos macroclimatológicos, deficiencias en la calibración o funcionamiento de los equipos, errores humanos de lectura, escritura o transcripción, entre otros. Estadísticamente, tiene especial influencia los valores extremos pues registros excepcionalmente altos o bajos que hayan sido producto de errores de medición pueden producir sobreestimaciones o subestimaciones cuando se analizan estos eventos. En ese sentido se deben realizar pruebas para identificar los valores que se alejan del comportamiento normal y pueden haber sido producto de errores, sin embargo, cada dato identificado debe ser analizado para decidir si se remueve o no de los registros.

Para cada una de las variables climatológicas como son la temperatura, precipitación, humedad relativa, evaporación, radiación solar, nubosidad, se representa una gráfica a lo largo de un año hidrológico a escala diaria y mensual, donde los datos disponibles se agrupan de acuerdo a su magnitud.

▪ Test de Grubbs

Con el fin de identificar puntos anómalos en las series de tiempo, se elaboraron diagramas de caja (Box plot) para detectar puntos que se salen de los bigotes, los cuales se denominan outliers. Para confirmar que dichos puntos corresponden a puntos anómalos dentro de la serie de tiempo, se desarrolló la prueba estadística no paramétrica de Grubbs para aquellas series diarias y mensuales en las que se encontraron outliers en el Box Plot.

En el test de Grubbs se escogió un intervalo de confianza del 95% y las hipótesis que maneja son las siguientes:

- i. Hipótesis nula (H_0): No existen outliers en la serie de tiempo.
- ii. Hipótesis alternativa (H_a): El valor máximo o mínimo es un outlier en la serie de tiempo.

⁵² Pettit, A. N. (1979). A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), Vol. 28, No. 2 (1979). doi: <https://doi.org/10.2307/2346729>

⁵³ Pohlert, T. (2020). Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection.

⁵⁴ Verstraeten, G., Poesen, J., Demarée, G., & Salles, C. (2006). Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH. doi: <https://doi.org/10.3390/cli7070086>

○ Análisis de tendencia de los datos

Para el análisis de tendencia de las estaciones se utilizó la prueba Mann-Kendall (Libiseller & Grimwall, 2002)⁵⁵, el cual calcula el estadístico, S , mediante la siguiente expresión:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(x_j - x_k)$$

La media de S es igual a 0. Mientras que la varianza se puede expresar como:

$$\sigma^2 = \left\{ n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5) \right\} / 18$$

Donde, p es el número de grupos ligados al conjunto de datos y t_j es el número de puntos en el j -avo grupo. Dado que la S se puede asumir como normalmente distribuido, se puede Z de la siguiente manera:

$$Z = S/\sigma$$

Si Z es mayor a 1.96 o menor a -1.96, se puede afirmar que la serie tiene una tendencia creciente o decreciente, respectivamente, con un nivel de confianza del 95%. La estacionalidad de las variables meteorológicas durante el año puede generar errores al momento de calcular estas estadísticas, por lo que se recomienda trabajar con la serie anual. Esta prueba no hace parte de la evaluación de calidad de los datos, si no del comportamiento de estos. En otras palabras, la existencia de una tendencia no hace que se rechace la serie si no que se deba tener en cuenta para los análisis de estas.

○ Imputación de datos

Según (Otero, 2011) se denomina imputación al procedimiento que utiliza la información contenida en la muestra para asignar un valor a aquellas variables que tienen registros con valor ausente, ya sea porque se carece de información o porque se detecta que algunos de los valores recolectados no corresponden con el comportamiento esperado. La razón principal por la cual se realiza la imputación es obtener un conjunto de datos completo y consistente al cual se le puedan aplicar las técnicas estadísticas ordinarias⁵⁶.

Dentro de la imputación de datos se deben escoger muy cuidadosamente los criterios de imputación y sobre todo el método. Como criterio de calidad Otero (2011) propone que la imputación debe mantener la distribución de la variable, es decir, la serie imputada debe producir una distribución lo más parecida posible a la original.

Según Otero (2011) los métodos de imputación se pueden clasificar según su complejidad en simples o múltiples o por el origen de los datos bien sean determinísticos o estocásticos (aleatorios).

La imputación simple consiste en asignar un valor por cada dato faltante basándose en la magnitud de la propia variable o de otras variables, generando una serie completa, mientras que la imputación múltiple consiste en asignar a cada dato faltante varios valores (m), generando m conjuntos de datos completos, y se escoge aquel que presenta los mejores resultados.

A continuación, se describe el método de imputación utilizado para el desarrollo del presente estudio:

⁵⁵ Libiseller, C., & Grimvall, A. (2002). Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*. doi: <https://doi.org/10.1002/env.507>

⁵⁶ Otero, D. (2011). Imputación de datos faltantes en un Sistema de Información sobre Conductas de Riesgo (Trabajo de Fin de Máster).

▪ Método de interpolación IDW

El método IDW utiliza la autocorrelación espacial de los datos hidroclimatológicos. La determinación del dato faltante se realiza a partir de otras series del mismo carácter y de la misma escala, por medio de la siguiente expresión:

$$P_M(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i} * P_i(t)}{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i}}$$

Donde $\lambda_{M,i}$ es el peso asociado a cada estación y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\lambda_{M,i} = \frac{1}{d_{M,i}^k}$$

Donde $d_{M,i}$ es la distancia desde la estación M hasta la estación i y k referenciada como una distancia de fricción que se ubica en un intervalo que va de 1 a 6. Según García Reinoso (2015) el valor comúnmente usado para k es 2.

○ Análisis temporal y espacial de las variables climatológicas

▪ Distribución Temporal

Para cada una de las variables climatológicas, se presenta el comportamiento de su régimen a lo largo de un año mes a mes en gráficos como histogramas, donde los datos disponibles se agrupan de acuerdo a su magnitud. En el caso de la precipitación se evalúan los valores mensuales sus respectivos periodos secos, húmedos e intermedios, así como también el comportamiento anual multianual.

▪ Distribución Espacial

Con el objeto de interpolar valores de los parámetros climáticos, se emplea el método de distancia inversa ponderada (IDW)⁵⁷ con el programa ARC GIS. Ésta es una estimación determinista, donde los sitios sin valor conocido son hallados por una combinación lineal de los valores con datos conocidos. Tiene como suposición que los valores más cercanos al lugar sin registro son más representativos para estimarlo.

Los valores desconocidos se determinan con la siguiente expresión:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Z_i}{D_i^W}}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{D_i^W}}$$

Dónde:

Z: El valor a ser determinado.

M: El número de puntos con valor conocido más cercanos a Z.

D: Distancia entre Z_i y Z.

W: Valor de ponderación.

El valor de W controla la región de influencia de cada una de las regiones con información. Cuando W aumenta la región de influencia decrece. Cuando W es igual a cero el método es idéntico a un simple promedio. Esta distribución espacial se realizó solamente para los parámetros de precipitación y temperatura determinando de esta manera las isoyetas e isotermas respectivamente. Esta distribución

⁵⁷ Watson, D. F. y G. M. Philip. "A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation". Geoprocessing 2:315–327. 1985.

espacial se realiza para los parámetros de precipitación y temperatura con el objetivo de generar las isoyetas e isotermas para el área de desarrollo.

○ **Presión Atmosférica**

La presión atmosférica se refiere a un diferencial, una columna imaginaria de aire a la que se le mide su peso en un punto determinado en la superficie terrestre. Esta columna, ejerce presión sobre el punto arrojando un valor.

Para el cálculo de la presión atmosférica se utilizó una simplificación de la ley de los gases ideales presentada a continuación:

$$p = P_0 \times \exp\left(-\frac{gz}{R_{da} \times T_m}\right)$$

Donde:

P: es la presión atmosférica en el sitio de interés, mm Hg.

P₀ es la presión atmosférica al nivel del mar, 760 mm Hg (1013 mbar).

g = aceleración de la gravedad, 9,81 m/s².

z = altitud de instalación de la estación analizada.

R_{da} = constante de gas del aire seco, 289 J/Kg-K.

T_m = temperatura media en el sitio del proyecto, K.

○ **Balance hídrico**

▪ **Método de Thornthwaite**

La Evaporación potencial es la cantidad de vapor de agua que puede ser emitida desde una superficie libre de agua. La Transpiración es la pérdida de agua liberada hacia la atmósfera a través de los estomas de las plantas.

La Evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo.

El análisis que se establece entre las cantidades de agua que entran y salen en un área determinada teniendo como base fundamental al ciclo hidrológico, con el fin de estimar el caudal de agua que potencialmente puede ingresar al acuífero.

El balance hídrico climático se refiere al equilibrio del agua que se pierde por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas, así como la cantidad de agua almacenada en el suelo y aquella que se escurre superficialmente y en profundidad. El método utilizado fue el de Thornthwaite.

○ **Rosas de vientos**

Para la generación de las rosas de vientos se utilizó el software WRPLOT View recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos. Los datos de entrada de las estaciones meteorológicas consultadas, específicamente dirección y velocidad del viento, se introducen con una frecuencia horaria permitiendo obtener rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales en periodos mensuales multianuales.

○ Zonificación Climática

En el presente estudio, la clasificación climática se basó en el estudio de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Se opta por asumir un sistema cuya caracterización aplica los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)⁵⁸.

Los elementos considerados más relevantes para el mapa de caracterización climática son la temperatura y la precipitación.

○ Denominación Termal

Tomando como referencia los pisos térmicos propuestos por Caldas en 1802⁵⁹, se adoptan como rangos definitivos para la denominación termal las clasificaciones que se muestran en la **Tabla 2-69**.

Tabla 2-69 Denominación termal		
DENOMINACIÓN TERMAL	RANGOS ALTITUDINALES (m.s.n.m.)	RANGOS DE TEMPERATURA
Cálido	De 0 a 800	T > 24 °C
Templado	De 801 a 1.800	Entre 18 °C y 24 °C
Frío	De 1.801 a 2.800	Entre 12 °C y 18 °C
Muy Frío	De 2.801 a 3.700	Entre 6 °C y 12 °C
Extremadamente frío y u o Nival	De 3701 a 4500 y de 4500 en adelante para nival	Entre 1,5 °C y 6 °C, y menores a 1,5 °C para nival

Fuente: Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia, 2007.

○ Denominación por rangos de precipitación anual

Para el mapa de precipitación anual del proyecto, se emplean los datos proporcionados por el IDEAM para las estaciones y como lo establece la metodología del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, se realizó una interpolación multivariada geoestadística; de manera que se obtuviese una superficie continua para el campo de precipitación, luego se reclasificó según el rango que aparece en la **Tabla 2-70**.

Tabla 2-70 Denominación Precipitación	
DENOMINACIÓN	RANGOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL (mm/año)
Árido	0-500
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.001-2.000
Húmedo	2.001-3.000
Muy Húmedo	3.001-7.000
Pluvial	>7.000

Fuente: Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia, 2007.

○ Resultado Zonificación climática

Una vez categorizados los dos elementos meteorológicos principales, se hace una intersección espacial entre las dos capas y se obtiene un mapa resultado, cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal. De esta forma se llega a una descripción de la diversidad climática que, en función de estas variables, puede encontrarse para cualquier región de Colombia. (Ver **Tabla 2-71**).

⁵⁸ IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP... Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Bogotá: IGAC. (2007)

⁵⁹ Ibíd.

Tabla 2-71 Zonificación climática

CÁLIDOS (0-800 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES A 24 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Árido	0-500
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
Pluvial	>7.000
TEMPLADOS (800-1.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 18 °C Y 24 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
Pluvial	>7.000
FRÍOS (1.800-2.800 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 12 °C Y 18 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
MUY FRÍOS (2.800-3.700 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 6 °C Y 12 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
EXTREMADAMENTE FRÍOS (3.700-4.500 MSNM) TEMPERATURAS ENTRE 1,5 °C Y 6 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000
Húmedo	2.000-3.000
Muy Húmedo	3.000-7.000
NIVAL (> 4.500 MSNM) TEMPERATURAS MAYORES 1,5 °C	
Denominación	Precipitación (mm/año)
Muy Seco	500-1.000
Seco	1.000-2.000

Fuente: Ecosistemas Continentales Costeros y Marinos de Colombia, 2007

- **Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas**

- **Actividades Precampo**

De conformidad con los términos de referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TDR-17 (MADS, 2018), se realiza la identificación de las fuentes de contaminación por emisiones atmosféricas (fijas, móviles y lineales) existente al interior del área de influencia del proyecto Línea Eléctrica de Conexión parques eólicos Beta y Alpha a subestación Cuestecitas.

Así mismo, se identifican y ubican cartográficamente los posibles receptores sensibles como los asentamientos poblacionales, viviendas, infraestructura social y las zonas susceptibles a la contaminación, esta identificación se logra verificando la información secundaria basada en la interpretación de cartografía, imágenes satelitales y estudios previos del área.

Teniendo en cuenta el Decreto 948 de 1995 (emitido por el Ministerio del Medio Ambiente actualmente MADS), se definen como fuentes de emisión a toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, y que su intervención es susceptible de emitir contaminantes al aire. A partir de este concepto

se derivan las clases de fuentes según su forma de descarga de contaminantes a la atmósfera (ver Figura 2-76).

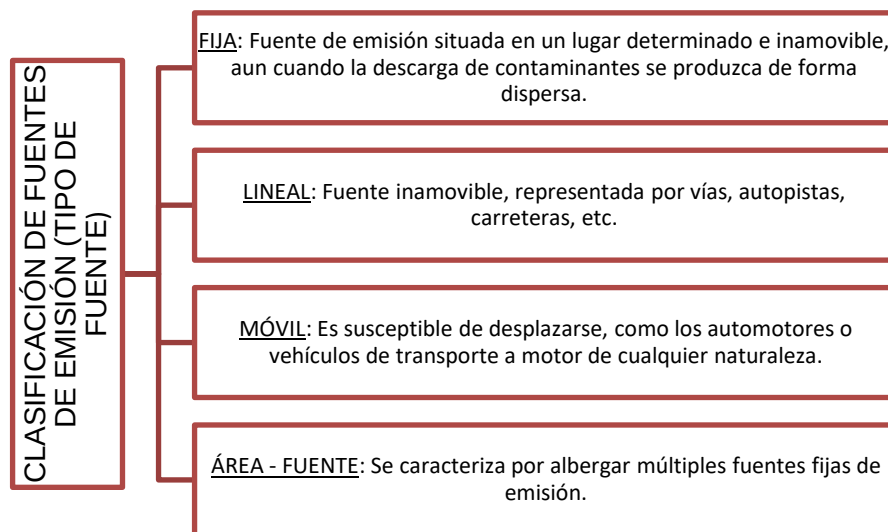


Figura 2-76 Clasificación de las fuentes de emisión según su tipo

Fuente: Decreto 948 de 1995 Ministerio de Medio Ambiente actualmente MADS

○ Actividades de campo

Durante los recorridos en campo se levanta un registro fotográfico y georreferenciación de los equipos y actividades consideradas como fuentes de emisión (fijas y móviles), así como posibles receptores.

La caracterización de fuentes de contaminantes en el área de influencia del proyecto se realiza teniendo en cuenta la clasificación según sean fijas o lineales:

Fuentes fijas puntuales, dispersas o difusas: Durante el recorrido por el área de influencia, se realiza un registro fotográfico y la georreferenciación de las fuentes fijas puntuales o dispersas existentes, que actualmente generan modificaciones en la calidad del aire; de igual forma se contemplan todas aquellas fuentes asociadas a la vida cotidiana de los habitantes de la zona (cocción de alimentos, equipos de sonido) y las fuentes de origen industrial. En la caracterización del componente atmosférico se describe la forma de descarga de gases o de material particulado para cada una de las fuentes identificadas.

Fuentes móviles: Para la caracterización del comportamiento de las fuentes móviles en el área de influencia, se realiza una identificación de la flota vehicular presente, mediante aforos vehiculares (3_Anexos\Cap. 03 Descripción del proyecto\Anexo 3-3 Estudio de Tránsito Vehicular) para tener un estimativo de la transitabilidad. Para la identificación se utiliza la clasificación de las principales categorías vehiculares descritas en la Resolución 1111 de 2013 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los criterios para la definición en la ubicación de las estaciones fueron los siguientes:

- Tramos de mayor flujo previsto de la vía, en procura de un conteo efectivo de vehículos.
- En sectores que cubran el tránsito proveniente de vías alternas.
- Sectores de buena visibilidad.
- Tramos de pendientes suaves.
- Evitar la cercanía a centro poblados y escuelas.

Los aforos se realizan en cada uno de los sitios definidos, durante dos días de la semana por 24 horas, distribuidos en uno hábil y uno no hábil.

Una vez definido el inventario de fuentes móviles se puede realizar la estimación de emisiones de los contaminantes, para efectos de este estudio se utilizó los factores de emisión de V Manzi, los cuales fueron estimados con la flota vehicular de la ciudad de Bogotá, con la metodología de un modelo inverso de calidad de aire, con mediciones directas de trazadores para validar la modelación, con la clasificación de dos tipos de automotores vehículos pesados y vehículos livianos, los cuales se ajustan al inventario de emisiones planteado. Los factores de emisión característicos del parque automotor se pueden apreciar en la **Figura 2-77**.

Ciudad	Categoría	CO	NO _x	SO ₂	COV	PM10	Método	Fuente
Bogotá (C)	Todos	15.47 ± 2.84	0.41 ± 0.09	0.10 ± 0.02	5.58	0.35 ± 0.08	Inverso	Esta investigación
	Livianos	8.27 ± 1.96	0.11 ± 0.02	0.06 ± 0.02	-	0.27		
	Pesados	385.2 ± 142.3	18.9 ± 0.37	2.82 ± 1.12	-	2.38		
Córdoba (A)	Todos	21.7 ± 0.3	0.94 ± 0.02	-	-	-	Inverso	[7]
San Petersburgo (R)	Todos	-	-	-	-	-	Inverso	[8]
	Livianos	-	0.63	-	-	-		
	Pesados	-	5.33	-	-	-		
Copenhague (D)	Todos	11 ± 2	1.3 ± 0.2	-	-	-	Inverso	[9]
Santiago de Chile	Todos	-	-	-	-	-		
	Livianos*	3.5 ± 3.9	0.6 ± 0.8	-	-	-	Dinamómetro	[16]
	Livianos**	28.2 ± 15.5	3 ± 1.1	-	-	-		

Figura 2-77 Factor de emisión de fuentes móviles

Fuente: V, Manzi. Estimación de los Factores de Emisión de fuentes móviles de la ciudad de Bogotá. Bogotá, 2006. Trabajo de Grado (Magíster –ingeniería Ambiental).

Asentamientos poblacionales y zonas críticas de contaminación: Teniendo en cuenta la identificación realizada en la fase precampo, donde se reconocen de manera preliminar como posibles receptores, durante el trabajo de campo se valida esta información mediante recorridos por el área de influencia con la finalidad de verificar y georreferenciar dichos receptores, complementándolos, si es el caso. Se lleva un registro fotográfico y georreferenciación de los asentamientos poblacionales, infraestructura socioeconómica.

- **Calidad del aire**

Para conocer la calidad del aire se identifica la información secundaria del subsistema de información sobre la calidad del aire SISAIRE del IDEAM, así como el monitoreo de campaña de calidad del aire realizado en el marco de estudios previos en la zona. Cabe aclarar que según los términos de referencia monitoreos sobre potenciales receptores aplicarían solo en caso de que alguna de las etapas del proyecto vaya a requerir permiso de emisiones atmosféricas, el cual no es el caso.

- **Actividades Precampo**

Previo a la salida a campo, se revisa la información secundaria correspondiente a los estudios realizados en el área, con el fin de determinar los monitoreos realizados y proponer un plan de monitoreo.

A partir de las condiciones climatológicas de la zona y teniendo en cuenta las particularidades del proyecto se establece de manera preliminar una red de monitoreo de calidad de aire donde se considera lo siguiente:

- Las fuentes de emisiones atmosféricas (gases y material particulado) existentes en el área de influencia del proyecto.
- La localización de los potenciales receptores.
- Dirección predominante del viento.
- Barreras de origen natural o antrópicas que puedan influir en el comportamiento de los vientos (Principalmente en la zona son barreras vivas).
- Vías de acceso para el ingreso de los equipos.

Adicionalmente, se tienen en cuenta las siguientes características para establecer la campaña de muestreo de acuerdo con el protocolo de calidad de aire⁶⁰.

Tabla 2-72 Protocolo para estaciones de muestreo calidad de aire

CARACTERÍSTICAS	PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
Tiempo de monitoreo	Mínimo 18 muestras (En época de lluvia se puede extender hasta 36 muestras. (toma de muestras día de por medio).	Si al analizar los resultados de las primeras 15 muestras se obtiene un promedio igual o mayor al 80% del valor de la norma anual de calidad del aire o nivel de inmisión, se debe prolongar el monitoreo hasta completar 24 muestras.
Parámetros para medir	Se monitorearán las concentraciones de PST, PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO ₂ , SO ₂ , CO e Hidrocarburos Totales.	Se tiene en cuenta la temporalidad de muestreo establecida en la resolución 2254 del 2017 ⁶¹ .
Número de estaciones	Cinco estaciones, por cada temporalidad (Debe contemplar como mínimo una estación de fondo y una estación vientos abajo)	La ubicación de las estaciones es representativa para la caracterización del área de influencia
Periodicidad del muestreo	Diario o día de por medio	El muestreo es diario si se hace en época seca, de lo contrario debe realizarse día de por medio
Instrumentos meteorológicos	Mínimo anemómetro y pluviómetro	El comportamiento de las variables climáticas determina el resultado del muestreo.

Fuente: Protocolo de calidad de aire

Las ubicaciones de los sitios de muestreo se establecen teniendo en cuenta el Código de Regulaciones Federales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos e-CFR título 40 parte 50 Apéndice D y E, donde se establecen criterios de representatividad para la localización de las estaciones de calidad del aire y la Resolución 2154 de 2010 del MAVDT actual MADS, la cual adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Adicionalmente se contemplan las condiciones típicas de la zona como:

- El sentido predominante de la dirección de los vientos en la zona.
- La vía principal de ingreso de equipos para el monitoreo.
- Receptores sensibles previamente identificados que corresponden a centros poblados.
- Las coberturas vegetales del área son consideradas como posibles barreras, razón por la cual las estaciones se ubican de manera aislada con la finalidad de restringir la insistencia de estas.

Para el monitoreo de calidad del aire, fueron considerados los siguientes parámetros:

- Material particulado: menor a 10 micras (PM₁₀) y PM_{2.5}.
- Óxidos de Azufre (SO₂).

⁶⁰ COLOMBIA, MINISTERIO DE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire) Bogotá, D.C; El Ministerio 2010. 135p.

⁶¹ COLOMBIA, MINISTERIO DE, AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones, Bogotá, D.C; El Ministerio 2017. 11p.

- Óxidos de Nitrógeno (NO₂).
- Monóxido de Carbono (CO).
- Ozono (O₃).

○ **Actividad de campo**

Se realiza el monitoreo y análisis de la calidad del aire en el área de influencia del proyecto, el cual fue llevado a cabo entre el 26 de octubre y el 30 de noviembre de 2023 mediante la contratación del laboratorio Gestión y medio ambiente, debidamente acreditado ante el IDEAM, la red de monitoreo establecida se basó en las actividades y permisos necesarios para proyecto. En la **Tabla 2-73** y se presentan las coordenadas de los puntos de monitoreo de calidad de aire.

Tabla 2-73 Puntos de monitoreo de calidad de aire

ESTACIÓN	NOMBRE O UBICACIÓN (COMUNIDAD O PREDIO)	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		DEPARTAMENTO	FECHA DE MUESTREO
		Este	Norte		
AIRE 01	Albanía	5044580,20	2791355,35	La Guajira	26/10/2023 al 30/11/2023
AIRE 02	Sukuluwou	5092339,59	2835401,47		
AIRE 03	Sochinchón	5081078,65	2844271,81		
AIRE 04	Irruaru	5071440,89	2812331,47		
AIRE 05	Tara 2	5063398,01	2798914,68		
AIRE 06	Patillita	5087573,21	2824729,59		

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Previo al inicio del monitoreo, se realiza una inspección de las condiciones de terreno con la finalidad de garantizar la idoneidad de la campaña.

Los sitios específicos donde se ubican las estaciones deben cumplir las siguientes especificaciones o criterios de selección:

- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2 – 15 m.
- La distancia a obstáculos como edificios, debe ser por lo menos el doble de la altura. Se recomienda un radio libre de 10 m.
- El flujo de aire sin restricciones 270º alrededor de la toma de muestra y/o un ángulo de 120º libre por encima del equipo.
- No puede haber flujos de hornos o de incineración cercanos. Se recomienda 20 m de distancia del sitio de muestreo.
- La distancia a las carreteras/caminos debe ser de 2 a 10 metros del borde de la línea de tráfico más cercana.
- Comportamiento meteorológico de la zona.

○ **Actividad Poscampo**

Los resultados obtenidos durante la campaña de muestreo son comparados con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

• **Monitoreo de Ruido**

El ruido está constituido por el conjunto de sonidos no deseados, fuertes, desagradables o inesperados que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas.

El control de ruido ambiental se establece porque es considerado uno de los problemas medioambientales importantes de la actualidad y en su gran mayoría es producido por las actividades

humanas que estas tienen como: las industrias y el crecimiento urbano. Se hace control para prevenir y mitigar el ruido que pueda afectar la salud de la población, el equilibrio de ecosistemas, que perturbe la paz pública o lesione el derecho de las personas a disfrutar tranquilamente de los bienes de uso público y del medio ambiente.

Para el análisis de la contaminación acústica se tiene en cuenta lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT hoy MADS, la cual establece la norma nacional de ruido ambiental (**Tabla 2-74**) y emisión de ruido, donde se definen los límites diurnos y nocturnos, según la actividad y el uso del suelo.

Tabla 2-74 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental

SECTOR	SUBSECTOR	DÍA (dB)	NOCHE (dB)
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	*Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
(*) Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos institucionales.	65	50
	*Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
	Residencial suburbana.	55	45
(*) Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	* Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 de 2006.

○ Actividades Precampo

Previo a la salida a campo, se revisa la información secundaria correspondiente a los estudios realizados en el área, con el fin de determinar los monitoreos realizados y proponer un plan de monitoreo de las presiones sonoras en el área.

Para el diseño del monitoreo y definir la ubicación de los puntos de medición se consideran los siguientes factores:

- Corredores de Movilización actuales y los proyectados por el proyecto.
- Áreas de interés para la ejecución de actividades.
- Posibles receptores (Centros poblados, viviendas aisladas, etc.).

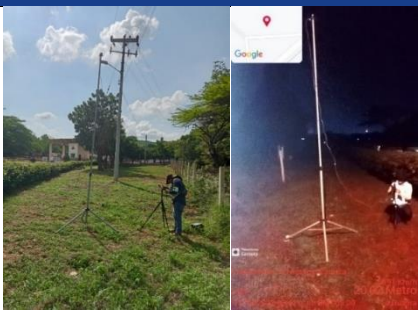
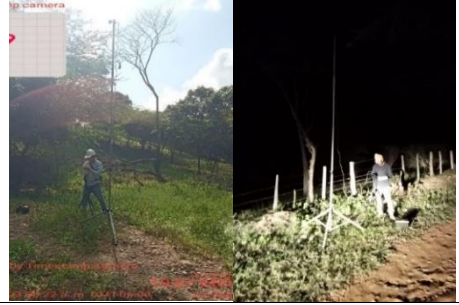
Teniendo en cuenta las disposiciones establecidas en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica – TdR-17, emitido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en el 2018, la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, emitido por la ANLA en el 2018 y la Resolución 627 de 2006 del MAVDT hoy MADS, a continuación se presentan los puntos de monitoreo previstos de ruido para horario Diurno y Nocturno que se realizarán en día hábil y no hábil (**Tabla 2-75 y Figura 2-78**).

Tabla 2-75 Coordenadas Puntos de Monitoreo de Ruido

CÓDIGO DEL PUNTO	IMAGEN DEL SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS*	SECTOR SEGÚN NORMA
MR_1		Comunidad Sukuluwou, municipio de Uribia Se observan algunas viviendas dispersas, unas lagunas artificiales, arbustos y árboles y un área sin cobertura vegetal	E: 5092339,59 N: 2835401,47	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.
MR_2		Comunidad Sochinchon 1, municipio de Uribia Se observan varias viviendas dispersas, gran parte es un área plana sin cobertura vegetal, se observan algunos árboles retirados	E: 5080936,33 N: 2844779,57	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_3		Comunidad Campo Florido municipio de Maicao Se observan varias viviendas dispersas, gran parte es un área plana sin cobertura vegetal, se observan cercados para animales domésticos	E: 5071440,89 N: 2812331,47	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_4		Comunidad Don Simón, municipio de Albania, predio privado. Se observa zona de cultivo y zona de árboles a 70 m	E: 5064246,18 N: 2799199,44	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

CÓDIGO DEL PUNTO	IMAGEN DEL SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS*	SECTOR SEGÚN NORMA
MR_5	 	Sector urbano de Albania- Parque de la Princesa negra Carrera 1ª entre calles 2ª y 3ª	E: 5044771,79 N: 2791638,58	B Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.
MR_6	 	Sector urbano de Albania vía de acceso desde Albania a Cerrejón	E: 5043941,05 N: 2791443,79	C (vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.)
MR_7	 	Comunidad Patillita Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	E: 5087573,21 N: 2824729,59	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_8	 	La Horqueta 2 Zona plana con abundante vegetación arbórea y viviendas dispersas A 500m vía Albania – Maicao y a 650 m vía férrea	E: 5054664,26 N: 2792050,06	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_9	 	La Macarena Zona plana con abundante vegetación arbórea a 1,2 Km vía férrea y a 2,5 Km zona minera El Cerrejón	E: 5049388,21 N: 2793697,76	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria

CÓDIGO DEL PUNTO	IMAGEN DEL SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS*	SECTOR SEGÚN NORMA
MR_10		Albania Zona plana con abundante vegetación arbórea a 1,25 Km vía férrea y vía Albania – Maicao	E: 5045701,46 N: 2793445,96	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_11		Comunidad de Maicaito Zona plana con abundante vegetación arbórea y arbustiva viviendas dispersas y centros educativos A 275 m vía Maicao – Riohacha	E: 5076464,46 N: 2817020,11	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_12		Comunidad Kasuto Zona plana con abundante vegetación arbórea, viviendas dispersas y centros educativos en un radio de 1 km	E: 5069029,49 N: 2810699,60	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_13		Gran territorio Limoncito Zona plana con vegetación arbustiva 1,5 Km zona urbana de Maicao	E: 5083420,81 N: 2818659,08	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_14		Los Ranchos Zona plana con abundante vegetación arbórea a 3,7 Km de vía férrea y a 1,9 Km de vía Albania – Maicao	E: 5057776,72 N: 2794402,85	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

CÓDIGO DEL PUNTO	IMAGEN DEL SITIO DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS*	SECTOR SEGÚN NORMA
MR_15		Majayura Zona plana con abundante vegetación arbórea y arbustiva A 560 m vía Albania – Maicao	E: 5068170,34 N: 2805869,91	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria
MR_18		Rosamana Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	E: 5087446,71 N: 2840197,36	D Rural habitada destinada a explotación Agropecuaria
MR_19		Aipishimana Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	E: 5089306,45 N: 2838057,59	D Rural habitada destinada a explotación agropecuaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

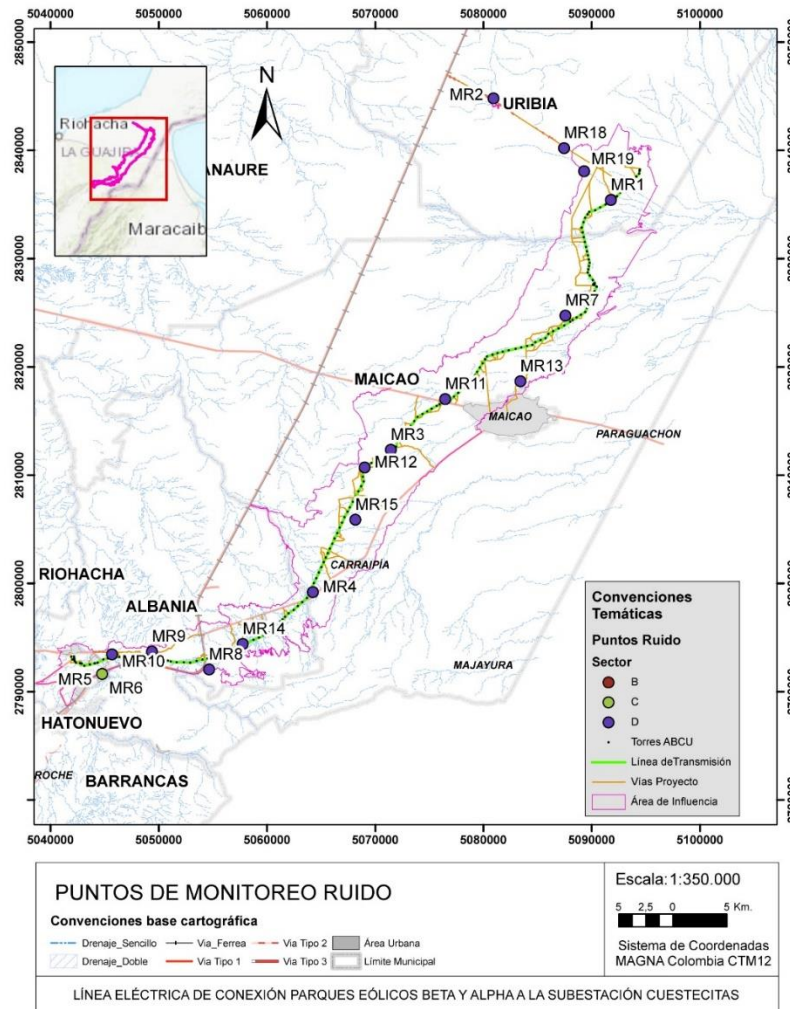


Figura 2-78 Ubicación puntos de monitoreo de Ruido

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Actividades Campo

La medición de los niveles de ruido se lleva a cabo a través del establecimiento de puntos de monitoreo, en cada uno de los cuales se hacen registros en un día hábil y un día no hábil. De igual manera se desarrolla un monitoreo diurno y nocturno (en jornada ordinaria y dominical), de acuerdo con lo establecido en la Resolución 627 de 2006.

La ejecución de los monitoreos está a cargo de un laboratorio acreditado por el IDEAM, como laboratorio competente para realizar los análisis en la matriz de ruido.

De manera previa a la ejecución del monitoreo de ruido ambiental se realiza una verificación de los puntos previamente seleccionados con la finalidad de identificar la idoneidad y en caso necesario replantearlos manteniendo la distribución espacial establecida. A continuación, se enlistan algunos criterios que se tienen en cuenta durante el muestreo:

- Los sitios previamente seleccionados pueden ser reubicados en campo a partir de las condiciones del terreno, sin perder su representatividad para el mapa de ruido.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Se identifican puntos de monitoreo en zonas con presencia de viviendas y centros poblados presentes en el área.
- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 4 m.
- La distancia del equipo con respecto a posibles obstáculos.
- La distancia a las carreteras/caminos debe ser de 2 a 10 metros del borde de la línea de tráfico más cercana.
- Condiciones meteorológicas del área.
- Variables para considerar: la velocidad del viento (ajustes tonales).
- Las mediciones deben efectuarse en tiempo seco.

El sonómetro se configura de forma tal que las mediciones en modo sonómetro se hicieran con filtro de ponderación frecuencial A y modo de respuesta lenta (S o Slow) durante 5 minutos para luego tomar mediciones en modo analizador de tercios de octava también durante 5 minutos (primero de 3 intervalos separados uniformemente). Estos intervalos de medición se efectuaron durante 1 hora, sobre un trípode de cuatro metros de altura (intervalo unitario de tiempo de medida, Artículo 5 Resolución 627 de 2006).



Fotografía 2-17 Sonómetro

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ **Actividades Poscampo**

A partir de los registros almacenados en el sonómetro, se obtiene un solo valor con las mediciones de cada intervalo de tiempo para el nivel de presión sonora continuo equivalente, nivel de presión sonora continuo equivalente residual y nivel percentil 90 incorporando directamente los ajustes por tono (KT) por impulsos (KI) y por bajas frecuencias (KS) para obtener los niveles corregidos.

Los ajustes determinados directamente para los parámetros: nivel de presión sonora continua equivalente (LA,eq,T) y nivel percentil 90 (L90) son reportados directamente por el equipo de acuerdo con el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006, para obtener los niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRA,eq,T, los cuales son los que se comparan con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental.

Igualmente, con los escenarios de ruido se modelan los escenarios para los escenarios sin proyecto, y en la etapa de construcción del proyecto. Para lo cual se utiliza el software Predictor-LIMA de predicción de ruido ambiente; El primer paso para el desarrollo de la modelación acústica consistió en realizar una breve

descripción del área objeto de estudio y el entorno asociado a la misma (i.e, edificaciones, receptores, coberturas, tipo de suelo, etc.).

La propagación de ruido hacia los puntos receptores en condiciones de propagación homogénea y favorable acorde al estándar ISO 9613- 2 “Atenuación del sonido en espacio abierto”, se calcula de manera separada y tiene en cuenta la suma de las condiciones de atenuación existentes en la trayectoria fuente/receptor.

Los cálculos generales para determinar la atenuación total responden a las siguientes ecuaciones.

Tabla 2-76 Cálculos de Propagación Método de cálculo acorde a ISO 9613-2

ÍTEM	NOMBRE	FÓRMULA
1	Divergencia geométrica	$A_{div} = 20 * \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + 11$
2	Absorción atmosférica	$A_{atm} = \left(\frac{ad}{1000} \right)$
3	Efecto del suelo	$A_{gr} = A_s + A_r + A_m$ Cuando el sonido no es un tono puro En estos casos la atenuación podría ser calculada mediante la ecuación $A_{gr} = 4.8 - \left(\frac{2 \text{ hm}}{100} \right) * \left[10 + \frac{300}{d} \right] > 0$
4	Apantallamiento	$A_{bar} = D_z - A_{gr} > 0$ $A_{atm} = D_z > 0$
5	Reflexiones	El valor del coeficiente de reflexión irá en función del objeto que produzca el apantallamiento el cual puede variar entre diferentes absorciones según la constitución mecánica de dicho material

Fuente: Norma ISO 9613- 2 Atenuación del sonido en espacio abierto

A continuación, se enlista las condiciones de atenuación previstas para el modelo de ruido propuesto ver **Tabla 2-77**.

Tabla 2-77 Configuración de las condiciones del cálculo, Método de cálculo acorde a ISO 9613-2

VARIABLE	CONFIGURACIÓN
P1- Divergencia geométrica	ISO 9613-2 Atenuación del sonido en espacio abierto
P2- absorción atmosférica	ISO 9613-1 a 25 °C y 70% Humedad
P3- Perfil del terreno	Plano medio del perfil del terreno
P4 –Efecto del suelo	Función del coeficiente G adimensional
P5- Reflexiones	Consideradas en efecto del suelo
P6 – Difracciones	Dependiente de la longitud de onda y la diferencia de trayectorias
P7 – Condición meteorológica	2: Homogénea

Fuente: Norma ISO 9613- 2 Atenuación del sonido en espacio abierto

El mecanismo de importación de datos del software PREDICTOR-LIMA se realiza mediante datos geoespaciales estructurados como bitmap, a partir de dos puntos de una imagen en planta de la zona. Estos datos se ingresan a la base de datos geográfica del modelo PREDICTOR LIMA y se estructura el entorno de modelación mediante la ubicación de puntos de elevación para construir el modelo digital de terreno. La selección del tamaño de la grilla de cálculo se define a partir de un análisis a las zonas que se consideran vulnerables por el funcionamiento de la actividad objeto de estudio, el código de colores o la escala hace referencia a los rangos de valores establecidos en el cálculo, los cuales se representan para niveles bajos hasta el límite de 45 con tonos verdes medios y para niveles medios tonos rojos y para valores altos o superiores a 90 dB los tonos azul oscuro.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

○ **Isófonas**

Las actividades realizadas y la secuencia metodológica implementada para los modelos de propagación de ruido, medidos en el Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas incluyen:

- Elaboración de listado de fuentes lineales existentes en la zona de estudio (vías municipales, accesos y vías férreas) y Evaluación de potencia acústica.
- Elaboración de listado de equipos utilizados en la fase de construcción del Proyecto y Evaluación de potencia acústica.
- Formulación del escenario actual y futuro (Construcción).
- Procesamiento de información meteorológica de carácter secundario para la modelación.
- Determinación de receptores.
- Procesamiento modelo de elevación digital.
- Modelamiento de ruido mediante el software PREDICTOR-LIMA 2023 y AEDT 3e para los escenarios planteados.
- Acoplamiento de resultados por grupos procesados mediante Predictor LIMA y AEDT3.
- Elaboración de concepto técnico final.

La metodología de simulación de propagación utilizó como base los algoritmos de cálculo establecidos en la ISO 9613-2 titulada “Attenuation of Sound during propagation outdoors – Part 2: General Method of Calculation”, que proyectan niveles de ruido y su propagación a partir de diferentes fenómenos de atenuación, donde se requiere contar con el nivel de potencia sonora de las fuentes.

El cálculo de potencia sonora se basa en los algoritmos contenidos en la ISO 8297 y la ISO 3744/3746, así como la metodología de cálculo para vías férreas mediante el algoritmo LimA-NMPB-2008 rail, el cual se basa en el método francés NF S 31-133 (febrero de 2011).

El programa calcula el nivel de ruido en ubicaciones específicas de fuentes particulares, propagado a través de obstáculos intermedios y medios, según estándares e internacionales. Los modelos y algoritmos de cálculo incluyeron:

- Modelo ISO 9613 Ruido Industrial.
- Dutch SRM2 Método de cálculo ruido de tráfico.
- NMPB –2008 Método de cálculo ruido de vías férreas.
- Modelo Integrado de Ruido (INM) para aeronaves implementado mediante AEDT 3F.
- Las emisiones acústicas se proyectan mediante la implementación de bases de datos incluidas en el Software de simulación y reportes realizados por la literatura los cuales incluyen:
 - ✓ Predictor –LIMA 2023.
 - ✓ Source DB (SOFTNOISE®).
 - ✓ Base of aircraft data (BADA).
 - ✓ Hiroyuk, Yasumori, Motoharu , & Sunao, 2003 (Ruido de voladuras).

Los resultados de las simulaciones de ruido para cada uno de los grupos de fuentes de emisión, así como para los escenarios completos se obtienen mediante la interpolación interna del Software Predictor Lima.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Los datos crudos de las simulaciones son descargados de los software de simulación y procesados en aplicativos SIG Para obtener los conjuntos de isófonas objeto de análisis para cada uno de los escenarios evaluados.

El procesamiento sigue en la superposición de aportes por diferentes grupos de fuentes de emisión acústicas considera el álgebra de mapas necesaria considerando las características matemáticas de la variable ruido ambiental utilizando como método de edición de capas la fórmula:

$$dB_{total} = 10 \cdot \log_{10} \cdot (10dB1/10 + 10dB2/10 + +10dBn/10)$$

En todos los casos la simulaciones de propagación de ruido e incluyen el aporte de presión Sonora de cada uno de las fuentes evaluadas sin tomar en consideración ruido residual presente en el área de estudio, dadas las dificultades naturales asociadas a la caracterización de elementos particulares del entorno tales como presión acústica aportada por fauna endémica o actividades humanas que generen emisiones acústicas diferentes a las asociadas actividades industriales o comerciales Ajenas a las capacidades de los software de simulación de propagación de ruido ambiental o a la parametrización de las mismas.

En el caso particular de la representación temática de los resultados de monitoreo de ruido ambiental obtenidos en campo, se realiza por herramientas de interpolación disponible en software SIG de los resultados de campo punto a punto obtenidos para los horarios diurno y nocturno en jornadas hábiles y no hábiles. Vale la pena aclarar que las isófonas asociadas a la representación temática de resultados de ruido obtenidos por laboratorio acreditado, se conciben únicamente como una representación esquemática de observaciones de campo sin considerar patrones de propagación acústica.

2.3.4.11 Vibraciones

Dada la inexistencia de metodologías planteadas por la Autoridad Nacional del Licencias Ambientales (ANLA) en los *“Términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica”* en lo asociado a monitoreos de vibraciones, la compañía plantea:

Realizar muestreos de vibraciones conforme a lo dispuesto en la DIN 4150 en la zona de estudio, orientados a caracterizar la emisión natural, así como en las áreas cercanas a ubicaciones proyectadas de instalaciones o actividades que sean generadoras de vibraciones.

2.3.4.11.1 Sensores sísmicos y equipo usados

Las mediciones de vibraciones fueron ejecutadas utilizando sensores sísmicos y equipos de almacenamiento y procesamiento de datos que permitieron evaluar los diferentes parámetros de aceleración y velocidad. Estos sensores dieron como resultado la aceleración del suelo en tres ejes ortogonales desde 2 Hz a 250 Hz. La referencia de los equipos utilizados es: Minimate Plus, Blastmate III. Los certificados de calibración del equipo reposan en los anexos (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiotico\5.1.12. Vibraciones\1. Certificados de calibración). En la **Figura 2-79** se presenta la ubicación espacial de las estaciones solicitadas.

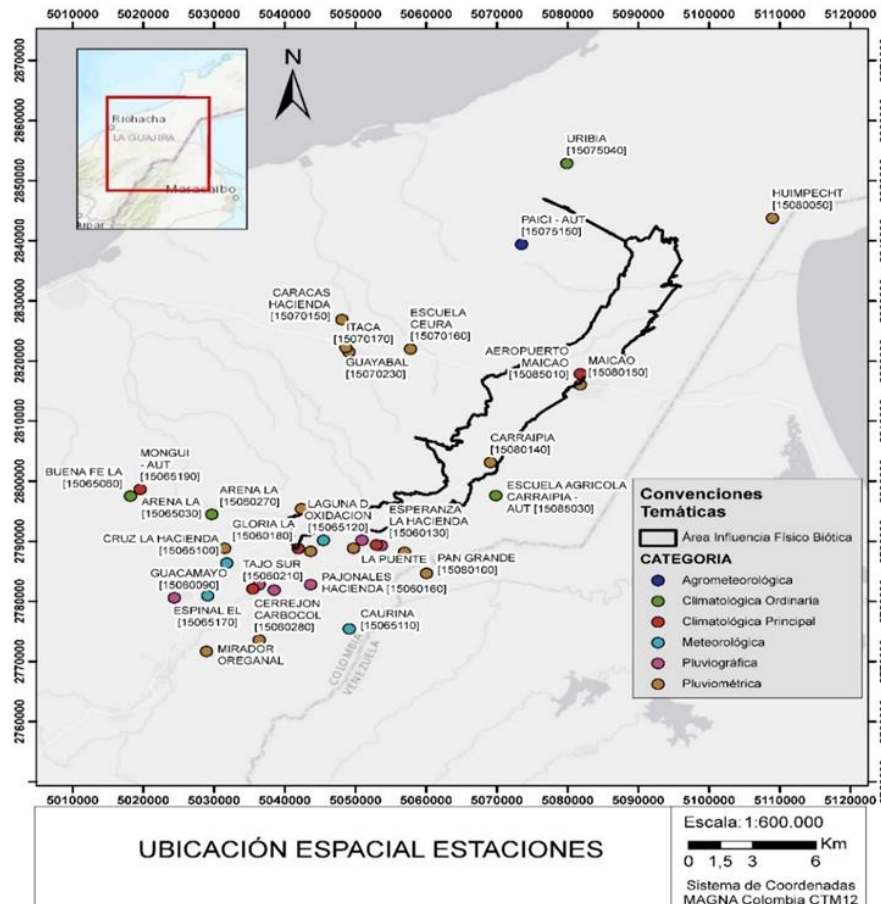


Figura 2-79 Ubicación espacial de las estaciones

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

2.3.4.11.2 Criterios de selección y número puntos de monitoreo de vibraciones

De conformidad con lo expuesto en los “*Términos de referencia para la elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de explotación minera*” en el subnumeral 5.1.8.6.4 Vibraciones, fueron usados los siguientes criterios para la selección de puntos de monitoreo:

- **Número de puntos de monitoreo:** 8
- **Criterio N° 1 para selección de punto de monitoreo:** Infraestructura vial cercana a los sitios donde se proyecta torres con voladura.
- **Criterio N° 2 para selección de punto de monitoreo:** Infraestructura de vivienda cercana a los sitios donde se proyecta torres con voladura.
- **Condiciones para el monitoreo de vibraciones:** Monitoreo al aire libre.

2.3.4.11.3 Marco normativo usado para el análisis de monitoreos de vibración

La normatividad alemana DIN 4150 (*Deutsches Institut für Normung*) en su tercera parte trata los efectos de vibraciones producidas interna o externamente sobre edificaciones. Para la valoración de la afectación usando este criterio, las velocidades y frecuencias debidas a las cargas dinámicas, se comparan con los valores de la norma (ver **Tabla 2-78y Figura 2-80**). Partiendo de los tiempos de actuación de las vibraciones aparecen tres criterios de aceptación:

- Vibraciones estructurales de corta duración (transitorias).
- Vibraciones estructurales permanentes.
- Vibraciones permanentes particulares de la mampostería.

Esta norma tiene como objetivo establecer vibraciones límite para evita la pérdida del uso habitual del edificio. La reducción del uso habitual de una edificación pro-efecto de las vibraciones incluye la afectación de la estabilidad del edificio o de alguno de sus componentes.

En la **Figura 2-80**, se muestran los valores de las velocidades máximas para la cimentación. Si se cumplen estos valores, ningún efecto dinámico debería producir daños importantes para provocar la pérdida de servicio del edificio cosa que supondría que la posible aparición de patologías tendría otras causas. En cambio, el hecho de superar estos valores no supone obligatoriamente la aparición de daños. En la **Tabla 2-78** se presentan los resultados del análisis de completitud de datos para cada una de las estaciones seleccionadas de las cuales 4 cumplen con los criterios establecidos.

Tabla 2-78 Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA		
	<10 Hz	10-50Hz	50-100 Hz
Comercial e Industrial	20	20-40	40-50
Viviendas y Edificios	5	5-15	15-20
Estructuras delicadas, muy sensibles a la vibración	3	3-8	8-10

Fuente: Norma DIN 4150, 1985.

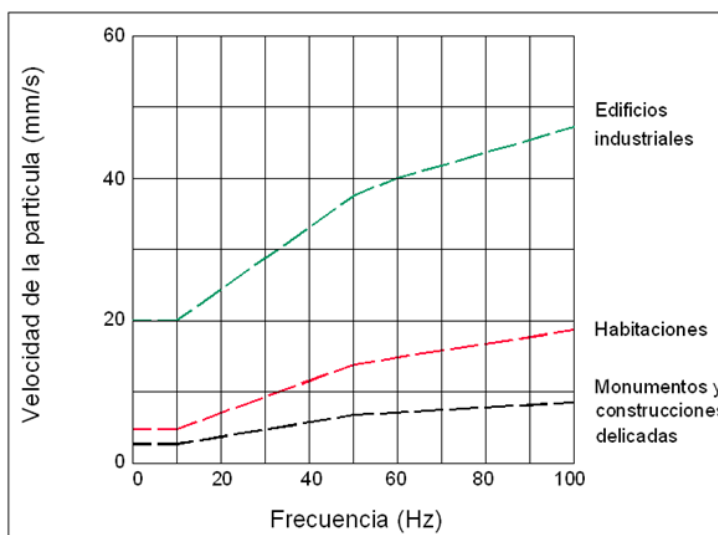


Figura 2-80

Gráfico de velocidad vs frecuencia según la norma alemana DIN 4150

FUENTE: Norma DIN 4150, 1985

2.3.4.11.4 Monitoreo de Vibraciones

El enfoque para la evaluación general fue definir ocho puntos de medición que permitan determinar la vibración global de la superficie del suelo en función de la distancia desde la fuente. Las coordenadas de los puntos de monitoreo son expuestas en la **Tabla 2-79** y su representación cartográfica en la **Figura 2-81**.

Tabla 2-79 Coordenadas de los monitoreos de vibraciones

ID MONITOREO VIBRACIONES	TORRES DE REFERENCIA	ESTE	NORTE
No 1	102	5059240,68	2795386,03
No 2	106	5056784,78	2794260,01
No 3	111 y 112	5054299,26	2792980,01
No 4	126 B	5048169,99	2793125,33

ID MONITOREO VIBRACIONES	TORRES DE REFERENCIA	ESTE	NORTE
No 5	132 VC	5044911,88	2792731,93
No 6	141 BN y 142B	5042034,22	2793226,97
No 7	122 VC1	5049736,53	2792464,52

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

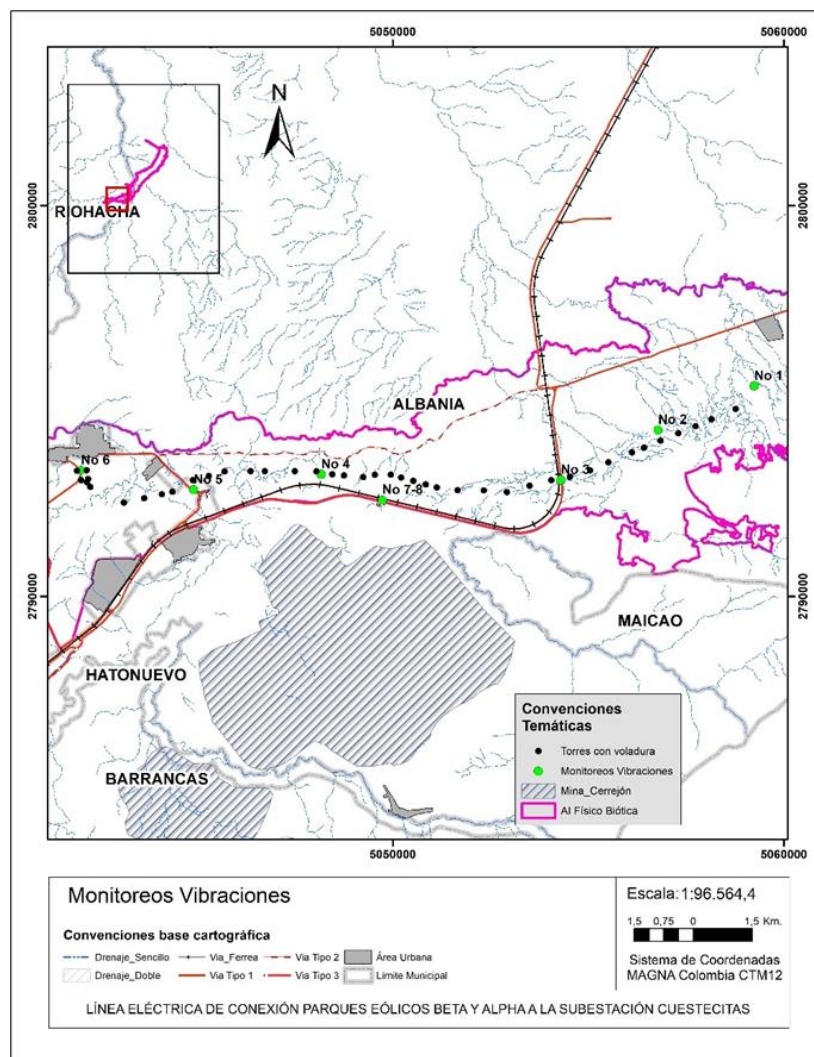


Figura 2–81 Localización general de los monitoreos de vibraciones realizados

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

2.3.5 Medio biótico

Para el desarrollo de este componente se tuvo en cuenta los Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA para los proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TDR-17) emitido mediante Resolución 075 del 18 de enero de 2018 expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y la Metodología General para la Presentación y Elaboración de Estudios Ambientales (2018), expedida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA y el MADS.

2.3.5.1 Ecosistemas Terrestres

A nivel general, la determinación de los ecosistemas terrestres se realiza a partir de la definición de los biomas y las coberturas de la tierra, estando muy relacionados con la geomorfología y el clima regional del área de análisis, razón por la cual se describe las zonas de vida y las unidades biogeográficas.

Para la identificación de ecosistemas se siguió lo indicado en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales, que indica que se debe “delimitar e identificar ecosistemas naturales y transformados en el área de influencia del proyecto, a partir del Mapa de Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia versión 2.1, escala 1:100.000 (2017) y de su Memoria técnica (IDEAM et al., 2017)⁶²”, en la **Figura 2-82** se generaliza la metodología para la obtención del mapa de ecosistemas, según la Memoria técnica.

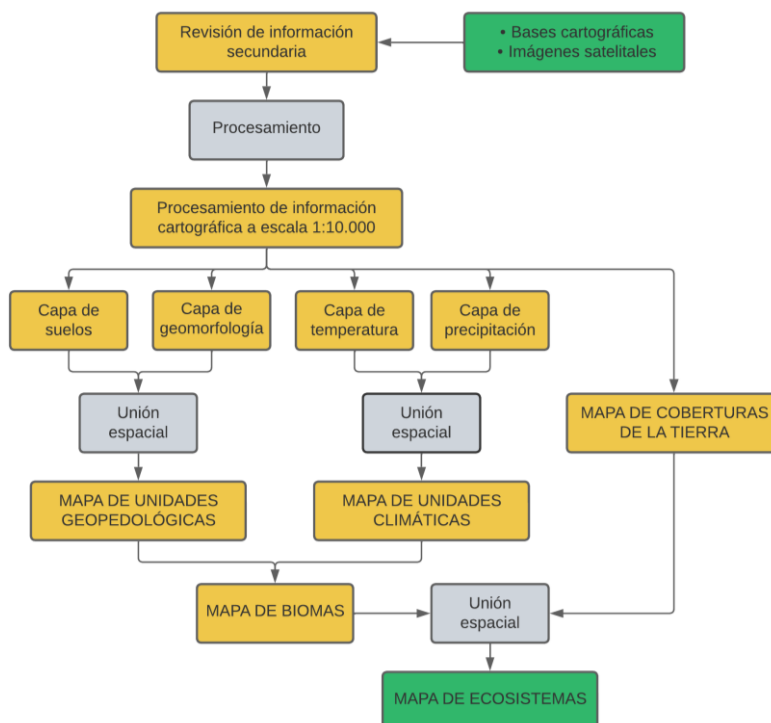


Figura 2-82 Esquema metodológico del procesamiento cartográfico

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Siguiendo estas indicaciones, el mapa de ecosistemas se realizó en dos etapas, un mapa de ecosistemas preliminar y uno definitivo, donde el preliminar se utiliza antes de la etapa de campo para conocer los ecosistemas y así mismo establecer un esfuerzo de muestreo necesario para el levantamiento de información del componente de flora, mientras para el componente fauna y demás, la unidad mínima de análisis fueron las coberturas, posterior a esto, se define un mapa de ecosistemas definitivo con información primaria recopilada en campo que corresponde tanto para los componentes de geomorfología, geología y suelos como de coberturas de la tierra.

⁶² MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE–Minambiente & AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES–ANLA. METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES. Bogotá: Minambiente, 2018.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- **Etapa preliminar**

Para la etapa preliminar, se elaboró el mapa de ecosistemas terrestres, a partir del mapa de ecosistemas terrestres y continentales a escala 1:100.000 y el mapa de unidades biogeográficas continentales a escala 1:100.000, como primera medida se realizó la superposición del mapa de Biomas (resulta del álgebra del mapa de clima según metodología Caldas–Lang y mapa de geopedología con información respectiva de geomorfología, suelos y unidades geológicas a escala 1:25.000 obtenido de la plataforma de datos abiertos del IGAC) y el mapa de coberturas de la tierra a escala 1:10.000.

Posterior a esto, a partir del mapa de geopedología y el mapa de climas, se aplicó la herramienta unión para definir el mapa de biomas inicial con tres (3) biomas representativos, Zonobioma, helobiomas e hidrobiomas. Una vez definido los biomas, con el fin de representar los ecosistemas del área de influencia a escala 1:10.000, se exportaron del mapa de coberturas en capa vectorial, las unidades correspondientes de bosque de galería y ripario y zonas pantanosas, establecidas según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia se utilizaron para definir los helobiomas, apoyándose igualmente con la información vectorial de drenajes sencillos, para posteriormente aplicar la herramienta unión y profundizar en la definición de los helobiomas. Igualmente, se exportaron todas las coberturas de superficies de agua, entendidas como ríos, canales, lagunas, lagos y ciénagas naturales y cuerpos de agua artificiales (jagüeyes), para definir los hidrobiomas del área de influencia, todo lo restante se definió como Zonobioma el cual se caracteriza por ser áreas que no se encharcan ni poseen una cota de inundación, suelen estar conformadas por lomeríos, terrazas, cerros entre otras unidades geomorfológicas que cuentan con dichas características y no poseen restricciones edáficas.

Por último, se cruzó la información de los biomas con el mapa de coberturas con el objeto de definir los ecosistemas naturales y transformados. Esta superposición da como resultado las unidades ecosistémicas; para posteriormente obtener la identificación de ecosistemas. La escala de salida del mapa de ecosistemas preliminar es de 1:10.000, como el de coberturas de la tierra.

- **Etapa definitiva**

Para esta etapa, se actualizó el mapa de ecosistemas definitivo con base a la información primaria recolectada en campo por los componentes de suelos, geología, geomorfología, hidrología y climatología, cuya representación se entregará a escala 1:10.000.

Igualmente, en la etapa de campo se realizaron ajustes o correcciones a las coberturas previamente identificadas en la etapa preliminar, las cuales sirvieron de insumo para la actualización del mapa de ecosistemas definitivo del área de influencia que igualmente será entregado a escala 1:10.000.

2.3.5.1.1 Flora

La caracterización florística se aborda en tres grandes etapas, una etapa precampo o de preparación; una etapa de campo que corresponde a la toma de información primaria y una etapa de oficina que corresponde a los ajustes, filtro y procesamiento de la información para la elaboración del documento (Figura 2-83).



Figura 2-83 Esquema general de la caracterización Florística

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

• Etapa precampo

La primera etapa metodológica corresponde al desarrollo de actividades anteriores a la etapa de campo, durante la que se realizó la revisión documental, cartográfica y definición de tipo de inventario (definición de la muestra, tamaño y forma de unidad muestral), (Figura 2-84).



Figura 2-84 Esquema de la etapa preliminar

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Durante la caracterización del componente flora, se planteó una revisión documental específica para el área de estudio, que incluye los listados de flora con potencial de distribución en la zona, metodologías actualizadas para la descripción de la vegetación, colección de muestras botánicas y elaboración del documento.

En esta etapa se revisaron datos climáticos para la identificación de la zona de vida, la información de suelos y geomorfología para generar las unidades geopedológicas. Posteriormente, con el cruce de esas capas se definieron preliminarmente los distritos biogeográficos. Paralelo a esta labor y tomando como referencia la información de biomas, de las actividades de la comunidad y la información biótica de

estudios del área, se realizó la identificación de coberturas de la tierra, a partir de la metodología adaptada para Colombia Corine Land Cover (IDEAM, 2010)⁶³.

Se identificaron las zonas de vida para el área de influencia de acuerdo con el sistema de clasificación propuesto Leslie R. Holdridge⁶⁴, considerando las condiciones climáticas del área de influencia, a partir de la caracterización climática del proyecto, el diagrama se presenta en la **Figura 2-85**. El área de influencia del estudio de impacto ambiental-EIA para el proyecto de línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a subestación Cuestecitas se encuentra dentro de las zonas de vida de bosque muy seco tropical y bosque seco tropical (bs-T).

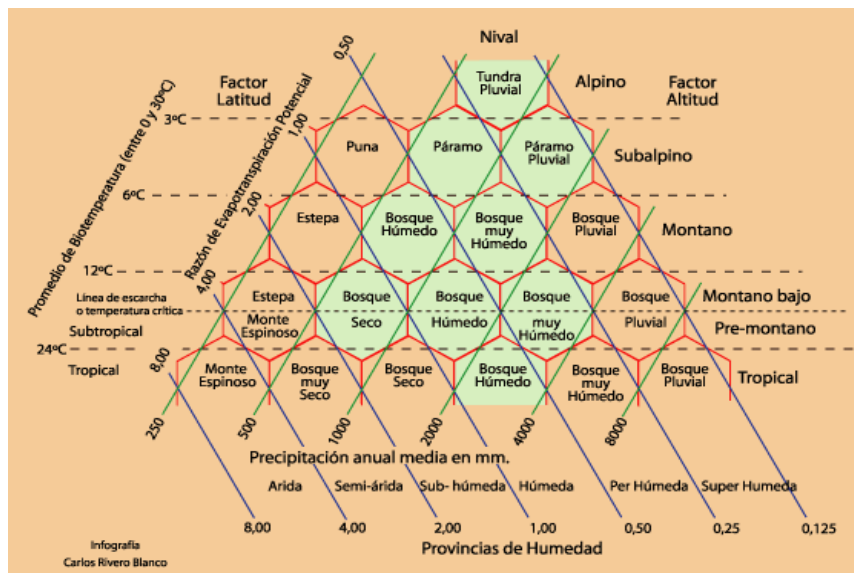


Figura 2-85 Diagrama para la clasificación mundial de zonas de vida de Holdridge

Fuente: Holdridge, 1967

La descripción de las zonas de vida no sólo ha tenido en cuenta la definición realizada por Holdridge, también incluyó las condiciones actuales del área, relacionando el estado natural de la zona de vida y el estado actual, es decir que por ejemplo el bosque seco tropical colombiano se encuentra intervenido y modificado, lo que hace que se trate de un bosque fragmentado con presencia de coberturas de vegetación secundaria, cultivos agrícolas y pastos.

Para el área de influencia se identificaron las provincias biogeográficas de cinturón árido Pericaribeño dentro del distrito Baja Guajira y Alto Cesar, la provincia de Sierra nevada de Santa Marta dentro del distrito Marocaso, y en la provincia Norandina con el distrito Perijá, para su identificación se consultó la página del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Posteriormente, se contrastó la descripción de los distritos biogeográficos con la caracterización en la línea base de sus respectivos mapas, geofomas y zonificación climática, se realizaron los ajustes y se obtuvo el resultado.

La definición de las unidades de cobertura de la tierra se realizó con el apoyo de imágenes satelitales, la cual en este caso se trató de imágenes de resolución de 0,5 x 0,5 metros, con una profundidad del pixel de 16 bits con cuatro (4) bandas y fecha del 24 de enero de 2022. Adicionalmente, se utilizaron ortofotos de la vía de acceso a Beta en la fotointerpretación, cuyo análisis se relaciona con la interpretación de la capa de la cobertura de la tierra (CoberturaTierra). Con estas imágenes se realizó una interpretación donde el área mínima cartografiable fue de 0,16 ha, exceptuando los cuerpos de agua, los cuales sin importar su

⁶³ IDEAM. (31 de 08 de 2018). IDEAM. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

⁶⁴ Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

tamaño se delimitaron y determinaron, de igual forma se delimitaron todas las vías a partir de un ancho de cinco (5) metros, esto con el fin de lograr una presentación espacial a escala 1:10.000. Con esta se definieron las formas y los contornos de las coberturas de acuerdo con los niveles propuestos por la metodología Corine Land Cover⁶⁵. Llegando en algunos casos a nivel 5 en la metodología CLC.

Para definir los contornos de las unidades de cobertura se partió de una gran matriz compuesta por bosques, los cuales han sido intervenidos para el desarrollo de cultivos y de pasturas, además se encontró algún desarrollo de áreas o territorios artificializados, representados en la vía, tejido urbano discontinuo y tejido urbano continuo.

Para el reconocimiento de superficies de agua se consideró una combinación de bandas que resaltara y diferenciara los cuerpos de agua de las demás coberturas según su reflectancia, además para estas coberturas no se tuvo en cuenta el área mínima cartografiable de 0,16 ha, se tuvo en cuenta un área mínima cartografiable de 0,0015 ha, llegando a el manejo de una escala 1:1.000 para lograr dicha determinación, esto se definió debido a que en la región es común encontrar cuerpos de agua artificiales entendidos como jagüeyes que sirven como reservorios de agua para consumo humano y actividades agrícolas y pecuarias. Para la delimitación de canales se consideró su linealidad y continuidad propio de las redes viales, sin embargo, estas se diferenciaban porque se contemplaba en la imagen el espejo de agua almacenado en el canal.

La descripción y clasificación de unidades de cobertura de la tierra se presenta como se describe en la **Tabla 2-80**.

⁶⁵ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2010). Leyenda Nacional de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá D.C.

Tabla 2-80 Clasificación de la cobertura de la tierra de Corine Land Cover

Código & nombre	NIVEL 1		NIVEL 2			NIVEL 3			NIVEL 4		
	Color	r-g-b - símbolo	Código & nombre	Color	r-g-b - símbolo	Código & nombre	Color	r-g-b - símbolo	Código & nombre	Color	r-g-b - símbolo
1. TERRITORIOS ARTIFICIALES	(78-78-78)	TAR	1.1. Zonas urbanizadas	(178-178-178)	Zu	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	(170-165-170)	Tud			
			1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	(60-60-60)	Zicf	1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	(75-75-70)	Rvf	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	(90-95-90)	Rv
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	(227-138-79)	TAG	2.1. Cultivos transitorios	(255-170-0)	Ct	2.1.2. Cereales	(255-201-10)	Cre	2.1.2.1. Arroz	(255-212-0)	Arz
									2.1.2.2. Maíz	(255-224-51)	Miz
			2.2. Cultivos permanentes	(255-255-190)	Cp	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	(205-170-102)	Cpa	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	(243-255-200)	Ocpa
									2.2.2.2. Café	(137-112-68)	Caf
						2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	(215-215-158)	Cpb	2.2.2.3. Cacao	(150-120-74)	Cac
									2.2.3.2. Palma de aceite	(217-176-115)	Pac
			2.3. Pastos	(255-255-0)	P	2.3.1. Pastos limpios	(242-237-0)	Pl			
						2.3.2. Pastos arbolados	(255-255-115)	Pa			
						2.3.3. Pastos enmalezados	(217-229-130)	Pe			
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI NATURALES	(0-115-76)	BAS	3.1. Bosques	(56-168-0)	B	3.1.1. Bosque Denso	(92-204-33)	Bd	3.1.1.1. Bosque Denso Alto	(48-207-33)	Bda
									3.1.3.1. Bosques fragmentados con pastos y cultivos	(127-143-0)	Bfpc
						3.1.3. Bosque fragmentado		Bf	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	(31-99-0)	Bfvs
						3.1.4. Bosque de galería y ripario	(112-168-0)	Bgr			
			3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	(230-230-0)	Anha	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	(105-205-102)	Vst	3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta	(137-205-102)	Vsa
									3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja	(152-230-0)	Vsb

Código & nombre	NIVEL 1		NIVEL 2			NIVEL 3			NIVEL 4		
	Color r-g-b - símbolo		Código & nombre	Color r-g-b - símbolo		Código & nombre	Color r-g-b - símbolo		Código & nombre	Color r-g-b - símbolo	
5. SUPERFICIES DE AGUA	(0-169-230)	SA	5.1. Aguas continentales	(0-197-255)	Acn	5.1.1. Ríos	(151-219-242)	R			
						5.1.3. Canales	(122-142-245)	C			

Fuente: Adaptado de ANLA 2014.

Con la definición de ecosistemas y coberturas de la tierra se obtuvo el insumo para realizar el planteamiento del muestreo, seleccionando los ecosistemas de mayor tamaño, las áreas de mayor intervención del proyecto y la distribución en el área de influencia.

- **Muestreo de flora**

Para el área de influencia se definió un muestreo estratificado al azar, este tipo de muestreo toma el ecosistema como estrato (CATIE, 2002)⁶⁶. A cada estrato se le realizó un muestreo particular, identificando forma y tamaño de las parcelas, además en cada cobertura se cumplió con los parámetros de error inferior al 15% y probabilidad del 95%.

El tipo de muestreo se definió teniendo en cuenta que los bosques fragmentado y bosques de galería en general corresponden a coberturas más desarrolladas, por lo que presentan árboles de altura, diámetro y copas superiores, comparados con los de vegetación secundaria. Así mismo, el desarrollo arbóreo en zonas abiertas como pastos es diferente con respecto a zonas como los bosques, donde deben competir por la disponibilidad de luz, los nutrientes y por el espacio, estas diferencias pueden ser notables aun en árboles de la misma especie. Por lo anterior, el muestreo estratificado al azar es recomendable para reducir la variabilidad de la muestra y así obtener resultados más precisos en cada cobertura o ecosistema, ya que permite dividir en estratos homogéneos la población heterogénea a muestrear y a su vez aplicar un método de muestreo sistemático en cada estrato homogéneo, lo que permite disminuir el esfuerzo de muestreo al momento de alcanzar el error menor al 15%, manteniendo un grado de confiabilidad del 95% para cada estrato; garantizando la probabilidad de escogencia de cualquier área para ser muestreada.

Los aspectos analizados a cada estrato corresponden a composición y estructura de la vegetación. De tal manera que la muestra (total de parcelas levantadas), debe ser representativa del ecosistema, en el cual se pueden hacer inferencias acertadas de los valores que caracterizan a la población. De acuerdo con lo mencionado, la muestra debe cumplir con estas condicionantes (CATIE, 2002)⁶⁷.

La primera, que sea representativa de la población o del área total del ecosistema, donde es necesario considerar las diferencias entre los valores reales de la población y los tomados en la muestra.

La segunda condición, que las unidades muestrales (parcelas) puedan ser determinantes para realizar inferencias acertadas acerca de la población, teniendo como referente que las unidades muestrales tengan el mismo tamaño.

Las actividades para realizar un muestreo estratificado al azar se resumen en la **Figura 2-86**. Como se puede ver, al momento de culminación del muestreo inicial, se procede a realizar el cálculo del error de muestreo, para verificar el número de parcelas adicionales necesarias, cuando éstas se elaboran, se repite el cálculo y se procede a ampliar la muestra para las coberturas que así lo requirieran.

⁶⁶ CATIE, C. A. (2002). Inventarios forestales para Bosques Latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica.

⁶⁷ Malleux (1982). Citado por CATIE, C. A. (2002). Inventarios forestales para Bosques Latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica.

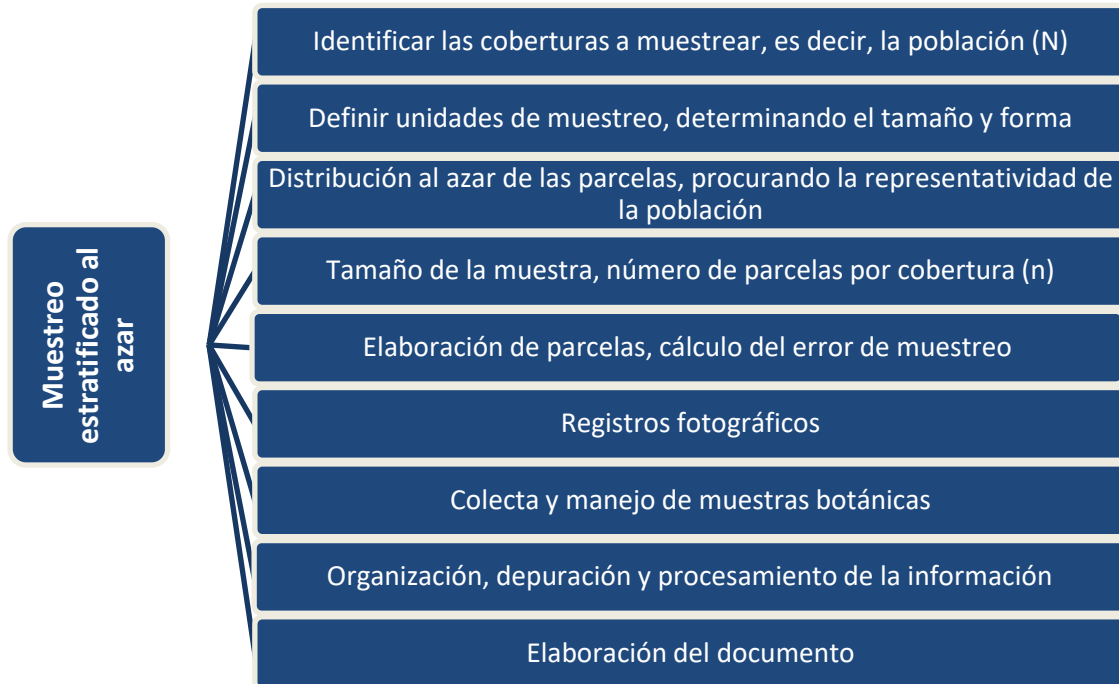


Figura 2-86 Actividades para realizar un Muestreo Estratificado al Azar

Fuente: Adaptado de CATIE, 2002

Para la realización del muestreo inicial se considera el levantamiento de alrededor de 10 parcelas para cada estrato de muestra o ecosistema, se considera preliminarmente que con un número aproximado a 10 parcelas se puede lograr el error de muestreo y la confiabilidad para cada uno de los ecosistemas, por cada uno de los biomas identificados a muestrear, los cuales, para este caso, aplicaría para el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar y Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca, **entre los cuales se definen alrededor de 150 unidades muestrales (Tabla 2-81) de las cuales se realizarían alrededor de 40 parcelas para el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, 60 unidades de muestreo para el Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar y 50 para el Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca registrados en el área de influencia del proyecto (Tabla 2-81).**

Tabla 2-81 Cantidad de unidades de muestreo estimadas

BIOMA	NUMERO DE UNIDADES DE MUESTREO ESTIMADAS POR BIOMA	ECOSISTEMA	NUMERO DE UNIDADES DE MUESTREO ESTIMADAS POR ECOSISTEMA
Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	40	Arbustal abierto del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	10
		Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	10

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

BIOMA	NUMERO DE UNIDADES DE MUESTREO ESTIMADAS POR BIOMA	ECOSISTEMA	NUMERO DE UNIDADES DE MUESTREO ESTIMADAS POR ECOSISTEMA
		Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	10
		Pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	10
Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	60	Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César	10
		Bosque de galería y ripario del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	10
		Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César	10
		Pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	10
		Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	10
		Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	10
Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	50	Bosque de galería y ripario del Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	10
		Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y Montes de Oca	10
		Pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	10
		Vegetación secundaria baja del Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	10
		Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	10
TOTAL			150

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La unidad de muestreo tradicional usada en los inventarios forestales es la parcela y su utilización origina una distribución aproximada de la variabilidad de la población, lo cual permite inferir sobre la población estudiada. El tamaño de la muestra se compone del número de parcelas y por el tamaño de estas. El tamaño óptimo de la unidad muestral se puede determinar mediante diversos tamaños de parcela para

lo cual se utiliza el coeficiente de variación, pues “este parámetro estadístico permite realizar comparaciones de variables cuantitativas expresadas en tamaños diferentes” (CATIE, 2002)⁶⁸.

De acuerdo con lo aprobado en la resolución 02421 del 30 de diciembre de 2021 y posteriormente la resolución 000591 del 9 de abril de 2024, actos administrativos que otorgan a la sociedad Geocol Consultores S.A., permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales y se toman otras determinantes, se recomiendan las siguientes dimensiones de parcelas, las cuales se consideran para establecer la forma y la dimensión de las parcelas a utilizar para el levantamiento de la información, como se indica en la **Tabla 2-82**.

Tabla 2-82 Resumen de dimensiones de las unidades de muestreo consignadas en las resoluciones 02421 de 2021

COBERTURA O ARREGLO	CATEGORÍA DE TAMAÑO	
	Fustal	Regeneración Natural (Latizal, Brinzal)
Bosques de galería	100*10 o 50*20 (1000 m ²)	Para regeneración natural se realizarán al menos una subparcela al interior de cada parcela de fustal de 5*5 m (25 m ²) para la medición de latizales y 2*2 (4 m ²) para la medición de brinzales o renuevos.
Bosque fragmentado		
Vegetación secundaria alta o en transición		
Pastos arbolados	10*10 (100 m ²)	Para la regeneración natural se usa la misma área para el levantamiento de Latizales y brinzales.
Vegetación secundaria baja		
Arbustal denso y abierto	10*50 o 20*25(500 m ²)	Para regeneración natural se realizarán al menos una subparcela al interior de cada parcela de fustal de 5*5 m (25 m ²) para la medición de latizales y 2*2 (4 m ²) para la medición de brinzales.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Para la elaboración del componente flora para el EIA del proyecto línea eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a subestación Cuestecitas, se han propuesto las siguientes formas de parcela como se indica a continuación en la **Tabla 2-83**, esto teniendo en cuenta que en el área de influencia del proyecto se encuentran los bosques afectados por factores antrópicos y climáticos lo cual no permite que se presenten parches extensos de bosque de galería, por lo que se determina inviable la elaboración de parcelas grandes para este tipo de vegetaciones dominadas por individuos arbóreos, dado esto se define un área y forma de parcela menor a la definida anteriormente en la resolución 02421 de diciembre de 2021, que otorga a la sociedad Geocol consultores S.A., permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales y se toman otras determinantes, así como también se considera para otros tipos de vegetaciones.

De acuerdo a lo requerido por la autoridad ambiental en el mardo de la Reunión de Información Adicional, y la necesidad para adelantar actividades de caracterización del medio biótico, se procedió a radicar nuevamente el permiso de colecta con Resolución 000591 del 9 de abril de 2024.

Tabla 2-83 Resumen de dimensiones de las unidades de muestreo propuestas

COBERTURA	CATEGORÍA DE TAMAÑO	
	Fustal	Regeneración Natural (Latizal-Brinzal)
Bosque de galería y/o ripario	40*10 (400 m ²)	Para la regeneración natural se estableció una subparcela al interior de cada parcela de fustal de 5*5 m (25 m ²) para la medición de latizales y 2*2 (4 m ²) para la medición de brinzales y renuevos.
Bosque fragmentado con vegetación secundaria alta		

⁶⁸ CATIE, C. A. 2002. Inventarios forestales para Bosques Latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica.

COBERTURA	CATEGORÍA DE TAMAÑO	
	Fustal	Regeneración Natural (Latizal-Brinzal)
Vegetación secundaria alta o en transición		No aplica
Arbustales densos y abiertos		
Pastos arbolados	100*10 (1.000 m ²)	
Vegetación secundaria baja	10*10 (100 m ²)	
Tierras desnudas y degradadas	100*10 (1.000 m ²)	

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Complementando lo mencionado en la **Tabla 2-83**, en donde se presenta la forma y tamaño de las parcelas, es preciso aclarar las categorías de tamaño. Estas están determinadas por el estado de desarrollo de cada individuo y se clasifican de acuerdo con Rojas (1975)⁶⁹, quien propone una metodología para el estudio de la regeneración natural de los bosques húmedos de Colombia, adaptando el muestreo diagnóstico a las condiciones de los bosques mixtos ubicados en la costa pacífica vallecaucana. A las categorías de tamaño las denomina clases naturales de edad que corresponden a los brinzales (individuos entre 10 y 150 cm de altura) que se registran dentro de las parcelas de 2 x 2 m, latizales (individuos entre 150 y 300 cm de altura) que se evalúan en las parcelas de 5 x 5 m y fustales (individuos con diámetros normales mayores de 10 cm) que se miden las parcelas más grandes.

Para el caso del estudio, los rangos de las categorías de tamaños para la regeneración se establecieron bajo una modificación de la metodología propuesta por Rojas y otros autores (2002) donde los renuevos o plántulas presentan altura inferior a los 50 cm, los brinzales se encuentran entre los 50 cm y 150 cm y finalmente los latizales corresponden con aquellos individuos que presentan altura superior a los 150 cm y diámetro menor a 9,9 cm⁷⁰.

También se determinaron los puntos de control que se realizaran para la validación y corrección del mapa de coberturas preliminar, esto permitirá la elaboración y salida del mapa de coberturas final y aterrizado a lo que se presenta actualmente en el área de influencia.

La determinación de estos puntos se realiza por medio del cálculo del error muestral con el fin de poder realizar y visitar el número de predios correcto para tener confiabilidad en la verificación y corrección de las coberturas, así mismo, estos puntos se ubicaron en los predios donde más existe incertidumbre de verificación y delimitación de cada una de las coberturas.

La fórmula empleada para el cálculo de número de predios a verificar por cada cobertura es la fórmula de cálculo del error muestral para poblaciones finitas, del cual se despeja n (número de predios necesarios), obteniendo la siguiente formula:

$$n = \frac{\left(\frac{t_{\alpha}}{2}\right) * (CV\%)^2}{E\%^2 - \frac{\left(\frac{t_{\alpha}}{2}\right) * (CV\%)^2}{N}}$$

Donde:

n = Numero de predios a visitar.

$t_{\alpha/2}$ = Valor T-student, para el caso de estudio es de 2.7765.

$CV\%$ = Coeficiente de variación, para el caso de estudio es de 15%.

⁶⁹ ROJAS, A. M. 1975. Un enfoque para el estudio de la regeneración natural de los bosques húmedos de Colombia. Citado por Melo Cruz, O. A., & Vargas Ríos, R. 2003. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima.

⁷⁰ Rojas, A., Suárez, J., Guauque, J., & Rodríguez, E. (2002). Guía técnica para la ordenación y manejo sostenible de los bosques naturales. Gente Nueva.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

N = Número de predios por cobertura.

$E\%$ = Error relativo, para el caso de estudio es de 5%.

- **Etapa de campo**

Los puntos de control se registraron en formatos como el que se presenta en [la ruta 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.2 Medio Biotico\5.2.1.1.1 Flora arbórea](#), dicha verificación se realiza por medio de una evaluación visual a nivel de suelo, al igual que por medio de una evaluación visual por medio de imágenes aéreas tomadas por dron en campo.

Una vez verificados los puntos de control de las coberturas, se tomó la información primaria preliminar del componente de geomorfología y se estableció un nuevo mapa de biomas y ecosistemas bajo el cual se realizó el levantamiento de la información primaria para la caracterización de flora.

- **Levantamiento de información a través de parcelas**

Cada comisión de campo incluyó un profesional acompañado por auxiliares de campo⁷¹, para la determinación de los nombres comunes y usos de las especies inventariadas. Se realizó el respectivo trazado de las parcelas y se desarrolló la medición de los diferentes datos como circunferencia a la altura del pecho (CAP), altura total (HT) y altura comercial (HC) de acuerdo con la información contemplada en los respectivos formularios.

Cada parcela fue georreferenciada con GPS, incluyendo coordenadas de inicio y final, con el fin de facilitar su verificación una vez culminada la etapa de campo y procurando que el error del aparato fuese mitigado al momento de la revisión.

Al interior de cada parcela se midieron todos los individuos según su categoría de tamaño (fustal, latizal y brinzal). A cada uno se le tomaron medidas dasométricas, con lo que se calculó volumen y se obtuvieron los demás índices.

El DAP procede de la medición en campo de la circunferencia a la altura del pecho, que consiste en medir el perímetro del fuste. En campo se midieron hasta doce (12) circunferencias a la altura del pecho (CAP), en razón a que algunas especies presentaron bifurcaciones por debajo de los 1,3 m desde el suelo y, consecuentemente, era necesario medir todas las CAP para estimar con precisión el DAP de cada individuo (**Figura 2-87**). De otro lado, si el árbol presentó daños a la altura del pecho, el diámetro fue medido preferiblemente en la parte superior al sitio donde se localizó el daño (**Figura 2-88**), así mismo se presentaron algunos casos en los que el árbol se encontró inclinado y la medida a los 1,3 m se realizó siguiendo la inclinación del fuste, como otros criterios de medición según la forma de crecimiento del árbol (**Figura 2-88**).

⁷¹ Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Preparado por Jorge Fallas – consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/ CCAD/GIZ). San José, Costa Rica. 24 p

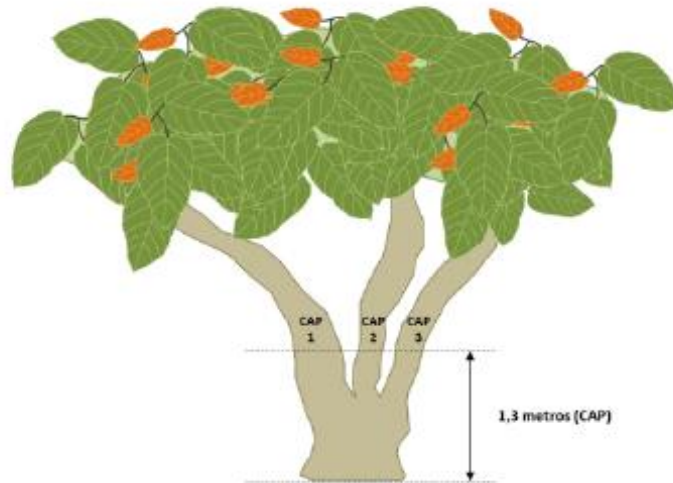


Figura 2-87 Esquema representativo para la toma del CAP en árboles bifurcados

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

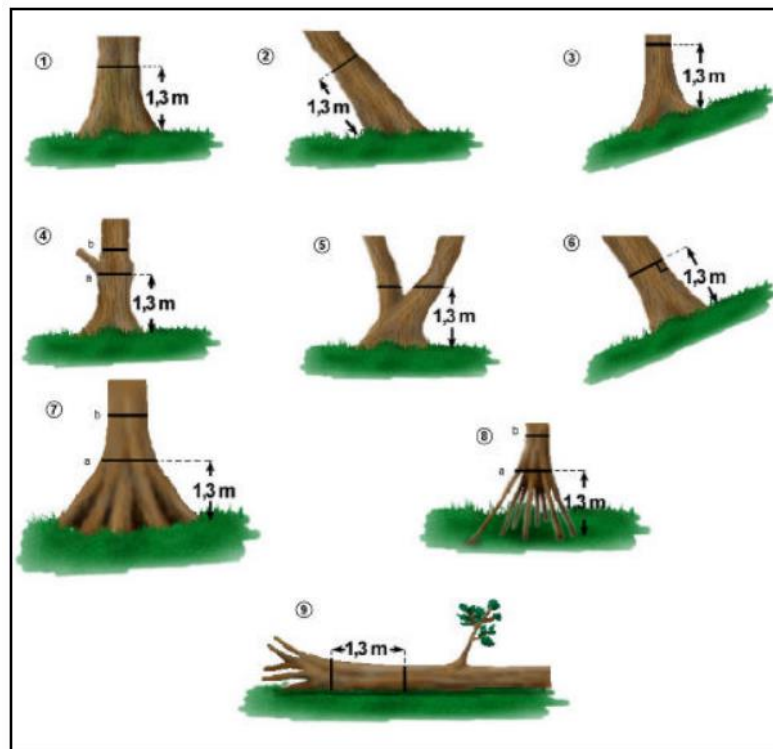


Figura 2-88 Medición diámetros árboles inclinados y con características especiales

Fuente: Tomado de Schlegel, Gayoso y Guerra (2001)

La altura del individuo se dividió en dos aspectos: Altura Total, dada desde la base del árbol hasta el ápice de este; Altura comercial o a la primera rama: dada desde la base del árbol hasta el inicio de la copa, la primera tomada para árboles y palmas y la segunda solo para arboles (Figura 2-89).

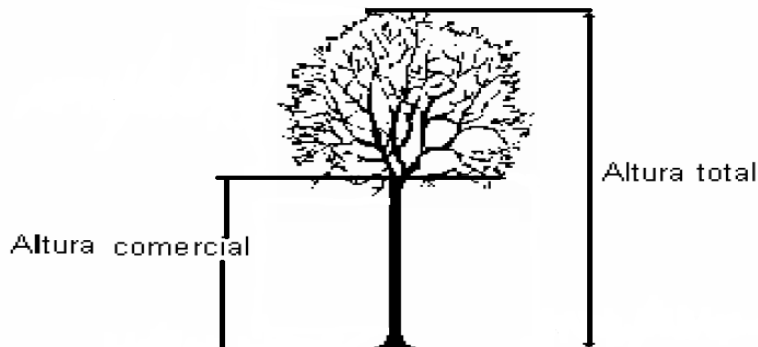


Figura 2-89 Medición alturas

Fuente: Tomado de MAVDT Guía OIMT 2002

En la **Fotografía 2-18** se evidencia la marcación empleada para las parcelas de caracterización en campo donde se identifica el consecutivo de la parcela y el número asociado a cada árbol dentro de la unidad de muestreo. Adicionalmente, se evidencia la forma en que se realizó la medición de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) empleando la cinta métrica.



Fotografía 2-18 Marcación y medición de fustales en parcelas de caracterización

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

El muestreo estratificado al azar fue el método seleccionado para realizar la caracterización florística, porque permite obtener información cualitativa y cuantitativa de acuerdo con los objetivos previstos y a la exactitud requerida (CATIE, 2002)⁷³. Este método además de permitir realizar la evaluación individual de los árboles también permite identificar volumen, composición, estructura y función de cada cobertura. El muestreo tiene como parámetro un error inferior al 15% y una probabilidad del 95%, para fustales en cada estrato definido (coberturas o ecosistemas arbolados), acorde a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015⁷². La muestra se identifica como estimador, que se encuentra en función de dos aspectos básicos: su tamaño y la forma en que esa muestra se haya extraído de la población. Para que esa muestra sea confiable se debe cumplir con los parámetros indicados en los términos de referencia y que han sido ratificados por diversas investigaciones y publicaciones de carácter científico y técnico (CATIE, 2002)⁷³.

Estadísticamente, la muestra es una parte representativa de la población, con la cual se pueden hacer inferencias acertadas de los valores de toda la población, como el volumen de madera en un área, el número de individuos, las especies, el tamaño de los árboles (diámetro y altura), diversidad, entre otros

⁷² Decreto 1076 de 2015; sección 5, artículo 2.2.1.1.5.7.

⁷³ CATIE, C. A. (2002). Inventarios forestales para Bosques Latifoliados en América Central. Turrialba, Costa Rica.

Luego, se procede a realizar por cobertura el cálculo de parcelas a levantar en el muestreo mediante la fórmula:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E\%^2}$$

Dónde:

- n: Número de parcelas a levantar en el estrato por ecosistema evaluado.
- t: El valor de t se obtiene de la tabla de t de Student con un nivel apropiado de probabilidad 95% y n-1 grados de libertad.
- CV: Coeficiente de variación.
- E%: Error de muestreo inferior al 15%.

Las parcelas fueron incluidas en la base de datos final para hacer un análisis iterativo hasta cumplir con los parámetros de probabilidad del 95% y error no mayor al 15% para individuos de tamaño fustal en cada estrato evaluado. Para el análisis de la regeneración natural se realizó al menos una subparcela al interior de cada parcela de fustal, en estas se incluye un análisis de la estructura horizontal, es decir, de la composición florística.

Cuando se cumplió con el número de parcelas estimadas en el muestreo se procedió a analizar la variabilidad de la muestra, calculando el error de muestreo con la probabilidad indicada.

○ **Levantamiento de información a través de inventario al 100%**

Todos los individuos con diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm encontrados en el área de intervención del proyecto fueron marcados con pintura asfáltica color amarillo y un código alfanumérico, adicionalmente se realizó una marca con pintura en la zona donde se realizó la medición de la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP).

Los individuos registrados fueron georreferenciados, además para cada uno de los fustales se tomaron datos de variables dasométricas tales como: circunferencia a la altura del pecho (CAP), altura total (Ht), altura comercial (Hc), altura a la base de la copa, diámetros de copa y estado fitosanitario. Para los individuos que presentaron reiteraciones o ramificaciones, éstas se marcaron con una letra en orden alfabético.



Fotografía 2-19 Marcación y medición de árboles fustales en inventario al 100%

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ **Colección de material botánico**

El tratamiento para la identificación botánica de las especies se realizó siguiendo la metodología propuesta en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (Villarreal et al.,

2006)77. El proceso de recolección de las muestras se realizó teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

Las muestras se colectaron cuando se trató de una especie poco común, en las que sus características no fueron fáciles de identificar. Para coleccionar las muestras, se realizó un corte limpio de una porción de aproximadamente 30 a 35 cm del segmento terminal de la rama⁷⁸.

En el formato de registros de campo se controló el número consecutivo de la muestra y se describieron algunas características importantes de la especie como presencia de exudado, color de las hojas y flores, características de la corteza y toda la descripción que pudiera ser útil para su determinación en herbario.

En el prensado de cada muestra de material vegetal se anotaron las iniciales del colector, número de la muestra (del colector) y nombre del proyecto (Villarreal et al., 2006). Para cada colección en campo, se tomó soporte fotográfico de aquellos caracteres importantes y diferenciales (Walters, 2018)⁷⁹.

Para mantener la integridad de las muestras colectadas, esta actividad se realizó en el menor tiempo posible después de la colección del material. Para ello, se tomó muestra por muestra y se colocó en papel periódico de modo que las hojas no quedaran amontonadas ni dobladas, y se procuró que unas mostraran el haz y otras el envés.

Luego se realizó el montaje de todos los especímenes, armando bloques bien alineados, evitando que el material vegetal se saliera del papel. Para tal efecto los periódicos se colocaron en forma de “T”, y sobre el centro se ubicó un bloque no mayor a 30 cm de alto. Los papeles se cerraron sobre el bloque y se amarraron con cordel plástico. En una bolsa plástica se colocaron uno o dos paquetes, con la porción expuesta en la parte superior. Posteriormente, de manera cuidadosa, se aplicó una solución de alcohol al 70% (Villarreal et al., 2006), que impregnara completamente las muestras. Luego se sellaron herméticamente las bolsas.

El material vegetal se envió a un experto en dendrología, quien realizó su respectiva identificación y posteriormente se realizó el proceso de entrega al herbario debidamente certificado para su herborización o disposición final. En las siguientes fotografías se evidencia el proceso de colecta que se desarrolló en campo y algunas de las muestras procesadas para posterior envío.



Fotografía 2-20 Registro fotográfico cuerpo lóxico

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

⁷⁷ Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Umaña, A. M. (2006). Manual de Métodos para el desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

⁷⁸ Herbario Forestal UDBC. (31 de 08 de 2018). Herbario U. Distrital. Obtenido de http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/images/stories/Guia_Para_la_Recoleccion_de_Material_Vegetal.pdf

⁷⁹ Walters, M. (31 de 08 de 2018). Como fotografiar y describir una planta para identificación. Obtenido de University of Canterbury: https://www.canterbury.ac.nz/media/documents/oexp-science/biological-science/Which-parts-of-the-plant-should-I-photograph_Matt_Walters_spanish.pdf

- **Etapas de oficina**

Se procedió con la actualización y modificación de las coberturas previamente definidas, con base a la información recopilada en campo de los puntos de control de coberturas, posteriormente se realizó la identificación del material vegetal con el fin de realizar la descripción de la caracterización florística. Una vez se tuvo la lista de especies identificadas, para cada ecosistema se realizó el análisis de curvas de acumulación, estructura horizontal y vertical, la identificación del volumen de madera por especie y por hectárea, así como el cálculo del área basal, la conversión de CAP a DAP y demás parámetros necesarios para el análisis de la caracterización de flora (**Tabla 2-85**).

- **Curva de acumulación**

En cada parcela se contó el número de especies nuevas encontradas, en la siguiente parcela este valor se sumó al número de nuevas especies registradas y se continuó. Cuando la curva alcanzó la asíntota y el número de especies nuevas no aumentó, se consideró una muestra significativa. Para dicho análisis en cada uno de los ecosistemas se empleó el programa EstimateS 9.1.

Los diferentes parámetros contemplados para evaluar la estructura horizontal y vertical de los ecosistemas se encuentran relacionados en la **Tabla 2-85**.

Tabla 2-85 Parámetros analizados para la determinación de la caracterización de la vegetación en los ecosistemas identificados

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FORMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
Estructura Horizontal		
Abundancia absoluta	Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.	$Aa = \text{No de individuos por especie}$
Abundancia relativa	Es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.	$Ar\% = \frac{\text{Nº de individuos por especie}}{\text{Nº de individuos en el área muestreada}} * 100$
Frecuencia absoluta	Es la relación porcentual de la presencia o ausencia de una especie en cada una de las unidades de muestreo, se agrupan en cinco clases.	$Fa = \frac{\text{Nº de unid. de muestra en que ocurre una especie}}{\text{Nº total de unidades de muestreo}} * 100$
Frecuencia relativa	Es la relación porcentual de la frecuencia absoluta de una especie dividida entre la sumatoria de todas las frecuencias absolutas de todas las especies.	$Fr\% = \frac{Fa \text{ de cada especie}}{\sum \text{Frecuencias absolutas}} * 100$
Dominancia absoluta	Es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas, siendo expresada como la sumatoria del área basal de todos los individuos de una especie.	$Da = \sum \text{de las áreas basales de todos los individuos de una especie tomados en la muestra.}$
Dominancia relativa	Es la relación porcentual entre el área basal de una especie y la sumatoria total de las dominancias absolutas de todas las especies tomadas en la muestra.	$Dr\% = \sum \frac{Da \text{ de cada especie}}{\sum \text{de áreas basales muestreadas}} * 100$
Índice de Valor de Importancia (IVI)	Es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie en el área muestreada.	$IVI = Ar\% + Fr\% + Dr\%$
Clases Diamétricas	Permiten de agrupar los árboles de un bosque dentro de ciertas categorías, de acuerdo con los valores máximos y mínimos de los diámetros, para el caso de los arbustales, mosaicos con espacios naturales y vegetación secundaria se ha usado la regla de Sturges ya que es una regla práctica acerca del número de clases	Clases diamétricas: $C = (X \max - X \min) / MM = 1 + 3.3 (\log n)$

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FORMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
	que deben considerar al elaborarse un histograma.	
Estructura Vertical		
Clases Altimétricas	Permiten de agrupar los árboles de un bosque dentro de ciertas categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos; los intervalos de clase o categorías.	$C = (X_{max} - X_{min})/MM = 1 + 3.3 (\log n)$ n: número total de individuos del grupo M: número de intervalos
Ogawa	Permite detectar la presencia de estratos mediante la elaboración de una gráfica a modelo bidimensional donde la altura total se tiene en cuenta para eje de las ordenadas y las alturas comerciales en el eje de las abscisas.	De acuerdo con los resultados se pueden obtener cuatro (4) tendencias de estratificación: A: Estratificación evidente a partir de conglomerados de puntos bien definidos. B: Evidencia de estratificación a pesar de la poca definición de los conglomerados de puntos. C: Dispersión de puntos sin estratificación, por la tendencia paralela al eje de abscisas correspondería a bosques homogéneos o a sucesiones tempranas. D: Dispersión de puntos sin estratificación, por la tendencia en forma de cola de cometa representaría a tipos de bosques más heterogéneos y maduros.
Posición sociológica	Indica el valor de importancia de las especies por los diferentes estratos que componen el bosque. Se definen los estratos de acuerdo con las características de cada cobertura, se cuenta el número de árboles que pertenecen a cada estrato y a partir de este se hallan los porcentajes de participación de cada estrato en la muestra, se divide en Diez. El valor obtenido de cada estrato se multiplica por el número de individuos de cada especie en el estrato correspondiente, posteriormente se suman los valores obtenidos en cada especie por estrato y ese es el valor de la posición sociológica.	$VF = \frac{n}{N} * 10$ VF= Valor Fitosociológico de cada estrato n= Número de individuos del substrato N=Número total de individuos muestreados Posición sociológica Absoluta de cada especie: $PsAbs = VF_{estrato(1)} * n + VF_{estrato(2)} * n + F_{estrato(x)} * n$ $Ps\% = \frac{PsAbs \text{ de cada especie}}{\sum PS \text{ Abs}} * 10$
Clases Altimétricas	Permiten de agrupar los árboles de un bosque dentro de ciertas categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos; los intervalos de clase o categorías.	$C = (X_{max} - X_{min})/MM = 1 + 3.3 (\log n)$ n: número total de individuos del grupo M: número de intervalos
Área Basal Y Volúmenes		
Área Basal	Se define como la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo.	$AB = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2$ DAP se realiza tomando el diámetro del fuste a una distancia desde el suelo de 1,3 m. $DAP = \sqrt{\sum DAP_i^2}$ Dónde: $\sum DAP_i^2$ es la sumatoria del cuadrado de cada uno de los diámetros medidos. DAP_i^2 es el diámetro de cada tallo a 1,3 metros elevado al cuadrado."
Volumen	Es considerado como el indicador del potencial o capacidad de producción del bosque; el volumen que se obtiene se refiere a árboles en pie y se calcula sobre la base del DAP, la altura y el factor de forma.	$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h * f$ Dónde: V: Volumen del árbol d: Diámetro a la altura del pecho al cuadrado h: Altura del fuste

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	FORMULA Y/O RANGOS DE ANÁLISIS
		f: Factor de forma El factor de forma o mórfico a emplearse, corresponde a 0.7 de acuerdo con lo documentado a través de ensayos, que describen que las especies latifoliadas del trópico arrojan un valor equivalente a 0.7 en su factor de forma (FAO, 1974).
Diámetro a la altura del pecho (DAP)	Se considera para el cálculo del DAP en los casos en los que en campo se toma la medida de la circunferencia a la altura del pecho (CAP).	$DAP = \frac{CAP}{\pi}$
Diámetro medio cuadrático	Corresponde al diámetro del árbol de área basal media y se obtiene empleando la siguiente ecuación.	$Dg = \sqrt{\frac{40000}{\pi} * \frac{G}{N}}$ Donde: Dg: Diámetro medio cuadrático G: área basal N: número de arboles

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Para estimar la riqueza de especies en los diferentes ecosistemas se calcularon los índices de diversidad alfa (α) y beta (β) (Whittaker, 1972)⁸⁰. En la diversidad Alfa, se incluyeron los índices de Riqueza específica y de Estructura; para la diversidad Beta se tuvieron en cuenta los índices de similitud-disimilitud. (Figura 2-90).

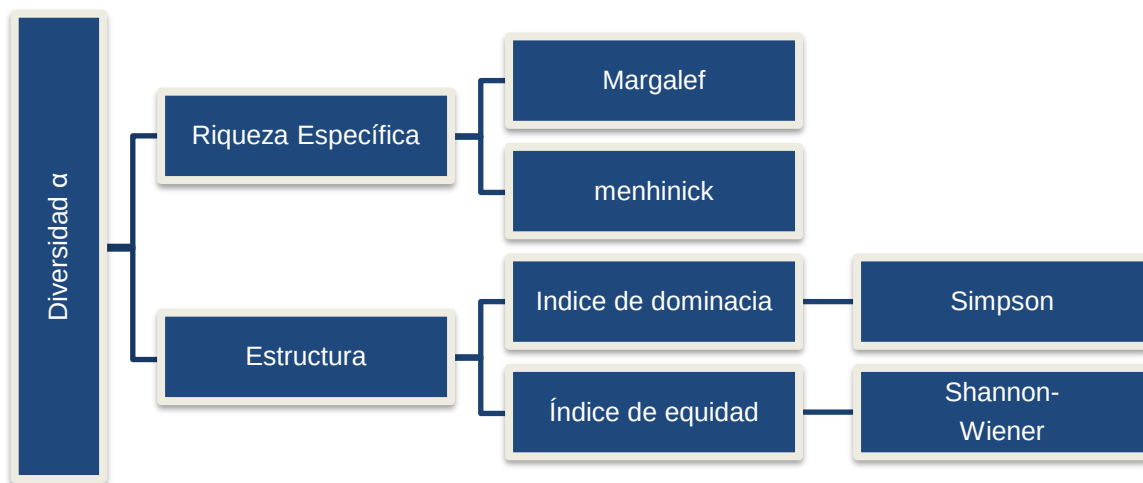


Figura 2-90 Métodos para medir la diversidad

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Riqueza específica

Se basa en el número de especies presentes, sin valorar la importancia de las especies, no tiene en cuenta el número de individuos por especie. Para su medición se han planteado (Moreno, 2001)⁸¹:

⁸⁰ Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon 21: 213-251 p.

⁸¹ Moreno, Claudia E. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, Volumen 1. Zaragoza. P 28.

- **Margalef**

Transforma el número de especies de la muestra a una proporción en la que las especies son añadidas por expansión de la muestra. Se supone una relación entre el número de especies y el número total de individuos. Si no se mantiene esa relación, entonces el índice varía con el tamaño de la muestra de forma desconocida. Cuando hay una especie el valor es cero.

- **Menhinick**

Es una relación del número total de especies y el número total de individuos de la muestra, para este caso de cada estrato o cobertura, como en el caso anterior aumenta el número de especies cuando aumenta el número de parcelas.

- **Índices de abundancia proporcional, Estructura**

Estos toman en cuenta el valor de importancia de cada especie (equidad) y los que además de la importancia incluyen el número total de especies de la comunidad (heterogeneidad). Debido al fuerte énfasis en la dominancia o la equidad de estos índices, se dividen específicamente en dominancia o equidad.

- **Índice de dominancia, Simpson**

Son parámetros inversos al índice de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin tomar en cuenta el resto de las especies.

El índice de Simpson es un cálculo de probabilidad de tomar dos individuos al azar de una muestra y que sean de la misma especie. Esto hace que estén fuertemente influidos por la importancia de las especies más dominantes.

- **Índice de equidad, Shannon – Wiener**

Es la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el promedio de incertidumbre de poder predecir a qué especie pertenece un individuo tomado al azar. El valor puede ser cero cuando sólo hay una especie y el logaritmo de S, cuando cada individuo pertenece a una especie distinta, es decir la máxima diversidad posible en la muestra. (Ver **Tabla 2-86**).

Tabla 2-86 Índices de Diversidad

ÍNDICES	VARIABLES	ECUACIÓN
Riqueza Específica		
Margalef (D _{Mg})	S= número de especies	$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$
	N= número de individuos	
Menhinick (D _{Mn})	S= número de especies	$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$
	N= número de individuos	
Estructura		
Simpson (λ)	$P_i = \frac{n}{N}$	$D_{Mg} = \lambda \sum P_i$
Shannon – Wiener (H')	n = número de individuos de la especie i N =Número total de individuos	$H' = \sum P_i \ln P_i$

Fuente: Adaptado de Moreno, 2001

- **Especies vedadas, endémicas, amenazadas o en peligro crítico**

Para definir las especies vedadas o catalogadas como en peligro, se realizó una revisión de los siguientes documentos:

- Resolución 0126 del 6 de febrero de 2024. “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Bases de datos de flora del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB) del IAvH⁸², Herbarios.
- Sistema Global de Información sobre Biodiversidad– GBIF.
- International Union for Conservation of Nature – IUCN: The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2.
- Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre. CITES (2012). Apéndices en rigor desde el 21 de mayo de 2023.
- Serie de Libros rojos de especies amenazadas de Colombia, del Instituto Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales–Universidad Nacional de Colombia y el Ministerio del Medio Ambiente.
- Acuerdo 003 del 22 de febrero de 2012 Expedido por la corporación autónoma de la Guajira (CORPOGUAJIRA), por el cual se declara la veda de cuatro especies forestales amenazadas, en el departamento de la Guajira y se adoptan otras disposiciones.

• **Regeneración natural**

Finalmente, para el análisis de la regeneración natural en cada tipo de cobertura, se emplean las variables y metodología anteriormente descrita para la caracterización de fustales en el aspecto de composición florística, cálculo de abundancia y frecuencia, con los respectivos análisis relativos (%) de estas variables.

Para la caracterización de la regeneración natural se sigue el mismo procedimiento metodológico descrito para la posición sociológica, pero cambiando los estratos por categorías de tamaño de la regeneración natural:

Ct1 = < 0,5 m.

Ct2 = 0.5 – 1.5 m.

Ct3 = >1.5 y DAP <10 cm.

Las categorías de tamaño se determinan en forma similar a la posición sociológica.

$$RN\% = \frac{A\%RN + F\%RN + Ct\%RN}{3}$$

RN% = Regeneración natural relativa.

A%RN = Abundancia relativa de la regeneración natural.

F%RN = Frecuencia relativa de la regeneración natural.

CT%RN = Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

2.3.5.1.2 Flora silvestre Vascular y No Vascular en otros hábitos de crecimiento

A continuación, se describen las diferentes etapas para la caracterización de flora silvestre vascular, no vascular y líquenes en otros hábitos de crecimiento.

• **Etapas Precampo**

○ **Revisión de información secundaria**

Se realizó una revisión bibliográfica e información secundaria para el área de estudio, con el fin de conocer las posibles especies de flora silvestre en veda. Adicionalmente, se obtuvo el mapa preliminar de coberturas vegetales y ecosistemas, estableciendo las unidades muestrales y el cálculo de parcelas

⁸² <http://www.sibcolombia.net/web/sib/home>

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

aproximadas por coberturas, dentro de los cuales se determinaron y realizaron los muestreos de flora epífita.

- **Etapas de Campo**

A continuación, se describe la metodología empleada para la selección de forófitos en cada una de las coberturas presentes en el área de influencia biótica y el área de intervención, [así como la caracterización de especies vasculares, no vasculares y líquenes de hábito epífita y especies que puedan presentar otros hábitos de crecimiento.](#)

- **Determinación del número de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita**

De acuerdo con las referencias descritas en la metodología de Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (RRED-analysis) (Gradstein et al, 2003)⁸³, se indica que, en México, alrededor de la mitad de las especies de epífitas vasculares se encontraron en 0,5 hectáreas de bosque, el 50% de las especies del Valle de Tehuacanas, Bolivia, ocurrió en menos de 0,1 ha, y así mismo el 50% de las especies en la montaña en La Carbonera, Venezuela, se identificó en 0,01 ha.

Respecto a las especies no vasculares, monitoreos de tres (3) y cinco (5) árboles arrojaron el 75 % y 80 % de la diversidad de briofitas y líquenes de una estación en el bosque tropical.

Se concluyó que con un muestreo de hasta doce (12) forófitos por hectárea de bosque es suficiente para obtener una representatividad superior al 80%. Sin embargo, las coberturas que presentan menor densidad de potenciales forófitos como es el caso de las coberturas antropizadas, se ajustó el número de unidades de muestreo (Forófitos) de acuerdo con el porcentaje de vegetación arbórea descrita para cada cobertura en la leyenda de Corine Land Cover, con el fin de obtener una representatividad de muestreo acorde al porcentaje de vegetación arbórea por unidad de cobertura.

Para la caracterización en el área de influencia se realizaron parcelas que cumplieran con la representatividad de muestreo de especies en veda (curvas de acumulación de especies), teniendo como soporte adicional el cumplimiento de los lineamientos de la metodología mencionada para el área objeto de solicitud.

Con base en la metodología implementada (Gradstein et al, 2003)⁸⁴, se considera que ocho (8) forófitos constituyen una muestra representativa en una (1) Ha para especies vasculares y cinco (5) para no vasculares.

Es importante aclarar que, para la flora silvestre en veda vascular, no vascular y líquenes de hábito epífita, se tuvo una representatividad de ocho (8) forófitos en cada una de las parcelas establecidas, aumentando así, el esfuerzo de muestreo para las especies no vasculares.

- **Selección de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita**

Se registraron, marcaron y [midieron especies arbóreas con DAP mayor o igual a 10 cm, sin embargo, en algunos casos se incluyeron individuos con un DAP inferior, esto debido a las diferentes coberturas presentes en el área de trabajo, ya que, por ejemplo, una cobertura de arbustal presenta condiciones diferentes en su composición y estructura.](#) Los árboles seleccionados como hospederos fueron georreferenciados y su identificación se realizó de acuerdo con el inventario forestal previamente realizado. (Fotografía 2-21).

⁸³ Gradstein, S.R., N.M. Nadkarni, T. Krömer, I. Holz & N. Nöske. (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity in tropical rain forests. Selbyana 24: 105-111.

⁸⁴ Ibid.

La selección de los forófitos se realizó de acuerdo con las especificaciones del método de Gradstein et al 200385, donde se establece que los árboles cercanos entre sí tienden a tener una flora epífita similar como resultado de la distribución agrupada de muchas especies de epífitas, por ello, la metodología menciona que como mínimo debe existir una distancia entre forófitos de 25 metros, de tal forma que las copas de los árboles muestreados no se superpongan, que sean arboles maduros y presenten cortezas rugosas donde es más fácil el establecimiento de las especies en veda.

De igual manera, árboles en los márgenes de los bosques deberían evitarse debido al potencial efecto de borde microclimático, por ello la selección de los forófitos para evaluación de la flora silvestre en veda en este estudio, se realizó de acuerdo con dichas especificaciones del método.

Sin embargo, teniendo en cuenta la distribución de los árboles, las características del área de influencia y las características de la cobertura vegetal, escases de los árboles, se seleccionaron árboles con una distancia entre 2 m y 25 m.



Fotografía 2-21 Selección de forófitos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

• Caracterización de Flora silvestre en veda

La caracterización de flora vascular, no vascular y líquenes en veda, se realizó en dos facetas, una de ellas fue realizar la caracterización en el área de influencia, lo que implicó seguir el método de ocho (8) arboles por parcela y la segunda fue la caracterización de los forófitos dentro del área de intervención y que serán sujetos de aprovechamiento forestal. Para la caracterización, se tuvo en cuenta la (•Determinación del número de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita) hasta establecer un esfuerzo de muestreo suficiente (curvas de acumulación de especies) para estimar la riqueza de especies de flora vascular, no vascular y líquenes, por cada ecosistema presente en el área de influencia y área de intervención. Es importante mencionar que, dentro del área de intervención se realizó la caracterización de alrededor del 98% de los forófitos caracterizados en el inventario forestal. Dentro del área de intervención, se tuvo en cuenta la determinación de la intensidad del muestreo, a partir del porcentaje potencial de área que tiene presencia de vegetación arbórea en cada ecosistema de la tierra a caracterizar con base a lo especificado en la metodología coberturas de la tierra Corine Land Cover adaptada para Colombia y que por ende este porcentaje será el área en la que potencialmente se hallarán forófitos. El cálculo de la representatividad del muestreo de especies en veda nacional bajo Resolución 0213 de 1977 del INIDERENA por cobertura de la tierra, para proyectos con área de intervención definida en el marco del licenciamiento ambiental, se ve reflejada en la Tabla 5 2 Número de forófitos total caracterizados en el área de intervención, del capítulo 5.2.1.1.2. Flora epífita, así como en el Anexo

⁸⁵ Ibid.



Fotografía 2-22 Toma de datos in situ

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- **Plantas Vasculares**

A continuación, se describe la metodología para la caracterización de flora silvestre vascular en veda y del proceso de colecta.

- **Plantas vasculares de hábito epífita**

Cada muestreo se llevó a cabo sobre un forófito en pie, el cual fue posible observar desde la base del tronco hasta las ramas más externas. La distancia de observación fue por medio del método descrito por Went (1940)⁸⁶, en áreas del hospedero donde la altura no permitió realizar el conteo de organismos, se hizo uso de binoculares y cámaras de alta resolución, con el fin de facilitar esta labor en los estratos verticales, permitiendo registrar las abundancias y riquezas de estas poblaciones.

Las epífitas se distribuyen de manera vertical sobre el árbol hospedero (forófito) de acuerdo con las diferentes exigencias medioambientales tales como disponibilidad de agua, luz, humedad y temperatura. Esta distribución irregular de las epífitas puede ser encontrada en árboles de varios tamaños. Para el análisis de composición y estructura horizontal y vertical de la comunidad de epífitas se definieron tres estratos para cada árbol, el primero (estrato1) base del tronco (0 -1.5 m), el segundo (estrato 2) tronco (1,5 m hasta la primera ramificación) y tercero (estrato 3) dosel (desde la primera ramificación hasta la copa) **Figura 2-92**, según Kersten & Silva, 2002⁸⁷.

⁸⁶ Went, F. W. (1940). Soziologie der Epiphyten eines tropischen Urwaldes. Ann. Jard. Bot. Buitenz (50), 1-98.

⁸⁷ Kersten, R. A.; Silva, S. M. 2002. Florística e estrutura do componente epifítico vascular em floresta ombrófila mista aluvial do rio Barigüi, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Botânica, 25: 259-267.

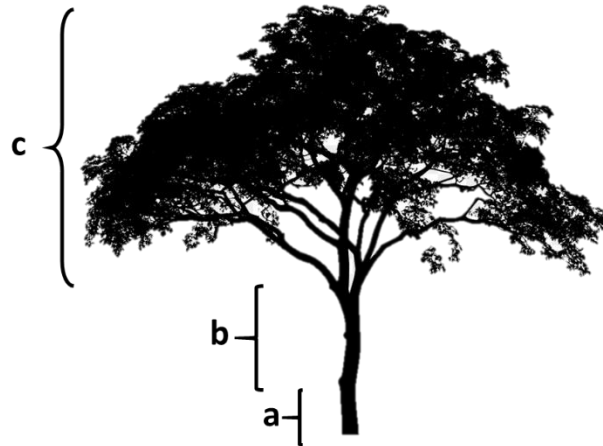


Figura 2-92 Estratificación del forófito
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El conteo de número de individuos (abundancia) de epifitas vasculares se realizó de forma directa sobre los hospederos, separando por morfoespecies y tomando registro fotográfico de los individuos. La abundancia se expresó como el número de individuos que crecen sobre el árbol hospedero.

- **Colecta de muestras de morfotipos vasculares**

Para la colecta de muestras botánicas se tuvo en cuenta las técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri⁸⁸. Se colectaron muestras que se encontraban en lo posible en estado de floración y/o fructificación (fértil), tomando una sola muestra de cada morfoespecie, con la finalidad de poder identificar, de manera adecuada, hasta el menor nivel taxonómico posible. La toma de muestras se realizó mediante tijeras de poda para especímenes que se encuentran a la altura del personal y con desjarretadora o corta-ramas (aprox. 10 m) para estratos superiores. Las muestras se colectaron, prensaron y se conservaron en alcohol, teniendo en cuenta las especificaciones de la **Tabla 2-87**.

Tabla 2-87 Técnica de preservación, movilización y transporte para flora epífita vascular

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Lianas y epífitas de gran tamaño: las muestras serán tomadas de ramas con secciones preferiblemente fértiles (Flores y frutos), así mismo con parte del rizoma, tallo y hojas. Hierbas, si son de porte pequeño se colectarán desde su raíz, si son de porte más grande se tomarán sus ramas terminales (fértil). En Gramíneas y otras herbáceas que crecen en macollas se colectarán toda o parte de la macolla incluyendo sus raíces y tubérculos en el caso que los hubiere, en caso de especies estoloníferas es recomendable también tomar muestra de los tallos subterráneos. Se tomarán muestras suficientes para al menos un ejemplar y su duplicado. Cada muestra se colocará entre hojas de papel periódico doblado por la mitad, se acomodarán hojas por el envés como por el haz; estructuras reproductivas en un primer plano de la muestra y se protegerán con papel encerado, Orquídeas y frutos	Los paquetes de muestras prensadas se depositarán en bolsas independientes, y cada bolsa en un costal de fibra acomodándolas siempre de forma fija. El secado del material se llevará a cabo en un horno con flujo de aire, a una temperatura de 60 °C a 80 °C por 36 horas, posterior a la identificación, se realizará la inclusión en la colección biológica registrada.

⁸⁸ Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri. Compiladas por Ron Liesner con sugerencias del personal técnico, científico y colaboradores. Traducido del inglés por Claudio Tygier, Santa Cruz, Bolivia. Revisión del texto: Carmen Ulloa Ulloa y Rosa Ortiz, Missouri Botanical Garden, abril de 1996. Disponible Online: <http://www.mobot.org/MOBOT/molib/spanishfb/intro.shtml>.

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
grandes, se envolverán en papel periódico. Cada muestra se marcará en el papel con lápiz de cera (incluyendo acrónimo del colector, número de colección, entre otros). El prensado en campo se realizará mediante paquetes de 20 a 30 cm de altura, con hojas dobles de papel periódico, separando cada muestra. En el paquete se ejercerá presión y se asegurará con un nudo en cruz lo más ajustado posible. Se humedecerá con alcohol al 75% las muestras.	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



Fotografía 2–23 Prensado de especies vasculares

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ Plantas vasculares de hábito terrestre o rupícola

Para el muestreo de flora vascular de habito rupícola o terrestre, se realizaron parcelas de 1x1 m en cada una de las coberturas realizando el conteo del 100% de los individuos dentro del cuadrante, se realizaron parcelas teniendo en cuenta la presencia o no de las especies vasculares, realizando mínimo ocho (8) subparcelas por parcela en cada cobertura en el área de influencia paralelo a cada uno de los forófitos, adicionalmente, en el área de intervención por cada forófito caracterizado, se realizó una subparcela terrestre paralela en busca de especies en este hábito, de tal manera, que se tiene una relación directa entre la cantidad de forófitos caracterizados y subparcelas para especies de hábito terrestre o rupícola. Para colecta de flora vascular de hábito terrestre y rupícola se siguieron las técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri⁸⁹. Con relación al grupo de las Orquídeas y Bromelias se tuvo en cuenta en lo posible que el espécimen presentará estado fértil, el cual es base de identificación taxonómica.

El tamaño y la forma de crecimiento determinan la forma de recolección, si la planta era de menor tamaño que la hoja de herbario se recolectó completa, para las plantas grandes se seleccionaron en lo posible piezas fértiles y vegetativas contiguas; se incluyeron detalles del rizoma, de la emergencia de las inflorescencias, de segmentos representativos de las raíces y de su longitud original como lo describe Aguirre (1986)⁹⁰. Los ejemplares de herbario se acompañaron de fotografías a color de la planta completa y de la flor cuando así lo presentaron (Chater, 2000)⁹¹.

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ Aguirre, L. E. 1986. Epífitas, pp. 113–119. En: A. Lot y F. Chiang (comp). Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, AC, México.

⁹¹ Chater, A. O. 1997. Atlas 2000: some notes on pressing specimens. Supplement to Botanical Society of the British Isles News 75.



Fotografía 2-24 Caracterización de especies vasculares de hábito terrestre

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- **Plantas No Vasculares**

A continuación, se describe la metodología para para la caracterización de flora silvestre no vascular en veda y del proceso de colecta.

- **Plantas no vasculares de hábito epífita y/o cortícola**

Las especies de epífitas no vasculares presentan una estratificación vertical definida desde el suelo del bosque hasta el dosel superior, y por los requerimientos de luz de algunas familias pueden restringir el crecimiento de sus especies a las zonas de Dosel (Komposch y Hafellner, 2000)⁹². Sin embargo, Shaw (2004)⁹³, indica que las especies de epífitas restringidas al dosel superior en bosques cerrados pueden estar también cerca al nivel del suelo a lo largo de bordes muy expuestos o en bosques muy abiertos.

Para la caracterización musgos, hepáticas y líquenes de hábito cortícola, se realizó la cuantificación de la cobertura (cm²) sobre los forófitos. La cobertura se cuantificó con la utilización de plantillas de acetato transparente, con áreas de 400 cm² (Iwatzuki, 1960)⁹⁴, que presentan una trama cuadrículada subdividida en áreas de 1 cm². Se asume, que las comunidades de briofitos y líquenes constituyen una capa rasante ya que sus alturas varían desde pocos milímetros (en líquenes crustáceos) hasta 4-5 cm (en musgos). Según lo anterior, a partir de la plantilla de acetato se pudo aplicar un método efectivo para estimar la cobertura de cada una de las especies. **(Figura 2-93).**

⁹² Komposch, H. & J. Hafellner. 2000. Diversity and vertical distribution of lichens in a Venezuelan tropical lowland rain forest. Selbyana 21: 11-24.

⁹³ Shaw, D.C., 2004. Vertical organization of canopy biota, p. 73-101. In M.D. Lowman & H.B. Rinker (eds.). Forest canopies (second edition). Elsevier Academic, San Diego, California, EEUU.

⁹⁴ Iwatzuki Z. The Epiphytic Briophyte Communities in Japan. J Hattori Bot Lab. 1960; 22:159-339.

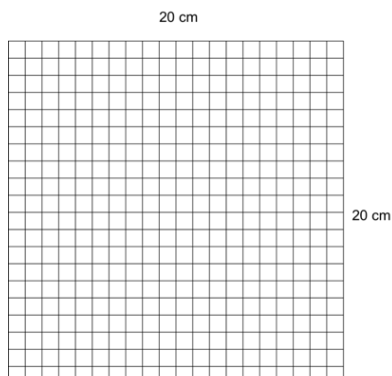


Figura 2-93 Cuadrícula de 20 x 20 cm empleada para el cálculo de cobertura.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El método consistió en poner la plantilla sobre cada estrato del forófito (**Fotografía 2-25**), ubicándola en cada uno de los cuatro puntos cardinales (Gradstein et al., 2003); para el dosel se empleó la desjarretadora para bajar algunas ramas y poder estimar la cobertura de cada epífita no vascular; registrando la frecuencia con la que cada especie ocupa un determinado número de cuadrados de un (1) cm. Se usaron áreas con estas características (400 cm²), ya que las superficies que se encontraron variaron de regulares a irregulares y estos tipos de plantilla, facilitaron la medición en los diferentes sustratos.



Fotografía 2-25 Cálculo de área en especies no vasculares

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

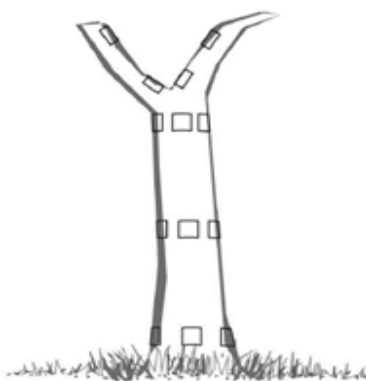


Figura 2-94 Ejemplo de distribución de plantilla sobre el forófito

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ **Plantas no vasculares de hábito terrestre o rupícola**

Para el muestreo de flora no vascular y líquenes de hábito rupícola o terrestre, se realizaron parcelas de 1x1m en cada una de las coberturas realizando el conteo del 100% de los individuos dentro del cuadrante, se realizaron parcelas teniendo en cuenta la presencia o no de las especies no vasculares y líquenes, realizando mínimo ocho (8) subparcelas por parcela en cada cobertura en el área de influencia paralelo a cada uno de los forófitos, adicionalmente, en el área de intervención por cada forófito caracterizado, se realizó una subparcela terrestre paralela en busca de especies en este hábito, de tal manera, que se tiene una relación directa entre la cantidad de forófitos caracterizados y subparcelas para especies de hábito terrestre o rupícola.



Fotografía 2-26 Caracterización de especies no vasculares de hábito terrestre o rupícola

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

○ **Colecta de muestras botánicas para flora no vascular**

Las muestras se extrajeron con la ayuda de una espátula, bisturí y/o cuchillo (**Fotografía 2-27**), una vez extraída la muestra se guardó en un sobre de papel Kraft y se rotuló con la siguiente información: Código de la parcela, Cobertura de la Tierra, No. del forófito en inventario forestal, Especie y nombre común del forófito (inventario forestal), Nombre de la epífita (morfoespecie), Cobertura (%) en cada punto cardinal, Coordenadas (forófito), Altitud, Biotipo, Forma de crecimiento, Estrato en el forófito y Fotografía.



Fotografía 2-27 Colecta de muestras epifitas no vasculares

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La información se diligenció en el formato de campo (**Figura 2-91**), también se relacionaron los datos ecológicos tales como hábito de crecimiento, sustrato, distribución vertical, y datos de localización hasta el nivel de predio cuando fue posible. A cada muestra se le asignó un código único consecutivo, con su

correspondiente identificación, anotando sus características y condición ecológica. En la **Tabla 2-88** presentan los métodos de preservación y movilización de los individuos que se colectaron.

Tabla 2-88 Técnica de preservación, movilización y transporte para flora epífita no vascular

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Cada muestra tomada por forófito se dispondrá en bolsas de papel independientes debidamente marcadas con los datos de la colecta. Se dejarán abiertas para iniciar el proceso de secado, el cual terminará en el laboratorio con horno de flujo de aire (durante dos días).	Serán trasladadas en bolsas de papel y luego unidos en sobres de papel blanco de 75 gr con su ficha correspondiente y etiqueta. Por último, se realizará inclusión en la colección biológica registrada.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



Fotografía 2-28 Secado a temperatura ambiente de muestras no vasculares.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Para la caracterización de flora silvestre y el levantamiento de veda establecida por la Resolución 0213 de 1977 del Inderena, se monitorearon las especies de los sustratos rupícola, terrestre y epífita. La caracterización se enmarca en lo establecido mediante la Resolución 02421 del 30 de diciembre del 2021 y la Resolución 000591 del 09 de abril del 2024, emitida por la ANLA, por medio de la cual se otorga el Permiso de Estudio para la recolección de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, para Geocol Consultores S.A.

- **Etapas Poscampo**

A continuación, se detallan las actividades que se incluyen dentro de la etapa de análisis de resultados obtenidos en campo:

- **Etapas de laboratorio**

Durante esta etapa se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las especies de flora silvestre en veda. El trabajo de laboratorio inició con la limpieza y la preparación de las muestras para su posterior análisis, donde se realizó la identificación de los organismos hasta el menor nivel taxonómico, finalmente, se realizó el reporte de resultados y el registro fotográfico de los individuos encontrados.

- **Representatividad de muestreo**

La representatividad del muestreo se realizó mediante las curvas de acumulación de especies por tipo de ecosistema susceptible de intervención conforme a lo propuesto por Villareal et al., 2018. La curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma de cómo las especies van apareciendo en las

unidades de muestreo (Forófito) o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Para tal fin se empleó el software Estimates: Biodiversity Estimation de Robert Colwell versión 9.1.0⁹⁵.

Los estimadores usados para la representación gráfica de las curvas de acumulación fueron CHAO 1, ACE, Bootstrap, Singletons y Doubletons, dado que las especies no vasculares se registraron a través de cobertura en (cm²), los datos del muestreo fueron procesados cuantitativamente.

Es preciso resaltar, que diversos estudios de ecología han empleado las curvas de acumulación de especies con el fin de determinar cuán eficaz es un muestreo realizado. En este contexto, se utilizó la información de los estimadores para conocer qué porcentaje de las especies esperadas se colectó o registro en el muestro y así se definió si la información generada pudo ser utilizada para realizar un análisis de similitud y complejidad. Si las curvas indican la obtención de más del 80% de las especies esperadas en un sitio de muestro es considerado representativo. Se utilizó y comparó los valores generados por más de tres (3) estimadores.

De esta manera se describe a continuación cada índice utilizado:

- **ACE**

Basado en el número de individuos de las especies “raras”. El nivel de abundancia para el cual una especie se considera “rara” (se suele recomendar usar 10 como valor umbral)^{96 97}.

- **Chao1**

El índice hace referencia a especies encontradas una vez (Singletons) y Especies encontradas dos veces (Doubletons)⁹⁸.

Una vez obtenido el cálculo de los índices, se procedió a realizar las gráficas exportando los resultados del programa Estimate Versión 5.0.1., a tablas en Excel, que posteriormente fueron graficadas.

El análisis de la diversidad se efectuó a diferentes escalas, ya que estas se encuentran fuertemente relacionadas con la heterogeneidad del paisaje por lo que se realizó de una forma descriptiva, que permitiera unificar los datos adquiridos en campo, teniendo en cuenta las siguientes variables: abundancia y riqueza (diversidad alfa), composición florística, preferencia por el forófito, distribución vertical y estado de conservación de cada especie.

Adicionalmente, durante la etapa de campo, el número de forófitos definidos para la caracterización de especies vasculares, no vasculares y líquenes de hábito epífita dentro del área de intervención, se estableció de acuerdo a un nivel de confianza de 95% (Z=1,96), un error de muestra no mayor a 15% y la desviación estándar de las abundancias se calcularon diariamente en campo, de esta manera se obtuvo la cantidad de unidades muestrales requeridas para evitar un error de muestreo superior al 15% en cada una de las coberturas, para ello, se usó la siguiente ecuación:

$$E = Z \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

E: Error de muestreo.

Z: Valor constante.

S: Desviación estándar.

n: número de la población (abundancias).

⁹⁵ Software libre disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.

⁹⁶ CHAO A (1984) Non-parametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics 11:265–270.

⁹⁷ CHAO A (1987) Estimating the population size for capture–recapture data with unequal catchability. Biométricas 43:783– 791.

⁹⁸ Ibid.

○ Índices ecológicos

El análisis estadístico se realizó mediante la aplicación de índices ecológicos, los cuales son herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones dentro y entre las comunidades. Como parte de los objetivos de sus usos, es determinar la diversidad de las comunidades; para calcularlos es necesario contar con más de una especie (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)⁹⁹.

Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Así, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de estas o en la dominancia, puede alertar sobre procesos que alteren la diversidad o riqueza en los ecosistemas¹⁰⁰.

El planteamiento estadístico se estableció en el cálculo y la comparación de las riquezas y abundancias de las comunidades en las parcelas establecidas sobre las coberturas terrestres del área de influencia, esto con el fin de identificar la estabilidad o causas que estén moldeando las poblaciones bióticas, adicionalmente, el análisis estadístico permitió desarrollar herramientas para establecer un criterio del estado del sistema.

Para el cálculo de los índices ecológicos se usó el programa estadístico Past Versión 2.17.C (2001); el análisis estadístico está determinado por los índices ecológicos de Shannon–Wiener (H'), Simpson (λ) y Bray–Curtis, los cuales se describen en la **Tabla 2–89**.

Tabla 2–89 Índices ecológicos

ÍNDICE	CONCEPTO	FORMULA	VARIABLES	RANGO
Shannon Wiener (Diversidad)	Tiene en cuenta la igualdad en el número de organismos por especie (abundancia). Un sistema es más diverso cuanto mayor sea la igualdad en las abundancias. $X < 1,5$, diversidad baja; $1,5 < X < 3$, diversidad media; $3 < X$, diversidad baja (Moreno, 2001) ¹⁰¹ .	$H' = Pi \log^2 (Pi)$ $Pi = \frac{ni}{N}$	H': Índice de Shannon–Wiener. Pi: Abundancia relativa de la especie i. ni: Número de individuos de la especie i. N: Número total de especies.	0–5 Con algunas excepciones supera el valor máximo
Simpson (Dominancia)	Mide la probabilidad de que dos individuos de una muestra tomados al azar sean de la misma especie; está influenciado por las especies más dominantes (Moreno, 2001) ¹⁰² . Los valores más cercanos a 1 indican la dominancia de una o dos especies.	$Ds = Pi^2$ $Pi = \frac{ni}{N}$	Ds: Índice de Simpson. Ni: Número de individuos de la especie i. N: Número total de individuos.	0–1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

⁹⁹ Barnes, C y Massarini, S. (2008). Curtis Biología. Séptima edición. Editorial Panamericana. Madrid, España. 1009p.

¹⁰⁰ Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

¹⁰¹ Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Edit. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

¹⁰² Ibid.

2.3.5.1.3 Análisis de Fragmentación y Conectividad

Para el desarrollo de este acápite se tuvieron en cuenta los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TdR-17 (MADS & ANLA, 2018), la Resolución 2182 de 2016 “Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la Metodología General para la Presentación de estudios ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos” expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MADS & ANLA, 2018).

- **Etapas Precampo**

Los análisis de fragmentación y conectividad comprenden la interpretación funcional en dos temporalidades, empleando para esto coberturas de la tierra de tipo natural y secundaria, obtenidas mediante la fotointerpretación de las imágenes satelitales disponibles. Cabe indicar que estos aportan al análisis en términos de configuración, composición y funcionalidad ecosistémica de los paisajes.

- **Etapas Campo**

En esta etapa se realizaron recorridos en el área con el fin de verificar el estado de las coberturas naturales y fragmentación existente en el territorio. Factores de cambio en la continuidad de las coberturas vegetales boscosas existentes, barreras para el tránsito de la especie y verificación de aspectos que pudiesen generar impedancia para estas.

- **Etapas Post – Campo**

El insumo principal para el desarrollo de este componente correspondió al mapa de coberturas de la tierra interpretadas en el área de influencia físico-biótica del proyecto en dos temporalidades, en este sentido la metodología implementada se realizó según lo descrito a continuación:

- **Estructura del Paisaje**

La estructura del paisaje se estableció de acuerdo con las coberturas o tipos de hábitat en el área de influencia del proyecto e identificada a partir de la Metodología Corine Land Cover, así mismo se consideró como fundamental la relación entre las especies de fauna existentes y las coberturas de la tierra identificadas, permitiendo así analizar condiciones de refugio, corredores y/o áreas con condiciones para el mantenimiento de la biodiversidad dentro del área de influencia del proyecto.

De manera paralela a los análisis respecto de la estructura del paisaje, se realizarán análisis para los componentes teniendo en cuenta los escenarios con y sin proyecto, analizando de esta manera los cambios en la fragmentación y la conectividad y por ende las áreas naturales con mayor afectación. De acuerdo con estos análisis se verificarán los cambios en rutas de movilidad de las especies de acuerdo con la composición del territorio.

De acuerdo con lo mencionado y con el fin de obtener un mayor entendimiento de cómo se relacionan entre sí los elementos del paisaje dentro del área de influencia del proyecto se hace fundamental partir del análisis de la estructura del paisaje; en el EIA se identificaron los elementos teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Matriz**

La matriz fue constituida por el elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa, de los tres elementos estructurales básicos que lo componen son: parches, corredores y matrices, esta es la más extensa y el más interconectado, adquiriendo así un papel dominante en el funcionamiento de un paisaje. El papel y la extensión de la matriz dependen del tipo particular de paisaje, se pueden encontrar paisajes donde domina claramente un elemento matricial con unos pocos parches y corredores diseminados y paisaje casi enteramente por parches formando un mosaico muy complejo (Etter A., 1991).

Los criterios que se tomaron en cuenta para la identificación de la matriz del paisaje dentro del área de influencia son: elemento más extenso y elemento más conectado (menos fraccionado) del paisaje.

▪ Corredores

“Los corredores se caracterizan por presentar condición de franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella. Las propiedades generales de los corredores en un paisaje son de unir o separar elementos dentro de una matriz geográfica” (Etter A., 1991).

Para la identificación de corredores dentro del área de influencia se tuvo en cuenta la homogeneidad y regularidad del corredor y corredores naturales asociados a redes de drenaje.

▪ Parches

Son definidos como una “superficie no-lineal de tamaño variable que difiere fisionómicamente de sus alrededores, y que posee un grado de homogeneidad interno, estos varían de acuerdo con su tamaño, forma, tipo, heterogeneidad y sus características de borde. Generalmente están inmersos en una matriz” (Etter A., 1991).

Una vez identificada la matriz de paisaje dentro del área de influencia y los corredores asociados a esta, se procedió a identificar los parches, inmersos en la matriz, conformados por coberturas de la tierra de origen natural o semi natural con función de concentración o reservorio.

• Fragmentación del Paisaje

Para el análisis de fragmentación se empleó la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de ArcGIS, la cual proporciona una serie de métricas que aportan al análisis de la estructura del área de influencia objeto de estudio como se evidencia en la **Figura 2-95**.

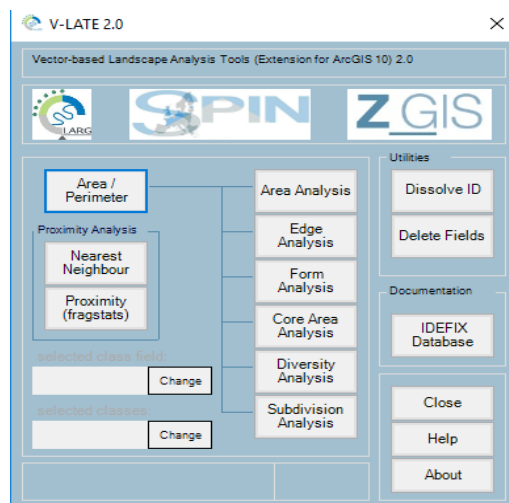


Figura 2-95 Obtención de métricas del paisaje

Fuente: V-late, versión 2.0

• Proceso y determinación

El análisis de fragmentación se realizó teniendo en cuenta las coberturas naturales y secundarias identificadas en el área de influencia del proyecto para dos temporalidades.

Para el análisis se emplearon métricas a nivel de paisaje (Diversidad de Shannon y Equidad de Shannon), métricas a nivel de clase (Clase de área-CA, Número de Parches-NP, Tamaño medio del parche-MPS, Tamaño de Borde-TE, Índice de forma-MSI, Índice de dimensión Fractal-MFRACT, Radio de giro-GYRATE) y métricas a nivel de parche (Distancia euclidiana media al vecino más cercano- proximidad)

y las cuales fueron obtenidas mediante la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de Arc GIS.

La configuración y composición del paisaje se cuantificó a través de indicadores utilizados en ecología del paisaje (**Tabla 2-90**) con el fin de evidenciar los procesos de fragmentación. Estos indicadores son algoritmos que miden espacialmente las características de los parches, clases de parches y del paisaje entero. Estos indicadores integran medidas estadísticas, que permiten el análisis de la estructura y composición de un paisaje.

Tabla 2-90 Métricas para la determinación del grado de fragmentación de coberturas naturales y secundaria al interior del área de influencia del proyecto

NIVEL	MÉTRICA	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
Paisaje	Diversidad de Shannon (Shannon Diversity)	Medida de diversidad relativa en los parches. Este índice es igual a cero cuando solo hay un parche en el área de estudio. Este valor crece a medida que aumentan los parches. Cuanto más alto sea el valor obtenido al aplicar el índice de Shannon, mayor heterogeneidad tendrá el paisaje.	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i * \log_2 P_i)$ Donde, P_i es la proporción del paisaje ocupada por la clase i.
	Equidad de Shannon (Shannon's Evenness)	Medida de distribución de parches y su abundancia. Este índice es igual a cero cuando la distribución observada de los parches es baja, y se acerca a la unidad cuando los parches aumentan.	$SHEI = \frac{- \sum_i [P_i * \ln (P_i)]}{\ln(S)}$ Donde, S es el número de tipos de cobertura, p_i es la proporción del tipo de cobertura i-ésimo. Sus valores van desde 0 a 1; aquellos cercanos a 1 indican que las proporciones de cada tipo de cobertura son casi iguales, mientras que los cercanos a 0 indican que el paisaje se encuentra dominado por uno o unos pocos tipos de cobertura.
Clase	Área por clase (CA)	El área por clase es una medida analizada en hectáreas de la composición del paisaje, que indica específicamente qué cantidad ocupa cada clase en la unidad de paisaje.	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left[\frac{1}{10000} \right]$ Dónde: a_{ij} = área (m^2) del parche ij
	Número de parches (NP)	Es una medida de la subdivisión o fragmentación de los parches de una clase de ecosistema dada en el área analizada. La variación en el número de parches por clase es importante en diversos estudios ambientales, puesto que a partir de estos se puede inferir sobre el estado de conservación del área y así mismo reconocer, determinar y predecir procesos naturales que ocurren en una zona de interés.	Dónde: $NP = 1$ cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo de hábitat considerado. n_i = Es igual al número de parches del tipo de hábitat-clase correspondiente. Intervalo: $NP \geq 1$.
	Índice de densidad de borde (ED)	El borde o ecotono se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes, es decir la relación que existe entre la matriz y el parche. Por lo tanto, se tomaron como la zona límite que bordea y mantiene en regulación el intercambio de materia y energía entre los bordes pertenecientes para cada clase de ecosistema existente en el paisaje. Esta métrica expresa la sumatoria de todas las longitudes de borde de una clase dividida entre el área total del paisaje y multiplicada por 10000, establece la superficie en hectáreas.	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10000)$ e_{ik}: Equivale a la suma de las longitudes de todos los segmentos de borde de los fragmentos de la unidad ecosistémica de interés. A: Área total del paisaje i: incluye los límites del paisaje y segmentos del tipo de parche.
	Índice de forma (SHAPE).	El índice de forma tiene valor 1 cuando el parche es compacto (circular en un vector y cuadrado en un raster) y	Vector:

NIVEL	MÉTRICA	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
		aumenta su valor conforme aumenta la complejidad de la forma. SHAPE equivale al perímetro del fragmento (pij, en m), dividido por la raíz cuadrada del área del fragmento (aij, en m²); puede ajustarse por medio de una constante para el estándar circular (Vector) o el estándar cuadrado (Raster).	$SHAPE = \frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi} \text{ o } a_{ij}}$ Raster: $SHAPE = \frac{0,25 P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$
	Índice de dimensión fractal (FRACT)	Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro. La dimensión fractal toma valores entre 1 y 2. Valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas. Los valores se acercan a 2 conforme las formas se vuelven más complejas. El Fractal Dimension Index-FRAC, es una medida de la complejidad de las formas de las teselas, puede ser considerada como el descriptor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes, además es invariante de escala y estadísticamente robusta. Su categorización varía de 1 a 2, es decir, el valor de uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos) y de 1.001 a 2, para formas complejas análogas u objetos fractales.	$DF = \frac{2 \ln(p)}{\ln(S)}$ Donde: DF: Dimensión fractal P: Perímetro. S: Superficie
Parche	Proximidad	La distancia al vecino más próximo y proximidad entre parches de la misma clase se ha empleado para cuantificar el aislamiento de los parches que constituyen un mismo hábitat, teniendo un papel importante en los esfuerzos de conservación de las especies (Martínez, 2015). Esta métrica es sensible al incremento del tamaño del parche y aporta información acerca de la proximidad /aislamiento de los distintos fragmentos.	$ENN_{MN} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{ni}$ Donde Xij es la distancia euclidiana al vecino más próximo del parche ij y ni es el número de parches en la unidad de paisaje de la clase i. El resultado se expresa en metros.

Fuente: (Badii & Landeros, 2006) adaptado por adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023

• Análisis del Área Core – Área Núcleo Efectiva

El área Core está conformado por el área de cobertura natural que se encuentra fuera de una distancia mínima de influencia a partir del borde. El área núcleo se define como el área dentro de un parche más allá de cierta profundidad o influencia de borde (es decir, la distancia al borde). El efecto de borde es el resultado de la combinación de factores bióticos y abióticos que alteran las condiciones ambientales a lo largo de los bordes de los parches en comparación con los interiores de estos. Así, mientras que un parche puede ser lo suficientemente grande como para soportar una determinada especie, puede que para otra no contenga el área suficiente.

Dentro de este contexto, el análisis de la distancia del borde de la cobertura natural identificada a emplear será de 50 metros de longitud, esta medida se estableció considerando algunas investigaciones realizadas por William-Linera, G., Domínguez-Gastelú, V y García-Zurita (1998) que indican que “*el efecto de borde afecta solamente a los primeros 50 metros al interior del bosque, sin embargo, la intensidad de este efecto está frecuentemente influenciado por la orientación del borde, así como por la fisonomía del bosque*” por tal motivo se estima que el área al interior del Efecto Borde (50 m.) puede ser de interés para la fauna silvestre existente en la zona, ya que en esta zona las condiciones son más homogéneas y los efectos nocivos que se encuentran al borde como insolación, modificación en la luminosidad, ruido, cambios drásticos de temperatura y humedad no inciden en la fauna. Los resultados obtenidos fueron obtenidos mediante la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de Arc GIS.

- **Conectividad y establecimiento de rutas de mínimo costo**

La conectividad se relaciona con el grado de conexión potencial o continuidad de las coberturas analizadas. La conectividad, se puede distinguir entre dos tipos fundamentales: estructural y funcional (Tischendorf, L. & Fahrig, L. , 2001). La conectividad funcional considera como fundamentales las relaciones entre el comportamiento animal y la estructura espacial del paisaje (Taylor, P.D; Fahrig, L; With, K., 2006).

- **Selección de Especies de Análisis**

Para el desarrollo y análisis de los criterios de conectividad, se realizó la selección de especies de análisis, contemplando para esto los resultados obtenidos en el Capítulo de Fauna, específicamente a partir de información recopilada durante la etapa de campo, con verificación y/o grado de certeza (cámaras trampa, huellas u observación directa), para lo cual se tuvieron criterios de selección relacionados con:

- **Especies que cuente con información relacionada con home range y áreas de movilidad**

Lo anterior permitió establecer las especies que permiten evaluar el estado actual del territorio en términos de conectividad y establecer, los efectos a nivel de conectividad en el territorio, para las especies analizadas.

Una vez seleccionadas las especies objeto de análisis, se procedió a recopilar información que permitiera establecer elementos para la generación de los mapas de superficie de fricción, para lo cual se tuvo en consideración la siguiente recopilación de información por especie: Categoría de Amenaza, Home range, Rangos de distribución, Hábitat de principal importancia, Características generales de la especie respecto a alimentación y zonas de descanso, Comportamiento y Principales amenazas a las que se expone la especie, lo que permite establecer qué condiciones son aptas para su establecimiento y cuales generan una impedancia.

- **Elaboración del Mapa de Fricción**

Con el fin de evaluar la conectividad ecológica en los dos escenarios de análisis, se consideraron variables de estudio para la generación por medio de la ponderación de los resultados obtenidos, la superficie de fricción para cada una de las especies analizadas, en ambos escenarios.

- **Variables Estudio de Conectividad**

Para el estudio de conectividad, se empleó el método geográfico, el cual permitió integrar varios tipos de variables geográficas en función de la resistencia que estos generan para el movimiento y/o circulación de las especies analizadas. Este método comprende un conjunto de procedimientos y recursos con los cuales se puede llevar a una aproximación de las realidades geográficas en un área o espacio determinada. Es empleado para realizar estudios de conectividad ecológica tanto para escalas regionales como para escalas locales.

Este proceso de análisis a partir de las variables de análisis permite construir una superficie de fricción y posteriormente establecer los posibles corredores y rutas de movilidad de mayor probabilidad de uso, dado que establece aquellas zonas potenciales para establecer los flujos de conectividad.

En el desarrollo metodológico, se emplearon cuatro variables de análisis, las cuales se manejaron tanto en formato shape como en formato ráster, con resolución de píxel en el último con celdas tamaño 5 en cada categoría, a fin de manejar unificación de información cartográfica y evitar cualquier tipo de error cartográfico resultante en la interpretación de los resultados.

Dentro de las variables analizadas se encuentran: Distancia a drenajes, Coberturas terrestres, Vías existentes y Construcciones. Cada variable fue calificada de 1 a 100 de acuerdo con su nivel de impedancia al movimiento de la especie seleccionada para analizar a fin de establecer, que elementos exponen mayor impedancia al movimiento, en caso tal, recibirán mayor puntuación, mientras que aquellos que aportan al tránsito de las especies, se valoraron con menor valor, puesto que facilitan el

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

movimiento. A continuación, se expone cada caso para las modelaciones empleadas en el documento para las áreas de liberación de la fauna y espacios adyacentes.

- **Cobertura de la Tierra**

Para el procesamiento metodológico de esta variable, se realizó la interpretación cartográfica de las coberturas identificadas al interior del área definida para el análisis de conectividad, con relación de los resultados obtenidos en el componente de Flora del estudio.

Posteriormente, se procedió a realizar los análisis específicos valorando cada tipo de cobertura de la tierra identificada a partir de los requerimientos de hábitat de cada especie y de las características de las especies, estableciendo de este modo, que aquellas especies que permiten la locomoción de las especies se valoran con mayor ponderación, mientras que las que generan impedancia se valoraron con menor puntuación.

- **Drenajes**

Para esta variable se procedió a revisar la cartografía existente y ajustada para el estudio, y se realizó un buffer de 100 m de distancia a las quebradas, asociadas a las posibles crecientes que se pudieran presentar considerando que esta zona del territorio expone partes con pendientes planas, lo que permite la creciente de estos cuerpos de agua y en este caso, genera obstrucción al movimiento de las especies al interior del área analizada. Es por lo anterior que, a menor distancia mayor fricción, es decir que se calificó 1 para el entorno y 100 para el área al interior de los buffers de los drenajes identificados.

- **Construcciones**

Esta variable se considera de resistencia debido a la presencia de estas no facilita la movilidad del objeto de conservación. Se califica 1 para el entorno y 100 para los tejidos urbanos continuos, tejidos urbanos discontinuos y obras existentes.

- **Vías**

En esta variable se calcula para las vías que se encuentran identificadas al interior del área. Como se estableció de manera anterior, a las áreas incluidas en el buffer de resistencia aplicado, se valoró con 100, mientras que el área denominada como entorno, se asignó la calificación de 1, dado que, en estos sectores sin la presencia de vías, se potencia la movilidad de las especies en el territorio.

- **Superficie de Fricción**

Para la generación del mapa de superficie de fricción o mapa de resistencia, se realizan dos procesamientos intermedios para su obtención. En primera instancia, se rasterizan cada una de las variables de análisis, para posteriormente empleando una herramienta complementaria de ArcGIS, se realiza la ponderación de las capas resultantes, lo cual genera como resultado un mapa de fricción, el cual determina las zonas del espacio geográfico analizado otorgando calificaciones según los riesgos que presentan para las especies analizadas.

- **Elaboración del Mapa de Fricción**

Para la generación del mapa de superficie de fricción o mapa de resistencia, se realizan dos procesamientos intermedios para su obtención. En primera instancia, se rasterizan cada una de las variables de análisis, para posteriormente empleando una herramienta complementaria de ArcGIS, se realiza la ponderación de las capas resultantes, lo cual genera como resultado un mapa de fricción.

- **Establecimiento de áreas nucleares**

El área Core corresponde al área de cobertura natural o secundaria, que se encuentra a una distancia mínima del borde del fragmento de la cobertura. El área núcleo se define como el área dentro de un parche más allá de cierta profundidad o influencia del borde. Es decir que, para el estudio, se consideraron

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

efectos bordes de 50 m en el perímetro de los parches, considerando que, para las especies analizadas, los recursos se encuentran con mayor facilidad en el interior de los parches que en los bordes de este.

En virtud de lo anterior, se realizó la verificación de los requerimientos de hábitats de las especies seleccionadas para el análisis y posteriormente, se realizó el proceso de identificación de las áreas núcleo que cumplieran con las áreas de espacio vital requeridas por las especies y que además contuvieran áreas núcleo para su mantenimiento en el territorio.

Una vez establecidas las áreas Core, las cuales son elementos del paisaje, que se asumen como hábitat y se convierten en nodos o enlaces importantes para el mantenimiento de los corredores de la fauna. Estos son determinantes para establecer cómo y hacia donde se dirigen los flujos de movilidad de la fauna.

- **Coste de Distancia**

La modelación de la conectividad se realiza a partir de la herramienta Linkage Mapper, aplicación cartográfica que permite realizar un análisis del paisaje basado en la conectividad de los espacios naturales o áreas Core, empleando para esto corredores ecológicos con el fin de combinar diferentes parches o elementos del paisaje, susceptibles de ser empleados por las especies para su movilidad y hábitat.

- **Definición de rutas de movilidad**

A partir de los resultados obtenidos con el cálculo del Coste distancia, se analizan los posibles corredores ecológicos con base en el análisis de conexiones entre todas las áreas Core, de esta forma se obtienen conexiones teóricas de forma lineal, que describen las rutas potenciales ya tomar por las especies focales. Así mismo, tomando en consideración este análisis se puede localizar los puntos críticos que generan fenómenos como la fragmentación.

- **Tamaño Efectivo de Malla**

Complementario al uso de las métricas de fragmentación, se establece para cada fragmento de ecosistema natural y vegetación secundaria, la necesidad de establecer el tamaño e índice de tamaño efectivo de malla, el cual corresponde al índice inverso de fragmentación (mayor tamaño efectivo de malla corresponde a menor fragmentación). Para lo anterior, se considera la formula establecida en los Términos de Referencia aplicables al proyecto.

2.3.5.1.4 Fauna

La caracterización de fauna silvestre tiene como propósito la descripción general de las comunidades de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que habitan en el área de influencia del proyecto. Los métodos implementados en la caracterización siguen los lineamientos establecidos en la Metodología General para la Elaboración y presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA) (MADS, 2018), el Manual de Métodos para el Desarrollo de inventarios de biodiversidad (Villareal, y otros, 2006) y los Términos de Referencia TdR-17 para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (MAVDT, 2018).

A continuación, se describen las tres (3) etapas que componen la caracterización de fauna silvestre que será efectuada en el estudio.

- **Etapas precampo**

En esta primera etapa, la caracterización inicia con un ejercicio de recopilación y revisión de información secundaria, que, por una parte, permite conocer la composición y riqueza de los vertebrados terrestres que habitan de manera estacional o permanente en los municipios de Maicao, Uribia y Albania en el departamento de la Guajira y por otra, identificar la distribución espacial, estado de conservación e importancia, entre otros aspectos propios de las especies reportadas. Esta información será compilada en matrices de datos de cada uno de los grupos de vertebrados (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.2 Medio biótico\5.2.1.1.4 Fauna).

• Etapa Campo

Una vez finalizada la etapa de recopilación y revisión de información secundaria, se procederá a planear el trabajo de campo, es decir, la caracterización de fauna silvestre con base en información primaria para esto previamente se contará con una imagen satelital donde se ubicarán los puntos preliminares o estaciones para el muestreo de fauna; teniendo como eje las coberturas naturales de la tierra que se encuentren en el área de influencia del proyecto.

La etapa de campo se dividió en tres etapas; la primera de estas tuvo lugar entre el 28 de agosto y el 21 de septiembre de 2023, la segunda entre el 14 y el 20 de junio de 2024 y la última entre el 16 y el 21 de octubre del mismo año. La caracterización contempló el área físico-biótica del proyecto, en jurisdicción de los municipios de Uribia, Maicao y Albania, pertenecientes al departamento de La Guajira. El trabajo de campo consistió en la implementación de diferentes técnicas, métodos y esfuerzos de muestreo que conduzcan a la obtención de información representativa de los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que habitan en el área de influencia del proyecto. A continuación, se presenta una breve descripción de los métodos de muestreo que serán implementados en la caracterización de cada uno de los grupos objeto de estudio.

○ Anfibios

Para el muestreo de anfibios se realizaron recorridos de observación diurnos y nocturnos para las coberturas de la tierra presentes, considerando la mayor cantidad de hábitats y microhábitats apropiados para los anfibios con el fin de encontrar la mayor cantidad de individuos y especies posibles (Tabla 2-91). Es así como se abarcaron distintos microhábitats como bordes de cuerpos de agua, cuerpos de agua, vegetación de ribera, entre hojarasca y raíces, entre cortezas de árboles y cuevas, sobre el suelo, árboles y vegetación arbustiva, entre otros, realizando la inspección de la vegetación hasta una altura aproximada de tres metros. Los recorridos fueron referenciados desde el inicio hasta el final y las coordenadas se expresan en el sistema CTM12 Origen Nacional.

Tabla 2-91 Sitios de muestreo para anfibios dentro del área de influencia

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H1_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5090382,50	2836077,53	5090496,42	2835771,89
TR_H1_EIALBAC_JDER	Tejido urbano discontinuo	5080992,81	2844630,92	5080992,81	2844630,92
TR_H10_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificiales	5091816,70	2836306,41	5091816,70	2836306,41
TR_H10_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5094208,59	2836891,93	5094226,85	2837610,33
TR_H11_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091648,05	2836336,18	5092075,40	2836368,73
TR_H11_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5093769,15	2835641,40	5095008,81	2837229,88
TR_H12_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090480,28	2832718,35	5090511,28	2832804,73
TR_H12_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5094358,96	2837167,39	5094358,96	2837167,39
TR_H13_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089188,05	2832162,78	5089304,92	2832238,37
TR_H13_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5089917,68	2827074,11	5091161,41	2827317,24
TR_H14_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5089573,03	2832276,33	5089743,08	2832231,95
TR_H14_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5090336,76	2828614,94	5090303,29	2828701,72
TR_H15_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089955,27	2832285,22	5089789,27	2832590,95
TR_H15_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5089754,13	2828875,02	5089899,50	2829234,14
TR_H16_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090125,78	2832501,61	5090202,63	2833076,80
TR_H16_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5089885,94	2828597,94	5089575,07	2828676,05
TR_H17_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089807,75	2832229,95	5090044,36	2832180,11
TR_H17_EIALBAC_JDER	Tejido Urbano discontinuo	5090050,83	2828779,95	5090073,85	2828730,73
TR_H18_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089248,31	2832014,47	5089486,83	2832158,27
TR_H18_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5083421,68	2818589,90	5083061,64	2818481,92
TR_H19_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089171,44	2832277,34	5089170,58	2832277,36
TR_H19_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5083383,23	2818557,77	5083184,18	2818690,57
TR_H2_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090564,61	2836414,08	5090833,30	2835975,06
TR_H2_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5080991,83	2844277,48	5080909,11	2844494,11
TR_H20_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5089998,13	2833307,90	5089808,57	2833132,07

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H20_EIALBAC_JDER	Cuerpos de agua artificiales	5083416,08	2818510,20	5083439,80	2818212,93
TR_H21_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077342,00	2818050,54	5077343,33	2818051,55
TR_H21_EIALBAC_JDER	Otros cultivos transitorios	5083416,32	2818619,33	5083471,35	2818608,13
TR_H22_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5076656,42	2818083,01	5076941,63	2818535,56
TR_H22_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5070142,78	2812123,69	5070226,82	2812436,41
TR_H23_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077214,51	2817926,42	5077157,83	2817961,39
TR_H23_EIALBAC_JDER	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5069914,25	2812170,45	5069809,07	2812068,67
TR_H24_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077773,79	2818462,47	5077560,68	2818269,84
TR_H24_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5069946,96	2811464,60	5069937,05	2811475,93
TR_H25_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077389,51	2818081,68	5077469,71	2818208,87
TR_H25_EIALBAC_JDER	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5070028,76	2811693,31	5070220,51	2811732,06
TR_H26_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5077061,05	2818152,84	5077061,05	2818152,84
TR_H26_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5070275,83	2811880,58	5070465,85	2812389,21
TR_H27_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077064,92	2817971,32	5077498,84	2818225,19
TR_H27_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068352,20	2808425,40	5068344,88	2808729,47
TR_H28_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077591,11	2818126,52	5077587,59	2818092,97
TR_H28_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068212,47	2808313,47	5068212,47	2808313,47
TR_H29_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077515,36	2818202,40	5077515,55	2818339,30
TR_H29_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068132,20	2808255,88	5068435,73	2808326,00
TR_H3_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090596,06	2836566,88	5090493,48	2836237,16
TR_H30_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077161,87	2818708,64	5077578,34	2818541,35
TR_H30_EIALBAC_JDER	Pastos limpios	5068152,64	2807952,81	5068258,02	2808117,95
TR_H31_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5076927,53	2818367,10	5076927,53	2818367,10
TR_H31_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5067621,63	2808689,72	5068000,01	2808762,36
TR_H32_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5076951,81	2818752,39	5076595,42	2818507,25
TR_H32_EIALBAC_JDER	Pastos arbolados	5057548,60	2794299,20	5057519,25	2794413,91
TR_H33_EIALBAC_AAE	Pastos limpios	5064354,06	2798906,29	5064179,59	2798708,55
TR_H33_EIALBAC_JDER	Bosque de Galería y/o ripario	5057569,00	2794462,63	5057443,25	2795018,25
TR_H34_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063949,39	2799164,39	5063957,05	2799296,77
TR_H34_EIALBAC_JDER	Pastos arbolados	5041940,30	2792667,94	5041861,28	2792864,55
TR_H35_EIALBAC_AAE	Tejido urbano discontinuo	5053749,30	2794188,50	5053617,98	2794522,76
TR_H35_EIALBAC_JDER	Vegetación secundaria alta	5041919,15	2792902,46	5041918,84	2792898,13
TR_H36_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053788,62	2794093,43	5053789,86	2794265,96
TR_H36_EIALBAC_JDER	Vegetación secundaria alta	5041866,81	2792902,39	5041641,68	2793429,14
TR_H37_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053477,69	2794625,26	5053576,13	2794372,59
TR_H37_EIALBAC_JDER	Bosque de Galería y/o ripario	5048363,80	2793489,24	5048152,73	2793534,89
TR_H38_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5050673,21	2793544,23	5050825,66	2793904,59
TR_H38_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5075413,43	2811379,77	5075669,49	2811220,40
TR_H39_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5050738,61	2793491,23	5051349,11	2793528,04
TR_H4_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091397,97	2836545,11	5090709,93	2836919,29
TR_H4_EIALBAC_JDER	Red vial y territorios asociados	5081953,48	2843912,17	5081865,13	2843970,81
TR_H40_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053241,40	2794617,80	5053016,98	2794707,57
TR_H41_EIALBAC_AAE	Bosque de Galería y/o ripario	5053181,60	2794918,96	5053440,46	2795149,38
TR_H42_EIALBAC_AAE	Bosque de Galería y/o ripario	5053238,16	2794922,22	5053124,48	2794944,94
TR_H43_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060754,03	2796774,47	5060977,54	2796463,89
TR_H44_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061341,36	2796712,22	5061099,57	2796862,85
TR_H45_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061152,26	2796644,59	5060575,43	2797280,64
TR_H46_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061060,18	2797211,94	5061102,35	2796495,66
TR_H47_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060948,70	2796386,24	5060889,42	2796532,51
TR_H48_EIALBAC_AAE	Pastos arbolados	5061004,96	2797072,16	5061039,19	2797533,54
TR_H49_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060518,24	2796547,36	5060711,77	2796796,52
TR_H5_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092872,57	2835645,11	5093001,08	2836580,42
TR_H5_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5081138,83	2844436,93	5080890,79	2844549,74
TR_H50_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061057,55	2797264,83	5061488,54	2797057,86
TR_H51_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061248,28	2797071,31	5061126,02	2797154,26
TR_H52_EIALBAC_AAE	Pastos arbolados	5061017,60	2797122,69	5061112,46	2797578,59

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H53_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5061097,07	2797591,65	5061130,08	2797601,75
TR_H54_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061351,54	2796985,90	5061127,80	2797261,68
TR_H55_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060667,38	2796816,87	5060927,92	2796379,88
TR_H56_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5060923,36	2796353,51	5060705,43	2796653,48
TR_H57_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5061129,18	2797601,37	5061115,16	2797616,04
TR_H58_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063573,39	2801577,42	5063573,05	2801854,84
TR_H59_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063505,88	2801630,07	5063468,61	2801832,26
TR_H6_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091341,04	2835986,39	5091483,76	2836353,04
TR_H6_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5083299,81	2843042,41	5083268,84	2843059,92
TR_H60_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063454,40	2801662,02	5063484,69	2801650,71
TR_H61_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063554,37	2801751,29	5064800,74	2801883,61
TR_H62_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5064863,40	2801864,89	5064854,35	2801863,52
TR_H63_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063505,11	2801858,61	5063854,16	2801915,20
TR_H64_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042953,27	2792109,09	5042918,07	2792303,98
TR_H65_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042961,63	2792127,49	5042961,50	2792413,05
TR_H66_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042754,71	2791888,33	5042320,27	2791731,74
TR_H67_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042751,98	2791876,45	5042743,84	2791881,06
TR_H68_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5055727,23	2793473,11	5055563,17	2793314,41
TR_H69_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5094568,67	2833926,32	5093570,51	2834002,66
TR_H7_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091904,56	2837567,84	5091709,87	2836758,25
TR_H7_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5093155,86	2835645,95	5093038,51	2835713,25
TR_H70_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093656,34	2833927,59	5094659,60	2834099,48
TR_H71_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093260,44	2835320,03	5093798,03	2835335,30
TR_H72_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093977,07	2835359,09	5094347,88	2835272,62
TR_H73_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5094337,92	2835297,64	5094818,78	2835374,43
TR_H8_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092375,79	2837238,81	5092451,43	2836857,29
TR_H8_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5093702,13	2835494,31	5093150,03	2835641,68
TR_H9_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092425,84	2836133,08	5092589,43	2835938,12
TR_H9_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5093523,68	2835720,82	5093724,10	2835579,82

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

■ Técnicas y esfuerzo de muestreo

Para el muestreo de anfibios en el área de influencia, se tuvo en cuenta lo planteado en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad del Instituto Alexander von Humboldt, utilizando métodos de detección directa de los individuos (Villarreal, y otros, 2006). Empleando la técnica de búsqueda libre por encuentro visual limitado por tiempo para obtener registros visuales y auditivos (VES), se realizaron recorridos aleatorios de observación, para cada una de las coberturas presentes. Los recorridos fueron realizados en horarios entre las 6:00 y las 12:00 h; y las 14:00 y las 21:00 h (**Fotografía 2-29**).

**Fotografía 2-29 Recorrido de observación de anfibios**

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La captura de los individuos se hizo de forma manual para aquellos individuos que no pudieron ser identificados en el momento del avistamiento, se realizó su captura para su identificación taxonómica y registro fotográfico (**Fotografía 2-30**). Una vez finalizado este proceso, se realizó la liberación de cada individuo en el sitio en que fue capturado.

**Fotografía 2-30 Registro fotográfico de anfibios**

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Adicionalmente, y para complementar la información obtenida por observación directa, se realizaron 16 entrevistas semiestructuradas a habitantes de zona (**Fotografía 2-31**); mediante la identificación de fotografías y las descripciones detalladas que dieron de algunos individuos fue posible registrar la presencia de algunas especies que no fueron observadas durante la fase de campo. Las especies identificadas por medio de esta técnica fueron añadidas a los resultados de caracterización de herpetofauna en el componente de riqueza específica.



Fotografía 2-31 Entrevistas semiestructuradas a pobladores sobre anfibiofauna

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Finalmente, el esfuerzo de muestreo para el método de búsqueda libre se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Hora/hombre} = \sum (t * H)$$

En dónde: t= tiempo en horas empleado en realizar el recorrido.

H= número de personas que realizaron la búsqueda en el muestreo.

▪ **Determinación taxonómica**

Para la determinación taxonómica de los individuos encontrados se emplearon libros, artículos científicos y listados en línea; adoptando la clasificación propuesta por Frost versión de marzo de 2023 y tomando como literatura especializada a Acosta-G (2000), Rueda-Almonacid, Lynch, & Amézquita (2004) y Blanco-Torres & Renjifo (2014).

▪ **Asociación a hábitats y gremios tróficos**

Teniendo en cuenta la información primaria y/o secundaria obtenida de cada especie, se realizó la asociación con uno o varios hábitats, construyendo gráficas de riqueza de especies para cada uno de ellos. Así fue posible identificar los hábitats con mayor riqueza, mayor abundancia y con especies exclusivas. Así mismo, se realizó la búsqueda de información relacionada con la dieta de las especies encontradas en campo, tomando como fuentes artículos, guías y libros específicos para anfibios, con el fin de asignar una categoría de gremio trófico.

▪ **Especies de importancia**

Para el análisis de especies de importancia se tuvieron en cuenta aquellas especies en algún grado de amenaza de acuerdo con el Libro Rojo de Anfibios de Colombia, la Resolución 1912 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los apéndices de la Convención Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2023) y la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023). De igual manera, se consultaron recursos en línea con el fin de establecer la distribución geográfica de las especies y su grado de endemismo.

▪ **Análisis de datos**

Siguiendo los lineamientos establecidos por el Instituto Alexander von Humboldt (Villarreal, y otros, 2006), para observar la representatividad del muestreo se construyó la curva de acumulación de especies, graficando tres estimadores no paramétricos: ACE, CHAO 1, COLE y BOOTSTRAP utilizando el programa EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013). Estos estimadores se basan en datos de abundancia de las especies reportadas; así, el estimador de riqueza ACE se basa en el cubrimiento de la abundancia y le da un mayor

peso a aquellas especies que están representadas por 10 o más individuos; por su parte, el estimador COLE estima el número de especies a partir de submuestras repetidas al azar mediante una curva de rarefacción, mientras que el estimador CHAO 1 tiene en cuenta las especies raras y el número total de las especies observadas. Por último, el estimador BOOTSTRAP tiene en cuenta las especies raras sin que estas afecten la estimación de la riqueza.

Para medir la diversidad a nivel local (Diversidad alfa) se emplearon los índices de diversidad de Margalef (D_{Mg}), el cual relaciona el número de especies con el número total de individuos; el índice de Simpson ($1-D$), que calcula la probabilidad de que dos individuos sacados al azar sean de la misma especie; y el índice de Shannon-Wiener (H), que muestra la uniformidad con que están representadas las especies encontradas en la fase de campo. En cuanto a la diversidad beta se empleó el índice de similaridad de Jaccard, el cual se basa en datos de presencia-ausencia de especies entre dos sitios. Todos estos índices se calcularon utilizando el programa PAST® 4.04 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

○ **Reptiles**

▪ **Técnicas y esfuerzo de muestreo**

Para el muestreo de reptiles, se realizaron recorridos de observación diurnos y nocturnos para las coberturas de la tierra presentes, considerando la mayor cantidad de hábitats y microhábitats apropiados para los anfibios con el fin de encontrar la mayor cantidad de individuos y especies posibles (Tabla 2-92). Es así como se abarcaron distintos microhábitats como bordes de cuerpos de agua, cuerpos de agua, vegetación de ribera, entre hojarasca y raíces, entre cortezas de árboles y cuevas, sobre el suelo, árboles y vegetación arbustiva, entre otros, realizando la inspección de la vegetación hasta una altura aproximada de tres metros. Los recorridos fueron referenciados desde el inicio hasta el final y las coordenadas se expresan en el sistema CTM12 Origen Nacional.

Tabla 2-92 Sitios de muestreo para reptiles dentro del área de influencia

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H1_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5090382,50	2836077,53	5090496,42	2835771,89
TR_H1_EIALBAC_JDER	Tejido urbano discontinuo	5080992,81	2844630,92	5080992,81	2844630,92
TR_H10_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificiales	5091816,70	2836306,41	5091816,70	2836306,41
TR_H10_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5094208,59	2836891,93	5094226,85	2837610,33
TR_H11_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091648,05	2836336,18	5092075,40	2836368,73
TR_H11_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5093769,15	2835641,40	5095008,81	2837229,88
TR_H12_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090480,28	2832718,35	5090511,28	2832804,73
TR_H12_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5094358,96	2837167,39	5094358,96	2837167,39
TR_H13_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089188,05	2832162,78	5089304,92	2832238,37
TR_H13_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5089917,68	2827074,11	5091161,41	2827317,24
TR_H14_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5089573,03	2832276,33	5089743,08	2832231,95
TR_H14_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5090336,76	2828614,94	5090303,29	2828701,72
TR_H15_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089955,27	2832285,22	5089789,27	2832590,95
TR_H15_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5089754,13	2828875,02	5089899,50	2829234,14
TR_H16_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090125,78	2832501,61	5090202,63	2833076,80
TR_H16_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5089885,94	2828597,94	5089575,07	2828676,05
TR_H17_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089807,75	2832229,95	5090044,36	2832180,11
TR_H17_EIALBAC_JDER	Tejido Urbano discontinuo	5090050,83	2828779,95	5090073,85	2828730,73
TR_H18_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089248,31	2832014,47	5089486,83	2832158,27
TR_H18_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5083421,68	2818589,90	5083061,64	2818481,92
TR_H19_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5089171,44	2832277,34	5089170,58	2832277,36
TR_H19_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5083383,23	2818557,77	5083184,18	2818690,57
TR_H2_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090564,61	2836414,08	5090833,30	2835975,06
TR_H2_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5080991,83	2844277,48	5080909,11	2844494,11
TR_H20_EIALBAC_AAE	Tierras desnudas y degradadas	5089998,13	2833307,90	5089808,57	2833132,07
TR_H20_EIALBAC_JDER	Cuerpos de agua artificiales	5083416,08	2818510,20	5083439,80	2818212,93
TR_H21_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077342,00	2818050,54	5077343,33	2818051,55

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H21_EIALBAC_JDER	Otros cultivos transitorios	5083416,32	2818619,33	5083471,35	2818608,13
TR_H22_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5076656,42	2818083,01	5076941,63	2818535,56
TR_H22_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5070142,78	2812123,69	5070226,82	2812436,41
TR_H23_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077214,51	2817926,42	5077157,83	2817961,39
TR_H23_EIALBAC_JDER	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5069914,25	2812170,45	5069809,07	2812068,67
TR_H24_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077773,79	2818462,47	5077560,68	2818269,84
TR_H24_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5069946,96	2811464,60	5069937,05	2811475,93
TR_H25_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077389,51	2818081,68	5077469,71	2818208,87
TR_H25_EIALBAC_JDER	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5070028,76	2811693,31	5070220,51	2811732,06
TR_H26_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5077061,05	2818152,84	5077061,05	2818152,84
TR_H26_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5070275,83	2811880,58	5070465,85	2812389,21
TR_H27_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077064,92	2817971,32	5077498,84	2818225,19
TR_H27_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068352,20	2808425,40	5068344,88	2808729,47
TR_H28_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077591,11	2818126,52	5077587,59	2818092,97
TR_H28_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068212,47	2808313,47	5068212,47	2808313,47
TR_H29_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077515,36	2818202,40	5077571,55	2818339,30
TR_H29_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5068132,20	2808255,88	5068435,73	2808326,00
TR_H3_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5090596,06	2836566,88	5090493,48	2836237,16
TR_H30_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5077161,87	2818708,64	5077578,34	2818541,35
TR_H30_EIALBAC_JDER	Pastos limpios	5068152,64	2807952,81	5068258,02	2808117,95
TR_H31_EIALBAC_AAE	Arbustal abierto	5076927,53	2818367,10	5076927,53	2818367,10
TR_H31_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5067621,63	2808689,72	5068000,01	2808762,36
TR_H32_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5076951,81	2818752,39	5076595,42	2818507,25
TR_H32_EIALBAC_JDER	Pastos arbolados	5057548,60	2794299,20	5057519,25	2794413,91
TR_H33_EIALBAC_AAE	Pastos limpios	5064354,06	2798906,29	5064179,59	2798708,55
TR_H33_EIALBAC_JDER	Bosque de Galería y/o ripario	5057569,00	2794462,63	5057443,25	2795018,25
TR_H34_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063949,39	2799164,39	5063957,05	2799296,77
TR_H34_EIALBAC_JDER	Pastos arbolados	5041940,30	2792667,94	5041861,28	2792864,55
TR_H35_EIALBAC_AAE	Tejido urbano discontinuo	5053749,30	2794188,50	5053617,98	2794522,76
TR_H35_EIALBAC_JDER	Vegetación secundaria alta	5041919,15	2792902,46	5041918,84	2792898,13
TR_H36_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053788,62	2794093,43	5053789,86	2794265,96
TR_H36_EIALBAC_JDER	Vegetación secundaria alta	5041866,81	2792902,39	5041641,68	2793429,14
TR_H37_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053477,69	2794625,26	5053576,13	2794372,59
TR_H37_EIALBAC_JDER	Bosque de Galería y/o ripario	5048363,80	2793489,24	5048152,73	2793534,89
TR_H38_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5050673,21	2793544,23	5050825,66	2793904,59
TR_H38_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5075413,43	2811379,77	5075669,49	2811220,40
TR_H39_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5050738,61	2793491,23	5051349,11	2793528,04
TR_H4_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091397,97	2836545,11	5090709,93	2836919,29
TR_H4_EIALBAC_JDER	Red vial y territorios asociados	5081953,48	2843912,17	5081865,13	2843970,81
TR_H40_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5053241,40	2794617,80	5053016,98	2794707,57
TR_H41_EIALBAC_AAE	Bosque de Galería y/o ripario	5053181,60	2794918,96	5053440,46	2795149,38
TR_H42_EIALBAC_AAE	Bosque de Galería y/o ripario	5053238,16	2794922,22	5053124,48	2794944,94
TR_H43_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060754,03	2796774,47	5060977,54	2796463,89
TR_H44_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061341,36	2796712,22	5061099,57	2796862,85
TR_H45_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061152,26	2796644,59	5060575,43	2797280,64
TR_H46_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061060,18	2797211,94	5061102,35	2796495,66
TR_H47_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060948,70	2796386,24	5060889,42	2796532,51
TR_H48_EIALBAC_AAE	Pastos arbolados	5061004,96	2797072,16	5061039,19	2797533,54
TR_H49_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060518,24	2796547,36	5060711,77	2796796,52
TR_H5_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092872,57	2835645,11	5093001,08	2836580,42
TR_H5_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5081138,83	2844436,93	5080890,79	2844549,74
TR_H50_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061057,55	2797264,83	5061488,54	2797057,86
TR_H51_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5061248,28	2797071,31	5061126,02	2797154,26
TR_H52_EIALBAC_AAE	Pastos arbolados	5061017,60	2797122,69	5061112,46	2797578,59
TR_H53_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5061097,07	2797591,65	5061130,08	2797601,75
TR_H54_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5061351,54	2796985,90	5061127,80	2797261,68

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_H55_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria alta	5060667,38	2796816,87	5060927,92	2796379,88
TR_H56_EIALBAC_AAE	Vegetación secundaria baja	5060923,36	2796353,51	5060705,43	2796653,48
TR_H57_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5061129,18	2797601,37	5061115,16	2797616,04
TR_H58_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063573,39	2801577,42	5063573,05	2801854,84
TR_H59_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063505,88	2801630,07	5063468,61	2801832,26
TR_H6_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091341,04	2835986,39	5091483,76	2836353,04
TR_H6_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5083299,81	2843042,41	5083268,84	2843059,92
TR_H60_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063454,40	2801662,02	5063484,69	2801650,71
TR_H61_EIALBAC_AAE	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063554,37	2801751,29	5064800,74	2801883,61
TR_H62_EIALBAC_AAE	Cuerpos de agua artificial	5064863,40	2801864,89	5064854,35	2801863,52
TR_H63_EIALBAC_AAE	Bosque de galería y ripario	5063505,11	2801858,61	5063854,16	2801915,20
TR_H64_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042953,27	2792109,09	5042918,07	2792303,98
TR_H65_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042961,63	2792127,49	5042961,50	2792413,05
TR_H66_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042754,71	2791888,33	5042320,27	2791731,74
TR_H67_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042751,98	2791876,45	5042743,84	2791881,06
TR_H68_EIALBAC_JNC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5055727,23	2793473,11	5055563,17	2793314,41
TR_H69_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5094568,67	2833926,32	5093570,51	2834002,66
TR_H7_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5091904,56	2837567,84	5091709,87	2836758,25
TR_H7_EIALBAC_JDER	Arbustal denso	5093155,86	2835645,95	5093038,51	2835713,25
TR_H70_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093656,34	2833927,59	5094659,60	2834099,48
TR_H71_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093260,44	2835320,03	5093798,03	2835335,30
TR_H72_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5093977,07	2835359,09	5094347,88	2835272,62
TR_H73_EIALBAC_JNC	Tierras desnudas y degradadas	5094337,92	2835297,64	5094818,78	2835374,43
TR_H8_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092375,79	2837238,81	5092451,43	2836857,29
TR_H8_EIALBAC_JDER	Arbustal abierto	5093702,13	2835494,31	5093150,03	2835641,68
TR_H9_EIALBAC_AAE	Arbustal denso	5092425,84	2836133,08	5092589,43	2835938,12
TR_H9_EIALBAC_JDER	Tierras desnudas y degradadas	5093523,68	2835720,82	5093724,10	2835579,82

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Para el muestreo de reptiles en el área de influencia se tuvo en cuenta lo planteado en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad del Instituto Alexander von Humboldt, utilizando métodos de detección directa de los individuos (Villarreal, y otros, 2006). Empleando la técnica de búsqueda libre por encuentro visual limitado por tiempo para obtener registros visuales (VES), se realizaron recorridos aleatorios de observación, para cada una de las coberturas presentes. Los recorridos fueron realizados en horarios entre las 6:00 y las 12:00 h; y las 14:00 y las 21:00 h (**Fotografía 2-32**).



Fotografía 2-32 Búsqueda de reptiles en microhábitats

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La captura de los individuos se hizo de forma manual (**Fotografía 2-33**) para aquellos individuos que no pudieron ser identificados en el momento del avistamiento, se realizó su captura y fueron transportados en bolsas de tela humedecidas para su posterior identificación taxonómica y registro fotográfico. Una vez finalizado este proceso, se realizó la liberación de cada individuo en el sitio en que fue capturado.



Fotografía 2-33 Captura manual de individuos

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Adicionalmente, y para complementar la información obtenida por observación directa, se realizaron 16 entrevistas semiestructuradas a habitantes de zona **Fotografía 2-34**; mediante guías ilustradas y las descripciones detalladas que dieron de algunos individuos fue posible registrar la presencia de algunas especies que no fueron observadas durante la fase de campo. Las especies identificadas por medio de esta técnica fueron añadidas a los resultados de caracterización de herpetofauna en el componente de riqueza específica.



Fotografía 2-34 Entrevistas semiestructuradas a pobladores sobre reptiles

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Finalmente, el esfuerzo de muestreo para el método de búsqueda libre se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Hora/hombre} = \sum (t \cdot H)$$

En dónde: t= tiempo en horas empleado en realizar el recorrido.

H= número de personas que realizaron la búsqueda en el muestreo.

▪ **Determinación taxonómica**

Para la determinación taxonómica de los individuos encontrados se emplearon libros, artículos científicos y listados en línea. Es así como para reptiles se siguió la clasificación propuesta por Uetz, Freed y Hosek versión de agosto de 2023, tomando como literatura especializada a Peters & Donoso-Barrios (1970), Peters & Orejas-Miranda (1970), Pérez-Santos & Moreno (1988), Ayala & Castro (Manuscrito sin publicar), Rueda-Almonacid, y otros (2007), Páez, Morales-Betancourt, Lasso, Castaño-Mora, & Bock (2012), Morales-Betancourt M., Lasso, De La Ossa-Vásquez, & Fajardo-Patiño (2013) y Vásquez-Restrepo & Lapwong (2018).

▪ **Asociación a hábitats y gremios tróficos**

Teniendo en cuenta la información primaria y/o secundaria obtenida de cada especie, se realizó la asociación con uno o varios hábitats, construyendo gráficas de riqueza de especies para cada uno de ellos. Así fue posible identificar los hábitats con mayor riqueza, mayor abundancia y con especies exclusivas. Así mismo, se realizó la búsqueda de información relacionada con la dieta de las especies encontradas en campo, tomando como fuentes artículos, guías y libros específicos para reptiles, con el fin de asignar una categoría de gremio trófico.

▪ **Especies de importancia**

Para el análisis de especies de importancia se tuvieron en cuenta aquellas especies en algún grado de amenaza de acuerdo con el Libro Rojo de Reptiles de Colombia, la Resolución 1912 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los apéndices de la Convención Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestre (CITES, 2023) y la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023). De igual manera, se consultaron recursos en línea con el fin de establecer la distribución geográfica de las especies y su grado de endemismo.

▪ **Análisis de datos**

Siguiendo los lineamientos establecidos por el Instituto Alexander von Humboldt (Villarreal, y otros, 2006), para observar la representatividad del muestreo se construyó la curva de acumulación de especies,

graficando tres estimadores no paramétricos: ACE, CHAO1, COLE y BOOTSTRAP utilizando el programa EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013). Estos estimadores se basan en datos de abundancia de las especies reportadas; así, el estimador de riqueza ACE se basa en el cubrimiento de la abundancia y le da un mayor peso a aquellas especies que están representadas por 10 o más individuos; por su parte, el estimador COLE estima el número de especies a partir de submuestras repetidas al azar mediante una curva de rarefacción, mientras que el estimador CHAO1 tiene en cuenta las especies raras y el número total de las especies observadas. Por último, el estimador BOOTSTRAP tiene en cuenta las especies raras sin que estas afecten la estimación de la riqueza

Para medir la diversidad a nivel local (Diversidad alfa) se emplearon los índices de diversidad de Margalef (D_{Mg}), el cual relaciona el número de especies con el número total de individuos; el índice de Simpson ($1-D$), que calcula la probabilidad de que dos individuos sacados al azar sean de la misma especie; y el índice de Shannon-Wiener (H), que muestra la uniformidad con que están representadas las especies encontradas en la fase de campo. En cuanto a la diversidad beta se empleó el índice de similaridad de Bray-Curtis, la cual se refiere a la diferencia total en la abundancia de especies entre dos sitios. Todos estos índices se calcularon utilizando el programa PAST® 4.04 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

○ Avifauna (Aves)

Para el levantamiento de información para el área de influencia se realizaron transectos (Tabla 2-93) puntos de redes de niebla (Tabla 2-94) y puntos de observación (Tabla 2-95).

Tabla 2-93 Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Transectos

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_A1_EIALBAC_LA	Tierras desnudas y degradadas	5081360,96	2843822,76	5081332,74	2844226,13
TR_A10_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5090480,28	2832718,35	5090511,28	2832804,73
TR_A11_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089188,05	2832162,78	5089304,92	2832238,37
TR_A12_EIALBAC_LA	Tierras desnudas y degradadas	5089573,03	2832276,33	5089743,08	2832231,95
TR_A13_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089955,27	2832285,22	5089789,27	2832590,95
TR_A14_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089807,75	2832229,95	5090044,36	2832180,11
TR_A15_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089171,44	2832277,34	5089170,58	2832277,36
TR_A16_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077342,00	2818050,54	5077343,33	2818051,55
TR_A17_EIALBAC_LA	Arbustal abierto	5076656,42	2818083,01	5076941,63	2818535,56
TR_A18_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077773,79	2818462,47	5077560,68	2818269,84
TR_A19_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077389,51	2818081,68	5077469,71	2818208,87
TR_A2_EIALBAC_LA	Arbustal abierto	5080355,97	2844990,17	5080358,61	2844945,91
TR_A20_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077061,05	2818152,84	5077061,05	2818152,84
TR_A21_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077064,92	2817971,32	5077498,84	2818225,19
TR_A22_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077161,87	2818708,64	5077578,34	2818541,35
TR_A23_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5076951,81	2818752,39	5076595,42	2818507,25
TR_A24_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5064354,06	2798906,29	5064179,59	2798708,55
TR_A25_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5063949,39	2799164,39	5063957,05	2799296,77
TR_A26_EIALBAC_LA	Tejido Urbano Discontinuo	5053749,30	2794188,50	5053617,98	2794522,76
TR_A27_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053788,62	2794093,43	5053789,86	2794265,96
TR_A28_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053477,69	2794625,26	5053576,13	2794372,59
TR_A29_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050738,61	2793491,23	5051349,11	2793528,04
TR_A3_EIALBAC_LA	Arbustal abierto	5080358,92	2844989,08	5080329,76	2844964,52
TR_A30_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053241,40	2794617,80	5053016,98	2794707,57
TR_A31_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5053238,16	2794922,22	5053124,48	2794944,94
TR_A32_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060754,03	2796774,47	5060977,54	2796463,89
TR_A32_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042996,19	2792114,33	5042928,48	2792277,74
TR_A33_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5061060,18	2797211,94	5061102,35	2796495,66
TR_A33_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042187,26	2791674,35	5042755,43	2791892,41

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_A34_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5061126,02	2797154,26	5061248,28	2797071,31
TR_A34_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043035,34	2792431,03	5043100,56	2792110,01
TR_A35_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5061057,55	2797264,83	5061488,54	2797057,86
TR_A35_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5055719,18	2793469,21	5055585,05	2793376,90
TR_A36_EIALBAC_LA	Cuerpos de agua artificial	5061097,07	2797591,65	5061130,08	2797601,75
TR_A36_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094169,61	2834082,11	5094528,96	2834035,80
TR_A37_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5061351,54	2796985,90	5061127,80	2797261,68
TR_A37_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094748,46	2835291,99	5093260,52	2835312,03
TR_A38_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060667,38	2796816,87	5060927,92	2796379,88
TR_A39_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5063573,39	2801577,42	5063573,05	2801854,84
TR_A4_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5092723,02	2836031,90	5092351,93	2836151,12
TR_A40_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063505,88	2801630,07	5063468,61	2801832,26
TR_A41_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063454,40	2801662,02	5063484,69	2801650,71
TR_A42_EIALBAC_LA	Cuerpos de agua artificial	5064864,62	2801865,40	5064850,65	2801864,16
TR_A43_EIALBAC_LA	Bosque de Galería y/o ripario	5063505,11	2801858,61	5063854,16	2801915,20
TR_A5_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5092125,07	2836460,16	5092422,62	2836929,60
TR_A6_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5092053,06	2836843,85	5091878,91	2836074,82
TR_A7_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5092327,20	2835760,78	5092327,20	2835760,78
TR_A8_EIALBAC_LA	Cuerpos de agua artificial	5091837,38	2836280,72	5091816,70	2836306,41
TR_A9_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5091648,05	2836336,18	5092075,40	2836368,73

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-94 Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Puntos de red

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PR_A1_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093626,41	2835497,40
PR_A10_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070530,37	2812214,59
PR_A10_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089756,01	2832208,41
PR_A11_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070519,54	2812229,04
PR_A11_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089776,84	2832204,36
PR_A12_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070519,52	2812237,66
PR_A12_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089780,67	2832212,13
PR_A13_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089783,26	2832220,46
PR_A14_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089776,61	2832219,44
PR_A15_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077495,32	2818262,23
PR_A16_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077496,33	2818240,61
PR_A17_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077484,35	2818225,12
PR_A18_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077471,00	2818211,89
PR_A19_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077446,18	2818169,38
PR_A2_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093619,15	2835484,44
PR_A20_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077429,11	2818163,59
PR_A21_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5077438,23	2818143,32
PR_A22_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053965,88	2794188,09
PR_A23_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053969,68	2794176,27
PR_A24_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053969,68	2794168,25
PR_A25_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053965,04	2794159,38
PR_A26_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053944,77	2794168,67
PR_A27_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053934,64	2794162,34
PR_A28_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5053927,46	2794171,20
PR_A29_EIALBAC_LA	Tejido urbano discontinuo	5050708,53	2793546,70
PR_A3_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093621,81	2835469,20

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PR_A30_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050681,51	2793551,77
PR_A31_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050665,75	2793554,02
PR_A32_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050652,80	2793551,77
PR_A33_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050622,39	2793506,73
PR_A34_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050621,27	2793494,34
PR_A35_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5050617,89	2793480,83
PR_A36_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053201,34	2794850,04
PR_A37_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053195,14	2794864,11
PR_A38_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053217,47	2794860,78
PR_A39_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053209,27	2794863,69
PR_A4_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093627,62	2835459,27
PR_A40_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053201,95	2794870,44
PR_A41_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053189,28	2794854,68
PR_A42_EIALBAC_LA	Pastos limpios	5053185,34	2794853,55
PR_A43_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042944,09	2792135,91
PR_A44_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042955,66	2792133,72
PR_A45_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042981,43	2792124,24
PR_A46_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042993,66	2792118,85
PR_A47_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043018,10	2792125,62
PR_A48_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043021,03	2792138,12
PR_A49_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043025,31	2792115,90
PR_A5_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093627,11	2835448,10
PR_A50_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043043,32	2792117,36
PR_A51_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043055,01	2792112,63
PR_A52_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043071,83	2792103,69
PR_A53_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094096,27	2834069,38
PR_A54_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094175,46	2834088,09
PR_A55_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060924,05	2796371,20
PR_A55_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094248,05	2834090,63
PR_A56_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060922,27	2796381,49
PR_A56_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094273,57	2834086,06
PR_A57_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060926,02	2796391,65
PR_A57_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094298,17	2834096,09
PR_A58_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060941,52	2796462,33
PR_A58_EIALBAC_PO	Arbustal abierto	5094313,11	2834096,46
PR_A59_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060927,96	2796473,70
PR_A59_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094338,64	2834127,60
PR_A6_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070536,97	2812139,98
PR_A60_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria alta	5060932,52	2796490,38
PR_A60_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094355,31	2834128,32
PR_A61_EIALBAC_LA	Vegetación secundaria baja	5060886,07	2796468,58
PR_A61_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094368,70	2834132,33
PR_A62_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061150,68	2797228,63
PR_A62_EIALBAC_PO	Tierras desnudas y degradadas	5094405,82	2834115,09
PR_A63_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061150,68	2797228,63
PR_A64_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061157,43	2797221,27
PR_A65_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061181,33	2797207,02
PR_A66_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061205,30	2797204,42
PR_A67_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061197,51	2797186,90
PR_A68_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5061211,69	2797188,58
PR_A69_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5063551,11	2801672,87
PR_A7_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070545,26	2812136,69
PR_A70_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063555,26	2801670,43
PR_A71_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5063533,79	2801664,60
PR_A72_EIALBAC_LA	Bosque de galería y ripario	5063533,78	2801664,60
PR_A73_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063469,41	2801654,65
PR_A74_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063444,32	2801649,45

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PR_A75_EIALBAC_LA	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063451,81	2801633,61
PR_A8_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070542,72	2812203,12
PR_A8_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089723,01	2832211,00
PR_A9_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070537,90	2812209,96
PR_A9_EIALBAC_LA	Arbustal denso	5089741,93	2832207,62

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-95 Sitios de muestreo para aves dentro del área de influencia del Proyecto – Puntos de observación

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A1_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5080969,74	2844752,73
PO_A100_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5091215,66	2827831,02
PO_A101_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5091189,06	2827902,91
PO_A102_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5091166,69	2828059,48
PO_A103_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090878,16	2828342,40
PO_A104_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090584,44	2828494,43
PO_A105_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090452,72	2828577,84
PO_A106_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5090295,43	2828641,28
PO_A107_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090193,76	2828660,88
PO_A108_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090103,64	2828721,64
PO_A109_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090179,28	2828767,62
PO_A110_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090360,30	2828713,76
PO_A111_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090384,92	2828834,87
PO_A112_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5090343,70	2828800,16
PO_A113_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090224,39	2828928,82
PO_A114_EIALBAC_AA	Arroyo	5089954,44	2829196,32
PO_A115_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089861,50	2829099,78
PO_A116_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089820,41	2828981,71
PO_A117_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5089872,96	2828754,48
PO_A118_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5089816,57	2828763,38
PO_A119_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5089807,72	2828729,97
PO_A120_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5089872,43	2828745,30
PO_A121_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5089929,41	2828608,06
PO_A122_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089863,35	2828607,65
PO_A123_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5089586,86	2828761,06
PO_A124_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5089666,30	2828773,45
PO_A125_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089657,43	2828901,21
PO_A126_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089697,74	2828987,21
PO_A127_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089808,76	2829317,62
PO_A128_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089795,40	2829340,56
PO_A129_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089798,21	2829387,77
PO_A130_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089758,90	2829486,60
PO_A131_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089735,79	2829483,32
PO_A132_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089666,35	2829404,97
PO_A133_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089652,76	2829542,56
PO_A134_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089759,04	2829738,86
PO_A135_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089780,98	2829804,91
PO_A136_EIALBAC_AA	Arroyo	5089875,62	2830029,03
PO_A137_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089947,96	2830123,53
PO_A138_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090011,35	2830066,78
PO_A139_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089973,68	2829937,56
PO_A140_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090000,11	2829769,06
PO_A141_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089962,62	2829650,01

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A142_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089927,79	2829365,16
PO_A143_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089947,98	2829279,21
PO_A144_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089968,92	2829241,90
PO_A145_EIALBAC_AA	Arroyo	5089942,64	2828557,92
PO_A146_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089922,09	2828499,48
PO_A147_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089942,55	2828438,75
PO_A148_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089935,84	2828345,54
PO_A149_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089908,52	2828252,83
PO_A150_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089840,86	2828202,01
PO_A151_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089844,76	2828169,30
PO_A152_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5089878,75	2828066,71
PO_A153_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5083471,73	2818745,77
PO_A154_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083291,91	2818562,51
PO_A155_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083096,71	2818482,03
PO_A156_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5082990,08	2818598,91
PO_A157_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5082926,74	2818796,95
PO_A158_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083020,13	2818825,05
PO_A159_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083002,01	2818789,62
PO_A160_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083093,38	2818795,95
PO_A161_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083144,24	2818699,69
PO_A162_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083240,18	2818630,97
PO_A163_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083255,39	2818609,90
PO_A164_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083292,02	2818573,07
PO_A165_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083370,45	2818566,10
PO_A166_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5083467,17	2818199,47
PO_A167_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5083385,01	2818378,99
PO_A168_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5084098,24	2822923,28
PO_A169_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083681,17	2822835,06
PO_A170_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083511,71	2822918,62
PO_A171_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083526,72	2823016,37
PO_A172_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083506,02	2823052,47
PO_A173_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083470,83	2823036,68
PO_A174_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083472,50	2823024,19
PO_A175_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083371,40	2822867,96
PO_A176_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083348,51	2822782,22
PO_A177_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5083495,59	2822789,47
PO_A178_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5083597,40	2822803,66
PO_A179_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070471,09	2812040,47
PO_A180_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070303,95	2812053,37
PO_A181_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070258,37	2812095,15
PO_A182_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070156,48	2812054,91
PO_A183_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070078,70	2812106,59
PO_A184_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5069999,79	2812129,40
PO_A185_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5069978,01	2812113,32
PO_A186_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5069923,06	2812102,71
PO_A187_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5069992,32	2812153,37
PO_A188_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070222,15	2812298,35
PO_A189_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070246,66	2812311,89
PO_A19_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5080920,58	2844885,58
PO_A190_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070206,63	2812363,86
PO_A191_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070140,68	2812491,39
PO_A192_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070148,32	2812538,16
PO_A193_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070162,74	2812575,11
PO_A194_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070190,76	2812586,34

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A195_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070271,27	2812574,25
PO_A196_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070357,36	2812563,61
PO_A197_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070491,48	2812532,29
PO_A198_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070509,07	2812374,48
PO_A199_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070513,54	2812276,56
PO_A20_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5080930,56	2844817,96
PO_A200_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070525,79	2812216,02
PO_A201_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070548,29	2812198,71
PO_A202_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070563,50	2811931,80
PO_A203_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070431,42	2811824,40
PO_A204_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070400,28	2811799,90
PO_A205_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070357,03	2811779,69
PO_A206_EIALBAC_AA	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5070153,72	2811720,65
PO_A207_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5070147,57	2811688,92
PO_A208_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5070187,61	2811587,97
PO_A209_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070246,19	2811638,51
PO_A210_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070305,69	2811713,36
PO_A211_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070436,05	2811703,37
PO_A212_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070557,48	2811696,12
PO_A213_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070589,57	2811538,46
PO_A214_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070730,82	2811544,52
PO_A215_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070839,76	2811554,93
PO_A216_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070903,02	2811607,91
PO_A217_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070937,97	2811688,24
PO_A218_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5070942,38	2811764,29
PO_A219_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5070853,37	2811859,27
PO_A220_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070769,46	2812164,05
PO_A221_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070709,96	2812238,75
PO_A222_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5070522,57	2812432,33
PO_A223_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5068311,79	2808133,53
PO_A224_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5068259,15	2808112,08
PO_A225_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5068224,95	2808087,36
PO_A226_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5068154,84	2808067,86
PO_A227_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5068140,19	2807980,40
PO_A228_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068115,22	2807986,59
PO_A229_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068111,04	2807997,85
PO_A230_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068122,71	2808144,18
PO_A231_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068137,00	2808147,75
PO_A232_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068128,98	2808224,00
PO_A233_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5068165,82	2808236,23
PO_A234_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5068183,21	2808266,89
PO_A235_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068310,65	2808307,18
PO_A236_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068348,22	2808337,65
PO_A237_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068337,29	2808401,29
PO_A238_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068325,98	2808435,09
PO_A239_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068321,61	2808436,63
PO_A240_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068343,28	2808507,09
PO_A241_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068362,86	2808532,45
PO_A242_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068316,04	2808541,74
PO_A243_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068215,95	2808516,98
PO_A244_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068172,03	2808499,54
PO_A245_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068088,23	2808456,36
PO_A246_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068122,22	2808373,75
PO_A247_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068117,80	2808349,87

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A248_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5068141,22	2808317,65
PO_A249_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067567,03	2809216,95
PO_A250_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067630,30	2809213,65
PO_A251_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067702,86	2809206,74
PO_A252_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067738,39	2809223,39
PO_A253_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067720,33	2809303,16
PO_A254_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067682,72	2809340,11
PO_A255_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067624,40	2809322,74
PO_A256_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067603,99	2809273,29
PO_A257_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067500,22	2809286,12
PO_A258_EIALBAC_AA	Otros cultivos transitorios	5067457,63	2809308,35
PO_A259_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067791,78	2809151,66
PO_A260_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067824,42	2809034,89
PO_A261_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067832,04	2808989,26
PO_A262_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067887,95	2808968,04
PO_A263_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068021,30	2808995,07
PO_A264_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068054,98	2808914,52
PO_A265_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068066,17	2808856,05
PO_A266_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068066,31	2808801,50
PO_A267_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5068106,11	2808770,10
PO_A268_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5068055,35	2808732,52
PO_A269_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067972,80	2808720,18
PO_A270_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067910,11	2808702,25
PO_A271_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5067719,49	2808669,35
PO_A272_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067584,82	2808851,00
PO_A273_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067485,79	2808944,75
PO_A274_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5067430,44	2809015,04
PO_A275_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057774,69	2794440,32
PO_A276_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057625,72	2794440,05
PO_A277_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057550,59	2794405,44
PO_A278_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057480,60	2794360,32
PO_A279_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057429,78	2794339,01
PO_A280_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083276,51	2843008,79
PO_A281_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057393,32	2794405,48
PO_A282_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057394,68	2794437,76
PO_A283_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057491,90	2794447,44
PO_A284_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057517,33	2794450,03
PO_A285_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5057537,45	2794427,74
PO_A286_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057564,98	2794473,10
PO_A287_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057589,86	2794534,39
PO_A288_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057598,54	2794564,69
PO_A289_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057614,76	2794588,59
PO_A290_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057633,89	2794629,74
PO_A291_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057617,72	2794702,67
PO_A292_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057568,70	2794711,97
PO_A293_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057512,98	2794742,60
PO_A294_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057498,34	2794759,49
PO_A295_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057496,10	2794789,32
PO_A296_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5057380,60	2794927,06
PO_A297_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria baja	5057441,49	2794991,17
PO_A298_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria baja	5057528,86	2795019,95
PO_A299_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5057611,56	2795034,80
PO_A300_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5057678,34	2795042,44
PO_A300_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5057736,59	2795050,72

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A301_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5057756,46	2795050,54
PO_A302_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041974,65	2792847,11
PO_A303_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042066,37	2792898,19
PO_A304_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041891,81	2793016,89
PO_A305_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041881,84	2793133,81
PO_A306_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041823,79	2793127,66
PO_A307_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041798,58	2793119,34
PO_A308_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041754,35	2793146,36
PO_A309_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041673,64	2793193,35
PO_A310_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041676,40	2793251,71
PO_A311_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041665,83	2793323,87
PO_A312_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041662,21	2793340,55
PO_A313_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041650,58	2793385,97
PO_A314_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5041632,45	2793399,43
PO_A315_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5042274,94	2792722,05
PO_A316_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5042298,30	2792717,99
PO_A317_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042404,54	2792767,87
PO_A318_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042483,10	2792783,01
PO_A319_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042557,93	2792815,60
PO_A320_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042595,24	2792823,72
PO_A321_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5042677,62	2792837,21
PO_A322_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042738,48	2792874,09
PO_A323_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria alta	5042774,16	2792879,11
PO_A324_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5042790,96	2792881,57
PO_A325_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048682,10	2793482,92
PO_A326_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048621,03	2793448,01
PO_A327_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048558,31	2793428,57
PO_A328_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048460,59	2793456,16
PO_A329_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048325,73	2793509,68
PO_A330_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048243,62	2793528,46
PO_A331_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048238,05	2793538,73
PO_A332_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048204,54	2793538,67
PO_A333_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048181,87	2793522,84
PO_A334_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048155,12	2793529,43
PO_A335_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5048157,27	2793544,90
PO_A336_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048116,19	2793510,36
PO_A337_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5048111,97	2793478,19
PO_A338_EIALBAC_AA	Pastos limpios	5048088,52	2793394,26
PO_A339_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5047922,80	2793508,30
PO_A34_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5083253,74	2843020,55
PO_A340_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5047871,82	2793512,87
PO_A341_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5047846,28	2793521,79
PO_A342_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5047738,63	2793540,42
PO_A343_EIALBAC_AA	Bosque de galería y ripario	5047686,39	2793520,66
PO_A344_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5047665,68	2793578,44
PO_A345_EIALBAC_AA	Vegetación secundaria baja	5047667,05	2793613,37
PO_A346_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075436,67	2811566,28
PO_A347_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075420,93	2811487,77
PO_A348_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075418,96	2811443,33
PO_A349_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075435,10	2811443,81
PO_A350_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075418,17	2811410,28
PO_A351_EIALBAC_AA	Pastos arbolados	5075429,02	2811387,53
PO_A352_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5075407,67	2811329,45
PO_A353_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5075510,26	2811256,30

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A354_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5075564,38	2811205,47
PO_A355_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5075600,99	2811181,68
PO_A356_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5075657,87	2811066,19
PO_A357_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5075693,87	2811020,07
PO_A358_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5075745,32	2811036,89
PO_A359_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5075730,48	2811219,68
PO_A360_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5075719,65	2811234,68
PO_A361_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043129,76	2792111,97
PO_A362_EIALBAC_PO	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043776,54	2792428,72
PO_A39_EIALBAC_AA	Tejido urbano discontinuo	5093783,48	2835570,83
PO_A40_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5093905,05	2835850,66
PO_A41_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5093912,39	2835910,59
PO_A42_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5094062,58	2835950,28
PO_A43_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5094109,61	2836004,59
PO_A44_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094269,04	2836015,58
PO_A45_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094371,41	2836012,02
PO_A46_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094646,68	2835927,07
PO_A47_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094639,58	2835891,90
PO_A48_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094679,32	2835836,64
PO_A49_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094694,46	2835804,40
PO_A5_EIALBAC_AA	Cuerpos de agua artificial	5090531,66	2836032,21
PO_A50_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094759,46	2835794,10
PO_A51_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5094918,56	2835701,29
PO_A52_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5094989,44	2835687,35
PO_A53_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5095125,85	2835707,33
PO_A54_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5095165,62	2835712,99
PO_A55_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5095189,14	2835757,82
PO_A56_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5095187,27	2835798,06
PO_A57_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5095179,75	2836046,20
PO_A58_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5094975,64	2836173,26
PO_A59_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094924,87	2836169,46
PO_A60_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094807,28	2836163,58
PO_A61_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094553,66	2836083,76
PO_A62_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5094454,01	2836089,87
PO_A63_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093694,38	2835477,27
PO_A64_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093451,27	2835454,21
PO_A65_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093373,11	2835493,00
PO_A66_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093323,27	2835429,72
PO_A67_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093269,48	2835445,37
PO_A68_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093194,75	2835540,00
PO_A69_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093152,10	2835624,87
PO_A70_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093091,97	2835721,64
PO_A71_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093045,07	2835766,16
PO_A72_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093079,25	2835820,32
PO_A73_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093097,88	2835896,76
PO_A74_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093142,58	2835928,17
PO_A75_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093160,33	2835971,23
PO_A76_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093099,85	2836219,66
PO_A77_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5092964,09	2836237,93
PO_A78_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5092889,75	2836313,44
PO_A79_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5092894,18	2836216,94
PO_A8_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5080871,86	2844463,93

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Este	Norte
PO_A80_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5092978,48	2836165,13
PO_A81_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093196,14	2835656,30
PO_A82_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093290,96	2835773,64
PO_A83_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5093401,13	2835778,17
PO_A84_EIALBAC_AA	Red vial y territorios asociados	5093439,08	2835699,80
PO_A85_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093499,45	2835636,86
PO_A86_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093502,28	2835634,88
PO_A87_EIALBAC_AA	Arbustal abierto	5093551,43	2835602,30
PO_A88_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5089903,12	2827132,15
PO_A89_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090096,34	2827164,64
PO_A90_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090225,11	2827197,52
PO_A91_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5090420,52	2827266,95
PO_A92_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090739,06	2827353,76
PO_A93_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5090735,73	2827373,31
PO_A94_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5090792,49	2827392,27
PO_A95_EIALBAC_AA	Arbustal denso	5091003,72	2827452,69
PO_A96_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5091045,98	2827505,09
PO_A97_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5091080,36	2827491,70
PO_A98_EIALBAC_AA	Arroyo	5091101,58	2827431,85
PO_A99_EIALBAC_AA	Tierras desnudas y degradadas	5091132,62	2827518,06

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Técnicas y esfuerzo de muestreo

Con base en un mapa de coberturas se emplearon tres metodologías, Transectos, puntos de redes de niebla y puntos de observación. [Para la caracterización del componente aves se realizaron 49 transectos de longitud](#) y tiempo variable con el fin de obtener registros de manera directa (observación o vocalización), y de forma indirecta (rastros, plumas, nidos, heces, entre otros). Estos recorridos se realizaron en la mayor cantidad de coberturas vegetales posibles definidas para el área de influencia en horarios de 5:30 am a 10:00 am y en la tarde de 3:00 pm a 6:00 pm en picos de alta y media actividad de la avifauna. Además, para complementar el inventario de aves, se instalaron siete redes de niebla de 12 m de largo x 2,5 m de alto, metodología empleada en cinco coberturas; [De igual manera, se llevaron a cabo 331 puntos de observación](#) de duración aproximada de 20 minutos efectivos por punto también por último, se realizaron entrevistas semiestructuradas a los pobladores para la verificación y adición de especies a la lista del componente aves de la zona. En el capítulo 2 de generalidades se presentan de forma detallada las metodologías implementadas.



Fotografía 2-35 Recorridos de observación de aves (Transecto)



Fotografía 2-36 Captura redes de niebla

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-37 Puntos de observación



Fotografía 2-38 Entrevistas semiestructuradas a pobladores residentes

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El esfuerzo de muestreo para recorridos de observación es el resultado de la multiplicación de los 31 días efectivos de campo, multiplicado por el total de 8 horas diarias, por 2 profesionales, con un esfuerzo total de muestreo de **496 horas/hombre**. El esfuerzo de muestreo con redes de niebla se mide en horas red, donde una hora red equivale a una red de 12x3 m abierta durante una hora. El esfuerzo de muestreo de cobertura por día fue de 42 horas/red para un total en todas las unidades de muestreo de **528 horas/red**.

▪ Determinación taxonómica

Para la identificación de las especies se siguió la propuesta taxonómica de (Gill F. B., 1990). Se usaron la guía de Aves de Colombia (Hilty & Brown, 2009), Field Guide Birds of Colombia (Hilty J., 2021) y A Field Guide to the Birds of Colombia (Ayerbe-Quiñones, 2022), para la identificación de los cantos y corroboración de distribución, se empleó la base de datos eBird (2023).

▪ Asociación a hábitats y gremios tróficos

Las aves presentan diferentes adaptaciones para su alimentación, que incluye forma del pico, extensión de las extremidades, sistemas digestivos especializados y comportamientos específicos entre otras; pero existen diferentes formas disponibles para agrupar a las aves en grupos o gremios tróficos con las que comparta similitudes de alimentación (Gill F. B., 2007), Según su clasificación taxonómica y basándose en literatura sobre la dieta y hábitats de las especies de aves, cada individuo se categorizó según su hábito alimenticio (Omnívoras, Insectívoras, Carnívoras, Frugívoras, Piscívoras, Granívoras, Carroñeras, Nectarívoras y Herbívoros) y su asociación a una o varias coberturas naturales para construir una lista de riqueza y abundancia y determinar así posibles especies de interés (STILES, 1997).

▪ Especies de importancia

La información del estado de conservación de las especies fue obtenida del libro rojo de las Aves de Colombia (Renjifo, Amaya-Villarreal, Burbano-Girón, & Velásquez-Tibatá, 2016), las listas rojas de la UICN (IUCN, 2023), listas de especies migratorias (Naranjo & Amaya-Espinel, 2009) y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2023) listado de especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana publicado en la resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2017), para determinar las especies amenazadas, endémicas, migratorias y aquellas de interés (Echeverry-Galvis-et-al, 2022).

▪ Composición riqueza y abundancia

Para el análisis de la abundancia relativa de especies se llevaron a cabo gráficas de rango abundancia, las cuales permiten observar la relación entre el número de especies y el número de individuos registrados

por especie, además, proporcionan una visión de algunos atributos de las comunidades de aves que componen un área, tales como la riqueza, equitatividad y presencia de especies raras en la muestra.

▪ Análisis de datos

Con el objeto de evaluar la efectividad de los muestreos realizados, se elaboraron curvas de acumulación de especies para las aves registradas de manera directa durante la fase de campo y para estimar la diversidad esperada en las coberturas muestreadas. La representatividad se evaluó a partir de los valores máximos calculados mediante los estimadores de riqueza no paramétricos (Bootstrap, Chao1 y ACE) (Magurran, 2004). Chao1 es un estimador del número de especies presentes en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Villarreal, y otros, 2006), para ello se utilizó el software EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013). Para evaluar la diversidad y dominancia de especies en los registros obtenidos, se realizó el análisis de diversidad alfa teniendo la riqueza y abundancia en cada cobertura vegetal muestreada. Para esto, se calcularon los índices de diversidad de Margalef, de dominancia (Simpson_1-D) y equidad (Shannon_H) con el fin de hacer un análisis diferencial entre ellos (Villarreal, y otros, 2006). El índice de diversidad específica de Margalef estima la diversidad de una comunidad basado en la distribución numérica de los individuos de diferentes especies respecto al número el total de individuos de la muestra, el índice de Simpson muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie, el índice de equidad de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Para la diversidad beta, se realizó el análisis de similaridad de Bray-Curtis teniendo en cuenta presencia/ausencia y abundancias de cada especie en las coberturas vegetales muestreadas, el paquete estadístico Past 4.04 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001), se empleó para el análisis de los índices de diversidad.

▪ Esfuerzo de muestreo y representatividad

El esfuerzo de muestreo para determinar la avifauna presente en el Área de Influencia se evaluó multiplicado **31 días efectivos** de campo/8 horas diarias por 2 personas, para un esfuerzo total de muestreo de **496 horas/hombre en 49 transectos de observación**. El esfuerzo de muestreo con redes de niebla se mide en horas/red. Por día, se instalaron 7 redes de niebla, donde, cada una se fue monitoreada durante 6 horas **efectivas, obteniendo un total de 42 horas/red**. El **esfuerzo total de muestreo en redes de niebla fue de 528 horas/red (Tabla 2.96)**.

Tabla 2.96 Esfuerzo de muestreo para la avifauna en el área de influencia del proyecto

MÉTODO	INTENSIDAD DE MUESTREO	NÚMERO DE ESPECIES	DÍAS EFECTIVOS	HORAS DE MUESTREO	ESFUERZO DE MUESTREO
Recorridos libres de observación	49 transectos de observación	99	30	8	240 horas/hombre X 2 = 480 horas/hombre
Redes de niebla	88 redes / 6 horas diarias	49	13	6	EC = No. T x TM = 528 horas /red
Puntos de observación	331 puntos de observación/20 minutos x pto de observación	129	16	110,3	110,3 horas/hombre

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S./60A., 2024

La representatividad del muestreo se estableció mediante los datos obtenidos de las especies por cobertura. Se realizó una curva de acumulación de especies general y curvas de acumulación de especies por cobertura. Estas curvas sirven como herramienta para estimar el número de especies esperadas en un número determinado de muestreo y además evalúa el éxito del mismo (Villarreal, y otros, 2006).

○ Mastofauna (Mamíferos)

Para el área de estudio fueron realizados los levantamientos de mamíferos en las coberturas que estaban presentes en la zona evaluada, incluyendo arbustal abierto, arbustal denso, Bosque de Galería, Herbazal

abierto arenoso, Jagüey, pastos enmalezados, pastos limpios y vegetación secundaria baja. A continuación, se muestra el registro fotográfico de algunas de estas coberturas.



**Fotografía 2-39 Cobertura de arbustal denso
(Localidad Sonchinchon 1)**



**Fotografía 2-40 Cobertura Arbustal denso (Localidad
Sonchinchon 1)**

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



**Fotografía 2-41 Cobertura Tejido urbano discontinuo
(Localidad Sonchinson 1)**



**Fotografía 2-42 Cobertura Arbustal abierto
(Localidad Sonchinchon 2)**

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



**Fotografía 2-43 Cobertura Arbustal abierto
(Localidad Sonchinson 2)**



**Fotografía 2-44 Cobertura Vegetación Secundaria
Baja (Localidad Sonchinson 2)**

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-45 Cobertura de Jagüey (Localidad Mapuachon)



Fotografía 2-46 Cobertura de Herbazal abierto arenoso (Localidad Araparen)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-47 Cobertura bosque de galería (Localidad Araparen)



Fotografía 2-48 Cobertura vegetación secundaria baja (Localidad Kuly Kurit)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-49 Cobertura de Pastos enmalezados (Localidad Rancho de Marce)



Fotografía 2-50 Cobertura de pastos enmalezados (Localidad La Unión)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- Técnicas y esfuerzo de muestreo
- Recorridos de observación de mamíferos

Se realizaron múltiples recorridos o transectos de observación en el área de estudio del proyecto durante el período de muestreo. Estos recorridos abarcaron todas las diferentes coberturas vegetales presentes

en el área, incluyendo las zonas de transición entre ellas, y se llevaron a cabo respetando los permisos otorgados para ingresar a los predios a evaluar. Esta estrategia permitió obtener datos precisos, tales como huellas, madrigueras e indicios de la presencia de mamíferos, además de facilitar la observación directa de animales, especialmente aquellos de actividad diurna. La identificación de las huellas se realizó con el auxilio de guías especializadas en la identificación de huellas y rastros de mamíferos, disponibles para Colombia (Navarro & Muñoz, 2000). Cada grupo de huellas encontradas en el camino durante un mismo recorrido se reconocieron como las huellas de un mismo animal, esto con el fin de evitar sobreestimar la abundancia (Fernández, 2005). Cada uno de los recorridos fueron georreferenciados a través de GPS, marcando el punto inicial y final, registrando la distancia recorrida (m) y la duración (horas) del mismo, la información fue recopilada en los diferentes formatos de campo y en la Geo-DataBase (GDB) del proyecto. Las evidencias encontradas (observaciones directas, huellas, madrigueras, heces entre otros) y los registros realizados fueron fotografiados y georreferenciados como se muestra en la **Tabla 2-97**.

Tabla 2-97 Ubicación de los transectos de mamíferos realizados dentro del área de estudio

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_M1_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5091780,27	2836183,25	5091625,47	2835911,91
TR_M1_EIALBAC_SC	Tejido urbano discontinuo	5080920,40	2844756,76	5080962,25	2844837,97
TR_M10_EIALBAC_RJPC	Tierras desnudas y degradadas	5091928,68	2835915,83	5091611,69	2835950,36
TR_M10_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5094785,40	2836589,87	5094875,10	2836607,33
TR_M11_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5090313,94	2833432,24	5090679,12	2832841,89
TR_M11_EIALBAC_SC	Tejido urbano discontinuo	5090154,46	2828878,78	5090205,66	2828830,36
TR_M11a_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5090679,12	2832841,89	5090405,53	2833101,47
TR_M11b_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5090405,53	2833101,47	5090302,22	2833323,43
TR_M12_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089492,00	2832266,82	5089207,21	2832233,31
TR_M12_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas asociado a cuerpos de agua artificial	5090244,46	2828665,53	5090271,32	2828779,10
TR_M13_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089210,05	2832247,85	5089576,95	2832580,44
TR_M13_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas	5089837,15	2827118,91	5090608,43	2828455,04
TR_M13_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas	5090032,78	2827922,34	5091153,43	2827887,60
TR_M13a_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5089576,95	2832580,44	5089669,51	2832666,12
TR_M13a_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5091153,43	2827887,60	5091167,31	2828147,34
TR_M13b_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas	5091167,31	2828147,34	5090608,43	2828455,04
TR_M14_EIALBAC_RJPC	Tierras desnudas y degradadas	5089625,48	2832394,26	5089735,69	2832239,09
TR_M14_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089914,13	2828514,81	5089939,51	2828820,86
TR_M15_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089826,81	2832263,87	5090257,21	2832259,16
TR_M15_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5083379,31	2818548,23	5082397,59	2818781,10
TR_M16_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5090092,31	2832570,45	5090016,73	2832952,07
TR_M16_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5083114,59	2818508,57	5083327,38	2818215,47
TR_M17_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089850,48	2832238,07	5089568,13	2832229,97
TR_M17_EIALBAC_SC	Arbustal denso asociado a cuerpos de agua artificial	5083434,35	2818529,84	5083419,98	2818535,53
TR_M18_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089580,09	2832256,76	5089852,66	2832243,60
TR_M18_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5084732,34	2822935,07	5084732,00	2822993,96
TR_M19_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089127,00	2832269,06	5089978,12	2832274,24
TR_M19_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070229,99	2811773,70	5070524,77	2812156,46
TR_M1a_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5091625,47	2835911,91	5091594,79	2835856,27
TR_M2_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5093027,72	2836003,76	5092677,00	2835698,25
TR_M2_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5092203,94	2837145,08	5092205,57	2837180,85
TR_M20_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5093419,79	2835618,29	5093598,55	2835554,01
TR_M20_EIALBAC_SC	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5070081,64	2811644,40	5070039,41	2811778,15
TR_M20a_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5093598,55	2835554,01	5093647,89	2835644,50
TR_M21_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077408,35	2818067,86	5076968,13	2817967,67

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_M21_EIALBAC_SC	Pastos limpios	5068140,80	2807936,82	5068335,70	2808002,73
TR_M22_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5076930,26	2818005,49	5076530,61	2817971,50
TR_M22_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5068155,57	2808306,37	5068439,51	2808575,80
TR_M22a_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5068409,99	2808185,59	5068155,57	2808306,37
TR_M23_EIALBAC_RJPC	Otros cultivos transitorios	5076781,41	2818330,79	5076635,69	2818256,80
TR_M23_EIALBAC_SC	Otros cultivos transitorios	5067549,15	2809280,44	5067582,18	2809260,27
TR_M24_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077025,73	2818033,05	5077536,43	2818328,53
TR_M24_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5067553,09	2809152,01	5067831,61	2808570,10
TR_M25_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5076477,89	2818031,77	5076599,89	2818446,46
TR_M25_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5067875,09	2808972,65	5067918,86	2808967,21
TR_M25a_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5076599,89	2818446,46	5076870,83	2818378,74
TR_M26_EIALBAC_RJPC	Otros cultivos transitorios	5077532,66	2818425,33	5077558,34	2818410,06
TR_M26_EIALBAC_SC	Bosque de galería y ripario	5057588,60	2794286,42	5057579,71	2794724,62
TR_M27_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077730,26	2818698,56	5077683,13	2818565,22
TR_M27_EIALBAC_SC	Pastos arbolados	5064073,54	2798902,07	5064043,61	2798735,82
TR_M28_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077859,44	2818549,58	5077029,00	2817985,36
TR_M28_EIALBAC_SC	Pastos limpios	5064236,89	2799151,80	5064108,48	2798870,39
TR_M29_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077156,80	2818041,05	5077492,81	2818279,17
TR_M3_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5090922,40	2836841,60	5090938,51	2836565,90
TR_M3_EIALBAC_SC	Cuerpos de agua artificial	5091778,66	2836393,11	5091755,28	2836240,11
TR_M30_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063815,12	2799065,60	5063900,48	2799255,84
TR_M31_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063919,64	2799160,84	5063979,17	2799511,62
TR_M32_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5064395,16	2799891,89	5064476,50	2799492,54
TR_M33_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5065045,76	2799643,18	5064380,39	2799130,92
TR_M34_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5051531,28	2793457,41	5051337,87	2793339,53
TR_M35_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050980,41	2793408,27	5050842,24	2793298,00
TR_M36_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050801,39	2793387,84	5050843,11	2793396,43
TR_M37_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5053667,13	2795132,33	5053733,76	2795043,36
TR_M38_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5051014,24	2793337,36	5051085,34	2793683,63
TR_M39_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5050661,31	2793494,01	5050987,26	2793437,95
TR_M4_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5093036,41	2836168,85	5092625,87	2835838,80
TR_M4_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5091063,34	2836687,17	5091525,56	2836408,41
TR_M40_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053017,89	2795005,69	5053244,54	2794999,61
TR_M41_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053834,45	2794923,22	5053808,36	2794446,80
TR_M42_EIALBAC_RJPC	Tejido urbano discontinuo	5053616,52	2794671,10	5053608,72	2794343,95
TR_M43_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5053675,46	2795148,77	5053734,76	2795040,30
TR_M44_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053701,94	2795197,61	5053872,65	2794956,56
TR_M45_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053408,18	2795134,61	5053993,40	2794479,99
TR_M46_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061059,60	2796398,97	5060933,61	2796551,32
TR_M47_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060885,01	2796496,50	5061046,40	2796361,78
TR_M48_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060923,07	2796485,85	5060923,07	2796485,85
TR_M49_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060829,73	2796751,03	5060842,23	2797115,78
TR_M5_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5080816,94	2844672,90	5081151,93	2844422,68
TR_M5_EIALBAC_SC	Tejido urbano discontinuo	5081052,05	2844225,42	5081038,05	2844325,25
TR_M50_EIALBAC_RJPC	Pastos arbolados	5060857,65	2797244,07	5060857,65	2797244,07
TR_M51_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061418,82	2797110,66	5061035,96	2797247,24
TR_M52_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061149,16	2797145,55	5061150,60	2796366,16
TR_M53_EIALBAC_RJPC	Pastos arbolados	5061068,91	2797488,85	5060876,22	2797299,06
TR_M54_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061057,19	2797226,98	5061513,14	2796886,14
TR_M55_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061059,51	2797183,76	5061422,77	2796765,66
TR_M56_EIALBAC_RJPC	Pastos arbolados	5061032,63	2797200,92	5061151,44	2797545,17
TR_M57_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060915,43	2796460,64	5060992,12	2796371,80
TR_M58_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063583,01	2801675,29	5063849,78	2801431,62

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL			
		Inicial		Final	
		Este	Norte	Este	Norte
TR_M59_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061005,94	2796576,91	5060852,53	2796698,06
TR_M6_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5093054,40	2836320,19	5092723,76	2837055,88
TR_M6_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5091969,28	2837433,28	5092103,12	2837321,04
TR_M60_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063657,65	2801403,23	5063542,22	2801789,80
TR_M61_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5065101,35	2801703,92	5065597,28	2800888,41
TR_M62_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5064421,39	2801580,21	5064057,47	2801419,36
TR_M63_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5064684,20	2801645,89	5064854,61	2801466,73
TR_M64_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063712,58	2801405,88	5064177,19	2801477,19
TR_M65_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063685,40	2801435,49	5063760,69	2801536,24
TR_M66_EIALBAC_RJPC	Pastos arbolados	5063451,64	2801067,74	5063185,51	2801391,44
TR_M67_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063512,44	2801684,38	5063192,53	2801838,49
TR_M68_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064065,48	2801075,38	5063638,76	2801391,83
TR_M69_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043270,27	2792398,77	5042992,55	2792047,32
TR_M7_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5092103,12	2837321,04	5092103,12	2837321,04
TR_M7_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5094027,43	2835933,11	5094127,30	2836050,82
TR_M70_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043131,56	2792448,71	5043088,90	2792105,37
TR_M71_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042739,21	2791854,26	5042742,14	2791851,02
TR_M72_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043131,56	2792448,71	5042992,55	2792047,32
TR_M73_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5055713,76	2793470,44	5055580,92	2793371,97
TR_M74_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094780,45	2834308,98	5094560,60	2833911,74
TR_M75_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094764,01	2835265,26	5093259,63	2835311,98
TR_M7a_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5094024,85	2835987,97	5094027,43	2835933,11
TR_M7b_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5094095,55	2836053,99	5094024,85	2835987,97
TR_M8_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5090592,46	2836226,02	5090488,02	2836229,60
TR_M8_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas	5093838,55	2835359,97	5094006,58	2835276,79
TR_M8a_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5094006,58	2835276,79	5093935,50	2835276,57
TR_M8b_EIALBAC_SC	Tierras desnudas y degradadas	5093935,50	2835276,57	5093591,65	2835270,08
TR_M9_EIALBAC_RJPC	Tierras desnudas y degradadas asociado a cuerpos de agua artificial	5091731,59	2836318,93	5091730,74	2836322,95
TR_M9_EIALBAC_SC	Tejido urbano discontinuo	5094653,66	2836083,18	5094685,41	2836080,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



Fotografía 2-51 Búsqueda de huellas en transecto de observación



Fotografía 2-52 Recorrido de Observación

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-53 Indicios de mamíferos (pelo de conejo)



Fotografía 2-54 Detección de Madrigueras

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-55 Búsqueda de rastros de mamíferos



Fotografía 2-56 Búsqueda de rastros de mamíferos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-57 Excremento de *Sylvilagus floridanus*/Conejo/Atpaná



Fotografía 2-58 Observación *Marmosa xerophila*/Chucha mantequera

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

■ Redes de Niebla

Para la captura y registro de murciélagos, se implementó la técnica de redes de niebla en diversas áreas naturales e intervenidas del área de estudio. Estas redes se ubicaron estratégicamente en lugares donde se preveía una alta actividad de murciélagos, como corredores naturales o zonas con abundancia de recursos alimenticios. Cada 15 minutos, las redes eran revisadas meticulosamente, y los murciélagos capturados eran cuidadosamente extraídos y colocados en bolsas de tela para su protección durante el proceso de medición e identificación. Utilizando claves taxonómicas especializadas, se registraban medidas morfológicas y características distintivas de cada especie. Además, se tomaban fotografías para documentar aspectos adicionales. Posteriormente, los murciélagos eran liberados en el mismo lugar de captura para minimizar cualquier alteración en su comportamiento natural. La ubicación de las redes de niebla y la cobertura vegetal correspondiente se muestra en la **Tabla 2-98**.



Fotografía 2-59 Instalación de redes de niebla



Fotografía 2-60 Instalación de redes de Niebla

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-61 Captura en redes de niebla



Fotografía 2-62 Red de niebla instalada

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-63 Red de niebla instalada en la
vegetación secundaria baja



Fotografía 2-64 Manipulación de murciélagos en
redes

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-65 Medición de murciélagos
capturados



Fotografía 2-66 Registro fotográfico de
quirópteros

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-98 Ubicación de las redes de niebla para de mamíferos

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
O_M4_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093795,67	2835539,92
R_M1_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093725,13	2835112,79

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
R_M10_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089750,28	2832216,04
R_M10_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070546,03	2812134,48
R_M11_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089737,36	2832222,71
R_M12_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089758,31	2832195,41
R_M13_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089764,85	2832186,28
R_M14_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089774,28	2832185,70
R_M15EIALBAC_RJPC	Arroyo	5077390,75	2818087,39
R_M16_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077417,12	2818135,95
R_M17_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077416,95	2818128,68
R_M18_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077411,21	2818137,84
R_M19_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077439,54	2818146,57
R_M2_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5065042,34	2799668,10
R_M21_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077436,47	2818161,89
R_M22_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5068151,39	2808117,41
R_M23_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5053964,97	2794183,91
R_M24_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5068152,78	2808121,24
R_M25_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5068140,10	2808108,64
R_M26_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5053955,98	2794180,79
R_M27_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5068140,25	2808116,97
R_M28_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5053947,36	2794198,35
R_M29_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050624,00	2793479,00
R_M30_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050655,69	2793532,25
R_M31_EIALBAC_RJPC	Tejido urbano discontinuo	5050649,07	2793510,81
R_M32_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050633,21	2793515,52
R_M33_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050642,28	2793553,81
R_M34_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050658,73	2793559,83
R_M35_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050673,12	2793562,45
R_M36_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053137,63	2794949,21
R_M37_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053159,04	2794920,33
R_M38_EIALBAC_RJPC	Tejido urbano discontinuo	5053207,38	2794899,83
R_M39_EIALBAC_RJPC	Tejido urbano discontinuo	5053227,38	2794900,83
R_M4_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5081236,52	2844369,22
R_M40_EIALBAC_RJPC	Pastos limpios	5053196,92	2794868,59
R_M41_EIALBAC_RJPC	Pastos limpios	5053213,47	2794858,67
R_M42_EIALBAC_RJPC	Pastos limpios	5053219,74	2794849,13
R_M43_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060909,76	2796457,12
R_M44_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060924,02	2796470,90
R_M45_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060925,96	2796487,22
R_M46_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060935,77	2796464,93
R_M47_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060919,46	2796452,18
R_M48_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060916,81	2796437,19
R_M49_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060915,15	2796428,40
R_M5_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5081232,45	2844370,89
R_M5_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093762,58	2835090,90
R_M50_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061206,90	2797189,55
R_M51_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061239,51	2797199,33
R_M52_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061212,96	2797203,78
R_M53_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061170,07	2797198,08
R_M54_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061176,66	2797215,62
R_M55_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061158,27	2797219,55
R_M56_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5061144,88	2797218,98
R_M57_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063511,37	2801732,60
R_M58_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063530,42	2801682,48

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
R_M59_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063546,12	2801651,51
R_M60_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063519,06	2801638,56
R_M61_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063538,20	2801593,97
R_M62_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063574,45	2801591,71
R_M63_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063553,39	2801579,71
R_M64_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042944,09	2792135,91
R_M65_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042955,66	2792133,72
R_M66_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042981,43	2792124,24
R_M67_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042993,66	2792118,85
R_M68_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043018,10	2792125,62
R_M69_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043021,03	2792138,12
R_M70_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043025,31	2792115,90
R_M71_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043043,32	2792117,36
R_M72_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043055,01	2792112,63
R_M73_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043071,83	2792103,69
R_M74_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094096,27	2834069,38
R_M75_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094175,46	2834088,09
R_M76_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094248,05	2834090,63
R_M77_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094273,57	2834086,06
R_M78_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094298,17	2834096,09
R_M79_EIALBAC_MMM	Arbustal abierto	5094313,11	2834096,46
R_M8_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089753,16	2832239,89
R_M8_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070691,00	2812037,87
R_M80_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094338,64	2834127,60
R_M81_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094355,31	2834128,32
R_M82_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094368,70	2834132,33
R_M83_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094405,82	2834115,09
R_M84_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094596,76	2835313,85
R_M9_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089756,48	2832227,18

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

▪ Trampas Sherman

Las trampas Sherman (7,6 x 8,9 x 22,5 cm) se utilizaron con el fin de capturar vivos y registrar a los mamíferos terrestres de pequeño tamaño que tienen distribución dentro del área de influencia. Para ubicar las trampas dentro de esta área se tomó en cuenta el comportamiento de estos pequeños animales con el fin de que quedaran instaladas en las zonas con mayor probabilidad de captura por el tránsito de estos pequeños mamíferos. Por otro lado, también se ubicaron las trampas en lugares seguros para evitar que fueran alteradas por mamíferos de mayor tamaño y se mantuvieran activas y resguardadas. Dichas trampas fueron cebadas con una mezcla de avena en hojuelas, mantequilla de maní y esencia de vainilla. Las trampas instaladas fueron revisadas diariamente (al menos dos veces) con el fin de renovar el cebo y observar si habían realizado alguna captura, esto último para cada una de las coberturas evaluadas dentro del área de estudio. La revisión diaria en horas de la mañana se realizó de manera constante, con

el fin de resguardar la vida de los posibles animales capturados, estas estuvieron activas por varios días en cada sitio de muestreo.



Fotografía 2-67 Preparación de trampas Sherman



Fotografía 2-68 Instalación de trampas Sherman

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-69 Cebado de trampas Sherman



Fotografía 2-70 Instalación de Sherman en arbustal abierto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-99 Ubicación de las trampas Sherman para de mamíferos

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
S_M1_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089891,00	2829474,00
S_M10_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089918,00	2829490,00
S_M11_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089888,00	2829484,00
S_M12_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089901,00	2829480,00
S_M13_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089900,00	2829480,00
S_M14_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089882,00	2829483,00
S_M15_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089907,00	2829490,00
S_M16_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089899,00	2829475,00
S_M17_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089914,00	2829494,00
S_M18_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089903,00	2829484,00
S_M19_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089897,00	2829474,00
S_M2_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089894,00	2829480,00
S_M20_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089898,00	2829489,00
S_M21_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089893,00	2829489,00
S_M22_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089890,00	2829479,00
S_M23_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089897,00	2829457,00
S_M24_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089901,00	2829455,00
S_M25_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089903,00	2829448,00

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
S_M26_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089903,00	2829452,00
S_M27_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089912,00	2829491,00
S_M28_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089893,00	2829462,00
S_M29_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089902,00	2829487,00
S_M3_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089914,00	2829486,00
S_M30_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089888,00	2829469,00
S_M31_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070475,00	2812129,00
S_M32_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070471,00	2812134,00
S_M33_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070473,00	2812138,00
S_M34_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070473,00	2812135,00
S_M35_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070462,00	2812159,00
S_M36_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070460,00	2812163,00
S_M37_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070463,00	2812165,00
S_M38_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070467,00	2812164,00
S_M39_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070388,00	2812174,00
S_M4_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089898,00	2829461,00
S_M40_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070388,00	2812179,00
S_M41_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070385,00	2812178,00
S_M42_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070379,00	2812177,00
S_M43_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070327,00	2812209,00
S_M44_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070328,00	2812209,00
S_M45_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070329,00	2812207,00
S_M46_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070326,00	2812208,00
S_M47_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070281,00	2812222,00
S_M48_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070276,00	2812216,00
S_M49_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070271,00	2812222,00
S_M5_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089894,00	2829468,00
S_M50_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070271,00	2812214,00
S_M51_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070366,00	2811906,00
S_M52_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070357,00	2811904,00
S_M53_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070345,00	2811908,00
S_M54_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070336,00	2811911,00
S_M55_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070232,00	2812118,00
S_M56_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070247,00	2812092,00
S_M57_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070249,00	2812078,00
S_M58_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070251,00	2812070,00
S_M59_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070252,00	2812068,00
S_M6_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089886,00	2829489,00
S_M60_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070255,00	2812063,00
S_M7_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089885,00	2829477,00
S_M8_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089909,00	2829485,00
S_M9_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5089896,00	2829486,00
T_M2_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070232,00	2812118,00
T_M3_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070255,00	2812064,00
TS_M100_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060902,82	2796496,86
TS_M101_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060900,60	2796510,96
TS_M102_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060891,43	2796506,59
TS_M103_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060895,62	2796522,69
TS_M104_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060900,98	2796536,79
TS_M105_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060894,18	2796545,55
TS_M106_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060899,00	2796548,93
TS_M107_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060907,44	2796525,45
TS_M108_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060913,23	2796519,06

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
TS_M109_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060914,76	2796508,51
TS_M110_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060952,22	2796448,73
TS_M111_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060950,71	2796443,45
TS_M112_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060954,71	2796437,10
TS_M113_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060960,16	2796441,57
TS_M114_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060958,99	2796445,57
TS_M115_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060964,34	2796449,28
TS_M116_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060963,26	2796445,55
TS_M117_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060967,87	2796447,77
TS_M118_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060967,95	2796451,52
TS_M119_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060960,99	2796449,98
TS_M120_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060714,80	2796788,85
TS_M121_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060667,29	2796795,00
TS_M122_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060686,72	2796786,15
TS_M123_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060712,36	2796777,02
TS_M124_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060713,77	2796753,96
TS_M125_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060654,37	2796768,22
TS_M126_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060636,70	2796739,42
TS_M127_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060663,09	2796747,43
TS_M128_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060690,78	2796756,57
TS_M129_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060622,30	2796765,56
TS_M130_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063687,28	2801396,60
TSh_M131_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043659,32	2792351,30
TSh_M132_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043652,34	2792348,64
TSh_M133_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043633,79	2792351,37
TSh_M134_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043619,70	2792354,56
TSh_M135_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043608,80	2792347,48
TSh_M136_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043578,49	2792323,01
TSh_M137_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043560,38	2792313,81
TSh_M138_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043551,88	2792305,51
TSh_M139_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043533,24	2792288,24
TSh_M140_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043508,25	2792286,88
TSh_M141_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043483,35	2792293,58
TSh_M142_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043462,54	2792270,79
TSh_M143_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043443,44	2792271,42
TSh_M144_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043392,16	2792262,74
TSh_M145_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043369,34	2792264,91
TSh_M146_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043350,14	2792259,70
TSh_M147_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043330,16	2792268,29
TSh_M148_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043310,17	2792282,63
TSh_M149_EIALBAC_MMM	Vegetación secundaria alta	5043271,64	2792361,06
TSh_M150_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043272,93	2792374,76
TSh_M151_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043268,99	2792387,80
TSh_M152_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043270,39	2792398,97
TSh_M153_EIALBAC_MMM	Vegetación secundaria alta	5043264,80	2792418,96
TSh_M154_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043247,77	2792421,71
TSh_M155_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043231,53	2792407,32
TSh_M156_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043208,41	2792392,92
TSh_M157_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043185,28	2792381,61
TSh_M158_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043157,23	2792386,99
TSh_M159_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043127,89	2792376,56
TSh_M160_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043095,04	2792373,42
TSh_M161_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094495,60	2834056,01

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
TSh_M162_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094481,91	2834075,30
TSh_M163_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094481,34	2834087,47
TSh_M164_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094466,39	2834090,52
TSh_M165_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094449,59	2834096,65
TSh_M166_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094439,10	2834105,80
TSh_M167_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094420,66	2834107,18
TSh_M168_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094401,47	2834113,64
TSh_M169_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094381,12	2834133,81
TSh_M170_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094359,34	2834165,25
TSh_M171_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094312,70	2834196,28
TSh_M172_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094282,11	2834218,30
TSh_M173_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094255,98	2834206,72
TSh_M174_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094218,69	2834211,80
TSh_M175_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094202,59	2834201,48
TSh_M176_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094134,98	2834208,79
TSh_M177_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094130,57	2834188,44
TSh_M178_EIALBAC_MMM	Arbustal denso	5094131,32	2834160,14
TSh_M179_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094136,61	2834138,04
TSh_M180_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094133,30	2834116,59
TSh_M181_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094121,47	2834097,32
TSh_M182_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094120,80	2834067,59
TSh_M183_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094109,10	2834044,89
TSh_M184_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094094,11	2834028,59
TSh_M185_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094068,83	2834024,32
TSh_M186_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094025,96	2834031,48
TSh_M187_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094002,06	2834042,57
TSh_M188_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093972,81	2834053,09
TSh_M189_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093907,97	2834084,08
TSh_M190_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093861,84	2834091,45
Tsh1	Arbustal denso	5094445,00	2837002,00
Tsh10	Arbustal denso	5094438,00	2837044,00
TSh100	Vegetación secundaria baja	5051017,00	2793691,00
TSh101	Vegetación secundaria baja	5050995,00	2793591,00
TSh102	Vegetación secundaria baja	5050991,00	2793589,00
TSh103	Vegetación secundaria baja	5050996,00	2793589,00
TSh104	Vegetación secundaria baja	5050999,00	2793587,00
TSh105	Vegetación secundaria baja	5050993,00	2793586,00
TSh106	Vegetación secundaria baja	5051080,00	2793320,00
TSh107	Vegetación secundaria baja	5051080,00	2793313,00
Tsh108	Vegetación secundaria baja	5051137,00	2793348,00
TSh109	Vegetación secundaria baja	5051077,00	2793313,00
Tsh11	Arbustal denso	5094605,00	2837109,00
TSh110	Vegetación secundaria baja	5051085,00	2793314,00
TSh111	Vegetación secundaria baja	5051184,00	2793329,00
Tsh112	Vegetación secundaria baja	5051180,00	2793331,00
TSh113	Vegetación secundaria baja	5051179,00	2793328,00
TSh114	Vegetación secundaria baja	5051181,00	2793327,00
Tsh115	Vegetación secundaria baja	5051175,00	2793324,00
TSh116	Vegetación secundaria alta	5051193,00	2793213,00
TSh117	Vegetación secundaria alta	5051186,00	2793213,00
TSh118	Vegetación secundaria alta	5051187,00	2793211,00
Tsh119	Vegetación secundaria alta	5051188,00	2793209,00
Tsh12	Arbustal denso	5094620,00	2837113,00

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
Tsh120	Vegetación secundaria alta	5051190,00	2793209,00
Tsh13	Arbustal denso	5094610,00	2837122,00
Tsh14	Arbustal denso	5094612,00	2837129,00
tsh15	Arbustal denso	5094610,00	2837131,00
Tsh16	Arbustal denso	5094411,00	2837050,00
tsh17	Arbustal denso	5094411,00	2837057,00
Tsh18	Arbustal denso	5094403,00	2837061,00
tsh19	Arbustal denso	5094406,00	2837074,00
Tsh2	Arbustal denso	5094440,00	2837003,00
tsh20	Arbustal denso	5094408,00	2837080,00
Tsh21	Arbustal denso	5094543,00	2837120,00
Tsh22	Arbustal denso	5094543,00	2837120,00
Tsh23	Arbustal denso	5094539,00	2837127,00
Tsh24	Arbustal denso	5094536,00	2837139,00
Tsh25	Arbustal denso	5094540,00	2837136,00
Tsh26	Arbustal denso	5094465,00	2837101,00
Tsh27	Arbustal denso	5094470,00	2837105,00
Tsh28	Arbustal denso	5094458,00	2837118,00
Tsh29	Arbustal denso	5094454,00	2837118,00
Tsh3	Arbustal denso	5094451,00	2837003,00
Tsh30	Arbustal denso	5094457,00	2837122,00
Tsh31	Arbustal denso	5089601,00	2832236,00
Tsh32	Arbustal denso	5089598,00	2832227,00
Tsh33	Arbustal denso	5089605,00	2832222,00
Tsh34	Arbustal denso	5089613,00	2832231,00
Tsh35	Arbustal denso	5089618,00	2832234,00
Tsh36	Arbustal denso	5089633,00	2832225,00
Tsh37	Arbustal denso	5089642,00	2832214,00
Tsh38	Arbustal denso	5089644,00	2832214,00
Tsh39	Arbustal denso	5089652,00	2832216,00
Tsh4	Arbustal denso	5094439,00	2837003,00
Tsh40	Arbustal denso	5089661,00	2832219,00
Tsh41	Arbustal denso	5089693,00	2832195,00
Tsh42	Arbustal denso	5089699,00	2832199,00
Tsh43	Arbustal denso	5089706,00	2832202,00
Tsh44	Arbustal denso	5089712,00	2832204,00
Tsh45	Arbustal denso	5089723,00	2832195,00
Tsh46	Arbustal denso	5089796,00	2832202,00
Tsh47	Arbustal denso	5089801,00	2832201,00
Tsh48	Bosque de galería y ripario	5057336,00	2795007,00
Tsh49	Bosque de galería y ripario	5057340,00	2795005,00
Tsh5	Arbustal denso	5094434,00	2837010,00
Tsh50	Bosque de galería y ripario	5057354,00	2795004,00
Tsh51	Bosque de galería y ripario	5057327,00	2795027,00
Tsh52	Bosque de galería y ripario	5057332,00	2795022,00
Tsh53	Bosque de galería y ripario	5057330,00	2795017,00
Tsh54	Bosque de galería y ripario	5057341,00	2795013,00
Tsh55	Bosque de galería y ripario	5057349,00	2795009,00
Tsh56	Bosque de galería y ripario	5057356,00	2795007,00
Tsh57	Bosque de galería y ripario	5057357,00	2795013,00
Tsh58	Bosque de galería y ripario	5057352,00	2795018,00
Tsh59	Bosque de galería y ripario	5057348,00	2795023,00
Tsh6	Arbustal denso	5094449,00	2837035,00

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
Tsh60	Bosque de galería y ripario	5057340,00	2795024,00
TSh61	Arroyo	5077520,00	2818254,00
TSh62	Arroyo	5077524,00	2818260,00
Tsh63	Arroyo	5077527,00	2818265,00
Tsh64	Bosque de galería y ripario	5063361,00	2799776,00
Tsh65	Bosque de galería y ripario	5063363,00	2799767,00
Tsh66	Bosque de galería y ripario	5063405,00	2799767,00
TSh67	Bosque de galería y ripario	5063397,00	2799755,00
TSh68	Bosque de galería y ripario	5063389,00	2799748,00
Tsh69	Bosque de galería y ripario	5063385,00	2799750,00
Tsh7	Arbustal denso	5094446,00	2837037,00
Tsh70	Bosque de galería y ripario	5063394,00	2799758,00
TSh71	Bosque de galería y ripario	5063453,00	2799746,00
TSh72	Vegetación secundaria baja	5063479,00	2799741,00
TSh73	Vegetación secundaria baja	5063503,00	2799752,00
Tsh74	Vegetación secundaria baja	5063531,00	2799755,00
TSh75	Vegetación secundaria baja	5063519,00	2799746,00
TSh76	Arbustal denso	5076895,00	2817954,00
TSh77	Arbustal denso	5076874,00	2817966,00
TSh78	Arbustal denso	5076854,00	2817978,00
Tsh79	Bosque de galería y ripario	5054123,00	2794586,00
Tsh8	Arbustal denso	5094439,00	2837035,00
Tsh80	Bosque de galería y ripario	5054114,00	2794606,00
TSh81	Bosque de galería y ripario	5054131,00	2794599,00
TSh82	Bosque de galería y ripario	5054151,00	2794608,00
TSh83	Bosque de galería y ripario	5054158,00	2794615,00
TSh84	Arroyo	5077678,00	2818419,00
TSh85	Bosque de galería y ripario	5054139,00	2794610,00
TSh86	Arbustal denso	5077721,00	2818622,00
TSh87	Arbustal denso	5077741,00	2818630,00
TSh88	Arbustal denso	5077733,00	2818648,00
TSh89	Arbustal denso	5077771,00	2818627,00
tsh9	Arbustal denso	5094438,00	2837039,00
TSh90	Arbustal denso	5077782,00	2818645,00
TSh91	Vegetación secundaria baja	5050888,00	2793585,00
TSh92	Vegetación secundaria baja	5050994,00	2793590,00
TSh93	Vegetación secundaria baja	5050892,00	2793617,00
TSh94	Vegetación secundaria baja	5050912,00	2793598,00
Tsh95	Vegetación secundaria alta	5050843,00	2793587,00
TSh96	Vegetación secundaria baja	5051034,00	2793696,00
Tsh97	Vegetación secundaria baja	5051022,00	2793699,00
Tsh98	Vegetación secundaria baja	5051020,00	2793694,00
TSh99	Vegetación secundaria baja	5051007,00	2793692,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

▪ Trampas Tomahawk

Las trampas Tomahawk (20 x 40 x 20 cm) se utilizaron con el fin de capturar vivos y registrar a los mamíferos terrestres de mediano tamaño que pudieran tener actividad dentro de la zona de estudio. Para ubicar las trampas dentro del área de estudio se tomó en cuenta el comportamiento de estos animales con el fin de que quedaran instaladas en las zonas con mayor probabilidad de captura, es decir, aquellas zonas donde era más probable el paso de estos animales. Por otro lado, también se ubicaron las trampas

en lugares seguros para evitar que fueran alteradas por mamíferos de mayor tamaño y se mantuvieran activas y resguardadas, en la medida de lo posible fueron aseguradas para evitar que fueran desplazadas del lugar de instalación. Las trampas instaladas fueron revisadas diariamente (al menos dos veces) con el fin de renovar el cebo y observar si habían realizado alguna captura, esto último para cada una de las coberturas evaluadas dentro del área de estudio. La revisión diaria en horas de la mañana se realizó de manera constante con el fin de resguardar la vida de los posibles animales capturados, estas estuvieron activas por varios días en cada sitio de muestreo. En la se detalla la ubicación de cada Trampa Sherman en el área de estudio.



E:5089332,15 N: 2832226,23



E: 5077792,65 N: 2818571,13

Fotografía 2-71 Trampa Tomahawk (Localidad Kapuchirrajain)	Fotografía 2-72 Trampa Tomahawk instalada (Localidad Shaliman)
---	---

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-73 Trampa Tomahawk instalada
--

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 2-100 Ubicación de las trampas Tomahawk dentro del área de influencia

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
10RP	Arbustal denso	5090518,00	2836062,00
9RP	Arbustal denso	5090514,00	2836086,00
TTw_1_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060888,31	2796534,51
TTw_10_EIABASC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064049,67	2801181,57
TTw_2_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060893,78	2796575,55
TTw_3_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060977,83	2796470,92
TTw_4_EIABASC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060941,96	2796417,84
TTW_5_EIABASC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060988,86	2796394,17

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
TTw_6_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064101,20	2801118,39
TTw_7_EIABASC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064024,45	2801079,70
TTw_8_EIABASC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064012,70	2801182,35
TTw_9_EIABASC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5064042,42	2801127,29
TTw1	Arbustal denso	5090435,00	2836191,00
TTw2	Arbustal denso	5090618,00	2836199,00
TTw3	Arbustal denso	5089750,00	2832208,00
TTw4	Bosque de galería y ripario	5063502,00	2799714,00
TTw5	Bosque de galería y ripario	5063327,00	2799795,00
TTw6	Arbustal denso	5077793,00	2818571,00
TW_M1_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5094706,00	2836693,00
TW_M2_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5094733,00	2836675,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

■ Cámaras trampa

Las cámaras trampa fueron instaladas para registrar aquellas especies de mamíferos de difícil visualización durante los recorridos diarios o incluso durante los recorridos nocturnos debido a sus hábitos esquivos. Esto incluye a mamíferos de mediano y gran porte que pueden tener una presencia potencial dentro del área de estudio.

Las cámaras trampa se instalaron principalmente en la cobertura de bosque de galería, u otra en la que se vieran indicios de paso de fauna terrestre y en la que existiera una gran cantidad de recursos para el uso de estos mamíferos, incluyendo alimento, agua, lugares de refugio entre otros. Adicionalmente, fueron empleados aquellos sitios donde el flujo de personas fuera mínimo y los equipos estuvieran resguardados. La escogencia de los sitios se basó en que el hábitat fuera el predilecto para especies de mamíferos de talla grande y de hábitos nocturnos y con comportamiento críptico. Adicionalmente, las cámaras trampa fueron cebadas con una mezcla atrayente para garantizar el registro de mamíferos. En la **Tabla 2-101** se presenta la ubicación precisa de las cámaras trampas empleadas y las coberturas donde se instalaron para el registro de mamíferos.

Tabla 2-101 Ubicación de las cámaras trampa dentro del área de estudio

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
CT_M1_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5093667,07	2835171,10
CT_M10_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089664,92	2832216,90
CT_M10_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5053957,68	2794166,95
CT_M11_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089628,77	2832227,93
CT_M11_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5053916,05	2794162,58
CT_M12_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053408,30	2795008,97
CT_M12_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5070329,88	2812214,80
CT_M13_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053364,55	2795030,23
CT_M13_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064775,19	2799593,14
CT_M14_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053205,80	2795072,02
CT_M14_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064731,53	2799737,34
CT_M15_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5089597,11	2832251,26
CT_M15_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064880,46	2799518,48
CT_M16_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053599,88	2795162,95
CT_M16_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064818,98	2799499,78
CT_M17_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053503,88	2795169,59
CT_M17_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064762,03	2799656,61

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
CT_M18_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053453,07	2795168,65
CT_M18_EIALBAC_SC	Vegetación secundaria baja	5064712,73	2799357,95
CT_M19_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077479,65	2818319,89
CT_M2_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093643,26	2835115,42
CT_M20_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077407,58	2818283,09
CT_M21_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5057568,34	2794775,29
CT_M22_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077415,98	2817992,73
CT_M23_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5076953,17	2817918,64
CT_M24_EIALBAC_RJPC	Arbustal denso	5077072,49	2817978,18
CT_M25_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5057443,57	2794867,05
CT_M26_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5057425,96	2794914,19
CT_M27_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5064886,54	2799619,41
CT_M28_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050818,17	2793372,61
CT_M29_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050751,25	2793372,97
CT_M3_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093598,61	2835100,92
CT_M30_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050786,06	2793225,05
CT_M31_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5050718,65	2793849,22
CT_M32_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5050763,78	2793884,19
CT_M33_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5050826,59	2793477,92
CT_M34_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5050647,13	2793866,69
CT_M35_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5050653,99	2793820,96
CT_M36_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5050579,19	2793865,16
CT_M37_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053067,15	2795014,53
CT_M38_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053244,13	2794998,24
CT_M39_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053308,16	2795058,38
CT_M4_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093629,23	2835068,73
CT_M40_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053415,95	2795071,19
CT_M41_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5053435,09	2795069,64
CT_M42_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061040,63	2796353,04
CT_M43_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061070,37	2796441,55
CT_M44_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061010,93	2796422,40
CT_M45_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5061007,72	2796476,35
CT_M46_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060937,99	2796490,34
CT_M47_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060913,41	2796560,84
CT_M48_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060950,05	2796623,55
CT_M49_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060845,79	2796550,27
CT_M5_EIALBAC_RJPC	Arbustal abierto	5080982,23	2844564,37
CT_M5_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093686,91	2835205,53
CT_M50_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria alta	5060902,85	2796396,57
CT_M51_EIALBAC_RJPC	Vegetación secundaria baja	5060936,62	2796354,96
CT_M52_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063974,22	2801160,28
CT_M53_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063911,75	2801298,08
CT_M54_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063801,64	2801289,70
CT_M55_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063676,43	2801299,27
CT_M56_EIALBAC_RJPC	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5063618,83	2801412,39
CT_M57_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063603,95	2801564,99
CT_M58_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063505,62	2801726,04
CT_M59_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063563,69	2801825,05
CT_M6_EIALBAC_RJPC	Red vial y territorios asociados	5080993,74	2844585,37
CT_M6_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093726,66	2835073,89
CT_M60_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063656,94	2801850,43
CT_M61_EIALBAC_RJPC	Bosque de galería y ripario	5063650,47	2801762,57
CT_M62_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5042995,07	2792043,46
CT_M63_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043089,08	2792177,55
CT_M64_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043125,76	2792171,52

ID	COBERTURA	COORDENADAS MAGNAS SIRGAS ORIGEN NACIONAL	
		Inicial	
		Este	Norte
CT_M65_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043154,46	2792173,22
CT_M66_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043262,76	2792148,71
CT_M67_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043354,08	2792175,80
CT_M68_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043404,32	2792229,04
CT_M69_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043467,11	2792283,83
CT_M7_EIALBAC_RJPC	Red vial y territorios asociados	5081017,65	2844550,17
CT_M7_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093768,29	2835221,47
CT_M70_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043579,45	2792335,83
CT_M71_EIALBAC_MMM	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5043664,34	2792350,09
CT_M72_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094378,75	2835350,99
CT_M73_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094330,26	2835274,46
CT_M74_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094245,51	2835330,25
CT_M75_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094534,77	2835372,80
CT_M76_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094144,80	2835363,33
CT_M77_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094089,10	2835361,28
CT_M78_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5094015,69	2835376,98
CT_M79_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093958,70	2835375,70
CT_M8_EIALBAC_SC	Arbustal denso	5093803,34	2835679,16
CT_M80_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093844,61	2835361,43
CT_M81_EIALBAC_MMM	Tierras desnudas y degradadas	5093509,26	2835270,77
CT_M9_EIALBAC_SC	Arbustal abierto	5093769,60	2835476,06

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



Fotografía 2-74 Instalación de Cámaras trampa



Fotografía 2-75 Instalación de cámaras trampa

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-76 Cámara trampa instalada



Fotografía 2-77 Registro de mamíferos por foto trapeo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

• Fase de análisis

La composición de las especies se obtuvo mediante la observación directa en las salidas de campo y su identificación con guías para la Mastofauna regional.

Con los datos obtenidos se elaboraron gráficos para representar el número de especies por orden de mamíferos registrado, así como el número de mamíferos por familia. También se elaboraron gráficos de abundancia relativa para cada grupo de mamíferos, y para realizar representaciones de la distribución de las especies registradas en gremios tróficos, hábitos, uso de coberturas, organización social, tipo de actividad, entre otros. Estos gráficos se realizaron en Microsoft Excel.

Además de esto se evaluó la diversidad de la comunidad empleando tanto métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes o riqueza específica, así como métodos basados en la estructura de la comunidad, fundamentados en la distribución de las abundancias relativas de las especies y su importancia relativa dentro de la comunidad estudiada (Moreno, 2000; Halffter et al., 2001, Villarreal et al., 2006).

○ Diversidad alfa

La diversidad alfa es la riqueza de especies dentro de una comunidad determinada, que en principio es considerada homogénea. Por lo tanto, esta medición es realizada a nivel local. En esta oportunidad se estimaron índices directos, e índices de abundancia proporcional, tanto para las coberturas evaluadas dentro del área de estudio como para los tramos establecidos.

▪ Índices directos

Son los métodos más sencillos de medir la diversidad de un grupo faunístico

Riqueza de especies: Número total de especies obtenido en un censo de la comunidad en un sitio determinado

El valor que adquiere este índice puede ser igual para dos comunidades, incluso teniendo las mismas especies, ya que si en la comunidad 1 dos especies presentan ciertos valores, una muy abundante y la otra muy escasa, y en la comunidad 2 pasa exactamente lo contrario con las abundancias para las mismas dos especies, entonces el valor del índice aunque el mismo, no permitirá apreciar diferencias en las dos comunidades debido a diferencias en las abundancias individuales de las especies que se encuentran en cada una de las dos comunidades.

▪ Índices de abundancia proporcional

- **Índices de dominancia (Simpson):** Tiene en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás, pues toma en cuenta la representatividad de cada especie. El índice de Simpson (λ) muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.

$$\lambda = \sum \left(\frac{n^2}{N^2} \right) = \sum p_i^2$$

Donde, p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- **Índice de Equidad (Shannon– Wiener):** Tiene en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. El índice de Shannon– Wiener (H') asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad \text{y} \quad \sum p_i = 1$$

Donde, p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes.

- **Índice de equidad de Pielou:** Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Dónde: $H'_{max} = \ln(S)$

Estos índices fueron utilizados pues las unidades en la que se reportan se reflejan en números de especies, lo cual es más fácil de interpretar biológicamente (Segnini, 1995; Soutwood & Henderson, 2000; Smith, 2001).

○ **Diversidad beta**

Se aplicó un análisis de diversidad beta con el fin de diferenciar el grado de reemplazo o intercambio biótico, entre las coberturas donde se realizaron registros de mamíferos y por otro lado entre los tramos establecidos dentro del área de influencia, basándose en la proporción y la diferencia de cambio entre las distintas comunidades.

▪ **Índice cualitativo: Coeficiente de similitud de Jaccard**

El índice de Jaccard expresa el grado de similitud entre dos comunidades, es decir, el grado en el que estas son semejantes de acuerdo a las especies presentes en cada una de las comunidades comparadas (Moreno, 2000).

$$Ij = \frac{c}{(a + b - c)}$$

Donde

a= número de especies presentes en el sitio A.

b= número de especies presentes en el sitio B.

c= número de especies compartidas entre ambos sitios (A y B).

Con la información resultante se realizará además un análisis de agrupamiento de las especies de mamíferos registrados y su distribución entre las distintas coberturas vegetales y tramos presentes dentro del área de influencia del proyecto (Hammer & Harper, 2001).

○ **Curva de acumulación de especies**

Para determinar si el muestreo realizado fue suficiente (representatividad de la muestra) para registrar la mastofauna del área de estudio se empleó el programa EstimateS 9.1 (Colwell, 2013), con el fin de generar curvas de acumulación de especies basándose en datos de abundancia de las especies registradas. Los valores observados en campo fueron contrastados con valores de riqueza esperados arrojados por estimadores no paramétricos (índice de Chao 1, Jack 1 y Bootstrap). Para realizar este análisis se utilizó la información de mamíferos observados y capturados.

Se representan además el número de especies representadas por un solo individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos (doubletons) para evaluar la eficiencia del muestreo (Villarreal *et al.*, 2006). El programa EstimateS tiene en cuenta datos provenientes de un muestreo estandarizado (datos de campo), y realiza cálculos aleatorios con esta información cruda tanto del número de especies observadas como esperadas con los estimadores no paramétricos de riqueza

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

seleccionados, teniendo en cuenta las desviaciones estándar que se calculan en el proceso de aleatorización.

- **Especies con algún grado de amenaza y endémicas**

Se adoptaron los conceptos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2022 – 2, Rodríguez–Mahecha *et al.* 2006), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2023) y la Resolución 0126 de 2024 del Ministerio del ambiente (MAVDT) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia para evaluar el grado de amenaza y protección legal de las especies identificadas dentro de la zona de estudio. También se evaluó si las especies identificadas son endémicas o casi endémicas de Colombia (Solari *et al.*, 2013). Todas las especies se asignaron a su principal gremio trófico reportado en las guías de campo (Linares, 1998). Para la determinación de especies Migratorias se usó el plan nacional de especies migratorias de Naranjo y Amaya (2009).

Categorías Ecológicas según CITES 2016:

- I. Especies sobre las que pesa un mayor peligro de extinción, se prohíbe su comercio internacional.
- II. Especies que en la actualidad no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero podrían llegar a serlo a menos que el comercio esté sujeto a una reglamentación.
- III. Especies que cualquiera de las partes manifieste que se haya sometido a reglamentación dentro de su jurisdicción, con el objeto de prevenir o restringir su explotación.

Categorías de las listas Rojas:

Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (Vu), Casi Amenazado (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Insuficientes (DD), No evaluado (NE).

Categorías de conservación según la UICN:

NE: No evaluado; DD: Datos deficientes; LC: Preocupación menor; NT: Casi amenazada; VU: Vulnerable; EN: En peligro; CR: Peligro Crítico.

2.3.5.2 Ecosistemas acuáticos

Teniendo en cuenta que el proyecto contempla la intervención de cuerpos de agua se planteó la toma de muestra en varios puntos de muestreo en las ocupaciones de cauce en dos periodos climáticos, también se tomó como referencia información secundaria de los principales cuerpos de agua del área de influencia biótica.

- **Actividades precampo**

Para definir las estaciones de muestreo, se realizó la revisión de las corrientes del Área de Influencia y se tuvieron en cuenta criterios como: cuerpos de agua que poseen zona protectora, fuentes que tengan concesiones aguas abajo del cruce de la línea, cuencas interceptadas por el Proyecto que son utilizadas por la comunidad para algún fin y cuerpos de agua que tengan permiso de concesión por las Corporaciones. Con base en lo anterior, se establece la estación a muestrear.

- **Actividades de campo**

La campaña correspondiente a la época de lluvia fue realizada en los días 29 de septiembre, 02, 03, 04, 05, 06, 09, 10, 11, 12, 13 de octubre y 06, 07, 12, 14, 18 y 28 de diciembre de 2023; y la campaña correspondiente a la época seca fue realizada en los días 15, 16, 17, 20, 21 y 23 de febrero de 2024. Este muestreo de comunidades hidrobiológicas para los cuerpos de agua próximos al área de influencia del proyecto lo ejecuta un laboratorio con acreditaciones vigentes del IDEAM, bajo la Resolución 2577 de 2022 a nombre de la sociedad SERVICIOS DE INGENIERÍA Y AMBIENTE S.A.S – SERAMBIENTE S.A.S y permiso de recolección de especímenes silvestres por medio de la resolución N° 02145 del 29 de noviembre del 2021 otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. Cabe aclarar

que el proyecto generará, afectación sobre el recurso hídrico ya que el proyecto tiene ocupaciones de cauce, pero no actividades de captación de agua, ni vertimientos.

La metodología utilizada para el muestreo de comunidades hidrobiológicas en los puntos de monitoreo está basada en lo establecido por el “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater de la ALPHA-AWWA-WPCF” ed. 23 y otras guías recopiladas en el procedimiento interno PR-211 Muestreo de hidrobiológicos. Los muestreos se hacen en horario diurno, en presencia de luz solar, entre las 8 a.m. y las 5 p.m. aproximadamente, para lo cual se hace un recorrido por el cuerpo de agua a muestrear, se georreferencian cada punto, se hace registro fotográfico y se realiza un esquema del sitio, donde se identifica el tipo de vegetación que lo rodea, las condiciones climatológicas y de luminosidad, las actividades antrópicas y la existencia de posibles fuentes de contaminación; además se registraron características de profundidad, ancho y caudal de la corriente. La toma de muestras para cada comunidad es de tipo compuesta en diferentes puntos o microhábitats del cuerpo de agua dependiendo de la composición del sistema y de la comunidad a evaluar, lo que evita sesgos en el momento de seleccionar los puntos de colecta. Los reportes de análisis de estas comunidades se encuentran en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.7 Calidad del agua.

El muestreo se realiza en dos campañas, la primera se ejecuta en el periodo húmedo y la segunda en periodo seco.

El análisis de los resultados será realizado por el laboratorio encargado para dicha actividad profesional y da una codificación al punto. Los peces fueron identificados por la bióloga de campo.



Fotografía 2-78 Toma de Zooplancton



Fotografía 2-79 Toma de Perifiton

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-80 Toma de Fitoplancton



Fotografía 2-81 Toma de Macrofitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-82 Toma de Peces



Fotografía 2-83 Toma de Macroinvertebrados

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S, 2024

○ Plancton

En términos generales el procedimiento consiste en filtrar un volumen conocido del cuerpo de agua, a través de una malla que para el caso del fitoplancton es de 22 μm y de 79 μm para el caso de los organismos zooplanctónicos, tal como se detalla en la **Figura 2-96**. Tanto fitoplancton como zooplancton, sólo se analizó para sistemas lénticos.

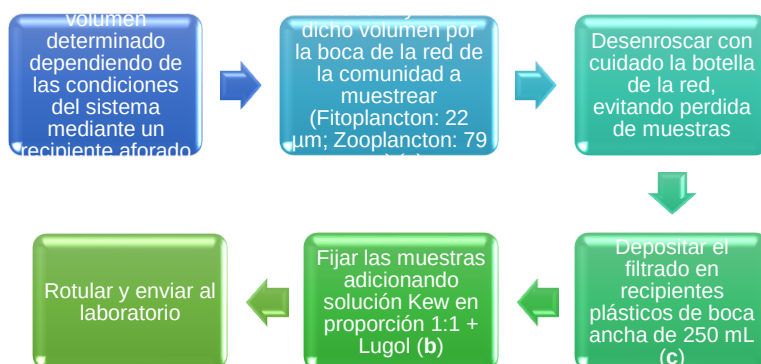


Figura 2-96 Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad planctónica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ Perifiton

Para la toma de muestras de esta comunidad se realiza una inspección de la zona para identificar los posibles sustratos en el que la probabilidad de colonización de morfoespecies de microalgas sea la más alta posible. Para lo anterior se tuvieron en cuenta varias especificaciones entre las que se encuentran: 1) el sustrato debe aparentar haber estado sumergido varios días (preferiblemente semanas) en el agua. 2) tomar solo aquellos sustratos que indiquen presencia por ejemplo de biopelículas. 3) Tomar la muestra de los sustratos predominantes del cuerpo de agua (rocas, troncos y hojas). En la **Figura 2-97**, se muestra paso a paso el proceso de la toma de muestras para esta comunidad.



Figura 2-97 Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad perifítica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ Macroinvertebrados Bentónicos

Para esta comunidad, se toman en cuenta las características del sistema con el fin de determinar que metodología usar para el muestreo. Se empleó una red surber, para tomar las muestras de esta comunidad, tal como se detalla en la **Figura 2-98**.

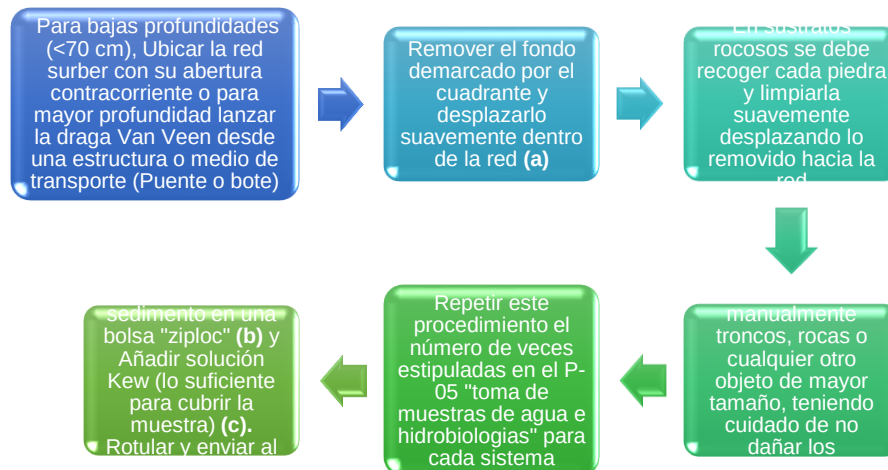


Figura 2-98 Diagrama de flujo esquematizando la toma de muestras de la comunidad bentónica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

○ Peces

Dependiendo de las características del cuerpo de agua se emplean varios artes de pesca para la captura de peces, tal como se detalla en la **Figura 2-99**.

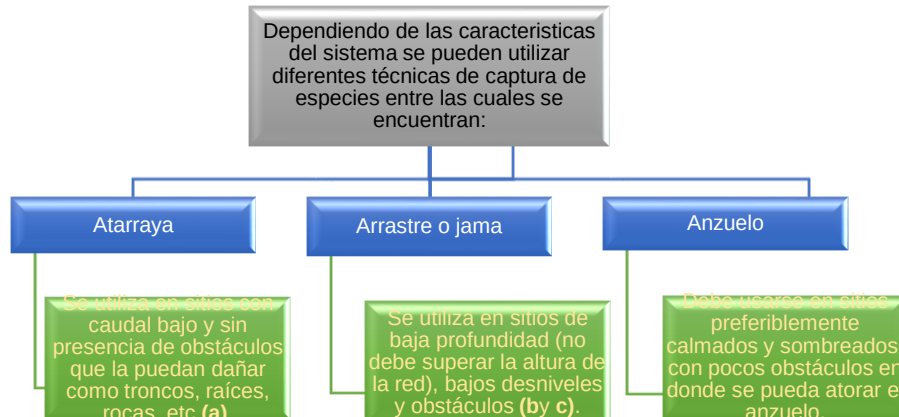


Figura 2-99 Diagrama de flujo esquematizando el método a utilizar dependiendo del sistema.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Una vez capturados los animales con el método seleccionado, rápidamente se hace un registro fotográfico lo más completo posible y así minimizar al máximo el estrés y la posible muerte de los organismos.

El muestreo se realiza en dos campañas, la primera en periodo seco y la segunda coincidiendo con el periodo de transición de la temporada seca a la temporada de lluvias. El tiempo de muestreo fue de 4 horas aproximadamente durante el día; teniendo en cuenta, que el río se encontraba crecido se utilizaron sólo dos artes de pesca, Nasa y Anzuelo. El tramo seleccionado fue de 100 m y se recorrió hasta donde fue posible vadear, removiendo y revisando todos los microhábitats disponibles. El punto de muestreo durante el periodo de lluvias se observa muy caudaloso, con fuertes corrientes y aguas muy turbias; se evidencia la gran cantidad de sedimento que arrastra el río. En algunos puntos las márgenes están desprovistas de vegetación, mientras que en otras hay presencia de vegetación arbustiva y herbácea principalmente.

○ Macrófitas Acuáticas

Para el muestreo de este componente se siguió un transepto de 10 metros paralelo al cuerpo de agua, en donde se dispusieron diez cuadrantes de 50 X 50 cm, donde fue contabilizado el porcentaje de cobertura de los organismos, tal como se detalla en la **Figura 2-100**.

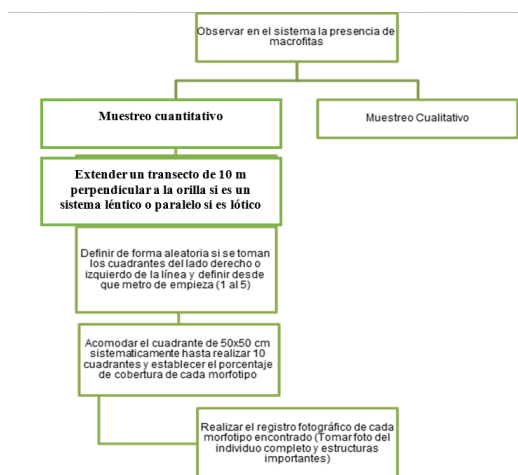


Figura 2-100 Diagrama de flujo esquematizando del método a utilizar para las macrófitas acuáticas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

- **Actividades postcampo**

A continuación, se describe cada una de las actividades realizadas durante la etapa de laboratorio para cada uno de los componentes hidrobiológicos, las cuales fueron ejecutadas por el laboratorio acreditado.

- **Plancton**

El análisis de fitoplancton y zooplancton se realizó para sistemas lénticos, conforme a lo estipulado en los procedimientos técnicos de ensayo: PTE-01 “Análisis de Fitoplancton” y PTE-02 “Análisis de Zooplancton”. En laboratorio se procedió a la identificación taxonómica de los organismos colectados por muestra, mediante observación directa en un microscopio binocular marca Nikon eclipse E100, para lo cual las muestras son concentradas hasta el 30 % de su volumen original, homogenizadas manualmente y observadas al microscopio a diferentes aumentos (Fitoplancton 40X; Zooplancton 10X). El conteo de individuos se realizó con portaobjetos y cubreobjetos para fitoplancton y placas Sedgwick-Rafter para el zooplancton. La identificación de los taxa se hizo con la ayuda de material bibliográfico de Whitford y Schumacher¹⁰³, y Streble y Kauter¹⁰⁴, se tomaron en cuenta las categorías taxonómicas propuestas por Integrated Taxonomy Information System (ITIS)¹⁰⁵. Los resultados obtenidos de la identificación y conteo de los organismos se diligenciaron en los formatos F-40 y F-41 que corresponden a formatos de captura de datos para fitoplancton y zooplancton respectivamente.

- **Perifiton**

En la etapa de laboratorio, todas las muestras del Perifiton fueron observadas detalladamente con un microscopio invertido. La revisión de la muestra se hizo por medio de una cámara Sedgwick-rafter de 1 ml, utilizando el método de conteo y barrido. El análisis cuantitativo se produce por medio de la relación entre el área raspada, el volumen de la muestra, el número de individuos contados por especie y el volumen total observado, así como el área del campo del microscopio. Para la identificación de las algas al nivel genérico, se utilizaron los trabajos de Bicudo & Bicudo (1970); Bourrelly (1972; 1981), Parra et al. (1982 -83) y Lopretto & Tell (1995), entre otros. Los datos para el Perifiton fueron expresados como células/cm².

- **Macroinvertebrados Bentónicos**

El análisis se realiza conforme a lo estipulado en el procedimiento técnico de ensayo: PTE-04 “Análisis de macroinvertebrados bentónicos”. Una vez en el laboratorio se pasó la totalidad de la muestra por un tamiz de 180 µm de diámetro de poro, para eliminar los sedimentos finos que acompañan a los macroinvertebrados. Los métodos y técnicas de análisis se siguieron bajo las recomendaciones de Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial¹⁰⁶ y Hein¹⁰⁷. El material resultante se almacenó en bolsas plásticas transparentes, debidamente rotuladas y fijadas con una solución Kew y coloradas con Rosa de bengala. Posteriormente las muestras fueron dispuestas en bandejas blancas y observadas con la ayuda de una lámpara con lupa para separar los organismos del sedimento acompañante.

Los organismos así separados, se identificaron taxonómicamente con ayuda un estereoscopio binocular marca Advance Optical y un microscopio binocular de marca Nikon Eclipse E100. Para la identificación

¹⁰³ WHITFORD, L. A. y SCHUMACHER, G. J. 1969. A Manual of The Fresh-Water Algae in North Carolina. The North Carolina Agricultural Experiment Station. 313p.

¹⁰⁴ STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dueter. 1987. Atlas de los microorganismos de agua dulce. La vida en una gota de agua. Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 337p.

¹⁰⁵ ITIS Integrated taxonomic Information System. 2011. En línea: <http://www.itis.gov/> citado en: 24 de mayo de 2017.

¹⁰⁶ Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental de proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TdR-17). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) & Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), 2018.

¹⁰⁷ Hein. Op. cit. p. 27.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

se utilizó bibliografía especializada tal como Roldán¹⁰⁸, Roldan y Ramírez¹⁰⁹, Bouchard¹¹⁰, Streble y Krauter¹¹¹ y Ruiz-Moreno *et al*¹¹². La clasificación taxonómica se adecuó a la propuesta por el Integrated Taxonomy Information System (ITIS)¹¹³. Los resultados obtenidos de la identificación y conteo de los organismos se diligenciaron en los formatos F-43 que corresponden al formato de captura de datos para macroinvertebrados bentónicos.

○ **Peces**

El análisis se realiza conforme a lo estipulado en el procedimiento técnico de ensayo: PTE-05 “Análisis de ictiofauna”. La identificación taxonómica de cada organismo se realiza basándose en la observación de las estructuras y caracteres morfológicos dentro del registro fotográfico, con el apoyo bibliográfico de Brünner y Beck¹¹⁴, Maldonado-Ocampo¹¹⁵ y Dahl¹¹⁶, siguiendo la clasificación propuesta por Integrated Taxonomy Information System (ITIS)¹¹⁷.

○ **Macrófitas Acuáticas**

El análisis se realiza conforme a lo estipulado en el procedimiento técnico de ensayo: PTE-06 “Análisis de macrófitas”. La identificación taxonómica de cada organismo se realiza basándose en la observación de las estructuras vegetativas y florales dentro del registro fotográfico, con el apoyo bibliográfico de Brünner y Beck¹¹⁸, así como en Hein¹¹⁹ e Integrated Taxonomy Information System (ITIS)¹²⁰.

○ **Medición de la diversidad**

Se conoce y utiliza generalmente un número alto de índices para evaluar la diversidad, los cuales asumen diferentes aspectos de la misma; por lo que algunos son muy sencillos de calcular, mientras que otros, el cálculo puede resultar dispendioso.

La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad determinada y que se considera homogénea, por lo tanto, es a un nivel local. Una comunidad es dependiente de los objetivos y escala de trabajo; para la medición de la diversidad α , los índices se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones, tomadas de Magurran (1989)

▪ **Índices de diversidad:**

- **Índice de Shannon – Wiener:** asume que todas las especies están representadas en las muestras; indica qué tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas. Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes.

¹⁰⁸ ROLDAN PÉREZ. Op. cit. p. 27.

¹⁰⁹ ROLDAN PÉREZ Y RAMÍREZ. Op. cit. p 16.

¹¹⁰ BOUCHARD, R.W. Jr. 2004. Guide to aquatic macroinvertebrates of the Upper Midwest. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 208 p.

¹¹¹ STREBLE y KRAUTER. Op. cit. p. 27.

¹¹² RUIZ-MORENO, Janet Liliana; OSPINA-TORRES, Rodolfo y RISS, Wolfgang. 2000. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. II Subfamilia Chironominae. *Caldasia* 22 (1): 15–33.

¹¹³ ITIS. Op. cit. p 27.

¹¹⁴ BRÜNNER, Gerherd y BECK Peter. 1990. Nueva Guía Práctica de Plantas Acuáticas. Ed Tetra-Verlag. Alemania. 192p.

¹¹⁵ MALDONADO-OCAMPO, J.A., VARI, R.P. & USMA, J.S., 2008.– Checklist of the freshwater fishes from Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 143–237.

¹¹⁶ DAHL, G., 1971.– Los Peces del Norte de Colombia. Ministerio de Agricultura, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables INDERENA. Bogotá, Colombia. 391p.

¹¹⁷ ITIS. Op. cit. p 27.

¹¹⁸ BRÜNNER y BECK. Op. cit. p. 29.

¹¹⁹ Hein. Op. cit. p. 27.

¹²⁰ ITIS. Op. cit. p 27.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Está basado en los tres componentes de la estructura de la comunidad, a saber: riqueza, uniformidad y abundancia, y describe la respuesta de la comunidad a la calidad ambiental. La diversidad se toma como una medida de la calidad biológica del sistema acuático.

- **Índice de equidad de Pielou:** con base en los valores de diversidad del índice de Shannon-Weiner, expresa la equidad como la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada. Es una relación entre la diversidad observada y el máximo valor de diversidad esperado. Varía entre 0 y 0,1, donde adquiere el valor de 0,1 cuando todas las especies presentan la misma abundancia.

$$J = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon – Wiener

$H_{\max} = \ln(S)$.

- **Índice de Simpson:** es un índice de dominancia, que tiene en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. El de Simpson muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Este índice se encuentra fuertemente influenciado por las especies más dominantes. Debido a que este valor es inverso a la equidad, la diversidad alfa se puede calcular como $1/\lambda$. Por lo tanto, es posible para una comunidad rica en especies, pero poco equitativa tener un índice menor que una comunidad menos rica en especies, pero altamente equitativa.

- **Bioindicación y análisis de la calidad biótica**

En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados, responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales; sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Los indicadores biológicos se han asociado directamente con la calidad del agua más que con procesos ecológicos o con su distribución geográfica. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos, al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora.

El Índice Biótico estimado fue el BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System) (Armitage et al., (1983), modificado y adaptado a la fauna bentónica que caracteriza los cuerpos de agua colombianos y su sensibilidad ante la calidad del agua. En este caso se utilizó el método BMWP/Col, el cual consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados, los

cuales para Colombia han sido previamente establecidos por Roldán-Pérez (2003); la sumatoria de los valores arroja el valor del índice BMWP.

El índice opera al nivel taxonómico de familia, independiente del número de organismos por dicho taxón. Se otorga un puntaje entre 1 y 10 con base en el grado de tolerancia o sensibilidad del organismo a las condiciones del medio. Entre más sensible o menos tolerante a la contaminación sea el organismo, mayor será el puntaje que obtenga. Los organismos menos sensibles o más resistentes o tolerantes tendrán los puntajes más bajos; organismos de tolerancia o sensibilidad intermedia tendrán puntajes igualmente intermedios. La sumatoria de los puntajes obtenidos con base en las familias de Macroinvertebrados encontradas por muestreo, será el valor del índice para dicha estación.

En este caso se utiliza el método BMWP/Col, el cual consiste en asignar un valor de bioindicación a cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados, los cuales para Colombia han sido previamente establecidos por Roldán-Pérez (2003); la sumatoria de los valores arroja el valor del índice BMWP.

Adicionalmente, se calculó el ASPT (Average Score por taxón), como el valor medio de los puntajes obtenidos por la muestra. Dado que en general el BMWP presenta serias limitaciones y requiere de ajustes para cada cuenca, producto de estudios particulares, la interpretación de los resultados se realizó únicamente con los valores de ASTP y se describe en la **Tabla 2-102**.

Tabla 2-102 Significancia de los valores de ASTP y BMWP

CLASE	ASTP/Col	CALIDAD	BMWP/Col	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
I	> 8	Buena	>100	Buena	Aguas muy limpias a limpias	
II	6 - <8	Aceptable	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	4 - <6	Dudosa	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	2 - <4	Mala	16-35	Mala	Aguas muy contaminadas	
V	<2	Crítica	<16	Crítica	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica.	

Fuente: eQual consultoría y servicios ambientales S.A.S., 2023

2.3.5.3 Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA)

2.3.5.3.1 Ecosistemas estratégicos, sensibles y áreas protegidas

Con el fin de establecer la presencia de áreas declaradas bajo algún grado protección o la existencia de ecosistemas estratégicos o sensibles en el área de estudio del proyecto, se realizaron las diferentes verificaciones y consultas ante las entidades correspondientes, revisión de documentos técnicos y cartografía temática del área de estudio y se realizaron recorridos de verificación en campo identificando los posibles ecosistemas estratégicos y sensibles del área de estudio.

A continuación, se describen las actividades realizadas para identificar los posibles ecosistemas estratégicos, sensibles y áreas protegidas en el área de estudio:

- **Actividades precampo**

Una vez definida el área de estudio se consulta la información registrada en: el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), la plataforma Tremarctos Colombia 3.0; también se revisó el Portafolio de áreas prioritarias del IAVH y no se reportaron áreas prioritarias en el área de influencia del proyecto; además de considerar la información de la Corporación Autónoma Regional que tiene jurisdicción en el municipio que conforma el Área de influencia del Proyecto. También se consultó la presencia de ecosistemas estratégicos considerados por los Planes, Esquemas o Planes Básicos de Ordenamiento Territorial. A partir de esta revisión y de acuerdo con lo establecido en los TdR-17 de 2018, se identificó la presencia de:

1. Áreas protegidas que pertenezcan al Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP, según lo dispuesto por el Decreto 1076 de 2015.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2. Otras categorías de protección y manejo de los recursos naturales renovables reguladas por la Ley 2ª de 1959, el Decreto-ley 2811 de 1974, o por la Ley 99 de 1993 y sus reglamentos, así como otros instrumentos de ordenamiento/planificación, que no pertenezcan al Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP.
3. Ecosistemas estratégicos identificados a nivel local, regional, nacional, y u o internacional (p.e. bosque seco tropical, humedales, páramos, manglares, ciénagas, humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención RAMSAR). Se debe tener en cuenta los Planes de Ordenamiento Territorial respectivos.
4. Áreas con prioridades de conservación que se encuentren en proceso de declaración para integrar el Sistema Nacional de Áreas Protegidas o para ser reconocidas como estrategias complementarias para la conservación de la diversidad biológica, como los Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, AICAS y Patrimonio de la Humanidad.

- **Actividades de campo**

Durante los recorridos de campo se visitan y verificar los parches de bosque en el área de estudio, además se recorre el área de intervención buscando otros puntos de importancia como nacimientos o cuerpos hídricos.

- **Actividades postcampo**

Una vez hechas las consultas a las diferentes entidades, revisados documentos técnicos y portales y efectuados los recorridos de campo, se realiza el documento donde se presentan los ecosistemas estratégicos, sensibles y áreas protegidas en el área de estudio.

2.3.6 Medio Socioeconómico

2.3.6.1 Metodología para la caracterización de comunidades no étnicas

- **Objetivo general**

Dar cumplimiento a lo establecido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales –ANLA– en los Términos de Referencia TdR-17 para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental –EIA– proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica, específicamente con lo relacionado al Medio Socioeconómico, con el propósito de obtener el licenciamiento ambiental del proyecto “*Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”.

- **Objetivos específicos**

- Brindar información adecuada y oportuna con participación de las autoridades departamentales, regionales y municipales, comunidad en general, organizaciones sociales e instituciones en el área de influencia del proyecto para dar a conocer los alcances, características técnicas y actividades correspondientes para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental –EIA.
- Recolectar información primaria y secundaria con autoridades municipales y comunidades asentadas en el área de influencia del proyecto para la caracterización del medio socioeconómico.
- Analizar cualitativa y cuantitativamente la información primaria y secundaria obtenida para la caracterización del medio socioeconómico.
- Caracterizar las comunidades no étnicas asentadas en el área de influencia del proyecto.

- **Marco conceptual**

A continuación, se presentan los conceptos básicos que se manejarán durante la caracterización del medio socioeconómico:

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- a) **Términos de referencia:** documento que contiene los lineamientos generales y por el cual el Ministerio del Medio Ambiente o las corporaciones establecen los requisitos necesarios para realizar y presentar estudios específicos (Decreto Único 1076, 2015). En este caso los Términos de Referencia para la elaboración del EIA son los TdR -17 del 2018.
- b) **Estudio de Impacto Ambiental (EIA):** instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que se requiera licencia ambiental de acuerdo con la ley y este reglamento (Decreto Único 1076, 2015).
- c) **Impacto ambiental:** cualquier alteración o cambio en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Decreto Único 1076, 2015).
- d) **Plan de Manejo Ambiental (PMA):** conjunto detallado de medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad (Decreto Único 1076, 2015).
- e) **Medio:** división general que se realiza del ambiente para un mejor análisis y entendimiento de éste. En el contexto de los estudios ambientales corresponde al abiótico, biótico y socioeconómico (TdR -17).
- f) **Área de influencia:** área en la que se manifiestan de manera objetiva y en lo posible cuantificable, los impactos ambientales significativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios. Debido a que las áreas en las que se manifiestan los impactos pueden variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá corresponder a varios polígonos que se entrecrucen entre sí (TdR -17).
- g) **Componente:** aspecto ambiental que constituye un medio (abiótico, biótico o socioeconómico) como, por ejemplo, componente atmosférico, hidrológico, faunístico, demográfico, entre otros (TdR -17).
- h) **Comunidad:** grupo de individuos que tienen ciertos elementos en común (idioma, costumbres, valores, tareas, visión del mundo, edad, ubicación geográfica, estatus social o roles, etc.).
- i) **Territorio:** parte de la superficie de la tierra que pertenece a un país, departamento, municipio, etc., y mediante el uso de fronteras o límites territoriales delimita su superficie con respecto a territorios vecinos.
- j) **Unidad territorial:** delimitación del territorio que constituye una unidad de análisis seleccionada dependiendo del nivel de detalle con el que se requiera la información. Esta unidad se aplica para la definición del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico, y puede coincidir con la división político-administrativa de los entes territoriales reconocidos legalmente, o responder a una adopción social reconocida por la misma comunidad (TdR-17).
- k) **Entrevista:** obtención de información oral de parte de una o varias personas (entrevistado) lograda directamente por el entrevistador; es una conversación entre el investigador y una persona que responde a preguntas orientadas a obtener información exigida por los objetivos específicos de un estudio (Galán, 2009).
- l) **Ficha:** documento en el que se registra cierto tipo de información y/o datos.
- m) **Observación directa:** técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos” (Wilson, 2000).

- n) **Charla:** conversación de carácter informal que permite obtener información relevante de las comunidades y del territorio que conforma el área de influencia del proyecto.
- o) **Planes de Ordenamiento Territorial:** instrumentos básicos para desarrollar el proceso de ordenamiento del territorio municipal. Se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo (Ley 388 de 1997). Los planes de ordenamiento del territorio se denominarán:
 - Planes de Ordenamiento Territorial (POT): elaborados y adoptados por las autoridades de los distritos y municipios con población superior a los 100.000 habitantes.
 - Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT): elaborados y adoptados por las autoridades de los municipios con población entre 30.000 y 100.000 habitantes.
 - Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT): elaborados y adoptados por las autoridades de los municipios con población inferior a los 30.000 habitantes.
- p) **Plan de Desarrollo:** herramienta de gestión que promueve el desarrollo social en un territorio determinado.
- q) **Juntas de Acción Comunal (JAC):** Es una organización cívica, social y comunitaria de gestión social, sin ánimo de lucro, con personería jurídica y patrimonio propio, integrada voluntariamente por los residentes de un barrio, quienes buscan unirse, con fundamento en la democracia participativa.

A su vez, se listan las abreviaturas a utilizar frecuentemente en el desarrollo del EIA:

PEA: Población Económicamente Activa.

PET: Población en Edad de Trabajar.

POT: Plan de Ordenamiento Territorial.

EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.

PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial.

PDM: Plan de Desarrollo Municipal.

PDD: Plan de Desarrollo Departamental.

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

SISBÉN: Sistema de Identificación y Clasificación de Potenciales Beneficiarios para Programas Sociales.

MININTERIOR: Mininterior: Ministerio del Interior.

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

DANCP: Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa.

ICANH: Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

CORPOGUAJIRA: Corporación Autónoma Regional de La Guajira.

- **Generalidades para el desarrollo de las actividades**

La caracterización y el análisis del medio socioeconómico inició con un acercamiento y reconocimiento de la realidad social del área de influencia, donde se llevaron a cabo procesos de socialización, información y participación con los distintos actores sociales del proyecto y se aplicaron instrumentos de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

recolección de información primaria y secundaria para abordar cada componente del medio socioeconómico de manera cualitativa y cuantitativa.

Por consiguiente, la planeación, recolección y procesamiento de la información contempló los siguientes aspectos:

- a) **Avanzada, identificación y validación del área de influencia:** realización de recorridos de campo en la zona de estudio, con el fin de obtener un panorama del área de influencia socioeconómica para el desarrollo de los procesos de participación y caracterización. Partiendo de la base de datos obtenida en el anterior EIA, se corroborará si los actores representativos son los mismos y cuáles serían los espacios adecuados para adelantar los procesos informativos.
- b) **Caracterización socioeconómica:** para la recolección de información primaria que permita conocer las condiciones sociales y ambientales existentes en el área de influencia, se realizarán entrevistas con los líderes de las unidades territoriales del área de influencia del proyecto (JAC, Corregidores, líderes y/o habitantes antiguos). Para ello, se aplicará el instrumento de caracterización socioeconómica titulado *ficha socioeconómica de caracterización unidades territoriales*, dado que los líderes y residentes antiguos se constituyen en actores sociales claves con un amplio conocimiento del territorio. Otro insumo clave para abordar y complementar dicha caracterización es el proceso de información y participación con los distintos actores sociales; para ello, se realizarán reuniones de socialización y talleres socioambientales que permitan conocer las inquietudes, comentarios y percepciones de las comunidades impactadas sobre el desarrollo del proyecto.
- c) **Obtención, consulta y revisión documental (información secundaria):** De acuerdo con la normativa vigente, el estudio acogerá las disposiciones de los términos de referencia TdR-17, y a partir de la información secundaria disponible y obtenida de fuentes oficiales y actualizadas, se caracterizarán las diferentes dimensiones sociales que permitan conocer las dinámicas actuales del territorio.

Esta información se obtendrá de fuentes de información secundaria como los Planes, Planes Básicos y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial vigentes (POT, PBOT Y EOT) de los municipios de Uribia, Maicao y Albania; así como y los Planes de Desarrollo Municipal de dichos municipios y el Plan de Desarrollo Departamental de La Guajira (PDM – PDD 2020–2023).

A su vez, se consultarán sitios WEB oficiales, documentos y estudios de instituciones públicas y privadas en el ámbito municipal, departamental y nacional, las cuales aportarán elementos claves para la línea base del proyecto.

- **Recolección de información primaria para la caracterización de unidades territoriales**

Para la recolección de la información primaria de las unidades territoriales del área de influencia, se programará un encuentro con los líderes y/o dignatarios y con algunos habitantes antiguos para realizar la jornada de caracterización. En la jornada se realizarán las siguientes actividades donde se aplicarán tres (3) herramientas de recolección de información:

1. Ficha de caracterización socioeconómica: la cual recoge información correspondiente a aspectos sociales; demográficos, espaciales, económicos, culturales, políticas y organizativos y tendencias del desarrollo.
2. Elaboración de cartografía social.
3. Ficha de percepción social del paisaje.

El diligenciamiento de la ficha de caracterización socioeconómica se hará a través de la técnica de entrevista e igualmente se utilizó la ficha de percepción social del paisaje. A lo largo de la actividad, se aclararán las dudas correspondientes al proyecto y no se habían consultado en los espacios de reunión. En los casos donde la ficha no pudo diligenciarse en su totalidad, se registró la información faltante en el siguiente espacio de socialización que se llevó a cabo.

- **Procesos de participación y socialización con las comunidades**

El proceso de participación y socialización de información con las autoridades regionales, departamentales y municipales y con las comunidades, organizaciones y/o asociaciones del área de influencia del proyecto se desarrolló de la siguiente manera:

Con el propósito de socializar la información referente a las características técnicas, el alcance y actividades a desarrollar para el proyecto y EIA, se llevarán a cabo tres momentos de participación. En el primero se brindará la información técnica y actualizada del proyecto, en el segundo se identificarán impactos y analizarán medidas de manejo, y en el tercer momento se hará la entrega de resultados de caracterización y análisis ambiental del proyecto. Para el caso puntual de los entes regionales, departamentales y municipales se sostendrán dos espacios, uno para presentar la información técnica y actualizada del proyecto y otra para la entrega de los resultados posterior al desarrollo de los procesos de participación con las comunidades del área de influencia.

Respecto a los propietarios de predios privados, se realizó una actualización de información donde se presentaron los ajustes realizados al proyecto con relación a la primera versión y sobre la cual se realizaron las compensaciones o acuerdos para la constitución de servidumbre, es preciso aludir, que los predios actualmente cuentan con áreas de servidumbre constituidas y acuerdos pendientes de registro y/o formalización sobre la servidumbre ante la oficina de instrumentos públicos. En este sentido, se abordó a cada uno de los propietarios en un único espacio donde se explicaron las actualizaciones del proyecto, su incidencia sobre el área de servidumbre constituida, los impactos adicionales a los contemplados durante el proceso de constitución de servidumbre que se generarían y se presentaron los resultados de las caracterizaciones y análisis de impactos realizados por el equipo consultor que desarrollo el estudio de impacto ambiental –EIA.

Los procesos de participación con comunidades étnicas, se realizaron bajo los procedimientos establecidos normativamente.

- **Primer momento**

El desarrollo del primer momento de participación y socialización del proyecto contemplará las siguientes etapas:

- **Planeación**

1. Identificación de entes regionales, departamentales y municipales y de unidades territoriales (corregimientos, veredas y barrios), localizadas en el área de influencia socioeconómica del proyecto con base en la revisión de la cartografía oficial asociada a los planes y/o esquemas de ordenamiento territorial vigentes y con lo evidenciado en los recorridos de campo.
2. Identificación de actores sociales claves del área de influencia del proyecto (directores, alcaldes, personeros, secretarios de despacho, dignatarios JAC y líderes comunales, entre otros).
3. Elaboración de oficios, cartas de convocatoria y presentación del proyecto en PowerPoint.
4. Insumos para el desarrollo de las reuniones (formatos de reunión, presentación del proyecto en digital y ploteada, computador, video beam, papelería, etc.).
5. Elaboración de piezas de comunicación para fortalecer la convocatoria (afiches).

- **Convocatoria**

Para la convocatoria a las reuniones de socialización del proyecto con entes regionales, departamentales, municipales y comunidades asentadas en el área de influencia se hará contacto personal y/o telefónico con los actores sociales claves para programar las fechas y horarios, teniendo en cuenta la disponibilidad de tiempo y lugares estratégicos de reunión a fin de buscar la mayor participación posible. Una vez definidas las agendas se procederá a la formalización de convocatorias a

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

través de cartas de invitación, las cuales se radicarán en cada una de las entidades y se entregarán personalmente a los líderes y representantes de las JAC con ocho (8) días de antelación a la fecha concertada.

Así mismo, la convocatoria con las comunidades no étnicas estará apoyada por el uso de carteles o afiches, los cuales tendrán consignados claramente los detalles de la reunión (asunto, fecha, hora y lugar) que serán ubicados en lugares concurridos y visibles. También, se realizarán llamadas telefónicas a las entidades y líderes de las unidades territoriales para recordar las fechas concertadas de reunión y verificar que no se generen contratiempos. Este relacionamiento telefónico se dejará consignado en el formato de seguimiento a convocatorias.

Adicionalmente, para todas las socializaciones con las comunidades de las unidades territoriales del área de influencia del proyecto, se informó en las reuniones de socialización a las Alcaldías y Personerías municipales en cada jurisdicción, por si deseaban acompañar a las comunidades y ser partícipes del proceso informativo.

○ **Desarrollo de reuniones**

En esta reunión se presentará el alcance y las características del proyecto, así como las actualizaciones realizadas hasta el momento por parte de la empresa responsable de su ejecución y la empresa consultora encargada de la elaboración del EIA. A su vez, se presentará un contexto sobre el proceso surtido para la obtención del licenciamiento y se informará sobre las actividades que se realizarán para actualizar adecuadamente los medios biótico, abiótico y socioeconómico.

Al respecto, se plantea la agenda del día que se cita a continuación:

- a) Objetivo de la reunión.
- b) Presentación de asistentes (grupos de interés y empresas responsables).
- c) Antecedentes, descripción técnica del proyecto y ajustes realizados.
- d) Alcance y actividades del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- e) Espacio para preguntas y comentarios.
- f) Datos de contacto.
- g) Lectura, aprobación y firma del acta.

El desarrollo de las reuniones será soportado con los grupos de interés del Proyecto (entidades y comunidades) con los siguientes **soportes Social. Acta de reunión, Registro de Asistencia y Registro fotográfico**, los cuales serán diligenciados en el transcurso de la socialización con previa autorización de los asistentes:

1. Actas de reunión.
2. Registros de asistencia.
3. Registro fotográfico.

En los casos donde las personas convocadas no asistieron, se buscaron espacios de reprogramación consignados en actas con los líderes, o sino a través de oficios, se solicitó nuevamente un espacio a las JAC, así mismo, se tenía previsto que en caso dado las comunidades no suscribieran actas de reunión o evitarán acceder a realizar algún registro, se dejaría un reporte de lo acontecido en el Formato de Acta de reunión, que sería respaldada por las empresas y/o delegado de la administración municipal o Personería que asistió a la reunión.

Igualmente, para el desarrollo de las reuniones se contará con los siguientes insumos:

- Presentación del proyecto en digital e impresa en tamaño plotter.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Papelógrafo y Tablero.
- Lapiceros y Marcadores.
- Tablas de apoyo.
- Cámara fotográfica.
- Grapadora y saca ganchos.
- Formatos de reunión: acta y listados de asistencia.

Una vez finalizada la socialización, se realizará la lectura del acta de reunión en presencia de los asistentes, la cual se validará con los funcionarios, líderes y/o representantes de las JAC; también se dejará una copia del acta que será levantada a mano durante la realización del espacio, listado de asistencia y presentación en el despacho de la Alcaldía, Personería y los líderes comunales o presidentes de las JAC.

• Segundo momento

El desarrollo del segundo momento de participación y socialización del proyecto contemplará las siguientes etapas:

○ Planeación

1. Concertación de espacios para adelantar el taller de identificación de impactos y medidas de manejo con los líderes, presidentes de JAC o corregidores.
2. Elaboración de oficios, cartas de convocatoria y presentación del proyecto en PowerPoint.
3. Insumos para el desarrollo de las reuniones (formatos de reunión, presentación del proyecto en digital y ploteada, computador, video beam, papelería, etc.).
4. Elaboración de piezas de comunicación para fortalecer la convocatoria (afiches).

○ Convocatoria

Para la convocatoria a las reuniones del taller de identificación de impactos y medidas de manejo del proyecto con comunidades no étnicas en el área de influencia se contactará personalmente o vía telefónica a los actores sociales clave, previamente identificados, para concertar las fechas y horarios de reunión en el segundo momento, teniendo en cuenta la disponibilidad de tiempo y lugar estratégico a fin de buscar la mayor participación posible. Una vez definidas las agendas se procederá a la formalización de convocatorias a través de cartas de invitación, las cuales se entregarán personalmente a los líderes, corregidores y/o representantes de las JAC con ocho (8) días de antelación a la fecha concertada.

Así mismo, la convocatoria con comunidades no étnicas estará apoyada por el uso de carteles o afiches, los cuales tendrán consignados claramente los detalles de la reunión (asunto, fecha, hora y lugar) que serán ubicados en lugares concurridos y visibles. También, se realizarán llamadas telefónicas a los líderes de las unidades territoriales para recordar las fechas concertadas de reunión y verificar que no se generen contratiempos. Este relacionamiento telefónico se dejará consignado en el formato de seguimiento a convocatorias.

Adicionalmente, para todas las socializaciones con las comunidades de las unidades territoriales del área de influencia del proyecto, se enviará vía email la programación de reuniones a las Alcaldías y Personerías municipales de su jurisdicción, por si desean acompañar a las comunidades y ser partícipes del segundo momento del proceso informativo.

○ Desarrollo de reuniones

En esta reunión se hará un resumen de las actividades técnicas del proyecto, se presentarán los impactos y medidas de manejo identificados para el anterior EIA, y se procederá a evaluar si se han identificado

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

impactos adicionales, así mismo, se realizará la presentación de los impactos y medidas de manejo identificadas por la empresa. La actividad de identificación de impactos se podrá realizar en grupos focales o en plenaria, de acuerdo con la asistencia en cada comunidad, siendo los participantes de la comunidad los encargados de diligenciar unas matrices ploteadas que permiten registrar las conclusiones definidas por la comunidad para cada actividad del proyecto.

Al respecto, se plantea la agenda del día que se cita a continuación:

- a) Objetivo de la reunión.
- b) Presentación de asistentes (grupos de interés y empresas responsables).
- c) Resumen de actividades técnicas.
- d) Impactos identificados por la comunidad en el anterior EIA para el mismo proyecto.
- e) Diligenciamiento de matriz de impactos y medidas de manejo.
- f) Presentación de impactos y medidas de manejo, identificadas por la empresa.
- g) Espacio para preguntas y comentarios.
- h) Datos de contacto.
- i) Lectura, aprobación y firma del acta.

El desarrollo de las reuniones se soportó con los grupos de interés del Proyecto (entidades y comunidades) los cuales serán diligenciados en el transcurso de la socialización con previa autorización de los asistentes:

1. Actas de reunión.
2. Registros de asistencia.
3. Registro fotográfico.
4. Matriz de impactos y medidas de manejo.
5. En los casos donde las personas convocadas no asistieron, se buscaron espacios de reprogramación consignados en actas con los líderes, o sino a través de oficios, se solicitó nuevamente un espacio a las JAC, así mismo, se tenía previsto que en caso dado las comunidades no suscribieran actas de reunión o evitarán acceder a realizar algún registro, se dejaría un reporte de lo acontecido en el Formato de Acta de reunión, que sería respaldada por las empresas y/o delegado de la administración municipal o Personería que asistió a la reunión.

Igualmente, para el desarrollo de los procesos participativos y de socialización se contará con los siguientes insumos:

- Presentación del proyecto en digital e impresa en tamaño plotter.
- Papelógrafo y Tablero.
- Lapiceros y Marcadores.
- Tablas de apoyo.
- Cámara fotográfica.
- Grapadora y saca ganchos.
- Formatos de reunión: acta y listado de asistencia.
- Formato de matriz ploteada para diligenciar con la comunidad.

Una vez finalizada la socialización, se realizará la lectura del acta de reunión en presencia de los asistentes, la cual se validará con los funcionarios, líderes y/o representantes de las JAC; también se

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

dejará una copia del acta, listado de asistencia, presentación y matriz construida a los corregidores, o presidentes de las JAC.

- **Tercer momento**

El desarrollo del tercer momento de participación y socialización del proyecto contemplará las siguientes etapas:

- **Planeación**

1. Concertación de espacios para adelantar la entrega de resultados del Estudio de Impacto Ambiental con directores, alcaldes, personeros, secretarios de despacho, dignatarios JAC, Corregidores y líderes comunales, entre otros.
2. Elaboración de oficios, cartas de convocatoria y presentación del proyecto en PowerPoint.
3. Insumos para el desarrollo de las reuniones (formatos de reunión, presentación del proyecto en digital y ploteada, computador, video beam, papelería, etc.).
4. Elaboración de piezas de comunicación para fortalecer la convocatoria (afiches).

- **Convocatoria**

El proceso de convocatoria se realizará con los mismos grupos de interés identificados para el primer momento y se desarrollará de la misma manera, teniendo en cuenta a su vez los pros y los contras que se puedan presentar en dicho momento y así poder contar con oportunidades de mejora en el proceso participativo y de socialización que se lleve a cabo en el área de influencia.

- **Desarrollo de las socializaciones**

El tercer momento permitirá reforzar los temas tratados en el primer y segundo encuentro para poder presentar los resultados del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de los componentes abiótico, biótico y socioeconómico.

Al respecto, se plantea la agenda del día que se cita a continuación:

- a) Objetivo de la reunión.
- b) Presentación de asistentes (grupos de interés y empresas responsables).
- c) Resumen de los momentos 1 y 2 de participación.
- d) Resultados del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) por componentes.
- e) Evaluación de impactos y medidas de manejo.
- f) Demanda y aprovechamiento de recursos.
- g) Compensación por pérdida de biodiversidad.
- h) Espacio para preguntas y comentarios.
- i) Datos de contacto.
- j) Lectura, aprobación y firma del acta.

En cuanto a la presentación de la evaluación de impactos con cada comunidad, se presentará la matriz con los impactos y las medidas de manejo identificadas por la comunidad en el segundo taller realizado. Se hará énfasis en que los impactos y medidas de manejo, identificadas por la comunidad en los componentes abiótico, biótico y socioeconómico, fueron atendidas e incorporadas en el PMA del

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

proyecto; también se expondrán los impactos que las comunidades no identificaron, si es el caso, y se explicaran sus respectivas medidas de manejo.

El desarrollo de las reuniones llevadas a cabo con los grupos de interés del Proyecto (entidades y comunidades) (Véase *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.3 Medio socioeconómico*), los cuales se deberán diligenciar en el transcurso de la socialización con previa autorización de los asistentes:

1. Actas de reunión.
2. Registros de asistencia.
3. Registro fotográfico.
4. En los casos donde las personas convocadas no asistieron, se buscaron espacios de reprogramación consignados en actas con los líderes, o sino a través de oficios, se solicitó nuevamente un espacio a las JAC, así mismo, se tenía previsto que en caso dado las comunidades no suscribieran actas de reunión o evitarán acceder a realizar algún registro, se dejaría un reporte de lo acontecido en el Formato de Acta de reunión, que sería respaldada por las empresas y/o delegado de la administración municipal o Personería que asistió a la reunión.

Igualmente, para el desarrollo del tercer momento de participación se contará con los siguientes insumos:

- Presentación del proyecto en digital e impresa en tamaño plotter.
- Papelógrafo y Tablero.
- Lapiceros y Marcadores.
- Tablas de apoyo.
- Cámara fotográfica.
- Grapadora y saca ganchos.
- Formatos de reunión: acta y listado de asistencia.

Una vez finalizada la socialización, se realizará la lectura del acta de reunión en presencia de los asistentes, la cual se validará con los funcionarios, líderes y/o representantes de las JAC; también se dejará una copia impresa del acta, del listado de asistencia y de la presentación en el despacho de la Alcaldía, Personería y a los corregidores, líderes comunales o presidentes de las JAC.

• Participación con propietarios de predios privados

Respecto al proceso de participación y socialización con los propietarios de los predios a intervenir por el proyecto (franja de servidumbre, sitio de torre, accesos) o en aquellos donde se solicite uso y aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables, éste se realizará predio a predio (visita domiciliaria) en coordinación con la Gestión Predial delegada para llevar a cabo el proceso, la cual se encargará de realizar el relacionamiento y programar los dos momentos de participación y socialización con cada uno de los propietarios. Con el fin de no interferir acoplarse a la estrategia de relacionamiento que se adelanta con cada propietario.

En este sentido, la Gestión Predial realizará una base de datos de propietarios, la cual incluirá nombre completo, números telefónicos de contacto, correo electrónico, dirección, nombre del predio y observaciones. También, la Gestión Predial elaborará un documento donde especificará el área total de cada predio, su código catastral, la unidad territorial al que pertenece (corregimiento, vereda, barrio), tipo de uso (comercial, residencial, industrial, etc.), área total de intervención por el proyecto y tipo de intervención (servidumbre, sitio de torre, accesos).

A su vez, de acuerdo con el tiempo establecido por la Gestión Social para el proceso participativo con propietarios, la Gestión Predial concertará el cronograma de reuniones de un solo momento, toda vez que ya se cuenta con acuerdos de servidumbre constituidos:

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

1. Relacionamiento previo con propietarios de los predios a intervenir.
2. Elaboración de base de datos de propietarios de los predios a intervenir por el proyecto.

Para la convocatoria a las reuniones de socialización del proyecto con propietarios, la Gestión Predial hará contacto personal y/o telefónico con cada uno de ellos para concertar fechas y horarios de la visita domiciliaria por parte de la Gestión Social. Posterior a cada fecha concertada, se formalizará a través de cartas de invitación, las cuales serán entregadas personalmente a cada propietario con cinco (5) días de antelación.

- **Procesamiento y análisis de información**

Una vez recolectada la información, a través de los talleres participativos con comunidades y la recepción de comentarios, preguntas y respuestas realizadas por los asistentes en las reuniones de socialización, se procederá a la transcripción y análisis de la información.

2.3.6.2 Componente demográfico

Para la elaboración del componente demográfico del medio socioeconómico se realizará el siguiente procedimiento.

En cuanto a la dinámica de poblamiento y la dinámica poblacional a nivel municipal, se radicaron comunicaciones escritas a las oficinas de Planeación Municipal de Uribia, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los Planes, Planes Básicos y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial vigentes (POT, PBOT Y EOT); así como los Planes de Desarrollo Municipal (PDM) de dichos municipios.

Así mismo, se consultarán sitios WEB oficiales (alcaldías municipales y Gobernación), documentos y estudios de instituciones públicas y privadas en el ámbito municipal, departamental y nacional, las cuales aportarán elementos claves para la línea base del componente demográfico del proyecto; también, se consultará información estadística de la temática “Demografía y Población” del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

Por su parte, para la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantará información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales. La ficha recopilará datos e información referente a los aspectos demográficos de cada unidad territorial como grupos poblacionales, dinámica de poblamiento, tendencias demográficas, estructura de la población y presencia de población en situación de desplazamiento.

Al momento de realizar la entrevista para levantar dicha ficha, se deberá tomar registro fotográfico de la actividad y de la unidad territorial que muestre las características del entorno.

Adicionalmente, se solicitará información de las bases de datos de las oficinas del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales –Sisbén– de los municipios del área de influencia y de las unidades territoriales para complementar dicha caracterización.

La información requerida será la siguiente:

- Población total del municipio.
- Censo poblacional por lugar de residencia del municipio (urbana y rural).
- Población total por cada unidad territorial del área de influencia.
- Censo poblacional por sexo y grupos etarios (De 0 a 5 años, de 6 a 17 años, de 18 a 35 años, de 35 a 59 años, y de 60 años en adelante).

Una vez recolectada la información primaria y secundaria del componente demográfico se procederá a la sistematización y análisis de la información.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.6.3 Componente espacial

El desarrollo del componente espacial del medio socioeconómico se realizó bajo las siguientes consideraciones:

La caracterización de servicios públicos y sociales a nivel municipal, se radicarán comunicaciones escritas a las oficinas de Planeación y Salud Municipal de Uribia, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los POT, PBOT y EOT, número de clínicas, hospitales y centros de salud en cada municipio, junto con el perfil de morbilidad y mortalidad. también, se consultará información estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

Por su parte, para la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantará información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales. La ficha recopilará datos e información referente a los aspectos espaciales de cada unidad territorial como servicios públicos y servicios sociales.

Al momento de realizar la entrevista para levantar dicha ficha, se deberá tomar registro fotográfico de la actividad y de la unidad territorial que muestre las características del entorno.

Una vez recolectada la información primaria y secundaria del componente espacial se procederá a la sistematización, análisis de la información, elaboración de gráficos y figuras en trabajo de escritorio.

2.3.6.4 Componente económico

Para la elaboración del componente económico del medio socioeconómico del área de influencia del proyecto se realizará el siguiente procedimiento.

En cuanto a los aspectos económicos a nivel municipal, se radicarán comunicaciones escritas a las oficinas de Planeación y Hacienda Municipal de Uribia, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los POT, PBOT y EOT, estadísticas del mercado laboral actual del municipio (tasas de empleo formal e informal y desempleo), empresas productivas en el municipio (primario, secundario y terciario) e información del total de establecimientos de comercio y servicios; también, se consultará información estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

Por su parte, la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantará información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales. La ficha recopilará datos e información referente a los aspectos económicos de cada unidad territorial como la estructura de la propiedad, procesos productivos y tecnológicos y características del mercado laboral, entre otros.

Una vez recolectada la información primaria y secundaria del componente económico se procederá a la sistematización, análisis de la información, elaboración de gráficos y figuras en trabajo de escritorio.

2.3.6.5 Componente cultural comunidades no étnicas

Para la elaboración del componente cultural de comunidades no étnicas del medio socioeconómico del área de influencia del proyecto se realizará el siguiente procedimiento.

Para la caracterización de los municipios en cuanto a los aspectos culturales de comunidades no étnicas, se radicarán comunicaciones escritas a las oficinas de Planeación de Uribia, Manaure, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los POT, PBOT y EOT; también, se consultará información cultural del territorio a través de páginas WEB oficiales.

Por su parte, para la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantará información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales. La ficha recopilará datos e información referente a los

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

aspectos culturales como patrimonio cultural inmaterial, áreas de uso cultural y recreativos, uso y manejo del entorno, entre otros.

Una vez recolectada la información primaria y secundaria del componente cultural de comunidades no étnicas se procederá a la sistematización, análisis de la información, elaboración de gráficos y figuras en trabajo de escritorio.

- **Comunidades Étnicas**

La recolección de información con comunidades étnicas tiene como objetivo identificar las diferentes interacciones de las comunidades con sus territorios desde el reconocimiento de sus costumbres, concepciones, prácticas, condiciones de vida, organización social, aspectos políticos, religiosos, económicos, demográficos y las particularidades de sus procesos históricos.

A partir de los procesos de Consulta Previa adelantados para el Proyecto “*Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”; se buscó, a través de distintas actividades brindar información técnica de manera oportuna, recolectar información en detalle sobre las características propias de las comunidades y analizar de manera conjunta entre comunidad y empresa, los posibles impactos que se generarían por la ejecución del proyecto y sus respectivas medidas de manejo a implementar.

En ese sentido, se realizó un reconocimiento de las bases sociales y culturales de las comunidades, su organización territorial, cosmovisión, prácticas médicas, sistema de justicia, dinámicas económicas y universo mítico, entre otros aspectos. Para ello se contó con apoyo audiovisual y fotográfico que permite dar cuenta de las actividades realizadas.

- **Temáticas**

A continuación, se mencionan las temáticas que se abordaron en las diferentes actividades planteadas para la recolección de información.

Sistema Territorial: el objetivo de este componente fue definir en terreno, la percepción sobre el territorio para las comunidades y así visualizar los usos de cada comunidad en cuanto a la distribución de la tierra y organización para la definición de los espacios de reconocimiento colectivo y particular para cada comunidad.

Para la elaboración de este punto se usaron distintas herramientas como calendario cultural, entrevista semiestructurada, recorridos y cartografía social, lo que permitió la referenciación espacial, los sitios de uso común para actividades económicas o de subsistencia, y los acuerdos de linderaje pactados y reconocidos entre las comunidades vecinas. Por ejemplo: pastoreo, recolección de agua, tránsito a instituciones educativas, caseríos, caminos, sitios de importancia cultural (canchas de fútbol, lugares de esparcimiento), sitios sagrados o de importancia cultural como los cementerios y los linderos hasta donde cada comunidad manifiesta que ejerce control territorial.

Una vez identificados estos lugares, se traslapó la información con las actividades del proyecto (trazado, servidumbre y uso de vías) para contrastar los sitios que tendrían intervención y su relación con las comunidades identificadas por afectación directa para el proyecto. Así mismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas con las autoridades tradicionales, líderes de las comunidades y una revisión de información secundaria que sirvió de complemento a la recolección de información en campo.

Sitios Sagrados: el objetivo fue reconocer los lugares específicos reconocidos por la comunidad como sagrados, para ello la cartografía social dio pautas para proponer con la comunidad una visita que permitiera georreferenciar los lugares y a través de encuesta se indagó sobre la importancia del sitio sagrado y las actividades relevantes alrededor de este espacio.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Sistema Político: Se buscó identificar la jurisdicción político-administrativa a nivel territorial, las formas organizativas, normas tradicionales o propias de la comunidad y los procedimientos tradicionales para la toma de decisiones.

Para identificar la jurisdicción político-administrativa a nivel territorial, se llevó a cabo recolección de información en campo y revisión de información secundaria institucional, con el fin de determinar los aspectos relevantes en la caracterización como modos, formas y maneras tradicionales de percibir lo normativo, organizativo y jerárquico en la comunidad.

Sistema Social: En este punto se buscó hacer un inventario y análisis interpretativo del sistema social teniendo en cuenta los siguientes elementos: relaciones de parentesco y territorio. Para el desarrollo de este ítem se usaron fuentes bibliográficas, la aplicación de técnicas en investigación social como el diálogo de saberes y etnografía, que aportaron herramientas para caracterizar los contextos de las comunidades étnicas en el marco del proceso de Consulta Previa.

Se solicitó a las Autoridades Tradicionales y/o líderes de las comunidades con quienes se adelantó el proceso consultivo las actas de posesión de las autoridades tradicionales o representantes suscritas ante la Dirección de Asuntos Indígenas municipal o nacional.

Servicios Sociales y Equipamiento Territorial: en este punto se caracterizaron las diferentes infraestructuras de servicios en las comunidades, las coberturas de servicios, el déficit de los mismos y la calidad en su prestación. En la actividad en campo se identificaron infraestructuras como: colegios, iglesias, centros de salud, canchas de fútbol, aulas múltiples, viviendas y centros comunitarios, ubicados al interior de sus territorios.

Educación: se identificaron los diferentes programas de educación y análisis de los planes de educación en las comunidades étnicas, a través de modelos Etnoeducativos: bilingües e interculturales y demás documentos que permitieron describir la situación para la comunidad en materia educativa.

Salud: se describieron los sistemas de salud tradicional (medicina tradicional) y sus formas de articulación a nivel cultural: Médico tradicional, parteras, curanderos, enfermedades culturales, concepto de la salud y de enfermedad, y la vinculación de estos actores con las formas de seguridad social.

En esta etapa se buscó apoyo en la información que manejan los promotores de salud, así mismo, las prácticas más usuales a nivel médico de acuerdo con los usos y costumbres de la población. Dicha información se complementó con información secundaria suministrada por el Sisen y las secretarías de salud de los municipios que hacen parte del área de influencia del proyecto.

Servicios Públicos: en terreno se recogió toda la información sobre existencia y accesibilidad de infraestructuras en agua potable, alcantarillados y energía. Se identificaron qué tipo de servicios públicos tienen las comunidades: agua potable, alcantarillado, pozos sépticos, letrinas, molinos, fuentes de agua y energía eléctrica.

Economía: Se revisó los diferentes planes de vida que existe en cada pueblo étnico del área de influencia del proyecto para poder complementar en campo información sobre las diferentes dinámicas de producción tradicional y la adaptación de nuevas prácticas productivas por las comunidades.

Se realizó una descripción de las actividades productivas tradicionales como el pastoreo, cultivos, artesanías y otras fuentes de actividad económica, que están referenciadas en los formatos (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.3 Medio socioeconómico).

Presencia Institucional: el objetivo fue determinar la presencia de instituciones públicas y privadas, así como la ejecución de programas de bienestar social en las comunidades. Este componente permitió identificar las diferentes instituciones o programas desarrollados con la comunidad y las administraciones municipales, departamentales y nacionales, así como los programas de organizaciones sociales y empresas privadas que están ejecutándose en las comunidades.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

○ **Actividades a realizar**

Este trabajo usó técnicas de recolección de información como el calendario cultural, cartografía social, entrevistas semiestructurada, usadas en los espacios concertados para la recolección de información, la duración de la recolección estuvo sujeta a la disponibilidad y aprobación por parte de la comunidad y por tanto, en algunos momentos se realizó de manera simultánea en distintas comunidades.

1. Se realizó una reunión en donde se presentó la propuesta metodológica y se hicieron los ajustes que la comunidad consideró pertinente para el desarrollo de las actividades.
2. Se presentaron las actividades a realizar en los componentes social y arqueológico, en el caso que cuando fue requerido por los estudios también se incluyó los físicos y bióticos. Se concertó, el desarrollo de las actividades para la recolección de información como calendario cultural, cartografía social, entrevistas y si eran necesarios recorridos, para estos últimos se acordó el número de personas que acompañaron la actividad con el definir temas logísticos y su duración, estas concertaciones quedaron registradas en acta que levantó la empresa. Así mismo, se indagó por la designación de un traductor oficial para las actividades, si bien la empresa propuso a sus apoyos étnicos, la comunidad podía designar a una persona de confianza con quien, además, en caso de ser necesario se concertó un reconocimiento económico por el acompañamiento para el desarrollo de las actividades.
3. Se construyó con la comunidad un Calendario Cultural, rectangular para contar con mayor facilidad durante la sistematización de información.

Los colores sirvieron para diferenciar la información que fue registrada en cada uno de sus espacios, de este modo, el color verde alude a la confianza y da cuenta de la naturaleza por lo que en esta casilla se registran las temporadas climáticas y eventos naturales importantes en cada mes del año, en el espacio de color azul se alude a la mística y espiritualidad donde se registran las actividades culturales significativas durante cada mes del año y en el casilla de color blanco se describen las actividades económicas, políticas o representativas para la comunidad que se realizan en cada uno de los meses del año.

1. Se realizó con la comunidad un ejercicio de cartografía social o mapa parlante, esta actividad puede realizarse por lo general el mismo día que se hizo el calendario cultural. La actividad se realizó en plenaria con la designación de personas para dibujar, mientras otras orientaban los datos a consignar en el mapa, una vez terminado el mapa fue validado con los asistentes y posteriormente se volvió a presentar en el taller de identificación de impactos y formulación de medidas de manejo sostenido con cada comunidad.
2. Recorridos por el territorio: se identificaron y registraron los sitios sagrados, asentamientos o caseríos, caminos y lugares de importancia cultural dando prioridad a los que estaban próximos al trazado de línea, esta información se consolidó junto a la información brindada durante las anteriores actividades para generar un panorama de las actividades culturales de las comunidades étnicas.

Esta actividad contó con el apoyo de relatos brindados por las Autoridades Tradicionales, referentes al significado e importancia de los lugares visitados con la comunidad.

- 1 Una vez finalizada las actividades contempladas, se realizó una reunión con la comunidad con el propósito de socializar las actividades e información recolectada, la cual quedó registrada en acta elaborada por la empresa.

La validación final de toda la información recolectada se realizó en el taller de identificación de impactos y formulación de medidas de manejo con la comunidad en pleno, dentro del proceso de Consulta Previa.

Resultado de las actividades

- I. Actas de reunión inicial y final.
- II. Calendario Cultural sistematizado para entregar a la comunidad.
- III. Mapa de Cartografía Social.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

IV. Formatos diligenciados de recolección de información.

2.3.6.6 Componente arqueológico

El componente arqueológico del Estudio de Impacto Ambiental – EIA– para el proyecto “*Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*” estuvo a cargo de la empresa Electricidad de de Portugal Renováveis – EDPR– quien adelanto los tramites respectivos en el marco del programa de arqueología preventiva con el Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH.

2.3.6.7 Componente político – organizativo

Para el análisis del componente Político – Organizativo se tomó como base información de la Registraduría Nacional de Estado Civil, en lo referente a resultados electorales en los municipios en cuya jurisdicción se localiza el área de influencia y las relaciones de poder y gobernabilidad en cada territorio. Así mismo, se tuvo como referente la prensa local y regional respecto de la relación de las administraciones locales y las comunidades.

Para la caracterización de los municipios en cuanto al componente político – organizativo, se radicaron comunicaciones escritas a las oficinas de Planeación y Personería Municipal de Uribia, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los POT, PBOT y EOT y a tipo de organización comunitaria en la zona.

Respecto a la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantó información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales, donde se consignaron datos alusivos a los aspectos políticos, administrativos, presencia institucional y organización comunitaria para cada unidad territorial.

Una vez recolectada la información primaria y secundaria del componente político – organizativo se procederá a la sistematización, análisis de la información, elaboración de gráficos y figuras.

2.3.6.8 Tendencias del Desarrollo

Con base en el análisis desarrollado a lo largo de la caracterización del área de influencia del Proyecto, se revisarán los Planes de Desarrollo municipal, departamental y nacional, en relación con los planes, programas y proyectos que pudieran generar cambios y desarrollo en los municipios; además de la integralidad de los aspectos más significativos y que se abordan en los diferentes componentes del medio (demográfico, espacial, económico, cultural y político-organizativo).

Para la caracterización de los municipios en cuanto las tendencias del desarrollo, se radicarán comunicaciones escritas a las oficinas de planeación y Gobierno Municipal de Uribia, Maicao y Albania, solicitando información secundaria referente a los POT, PBOT y EOT y a la presencia de instituciones y organizaciones públicas, privadas, cívicas y comunitarias (internacionales, nacionales, departamentales, municipales y veredales, comunidades étnicas).

Por su parte, para la caracterización de las unidades territoriales del área de influencia socioeconómica, se levantará información primaria contenida en el Formato Ficha Socioeconómica con los líderes y/o antiguos habitantes de las unidades territoriales. La ficha recopilará datos e información referente a las tendencias del desarrollo de cada unidad territorial.

Una vez recolectada la información primaria y secundaria de las tendencias del desarrollo se procederá a la sistematización, análisis de la información, elaboración de gráficos y figuras.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.6.9 Información sobre población a reasentar

De acuerdo con el diseño, las características técnicas y las obras asociadas al proyecto “*Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*”, no se prevé el traslado involuntario o reasentamiento de la población ubicada en el área de influencia.

En caso de identificar infraestructura sobre las áreas de servidumbre acordadas con los propietarios o comunidades para la ejecución de las actividades del proyecto, se realizará el siguiente procedimiento:

Una vez identificada la infraestructura, se verificara el acta de acuerdo con propietarios y/o consulta previa con comunidades étnicas con el fin de solicitar al propietario la relocalización de la infraestructura por fuera del área de servidumbre, igualmente se harán los reportes a las entidades institucionales garantes para generar con el propietario un acuerdo para el traslado voluntario de infraestructura asociada a la perturbación de la servidumbre y en última instancia se solicitara amparo policivo en el caso de predios privados, si es con comunidades étnicas se abordara la situación a través de los acuerdos de Consulta Previa y Dirección de Asuntos Indígena del Ministerio del Interior.

2.3.7 Servicios ecosistémicos

De acuerdo con la firma de Colombia del Convenio de Biodiversidad Biológica en el año 2003, se adquiere una responsabilidad en torno al manejo y conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos del territorio nacional. Debido a lo anterior, el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, desarrollo la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), con el fin de articular todo el Sistema Ambiental Nacional a estos dos conceptos y tener las herramientas para su respectivo manejo y control.

En ese sentido y considerando la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), se considera la necesidad de evaluar el beneficio que aporta los ecosistemas y a su vez el precio de su pérdida, con el fin de mejorar o aumentar la percepción de valor que tiene la comunidad sobre la existencia de la biodiversidad y los Servicios ecosistémicos (SSEE), estableciendo no solo la responsabilidad a cargo de las entidades del sector público o privado¹²¹.

Por otra parte, la valoración de los SSEE permite establecer una relación entre la biodiversidad y el desarrollo humano contemplando la biodiversidad como base de bienestar humano, esto permite cambiar el enfoque tradicional en las actividades socioeconómicas debido a que en varios casos ocasiona patrones insostenibles de conservación, la gestión de los recursos naturales y en la distribución de los beneficios económicos¹²².

Por lo mencionado anteriormente es necesario realizar un análisis de la valoración integral de los SSEE que sirva como base de información, para tomar decisiones adecuadas en términos culturales, sociopolíticos y gestión de actividades socioeconómicas sostenible (Tamayo, 2014¹²³); de esta manera, se pretende generar corresponsabilidad para adelantar acciones de conservación y mejoramiento en el desarrollo de actividades antrópicas, permitiendo mantener un equilibrio entre las acciones humanas y la conservación de los SSEE, para de esta manera fomentar actividades sostenibles¹²⁴.

¹²¹ Sostenible, D. (2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://bit.ly/2VJx00t>.

¹²² Ministerio de Comercio & Fondo de promoción turística, 2017

¹²³ Betancur-Vargas, T., García-Giraldo, D. A., Vélez-Duque, A. J., Gómez, A. M., Flórez-Ayala, C., Patiño, J. E., & Ortiz-Tamayo, J. Á. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 1–28.

¹²⁴ de Colombia, P. N. N. (2017). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consultado en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN>.

Ahora bien, los servicios ecosistémicos son el conjunto de procesos y funciones de los ecosistemas que el ser humano reconoce como beneficios directos o indirectos de tipo ecológico, económico o cultural. Se reconocen cuatro tipos de servicios: aprovisionamiento, regulación, soporte y cultural¹²⁵.

Según lo dicho anteriormente, los servicios de aprovisionamiento comprenden el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas para la supervivencia, uso y consumo. En cuanto a los servicios de regulación, son aquellos que resultan de los procesos que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas. Por otro lado, los servicios de soporte incluyen los procesos ecológicos que son necesarios para la existencia y mantenimiento de los demás servicios ecosistémicos (MAVDT, 2008). Por último, los servicios culturales son los que agrupan aquellos beneficios intangibles e inmateriales que los ecosistemas ofrecen al ser humano (Millenium Ecosystem Assessment –en adelante MEA–, 2005 & MADS, 2012).

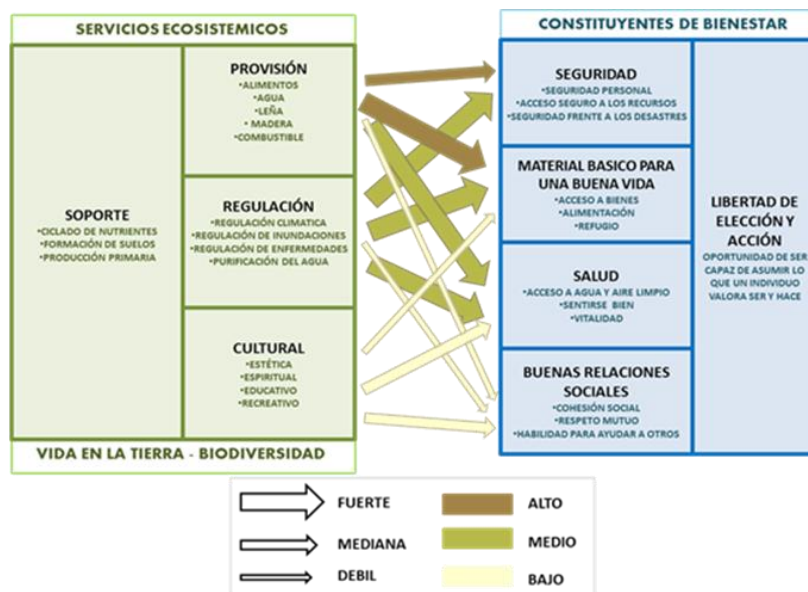


Figura 2-101 Integración de los servicios y el bienestar humano

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En el siguiente apartado se describen las metodologías que se abordaron en la etapa pre- campo, campo y post- campo para la caracterización de los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia del proyecto. Estas metodologías están basadas principalmente en los trabajos adelantados por el grupo Millenium Ecosystem Assessment (MEA) y la Corporación Financiera Internacional (IFC), las cuales proporcionan información relevante para el manejo y caracterización integral de los servicios prestados por los ecosistemas, además de las relaciones directas e indirectas de los proyectos de gran envergadura sobre la integridad de los servicios ecosistémicos.

• Etapa preCampo

Para esta etapa se realizó una revisión de información secundaria del área de influencia preliminar, con el propósito de identificar la presencia de centros poblados y establecer posibles puntos de recolección de información, así mismo se efectuará la revisión de fuentes primarias y secundarias referente a los usos del suelo y/o actividades económicas realizadas a fin de identificar posibles servicios ecosistémicos en el área de influencia del proyecto, por lo cual se revisó la información del Esquema de Ordenamiento

¹²⁵ Reid, WV, Berkes, F., Wilbanks, TJ y Capistrano, D. (2006). Puente entre escalas y sistemas de conocimiento: conceptos y aplicaciones en la evaluación de ecosistemas.

Territorial del municipio de Albania (2004), Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Uribia (2001–2009) y el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Maicao (2002) del departamento de Guajira con el fin de identificar la presencia de los posibles servicios ecosistémicos.

De igual manera, durante esta etapa se llevó a cabo la elaboración del instrumento de recolección de datos que se implementó durante la etapa de campo a fin de facilitar la identificación de los SSEE.

- **Campo**

El objetivo principal de esta etapa fue el análisis de la caracterización específica de los servicios ecosistémicos, por lo cual la información obtenida de la comunidad resulta fundamental, ya que son los beneficiarios directos y conocen el estado actual de los SSEE identificados.

El desarrollo de esta etapa consideró el levantamiento de la información el cual se llevó a cabo mediante una serie de encuestas, que permitirán determinar los SSEE en el área de influencia, del proyecto, el estado y la dependencia de la comunidad respecto a los bienes y servicios ecosistémicos identificados. Dichas entrevistas se realizaron dependiendo la participación voluntaria de las comunidades del área de influencia del proyecto, metodológicamente se realiza un barrido desde el área norte del territorio hasta el área sur con el fin de identificar la población que desee participar, cabe señalar que las entrevistas se llevan a cabo tanto a pobladores como a turistas (entendidos estos últimos, como aquella población fluctuante no residente dentro del área), la información recopilada en campo podrá ser visualizada en la ruta *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.5 Servicios ecosistémicos*; esto con el fin de establecer la percepción e importancia que tienen los encuestados acerca de los SSEE.

- **Etapa poscampo**

En esta etapa se realizó la caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia mediante la compilación de información obtenida en campo (encuestas semiestructuradas), información contenida en la línea base de este estudio: Medio Abiótico (geomorfología, hidrología, atmósfera y suelos), Medio biótico (cobertura de la tierra, ecosistemas y fauna), Medio Socioeconómico (dimensión cultural, económica y demográfica), Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales y Evaluación Ambiental.

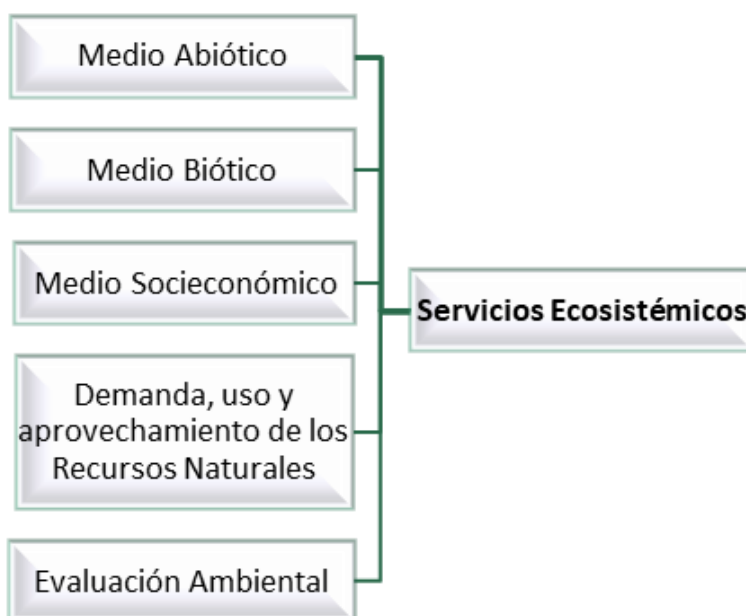


Figura 2–102 Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los servicios ecosistémicos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El procesamiento y análisis de la información compilada permitirá identificar y cuantificar en el área de influencia del proyecto los servicios ecosistémicos y sus posibles beneficiarios.

- **Definición de la unidad mínima de análisis**

La unidad mínima de análisis (UMA) para este componente estará conformada por las coberturas de la tierra, las cuales serán identificadas y presentadas en el componente flora. Lo anterior se debe a que las coberturas de tierra permiten vislumbrar la vegetación en el territorio y los elementos antrópicos existentes. Esto posibilita cuantificar y validar la información recopilada en la línea base, evaluación de impactos, demanda, uso y/o aprovechamiento de los recursos naturales, y con ello, describir los servicios ecosistémicos en el área de influencia del proyecto. Asimismo, se tiene en cuenta la información suministrada por el componente socioeconómico del Estudio de Impacto Ambiental, así como fuentes secundarias de los Esquemas y Planes de Ordenamiento territorial en los municipios del área de influencia del proyecto para caracterizar los servicios ecosistémicos culturales.

- **Identificación de los servicios ecosistémicos**

La identificación de los Servicios Ecosistémicos dentro del área de influencia se realizará de acuerdo con lo establecido por Millenium Ecosystem Assesment ¹²⁶, en cuatro categorías como se describe a continuación en la **Tabla 2-103**.

Tabla 2-103 Categoría de los servicios ecosistémicos

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Aprovisionamiento	Agrupar todos aquellos servicios, incluidos bienes y productos, que se obtienen directamente de los ecosistemas a manera de provisión para su beneficio. Así, se incluyen como servicios de aprovisionamiento entre otros, el uso del recurso hídrico, de maderas, fibras y resinas, alimentos provenientes de las actividades agropecuarias, productos provenientes de la pesca, y todos aquellos elementos de los que se abastece el ser humano para sus actividades cotidianas.
Regulación	Corresponden a los servicios derivados de los procesos ecosistémicos, es decir todos aquellos productos del flujo, interrelaciones e interacciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas. Dentro de los servicios de regulación se encuentran entonces los procesos de regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, purificación del agua, control de la erosión, control de inundaciones, aporte de materia orgánica y retención de nutrientes, entre otros procesos que influyen en las condiciones de bienestar del ser humano.
Soporte	Incluyen todos aquellos procesos ecológicos que cimientan y sustentan el funcionamiento y aprovisionamiento de los demás servicios ecosistémicos, y que dependen de manera directa de su existencia. En este sentido, dicha categoría agruparía procesos como la dispersión de semillas y polinización, la conectividad ecológica, la provisión física para el establecimiento de ganadería y agricultura, y la oferta de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas, fundamentales para mantener la biodiversidad, los ecosistemas y los demás servicios asociados a estos.
Culturales	Esta categoría abarca todos aquellos beneficios no materiales e intangibles que se reciben por parte de los ecosistemas, bien sea a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la identidad cultural y las experiencias estéticas. Dentro de esta categoría se incluye además la recreación, el turismo, y la apreciación visual de los paisajes, como un conjunto de elementos naturales que brindan satisfacción y disfrute del entorno.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Dicha información se recolectó de manera conjunta con los actores que intervienen en los ecosistemas del área de influencia del proyecto, ya que son ellos quienes se benefician directa e indirectamente de los servicios prestados por los ecosistemas.

¹²⁶ MEA. (2003). Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Washington DC: Island Press. Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales, Resolución 1478 del 2003 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2003 18-diciembre).

Para esto se utilizó la encuesta en relación al servicio con descripciones cortas haciendo mención a diversos servicios ecosistémicos por categoría como: recurso hídrico, alimentos por actividades agrícolas (cultivos), alimentos por actividades pecuarias (ganadería), productos comestibles de animales silvestres (caza o pesca), productos comestibles (plantas silvestres), plantas medicinales, madera, fibras (algodón, seda, lana, etc.), provisión física para el establecimiento de la ganadería y/o agricultura, leña y carbón vegetal, dispersión de semillas y polinización, control de erosión, control de deslizamientos o reducción de inundaciones, regulación clima (absorción y almacenamiento de carbono), purificación del agua, entorno para actividades educativas y deportivas, belleza escénica, fiestas culturales, turismo, herencia, arraigo y legado, dando a su vez la posibilidad de reconocer otro servicio.

- **Determinación del estado de los servicios identificados**

El análisis de la información contenida en los medios abiótico, biótico y socioeconómico permitió identificar el estado de los servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales identificados en el área de influencia sin intervención del proyecto.

En este numeral se hace énfasis en la información disponible sobre la capacidad de los ecosistemas identificados en el área de influencia para proveer de los distintos bienes o servicios ecosistémicos.

- **Cuantificación de los usuarios de cada uno de los servicios ecosistémicos identificados**

Una vez reconocidos los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia se identificó el número de usuarios para cada SSEE, dicha información fue obtenida de la caracterización realizada en el medio socioeconómico y de la información recolectada en campo, respecto a la estructura de la población, correspondiente a la población total en cada unidad territorial del área de influencia.

- **Determinación de la dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos**

El análisis de la dependencia de la comunidad y/o beneficiarios y la relación de los posibles usuarios de los servicios ecosistémicos se realizó partiendo de la información compilada en campo y en el componente demográfico del estudio y/o fuentes secundarias de información como la provista por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la cual suministra las estadísticas de la Demografía y población a nivel nacional. Dicho análisis de la dependencia de la comunidad y del proyecto frente a los servicios ecosistémicos, se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 2-104**.

Tabla 2-104 Dependencia de los beneficiarios ante los servicios ecosistémicos

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Dependencia alta	Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
Dependencia baja	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones para el aprovechamiento del servicio ecosistémico.

Fuente: Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales 2018 MINAMBIENTE y ANLA, Geocol Consultores S.A., 2024

- **Determinación de la dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos**

A partir de información consignada en el Capítulo Demanda, uso, aprovechamiento de Recursos Naturales se realiza un análisis con el fin de determinar la dependencia de las actividades del proyecto respecto a los servicios ecosistémicos identificados previamente. Los impactos generados por las actividades asociadas a la ejecución del proyecto sobre los SSEE del área de influencia se determinaron teniendo en cuenta la identificación y evaluación de impactos presentada en el Capítulo Evaluación ambiental considerando así mismo las características específicas del proyecto, así como los recursos a utilizar que puedan afectar los ecosistemas. El análisis de la dependencia del proyecto frente a los servicios ecosistémicos se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 2-105**.

Tabla 2-105 Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Dependencia alta	Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente del servicio ecosistémico, pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo.
Dependencia baja	Las actividades principales o secundarias no dependen directamente del servicio ecosistémico.

Fuente: Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales 2018 MINAMBIENTE y ANLA, Geocol Consultores S.A., 2024

- Determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos**

Para la determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia del proyecto se tuvo en cuenta los criterios descritos en la **Tabla 2-106**.

Tabla 2-106 Tendencia de los servicios ecosistémicos

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Creciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es ascendente.
Estable	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico se mantiene en el nivel registrado actualmente.
Decreciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es descendente.

Fuente: Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales 2018 Minambiente y ANLA, Geocol Consultores S.A., 2024

- Determinación de la incidencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos**

A partir de la información consignada en el capítulo: Evaluación Ambiental se determinó la incidencia del proyecto sobre los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia, tomando como base la información consignada en la Caracterización Ambiental del proyecto.

- **Análisis de los resultados**

La información obtenida y analizada respecto a los SSEE, se incorporó a fin de facilitar el proceso de evaluación y de servir como insumo de otros capítulos que componen el estudio.

Tabla 2-107 Caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia del proyecto

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO	DEPENDENCIA DEL PROYECTO DEL SSEE	USUARIOS DEL SSEE (NÚMERO DE PERSONAS)	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES DEL SSEE	TENDENCIA DEL SSEE	IMPACTO DEL PROYECTO EN EL SSEE
Aprovisionamiento	Recurso Hídrico					
	Alimentos derivados de actividades agrícolas (cultivos)					
	Alimentos derivados de actividades pecuarias (ganadería, avicultura y porcicultura)					
	Productos comestibles de animales silvestres Caza					
	Productos comestibles de animales silvestres Pesca					
	Productos comestibles derivados de la acuicultura (piscicultura)					
	Madera					
Soporte	Leña y carbón vegetal					
	Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas					
	Provisión física para el establecimiento de la ganadería y/o agricultura					
	Dispersión de semillas y polinización					
Regulación	Control de erosión					
	Reducción de inundaciones					
	Regulación clima					
	Calidad de aire (absorción y almacenamiento de carbono)					
	Purificación del agua					

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO	DEPENDENCIA DEL PROYECTO DEL SSEE	USUARIOS DEL SSEE (NÚMERO DE PERSONAS)	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES DEL SSEE	TENDENCIA DEL SSEE	IMPACTO DEL PROYECTO EN EL SSEE
Culturales	Belleza escénica					
	Turismo y Recreación					

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.8 Paisaje

Para la caracterización del componente de paisaje, al interior del área de influencia del proyecto, se tuvieron en cuenta los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica TdR-17, la Resolución 2182 de 2016 “Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico contenido en la Metodología General para la Presentación de estudios ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos” expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MADS & ANLA, 2018).

- **Etapla precampo**

Se realizó una revisión preliminar del área de influencia del proyecto, con el propósito de identificar atributos visuales que podrían constituir sitios de interés paisajísticos de tipo natural y/o cultural mediante la revisión de imágenes de satélite disponibles en Google Earth y otras imágenes del sensor de los años 2019 y 2020 con una resolución espacial de 50 centímetros y resolución espectral de 4 bandas, con las cuales fue posible identificar la presencia de viviendas, vías, centros poblados, caminos y/o cualquier punto de observación, donde se pudieran tomar puntos de control para el componente en la etapa de campo.

- **Etapla de Campo**

En la etapa de campo se realizará la recolección de información correspondiente a la identificación de sitios de interés paisajístico y puntos de observación que permitieran hacer la evaluación de los criterios visuales.

La identificación de los sitios de interés paisajísticos reconocidos por la población residente y/o turistas y mediante recorridos al interior del área de influencia, los cuales serán registrados mediante un formato, el cual incluyo las coordenadas, el nombre del sitio y su localización.

- **Etapla poscampo**

Durante esta etapa se compila la información recolectada en la etapa de campo referente a la percepción social del paisaje y sitios de interés paisajístico además se procedió a realizar la valoración de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia del proyecto en relación con visibilidad, calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, nivel de interés, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática.

- **Identificación de las unidades de paisaje**

Las unidades de paisaje (en adelante, UP) fueron definidas como porciones del territorio con un mismo carácter paisajístico (MADS, 2010), en el área de influencia de este estudio las UP se identificaron

mediante la superposición cartográfica entre la capa resultante del mapa de coberturas de la tierra identificadas a través de la Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia a escala 1:100.000 (IDEAM 2010) y la capa de geomorfología del área de influencia del proyecto, dicho procesamiento se desarrolló empleando para esto, el Software ArcGIS. La capa resultante de este cruce genero el mapa de unidades de paisaje. Una vez establecidas las unidades de paisaje, se procedió a realizar el análisis a partir de los criterios visuales, tal como se expone a continuación:

- **Criterios Visuales**

Los criterios visuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizadas para su análisis y diferenciación (Smardon, 1986). Estos atributos se determinaron desde el punto de observación del espectador, hasta el punto de visibilidad del objeto de estudio. Es decir que se determinó qué tan lejano se encontró el punto de observación definiendo los siguientes criterios: plano cercano, plano medio y plano lejano.

Estos criterios visuales incluyeron: calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, escala visual, nivel de interés, correspondencia cromática, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática, los cuales se determinaron por unidad de paisaje como se menciona a continuación:

- **Calidad Visual**

La calidad visual para cada una de las unidades de paisaje se determinó a través de la metodología de Bureau Land Management (BLM, 1980). Esta calificación se realizó a partir de los siguientes atributos: Morfología, Vegetación, Agua, Color, Fondo escénico, Rareza y Actuaciones humanas, para cada unidad de paisaje, previamente establecida.

De esta manera, a cada componente se le asignó un puntaje según los criterios de valoración y la suma total de los puntajes parciales precisó la clase de calidad visual, mediante la comparación con una escala de referencia, como se evidencia en la **Tabla 2-108**.

Tabla 2-108 Criterios de valoración de la calidad visual del paisaje

COMPONENTE	CRITERIOS VISUALES	PUNTUACIÓN
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente; o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes.	5
	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
	Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún valor singular.	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	5
	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	3
	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Agua	Factor Dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas o láminas de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	3
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	2
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	6
	Característico, o, aunque similar a otros en la región.	2
	Bastante común en la región.	1
Actuaciones Humanas	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	2

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2		Noviembre 2024

COMPONENTE	CRITERIOS VISUALES	PUNTUACIÓN
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	-1

Fuente: Bureau Land Management, 1981 adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

Tabla 2-109 Asignación de puntajes para los criterios de calidad visual del paisaje según BLM (1980)

CATEGORÍA	DETERMINACIÓN
Alto	Áreas que reúnen características excepcionales, para cada aspecto considerado (de 19 a 33 puntos).
Medio	Áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros (de 12 a 18 puntos).
Bajo	Áreas con características y rasgos comunes en la región fisiográfica considerada (de 0 a 11 puntos).

Fuente: Bureau Land Management, 1981 adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Fragilidad Visual

La fragilidad visual del paisaje es la capacidad que tiene un espacio para absorber las modificaciones visuales realizadas por la actividad antrópica que se efectúa en la zona en específico, teniendo en cuenta lo anterior y a partir de la metodología de Aguilo (1981), la fragilidad visual dentro del área de influencia del proyecto se estableció en función de las características pendiente, vegetación, contrastes visuales entre los elementos bióticos y abióticos del territorio analizado, como se evidencia en la **Tabla 2-110**.

Tabla 2-110 Criterios de valoración de la fragilidad visual del paisaje

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS	PUNTUACIÓN
Pendiente	Inclinado (Pendiente mayor al 55%)	1
	Inclinación suave	2
	Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún valor singular.	3
Diversidad de vegetación	Prados y Matorrales	1
	Repoblaciones	2
	Diversificada (Mezcla de claros y bosques)	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	Restricción alta, derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	1
	Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	2
	Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	3
Contraste Suelo-Vegetación	Bajo potencial de regeneración.	1
	Contraste visual moderado entre el suelo y la vegetación	2
	Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación adyacente	3
Vegetación. Regeneración Potencial	Potencial de regeneración bajo.	1
	Potencial de regeneración moderado	2
	Regeneración alta	3
Contraste de color roca-suelo	Contraste alto	1
	Contraste moderado	2
	Contraste bajo	3

Fuente: Aguilo, 1981 adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

Dónde: C.A.V: Capacidad de absorción Visual, P: Pendiente, D: Diversidad de la Vegetación E: Erosionabilidad, C: Contraste Suelo-Vegetación, R: Potencial de Regeneración y S: Contraste de Roca-Suelo.

Con lo obtenido se agrupó las unidades de paisaje según categorías alta, media o baja de acuerdo con lo presentado en la **Tabla 2-111**.

Tabla 2-111 Criterios de valoración de la fragilidad visual del paisaje

ESCALA	
Bajo	Menos de 16
Moderado	17-32
Alto	Más de 33

Fuente: Aguilo, 1981 adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Atractivo Escénico

Para la evaluación del atractivo escénico se consideraron tres (3) tipos de atractivos escénicos posibles dentro del contexto de análisis a saber, basados en la Metodología establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) como se muestra en la **Tabla 2-112**.

Tabla 2-112 Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje	
ATRACTIVO ESCÉNICO	DESCRIPCIÓN
Clase A-Distinto	Calidad escénica única, inusual, extraordinaria. Presenta fuertes atributos positivos.
Clase B- Típico	Calidad escénica común y ordinaria. Presenta atributos positivos pero comunes.
Clase C- Indistinto	Baja calidad escénica. Atributos débiles o desaparecidos.

Fuente: USDA, 1995, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Escala Visual

El análisis de la visibilidad se realizó mediante el rango visual de las unidades de paisaje considerando puntos de observación de zonas con alta densidad poblacional, facilidad de acceso, flujo de pasajeros y turistas en el área de influencia. Esto con la finalidad de determinar los niveles de visibilidad de las UP identificadas teniendo en cuenta los criterios descritos a continuación en la **Tabla 2-113**.

Tabla 2-113 Rango de visibilidad y escalas visuales	
ATRACTIVO ESCÉNICO	DESCRIPCIÓN
Plano cercano/ Primer plano	Corta: donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos
Plano medio/ Plano intermedio	Media: donde las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter. Es la zona donde los impactos visuales producidos por las actuaciones son mayores.
Plano lejano/ Segundo plano	Larga: Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.

Fuente: USDA, 1995, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Nivel de Interés

De acuerdo con lo anterior, se tomó como fundamento la distancia (vista cercana, media o lejana) a la cual se realizó la observación y el nivel de interés que se presentó (interés alto, medio o bajo), analizado para cada una de las unidades del paisaje obtenidas para este estudio, como se consigna en la **Tabla 2-114**.

Tabla 2-114 Rango de visibilidad y escalas visuales			
NIVEL DE INTERÉS			
Observación	Interés alto	Interés medio	Interés bajo
Vista inmediata	Vista inmediata con Interés Alto	Vista inmediata con Interés Medio	Vista inmediata con Interés bajo
Vista Cercana	Vista Cercana con Interés Alto	Vista Cercana con Interés Medio	Vista Cercana con Interés Bajo
Vista Media	Vista Media con Interés Alto	Vista Media con Interés Medio	Vista Media con Interés Bajo
Vista Lejana	Vista Lejana con Interés Alto	Vista Lejana con Interés Medio	Vista Lejana con Interés Bajo

Fuente: USDA, 1995, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Integridad Escénica

La integridad del paisaje indica qué tan intacto se encuentra un paisaje, esto relacionado con la ausencia o presencia de actividades antrópicas, que pudiesen modificar la condición natural del paisaje mediante la inclusión de elementos discordantes y/o transformaciones de las unidades de paisaje. Este constituyó un indicador de la condición estética del paisaje y se midió mediante una escala continua desde muy alto a bajo, como se observa en la **Tabla 2-115**.

Tabla 2-115 Rango de visibilidad y escalas visuales		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN NIVEL DE INTEGRIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE	CONDICIÓN
Muy alta	El carácter valorado de la unidad de paisaje aparece intacto, con alteraciones mínimas. Los atributos que hacen el paisaje único e identificable se expresan en el nivel más alto posible de preservación.	Inalterado

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN NIVEL DE INTEGRIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE	CONDICIÓN
Alta	Se refiere a paisajes en los que el carácter del paisaje valorado aparece intacto. Pueden existir alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje, pero en esta escala estas alteraciones no son evidentes.	Parece inalterado
Moderada	En esta escala el carácter del paisaje valorado aparece ligeramente modificado. Los cambios notables permanecen visualmente subordinadas al carácter del paisaje que se está observando, es decir, que las alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje se hacen evidentes, pero no son dominantes en la totalidad del paisaje.	Levemente alterado
Baja	Constituido por unidades de paisajes en los que el carácter fue valorado como moderadamente alterado. Los cambios empiezan a dominar el carácter del paisaje valorado que se está observando. Estas transformaciones son evidentes también en otros atributos diferentes a los que se estaban valorando en el carácter moderado, tales como tamaño, forma efecto de borde, el patrón de aberturas naturales, cambios de tipo vegetativo o estilos arquitectónicos. Estas alteraciones no deben aparecer como otros atributos por fuera del paisaje que se está viendo, sino que deben ser compatibles o complementarias con el carácter al interior.	Moderadamente alterado
Muy baja	El carácter de las unidades de paisaje valoradas aparece altamente intervenido. Las modificaciones pueden dominar fuertemente el carácter del paisaje valorado. Estas alteraciones dominan tanto el paisaje que ya no existen atributos que se puedan valorar, tales como el tamaño, la forma, el efecto de borde, sin embargo, estos cambios deberán estar formados y mezclados con el terreno natural (geoforma) para que esos elementos, tales como: bordes no naturales, carreteras y estructuras, no dominen la composición.	Muy alterado

Fuente: USDA, 1995, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Elementos Discordantes

Los elementos discordantes dentro del contexto paisajístico corresponden a todo aquel elemento u objeto que se encuentre dentro del plano de visualización del paisaje que sea de origen antrópico, como, por ejemplo: las cercas con alambres de púas, señalizaciones, vallas informativas, red eléctrica, carreteras, etc., y que genere impactos visuales negativos para el observador. Estos elementos, establecen los grados de intervención que se presentan en las unidades de paisaje estudiadas, dando como resultado los rangos de intervención que se establecen en cada unidad. La determinación de los elementos discordantes en las unidades de paisaje del área de influencia del proyecto se realizó con base lo establecido en la **Tabla 2-116**.

Tabla 2-116 Metodología para la determinación de elementos discordantes

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Alto	La unidad de paisaje analizada presenta tres o más elementos discordantes
Medio	La unidad de paisaje analizada presenta dos elementos discordantes
Bajo	Se evidencia en la unidad de paisaje la presencia de solo un elemento discordante
Nulo	La unidad de paisaje analizada no posee elementos discordantes

Fuente: USDA, 1995, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

○ Tamaño de Discordancia

El tamaño de discordancia se establece como la distancia a la cual es percibida dicha disconformidad y el impacto que esta genera frente a la calidad y atractivo escénico del paisaje.

El establecimiento del tamaño de la discordancia se realizó con base en los datos obtenidos previamente respecto a los elementos discordantes que se encontraron en las respectivas UP y su incidencia en la calidad visual e integridad escénica. Entre mayor sea el tamaño de la(s) discordancia(s) mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación, ante esto se tiene que en caso de que los elementos representan más del 30% de la unidad del paisaje el tamaño de la discordancia se clasifica como categoría alta.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

○ **Correspondencia Cromática**

El tamaño de discordancia se establece como la distancia a la cual es percibida dicha disconformidad y el impacto que esta genera frente a la calidad y atractivo escénico del paisaje.

El establecimiento del tamaño de la discordancia se realizó con base en los datos obtenidos previamente respecto a los elementos discordantes que se encontraron en las respectivas UP y su incidencia en la calidad visual e integridad escénica. Entre mayor sea el tamaño de la(s) discordancia(s) mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación, ante esto se tiene que en caso de que los elementos representan más del 30% de la unidad del paisaje el tamaño de la discordancia se clasifica como categoría alta.

○ **Percepción Social del Paisaje**

En este aparte se presenta el análisis de los resultados obtenidos con el desarrollo de las entrevistas semi-estructuradas realizadas en campo, en la cual se indagó acerca de la percepción social del paisaje con los habitantes, y se consiguió información de la dimensión histórica y relaciones de la población con el paisaje, de tal forma que los miembros de la comunidad evaluaron desde su percepción, aspectos relevantes de los elementos que conforman su paisaje y los motores o cambios que han modificado el mismo dentro del territorio.

○ **Sitios de Interés Paisajísticos**

Los sitios de interés paisajísticos pueden definirse, con aquellos espacios que imprimen importancia cultural bien sea asociados a condiciones naturales o a condiciones culturales, históricas y/o religiosas. Para el desarrollo del estudio, se contemplan dos tipos de Sitios de Interés, los de tipo Natural y los de tipo Cultural, los cuales se desglosan a continuación:

▪ **Sitios de Interés Paisajístico Natural**

Los sitios de interés paisajístico natural corresponden a aquellos lugares que generan interés de tipo estético y concibe en algunos un nivel de conciencia ambiental, por la importancia ecológica que estos lugares representan. Entre los cuales se encuentran: remanentes de cobertura natural, cuerpos de agua, geomorfologías sobresalientes, entre otros.

▪ **Sitios de Interés Paisajístico Cultural**

Están asociados a procesos históricos y culturales que se desarrollan dentro de la región, dentro de los que se encuentran: Iglesias, Cementerios, Escuelas, Centros culturales, entre otros que impriman en los observadores del paisaje interés para la reunión.

○ **Descripción del Proyecto dentro del Componente Paisajístico**

Para el desarrollo del análisis de este estudio se tuvieron en cuenta aspectos asociados con la presencia de elementos discordantes que inciden en la integridad de las unidades de paisaje analizadas.

Inicialmente, se identifican las actividades desarrolladas en el área de influencia sin intervención del proyecto y que intervienen en la calidad e integridad del paisaje, debido a la incorporación de elementos discordantes y actividades antrópicas que modifican las coberturas y/o geomorfología natural del paisaje, para esto se tiene en cuenta el análisis de calidad y fragilidad del paisaje realizado con anterioridad. Dicho análisis se realiza con la intención de identificar las unidades de paisaje con mayor o menor intervención en el área de influencia.

Una vez realizada la superposición de la infraestructura a realizar en un escenario sin y con intervención del proyecto, se procederá a realizar una comparación de ambos escenarios con el fin de identificar las unidades de paisaje con mayor intervención y que presentan elementos discordantes por las actividades económicas en el área de influencia y aquellas que podrían verse afectadas en un escenario con proyecto.

- **Percepción de las comunidades respecto del valor paisajístico y de la relación de este con su cultura e identidad local**

Para la recolección de información relacionada con la percepción de las comunidades respecto de su valor paisajístico y de la relación de este con su cultura e identidad local, en el formato de recolección de percepción social del paisaje se desarrollará en cada una de las comunidades identificadas que se localizan al interior del área de influencia del proyecto, a fin de contemplar su valoración frente al paisaje en sus territorios.

- **Identificación de grupos de interés y su uso sobre el paisaje**

Considerando la localización del proyecto, se realizó la verificación de la presencia de las comunidades, organizaciones y entidades en la zona, que trabajan en programas para el manejo del paisaje, donde a partir de la información recopilada, se relacionan los posibles grupos de interés existentes en el territorio y el enfoque que estos exponen frente a su paisaje en términos de recursos, uso y manejo.

- **Programas, proyectos, planes y similares de ordenamiento territorial y/o política pública con proyección de uso, gestión y/o protección de paisaje**

Para el desarrollo de este componente, se tuvo en consideración la información primaria y secundaria existente relacionadas con los planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo municipal, entre otros. Así como la relación que las comunidades y organizaciones localizadas en el área de influencia del proyecto confluyen y establecen mecanismos de acción, uso, gestión y/o protección del Paisaje. Se consideró la información existente en los Planes de Ordenamiento Territorial del Municipio de Uribia, Maicao y el Plan de acción de Corpogujaira, así como sus determinantes ambientales enfocadas en el Paisaje.

2.3.9 Zonificación ambiental

La metodología de zonificación ambiental consiste en la espacialización ponderada de variables temáticas, obtenidas de la caracterización ambiental, analizando y valorando por separado cada uno de los componentes y medios que conforman el entorno de un proyecto. Para cada componente se seleccionaron los elementos representativos para el área de influencia a nivel ambiental, los cuales se definen como aquellos susceptibles a presentar alteraciones y/o modificaciones; posteriormente, se definieron las categorías de sensibilidad e importancia para tener en cuenta durante el proceso de zonificación.

Para determinar el grado de sensibilidad e importancia ambiental que presenta el proyecto se requiere seguir el proceso que se presenta en la **Figura 2-103**.

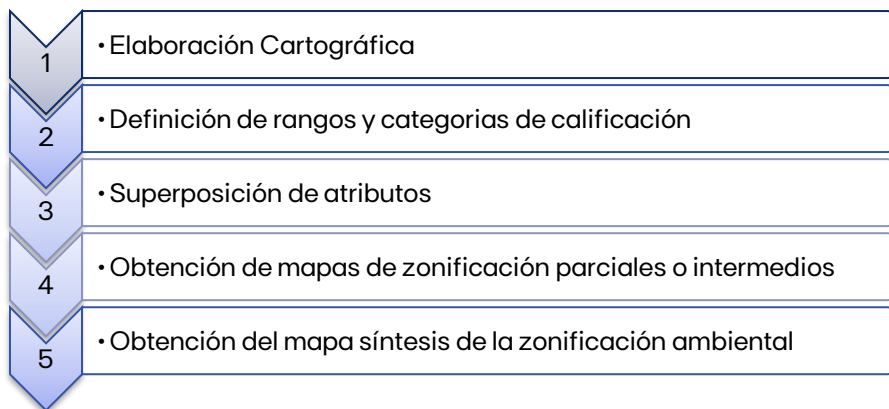


Figura 2-103 Procesamiento cartográfico para la zonificación ambiental

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- **Elaboración de cartografía temática**

Con la caracterización de la línea base, la agrupación y espacialización de sectores o unidades homogéneas del área de influencia definitiva tanto de los medios Abiótico, Biótico como Socioeconómico, se tendrán como producto los mapas temáticos por componente, que serán el insumo para la zonificación ambiental del medio y final.

- **Definición de los rangos y categorías de calificación de sensibilidad e importancia**

Para cada uno de los componentes de los medios, se define una calificación cuantitativa y cualitativa de las variables seleccionadas, de acuerdo con la metodología planteada y el criterio del especialista.

Interacción de sensibilidad / importancia para cada uno de los componentes: La interacción entre los factores de sensibilidad e importancia (S/I) determinan las relaciones de susceptibilidad, dicha interacción se define a partir de una matriz de decisión.

Superposición de atributos: La información contenida en cada uno de los mapas temáticos de los componente seleccionados, valorados y ponderados se integrará mediante funciones de superposición con el uso de herramientas GIS, capturando el máximo valor en cada uno de los pixeles del entorno zonificado para conformar los mapas temáticos para cada medio (abiótico, biótico, socioeconómico).

Obtención de mapas de zonificación parciales o intermedios: Generación de mapas de zonificación parciales o intermedios por cada medio (abiótico, biótico, socioeconómico), utilizando la síntesis por valores máximos.

Obtención del mapa síntesis de la zonificación ambiental: Superposición de mapas de zonificación parciales o intermedios (abiótico, biótico, socioeconómico) obteniendo como valor síntesis el estadístico del máximo, que es indicativo de las condiciones más críticas. Con el anterior procedimiento se obtiene el mapa síntesis de la zonificación ambiental final del área de influencia definitiva; donde se determina el grado de sensibilidad e importancia ambiental.

2.3.9.1 Sensibilidad e importancia ambiental

Los conceptos contemplados para la elaboración de la zonificación ambiental se presentan a continuación:

a. **Importancia:** Grado de utilidad de las unidades físicas, bióticas o sociales en el área de influencia para la prestación de bienes y/o servicios ecosistémicos al entorno, en el que se encuentre, ya sean estos de soporte, regulación o provisión.

b. **Sensibilidad:** Grado de fragilidad y vulnerabilidad de las unidades físicas, bióticas o sociales, midiendo así la capacidad de respuesta y resiliencia que tiene un sistema de asimilar cualquier perturbación, pudiendo así retornar con mayor o menor facilidad a un estado inicial o similar a éste, sin intervención humana.

2.3.9.2 Rangos y categorías de calificación

Para el área de influencia del proyecto la sensibilidad e importancia, se evaluaron a partir de la definición de cinco (5) rangos de calificación que se definen en la **Tabla 2-117**.

Tabla 2-117 Rangos y categorías de calificación para la sensibilidad e importancia

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	IMPORTANCIA
Muy Alta (5)	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son muy intolerantes a la perturbación con muy baja o ninguna capacidad de recuperación en el largo plazo.	Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pierden su capacidad de oferta en el corto plazo, poniendo en muy alto riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema.

CLASIFICACIÓN	SENSIBILIDAD	IMPORTANCIA
Alta (4)	Elemento natural, comunidad o ecosistema susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son intolerantes a la perturbación con baja capacidad de recuperación en el largo plazo, en las que se deben adoptar medidas de manejo.	Elemento natural, comunidad o ecosistema con alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema en el corto plazo.
Moderada (3)	Elemento natural, comunidad o ecosistema moderadamente susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son moderadamente tolerantes a la perturbación con capacidad de recuperación en el mediano plazo, mediante la adopción de medidas de manejo.	Elemento natural, comunidad o ecosistema con moderada capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración puede poner en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que se altera ligeramente su capacidad de oferta en el corto plazo, reflejando una disminución en tal capacidad.
Baja (2)	Elemento natural, comunidad o ecosistema poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el mediano plazo de forma natural.	Elemento natural, comunidad o ecosistema con baja capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que no se ve alterada su capacidad de oferta en el corto plazo.
Muy Baja (1)	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son muy tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el corto plazo de forma natural.	Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy baja capacidad de generar u ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema puesto no presentan variación en su potencial.

Fuente: Ecopetrol, Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 3. Zonificación Ambiental en áreas de interés petrolero, 2015. Adaptado Geocol Consultores S.A., 2024

2.3.9.3 Evaluación de la susceptibilidad a partir de la interacción entre la sensibilidad e importancia (S/I)

La interacción entre los factores de sensibilidad e importancia (S/I) determinan las relaciones de susceptibilidad, dicha interacción fue definida a partir de una matriz de decisión (Ver **Tabla 2-118**). A partir de esta matriz de decisión se generan áreas homogéneas en las que las condiciones de los elementos se comportan de forma similar.

Respecto a las interacciones S e I, es preciso señalar que los valores que categorizan los niveles que van desde muy bajo a muy alto, es decir 1 a 5, no representan un valor cuantitativo en sí mismo, sino una correspondencia de tipo cualitativo. Indican así, una escala nominal en cuanto correspondencia a un nivel o categoría (por ejemplo 1 respecto a muy bajo, o 5 con relación a muy alto), y al mismo tiempo una escala ordinal que expresa la jerarquía respecto al grado de fragilidad o aporte en servicios ecológicos que tiene el elemento o unidad de cada componente con respecto al estado socioambiental actual del entorno.

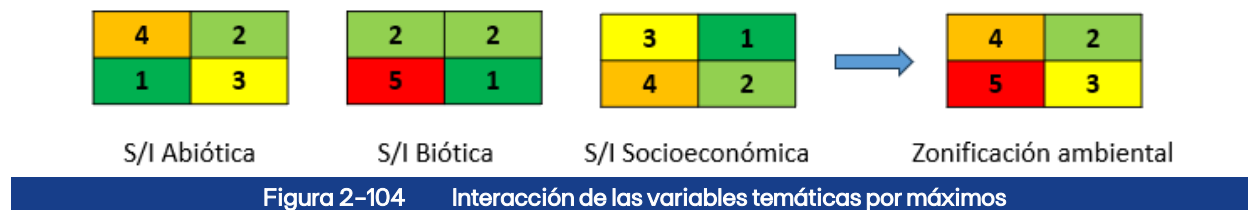
Tabla 2-118 Matriz de interacciones sensibilidad / importancia ambiental (S/I)

S I	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Muy alta	Muy alta (5)	Alta (4)	Alta (4)	Moderada (3)	Moderada (3)
Alta	Alta (4)	Alta (4)	Moderada (3)	Moderada (3)	Baja (2)
Moderada	Alta (4)	Moderada (3)	Moderada (3)	Baja (2)	Baja (2)
Baja	Moderada (3)	Moderada (3)	Baja (2)	Baja (2)	Muy Baja (1)
Muy Baja	Moderada (3)	Baja (2)	Baja (2)	Muy Baja (1)	Muy Baja (1)

Fuente: Ecopetrol, Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 3. Zonificación Ambiental en áreas de interés petrolero, 2015. Adaptado Geocol Consultores S.A., 2024

2.3.9.4 Interacción de las variables temáticas

Con base en la definición de áreas homogéneas de cada uno de los componentes evaluados se superponen o integran utilizando la suma de máximos, utilizando herramientas de geoprocésamiento “Analysis tools–intercept” en formato vectorial con geometría polígono, del software ArcGIS; para cada capa se definirá una calificación de acuerdo con la metodología, donde se refleja el máximo valor del pixel. El resultado de las zonificaciones intermedias, reflejan la sensibilidad de los medios abiótico, biótico y socioeconómico. (Ver Figura 2-104).



Fuente: Ecopetrol, Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 3. Zonificación Ambiental en áreas de interés petrolero, 2015. Adaptado Geocol Consultores S.A., 2024

2.3.9.5 Relación de sensibilidad e importancia (S/I)

La relación sensibilidad/importancia –S/I–, determina la capacidad de un elemento para tolerar procesos de intervención, es así como se define que a mayor sensibilidad/importancia se tiende a representar aquellos elementos con una alta capacidad de prestar bienes y servicios, pero que a la vez presentan una alta susceptibilidad a sufrir daños; mientras que a menor sensibilidad/Importancia, se tiende a presentar en aquellos elementos con una baja capacidad de prestar bienes y servicios, y baja susceptibilidad a presentar daños. Una vez definidos los grados de calificación, se evaluó la sensibilidad e importancia para cada elemento de análisis y se plasmó de forma cartográfica, para luego ser superpuestos o integrados dando como resultado las síntesis intermedias, que reflejan por una parte los niveles de sensibilidad y por otra los grados de importancia desde la perspectiva abiótica, biótica y socioeconómica.

Posteriormente, las síntesis intermedias se superpusieron para generar las síntesis de sensibilidad e importancia del área de influencia, y se integraron en la matriz de correlación de Sensibilidad/Importancia, dando como resultado la zonificación síntesis del área. En el proceso de superposición e integración, la condición de sensibilidad o importancia más crítica de un elemento prima sobre las condiciones menos significativas de otros elementos (método de máximos), tanto en la generación de las síntesis intermedias como de la zonificación global, garantizando así la evaluación del escenario más desfavorable, entre las variables analizadas. A continuación, se presentan de forma descriptiva las diferentes correlaciones de Sensibilidad/Importancia.

- **S/I Muy alta**

Corresponde a zonas en las que los elementos de los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y/o marco normativo, recibieron una calificación muy alta en sensibilidad y alta en importancia. Su intervención representa un alto riesgo de afectación al recurso.

- **S/I Alta**

Corresponde a zonas en las que los elementos de los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y/o marco normativo pueden presentar una calificación muy alta en cuanto a sensibilidad, pero una importancia moderada o una alta sensibilidad e importancia. En estas áreas una intervención puede realizarse, pero con una alta restricción, ya que el efecto generado sobre el medio es bastante significativo, siendo difícil la recuperación del recurso; para lo cual se hace necesaria la implementación de medidas tanto de corrección como de compensación.

- **S/I Moderada**

Corresponde a zonas en las que los elementos de los componentes abiótico, biótico, socioeconómico, y/o marco normativo, pueden presentar desde muy alta sensibilidad con importancia muy baja, hasta muy baja sensibilidad con importancia muy alta. En estas áreas, una intervención puede realizarse con efectos que se evidencian a largo plazo, para lo cual es necesaria la implementación de medidas de corrección y prevención.

- **S/I Baja**

Corresponde a zonas en las que los elementos de los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y/o marco normativo, pueden presentar desde una importancia muy baja con sensibilidad alta, hasta una importancia alta con sensibilidad muy baja. En estas áreas una intervención puede realizarse con presencia de efectos no significativos a largo plazo, para lo cual se hace necesaria la implementación de medidas de prevención.

- **S/I Muy baja**

Corresponden a zonas en las que los elementos de los componentes abiótico, biótico, socioeconómico y/o marco normativo, fueron calificados con muy baja sensibilidad y baja o muy baja importancia, constituyendo áreas que no presentan ningún tipo de restricciones para la ejecución de procesos de intervención.

2.3.9.6 Elementos de evaluación y análisis

Para determinar la zonificación ambiental del área de influencia del proyecto se analizaron cada uno de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así mismo se incluyen los elementos especiales y/o dominantes (legales); en la **Figura 2-105** se presenta de forma específica los elementos evaluados para cada uno de ellos.

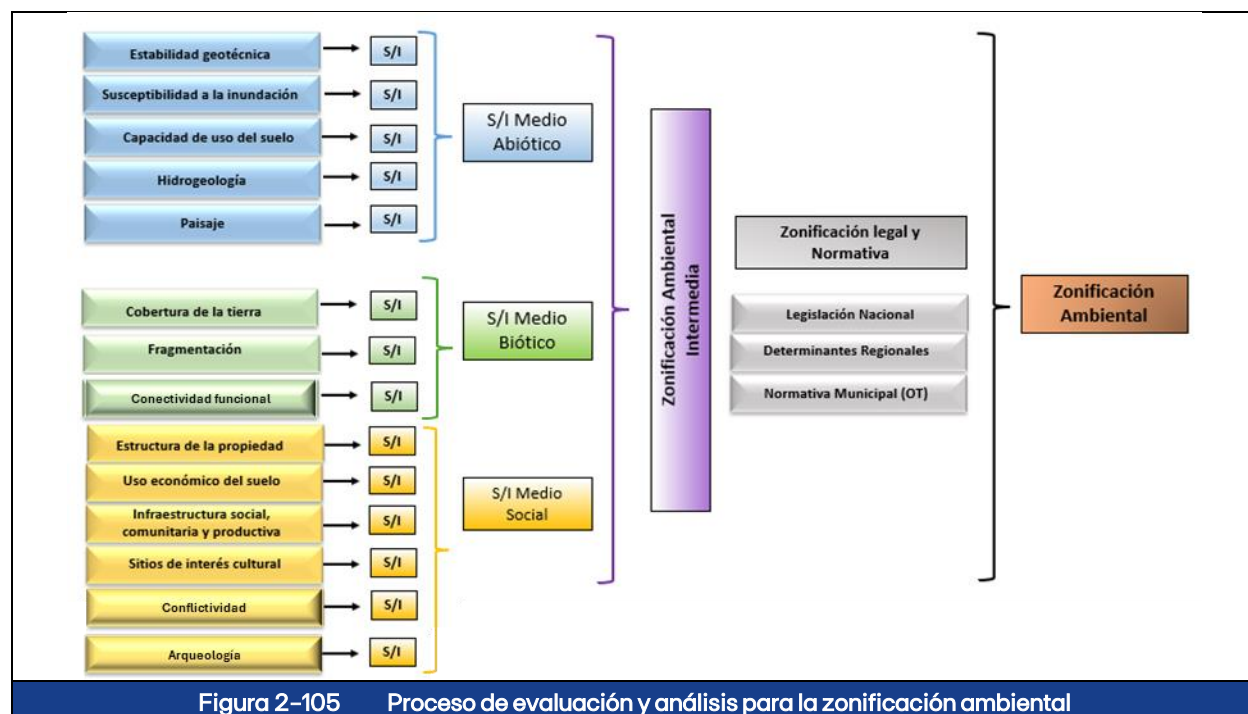


Figura 2-105 Proceso de evaluación y análisis para la zonificación ambiental

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



Fotografía 2-84 Registro fotográfico ocupación de cauce



Fotografía 2-85 Registro fotográfico ocupación de cauce

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-86 Registro fotográfico ocupación de cauce



Fotografía 2-87 Registro fotográfico ocupación de cauce

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 2-88 Registro fotográfico ocupación de cauce



Fotografía 2-89 Registro fotográfico ocupación de cauce

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En total para el desarrollo del proyecto se definieron un total de 90 Ocupaciones de cauce.

2.3.10.1.1 Análisis hidrológicos, hidráulicos y sedimentológicos

El análisis de hidrológico, hidráulicos y sedimentológicos. Se realizó a partir de las simulaciones hidráulicas mediante el software especializado HEC-RAS con el fin de comprender el comportamiento

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

del flujo en el tramo de interés, teniendo en cuenta las características topográficas, geológicas y geomorfológicas del área. Además, se llevó a cabo un análisis detallado del transporte de sedimentos en los cuerpos de agua, abordando aspectos como la granulometría de los sedimentos, la capacidad de transporte del flujo y la evaluación de posibles problemas de sedimentación, incluyendo el cálculo de socavación. Asimismo, se emplearon los resultados de los estudios hidrológicos e hidráulicos para generar representaciones gráficas de inundación para diversos escenarios hidrológicos para escenarios con y sin obras.

- **Análisis de sedimentos**

Geocol Consultores S.A. contrató los servicios de Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. – SERAMBIENTE S.A.S., para desarrollar el monitoreo de sedimentos. SERAMBIENTE S.A.S., es una empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, a través de la Resolución 2577 de 2022, vigente hasta el 19 de junio de 2023, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes.

El muestreo se realizó según los requerimientos de la empresa Geocol Consultores S.A., los cuales fueron realizar la toma de muestra de sedimentos, en doscientos setenta y un (271) puntos, ubicados en los municipios de Albania, Maicao y Uribia, en el departamento de La Guajira; para su caracterización fisicoquímica.

Los métodos empleados siguen los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos–U.S EPA en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua– AWWA– en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 23 (2017), además de la norma técnica Colombiana NTC–ISO 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración (ICONTEC, 2017).

Se realizó la toma de muestras los días 5, 9, 18, 19, 20, 21, 22, 27, 28 y 29 de diciembre del año 2023, implementando la metodología descrita en los procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S., PO–PSM–01 Planeación y ejecución del servicio y PO–PSM–47 Muestreo de sedimentos. El muestreo fue de tipo “manual” y la toma de muestras se realizó de manera simple. Para tal fin, se utilizó una draga con la cual se tomó la muestra, y posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico–opaco, los cuales fueron preservados (acidificación y/o refrigeración) teniendo en cuenta el análisis a realizar.

En la ruta 3_Anexos\Cap. 07 Uso, demanda y RRNN\7.4. OC\Anexo 7.4–3 Memorias de cálculo, se podrán encontrar las curvas granulométricas de cada uno de los puntos monitoreados.

- **Estimación de la socavación**

Para cumplir con el requerimiento de estudios sedimentológico se realizará el cálculo de la socavación en los puntos de ocupaciones de cauce, para la estimación de la socavación en el lecho de las corrientes que se encuentran dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto se empleó el método de Lischvan – Lebediev. Este método permite estimar la profundidad de socavación mediante una ecuación que busca obtener la condición de equilibrio entre una velocidad media real del flujo y la velocidad máxima necesaria para que ocurra la erosión del material del fondo del canal. La ecuación para suelos granulares se expresa de la siguiente forma (INVIAS, 2009).

$$Y_s = \left(\frac{\alpha Y_0^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi d_m^{.028}} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Donde:

Y_s : Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación [m].

Y_0 : Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación [m].

α : Coeficiente de sección, que se define de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} B_e}$$

Q_d : Caudal de diseño asociado al periodo de retorno [m^3/s].

Y_m : Profundidad media [m].

$$Y_m = \frac{A}{B_e}$$

A: Área hidráulica [m^2].

B_e : Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal [m].

β : Coeficiente de frecuencia. Tiene en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Se obtiene a través de la expresión $\beta = 0.7929 + 0.0973 \ln(T)$.

μ : Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1. – Factor de corrección por contracción del cauce indicada en el Manual de Drenaje para Carreteras de INVIA (2009).

ϕ : Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión, este coeficiente se calcula como $\phi = -0.54 + 1.5143 \gamma_{as}$ con γ_{as} como el peso específico del agua más sedimento con unidades [T/m^3].

d_m : Diámetro medio de las partículas del material granular [mm] expresado de la siguiente forma:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i$$

D_i : Diámetro de una fracción de la curva granulométrica [mm].

P_i : Peso de esa fracción con respecto al total de la muestra [%].

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular $Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m$

En la siguiente figura se presenta el análisis espacial del diámetro de una fracción de la curva granulométrica [mm], información utilizada en para el cálculo de la socavación en cada uno los puntos de ocupación de cauce.

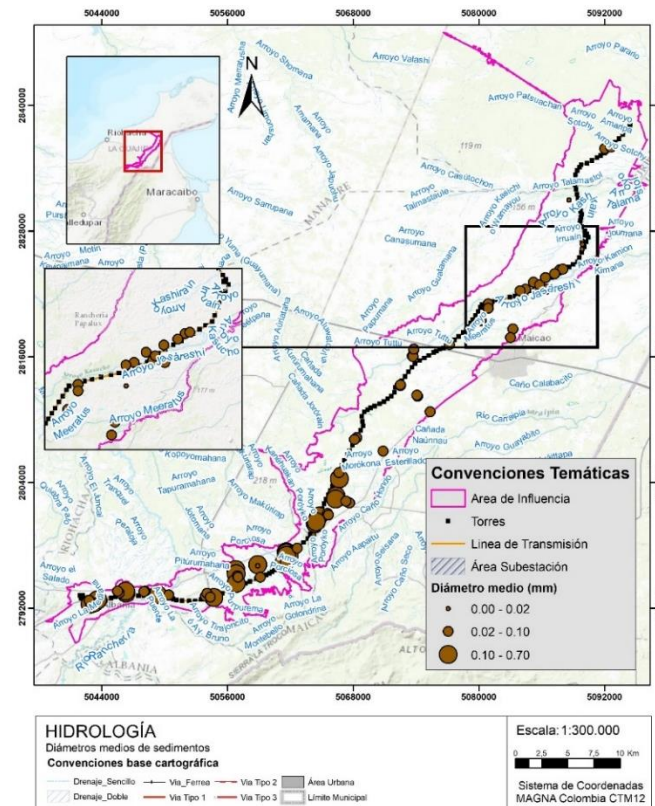


Figura 2-107 Análisis del diámetro medio (mm)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Para realizar este cálculo es necesario contar el análisis hidráulico en cada una de las corrientes y a partir de estos resultados realizar el cálculo de la socavación en la ruta 3_Anexos\Cap. 07 Uso, demanda y RRNN\7.4. OC\Anexo 7.4-3 Memorias de cálculo.

• Modelación hidráulica

Para el desarrollo de la modelación hidráulica, se utilizó el software HEC-RAS, significa Hydrologic Engineering Centers River Analysis System, es un software ampliamente utilizado en ingeniería hidráulica y fluvial. Es desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. HEC-RAS se utiliza principalmente para el análisis de flujo de agua en ríos, canales y sistemas de drenaje, y es una herramienta fundamental para el diseño y evaluación de proyectos de ingeniería hidráulica.

Los modelos hidráulicos creados con HEC-RAS permiten simular y predecir el comportamiento del flujo de agua en sistemas fluviales complejos. Algunas de las principales aplicaciones y usos de HEC-RAS son:

- **Estudios de inundaciones:** HEC-RAS permite modelar y analizar el comportamiento de los ríos y su capacidad para transportar el flujo de agua durante eventos de inundación. Esto es esencial para evaluar los riesgos y diseñar medidas de mitigación de inundaciones.
- **Diseño de estructuras fluviales:** HEC-RAS facilita el diseño y la evaluación de estructuras hidráulicas, como puentes, diques, compuertas y desagües. Permite analizar cómo estas estructuras interactúan con el flujo de agua y evaluar su efectividad y seguridad.
- **Evaluación de impacto ambiental:** El software también se utiliza para evaluar el impacto ambiental de proyectos de ingeniería en ríos y sistemas fluviales. HEC-RAS permite analizar cambios en los

patrones de flujo y en las condiciones hidrológicas debido a la construcción de infraestructuras o a la alteración del entorno natural.

- Para elaborar los modelos hidráulicos se realizó modelado 1D en los puntos de ocupación de cauce, modelo hidráulico, su principal insumo es un modelo digital de elevación, esta información se levantó en campo por la empresa geomática (Véase 3_Anejos\Cap. 07 Uso, demanda y RRNN\7.4. OC).

Dentro de las aplicaciones que permiten modelar el flujo en 1D se encuentra HEC-RAS que es un software desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers (USACE)* y es un referente dentro del campo de la modelación, debido a su versatilidad para el manejo de datos y la visualización de estos, adicionalmente es un software gratuito e incluye mejoras continuamente. HEC-RAS permite resolver la hidráulica del flujo en una dimensión para flujo permanente y flujo no permanente, así mismo, permite modelar el transporte de sedimentos para una condición de flujo no permanente.

El modelo hidráulico HEC-RAS (US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2016) se basa en la solución de la ecuación unidimensional de la energía, teniendo en cuenta las pérdidas por fricción (mediante la ecuación de Manning) y las pérdidas por contracción – expansión (coeficiente de pérdidas multiplicado por la variación de la altura de energía cinética). El modelo tiene en cuenta las leyes de conservación de masa, conservación de energía y cantidad de movimiento. Este modelo simula la hidráulica del flujo para canales de cualquier tipo de sección transversal bajo flujo gradualmente variado, trabajando de acuerdo con la ecuación de energía:

$$Z_1 + Y_1 + \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) = Z_2 + Y_2 + \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) + h$$

Donde:

Nivel del fondo del canal aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, denominado este término cabeza de posición, en m.

Lámina de agua aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo, denominado este término cabeza de presión, en m.

Cabeza de velocidad aguas arriba (1) y abajo del tramo (2), denominado este término cabeza de velocidad, en m.

Pérdidas de energía en el tramo, dividiéndose en pérdidas por fricción y localizadas, en m.

Las pérdidas por fricción en el tramo para flujo gradualmente variado en un tramo de longitud L del canal se pueden expresar por medio de la ecuación de Manning:

$$hf = \left(\frac{(Se_1 + Se_2)}{2} \right) L$$

En donde corresponden a los valores de la pendiente de la línea de energía aguas arriba (1) y abajo (2) del tramo. Estos valores se expresan por medio de la fórmula de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo:

$$Se = \left(\frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}} \right)$$

Donde:

Coeficiente de rugosidad de Manning.

Velocidad promedio del agua, en m/s.

Radio hidráulico, en m, igual al área hidráulica A, en m², dividida entre el perímetro mojado P, en m.

Por otro lado, las pérdidas localizadas h_l en un punto del canal de las corrientes analizadas se expresan mediante la ecuación:

$$h_l = K \text{ ABS} \left(\left(\frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \right)$$

Donde:

Coefficiente de pérdidas localizadas, adimensional.

Velocidad promedio aguas arriba (1) y aguas abajo (2) del punto o tramo en donde se produce la pérdida localizada, en m/s.

Representa el valor absoluto del término.

La modelación hidráulica con HEC-RAS 1D proporciona los siguientes resultados de modelación, los cuales incluyen los siguientes aspectos para cada sección transversal considerada:

- Abscisa de la sección transversal.
- Caudal total.
- Cota de fondo mínima de la sección transversal.
- Nivel de la lámina de agua.
- Lámina de agua máxima en la sección transversal.
- Nivel de la profundidad crítica.
- Nivel de la línea de energía.
- Pendiente de la línea de energía.
- Velocidad promedio del agua.
- Área hidráulica.
- Ancho de la superficie libre de agua de la sección transversal.
- Número de Froude.

Ahora bien, para realizar la modelación hidráulica, el software HEC-RAS requiere del ingreso de los siguientes parámetros:

- **Geometría del cauce:** A partir de las secciones transversales tomadas en campo se realizó la interpolación con las ortofotos, debido a que en estas no se observaba todo el cauce y con esta información se generaron los modelos de elevación digital (MDT) (lo que sirvió de insumo para la generación de las secciones transversales con el uso de la herramienta RAS Mapper, la cual permite la identificación y digitalización del flujo de los cuerpos hídricos y determinación de las bancas de inundación en los diferentes tramos de ríos, en donde posteriormente se hace la respectiva modelación.
- **Coefficiente de rugosidad:** En la modelación hidráulica se consideró un coeficiente de Manning para las orillas y sobre el canal a partir de los análisis granulométricos.

A partir de la información de curvas granulométricas se realizó una aproximación del cálculo del coeficiente de Manning se calculó a partir de los resultados de laboratorios de las muestras de sedimentos tomados en las diferentes zonas aguas arriba y aguas abajo de las ocupaciones de cauce que se tienen proyectadas construir para el presente proyecto. A partir de la ecuación Meyer-Peter-Muller se determinó el coeficiente de Manning.

$$n = 0.038D_{90}^{1/6}$$

Donde D_{90} es el diámetro para el cual pasa el 90% de las partículas [m]. En la ruta 3_Anexos\Cap. 07 Uso, demanda y RRNN\7.4. OC\Anexo 7.4-3 Memorias de cálculo, se pueden detallar los cálculos realizados para estimar D_{90} y el coeficiente de rugosidad. En la siguiente figura se presenta un resumen de los n de Manning calculados.

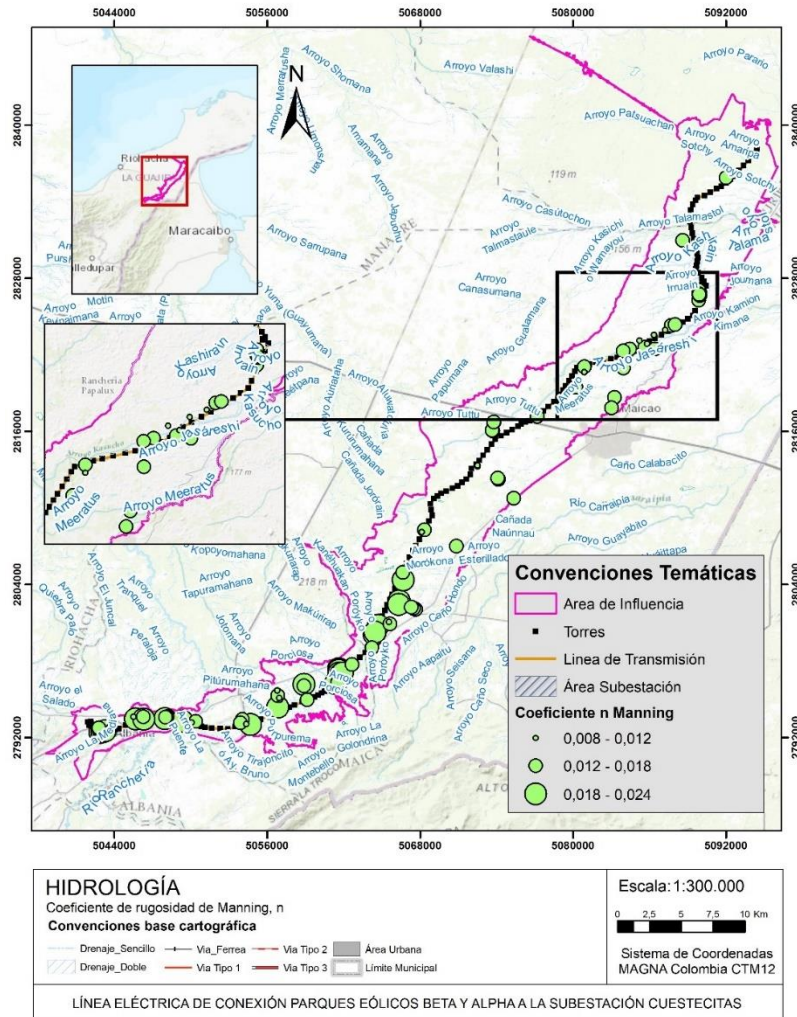


Figura 2-108 Comportamiento del coeficiente n de Manning.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.10.2 Aprovechamiento forestal

Para la solicitud de aprovechamiento forestal dentro del área de intervención del proyecto se tuvo en cuenta el desarrollo del inventario forestal al 100% y muestreos estadísticos con error de muestreo no superior al 15% y probabilidad al 95% para las áreas en las que no se permitió el ingreso.

El inventario forestal al 100% se realizó para todos y cada uno de los individuos con diámetros iguales o superiores a 10 cm de DAP (31,5 cm – CAP) que se encontraron en los sitios de ocupaciones de cauce, vías

de acceso, patios de acopio y/o almacenamiento, helipuertos, teleféricos, sitios de torre, plazas de tendido y franja de servidumbre.

Para los respectivos análisis se tuvieron en cuenta datos cuantitativos asociados con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Área Basal (AB), Volumen total (Vt) y Volumen Comercial (Vc). Para el cálculo de los parámetros se emplearon las siguientes ecuaciones:

2.3.10.2.1 Diámetro a la altura del pecho (DAP) y área basal (AB)

Para el cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP) se procedió a transformar la variable de la circunferencia a la altura del pecho (CAP) a través de la siguiente ecuación:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Ecuación 2-1 Diámetro a la Altura del Pecho

Dónde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (Tomado a los 1,30 m del suelo).

CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho (Tomado a los 1,30 m del suelo).

El área basal (AB) Se define como la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo¹²⁷ y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2$$

Ecuación 2-2 Área Basal

Dónde:

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho (Tomado a los 1,30 m del suelo).

$$DAP = \sqrt{\sum DAP_i^2}$$

Ecuación 2-3 Diámetro medio cuadrático

Dónde:

$\sum DAP_i^2$ es la sumatoria del cuadrado de cada uno de los diámetros medidos.

DAP_i^2 es el diámetro de cada tallo a 1,3 metros elevado al cuadrado.

2.3.10.2.2 Volumen

Es considerado como el indicador del potencial o capacidad de producción del bosque; el volumen que se obtiene se refiere a árboles en pie y se calcula sobre la base del DAP, la altura y el factor de forma.

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h * f$$

Ecuación 2-4 Volumen

¹²⁷ Cailliez, F. (1980). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento: con referencia especial a los trópicos, Estimación del volumen.

Dónde:

V: Volumen del árbol, dado en metros cúbicos.

d: Diámetro a la altura del pecho al cuadrado.

h: Altura del fuste. Se toma desde la base hasta la copa de cada árbol.

f: Factor de forma- El factor de forma o mórfico a emplearse, corresponde a 0,7 de acuerdo con lo documentado en el Manual de inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales que describe que las especies latifoliadas del trópico arrojan un valor equivalente a 0,7 en su factor de forma¹²⁸.

2.3.10.2.3 Métodos para la solicitud del aprovechamiento forestal

La solicitud de aprovechamiento forestal en las áreas de intervención del “Proyecto Línea Eléctrica de conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” se presenta teniendo en cuenta dos situaciones que se relacionan con el inventario al 100% y la estimación de volumen por muestreo en áreas donde el ingreso estuvo restringido. Adicionalmente, se contempla la estimación para la especie *Stenocereus griseus* (Yosu) en los ecosistemas de Arbustal abierto del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira y **Tierras desnudas y degradadas** del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira en las áreas con inventario al 100% y en áreas con restricción de acceso. La metodología de parcelas con errores inferiores al 15% y una probabilidad del 95% se empleó para esta especie teniendo en cuenta que “la demanda de cardones para cercas vivas y pastoreo es constante durante todo el año”¹²⁹ y por tanto las poblaciones pueden llegar a ser muy variables en el tiempo. Además, por su arquitectura de múltiples tallos con espinas largas y agudas se debe intervenir considerablemente con machete para poder medirse según los reglamentos técnicos y esto a su vez puede considerarse como un tipo de daño.

2.3.10.2.3.1 Inventario forestal al 100%

Todos los individuos con diámetro a la altura del pecho mayor a 10 cm encontrados en el área de intervención del proyecto fueron marcados con pintura asfáltica color amarillo y un código alfanumérico, adicionalmente se realizó una marca con pintura en la zona donde se realizó la medición de la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP). Los individuos registrados fueron georreferenciados, además para cada uno de los fustales se tomaron datos de variables dasométricas tales como: circunferencia a la altura del pecho (CAP), altura total (HT), altura comercial (HC), altura a la base de la copa, diámetros de copa y estado fitosanitario. Para los individuos que presentaron reiteraciones o ramificaciones, éstas se marcaron con una letra en orden alfabético.



Fotografía 2-90 Registro fotográfico cuerpo lótico

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

¹²⁸ Lanly, J. P. (1974). Manual de inventario forestal con especial referencia a los bosques mixtos tropicales.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Es importante mencionar que durante el desarrollo de las actividades de inventario forestal se realizó la colecta de las muestras botánicas asociadas a las especies identificadas en campo. Esta labor estuvo basada en las técnicas tradicionales de colecta, las muestras fueron numeradas de acuerdo con el sitio y árbol inventariado. El material colectado fue procesado de tal forma que permitió la inclusión en el herbario Tropical el cual tiene reconocimiento nacional.

- **Estimación de volumen por muestreo**

En el área de intervención del proyecto se encontraron comunidades o predios privados que no permitieron el ingreso a su territorio e inhabilitaron el desarrollo del inventario al 100%. Dentro de la solicitud de aprovechamiento forestal 237,31 ha (90.81%) fueron inventariadas al 100% y 24,02 ha (9,19%) presentaron restricción de ingreso. Teniendo en cuenta esta situación se acogerá lo establecido en los términos de referencia (TdR-17) donde se establece que:

Si por las características del proyecto no es posible realizar dicho censo, se deben utilizar técnicas de muestreo estadístico, como lo establece la norma. Según aplique, se deberá presentar la siguiente información:

Inventario forestal de los individuos presentes en las unidades de cobertura vegetal de cada ecosistema donde se prevé realizar el aprovechamiento forestal (en relación con las actividades y obras del proyecto), mediante censo realizado al 100% de los individuos, o mediante un muestreo estadístico que debe cumplir con un error de muestreo no superior al 15% y una probabilidad del 95%; se deben presentar los análisis estadísticos detallados incluyendo los soportes correspondientes a los inventarios forestales. Asimismo, se debe presentar un cuadro resumen por tipo de cobertura vegetal de los principales parámetros estadísticos conducentes al cálculo del error de muestreo.

De acuerdo con lo anterior, para la estimación del volumen a remover en ecosistemas naturales o antropizados con mayor presencia de elementos arbóreos se empleará la información proveniente de la caracterización de la flora arbórea que se encuentra contenida dentro del área de influencia fisicobiótica y que cuenta con un error de muestreo inferior al 15% y una probabilidad al 95%.

Por otra parte, para las coberturas antropizadas con presencia de árboles aislados donde se requiere la estimación de volumen para el aprovechamiento se acogerá lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 ARTÍCULO 2.2.1.1.9.6. Proyectos, obras o actividades sometidas al régimen de licencia ambiental o plan de manejo ambiental donde se establece que:

“Cuando para la ejecución de proyectos, obras o actividades sometidas al régimen de licencia ambiental o plan de manejo ambiental, se requiera de la remoción de árboles aislados en un volumen igual o menor a veinte metros cúbicos (20 m³), no se requerirá de ningún permiso, concesión o autorización, bastarán las obligaciones y medidas de prevención, corrección, compensación y mitigación, impuestas en la licencia ambiental, o contempladas en el plan de manejo ambiental. Sin perjuicio, en este último caso, de las obligaciones adicionales que pueda imponer la autoridad ambiental competente”.

Acorde a los lineamientos expuestos, se tiene que para los ecosistemas de Arbustal Abierto del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Pastos arbolados del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira y Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira se realizará la estimación a partir de las parcelas de caracterización en el área de influencia fisicobiótica que cuentan con un error inferior al 15% y probabilidad al 95%.

A diferencia, para los ecosistemas de Pastos limpios del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Red vial y territorios asociados del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira y Tejido urbano discontinuo del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira no se realizará estimación puntual ya que se considera que al ser ecosistemas antropizados donde los elementos arbóreos se presentan de manera aislada y en bajas extensiones (Entre 0,94 y 4,65 ha) no representarían un volumen mayor a 20 m³ que

se encuentran autorizados para las diferentes obras o actividades sometidas al régimen de licencia ambiental.

Las comunidades o predios privados con restricción de ingreso se presentaron en 24,02 ha y están relacionadas con Apucharrarin, Araparen, Campo florido, Ekimana, Irruaru, Jeyuichon, Kapuchirrajain, Kasuto, Pwimana, Santa Rita, Shikepi, Shoncomana, Walirumana, Kashatain, Wilitsamana, Yosuru, Predio Maria Tiller y Mi Ranchito. En la Tabla 7 4 se presenta la extensión en hectáreas que fue limitada por cada comunidad para el desarrollo del inventario al 100% dentro de las áreas solicitadas para aprovechamiento forestal.

Tabla 2-119 Comunidades o predios privados con restricción de ingreso

Comunidad	Área (ha)
Apuchrrain	2,21
Araparen	5,29
Campo florido	1,12
Ekimana	4,48
Irruaru	0,10
Jeyuichon	0,38
Kapuchirajain	0,17
Kasuto	0,33
Pwaimana	2,42
Santa Rita	1,58
Shikepi	1,36
Shonkomana	0,69
Walirumana-Kashatain	0,04
Wilitsimana	1,13
Yosuru	2,46
Mi Ranchito*	0,19
Predio Maria Tiller*	0,07
Total	24,02

*Predio privado

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la **Figura 2-109** se presenta la distribución espacial de las mismas a lo largo del área del proyecto.

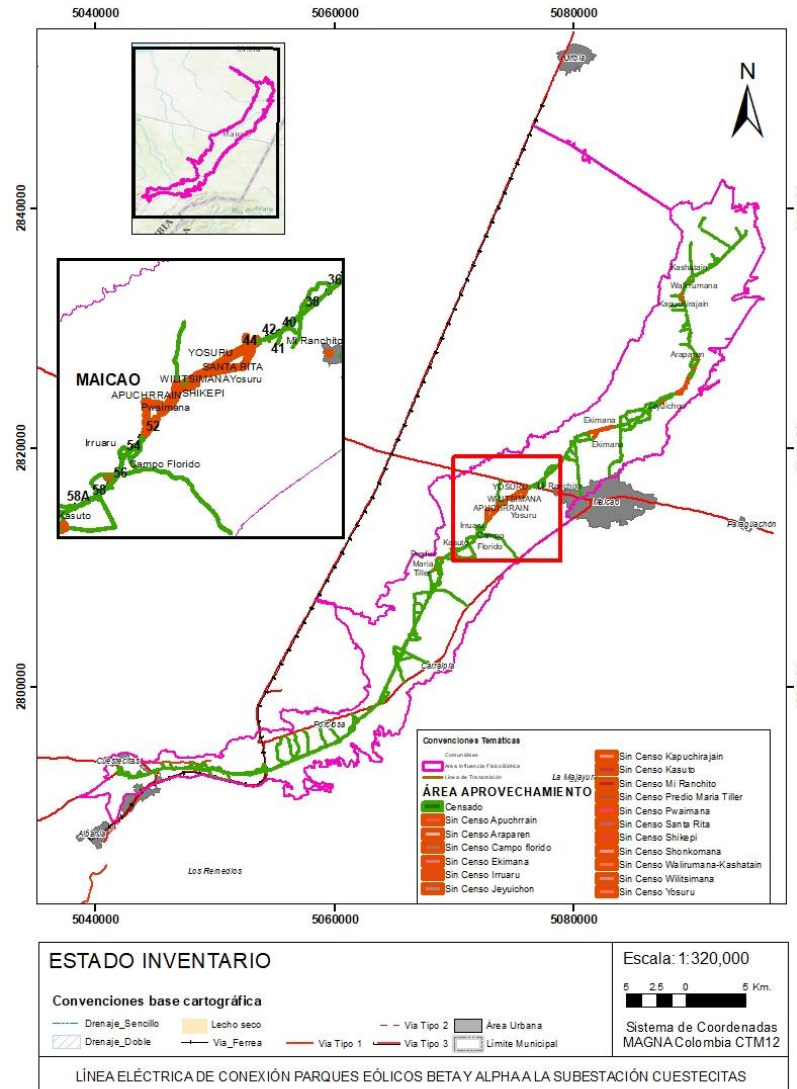


Figura 2-109 Comunidades con restricción de ingreso

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- Estimaciones de volumen por hectárea

Finalmente, con los datos obtenidos a través de los diferentes estadísticos se procedió a determinar el número estimado de individuos por hectárea por ecosistema con sus respectivos valores de volumen total, volumen comercial, biomasa y carbono.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.10.2.3.2 Estimación de volumen para la especie *Stenocereus griseus* (Yosu) en el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira

Para las coberturas de Arbustal Abierto, Arbustal Denso y Tierras desnudas y degradadas del Zonobioma Alternohígrico Tropical de la Alta Guajira se encontró alta presencia de cactáceas arborescentes dentro de la que se destacó la especie *Stenocereus griseus* (Yosu). Esta especie se caracteriza por presentar ramas y espinas largas y agudas, cuenta con un número de costillas que usualmente varía de ocho a nueve y generalmente ramifica desde la base. Para *Stenocereus griseus* (Yosu) se reportan múltiples usos en la región como: construcción de vivienda, recolección de frutos para consumo y uso de tallos jóvenes para pastoreo de cabras y cerrado de corrales. Entendiéndose la importancia cultural de la especie y que la intervención con machete podría considerarse como un tipo de daño se optó por realizar el muestreo de esta especie a través de parcelas aleatorias en el área de intervención y de influencia fisicobiótica del proyecto ¹²⁹.

La metodología de estimación de *Stenocereus griseus* (Yosuu) en el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira se ejecutó teniendo en cuenta la importancia cultural, ecológica y múltiples usos que esta presenta en las regiones áridas principalmente asociadas con este bioma dentro del proyecto. Dada la importancia mencionada anteriormente y considerando la arquitectura de la especie también se contempló que múltiples intervenciones para una medición precisa en esta especie de comportamiento simpodial pueden acarrear daños mecánicos que afectarían el estado fitosanitario de los individuos (Véase **Fotografía 2-91**). Además, se contempla que por su alta empleabilidad en actividades propias de la región la abundancia de la especie puede ser muy variable en cortos periodos de tiempo.



Fotografía 2-91 Parcelas de *Stenocereus griseus* (Yosuu)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

A diferencia, la especie *Cereus repandus* (Kayusii) se incluyó con normalidad sobre el inventario al 100% ya que en su estado fustal presenta comportamiento monopodial lo que facilita su medición sin generar afectación (Véase **Fotografía 2-92**).

¹²⁹ Villalobos, S., Vargas, O., & Melo, S. (2007). Uso, manejo y conservación de “yosú”, *Stenocereus griseus* (Cactaceae), en la Alta Guajira Colombiana. Acta biológica colombiana, 12(1), 99-112.



Fotografía 2-92 Cactácea columnar *Cereus repandus* (Kayusii)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Por otra parte, se especifica que la estimación para la especie *Stenocereus griseus* (Yosuu) se realizó únicamente para el Zonobioma Alternohígrico Tropical de la Alta Guajira ya que en este bioma es donde se presenta mayor importancia cultural y demanda de la especie al ser utilizada como elemento principal para la construcción de viviendas y alimento de animales¹²⁹. A diferencia, para el Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y Montes de Oca y el Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César los individuos de esta especie se presentan de manera más esporádica y la población no lo usa como insumo principal de construcción de viviendas o fuente de alimento, por tanto, para estos dos biomas dentro del proyecto se consideró el desarrollo del inventario al 100%.

Teniendo en cuenta que la dimensión de parcelas para especies en particular no se encuentra definida dentro de las resoluciones de colecta se optó por la revisión de referencias especializadas. Dentro de dicha revisión se encontró como referente la Resolución N°001060 del 07 de junio de 2024 emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA por la cual se otorga la licencia ambiental al proyecto “Línea de Transmisión Asociada a la Conexión Cuestecitas- Colectora 1 a 500 kV” donde también se implementó el método de estimación para cactáceas columnares en el bioma del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira a través de parcelas de 0,01 hectáreas (10 x 10 m).

Teniendo en cuenta los criterios descritos anteriormente, las parcelas para la estimación de la especie *Stenocereus griseus* (Yosuu) en las coberturas Arbustal Abierto, Arbustal Denso y Tierras Desnudas y Degradadas en el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira se establecieron con una dimensión de 10 x 10 m (0,01 ha) y en ellas se registraron todos los individuos de esta especie con Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) mayor a 10 cm y en un área de 5x5 se registraron individuos de cactáceas con diámetro y altura inferior. Cada parcela fue georreferenciada a través de dispositivos GPS y marcada con pintura asfáltica color amarillo con un código alfanumérico. El cactus donde se plasmó el código alfanumérico corresponde al primer individuo de la parcela, los demás individuos fueron marcados únicamente con el número consecutivo.

2.3.10.3 Estimación de volumen en otras formas de la vegetación

Para determinar el número estimado de latizales a intervenir en los ecosistemas de Arbustal abierto del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira y Arbustal denso del Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César se establecieron parcelas aleatorias dentro del área de influencia fisicobiótica con un área de 25 m² (5 x 5

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

m) donde se registraron todos los individuos de especies arbóreas con DAP mayor o igual a 2,5 cm y menor a 9,9 cm.

Cada parcela fue georreferenciada a través de dispositivos GPS y marcada con pintura asfáltica color amarillo con un código alfanumérico. El individuo donde se plasmó el código alfanumérico corresponde al primer individuo de la parcela, los demás individuos fueron marcados únicamente con el número consecutivo (Véase **Fotografía 2-93**).



Fotografía 2-93 Parcelas de latizales dentro del área de influencia fisicobiótica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.10.3.1 Construcción del escenario de aprovechamiento forestal

La solicitud de aprovechamiento forestal está relacionada con las áreas en las que se requiere realizar la tala o poda de la vegetación durante el desarrollo del proyecto. Las obras a desarrollar para el proyecto están relacionadas con ocupaciones de cauce, construcción y/o adecuación de vías de acceso, adecuación de sitios de torre, **áreas de maniobra**, despeje de vegetación en servidumbre y construcción de instalaciones de apoyo relacionadas con plazas de tendido, patios de acopio y/o almacenamiento de materiales, helipuertos y teleféricos.

- **Criterios base**

Para el desarrollo del aprovechamiento forestal se tienen en cuenta diferentes criterios entre los que se incluyen los de infraestructura y adecuaciones, normativo y por acercamiento. En la **Figura 2-110** se presentan los elementos que se tienen en cuenta dentro de cada criterio.

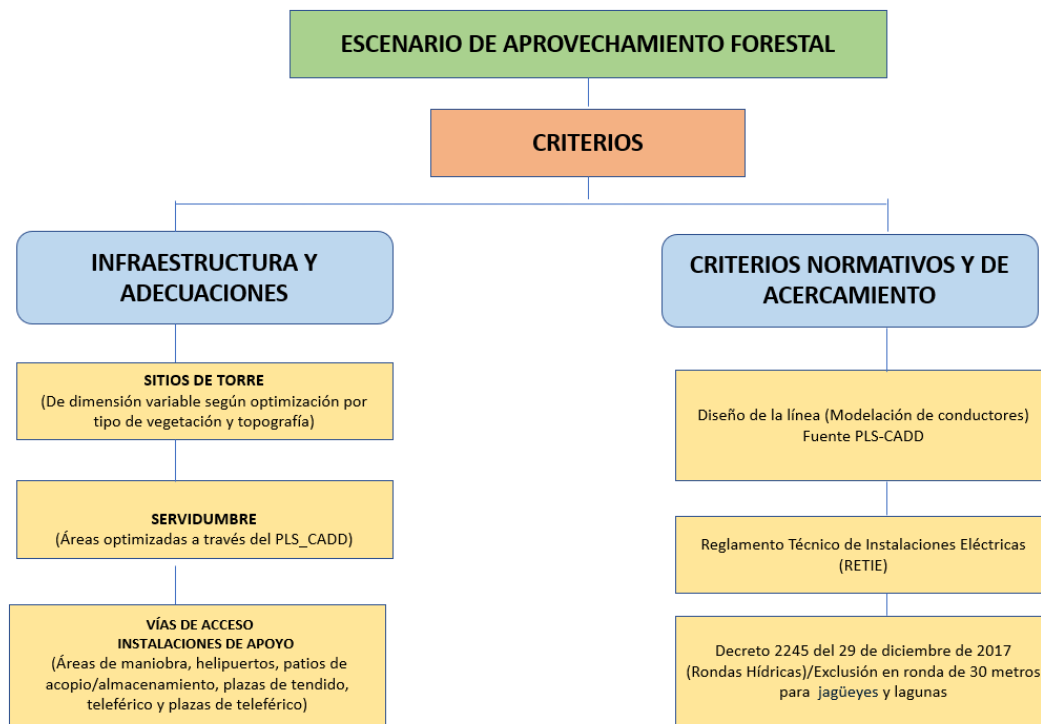


Figura 2-110 Criterios para la construcción del aprovechamiento forestal

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

- **Criterios por infraestructura y adecuaciones**

Dentro de este criterio se tienen en cuenta las áreas de intervención del proyecto y las obras y/o actividades que se desarrollaran al interior de esta, identificando si son o no objeto de solicitud de aprovechamiento forestal. Partiendo de esto, la infraestructura y adecuaciones en el proyecto que requieren despeje y remoción de la vegetación están relacionadas con:

- Sitios de Torre
- Áreas de maniobra
- Plazas de tendido
- Patios de acopio y/o almacenamiento
- Helipuertos
- Teleférico
- Ocupaciones de cauce
- Vías de acceso
- Franjas de riega
- Servidumbre (PLS_CADD).

- **Criterios normativos y de acercamiento**

En términos normativos para la solicitud de aprovechamiento forestal se tendrán en cuenta los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas- RETIE donde se

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

relacionan medidas que garantizan la seguridad y preservación de diferentes elementos del medio ambiente. Además, se definen distancias mínimas de seguridad entre la altura máxima de los árboles o arbustos localizados en la servidumbre y las líneas energizadas.

También se tendrá en cuenta el Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017 relacionado con el acotamiento de rondas hídricas, donde su delimitación está asociada con las franjas paralelas a los cauces permanentes en un ancho hasta de 30 metros y además se incluyen las áreas aferentes.

En términos de acercamiento el mayor análisis para la solicitud de aprovechamiento forestal dentro del área de intervención del proyecto está asociado con la servidumbre, para la cual se desarrolla un modelamiento a través del software PLS-CADD que es un programa para diseño de líneas eléctricas aéreas donde se pueden reducir los impactos a la vegetación teniendo en cuenta las distancias mínimas de seguridad establecidas en Reglamento Técnico de Instalaciones eléctricas- RETIE y las alturas máximas que pueden alcanzar las diferentes especies encontradas. Además, para el modelamiento se tienen en cuenta los criterios normativos relacionados con las áreas de exclusión donde se presentan bosques de galería, cuerpos de agua y manantiales.

Como insumo para la modelación a partir del software PLS-CADD se realizó la proyección de altura que pueden alcanzar las diferentes especies registradas durante el inventario al 100%. Dicho ejercicio se realizó bajo el estadístico de cajas y bigotes como el de probabilidades para la determinación de las alturas máximas.

Para la evaluación de las especies se realizaron grupos a partir de los seis (6) biomas identificados dentro del área del proyecto relacionados con Hidrobioma Alta Guajira, Hidrobioma Baja Guajira y Alto César, Hidrobioma Perijá y Montes de Oca, Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César y el Zonobioma Alternohígrico Perijá y Montes de Oca. Esta primera clasificación se dio en función de las características fisionómicas de cada uno de los biomas.

El segundo criterio a tener en cuenta para la agrupación de las especies fue la exposición a la luz, agrupando así bajo el criterio de Sin Luz (Coberturas principalmente naturales) o Con Luz (Coberturas principalmente antrópicas). Para las diferentes poblaciones se realizó la clasificación de las clases altimétricas a través del método de Sturges.

Una vez definidas las poblaciones, se realizó el cálculo de la altura proyectada al 90% para las especies con registros mayores y menores a 30 individuos, sin embargo, se consideró viable solo en los casos que se tuviera un número de individuos mayor a 30 por especie.

Por el método de cajas y bigotes en las especies con mayor de 30 registros se consideró a la altura máxima de bigote superior y para las especies con menos de 30 individuos se consideró la máxima altura reportada en inventario más 3 m.

Dicha modelación de alturas máximas de las especies permitió definir aquellas que serán objeto de solicitud de aprovechamiento ya sea por conflictos de sus condiciones actuales o que puedan llegar a alcanzar a lo largo de la vida útil del proyecto.

2.3.10.3.2 Solicitud de levantamiento de veda

Relacionado con la solicitud de levantamiento de veda regional es importante mencionar que con el desarrollo del inventario al 100% se está dando cumplimiento a lo estipulado en los términos de referencia para la elaboración del EIA (TDR-17) relacionado con el aprovechamiento forestal y la intervención de especies vedadas. [No obstante, dada la situación de restricción de ingreso en algunas comunidades, se requirió del método de la estimación para determinar el número de especies vedadas total a remover por cada tipo de infraestructura.](#)

○ **Regeneración natural de las especies en veda**

Para el análisis de la regeneración natural se establecieron parcelas de 25 m² para latizales ($2,5 \leq \text{DAP} \leq 9,9 \text{ cm}$) y 4 m² para renuevos ($\text{HT} < 0,50 \text{ cm}$) y brinzales ($\text{DAP} < 2,5$ y $\text{HT} > 0,50 \text{ cm}$). La evaluación de la regeneración de las especies en veda se realizó sobre los ecosistemas de tipo natural relacionado con las coberturas de arbustal abierto, arbustal denso, bosque de galería, **bosque fragmentado con vegetación secundaria** vegetación secundaria alta y vegetación secundaria baja en el Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira, Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y Alto César y Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y Montes de Oca

2.3.10.4 Emisiones atmosféricas

Con el propósito de evaluar las posibles afectaciones a la calidad del aire derivadas de las actividades de construcción del Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, se realizó la exposición e interpretación de los resultados de la corrida del modelo de dispersión de contaminantes utilizando AERMOD versión 19191, el cual se constituye como el modelo regulatorio de última generación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US EPA. Dicho modelo se ha implementado mediante la interfaz AERMOD View. Es fundamental aclarar que el desarrollo del modelo en cuestión no implica la solicitud del permiso de emisiones.

La simulación de dispersión de contaminantes asume tres escenarios:

- **Escenario 1 (Escenario actual o línea base):** Este escenario considera como único aporte las emisiones atmosféricas de las vías nacionales, municipales primarias, secundarias y terciarias utilizadas para ingreso y movilización dentro del área de influencia del proyecto. La carga contaminante aportada por otras fuentes presentes en el área de influencia cuyas emisiones no están identificadas y cuantificadas, son representadas mediante la concentración de fondo establecida a partir de datos del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Tipo Industrial implementado para la caracterización de línea base del proyecto.
- **Escenario 2 (Escenario con proyecto, sin medidas de control):** Este escenario implica el cumplimiento de un cronograma estimado donde se desarrollan las actividades de construcción y montaje del proyecto sin incluir prácticas que permitan disminuir las emisiones atmosféricas de las diferentes fuentes vinculadas al proyecto.
- **Escenario 3 (Escenario con proyecto, con medidas de control):** Este escenario implica el cumplimiento de un cronograma estimado donde se desarrollan las actividades de construcción y montaje del proyecto. El escenario implica prácticas operacionales que tienden a disminuir la carga contaminante entregada a la atmósfera, de tal forma que se mitigue el impacto sobre la calidad del aire.

A continuación, se presenta la secuencia metodológica implementada para el modelo de dispersión de contaminantes criterio, medidos en el proyecto:

- Definición de tipo de instalaciones.
- Formulación de escenarios operativos.
- Elaboración de inventario de emisiones.
- Simulación datos meteorológicos de capa límite basado en datos meteorológicos WRF.
- Elaboración modelo de elevación digital.
- Determinación de receptores.
- Modelamiento de dispersión de contaminantes mediante modelo AERMOD en los tres escenarios planteados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Análisis de resultados.
- Elaboración de concepto técnico final.

2.3.10.5 Ruido

El campo de la acústica ambiental enfoca sus estudios en el desarrollo de métodos que permitan evaluar diferentes fuentes de ruido que afecten la calidad de vida y la estabilidad de las zonas inmersas en la servidumbre de este contaminante. El incremento exponencial de la industria y el desarrollo tecnológico en conjunto con una mala administración del uso de suelo asociados a la falta de planificación territorial dan lugar a entornos con niveles importantes de presión sonora, lo cual hace necesario el uso de herramientas como modelos de ruido, con la finalidad de obtener una muestra de la extensión de la huella de ruido a la cual podría estar expuesta una población en específico e implementar medidas de control sobre la fuente o receptor a fin de mitigar los efectos adversos del ruido en el ambiente.

La modelación acústica no tiene en cuenta la posible contribución de fuentes ajenas al funcionamiento del proyecto (i.e. industrias circundantes, fuegos artificiales, dispositivos altoparlantes, etc.). Además, no se incluye las fuentes de emisión como fauna local, actividades antrópicas o típicas de comunidades cercanas.

Junto a lo anterior se deben dejar claros las limitaciones de la modelación desarrollada, toda vez que se limita a informar acerca de la metodología y resultados obtenidos de la situación de ruido en horario diurno y nocturno asociados al proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas. Así mismo, la modelación pretende identificar los radios de propagación acústica (i.e. Isófonas) producto de la operación de las fuentes de ruido evaluadas en un entorno, la calificación de este y el grado de detalle que se puede tener en el diseño de la base de datos geográfica del modelo, son parámetros sensibles a los resultados, variando las situaciones de ruido en cualquier proyecto industrial, dado que se desconoce el detalle de este entorno, los resultados finales tendrán una incertidumbre asociada a la inexistencia de dicha información.

Para el modelo de simulación de propagación de ruido se establecieron 2 escenarios:

- **Línea Base:** Contempla las fuentes de ruido existentes asociadas a las vías nacionales e intermunicipales que se encuentran dentro de la zona del proyecto.
- **Escenario Constructivo:** Contempla las fuentes lineales existentes asociadas a vías nacionales e intermunicipales junto con los aportes de las fuentes de emisión proyectadas en la fase constructiva que incluye helicóptero para transporte de materiales y personal, maquinaria amarilla para la ejecución de obras civiles, flota vehicular del proyecto y detonación controlada de explosivos.

A continuación, se presenta un breve resumen de las actividades realizadas y la secuencia metodológica implementada para el modelo de dispersión de ruido del Proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

- Listado de fuentes lineales existentes en la zona de estudio (vías municipales, accesos y vía férrea).
- Listado de equipos utilizados en la fase de construcción del Proyecto.
- Análisis de la información de proceso.
- Formulación del escenario actual y futuro (Construcción).
- Recolección de información meteorológica de carácter secundario para la modelación.
- Determinación de receptores.
- Modelamiento de ruido mediante el software PREDICTOR-LIMA 2022 y AEDT 3e para los escenarios planteados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

- Integración de resultados Predictor LIMA– AEDT3.
- Análisis de resultados.
- Elaboración de concepto técnico final.

2.3.11 Evaluación ambiental

El proceso metodológico desarrollado en la evaluación ambiental se realizó para los escenarios con y sin proyecto. El primer paso consistió en la identificación y análisis de las actividades que se desarrollan actualmente en el área de influencia por parte de los habitantes y actividades económicas existentes, las cuales se analizaron en el escenario sin proyecto. Adicionalmente se tomaron todas las actividades que son objeto de la presente solicitud de licencia ambiental las cuales fueron analizadas para el escenario con proyecto; para los dos escenarios las actividades son aquellas que tienen el potencial de generar impactos, y en el presente documento se presenta la respectiva descripción.

Posteriormente se realizó la identificación de los impactos ambientales en ambos escenarios, así como la correspondiente equivalencia con los relacionados en el documento *“Listado de Impactos Ambientales específicos en el marco del Licenciamiento Ambiental”* (MADS 2020), tanto en el Componente, como en la Categoría y en los impactos específicos.

Por último, se realiza la calificación de impactos en ambos escenarios y la posterior determinación de la importancia de los impactos sin proyecto (estado actual del área o impactos generados de las actividades actualmente presentes en la zona) y evaluación ambiental con proyecto (posibles impactos generados por futuras actividades de la modificación de la licencia ambiental). La metodología utilizada para la Evaluación del Impacto Ambiental fue la propuesta por Conesa Fernández – Vítora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental: Conesa Fernández –Vítora, Vicente (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.

La importancia ambiental (IM) se determinó realizando la sumatoria de las calificaciones dadas a los aspectos tenidos en consideración tanto para el escenario sin proyecto, como con proyecto.

El resultado final de la evaluación de cada impacto correspondió a la clasificación de los impactos con base en los valores de importancia establecidos, los cuales se definieron como irrelevante, moderado, severo y crítico para los impactos de carácter negativo, y, poco importante, importante y muy importante para los impactos de carácter positivo.

2.3.11.1 Identificación de las actividades impactantes en los escenarios CON y SIN Proyecto

Para el escenario sin proyecto las actividades que generan impactos fueron aquellas identificadas en campo, y en el caso del escenario con proyecto, se relacionaron aquellas descritas en el Capítulo 3 del presente documento y que son objeto de la presente solicitud de Licencia ambiental. En ambos casos estas actividades corresponden a condiciones de selección o agrupación de las actividades y las acciones de estas, como:

- Aquellas actividades que modifican el uso del suelo.
- Aquellas actividades que alteran la calidad del aire ya sea por la emisión de gases, material particulado o de ruido.
- Aquellas actividades que alteran la calidad y disponibilidad de las aguas asociadas a los ambientes naturales o su oferta para sustentar la vida.
- Aquellas actividades que implican el aprovechamiento de los recursos naturales renovables o no renovables.
- Aquellas que pueden afectar el medio biótico mediante la disminución o pérdida de hábitats para las especies de flora y fauna.

- Aquellas actividades que deterioran el paisaje modificando la topografía, el suelo, la vegetación, la naturalidad y singularidad de los elementos que lo conforman.
- Aquellas actividades que trascienden sus efectos sobre la infraestructura social y alteran o deterioran el entorno social, económico y cultural.

2.3.11.2 Identificación de los impactos en los escenarios CON y SIN Proyecto

Los impactos generados por las actividades antrópicas y el uso de los recursos naturales en el área de influencia del proyecto y los impactos que pueden producirse a partir de las actividades del proyecto se identificaron mediante la relación causa/efecto que puede darse en los escenarios evaluados.

En el escenario sin proyecto se relacionaron los impactos identificados mediante el análisis de las actividades que se desarrollan actualmente en el área de influencia del proyecto que están generando impactos ambientales a los medios abiótico, biótico, y socioeconómico, incluyendo tanto las que desarrollan otras industrias y los habitantes de la zona, como las propias del sector de hidrocarburos. En el escenario con proyecto se evaluaron las actividades objeto de la presente solicitud.

2.3.11.3 Determinación de la importancia en los impactos ambientales

Para la determinación de la importancia de los impactos en ambos escenarios, se realizó un proceso de valoración, con el equipo inter y multidisciplinario de profesionales, encargados de valorar cada atributo de los impactos, analizando las actividades presentes y futuras en el área de influencia, con el fin de identificar aquellas que mayor impacto causan o causarán en los medios abiótico, biótico y socioeconómico, determinando sobre qué componente se manifiestan o manifestarán, según sea el escenario. A continuación, se presentan los criterios con los que se realizó la valoración de impactos ambientales de acuerdo con la metodología presentada en el capítulo 2 del presente estudio.

Tabla 2-120 Criterios de evaluación de impactos y rangos de calificación

CRITERIO	DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN
Carácter (Ca)	Hace alusión al carácter del impacto que genera una acción sobre el medio y puede ser beneficioso o perjudicial.	Beneficioso	(+)	El impacto produce un efecto benéfico para el elemento ambiental evaluado.
		Perjudicial	(-)	El impacto produce un impacto perjudicial para el elemento ambiental evaluado.
Intensidad (In)	Se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el componente, en el ámbito específico en que actúa. Expresa el grado de alteración del componente considerado en el caso en que se produzca un efecto negativo, independientemente de la extensión afectada.	Baja	1	Su efecto solo es una modificación mínima sobre el elemento socio-ambiental evaluado.
		Media	2	Aunque se presentan cambios o modificaciones, estos no representan una afectación grave sobre el elemento socio-ambiental evaluado.
		Alta	4	El impacto se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos.
		Muy Alta	8	Cuando el impacto que se produce corresponde al máximo permitido por la normatividad ambiental colombiana respecto al grado de conservación del elemento afectado.
		Total	12	Expresará una afectación total del componente en el área en la que se produce el impacto.
Extensión (Ex)	Hace referencia a la localización de los efectos, teniendo en cuenta el área	Puntual	1	Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado, es decir, únicamente sitio de intervención. Desde el

CRITERIO	DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN
	de influencia del proyecto según el elemento socio-ambiental evaluado.			punto de vista social se refiere a nivel predial.
		Parcial	2	Los efectos superan los sitios de intervención, encontrándose aun dentro del área de influencia del proyecto. En lo concerniente al medio social, se refiere a nivel vereda.
		Extenso	4	Los efectos trascienden los sitios más cercanos del área de influencia con respecto al proyecto. Desde el punto de vista social hace referencia a nivel municipal.
		Total	8	El impacto abarca en su totalidad el área de influencia. Para el medio social su cobertura extiende a todas las poblaciones del área de influencia.
Momento (Mo)	Se refiere al plazo de manifestación del impacto en función del tiempo que transcurre entre la aparición de la acción que lo genera y el comienzo del efecto sobre el componente o medio evaluado.	Inmediato	4	El impacto se presenta una vez inicia la actividad.
		Corto plazo	3	Se presenta entre 1 a 3 meses después
		Mediano plazo	2	Se presenta entre 4 a 10 meses después.
		Largo plazo	1	Impacto tarda más de 10 meses después en aparecer
Persistencia (Pe)	Se refiere al tiempo que permanecerá el impacto desde su aparición y a partir del cual el componente afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción.	Fugaz	1	Si el efecto dura menos de un mes.
		Temporal	2	Si dura entre 1 y 3 meses.
		Persistente	3	Si dura entre 4 y 10 meses
		Permanente	4	Si la duración es mayor a 10 meses
Periodicidad (Pr)	Se refiere a la frecuencia con que se presenta el efecto o la alteración producida sobre el ecosistema.	Irregular	1	El aspecto ambiental evaluado genera el impacto de manera impredecible o solo una vez en el tiempo.
		Periódico	2	El aspecto ambiental evaluado genera el impacto de manera cíclica o recurrente.
		Continuo	4	El aspecto ambiental evaluado genera el impacto de manera constante en el tiempo.
Recuperabilidad (Rc)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del componente afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la ejecución del proyecto, por medio de la introducción de medidas correctivas y restauradoras.	Recuperable	1	Es un impacto recuperable o neutralizable de manera inmediata sin medidas.
		Corto plazo	2	Cuando el impacto se da, pero al aplicar medidas de manejo se recupera a corto plazo
		Mediano plazo	3	Cuyo efecto puede eliminarse por medidas correctoras asumiendo una alteración que puede ser reemplazable.
		Largo plazo o mitigable	4	Cuyo efecto puede atenuarse mediante medidas mitigadoras.
		Irrecuperable	8	Cuya alteración o pérdida del medio es imposible de reparar.
Reversibilidad (Rv)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del componente potencialmente afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, una vez está deja de actuar sobre el medio.	Corto plazo	1	El elemento socioambiental afectado retorna por sí solo a sus condiciones naturales en menos de 12 meses.
		Mediano plazo	2	El elemento ambiental tarda en retornar a sus condiciones naturales entre 1 y 5 años.
		Largo plazo	3	El elemento ambiental puede retornar a sus condiciones naturales entre 5 y 10 años
		Irreversible	4	El elemento ambiental tarda más de 10 años, o se supone la imposibilidad de retornar por medios naturales a la situación anterior

CRITERIO	DEFINICIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN
Efecto (Ef)	Se refiere a la relación causa – efecto, o sea a la forma de manifestarse el impacto sobre un componente, como consecuencia de una acción.	Directo	4	Cuando la relación causa efecto es directa.
		Indirecto	1	Cuando los impactos no son consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un impacto primario.
Sinergia (Si)	Se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Así mismo, se incluye en este tipo aquel impacto cuyo modo de acción induce con el tiempo a la aparición de otros nuevos impactos, de superior manifestación.	Sin sinergismo	1	Cuando el impacto no es sinérgico con otros impactos.
		Altamente sinérgico	4	Cuando el impacto es sinérgico con otros impactos generados por otras actividades presentes en el área de influencia o con actividades a desarrollar por el proyecto.
Acumulación (Ac)	Cuyo efecto al prolongarse en el tiempo, incrementa progresivamente su gravedad por carecer el medio de mecanismos de eliminación efectivos similares al incremento del impacto.	No Acumulativo	1	Cuando una acción se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individualizado, sin consecuencias en la inducción de nuevos impactos.
		Acumulativo	4	Cuando al prolongarse en el tiempo, incrementa progresivamente la magnitud del impacto, al carecer el medio de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.
IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA)	IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA) = ±Ca (3In+2Ex+Mo+Pe+Pr+Rv+Rc+Ef+Si+Ac)			
IMPACTOS SIGNIFICATIVOS	MODERADO, SEVERO Y CRÍTICO			

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.11.3.1 Importancia ambiental del impacto (IA)

La importancia ambiental del impacto es la estimación del impacto con base en el grado de manifestación cualitativo del impacto y viene representada por un valor que se deduce mediante un modelo que se encuentra en función del valor asignado a cada una de las variables analizadas.

$$\text{IMPORTANCIA AMBIENTAL (IMA)} = \pm Ca (3IN + 2EX + MO + PE + PR + RV + RC + EF + SI + AC)^{130}$$

Los resultados de la importancia serán clasificados de la siguiente manera:

Tabla 2-121 Categorías de la Importancia del Impacto	
CARÁCTER NEGATIVO	
Irrelevante	Menor a -25
Moderado	Entre -25 y -50
Severo	Entre -50 y -75
Crítico	Superior a -75
CARÁCTER POSITIVO	
Leve	Menor a 25
Considerable	Entre 25 y 50
Relevante	Entre 50 y 75
Muy Relevante	Superior a 75

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

¹³⁰ Conesa Fernández-Vítora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Ros Garro, V. (1997). *Guía metodológica de evaluación del impacto ambiental* (3 ed.). España: Mundi-Presa.

2.3.11.4 Identificación y evaluación de impactos acumulativos y sinérgicos

En el proceso para la identificación de impactos acumulativos y sinérgicos se realizó el siguiente proceso metodológico:

En primera medida se elevó la consulta a las Autoridades Ambientales: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, Corporación Autónoma Regional de la Guajira– CORPOGUAJIRA, respecto a la existencia de licencias ambientales expedidas en el área del proyecto.

A partir de la información suministrada por estas entidades y con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, se estructuró de la siguiente manera:

1. **Identificación y Clasificación de Proyectos Superpuestos:** Primero, se recopila información exhaustiva sobre los proyectos existentes en el área de influencia. Luego, se identifican aquellos proyectos que se superponen o tienen el potencial de hacerlo con el proyecto en análisis. Estos proyectos superpuestos se clasifican según su naturaleza, facilitando así su posterior análisis.
2. **Análisis Espacial de Impactos:** Mediante el uso de herramientas especializadas, se mapea la distribución geográfica de los impactos de los proyectos superpuestos. Esto permite identificar áreas donde se concentran los impactos y áreas sensibles que podrían ser afectadas por la superposición de proyectos.
3. **Análisis Temporal de Impactos:** Se analiza la temporalidad de los impactos de los proyectos superpuestos, considerando su fase de desarrollo y duración. Se estima la secuencia temporal en la que los impactos pueden ocurrir y su posible evolución a lo largo del tiempo.
4. **Análisis y Homologación de Impactos:** Se procede a evaluar los impactos individuales de cada proyecto superpuesto, considerando sus efectos en aspectos ambientales, sociales y económicos. Posteriormente, se homologan estos impactos para establecer criterios comparables y facilitar su análisis conjunto.
5. **Determinación de Impactos Acumulativos y Sinérgicos:** Se identifican los impactos que se suman o se potencian debido a la superposición de proyectos, así como aquellos que surgen como resultado de la interacción entre ellos.
6. **Manejo de Impactos Acumulativos y Sinérgicos:** El manejo general de los impactos se realizará siguiendo las directrices establecidas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), específicamente en su capítulo dedicado a la gestión de impactos de cada proyecto con el fin de individualizar las responsabilidades y demostrar la posibilidad de coexistencia.
7. **Limitaciones de la información:** Da a conocer las restricciones de tipo documental que se presentaron durante la elaboración del documento y como éstas fueron solucionadas con el fin de aportar la mayor información posible para dar cumplimiento al requerimiento en mención.

2.3.11.5 Valoración económica

La **valoración económica ambiental**, es un procedimiento que se vale de distintas técnicas cualitativas y/o cuantitativas, que buscan asignar un valor monetario a las alteraciones positivas y negativas generadas por el desarrollo de un proyecto¹³¹. Convirtiéndose así, en una herramienta útil para la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del proyecto.

Para realizar la evaluación económica ambiental, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, propone diferentes metodologías que pueden utilizarse según los requerimientos y alcances de cada proyecto. Para este, la metodología se enfoca en reconocer dentro del grupo de impactos ambientales identificados, aquellos que toman mayor relevancia por sus efectos adversos o favorables

¹³¹ Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental, Pág. 17, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, 2017.

sobre los servicios ecosistémicos existentes en el área de influencia del proyecto, toda vez que la alteración de algunos de estos factores podrían afectar la calidad de vida de la sociedad de manera parcial o total. Entonces, el proceso de evaluación económica se realiza conforme se muestra en la **Figura 2-111** Estructura que se fundamenta en el documento “*Criterios Técnicos para el uso de Herramientas Económicas en los proyectos, obras o Actividades objeto de Licenciamiento Ambiental*”.



Figura 2-111 Estructura metodológica en el desarrollo de la evaluación económica ambiental

Fuente: Criterios técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, Obras o Actividades Objeto de Licenciamiento Ambiental, Adaptado; Geocol Consultores S.A., 2024.

Para el desarrollo de la evaluación económica ambiental se parte de la identificación de impactos significativos.

Este **primer paso** se subdivide en el uso de dos criterios de selección:

El primer criterio corresponde al Nivel de importancia en la jerarquización de impactos: A partir de la elaboración de la matriz de aspectos e impactos ambientales se organizan los impactos de manera jerárquica según su nivel de importancia ambiental. Con esto se seleccionan los impactos que generan las mayores pérdidas o beneficios, también llamados impactos relevantes, entendiendo que los impactos restantes (los irrelevantes) generan de igual forma pérdidas y beneficios, pero en menor proporción.

El segundo criterio corresponde a la **presencia de elementos ecológicos vulnerables**, que hace referencia a la vulnerabilidad que presentan ciertos componentes ambientales de algunas zonas o regiones del territorio a intervenir, dada su escasez o fragilidad. Este criterio, establece los impactos que pueden presentarse en las zonas identificadas como vulnerables dentro del proyecto y que por principio de precaución deban ser sometidos a los siguientes pasos de la evaluación económica ambiental.

Para **el segundo paso** se presenta la cuantificación biofísica de impactos, en la cual se parte de la identificación de cada uno de los servicios ecosistémicos que prestan a la comunidad como: **servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios de soporte y servicios culturales** (FAO- Ecosystems

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Services & Biodiversity); una vez identificados, se calcula en unidades biofísicas los flujos de beneficios y costos. Se identifica tanto el indicador de línea base como su cambio en la cuantificación biofísica, ambas estimaciones expresadas en las mismas unidades del impacto, es decir: hectáreas, toneladas de producción de un bien por hectárea, usuarios, entre otras.

El **tercer paso**, se relaciona con la **clasificación de los impactos internalizables y los no internalizables**, por la cual se identifican aquellos impactos que, a través de las medidas de manejo establecidas por el Plan de Manejo Ambiental, pueden ser prevenidos o corregidos. Esto determina el modo en que se evitan o corrigen los impactos identificados como significativos de carácter negativo. Por otro lado, se identifican los impactos no internalizados, dadas las medidas de manejo de tipo: mitigación y/o compensaciones asociadas, teniendo en cuenta que dichas medidas no internalizan los impactos, debido a las externalidades que presentan a pesar de la aplicación de las medidas de manejo.

Una vez clasificados los impactos internalizables, definiendo el cambio en sus características ambientales, se procede al **cuarto paso el análisis de internalización**. En este se toman aquellos impactos que se determinaron como internalizados y se presenta la proyección de costos estipulados en cada medida para la etapa de construcción enfocadas en prevenir o corregir su efecto; de esta manera se conoce el costo y temporalidad de la internalización.

El **quinto paso** se enfoca en la valoración económica de los impactos relevantes no internalizables o análisis costo beneficio. En este se toma como insumo la relación de los impactos relevantes con los servicios ecosistémicos asociados y su cambio biofísico para así, por medio de la aplicación de diferentes metodologías es posible cuantificar dichos cambios ambientales en términos monetarios. Para poder determinar esta alteración, se toma en consideración elementos de la economía del bienestar para valorar todas las externalidades negativas, que se asumen como costos, y los beneficios o externalidades positivas.

Para el **sexto paso**, se toman en consideración los resultados de las valoraciones económicas, a partir de estos se efectúa el cálculo de los indicadores económicos. Con esta información también se crea el flujo de costos y beneficios, a este flujo le es aplicada la tasa social de descuento propuesta por la ANLA, mediante la *“Guía para la Definición de la tasa de Descuento: Aspectos relevantes en el marco del Licenciamiento Ambiental en Colombia”* (2018). Dicha tasa es seleccionada a partir de la temporalidad del proyecto y es fundamental para calcular el valor presente neto (VPN) de los costos y beneficios, junto con la relación beneficio costo (RBC) del proyecto. Luego de hallar estos indicadores económicos se lleva a cabo el análisis de sensibilidad, este evalúa la viabilidad del proyecto en escenarios alternos donde se presenten cambios en los niveles de percepción Inter temporal del bienestar, lo anterior de acuerdo con cambios en la tasa social de descuento o modificaciones en la percepción del bienestar que pueda presentar la sociedad por factores externos al proyecto.

El **último paso** se encarga de integrar los resultados obtenidos en el análisis costo beneficio con los demás aspectos del estudio de impacto ambiental para el Proyecto, para que de esta forma se tenga una idea más cercana a la realidad de los cambios generados por el proyecto sobre las relaciones entre la comunidad y el ecosistema. Es decir, se determina si el desarrollo y/o ejecución del proyecto genera o no ganancias al bienestar social.

2.3.12 Zonificación de manejo ambiental del proyecto

La zonificación de manejo del área de influencia físico-biótica se realizó con base en los lineamientos establecido en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, adoptada por la ANLA mediante Resolución 1402 del 25 de julio de 2018, modificada por la Resolución 0114 de 2019 y los Términos de referencia TdR-17 de 2018. La zonificación de manejo define el grado de vulnerabilidad del medio natural frente a las actividades a realizarse en el área del proyecto y su área de influencia y fomenta la implementación de medidas de manejo apropiadas.

La zonificación de manejo será el resultado de integrar al análisis la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades previstas, los posibles impactos ambientales a generar por las diferentes actividades del proyecto, con el fin de identificarlas posibles restricciones que se pueden presentar, con el fin de implementar un proceso de planificación ambiental para la actividad.

2.3.12.1 Especialización de impactos

Con el fin de representar gráficamente la manifestación de los impactos potenciales del proyecto, a través del uso de la herramienta GIS, y con base en los mapas temáticos, así como los resultados de la evaluación ambiental, se definieron los polígonos de la especialización de los impactos más relevantes que se generarían por la ejecución de las actividades del proyecto. Estos polígonos resultantes se calificaron con el valor de significancia ambiental más alto obtenido en la matriz de evaluación ambiental, de acuerdo con la **Tabla 2-122**.

Tabla 2-122 Homologación de la significancia ambiental para la especialización de impactos

SIGNIFICANCIA AMBIENTAL	VALOR
Crítico	5
Severo	4
Moderado	3
Leve	2
Irrelevante	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.12.2 Zonificación preliminar de manejo

De acuerdo con la relación establecida, la intervención en las diferentes áreas estará enmarcada en la jerarquía de la mitigación, considerando como primera opción acciones encaminadas a evitar y prevenir la ocurrencia de los impactos y sus efectos negativos (medidas de prevención); en segunda opción las acciones dirigidas a reducir o minimizar los impactos (medidas de mitigación); como tercera opción, las medidas planteadas para recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio afectados por el proyecto (medidas de corrección), y finalmente establecer acciones para resarcir y retribuir a las comunidades, la región y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por el proyecto que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados (medidas de compensación) (MAVDT, 2010).

La zonificación de manejo ambiental tiene en cuenta los grados de sensibilidad/importancia y la valoración máxima de los impactos más relevantes de cada uno de los componentes ambientales frente a las intervenciones que serán realizadas por parte del proyecto.

Para definir las categorías de manejos se aplica la siguiente matriz de interacción entre zonificación ambiental y zonificación de impactos.

Tabla 2-123 Matriz de interacción para la zonificación de manejo ambiental

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	ZONIFICACIÓN DE IMPACTOS				
	Crítico	Severo	Moderado	Leve	Irrelevante
S/I Muy Alta	Exclusión (EX)	Exclusión	Exclusión	Exclusión	Exclusión
S/I Alta	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Alta
S/I Moderada	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Media	Intervención con Restricción Media	Intervención con Restricción Media
S/I Baja	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Media	Áreas de intervención (Sin restricción)	Áreas de intervención (Sin restricción)
S/I Muy baja	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Media	Áreas de intervención (Sin restricción)	Áreas de intervención (Sin restricción)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Con base en el cuadro anterior, para cada uno de los medios se genera la zonificación de manejo respectiva, que, al superponerse por máximos, se obtendrá la zonificación de manejo preliminar para el área de influencia fisicobiótica del proyecto.

2.3.12.3 Inclusión de restricciones legales y áreas de interés ambiental

Para la inclusión de los elementos de carácter especial y/o dominantes (legales) se utilizó la normativa ambiental vigente del orden nacional, regional y local, expuestas en la zonificación ambiental (Capítulo 6), asociando la sensibilidad ambiental de estos elementos con categorías de manejo ambiental, de acuerdo a la **Tabla 2-124**.

Tabla 2-124 Homologación de criterios especiales y/o dominantes para la zonificación de manejo

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	ZONIFICACIÓN DE MANEJO
Muy Alta	Exclusión
Alta	Intervención con Restricción Alta
Moderada	Intervención con Restricción Moderada
Baja	Áreas de intervención (Sin restricción)
Muy baja	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

2.3.12.4 Zonificación final de manejo ambiental

La zonificación final se deriva de la inclusión o superposición de las restricciones legales sobre la zonificación preliminar; esta superposición se hace por máximos, de esta manera, las áreas de exclusión se priorizan sobre las áreas de intervención con restricción (IR) y sobre las áreas intervención (AI) y así sucesivamente, tal y como se muestra en la matriz de decisión (Ver **Tabla 2-125** y **Figura 2-112**).

Tabla 2-125 Matriz de decisión definitiva para la zonificación de manejo ambiental

ZONIFICACIÓN DE MANEJO PRELIMINAR	RESTRICCIÓN NORMATIVA			
	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Moderada	Áreas de intervención
Exclusión	Exclusión (EX)	Exclusión	Exclusión	Exclusión
Intervención con Restricción Alta	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Alta
Intervención con Restricción Moderada	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Media	Intervención con Restricción Media
Áreas de intervención	Exclusión	Intervención con Restricción Alta	Intervención con Restricción Media	Áreas de intervención

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El grado de intervención que se puede efectuar en el área de influencia del proyecto, se clasifica en cuatro (4) categorías que se enuncian a continuación:

Áreas de exclusión (EX): Corresponde a áreas en las que los valores de fragilidad integran relaciones de Sensibilidad /Importancia Muy Alta y/o impactos con significancia ambiental Crítica. Incluyen las áreas donde por la sensibilidad ambiental y social no se pueden desarrollar nuevas actividades del proyecto a excepción de aquellas aprobadas por Autoridad Ambiental asociadas a la demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales.

Áreas de intervención con restricciones altas (IRa): Corresponde a áreas en las que los valores de fragilidad integran relaciones de Sensibilidad /Importancia Alta y/o impactos con significancia Severa. **Se** Consideran aquellos sitios que por su naturaleza, estado o magnitud requieren que las actividades a desarrollar cuenten con un manejo y control ambiental especial o específico para minimizar la afectación sobre estos

Áreas de intervención con restricciones media (IRm): Corresponde a áreas en las que los valores de fragilidad integran relaciones de Sensibilidad /Importancia moderada y/o impactos con significancia moderada. **Se** Consideran aquellos sitios que por su naturaleza, estado o magnitud requieren que las actividades a desarrollar cuenten con un manejo y control ambiental especial o específico, principalmente asociados a medidas de prevención y mitigación en el corto plazo, para minimizar la afectación sobre estos.

Áreas de intervención (AI): Corresponden a las áreas en las que es posible desarrollar el proyecto, ya que agrupan áreas con Baja y Muy baja relación de Sensibilidad/Importancia, así como a impactos con significancia ambiental leves e irrelevantes. En este caso, se requeriría de la implementación de acciones de prevención en el largo y corto plazo.

La relación funcional entre las categorías de clasificación para la zonificación de manejo ambiental y la sensibilidad/importancia, se muestra en la **Figura 2-112**.

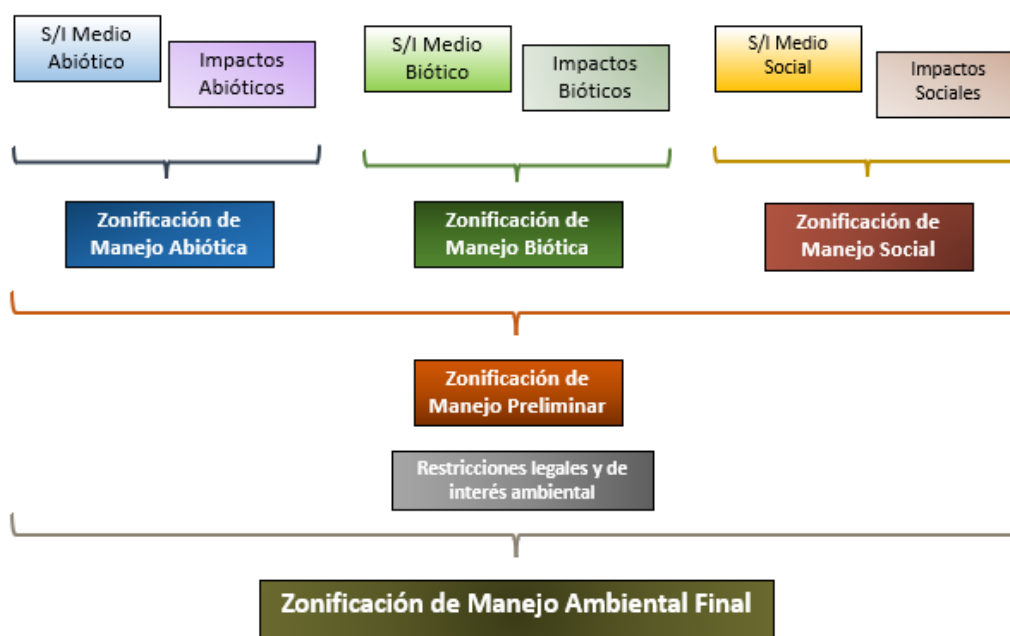


Figura 2-112 Proceso de obtención de la zonificación de manejo ambiental del proyecto.

Fuente: GEOCOL CONSULTORES, 2024.

2.3.13 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental del proyecto tiene como objetivo principal, establecer los lineamientos generales que permitan un adecuado manejo de los elementos pertenecientes a los componentes Abiótico, Biótico y Socioeconómico durante las actividades que se ejecutarán en el área de influencia, se establecen las acciones de manejo ambiental específicas para las actividades a desarrollar, de acuerdo con las condiciones técnicas particulares y las características del área donde se desarrollen.

De esta forma, el Plan de Manejo Ambiental que se presenta, contempla Programas y Subprogramas para la atención de los impactos que se puedan registrar a los elementos de los medios Biótico, Físico y Social, dando manejo a las afectaciones particulares, identificadas en la evaluación de impactos ambientales.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

Cada programa de manejo ambiental se presentará en forma de fichas, bajo la siguiente estructura (ver Figura 2-113).

Objetivo: Señala de manera específica y precisa la finalidad que se pretende desarrollar con la estrategia de manejo ambiental.

Meta: Presentar las metas a alcanzar, indicándose el momento de aplicación de la medida a que corresponden.

Etapas: Hace alusión a la actividad propia del proyecto que genera el impacto en el área.

Impactos ambientales por manejar: Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos o mitigados.

Indicadores: Corresponde a una expresión determinada que proporciona información sobre una condición ambiental.

Tipo de Medida: Está relacionado con la acción a tomar para prevenir, corregir, recuperar o compensar los impactos generados.

Medidas de prevención: Son las acciones encaminadas a evitar los impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.

Medidas de mitigación: Son las acciones dirigidas a minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente.

Medidas de corrección: Son las acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por el proyecto, obra o actividad.

Medidas de compensación: Son las acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no pueden ser evitados, corregidos o mitigados.

Acciones a desarrollar: Corresponde a la descripción de las medidas a desarrollar para el adecuado manejo de los impactos.

Lugar de Aplicación: Sitio, área o trayecto donde se aplicará la medida.

Responsable de la Ejecución: Identifica la empresa, entidades u organizaciones y personas que directamente asumirán la ejecución de la medida.

Personal Requerido: Corresponde a las características de formación profesional, capacitación y experiencia requerida para el personal que dirige, desarrolla y verifique la ejecución de la medida.

Población beneficiada: Corresponde a la población que se verá beneficiada por las medidas establecidas en cada una de las actividades proyectadas para el proyecto.

Mecanismos y estrategias participativas: Acciones e instrumentos de carácter grupal para fomentar la participación de los empleados y de la comunidad en las diferentes actividades proyectadas para el desarrollo del proyecto.

Cronograma de Ejecución: Indica el tiempo de ejecución de la medida y el momento de aplicación, respecto del cronograma planteado para el proyecto.

Cuantificación y Costos: Establece la unidad de medición, la cantidad, el costo unitario y el costo total.

PM-A02 – MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS					
Impactos Estandarizados			Impactos Específicos		
Objetivos					
Meta del programa					
Indicadores de seguimiento					
Nombre del indicador	Código del indicador	Descripción	Indicador / Formula	Tipo	Valor de cumplimiento del indicador
Tipo de medida					
Lugar de aplicación					
Periodo de ejecución					
Etapa					
Pre-construcción					
Construcción			X		
Operación y mantenimiento			X		
Desmantelamiento y abandono			X		
Descripción de actividades					
Mecanismos y estrategias participativas					
Responsables de la ejecución					
Ente/Institución		Responsabilidad			
Cronograma de ejecución					
Descripción acción de manejo		Etapa		Frecuencia	
Recursos					
Recursos necesarios-			Costo aproximado		

Figura 2–113 Formato de ficha de Plan de manejo ambiental

Fuente: GEOCOL CONSULTORES, 2024.

2.3.14 Plan de seguimiento y monitoreo

El Plan de Seguimiento y Monitoreo establece las estrategias que permiten verificar el cumplimiento de las medidas de manejo ambiental para las actividades a desarrollar durante el proyecto, relacionadas en los programas del Plan de Manejo Ambiental, con el fin de realizar el seguimiento y control a las medidas propuestas para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos generados por el proyecto durante sus diferentes etapas (Ver **Figura 2–114**).

- Estructura.
- Las acciones de seguimiento y monitoreo a los planes y programas tienen como alcance.
- Identificar indicadores de seguimiento.
- Describir las acciones a desarrollar para obtener la información y/o datos que permitan calcular los indicadores propuestos en el PMA.
- Definir criterios utilizados para el planteamiento de cada indicador.
- Establecer la frecuencia de medición.
- Justificar la representatividad del indicador planteado, así como de la información utilizada para su cálculo.

Para el seguimiento y monitoreo de los componentes, grupo de componentes o medio, el plan incluye:

- Objetivos.
- Componentes o grupo de componentes a monitorear.
- Indicadores orientados a establecer las alteraciones en la tendencia de los medios (cuantitativos y cualitativos, especificando lo que se pretende medir y monitorear con cada uno).
- Localización de los sitios de monitoreo, cuando aplique, con la respectiva ubicación cartográfica.
- Identificación de las medidas de manejo que inciden en la tendencia del medio.
- Descripción de los procedimientos utilizados para medir la tendencia del medio, relacionando los instrumentos necesarios.
- Periodicidad y duración del monitoreo.
- Criterios para el análisis e interpretación de resultados.

PS-AB1 SEGUIMIENTO Y MONITOREO AL PROGRAMA DEL MANEJO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (SOBRANTES DE EXCAVACIÓN-EXPLANACIÓN, ESCOMEROS- RCD).								
MEDIO AMBIENTAL A MONITOREAR								
Abiótico	X	Biótico		Socioeconómico				
OBJETIVOS								
ETAPA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO								
Pre- Construcción								
Construcción								
Operación y mantenimiento								
Desmantelamiento y abandono								
IMPACTO(S) A MONITOREAR Y/O SUPERVISAR								
Impactos Estandarizados			Impacto Específicos					
TIPO DE MEDIDA								
Monitoreo		Seguimiento		X				
PROGRAMAS ASOCIADOS DEL PMA								
LUGAR DE APLICACIÓN								
RESPONSABLE DE EJECUCIÓN								
Ente/Institución			Responsabilidad					
METAS E INDICADORES								
Actividad	Meta	Código indicador	Indicador	Tipo de indicador (cumplimiento, eficacia, eficiencia)	Frecuencia de implementación	Valor	Descripción del indicador	Mecanismo de verificación
Descripción acción de manejo		Etapa			Frecuencia			

Figura 2-114 Formato de ficha de Seguimiento y manejo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.15 Plan de gestión del riesgo

La valoración del riesgo incluye la Identificación, caracterización, análisis y evaluación de amenazas, Identificación, caracterización, análisis y evaluación de la vulnerabilidad de elementos expuestos y la Identificación, caracterización, análisis y evaluación de escenarios de riesgo, concordante con el análisis y evaluación del riesgo en la Ley 1523 de 2012, para estimar daños y pérdidas potenciales, con el propósito de definir tipos de intervención mediante la reducción del riesgo o del manejo del desastre.

Para la realización del presente análisis en el área de interés, se determinó como metodología a seguir la denominada “Análisis Preliminar de Riesgos”, en la cual tras la recopilación de información se confecciona un listado de riesgos asociados a los elementos del sistema definidos en la primera etapa del análisis y se registran los resultados. Luego, en etapas posteriores para cada peligro detectado, se determinarán las posibles causas, efectos, reducción del riesgo o del manejo del desastre. Para obtener los resultados finales, se han seguido los siguientes pasos:

- Identificación de las amenazas (Origen natural, tecnológico, sociopolítico y operacional).
- Identificación de los elementos expuestos (Sociopolíticos, Naturales, Elementos Operacionales).
- Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- Análisis de Riesgos.
- Estimación de áreas de afectación.
- Determinación de medidas de reducción del riesgo.

Por su parte la metodología utilizada para el análisis de riesgos es una adaptación de Geocol Consultores S.A de la metodología descrita en el documento Uso de la Matriz de Valoración de Riesgos – RAM (Risk Assesment Matrix) de Ecopetrol.

Esta matriz es una herramienta que permite evaluar los riesgos y clasificarlos, permitiendo determinar el nivel de planeación para atender una emergencia según la aceptabilidad de riesgo. Esta planeación puede ser de orden general o detallado y determina el nivel de respuesta y de recursos. En la **Figura 2-115** se presenta la guía metodológica del análisis de riesgo.

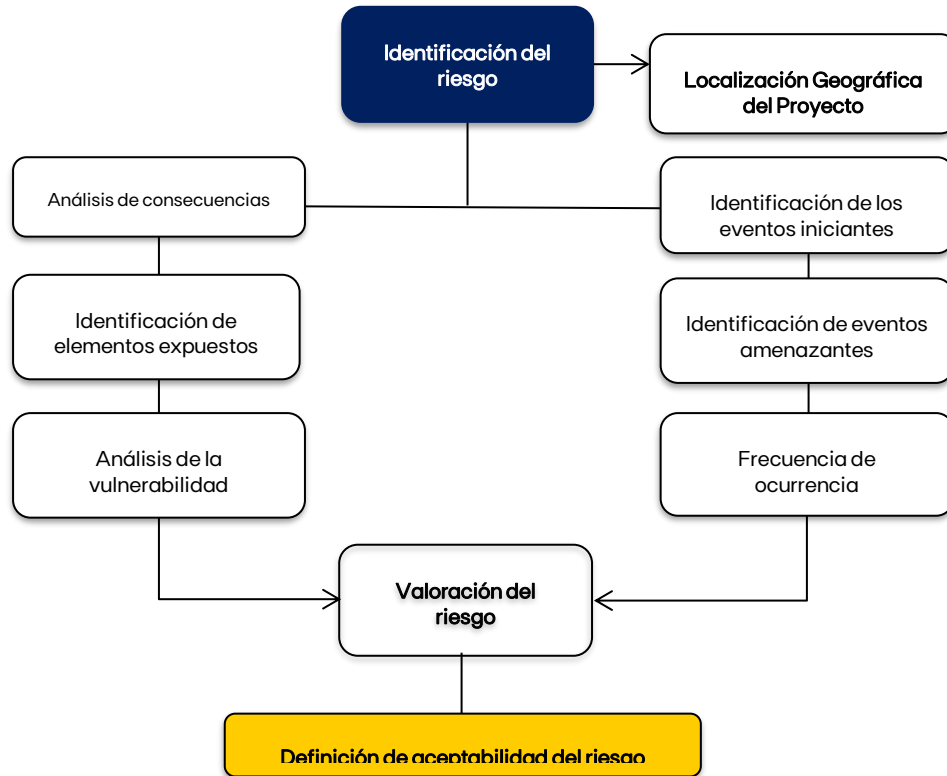


Figura 2-115 Guía metodológica del análisis de riesgo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.15.1 Calificación de la probabilidad

Los parámetros de referencia para evaluar el evento amenazante en términos de la probabilidad, se presentan en la siguiente tabla. En primer lugar, se determina la probabilidad de ocurrencia asignando a cada amenaza, una calificación cuantitativa utilizando el concepto de “frecuencia”, véase **Tabla 2-126**.

Tabla 2-126 Escala de probabilidad de amenaza

ESCALA CUALITATIVA	CALIFICACIÓN	GRADO	FRECUENCIA AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL	FRECUENCIA AMENAZAS DE ORIGEN TÉCNICO Y ANTRÓPICO	
				Probabilidad de siniestros	Casos / año
Frecuente	5	Muy Alta	Cuando la magnitud del evento amenazante es el que corresponde a un periodo de retorno anual.	Significativa probabilidad de ocurrencia; sucede en forma reiterada, entre 1 vez y 10 veces al año	Entre 1.0 y 10
Probable	4	Alta	Cuando la magnitud del evento amenazante es el que corresponde a un periodo de retorno de 10 años.	Mediana probabilidad de ocurrencia; sucede algunas veces, una vez entre 1 y 5 años.	Entre 0.2 y 1.0
Ocasional	3	Media	Cuando la magnitud del evento amenazante es el que corresponde a un periodo de retorno de 15 años.	Limitada probabilidad de ocurrencia; sucede en forma esporádica, una vez entre los 5 y los 20 años	Entre 0.05 y 0.2

ESCALA CUALITATIVA	CALIFICACIÓN	GRADO	FRECUENCIA AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL	FRECUENCIA AMENAZAS DE ORIGEN TÉCNICO Y ANTRÓPICO	
				Probabilidad de siniestros	Casos / año
Remota	2	Baja	Cuando la magnitud del evento amenazante es el que corresponde a un periodo de retorno de 25 años.	Baja probabilidad de ocurrencia; ha sucedido o se espera que suceda solo pocas veces, una vez entre los 20 y 50 años.	Entre 0.02 y 0.05
Improbable	1	Muy Baja	Cuando la magnitud del evento amenazante es el que corresponde a un periodo de retorno > 50 años.	Difícil que ocurra; se espera que ocurra menos de una vez en 50 años.	Menos de 0.02

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.15.2 Calificación de las consecuencias

Una vez se identifican los elementos expuestos, se estima la gravedad de las consecuencias ante la ocurrencia de una posible amenaza en términos de fragilidad y exposición. Una vez realizado lo anterior, se determina la vulnerabilidad, la cual corresponde a la predisposición de sufrir pérdidas o daños materiales físicos, ambientales, sociales y económicos de los seres humanos y sus medios de subsistencia. Ésta se asocia directamente con la fragilidad y exposición que tiene la materialización del evento amenazante sobre los elementos vulnerables.

En la **Tabla 2-127** a la **Tabla 2-129** se presentan los criterios para calificar la fragilidad que pueda llegar a generar la materialización de cada amenaza, estableciendo un análisis de la vulnerabilidad.

Tabla 2-127 Fragilidad socioeconómica

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE LA GRAVEDAD
Muy Alta	Impacta negativamente cualquier actividad productiva (pesca y acuicultura; industria y comercio; turismo u otro tipo de actividades) y/o algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es irrecuperable, suponen la imposibilidad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.	5
Alta	Impacta negativamente cualquier actividad productiva (pesca y acuicultura; industria y comercio; turismo u otro tipo de actividades) y/o algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es irreversible, es decir, suponen la dificultad alta de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.	4
Media	Impacta cualquier actividad productiva (pesca y acuicultura; industria y comercio; turismo u otro tipo de actividades) y/o algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es reversible, es decir, las alteraciones pueden ser asimiladas por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido a los mecanismos de autodepuración del medio.	3
Baja	Impacta cualquier actividad productiva (pesca y acuicultura; industria y comercio; turismo u otro tipo de actividades) y/o algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es mitigable, es decir, pueden ser mitigados o disminuidos de manera significativa, gracias al establecimiento de medidas correctoras por la acción del hombre.	2
Muy Baja	Impacta cualquier actividad productiva (pesca y acuicultura; industria y comercio; turismo u otro tipo de actividades) y/o algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es recuperable, es decir, la alteración de la condición socioeconómica puede ser eliminada completamente por la acción humana, estableciendo las medidas correctoras; a su vez, se presenta cuando la alteración que supone puede ser reemplazable.	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 2-128 Fragilidad ambiental

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE LA GRAVEDAD
Muy Alta	Área ambientalmente frágil: espacio geográfico que, en función de sus condiciones físicas, de los ecosistemas que lo conforman o de su particularidad sociocultural, presenta una capacidad de carga limitada y, por tanto, limitantes ambientales para su uso en actividades productivas. También comprende áreas para las cuales el Estado ha emitido un marco jurídico especial de protección o resguardo en virtud de sus características ambientales. Afecta algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es irrecuperable.	5
Alta	Área ambientalmente sensible: espacio geográfico que en función de sus condiciones tiene la capacidad para asimilar acciones producidas por un disturbio sin que su condición llegue a deteriorarse hasta alcanzar o sobrepasar un estado límite, pudiendo retornar con mayor o menor facilidad al estado inicial u original. Los ecosistemas naturales pueden amortiguar niveles de disturbios mediante procesos homeostáticos naturales; los sistemas sociales presentan una mayor o menor capacidad adaptativa dependiendo del nivel de organización y cohesión social que presenten. (Sensibilidad alta y media). Afecta algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es irreversible, es decir, suponen la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.	4
Media	Área ambientalmente sensible: Presenta un grado de asimilación a fenómenos externos de forma moderada en un determinado periodo. (Sensibilidad baja). Afecta algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es reversible, es decir, las alteraciones pueden ser asimiladas por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido a los mecanismos de autodepuración del medio.	3
Baja	Área con potencialidad ambiental: espacio geográfico que en función de sus condiciones permite intervención productiva, siempre y cuando sea adelantada con el manejo ambiental requerido, enmarcado dentro de adecuadas prácticas constructivas y atendiendo el principio de precaución. Desde el punto de vista ecosistémico, la potencialidad ambiental puede establecerse a partir del potencial de conservación, el cual refleja la capacidad de un sistema para mantener a gran escala la dinámica original, dado el estado presente de dicho hábitat. (Potencial medio y bajo). Afecta algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es mitigable, es decir, pueden ser mitigados o disminuidos de manera significativa, gracias al establecimiento de medidas correctoras por la acción del hombre.	2
Muy Baja	Área con potencialidad ambiental: (Potencialidad alto). Afecta algún servicio ecosistémico de aprovisionamiento, cuyo daño es recuperable, es decir, la alteración de la condición socioeconómica puede ser eliminada completamente por la acción humana, estableciendo las medidas correctoras; a su vez, se presenta cuando la alteración que supone puede ser reemplazable.	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 2-129 Fragilidad infraestructura del proyecto

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE LA GRAVEDAD
Muy Alta	Daños irreparables	5
Alta	Daños estructurales de consideración. Requiere intervención de consideración a nivel estructural. Obliga a la interrupción del servicio durante un tiempo determinado.	4
Media	Colapso parcial: Los daños en la infraestructura pueden implicar reparaciones importantes en las paredes de las estructuras, las cuales podrían llegar a requerir la atención de personal calificado y equipo especial. Daños en los equipos (requiere reparación y /o reemplazo)	3
Baja	Daño Menor: Algunas manifestaciones de inestabilidades locales, posible aparición de fisuras las paredes del mismo. Existe la posibilidad de requerir trabajos de reparación puntuales y obras menores.	2
Muy Baja	Sin Daño: No implica afectación del funcionamiento en general, requiere simplemente una inspección para verificar el estado general de operación en caso de interrupción del funcionamiento	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la **Tabla 2-130** se presentan las categorías para el nivel de exposición, según la espacialización de las amenazas naturales, el análisis de las amenazas endógenas y antrópicas, y los elementos expuestos.

Tabla 2-130 Exposición social/ socioeconómica/ ambiental/ infraestructura del proyecto

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALOR DE LA GRAVEDAD
Muy Alta	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy alta probabilidad de ocurrencia	5
Alta	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una alta probabilidad de ocurrencia	4
Media	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una probabilidad de ocurrencia media.	3
Baja	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una baja probabilidad de ocurrencia	2
Muy Baja	Los elementos sensibles se encuentran en un área en la cual alguna amenaza presenta una muy baja probabilidad de ocurrencia	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

De acuerdo con los resultados de la fragilidad y exposición, se categorizan los riesgos según el valor de la vulnerabilidad como se muestra en la **Tabla 2-131** y **Tabla 2-132**.

Tabla 2-131 Criterios para definir la vulnerabilidad

CRITERIOS PARA DEFINIR LA VULNERABILIDAD						
FRAGILIDAD		EXPOSICIÓN				
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
		5	4	3	2	1
MUY ALTA	5	25	20	15	10	5
ALTA	4	20	16	12	8	4
MEDIA	3	15	12	9	6	3
BAJA	2	10	8	6	4	2
MUY BAJA	1	5	4	3	2	1
RANGO		>21	15-20	9-14	4-8	1-3
VULNERABILIDAD		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 2-132 Homologación de criterios de vulnerabilidad

MUY BAJA	1
BAJA	2
MEDIA	3
ALTA	4
MUY ALTA	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.15.3 Cálculo del riesgo

En la **Tabla 2-133** se observa la matriz en la que se ubica fácilmente el valor resultante del riesgo; resultante de la multiplicación de la **probabilidad x vulnerabilidad**. Esta matriz está definida por una escala para la calificación de la probabilidad con valores de 1 a 5 y una escala horizontal de la vulnerabilidad (consecuencias) con los valores resultantes de la multiplicación de la fragilidad por la exposición, para conformar una matriz en donde el mayor valor del riesgo es de 25, producto de 5 como mayor valor de la posibilidad y de 5 como mayor valor de la consecuencia.

Tabla 2-133 Criterios para definir el nivel del riesgo

VULNERABILIDAD		PROBABILIDAD				
		MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
		IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	PROBABLE	FRECUENTE
5	MUY ALTA	1	2	3	4	5
		5	10	15	20	25

PROBABILIDAD						
4	ALTA	4	8	12	16	20
3	MEDIA	3	6	9	12	15
2	BAJA	2	4	6	8	10
1	MUY BAJA	1	2	3	4	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.15.4 Nivel de riesgo

Una vez ubicados los escenarios dentro de la anterior matriz, se establecen aquellos que por su importancia y magnitud se les debe aplicar un plan detallado para la atención de las contingencias, aquellos que requieren medidas o planes generales y aquellos escenarios que no ameritan una inversión de recursos significativa. Finalmente, se determina el conjunto de medidas de respuesta que tenderán a eliminar y mitigar los posibles riesgos que se presenten durante el proyecto, los cuales entrarán a formar parte del Plan Estratégico del plan de contingencias y emergencias. Los parámetros de referencia para evaluar la aceptabilidad del riesgo se detallan en la **Tabla 2-134**.

Tabla 2-134 Aceptabilidad de los riesgos

NIVEL DE RIESGO	ESCALA	DESCRIPCIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO
Riesgo Muy Alto	≥ 25	Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes y desastres.	Inaceptable
Riesgo Alto	$15 \leq R < 25$		
Riesgo Medio	$8 \leq R < 12$	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.	Tolerable
Riesgo Bajo	$4 \leq R \leq 6$	Discutir y gestionar la mejora de los sistemas de control y de los procesos establecidos en los procedimientos operativos de respuesta.	Aceptable
Riesgo Muy Bajo	≤ 3	El riesgo se encuentra en un nivel que el proyecto puede asumir sin mayores complejidades para el desarrollo del mismo.	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

2.3.16 Plan de abandono y restauración final

Las actividades planteadas en este capítulo incluyen las diferentes medidas que deben tomarse para el desmantelamiento y abandono del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, de acuerdo con lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental, y conforme a la legislación colombiana.

En tal sentido, dentro del plan de desmantelamiento y abandono, se dará cumplimiento a lo indicado en el marco normativo que aplican para este tipo de proyectos: Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en su artículo 2.2.2.3.9.2. que hace referencia al Artículo 41 del Decreto 2041 del 15 de octubre de 2014, de la fase de desmantelamiento y abandono, cuando un proyecto, obra o actividad requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y abandono, Resolución 0075 del 18 de enero de 2018, “Por la cual se adoptan términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, para proyectos de Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica y se toman otras determinaciones”, TdR-17 y la Metodología para la elaboración y presentación de estudio ambientales adoptada por la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018. También se tendrá en cuenta al momento de desarrollar la etapa de desmantelamiento y abandono del proyecto las directrices normativas de ordenamiento territorial que se encuentren vigentes, tales como el Plan Nacional de Desarrollo, Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas y Planes de Ordenamiento Territorial (o su equivalente).

2.3.17 Plan de compensación del componente biótico

La gestión para la compensación del componente biótico, es posible plantearla aprovechando las herramientas de ordenamiento y planeación del territorio, desde el orden nacional, regional y local, integrando todos estos instrumentos con el fin de priorizar de manera objetiva áreas que cumplan con las condiciones requeridas en los términos de referencia TdR 017 de 2018, para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA – en el marco de la Línea Eléctrica de conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas. En este sentido, la búsqueda del Dónde compensar, se abordó desde la propuesta metodológica plasmada en la **Figura 2-116**, en la cual se muestra el procedimiento para la priorización de áreas ecológicamente equivalentes, en búsqueda de una estrategia de compensación efectiva con base en los biomas intervenidos, los instrumentos de planificación existentes, y el contexto paisajístico.

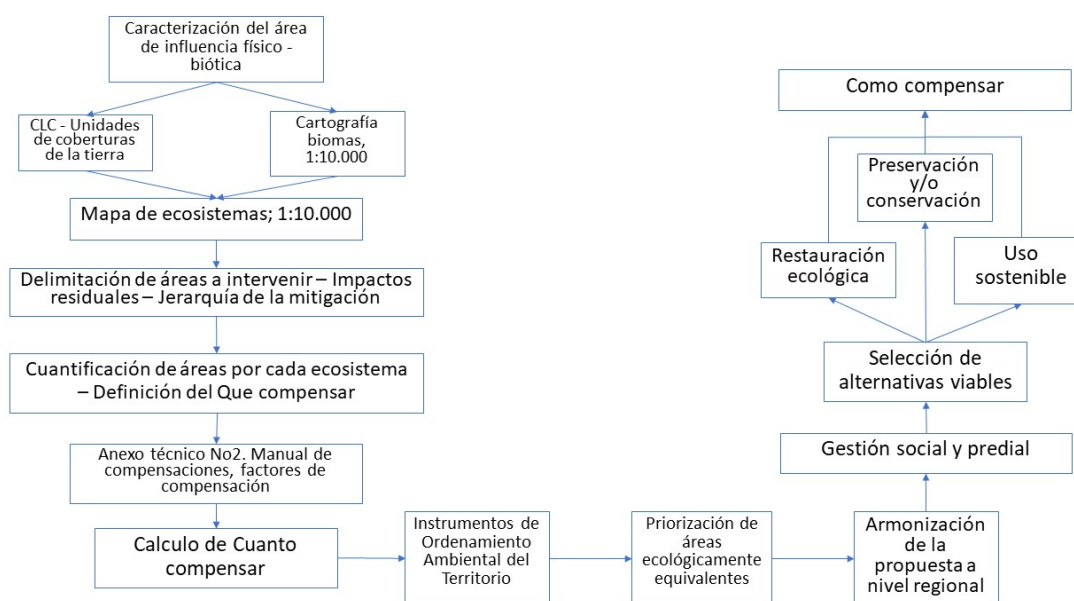


Figura 2-116 Esquema metodológico para la formulación del Plan de compensación

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La ruta metodológica específicamente para el planteamiento del Dónde compensar, comenzó en la identificación y revisión de los instrumentos de planificación mencionados en la **Tabla 2-135**, con los cuales se apoyó la priorización de áreas de interés para la compensación. En el departamento de La Guajira, desde el punto de vista de planificación ambiental, las instituciones, han generado esfuerzos al respecto de delimitar el territorio, a través de instrumentos de ordenamiento ambiental, los cuales son prioritarios en procesos de ordenamiento tanto a nivel municipal, como en las demás actividades que adelanten diferentes entidades u organizaciones en las que, en el desarrollo de sus proyectos se requiera abordar los principios del ordenamiento ambiental del territorio. Bajo este concepto, para el ámbito geográfico de la compensación y con base en estas directrices, se tomaron los instrumentos de ordenamiento ambiental, para realizar el ejercicio de priorización de áreas, teniendo en cuenta los procesos de identificación de áreas de interés, y las zonificaciones de los instrumentos más específicos. En la **Tabla 2-135** se enumeran los instrumentos de planificación revisados, diferenciados en dos categorías, la primera, hace referencia a los instrumentos del orden nacional que se fundamentan en la priorización de áreas a una escala gruesa (1:100.000); y la segunda, los instrumentos de planificación regional los cuales cuentan con una escala más detallada (1:25.000), y una zonificación propuesta. En cuanto a esta última categoría, si bien desde CORPOGUAJIRA se han generado varios instrumentos de

planificación, en el ámbito geográfico de la compensación, para el presente ejercicio de priorización, y teniendo en cuenta la consistencia de la información cartográfica, se tomaron como referencia cuatro instrumentos, como se observa en dicha tabla.

Tabla 2-135 Instrumentos de ordenamiento ambiental

Nº	CATEGORÍA	CAPA TEMÁTICA	FUENTE
1	Biodiversidad y directrices del orden nacional	AICA – Complejo de humedales costeros de la Guajira	Humboldt
2		Áreas de priorización REAA	SIAC
3		Áreas de priorización RUNAP	SIAC
4		Áreas de priorización Humboldt – CONPES	SIAC
5		Áreas de bosque seco tropical – Humboldt	SIAC
6		Humedales La Guajira – MADS 2021	SIAC
7		Parques Nacionales Naturales	SIAC
8		Plan Nacional de Restauración	SIAC
9	Determinantes ambientales – Corpoguajira	DRMI – Bañaderos – Alto camarones	Corpoguajira
11		POMCA Río Camarones	Corpoguajira
12		POMCA – Río Carraipía – Paraguachon	Corpoguajira
13		POMCA – Río Ranchería	Corpoguajira

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El proceso metodológico abordado, para la búsqueda de áreas de interés y predios con potencialidad para implementar la compensación del componente biótico se llevó a cabo mediante la aplicación de seis (6) fases metodológicas, a saber:

- Definición del ámbito geográfico de la compensación y de áreas con equivalencia ecosistémica.
- Revisión de Base de datos predial del IGAC.
- Aplicación de conceptos de prioridad.
- Selección de alternativas preliminares.
- Estandarización de la propuesta a nivel regional.
- Selección de áreas viables para la compensación.

Con respecto a las coberturas naturales, el cálculo del área a compensar se llevó a cabo mediante la asignación de factores de compensación definidos en el anexo técnico “Anexo No 2 – Listado de Factores de compensación del Manual de compensaciones del componente biótico”. En la Tabla 10 se presentan los valores de dichos factores de compensación (FC) para cada Bioma intervenido por el proyecto. Adicionalmente y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el proceso de caracterización, al respecto de los ecosistemas estratégicos identificados en el área del proyecto, se incluye en la tabla el factor de compensación para los ecosistemas naturales identificados como estratégicos, que, para el caso particular, hace referencia a las áreas de Bosque seco tropical.

Tabla 2-136 Factores de compensación

Bioma o ecosistema estratégico	Representatividad	Rareza	Remanencia	Tasa de transformación	Factor de compensación
Zonobioma Alternohígrico Tropical Alta Guajira	2	1.75	1.5	1	6.25
Zonobioma Alternohígrico Tropical Baja Guajira y alto Cesar	1.5	1.75	2.5	1.25	7
Zonobioma Alternohígrico Tropical Perijá y montes de Oca	1.25	1.75	3	1.25	7.25
Áreas de coberturas naturales en Bosque seco tropical	3	2	3	2	10

Fuente: Manual de compensación del componente biótico, Anexo No 2. Listado de factores de compensación

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

2.3.18 Plan de compensación del 1%

El proyecto no requiere captación y por ende no aplica el plan de inversión del 1%.

2.3.19 Cartografía

La cartografía se presentará según las siguientes características:

- **Normas de referencia**

- Guía para el diligenciamiento y presentación del modelo de datos geográficos –Resolución ANLA 2182 de 2016.
- Diccionario de Datos – Resolución ANLA 2182 de 2016.
- Guía de diligenciamiento de Metadatos –ANLA 2020.

- **Sistema de coordenadas utilizado**

El sistema de proyección cartográfico para Colombia, con un único origen, consiste en una proyección cartográfica Transversa de Mercator Secante, cuyos parámetros están establecidos en el literal i Sistema de Referencia del artículo 4 de la resolución 471 de 2020 – Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

- **Escalas de trabajo usadas**

Las escalas de trabajo serán conforme TdR17 y el Diligenciamiento del modelo de almacenamiento geográfico ANLA a saber: Escala de captura 1:10.000 o inferior y escala de presentación 1:25.000 o inferior.

- **Softwares usados**

En los requerimientos para el diligenciamiento del modelo de almacenamiento geográfico ANLA no se solicita especificar el software utilizado pues enuncia: *“Cualquier software geográfico (open source o comercial) que permita la gestión, edición y diligenciamiento de los archivos o formatos geográficos (*.shp o *.gdb) para la visualización y estructuración de la información acorde a la estructura del modelo de datos”*.

- **Entregables**

En la ruta 2_Anexo_cartográfico se estructurará en 6 elementos fundamentales del anexo cartográfico:

1. GDB. Contiene las Geodatabase de cartografía base (Modelo IGAC vigente) y cartografía temática (Modelo de Almacenamiento Geográfico – MAG ANLA vigente) origen único nacional conforme resolución 471 del 2020.
2. NATIVOS. Contiene los elementos vectoriales que no hacen parte del MAG vigente pero que se usaron en el análisis de la caracterización ambiental.
3. METADATOS. Contiene los metadatos de la información generada y consignada en las GDB. (Plantilla de Metadato Institucional ANLA) <http://portal.anla.gov.co/sistema-informacion-geografica>.
4. DOCUMENTACIÓN. Contiene el inventario de mapas y archivo léame asociado a la GDB temática.
5. MXD. Contiene los archivos *.mxd de cada uno de los mapas presentados.
6. PDF. Contiene los mapas generados en formato *.pdf.
7. RASTER