



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

CAPITULO 5.1.1 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA GEOLOGÍA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

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

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.1	Geología	1
5.1.1.1	Geología histórica	1
5.1.1.2	Geología regional	3
5.1.1.3	Estratigrafía/Caracterización litológica	4
5.1.2	Geología Estructural/Tectónica	11
5.1.2.1	Geología Local	16
5.1.2.2	Geología Estructural	31
5.1.3	Sismicidad (Amenaza sísmica)	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Inventario de imágenes Alos Palsar	17
Tabla 5-2	Estaciones de campo y unidades geológicas	20
Tabla 5-3	Áreas de cobertura y porcentajes de las unidades geológicas del proyecto	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Mapa sumado de planchas geológicas 9, 10, 14, 15 y 15bis a escala 1:100.000	4
Figura 5-2	Mapa estructural regional con la configuración geodinámica de la esquina noroccidental de Suramérica. En línea roja se destaca el área del proyecto	12
Figura 5-3	Mapa estructural con la Localización general del Sistema de Fallas de Oca-Ancón. En línea roja se destaca el área del proyecto	13
Figura 5-4	Mapa del DEM 12 metros para la interpretación del área del proyecto	17
Figura 5-5	Mapa sumatoria de las imágenes satelitales de radar tipo activas (Alos Palsar) del área del proyecto	18
Figura 5-6	Mapa de interpretación de geología detallada escala 1:10.000 del proyecto	20
Figura 5-7	Mapa de interpretación de geología detallada escala 1:10.000 del proyecto	22
Figura 5-8	Grado de amenaza sísmica sobre la que se encuentra localizado el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” NSR-10	33

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

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

Fotografía 5-1 Registro fotográfico de la formación La Quinta	23
Fotografía 5-2 Fotografía a detalle de un afloramiento de macizo rocoso de la formación La Quinta	23
Fotografía 5-3 Areniscas altamente calcáreas de color blanca de la de la formación Cogollo __	24
Fotografía 5-4 El paisaje con un Lomo de falla al fondo de la foto expresa los afloramientos de la unidad litológica de la formación Cogollo	24
Fotografía 5-5 Calizas altamente calcáreas de color blanca de la de la formación Colon. Est. VVGEO028	26
Fotografía 5-6 Calizas blancas cafés claras altamente fosilíferas, se aprecia un amonita en uno de los bloques. Est. VVGEO039.....	26
Fotografía 5-7 Calizas blanca rodadas angulares de la de la formación Hato Nuevo. Est. VVGEO042	27
Fotografía 5-8 Calizas blancas a verdes claras en forma de tabletas por su forma de fractura. Est. VVGEO042	27
Fotografía 5-9 Terraza de arroyo donde se exhibe la unidad de la formación Monguí, semi-consolidadas. Est. VVGEO021	28
Fotografía 5-10Materiales característicos de la formación Monguí. Est. VVGEO026	28
Fotografía 5-11 Materiales sedimentarios finos y gruesos del depósito aluvial reciente. Est. VVGEO003	29
Fotografía 5-12Terraza de arroyo donde se puede apreciar el depósito aluvial reciente. Est. VVGEO005.....	29
Fotografía 5-13Materiales sedimentarios del depósito de Cauce aluvial. Est. VVGEO002	30
Fotografía 5-14Deposito característico de Duna antigua. Est. VVGEO004	31
Fotografía 5-15Depósito de duna típico del proyecto, compuesto por arenas finas amarillas. Est. VVGEO010	31

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.1 Geología

El área del proyecto, situada en el Departamento de La Guajira, abarca principalmente la cuenca de la Baja Guajira, inicialmente designada como "Onshore Guajira Basin" por Barrero¹ y propuesta por Pardo². Esta cuenca está delimitada al norte por el tren de fallas de Cuisa, al sur por la falla de Oca, y se extiende hacia el oeste en la plataforma (Cuenca Guajira Offshore), conocida más al oeste como la depresión de Tayrona según Escalante³ y Ramírez⁴. Al este, limita con la Cuenca del Golfo de Venezuela.

La región se caracteriza por un monoclinal inclinado hacia el suroeste, conformado por depósitos Neógenos, con un depocentro en el extremo sur vinculado al bloque bajo de la Falla de Oca. La anomalía de Bouguer para el extremo norte de Suramérica sugiere que la cuenca de la Baja Guajira representa una elevación gravimétrica notable en comparación con la Sierra Nevada de Santa Marta al sur y la Serranía de Cosinas al norte.

En este numeral se describe la caracterización de la geológica regional del proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas", se basa en la información secundaria proporcionada por el Servicio Geológico Colombiano (SGS), donde se realiza la recopilación e los siguientes documentos:

- Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. proyecto: "Evolución geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta".
- Cartografía geológica de las planchas 7 – Ranchería, 8 – Riohacha, 9 – Uribia, 13 – Dibulla, 14 – Albania y 15 – 15 Bis Maicao.
- Evolución térmica de la subcuenca de la Baja Guajira.
- Cartografía geológica de la plancha 9 – Uribia.
- Cartografía geológica de la plancha 10 – Rancho Grande.
- Cartografía geológica de la plancha 14 – Albania.
- Cartografía geológica de la plancha 15-15Bis – Maicao.

5.1.1.1 Geología histórica

La evolución de la península de La Guajira está vinculada, hasta finales del Cretácico y principios del Cenozoico, con la geología del norte de Los Andes. Sin embargo, a partir del Eoceno temprano

¹ BARRERO, D., *et al.* High potential lightly explored basin, Onshore Guajira Basin. ANH, Bogotá. 2005– 2006. p. 6.

² BARRERO, D., *et al.* Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal. ANH, Bogotá. 2007. p. 96.

³ ESCALANTE, E., Seismic Stratigraphy of the Tayrona Depression– Offshore Baja Guajira Basin, Colombia. ECOPETROL, Bogotá, Colombia. 2006. p.13.

⁴ RAMÍREZ, V. *Geological Setting and Hydrocarbon Guajira Basin, Offshore Northern*. Poster presentation at AAPG Annual Convention, Houston, Texas, April 9–12. 2006. p. 3.

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

hasta el medio, se produjo un cambio significativo debido al impacto de la Placa Caribe contra la Placa Suramericana. Este evento provocó la separación de esta región del norte de Los Andes⁵.

En la Sierra Nevada de Santa Marta, se han identificado al menos tres eventos metamórficos regionales. El primero de ellos tuvo lugar en el Precámbrico, específicamente en la Península de La Guajira, y se correlaciona con el Leucogranito de Jojoncito, datado en 1.250 millones de años⁶, así como con el Grupo Macuira, de edad premesozoica.

El segundo evento se registró al oeste del Arco de Sevilla, con una edad de 110 millones de años. Sin embargo, en la Península de La Guajira no se ha encontrado evidencia de este metamorfismo.

El tercer evento, documentado a finales del Cretácico y principios del Paleógeno, anterior a 48 millones de años, está registrado en las formaciones Jarara, Etpana, Parauinkrein, Ipanaruhu y Carpintero en la Península de La Guajira. Las unidades con este metamorfismo presentan cuerpos lenticulares de rocas ultramáficas, sugiere la posibilidad de un cabalgamiento de la Placa Caribe sobre el borde de la Placa Suramericana y la acreción de material oceánico al continente⁷.

En la Guajira, se han registrado dos eventos de magmatismo plutónico. El primero, de edad Jurásico medio a Jurásico tardío hasta principios del Cretácico, se encuentra representado en la Península de La Guajira por la Granodiorita de Siapana y la Granodiorita de Ipapure. El segundo evento, que tuvo lugar en el Eoceno medio, está representado por la Cuarzodiorita de Parashi⁸.

En cuanto al vulcanismo en La Guajira, este se extiende desde el Triásico hasta posiblemente principios del Cretácico, representado por la Riodacita en la región de Ipapure–Cerro de La Teta, datada en aproximadamente 143 +/- 7 millones de años.

Con respecto a las rocas sedimentarias, durante el Jurásico, el mar cubría la región y continuó haciéndolo durante el Cretácico, avanzo gradualmente hacia el valle del Río Cesar⁹. La sedimentación Cretácica en la región comienza con un ambiente de carbonatos, específicamente el Miembro Kesima de la Formación Palanz, seguido por una deposición clástica perteneciente a la misma formación durante todo el período Cretácico.

En la región, la sedimentación Cretácica se inicia en un ambiente de carbonatos con el Miembro Kesima de la Formación Palanz, seguido por una deposición clástica perteneciente a la misma formación a lo largo de todo el período Cretácico.

Las formaciones sedimentarias del Paleógeno–Neógeno están ubicadas en tres cuencas en la Península de La Guajira: Cosinas, Chichibacoa y Portete, limitadas por áreas levantadas de rocas más antiguas. Las formaciones del Cenozoico indican un ciclo marino transgresivo–regresivo¹⁰, que experimentó una interrupción durante el Paleoceno pero que continuó en el Eoceno con la deposición de la Formación Macarao.

Durante el Eoceno–Oligoceno, se llevaron a cabo intensos eventos orogénicos que resultaron en el levantamiento de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de Perijá, interrumpen

⁵ GARCÍA, M. *et al.* evolución térmica de la subcuenca de la baja Guajira. Informe final. Proyecto de Investigación Dirigido por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Grupo de Investigaciones en Geología de hidrocarburos y Carbones. Universidad Industrial de Santander. 2008. p.67.

⁶ IRVING, E. M. *La evolución estructural de Los Andes más septentrionales de Colombia*. INGEOMINAS, Boletín Geológico., Bogotá. 19(2). 1971. p. 90.

⁷ GARCÍA, *Ibid.* p.67.

⁸ GARCÍA, *Ibid.* p.67.

⁹ TOUSSAINT, J. F. *Evolución geológica de Colombia durante el Cretácico*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. 1996. p. 277.

¹⁰ HALL, M. y CEDIEL, F. *Sedimentos marinos terciarios y recientes de la Península de La Guajira y su posible significado económico*. Universidad Nacional de Colombia., Geología Colombiana, Bogotá, (8). 1971. p. 14.

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

significativamente la sedimentación en la región. Hacia el Oligoceno tardío, se marca el inicio de un período caracterizado por una pronunciada deformación tectónica, evidenciada por fallas de desplazamiento lateral, como las fallas Santa Marta–Bucaramanga y Oca¹¹.

Hacia el norte del área levantada, la Cuenca de la Guajira permaneció sumergida durante la mayor parte del Oligoceno–Mioceno y posiblemente el Plioceno. Durante la transgresión del Oligoceno medio, se depositaron conglomerados, calizas fosilíferas y lutitas de la Formación Siamaná, abarco la mayor parte de la Alta Guajira. En las zonas expuestas de las serranías, se desarrollaron complejos arrecifales, mientras que, en las áreas más profundas, se sedimentaron lutitas y lutitas calcáreas. Esta transgresión continuó hasta el Oligoceno tardío o el Mioceno temprano¹², con la sedimentación en un entorno de aguas profundas de la Formación Uitpa, la cual se depositó extensamente sobre la Alta Guajira.

En el Mioceno temprano a medio, se inició una regresión que probablemente facilitó la conexión de las serranías, formo así un área central en la parte de la Alta Guajira. La Formación Jimol se depositó en la cuenca al sur de estas serranías y es probable que también esté presente al norte de las mismas, aunque se encuentre cubierta por rocas más jóvenes. Esta regresión continuó durante el Mioceno medio–tardío con la sedimentación de la Formación Tucacas (Castilletes), compuesta por calizas margosas y arcillas con limolitas y areniscas hacia el techo, sugiere condiciones marinas someras¹³.

Hacia finales del Neógeno, la Cuenca de La Guajira se caracterizaba por ser una plataforma marina estable y llana, interrumpida solo por una serie de altos, que hoy en día corresponden a las serranías de Jarara, Macuira, Cosinas, Carpintero, y el Cerro de La Teta, entre otros¹⁴. Estos altos actuaron como rompeolas y favorecieron el desarrollo de arrecifes, así como la sedimentación en un mar relativamente tranquilo.

Aunque la historia cenozoica en la Alta Guajira es relativamente clara, la de la Baja Guajira permanece cubierta por sedimentos cuaternarios, aunque su baja elevación sugiere que estuvo afectada por el ciclo de transgresión–regresión de la Alta Guajira¹⁵.

5.1.1.2 Geología regional

La caracterización geológica se realizó con la principal fuente y nomenclatura establecida por el Servicio Geológico Colombiano, que incluye diversas planchas geológicas y otros documentos relevantes en la región. Se tuvo en cuenta una amplia variedad de nombres de unidades geológicas definidos por múltiples autores, los cuales se mencionan de manera general y se correlacionan con los criterios expuestos en el presente documento. La recopilación se centró en las unidades de influencia directa a nivel regional, las cuales son cruciales para el proyecto denominado "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas". El resumen abarca desde formaciones mayormente compuestas por macizos rocosos sedimentarios del Jurásico hasta las unidades cuaternarias que predominan en el sistema.

La **Figura 5–1** es posible apreciar la distribución de cada una de las unidades geológicas a escala 1:100.0000 derivadas de la documentación del Servicio Geológico Colombiano (SGC), de las

¹¹ ARIAS, A. y MORALES, C. Mapa geológico generalizado del Departamento del Cesar. Escala 1:250.000. INGEOMINAS. Bogotá. 1999.

¹² ROLLINS, F. Stratigraphy and structure of the Guajira Península, northwestern Venezuela and northeastern Colombia. Tesis Ph.D, U. Nebraska. Lincoln. 1960. p. 103.

¹³ HALL, Op. Cit., p. 14.

¹⁴ HALL, Ibid. p. 14.

¹⁵ GARCÍA, M. *et al.* evolución térmica de la subcuenca de la baja Guajira. Informe final. Proyecto de Investigación Dirigido por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Grupo de Investigaciones en Geología de hidrocarburos y Carbones. Universidad Industrial de Santander. 2008. p.67.

planchas de cartografía geológica de la plancha 9 - Uribia, plancha 10 - Rancho Grande, 14 - Albania y 15-15Bis - Maicao.

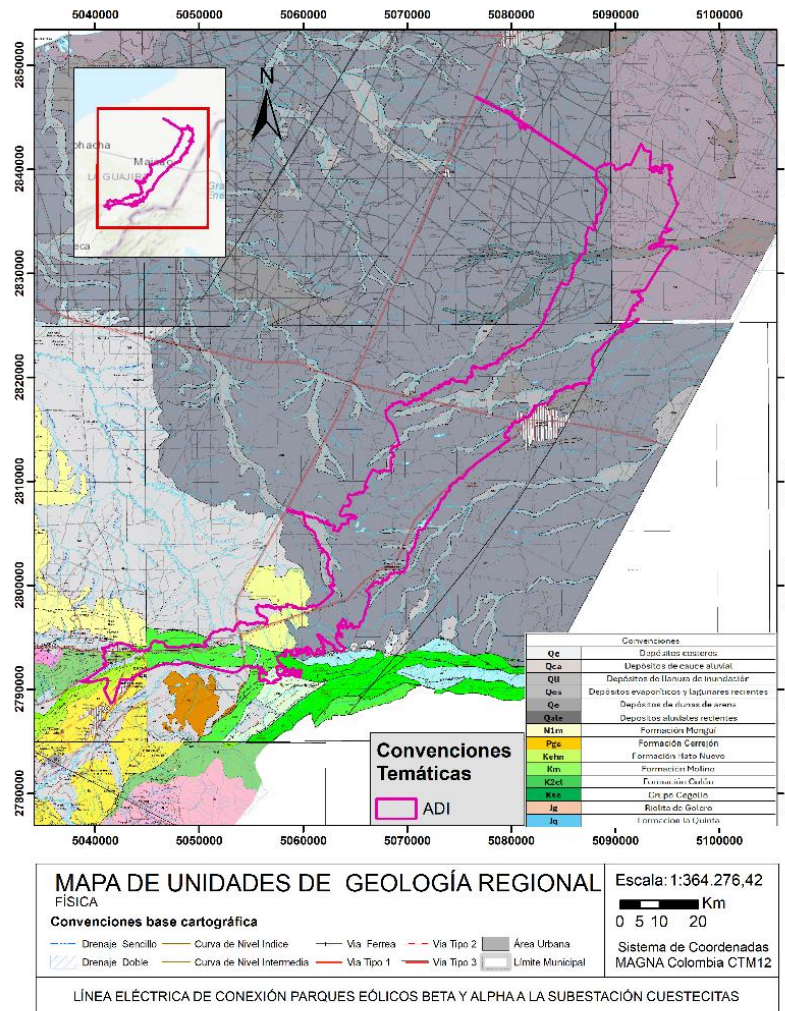


Figura 5-1 Mapa sumado de planchas geológicas 9, 10, 14, 15 y 15bis a escala 1:100.000

Fuente: Modificado INGEOMINAS, 2009.

5.1.1.3 Estratigrafía/Caracterización litológica

- Formación La Quinta (Jq)

A continuación, se presenta una breve descripción de los grupos y unidades geológicas a escala regional que influyen en el sector del proyecto denominado "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas":

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

La Formación La Quinta, presente en las planchas 14 – Albania¹⁶ y 15-15Bis – Maicao¹⁷, se caracteriza por depósitos vulcanosedimentarios y sedimentarios de tonalidades rojas y moradas. Su distribución abarca desde los alrededores de Manaure hasta la Península de la Guajira, extendiéndose a lo largo del costado occidental de la Serranía de Perijá. Introducido por Kündig, el término "La Quinta" engloba rocas sedimentarias rojas estratigráficamente ubicadas entre el Paleozoico y el Cretácico en los Andes de Mérida. La formación exhibe conglomerados, areniscas rojas, lutitas, y tobas riolíticas, que muestran intensa coloración que sugiere condiciones oxidantes y la interrupción por actividad volcánica¹⁸.

Forero, en 1972, diferencia cuatro unidades litológicas en la sucesión estratigráfica de La Quinta: conglomerados, areniscas rojas y lutitas, areniscas rojas con intercalaciones tobáceas, y tobas riolíticas. Su localidad tipo se encuentra en el sector La Grita, Andes de Mérida, Venezuela. La formación presenta secuencias de limolitas y arenitas silíceas rojas muy finas en la base, algunas con cemento calcáreo secundario, y arenitas finas a medias de cuarzo a sublíticas hacia el tope. La presencia de rocas calcáreas y fosilíferas en la parte superior señala influencia marina, donde se evidencia el inicio de una transgresión. El espesor estimado varía entre 2.000 y 2.600 metros, aunque la ausencia de estratos guía dificulta el cálculo preciso.

La Formación La Quinta exhibe una historia sedimentaria compleja, que reflejan eventos cíclicos de sedimentación continental interrumpidos por episodios volcánicos. La intensa actividad volcánica se traduce en derrames riolíticos de tobas explosivas con composición similar. En términos litológicos, la unidad presenta fuerte fracturación y crenulación, con características distintivas en distintas áreas de su distribución, como capas tabulares, masivas y ocasionalmente laminadas. Estos rasgos geológicos son esenciales para la comprensión de la evolución geológica y la planificación de proyectos en la región.

- **Grupo Cogollo (Ksc)**

El Grupo Cogollo en la región del proyecto comprende shales y limolitas arcillosas con intercalaciones de calizas limo arenosas^{19 20}. Su afloramiento se extiende al sur de la Falla de Oca, forman parte de la Serranía del Perijá. Diversos autores han utilizado los términos Formación Cogollo y Grupo Cogollo para describir estas rocas^{21 22 23 24}, que afloran en localidades como el Cerro Yuruma y la Cuenca Cesar–Ranchería, al sur del departamento de La Guajira²⁵. El Grupo Cogollo ha sido fraccionado en formaciones, es el objeto de estudio el Cogollo Inferior.

¹⁶ INGEOMINAS., Ecopetrol., ICP., INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34 a escala 1:100.000. 2007. p. 401.

¹⁷ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

¹⁸ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

¹⁹ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del Departamento de La Guajira, Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

²⁰ ALMA MATER, *Ibid.* p. 202.

²¹ HEDBERG, H. y SASS, C. Synopsis of the geologic formations of the western part of the Maracaibo Basin, Venezuela. Boletín de Geología y Minas (Venezuela), 1(2-4). 1937. p. 39.

²² ROLLINS, J. *Stratigraphy and structure of the Guajira*. Un published Ph.D. thesis, Dept. Geol., Univ. of Nebraska, Lincoln, Nebraska (Revised version in press, Univ. of Nebraska Press). 1965. p. 120.

²³ SUTTON, F. *Geology of Maracaibo basin, Venezuela*. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists, 30(10). 1946. p. 118.

²⁴ JULIVERT, M. *Lexique stratigraphique international*. Volumen 5. Amérique Latine, Fasc. 4a Colombie. Paris. 1968. 651.

²⁵ ALMA MATER, *Ibid.* p. 202.

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

En cuanto a la descripción litológica, se destaca que el Grupo Cogollo está compuesto por arenitas calcáreas de grano fino a medio²⁶, predominantemente de composición wackestone, con intercalaciones de lodolitas calcáreas. Estas rocas son masivas, tabulares, fracturadas y muestran laminaciones ondulosas. Se observan fragmentos fósiles de bivalvos y gasterópodos, indica un ambiente marino de alta energía²⁷. En cercanías al contacto con la Formación Colón, se identifican lodolitas calcáreas con intercalaciones de arenitas calcáreas.

Se postula que el Grupo Cogollo se depositó en un ambiente de barras costeras de alta energía, con variabilidad en las condiciones deposicionales²⁸. El espesor estimado para el Grupo Cogollo en el área de estudio es de 310 metros. En resumen, esta unidad geológica ofrece una visión detallada de procesos marinos y costeros que influyeron en la evolución geológica de la región.

- **Formación Molino (Km)**

La Formación Molino, identificada en la plancha 14 – Albania, se caracteriza por aflorar en ambos lados del Valle del Río Ranchería, abarca desde el sector este hasta las estribaciones nororientales de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta unidad geológica, como una secuencia predominantemente de shale, presenta características litológicas que incluyen shale de color gris a gris oscuro, delgadamente laminado, y estratificación variable²⁹. Además, contiene capas delgadas de caliza, arcillolitas de color verde oscuro con concreciones ferruginosas y, ocasionalmente, lentes de arenitas de grano fino.

El área de estudio específica en la transecta 24H entre los Municipios de Hato Nuevo y Cuestecitas revela que la Formación Molino está compuesta por shales calcáreos de color gris claro, oxidados en algunos lugares, con fracturas concoideas y niveles delgados de laminación gruesa de yeso. Se observan foraminíferos planctónicos como Globorotalia en paquetes gruesos, junto con localmente presentes arenitas lodosas de grano muy fino con laminación inclinada. El ambiente de deposición sugerido para la Formación Molino es marino somero a intermareal³⁰.

- **Formación Colón (K2cl)**

Esta extensamente distribuida al sur de la Falla de Oca en la plancha 15–15Bis – Maicao³¹, está compuesta por lutitas oscuras ricas en pirita, margas y algunas capas de caliza. Algunos autores la dividen en tres miembros³²: Tres Esquinas, Caliza Socuy y Lutitas o shales calcáreos. Definida por los geólogos de la Compañía Shell, la Formación Colón toma su nombre de la población de Colón en Venezuela y tiene su sección tipo al norte de dicha población³³.

La unidad aflora en el Departamento de La Guajira a lo largo del Valle del Cesar – Ranchería hasta la Falla de Oca al norte. La descripción litológica revela que la Formación Colón está constituida por capas gruesas de arenitas calcáreas con contactos ondulosos, tabulares y masivos, con presencia

²⁶ ROLLINS, Ibid. p. 120.

²⁷ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

²⁸ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del Departamento de La Guajira, Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

²⁹ CÁCERES, H. *et al.* *The Geology of the Rancheria Basin*. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Geological Field – Trip Colombia, 1980 – 1989. Published in Colombia by Geotec Ltda, 1992. Bogotá. 1980. p. 31.

³⁰ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15–15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08–17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

³¹ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

³² RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

³³ JULIVERT, M. *Lexique stratigraphique international*. Volumen 5. Amérique Latine, Fasc. 4a Colombie. Paris. 1968. 651.

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

de fragmentos líticos y predominio de bivalvos³⁴. Además, incluye intercalaciones de bancos gruesos de arcillolitas y lodolitas calcáreas masivas, frágiles y laminadas, con nódulos de concreciones huecas y restos de materia orgánica³⁵.

El análisis petrográfico muestra que la Formación Colón está compuesta principalmente por calizas wackstone con armazón de foraminíferos tipo Globigerina y matriz de lodo micrítico con presencia de glauconita. Se sugiere que el ambiente de depósito varió desde marino anóxico-postóxico hasta plataforma exterior a talud superior. Se ha estimado su espesor en diferentes rangos por varios autores y se asigna una edad Campaniano tardío o Maastrichtiano temprano basándose en el contenido fósil, principalmente foraminíferos³⁶.

- **Formación Hato Nuevo (Kahn)**

Se extiende en el extremo suroccidental de la plancha 15–Maicao, flanqueada por las fallas de Oca y del Cerrejón, así como en la Plancha 14 – Albania. Fue denominada por geólogos del petróleo a partir de afloramientos en el sector oriental y occidental del Valle del Río Ranchería, cerca de la población de Hato Nuevo³⁷. La sección tipo se encuentra en el Arroyo Aguas Blancas, ubicado al norte del Corregimiento de Hato Nuevo³⁸.

Las principales exposiciones de la Formación Hato Nuevo se observan en cercanías al caserío de Tigre Pozo, sobre los Arroyos Bruno, Purpurema y Montebello. Otros afloramientos se encuentran en el costado oeste del Valle del Río Ranchería desde el Municipio de Cuestecitas hasta 11 Km al noreste del Municipio San Juan del Cesar y desde unos 6 Km hasta 13Km al este del Municipio de Cuestecitas, al este del Río Ranchería. Se extiende en un cinturón de más de 55 km desde San Juan del Cesar hasta la Falla de Oca al norte³⁹.

Litológicamente, la Formación Hato Nuevo está compuesta principalmente por capas medias a gruesas de arenitas calcáreas (wackestone-packestone), tabulares, masivas o laminadas, fuertemente fracturadas y moderadamente alteradas. Se encuentran láminas de materia orgánica y fragmentos fósiles de bivalvos y restos de peces. También se observan intercalaciones de secuencias gruesas de lodolitas calcáreas (mudstone) junto con capas medias de arenitas finas cuarzosas a sublíticas con laminación cruzada y limolitas cuarzosas⁴⁰.

En la plancha 15–15Bis, se describen afloramientos en el Arroyo Montebello, el Arroyo Purpurema, y el área del Arroyo Sequiamahana. El espesor de la Formación Hato Nuevo varía entre 350 y 410 m, y su ambiente de formación se interpreta como marino somero, registra el comienzo de una regresión marina regional⁴¹.

La edad de la Formación Hato Nuevo se sitúa en el Cretácico tardío o Paleoceno⁴². Las calizas de esta formación son consideradas como parte de las facies de calizas de ambiente marino somero

³⁴ MARTINEZ, I. Estratigrafía y Paleoambientes de la Sección del Río Molino (Guajira, Cretáceo Superior). Informe 1942. Ingeominas, Bogotá. 1985. p. 33.

³⁵ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

³⁶ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

³⁷ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

³⁸ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15–15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08–17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

³⁹ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁴⁰ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁴¹ RODRÍGUEZ, Ibid. p. 259.

⁴² RODRÍGUEZ, Ibid. p. 259.

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

de la Formación Guararé en el noroeste de la cuenca de Maracaibo y en la Serranía de Perijá. Estudios también sugieren que las capas glauconíticas y el contenido fósil en la unidad indican un ambiente deposicional de una plataforma interna de aguas someras, marca el comienzo de una regresión marina regional. La fauna encontrada en la Formación Hato Nuevo es de edad Paleoceno, según estudios realizados por Durham⁴³.

- **Formación Cerrejón (Pgc)**

La Formación Cerrejón, asociada a la mina Cerrejón Norte cerca de Albania, forma parte de las "Rocas Sedimentarias del Paleoceno" según Tschanz⁴⁴. Su nombre se atribuye a Oppenheim⁴⁵, y sus afloramientos se extienden al sur de la Falla de Oca en el valle del Río Ranchería. Litológicamente, consiste en areniscas, lutitas y mantos de carbón, con variaciones en color y contenido de sulfuros a lo largo de su secuencia⁴⁶.

Los afloramientos principales se observan al sureste de la mina, donde se han registrado sucesiones granocrecientes que van desde lodolitas carbonosas hasta arenitas sublíticas bien seleccionadas. La discusión sobre el espesor varía entre 900 y 1,500 metros en diferentes estudios. Respecto a su edad, se ha sugerido inicialmente como Eoceno Inferior a Medio, pero estudios palinológicos indican una posible edad Paleoceno Superior. Se ha correlacionado con formaciones en la región del Catatumbo y Venezuela.

En resumen, la Formación Cerrejón, vinculada a la mina Cerrejón Norte, se caracteriza por su composición litológica variada y su discutido espesor. Su origen deltaico subacuático se sugiere a través de litofacies y su edad se ha estimado principalmente en el Paleoceno Superior⁴⁷, correlacionándola con otras formaciones en la región y en Venezuela.

- **Formación Monguí (N1m)**

Es una unidad geológica extensamente distribuida en zonas planas y ligeramente onduladas, destacándose al norte de la Falla de Oca y al sur de Riohacha. Descripciones detalladas provienen de estudios como el proyecto "Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta" (2007)⁴⁸. Se caracteriza por ser una sucesión de sedimentos semiconsolidados que se extiende desde Dibulla hasta Riohacha, con afloramientos de formas irregulares y pequeñas dimensiones⁴⁹.

La Formación Monguí toma su nombre de la localidad de Monguí y agrupa sedimentos Paleógenos y Neógenos al sur de la Troncal del Caribe. Su distribución en la zona de piedemonte muestra un relieve ondulado, y estudios como el proyecto GEO-0905 y la revisión de planchas detallan su presencia en diversas localidades, como Cuatro Vías y Cuestecita. Los mejores afloramientos se

⁴³ DURHAM, J. *Stratigraphy of the Cesar-Rancheria Valleys and the Guajira Peninsula*. Geological Report No. 539, Tropical Oil Company. Bogotá. 1946. P 29.

⁴⁴ TSCHANZ, C. *et al. Geology of the Santa Marta area (Colombia)*. Ingeominas, Informe 1829. 1969. p. 288.

⁴⁵ OPPENHEIM, V. *Geología de la Cordillera Oriental entre los Llanos y el Magdalena*. Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales., 4(14). Bogotá. 1941. p. 6.

⁴⁶ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM 08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

⁴⁷ JARAMILLO, C. *et al.* Palynology of the Upper Paleocene Cerrejon Formation, northern Colombia. Palynology, v. 31. 2007. p. 36.

⁴⁸ INGEOMINAS – ECOPETROL ICP – INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta – Geomorfología. Programa de Geociencias Marinas y Costeras – GEO. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – Invemar Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. p. 6194.

⁴⁹ ALMA MATER, *Ibid.* p. 202.

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

encuentran en planchas geológicas específicas, como la Plancha 8 – Riohacha, Plancha 13 – Dibulla, Plancha 14 – Albania y Plancha 15–15Bis – Maicao⁵⁰.

La descripción litológica destaca depósitos conglomeráticos de guijarros y cantos subredondeados, principalmente de rocas volcánicas porfíricas, intercalados con lodolitas arenosas. La Formación Monguí presenta una sucesión semiconsolidada de arcillolitas en la base, seguida por un paquete de arenitas y un conglomerado matriz soportado semiconsolidado. La incertidumbre respecto a su edad se discute entre propuestas de exclusivamente Mioceno o la inclusión de parte del Plioceno⁵¹, pero observaciones de campo indican una edad mucho más joven que la actividad de la Falla de Oca, sin evidencia tectónica y con disposición en capas tabulares horizontales a subhorizontales⁵².

- **Depósitos Cuaternarios**

En las planchas 8, 9 y 15 – 15 Bis, las áreas planas están mayormente cubiertas por depósitos recientes semi-consolidados a inconsolidados, discordantes con las unidades del Paleógeno y Neógeno. La caracterización detallada de estos depósitos se ve limitada por la densa vegetación, y su análisis se basa en fotogeología e imágenes de satélite sin control de campo, excepto si se ubican sobre transectas.

- **Depósitos Aluviales Recientes (Qal)**

Los Depósitos Aluviales Recientes (Qal), presentes en las planchas 7, 8, 9, 13, 14 y 15–15 Bis, son resultado de la actividad reciente de arroyos primarios y secundarios en la región. Su extensión es mayor al norte de la Falla de Oca debido a la proximidad de las rocas del basamento al sur de la falla, inhabilita su desarrollo. Los ríos permanentes en la zona, como los asociados al sector nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta, drenan hacia el este del Corregimiento de Cuestecitas. Estos depósitos aluviales recientes exhiben una morfología plana y consisten principalmente en arenas finas y arcillas de color pardo amarillento, ocasionalmente cubiertos por clastos sueltos de rocas silíceas transportados por la corriente⁵³. Su composición incluye gravas, arenas y arcillas en proporciones variables, y suelen cubrir discordantemente otras unidades geológicas en la región.

- **Terrazas Aluviales (Qt)**

Estos depósitos consisten en capas delgadas de arenas líticas amarillas de grano grueso a medio, con estratificación cruzada en artesa, y capas gruesas canaliformes de conglomerados clastosoportados, polimícticos y mal seleccionados. Su presencia se asocia con trazos de fallas, como la Falla de Oca y sus satélites, como Maroma, Las Vueltas y Totumo. Según Tschanz⁵⁴, el esquema de distribución geográfica de estas terrazas podría ser resultado de un levantamiento durante el Holoceno en la parte norte de la Sierra Nevada.

Rodríguez⁵⁵ describen estos depósitos como delgados, no fosilíferos y poco consolidados, compuestos por conglomerados y areniscas. Los conglomerados pueden llegar a tener hasta 5 metros de espesor, con guijarros redondeados hasta angulares. Las capas delgadas de arenas líticas presentan estratificación cruzada, mientras que las terrazas basculadas discordantes sobre

⁵⁰ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁵¹ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

⁵² ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁵³ INGEOMINAS., Ecopetrol., ICP., INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34 a escala 1:100.000. 2007. p. 401.

⁵⁴ TSCHANZ, C. *et al.* *Geology of the Santa Marta area (Colombia)*. Ingeominas, Informe 1829. 1969. p. 288.

⁵⁵ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

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

niveles de neis muestran arenitas conglomeráticas con cuarzo, feldespatos y líticos, pobremente seleccionadas. En la plancha 15-15Bis, al norte de la Falla de Oca, se caracterizan por lodolitas grises y lentes de gravas oligomíticas de caliza y arenas sublíticas. Además, se observan costras ferruginosas y material lítico suelto, incluye cuarcitas, pórfidos dacíticos y calizas Paleógenas y Neógenas⁵⁶. Los perfiles verticales indican depósitos aluviales recientes con la presencia de paleocanales, sugiere una dirección sur-norte. Lockwood considera que estos depósitos se formaron en el Plioceno tardío o Pleistoceno⁵⁷.

- **Depósitos de Cauce Aluvial (Qca)**

Los Depósitos de Cauce Aluvial (Qca) se encuentran en las planchas 7 – Ranchería, 8 – Riohacha, 9 – Uribia, 13 – Dibulla, 14 – Albania y 15 –15Bis – Maicao, distribuyéndose a lo largo de las márgenes de ríos, arroyos y caños con actividad reciente. Originados por la acumulación en las zonas de inundación de corrientes aluviales, principalmente asociadas al cauce del Río Ranchería, estos depósitos reflejan una diversidad de composiciones, desde suelos arenosos y arcillosos orgánicos en la región Los Caracoles hasta arcillas y arenas poco consolidadas de color pardo amarillento en otras localidades. Su formación, vinculada a la época de lluvias y la actividad fluvial, suprayace discordantemente otras unidades en la Alta Guajira y es suprayacida por Depósitos de Dunas y Depósitos Aluviales Recientes con presencia de depósitos eólicos⁵⁸.

En cuanto a su composición y origen, estos depósitos presentan matriz soportada, con predominancia de arcilla y ocasionalmente fragmentos de costras calcáreas y rocas negras. Se vinculan con un basamento de origen marino, conforma una plataforma marina alta con acumulaciones de conchas en estratos consolidados, revela dinámicas costeras como tormentas y sucesivas transgresiones y regresiones marinas. La Universidad Nacional – INGEOMINAS destaca la relación de estos depósitos con la dinámica torrencial intermitente de los arroyos en la región, genera depósitos durante los desbordes. Su amplia extensión areal y su asociación con la actividad fluvial actual atribuyen a estos depósitos una edad reciente, correspondiente al Holoceno⁵⁹.

- **Depósitos de Dunas (Qe)**

Los Depósitos de Dunas (Qe) en la región de la Baja Guajira, específicamente en las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15 Bis – Maicao, consisten en sedimentos de arena fina de cuarzo, subangular y bien seleccionados, que se presentan en dos categorías: Sedimentos de Dunas Activas y Sedimentos de Dunas Estabilizadas. Ambos tipos muestran una orientación Este-Oeste, indica la dirección del viento como agente formador. Las Dunas Activas, con granos de cuarzo cristalino mayormente redondeados, se caracterizan por su morfología colinada, cresta baja y tonalidad crema, mientras que las Dunas Estabilizadas, de mayor altura, presentan vegetación y una composición similar a las activas, pero sin evidencias de material calcáreo. Su extensión en la región es significativa, ocupa la mayor parte de la superficie continental de la Baja Guajira.

La distribución de estos depósitos se detalla en las planchas, es notables en áreas como Riohacha, Uribia y Maicao. La presencia de dunas activas y estabilizadas se distingue por sus características morfológicas y la composición de sus sedimentos. En particular, se destaca la relación de estos

⁵⁶ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM 08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

⁵⁷ RODRÍGUEZ, Ibid. p. 259.

⁵⁸ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

⁵⁹ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM 08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

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

depósitos con procesos históricos, ya que Lockwood (1965) sugiere que las arenas se depositaron en el Pleistoceno durante períodos en los que el nivel del mar era más bajo. Aunque algunos depósitos se encuentran cubiertos por vegetación o han sido retrabajados por corrientes fluviales, la dirección predominante de las dunas es de Este a Oeste, revela la persistencia de procesos eólicos en la región a lo largo del tiempo.

- **Depósitos Aluviales Recientes con presencia de depósitos eólicos de arena fina cuarzosa (Qale)**

Los Depósitos Aluviales Recientes con presencia de depósitos eólicos de arena fina cuarzosa (Qale) constituyen la unidad geológica preeminente en la región de estudio, abarca extensas áreas en las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Inicialmente catalogados como Depósitos Eólicos, la investigación de campo llevada a cabo por INGEOMINAS⁶⁰ condujo a su redefinición como Depósitos Aluviales Recientes con coexistencia de depósitos eólicos de arena fina cuarzosa. La dificultad para demarcar claramente estos depósitos se atribuye a la dinámica fluvial intensa, que en períodos de lluvia redistribuye las arenas eólicas junto con el material propio de los arroyos. Estos depósitos se caracterizan por su morfología generalmente plana, con presencia puntual de zonas levemente colinadas, y están compuestos principalmente por arenas finas y arcillas de tonalidad pardo-amarillenta, con la aparición de clastos sueltos de composición silíceas, indicativos de depósitos eólicos, especialmente dunas incipientes⁶¹.

La morfología plana de estos depósitos aluviales recientes, junto con la presencia de montículos de baja altura, denota la coexistencia de depósitos eólicos, lo que dificulta su distinción precisa en el terreno. La investigación destaca localidades específicas, como el área cercana al Corregimiento El Pájaro en la plancha 8 – Riohacha y la región al sur de la Ranchería Kalaishira en la plancha 9 – Uribia, donde se observan estas características⁶². La complejidad en la delimitación precisa de los depósitos aluviales recientes y eólicos se atribuye a la dinámica fluvial activa, que desplaza y deposita arena eólica durante las estaciones lluviosas, contribuye a la formación de esta unidad heterogénea en la geología de la región⁶³.

5.1.2 Geología Estructural/Tectónica

La esquina noroccidental de Suramérica es una región tectónica donde convergen tres placas tectónicas principales: la Placa Continental Suramericana y las placas oceánicas Nazca y Caribe. Los regímenes de esfuerzos asociados a la interacción de estas placas se acomodan en una serie de bloques tectónicos discretos o microplacas, que incluyen el Bloque Panamá-Chocó, el Bloque Norandino, el Bloque Maracaibo y el Bloque Bonaire. La configuración tectónica actual está determinada principalmente por la subducción de la Placa Caribe en el borde norte y noroeste de la Placa Suramericana, la subducción bloqueada del Bloque Panamá-Chocó y la continua subducción de la Placa Nazca en el borde suroeste de la Placa Suramericana⁶⁴ (ver **Figura 5-2**).

⁶⁰ INGEOMINAS – ECOPETROL ICP – INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta – Geomorfología. Programa de Geociencias Marinas y Costeras – GEO. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” – Invemar Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. p. 194.

⁶¹ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

⁶² INGEOMINAS, Ibid. p. 194.

⁶³ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁶⁴ INGEOMINAS, Ibid. p. 194.



Figura 5-2 Mapa estructural regional con la configuración geodinámica de la esquina noroccidental de Suramérica. En línea roja se destaca el área del proyecto

Fuente: Modificado INGEOMINAS, 2009. Configuración geodinámica de la esquina noroccidental de Suramérica (modificada de Audemard y Audemard, 2002; Trenkamp et al., 2002). BB: Bloque Bonaire, BPC: Bloque Panamá-Chocó, BM: Bloque Maracaibo, BNA: Bloque Norandino, FB: Falla de Boconó, FEP: Falla El Pilar, SFAO: Sistema de Fallas de los Andes Orientales, SFSMB: Sistema de Fallas de Santa Marta-Bucaramanga, SFOA: Sistema de Fallas de Oca-Ancón, MDG: Megacizalla Dolores-Guayaquil, SNSM: Sierra Nevada de Santa Marta.

En el estudio de la geología estructural de la Sierra Nevada de Santa Marta, se utilizó principalmente el "Mapa Geológico de Reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia" elaborado por Tschanz⁶⁵. Este mapa ha sido una referencia fundamental basada en un extenso trabajo de campo y análisis petrográficos, químicos, espectrométricos, radiométricos y paleontológicos. Aunque existen mapas anteriores, como el de Gansser⁶⁶, y versiones posteriores del mapa de Tschanz⁶⁷, no se han realizado aportes significativos basados en nuevos trabajos de campo desde entonces.

La revisión de la cartografía existente reveló inconsistencias geométricas, mecánicas y dinámicas en las estructuras, lo que llevó a un análisis estructural más detallado. Se emplearon criterios geométricos, mecánicos, dinámicos y temporales para evaluar la viabilidad de las estructuras. Aquellas que no cumplían con los criterios mínimos fueron eliminadas, y las viables se conservaron o modificaron según la nueva información recolectada. El análisis resultante permitió identificar patrones estructurales diferenciados, contribuye a la formulación de un modelo estructural regional. El mapa estructural resultante destaca patrones estructurales distintos que revelan una historia de deformación diferente a la concebida anteriormente, aunque se reconoce que la adquisición de nueva información, especialmente de campo, podría ajustar o modificar este

⁶⁵ TSCHANZ, C. et al. *Geology of the Santa Marta area (Colombia)*. Ingeominas, Informe 1829. 1969. p. 288.

⁶⁶ GANSSE, A. *Contribución a la geología y petrografía de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia, Suramérica)*. Traducido por Geol. Dpl. Fabio Cediell (1966). Inventario Minero Nacional (Zona III). Bucaramanga. 1955. p. 64.

⁶⁷ TSCHANZ, Ibid. p. 288.

modelo⁶⁸. A continuación, se mencionan los sistemas estructurales, tanto de fallas como de pliegues, que afectan en el sector a nivel regional, las unidades geológicas como geomorfológicas, y que tienen una influencia directa o indirecta en el área del proyecto denominado "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas":

- **Sistema de fallas del cinturón de Oca**

Las estructuras asociadas al Sistema de Fallas del Cinturón de Oca son prominentes en la plancha 15 – Maicao, exhibe una orientación E-W y una componente vertical predominantemente inversa, que da lugar a pliegues oblicuos en el sistema de fallas. Debido a estas características y al alto ángulo con vergencias opuestas, se forma una estructura en flor positiva⁶⁹.

La característica estructural principal vinculada al Sistema de Fallas de Oca es la Falla de Oca, reconocida como uno de los elementos geológicos más significativos en el norte de Suramérica. Esta falla constituye el límite tectónico para las provincias de la Sierra Nevada de Santa Marta, La Serranía de Perijá y las cuencas de La Baja Guajira y Ranchería⁷⁰. El Sistema de Fallas de Oca se extiende desde la plancha 14 – Albania hasta la 15 – Maicao, es parte integral de la Región Estructural I en la Sierra Nevada de Santa Marta (ver **Figura 5-3**), donde está falla demarca el límite norte de dicha región estructural⁷¹.

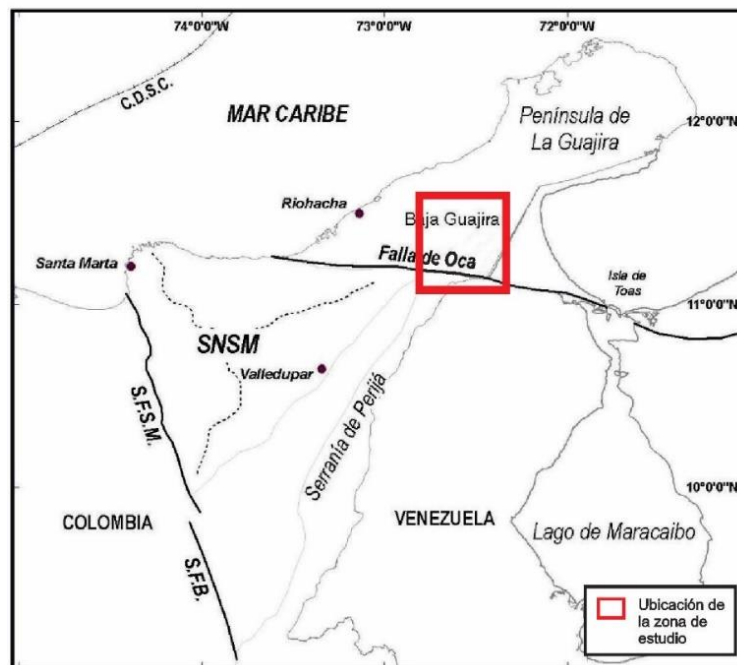


Figura 5-3 Mapa estructural con la Localización general del Sistema de Fallas de Oca-Ancón. En línea roja se destaca el área del proyecto

Fuente: Modificado INGEOMINAS, 2009.

⁶⁸ INGEOMINAS., Ecopetrol., ICP., INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34 a escala 1:100.000. 2007. p. 401.

⁶⁹ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

⁷⁰ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁷¹ INGEOMINAS, Ibid. p. 401.

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

○ **Falla de Oca**

La Falla de Oca, identificada como el límite entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la depresión de la Baja Guajira, así como entre la Sierra y el Mar Caribe, se presenta como un elemento lineal con trazado casi rectilíneo y flexiones mínimas de bajo ángulo. Su geometría sugiere un plano de falla aproximadamente vertical en la porción superficial. En el bloque sur de la falla, afloran diversas rocas, desde precámbricas hasta del Eoceno, mientras que, en el bloque norte, predominan las sedimentitas jóvenes de la Formación Monguí, indica un significativo levantamiento del bloque sur con respecto al bloque norte. La dirección de la Falla de Oca se extiende por más de 150 km desde Dibulla hacia el este, continua hacia la frontera con Venezuela, forma parte del Sistema de Fallas Oca–El Pilar⁷².

Además, se destaca la presencia de otras fallas, como la Falla de Taganga y la Falla de Florín, que forman un sistema transcurrente con orientación E–W y desplazamiento lateral derecho, afecta la geomorfología cuaternaria de la costa Caribe Colombiana. La Falla de Oca, con una extensión de aproximadamente 300 km, es considerada la más significativa del sistema E–W a NW y ha estado activa desde el Triásico Superior, exhibe un marcado movimiento lateral derecho desde el Cretácico medio. Su importancia se evidencia en el levantamiento del bloque sur forma la Sierra Nevada de Santa Marta, la culminación abrupta de la Serranía de Perijá, y la región deprimida en el bloque norte a lo largo de su traza en Colombia y Venezuela, indica tanto un movimiento lateral como una componente vertical relevante. Estudios sugieren que esta falla ha actuado como bisagra y ha influido en la evolución de cuencas circundantes, es un elemento clave en la historia geológica de la región⁷³.

• **Sistema de fallas del cerrejón**

El Sistema de Fallas del Cerrejón está compuesto por estructuras con una orientación típica del dominio andino, con una dirección NNE–SSW. Este sistema actúa como límite al este entre una provincia que contiene rocas de edad Mesozoica, ubicada en el núcleo de la Serranía de Oca, y una provincia occidental que alberga rocas de edad Paleógeno, forma el piedemonte occidental de la Serranía de Oca⁷⁴.

Las características principales de este sistema de fallas incluyen la presencia de fallas de cabalgamiento regional con vergencia hacia el oeste, genera saltos estratigráficos superiores a 600 metros. En la región de los Montes de Oca, este sistema produce fallas con ángulos elevados, trayectorias ligeramente lítricas y despegues profundos en el basamento Pre–Cretácico, según la misma fuente. En la plancha 15 – Maicao, el Sistema de Fallas del Cerrejón está representado por la Falla del Cerrejón y la Falla del Piedemonte de la Sierra de Carraipia⁷⁵.

○ **Falla del Cerrejón**

La Falla del Cerrejón se caracteriza como una falla de cabalgamiento de bajo ángulo, con un buzamiento de aproximadamente $\pm 10^\circ$ hacia el sureste, y experimenta pequeños desplazamientos

⁷² RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

⁷³ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15–15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08–17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

⁷⁴ ALMA MATER, *Ibid.* p. 202.

⁷⁵ ALMA MATER, *Ibid.* p. 202.

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

tanto en la vertical como en la horizontal, según Kellogg⁷⁶, Su traza es sinuosa y sigue los contornos topográficos, genera un salto estratigráfico significativo de al menos 600 metros. Esta estructura se observa en la plancha 15 – Maicao. Asociada a la Falla del Cerrejón, se manifiesta el sinclinal de Majayura y el anticlinal del Cerrejón, lo que sugiere un movimiento de rumbo sinistral asociado a esta falla⁷⁷.

- **Falla del Piedemonte de La Sierra de Carraipia**

La Falla del Piedemonte de la Sierra de Carraipia se manifiesta en el piedemonte de la Sierra de Carraipia, revela un marcado contraste geomorfológico. Su traza es recta, sugiere un fuerte buzamiento. La orientación de la traza es SW-NE, y hacia el norte, se ve interceptada por el Sistema de Fallas de Oca. El plano de fractura generalmente muestra un rumbo y un buzamiento, y en esta estructura se observan saltos estratigráficos de hasta 800 metros. La información proporcionada por ALMA MATER⁷⁸, destaca que la Falla del Piedemonte de la Sierra de Carraipia es evidente en la morfología del paisaje, es una estructura importante en el contexto geológico de la región.

- **Cinturón plegado de Oca**

El Cinturón Plegado de Oca se caracteriza como una cuña de acreción que se ha incorporado a lo largo de la margen norte de Colombia desde el Mioceno. Este proceso se vincula con la interacción de la Placa Caribe bajo Suramérica, y el sistema de Oca ha desempeñado un papel determinante en la movilidad de la Placa Caribe en dirección W – E⁷⁹. La deformación exhibida en este cinturón se clasifica como transpresiva, dentro del contexto de las fases transcurrentes del Sistema de Fallas de Oca. Las estructuras mayores asociadas a los Montes de Oca están vinculadas a los campos transpresivos, y su desarrollo se encuentra definido en la secuencia de edad Mesozoica en el extremo norte de la Cuenca de Ranchería⁸⁰.

- **Anticlinal de Majayura**

El Anticlinal de Majayura se caracteriza como un pliegue asimétrico, delimitado en ambos flancos por fallas inversas de componente oblicua, principalmente lateral derecha. Esta estructura se clasifica como una estructura de arrastre. El flanco norte de este anticlinal presenta una inclinación más vertical en comparación con el flanco sur, indicando la vergencia norte del sistema de plegamiento. El plano axial muestra una dirección esencialmente E-W, es oblicuo a subparalelo con respecto al Sistema de Fallas de Oca. En términos generales, este pliegue exhibe una geoforma tipo "pop up" o estructura en flor positiva, asociada al ajuste compresivo de sistemas transcurrentes esencialmente destrales con dirección E-W.

- **Anticlinal de Cerrejón**

El Anticlinal de Cerrejón se caracteriza como un pliegue asimétrico y apretado, donde el flanco oeste (W) está más inclinado que el flanco este (E), indica una vergencia hacia el oeste. El plano axial del anticlinal muestra una dirección NNE-SSW. Este pliegue local tiene su plano axial cortado al sur por la Falla del Cerrejón y limitado al norte por el Sistema de Fallas de Oca.

⁷⁶ KELLOGG, J. The Cenozoic Basement Tectonics of the Sierra de Perijá, Venezuela and Colombia. Tesis PhD, Princeton Univ. 198. p. 241.

⁷⁷ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribe y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

⁷⁸ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁷⁹ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

⁸⁰ ALMA MATER, Ibid. p. 202.

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

- **Sinclinal de Majayura**

El Sinclinal de Majayura se caracteriza como una estructura abierta asociada a un bloque deprimido, limitado por bloques levantados al norte y sur a través de fallas inversas con componente transpresional. Este sinclinal se extiende en dirección NE-SW, y su cierre norte se produce contra el Sistema de Fallas de Oca.

5.1.2.1 Geología Local

La región en la que se ubica el proyecto está caracterizada por una diversidad geológica que incluye distintos grupos y unidades. Se destacan formaciones como lodolitas cafés de color gris oscuro, tabulares y poco consolidadas, con suelos residuales de tonalidad café. Además, se observa la presencia de laderas muy abruptas a escarpadas con afloramientos o bloques rodados al parecer cercanos a la fuente de calizas blancas, los cuales se presentan en bloques angulares, tabulares y muy rectangulares, algunas de estas con una alta presencia en fósiles. Esta variabilidad geológica puede influir en la estabilidad del terreno y debe ser considerada en la planificación y ejecución del proyecto eléctrico.

La zona del proyecto abarca las Planchas geológicas de la plancha 9 – Uribia, plancha 10 – Rancho Grande, 14 – Albania y 15–15Bis – Maicao, a una escala de 1:100.000. Según Rodríguez⁸¹, los macizos rocosos consolidados y poco consolidados, además de los depósitos sedimentarios, abarcan edades desde el Jurásico hasta el Cuaternario. La información regional fue constatada y verificada en campo como parte del desarrollo del proyecto para generar la escala cartográfica y caracterización de las unidades geológicas a 1:10.000.

- **Análisis de interpretación**

Para respaldar la interpretación detallada a escala 1:10.000 de las unidades litológicas y la delimitación de los depósitos, se utilizarán diversos recursos. Además de los datos proporcionados por la información secundaria y el aprestamiento, se emplearán los siguientes elementos:

1. **Modelo Digital de Terreno (DEM) de 12 m:** Se utilizará un DEM con una resolución de 12 metros para obtener información detallada sobre la topografía y la elevación del terreno, algunas morfologías y alturas se relacionan directamente con los depósitos cuaternarios (zonas planas) hasta las formaciones cretácicas o unidades mucho más antiguas que alcanzan el precámbrico hacia la zona de cordillera (ver **Figura 5-4**).

⁸¹ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

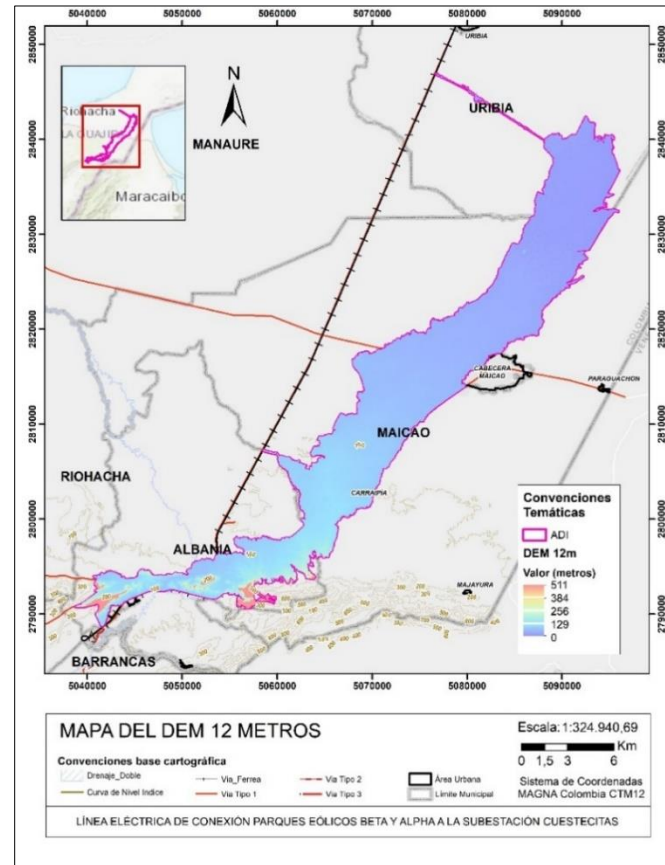


Figura 5-4 Mapa del DEM 12 metros para la interpretación del área del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- Imágenes satelitales ALOS PALSAR:** Se emplearon imágenes satelitales de tipo activas o de radar de este satélite (ver **Tabla 5-1**), para obtener información adicional sobre la cobertura del suelo y otros detalles relevantes. Estas imágenes se caracterizan por su capacidad de penetrar en el subsuelo hasta 20 centímetros, depende de las condiciones dieléctricas de los materiales, gracias a su capacidad determinada por el tipo de polarización HH-HV (ver **Figura 5-5**).

Tabla 5-1 Inventario de imágenes Alos Palsar

NUMERO	IMAGEN	POLARIZACIÓN	RESOLUCIÓN METROS	FECHA
1	AP_26812_FBS_F0210_RT1	HH	80,73	05/02/2011
2	AP_22363_FBS_F0210_RT1	HH	80,73	06/04/2010

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

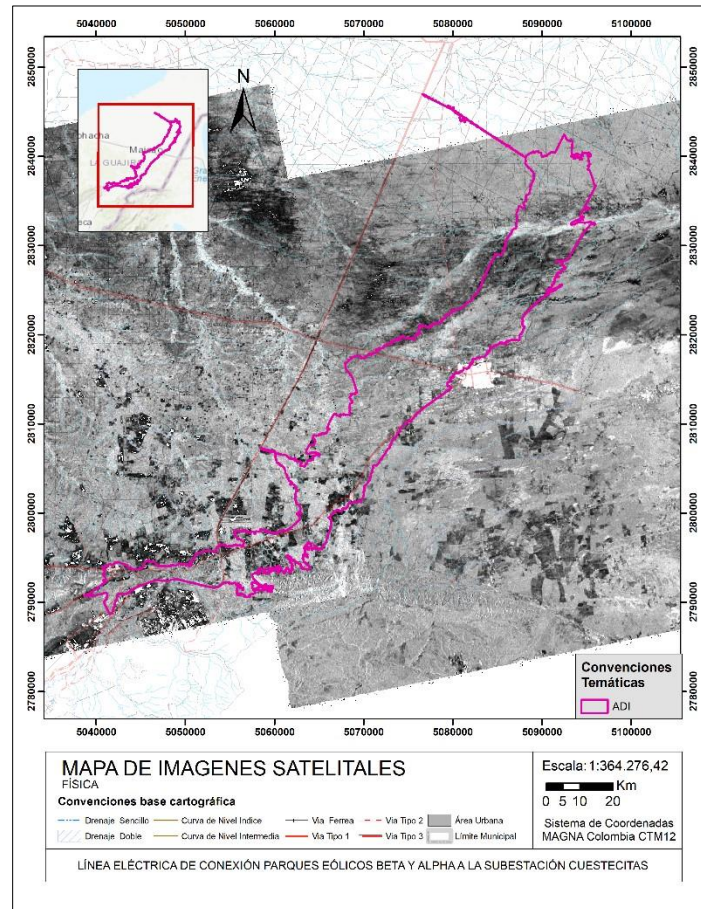


Figura 5-5 Mapa sumatorio de las imágenes satelitales de radar tipo activas (Alos Palsar) del área del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Estos insumos se analizarán de manera detallada para mejorar la comprensión de la estratigrafía del área de estudio, apoyar la interpretación geológica y la delimitación de los depósitos.

- **Estratigrafía local**

La caracterización geológica local se centra en describir litológicamente todas las unidades rocosas y depósitos no consolidados que afloran en el proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas", utiliza una escala más detallada establecida según las necesidades del proyecto (ver **Figura 5-6**). Previamente, se llevó a cabo un trabajo de fotointerpretación. Además, se busca construir la geometría de estas unidades mediante métodos geofísicos. La definición de las unidades geológicas se basa en la Carta Estratigráfica

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

Internacional y en los estándares para cartografía geológica establecidos por el INGEOMINAS^{82 83} en la actualidad Servicio Geológico Colombiano (SGC)⁸⁴.

La geología cuaternaria en el proyecto de La Guajira se caracteriza por depósitos recientes influenciados por procesos eólicos y fluviales. La presencia de dunas eólicas y arenas finas a muy finas de color amarillo claro, con matriz lodosa, reflejan un ambiente predominantemente eólico. Estos depósitos muestran materiales sueltos y áreas más firmes, donde indican una topografía plana y condiciones áridas en la región. Además, se observan terrazas y perfiles de talud en arroyos, compuestos por lodos arenosos, arenas finas a muy finas, y gravas subangulares arrastradas por el arroyo.

En algunos casos, como en el perfil de talud de arroyo, se evidencia la presencia esporádica de inundaciones que afectan la composición de los sedimentos, de gravas finas y clastos de color café oscuro. Además, se destaca la formación neógena en un arroyo, con lodos y arena muy fina de colores rojos y amarillos, que evidencian óxidos y presencia esporádica de gravas compactas. También se mencionan depósitos de dunas con arenas muy finas de color amarillo claro, especialmente en zonas de ambiente eólico y paisajes totalmente planos.

⁸² ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15–15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM 08–17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

⁸³ INGEOMINAS., Ecopetrol., ICP., INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34 a escala 1:100.000. 2007. p. 401.

⁸⁴ INGEOMINAS – ECOPETROL ICP – INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta – Geomorfología. Programa de Geociencias Marinas y Costeras – GEO. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andréis” – Invemar Vinculado al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2009. p. 6194.

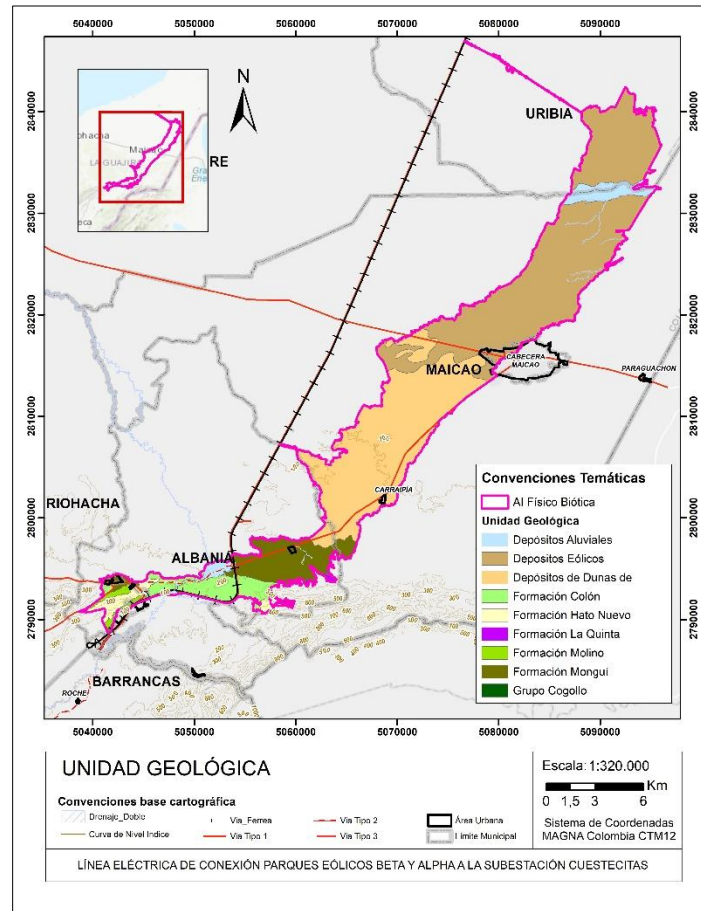


Figura 5-6 Mapa de interpretación de geología detallada escala 1:10.000 del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Tabla 5-2** se presentan las estaciones geológicas llevadas a cabo en la comisión de campo para las unidades geológicas que afloran en el proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas". En dicha tabla, se detallan las coordenadas de cada punto y la unidad geológica identificada en cada estación, para su posterior interpretación. Además, los formatos de campo correspondientes a cada estación se encuentran disponibles en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología \Anexo 5.1.1-1 Formatos de campo**.

Tabla 5-2 Estaciones de campo y unidades geológicas

PUNTO	NORTE	ESTE	UNIDAD GEOLÓGICA
VVGEO001	2846425,70	5077590,99	Depósitos de dunas de arena
VVGEO002	2832636,93	5089571,61	Depósitos Aluviales
VVGEO003	2835001,19	5091849,30	Depósitos Eólicos
VVGEO004	2844130,06	5080802,47	Depósitos de dunas de arena
VVGEO005	2838864,10	5089769,84	Depósitos Eólicos
VVGEO006	2838222,97	5098291,81	Depósitos Eólicos
VVGEO007	2833679,38	5091866,49	Depósitos Eólicos
VVGEO008	2795522,85	5060470,25	Formación Monguí
VVGEO009	2811204,00	5074720,00	Depósitos de dunas de arena
VVGEO010	2810927,00	5068894,00	Depósitos de dunas de arena
VVGEO011	2792122,03	5054612,07	Formación Colón

PUNTO	NORTE	ESTE	UNIDAD GEOLÓGICA
VVGEO012	2793264,83	5048237,69	Depósitos Eólicos
VVGEO013	2792147,00	5061725,00	Formación La Quinta
VVGEO014	2792895,00	5053283,00	Formación La Quinta
VVGEO015	2792147,45	5061725,07	Formación La Quinta
VVGEO016	2792341,49	5061694,68	Formación La Quinta
VVGEO017	2797117,01	5062124,23	Formación Monguí
VVGEO018	2792889,89	5061719,39	Formación La Quinta
VVGEO019	2793148,50	5062101,87	Formación La Quinta
VVGEO020	2796420,15	5059343,88	Formación Monguí
VVGEO021	2796826,91	5060586,96	Formación Monguí
VVGEO022	2798548,67	5060985,07	Depósitos de dunas de arena
VVGEO023	2796041,61	5054938,60	Formación Monguí
VVGEO024	2793427,04	5058310,18	Formación Colón
VVGEO025	2793042,21	5058461,60	Grupo Cogollo
VVGEO026	2796394,21	5057660,41	Formación Monguí
VVGEO027	2793304,73	5056539,96	Formación Colón
VVGEO028	2793037,85	5056507,36	Formación Colón
VVGEO029	2792880,68	5056385,18	Formación Colón
VVGEO030	2793216,81	5055944,98	Formación Colón
VVGEO031	2793027,36	5055752,90	Formación Colón
VVGEO032	2793311,30	5055552,68	Formación Colón
VVGEO033	2793114,30	5055487,10	Formación Colón
VVGEO034	2793707,13	5052861,67	Formación Colón
VVGEO035	2793670,92	5052687,77	Formación Colón
VVGEO036	2793633,26	5052026,57	Formación Colón
VVGEO037	2793872,34	5053310,82	Formación Colón
VVGEO038	2793478,38	5048756,97	Depósitos Eólicos
VVGEO039	2793957,39	5048808,96	Formación Colón
VVGEO040	2793465,62	5048061,90	Formación Colón
VVGEO041	2793223,29	5041926,25	Formación Colón
VVGEO042	2791131,22	5058155,52	Formación Hato Nuevo

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Tabla 5-3** se observan las unidades geológicas encontradas en la zona de estudio con el área que ocupan en el polígono de estudio, así como el porcentaje en que se presentan. En esta se observa que la unidad de Depósitos Eólicos es la que se presenta en mayor proporción con un **45,72%** y el Grupo Cogollo es la que se presenta en menor proporción con un 0,07%. Lo anterior, al presentar la mayoría de área plana cubierta por depósitos eólicos, se presentan una mayor estabilidad geotécnica, escasa evidencia de fallas geológicas y macizos rocosas aflorantes en superficie.

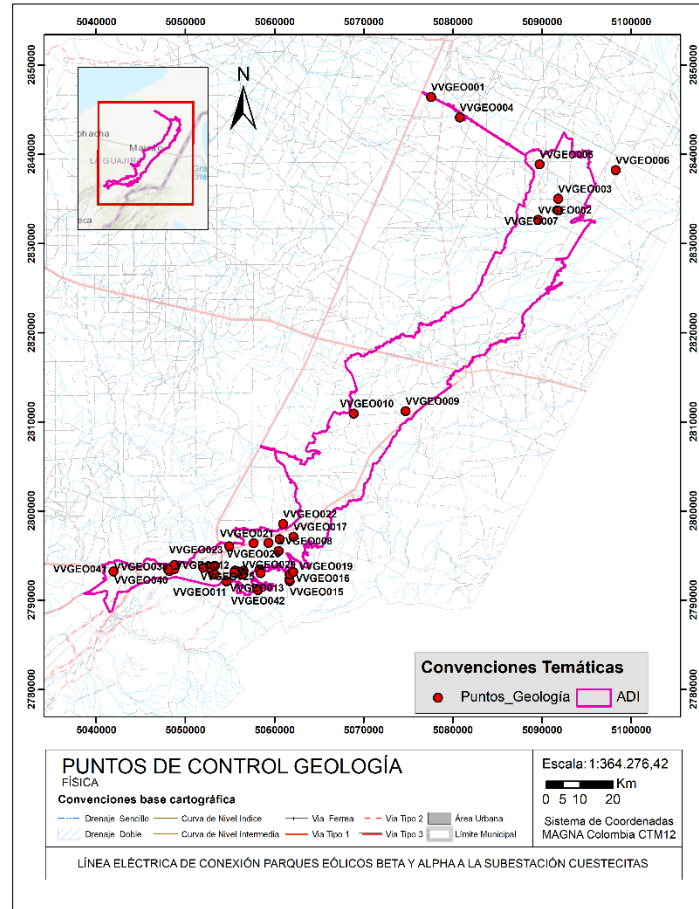


Figura 5-7 Mapa de interpretación de geología detallada escala 1:10.000 del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Tabla 5-3 Áreas de cobertura y porcentajes de las unidades geológicas del proyecto

UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Formación La Quinta	Jq	95,58	0,21
Grupo Cogollo	Ksc	31,44	0,07
Formación Molino	Km	440,49	0,97
Formación Colón	K2cl	2533,55	5,58
Formación Hato Nuevo	Kahn	933,02	2,05
Formación Monguí	N1m	4122,52	9,08
Depósitos Eólicos	Qeo	20756,75	45,72
Depósitos Aluviales	Qal	1680,68	3,70
Depósitos de Dunas de arena	Qe	14808,22	32,62
TOTAL		45.402,25	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se realiza la descripción a detalle de cada una de las unidades presentes en el área de influencia del proyecto en su orden cronológico de lo más antiguo hasta lo más reciente:

○ Formación La Quinta (Jq)

Las areniscas de esta formación exhiben tonalidades que van desde el rojo hasta el pardo claro debido a procesos de oxidación y fracturación angular. Destacan afloramientos notables, como los

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

cantos rodados de arenisca conglomerática, con tonalidades que oscilan entre el rojo oscuro y el morado (ver **Fotografía 5-1**). En la zona de piedemonte, se observa una resistente arenisca roja de la Formación La Quinta, con una tonalidad intensa debido a los minerales de feldespato potásico (ver **Fotografía 5-2**). Además, afloran lodolitas silíceas en tonalidades que van desde gris claro hasta oscuro, muestra una masa compacta y fuertemente cementada. Estas lodolitas están altamente fracturadas, indica procesos tectónicos significativos, y la presencia de tonalidades rojas en el suelo circundante sugiere la posible influencia de residuos de la Formación La Quinta.

La unidad geológica se manifiesta de manera evidente en la topografía de la región, es visible en los Lomeríos poco disectados, Lomeríos y Ladera estructurales escarpadas, así como en laderas abruptas y crestas onduladas convexas rebajadas de los lomeríos. La expresión en superficie de estas unidades geomorfológicas está estrechamente relacionada con los límites de la formación geológica. Estas áreas presentan suelos residuales con tonalidades que varían entre el rojo oscuro y el morado, lo cual es característico de la formación geológica específica.

La ubicación de esta unidad geológica es entre el piedemonte y la zona más baja de la cordillera exhibida de la Serranía de Perijá. En términos geográficos, se encuentra específicamente en la zona sur del área del proyecto, al sureste del casco urbano del corregimiento de Porciosa, en cercanías al Parque Montes De Oca. La obtención de cierto control se logró mediante las estaciones de campo denominadas VVGEO013, VVGEO014, VVGEO015, VVGEO016, VVGEO018 y VVGEO019, como se detalla en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2792341 – E: 5061694



Coordenadas N: 2792889 – E: 5061719

**Fotografía 5-1 Registro fotográfico de la
formación La Quinta**

**Fotografía 5-2 Fotografía a detalle de un
afloramiento de macizo rocoso de la
formación La Quinta**

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

○ Grupo Cogollo (Ksc)

La presencia de una antigua cantera dedicada a la extracción de material aparentemente triturado de caliza blanca en el área, caracterizada por su tonalidad blanca distintiva y bien cementada, podría pertenecer posiblemente a la Formación Cogollo (ver **Fotografía 5-3**). Esta conexión se refuerza al observar cantos rodados en la misma área, compuestos principalmente por areniscas calcáreas blancas, lo que respalda la posible asociación con la Formación Cogollo. Además, la presencia de areniscas de grano muy fino calcáreas, de color blanco masivas a tabulares, fracturas angulares, sobre suelos de colores que van desde rojos hasta morados y pardos, podría indicar la presencia de la Formación La Quinta en el área. En conjunto, estos elementos geológicos proporcionan indicios de la composición y la historia deposicional de la región.

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

La unidad litológica, se relaciona directamente con la geoforma de Lomo de falla y localmente a manera de elemento geomorfológico con las laderas abruptas a escarpadas, se aprecia una estrecha relación con la expresión en superficie de las unidades geomorfológicas. La presencia de cantos rodados asociados a suelos rojos y morados de la Formación La Quinta indica la influencia de esta formación en la región. La cantidad y el tamaño de los cantos rodados sugieren que la fuente y la exposición del material en superficie están cercanas, lo que puede tener implicaciones importantes para comprender la deposición y la historia geológica de la zona.

Esta unidad geológica se localiza en la zona montañosa de la Serranía de Perijá, el lomo de falla es posible apreciar desde la zona de piedemonte hasta la planicie colinada o los montículos cercanos (ver **Fotografía 5-4**). Su presencia abarca las veredas cercanas al corregimiento de Porciosa, en el municipio de Albania, y la comunidad indígena Karalouptamahana. El control sobre esta unidad se ha obtenido mediante las estaciones de campo VVGEO025 y VVGEO024, como se detalla en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2792341 – E: 5061694

Fotografía 5-3 Areniscas altamente calcáreas de color blanca de la de la formación Cogollo



Coordenadas N: 2792889 – E: 5061719

Fotografía 5-4 El paisaje con un Lomo de falla al fondo de la foto expresa los afloramientos de la unidad litológica de la formación Cogollo

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

○ **Formación Molino (Km)**

La Formación Molino, identificada en la plancha 14 – Albania, está compuesta principalmente por shale de color gris a gris oscuro, delgadamente laminado y con estratificación variable⁸⁵. En esta formación se incluyen capas delgadas de caliza, arcillolitas de color verde oscuro con concreciones ferruginosas y, ocasionalmente, lentes de arenitas de grano fino. Se destacan los shales calcáreos de color gris claro, que en algunos lugares muestran oxidación, presentan fracturas concoideas y laminación gruesa de yeso. Además, se observa la presencia de foraminíferos planctónicos como *Globorotalia*⁸⁶.

El macizo rocoso es observable al aflorar en ambos lados del Valle del Río Ranchería, pero se delimita al sur del área del proyecto en dos polígonos que se extienden en dirección SW-NE,

⁸⁵ CÁCERES, H. *et al.* *The Geology of the Rancheria Basin*. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Geological Field – Trip Colombia, 1980 – 1989. Published in Colombia by Geotec Ltda, 1992. Bogotá. 1980. p. 31.

⁸⁶ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

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

ubicados entre los núcleos urbanos de los municipios de Albania y Cuestecitas, en las laderas del Cerro Manantial. Este macizo rocoso guarda una relación directa con la subunidad de Ladera abrupta ondulada colinada. Los límites y características de esta relación se establecen mediante la conexión directa con la geomorfología, ya que las propiedades de este material rocoso permiten establecer dicha relación, sumado a que la unidad se presenta en laderas de pendientes escarpadas, la cuales son propensas a caídas de rocas o desprendimientos de bloques.

○ **Formación Colón (K2cl)**

La Formación Colón en el área estudiada se caracteriza por afloramientos de calizas wackestones con capas tabulares a subtabulares, revela un entorno de depósito complejo y dinámico (ver **Fotografía 5-5**). Las calizas medianas a gruesas exhiben fosilización, con bivalvos notables de hasta 5 cm, impregna el lecho en forma lumaquélica. La matriz de lodo calcáreo, altamente bioturbada, evidencia la intensa actividad biogénica que ha moldeado este depósito. Además, se observan capas terrígenas con tonalidades que varían de crema a gris claro, incorpora cuarzo, y concreciones calcáreas centimétricas enriquecidas con abundantes amonitas (ver **Fotografía 5-6**).

En diversas localidades, se encuentran cantos rodados de composición que sugiere la posible pertenencia a la Formación Colón. La presencia de caliza fosforita y venas calcáreas en algunos cantos subangulares, así como la abundancia de fósiles en otros, refuerzan la conexión con esta formación. La erosión diferencial ha esculpido estos cantos, destaca la huella distintiva en su morfología. Además, se identifican cantos rodados notables compuestos por areniscas de grano muy fino, levemente calcáreas, que reposan sobre un lomo denudado expuesto por procesos de erosión. La región exhibe una diversidad geomorfológica, predominantemente denudacional, con laderas onduladas, lomeríos disectados, lomas residuales y laderas abruptas, incluye un cerro estructural. Este cerro se sitúa en la intersección de una falla inferida y la principal del sistema de Oca. Además, se destaca un lomo denudado de longitud considerable, refleja variaciones topográficas en altitudes que van desde bajas hasta altas, con unas extensiones que también varían en la zona para subunidad. La unidad litológica en cuanto su limitación, hacia el norte, la influencia de la Falla de Oca es la principal demarcación del macizo rocoso. Para la zona sur, la estructuración está definida por la presencia de la Falla del Cerrejón y el Anticlinal del Cerrejón, con los depósitos aluviales recientes se encuentran en la zona sur.

Una porción de la unidad se encuentra al sur del núcleo urbano del municipio de Cuestecitas, mientras que otra sección se extiende en el sur del área del proyecto, de occidente a oriente, abarca las comunidades indígenas de Campo Herrera, La Horqueta, Resguardo Indígena Wayuu Cuatro de Noviembre, Charito, La Horqueta 2, El Corazonal, El Carmelo, Karautamana, La Macarena, y varios predios privados, incluye los titulados por la empresa Cerrejón. La definición, caracterización y delimitación de esta unidad se logran mediante la identificación de unidades geomorfológicas, información secundaria, interpretación de insumos de sensores remotos y puntos de control en estaciones de campo, denominadas VVGEO011, VVGEO027, VVGEO028, VVGEO029, VVGEO031, VVGEO032, VVGEO033, VVGEO035, VVGEO036, VVGEO037, VVGEO039, VVGEO040 y VVGEO041, según se detalla en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.

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



Coordenadas N: 2793037 – E: 5056507



Coordenadas N: 2793957 – E: 5048808

Fotografía 5-5 Calizas altamente calcáreas de color blanca de la de la formación Colon. Est. VVGEO028

Fotografía 5-6 Calizas blancas cafés claras altamente fosilíferas, se aprecia un amonita en uno de los bloques. Est. VVGEO039

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

○ **Formación Hato Nuevo (Kahn)**

La Formación Hato Nuevo se caracteriza por una ladera con pendiente pronunciada, que varía de muy abrupta a escarpada. Los afloramientos de calizas blancas a verdes claras en la ladera se evidencian por bloques angulares y tabulares (ver **Fotografía 5-7**), altamente fracturados de forma rectangular y de diversos tamaños, in situ, aunque sin un afloramiento claro para la medición de familias de diaclasas (ver **Fotografía 5-8**). La blancura de las calizas sugiere la presencia de carbonato de calcio en la composición, y la disposición angular de los bloques apunta a la posibilidad de fracturación tectónica que ha afectado la forma de los afloramientos, posiblemente relacionada con fallas de piedemonte de la Sierra de Carraipia y la otra sección a la influencia del sistema de fallas de Oca.

El macizo rocoso se asocia con subunidades geomorfológicas de tipo denudacional, como laderas erosivas muy escarpadas, escarpadas onduladas, onduladas muy abruptas, muy inclinadas, y denudadas muy escarpadas. También se presenta la influencia estructural en la forma de Loma residual. Esta unidad litológica abarca el sur del área del proyecto, desde la Bendición del corregimiento de Cuestecitas hasta la vía nacional antigua que conduce al cruce hacia Cuatro Vías. Otra sección donde aflora la Formación Hato Nuevo se observa en el sector conocido como Corazonal, sobre terrenos privados al sureste de la comunidad indígena de La Horqueta. El control sobre esta unidad se ha obtenido mediante la estación de campo VVGEO042 y la correlación con información secundaria, interpretación de sensores remotos, y relación directa con las unidades geomorfológicas, según se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2791131 - E: 5058155

**Fotografía 5-7 Calizas blanca rodadas
angulares de la de la formación Hato
Nuevo. Est. VVGEO042**



Coordenadas N: 2791131 - E: 5058155

**Fotografía 5-8 Calizas blancas a verdes claras
en forma de tabletas por su forma de
fractura. Est. VVGEO042**

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

○ **Formación Monguí (N1m)**

La Formación Monguí, de edad Neógena, situada en el piedemonte de la Serranía de Perijá, exhibe una diversidad sedimentaria notable. En la zona de montículos, gravas muy gruesas de hasta 5 cm de diámetro muestran una variedad de colores sobre una matriz de arenas finas a lodos, evidencia procesos de oxidación y alteración (ver **Fotografía 5-9**).

Los depósitos en terraza revelan una composición heterogénea con niveles entre materiales acuñados, indica procesos fluviales o fluviales-erosivos. La unidad litológica se aprecia en varias zonas de cortes de talud algunos alcanza los 5 metros de altura, varios de ellos son canteras activas o antiguas en donde se evidencia la extracción de materiales de construcción, desde arenas gruesas hasta gravas muy gruesas, con la presencia de un paleosuelo que sugiere procesos sedimentarios complejos durante la formación del depósito (ver **Fotografía 5-10**).

La unidad litológica está estrechamente asociada con geoformas de montículos y ondulaciones denudacionales, con planicies de varios rasgos, desde muy colinadas hasta colinadas denudadas. Sus límites se delinean asociados a las subunidades geomorfológicas y se ven influenciados por el trazo del sistema de falla de Oca, en la zona sur de la unidad. La litología predominante muestra una baja consolidación, y la topografía revela alturas relativamente moderadas en comparación con el nivel base, según el inventario de geoformas. Se observa una erosión limitada, principalmente en forma laminar, expone los materiales más gruesos y competentes en la superficie, como gravas gruesas a finas muy cementadas con tonalidades oscuras debido al óxido. Este ambiente se interpreta como una combinación de procesos fluviales y eólicos, con la posibilidad de identificar depósitos de arenas que suprayacen a las unidades neógenas.

La formación reciente se encuentra en áreas cercanas al casco urbano y veredas adyacentes del corregimiento de Porciosa, extendiéndose hacia el sector contiguo a la comunidad Cuatro de Noviembre, incluye la comunidad Karalouptamahana, todo lo anterior en la zona sur del área del proyecto, perteneciente al municipio de Albania. La definición, caracterización y delimitación de esta unidad se logran mediante la identificación de unidades geomorfológicas, información secundaria, la interpretación de datos de sensores remotos y puntos de control establecidos en estaciones de campo, denominadas VVGEO008, VVGEO021, VVGEO023, VVGEO020 y VVGEO026, según se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2796826 – E: 5060586



Coordenadas N: 2796394 – E: 5057660

Fotografía 5-9 Terraza de arroyo donde se exhibe la unidad de la formación Monguif, semi-consolidadas. Est. VVGEO021

Fotografía 5-10 _ Materiales característicos de la formación Monguif. Est. VVGEO026

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

○ Depósitos cuaternarios

▪ Depósitos Eólicos (Qe)

Presenta una composición sedimentaria diversa en diferentes niveles. Pero principalmente se asocia con la presencia de depósitos eólicos de arena fina cuarzosa. En terrazas, es posible apreciar sedimentos que van desde arenas muy finas hasta lodos, con tonalidades que indican variados niveles de oxidación, sugiere procesos geológicos diversos y condiciones ambientales cambiantes. En la superficie del talud, se observan gravas finas hasta arenas muy gruesas, conglomeráticas y sueltas, refleja la acción del agua en el arroyo de baja magnitud (ver **Fotografía 5-11**). La lodolita en la zona exhibe una composición distintiva con arenas muy finas amarillas entremezcladas con colores pardos, revela procesos de alteración y sedimentación. Además, se destacan áreas con composición sedimentaria de arenas finas a muy finas enriquecidas en matriz de limos, con origen en dunas eólicas y evidencia de transporte sedimentario impulsado por procesos eólicos. La presencia de arenas muy finas cuarzosas mezcladas con matriz lodosa indica un amplio panorama sedimentario, con colores que van desde el amarillo hasta el rojo pardo claro debido a la oxidación por meteorización física y química. La presencia de clastos de gravas finas a gruesas sugiere la influencia de eventos de inundación esporádica procedentes de arroyos circundantes (ver **Fotografía 5-12**).

La unidad se encuentra estrechamente asociada con diversas unidades geomorfológicas, primordialmente del ambiente fluvial y eólico, incluye mantos de arena eólica, dunas, campo de dunas remontantes, plano o llanura de inundación, y planicie poco colinada. Estas unidades geomorfológicas no solo definen parte de los límites de la unidad litológica, sino que también influyen en sus características distintivas. La presencia de mantos de arena eólica sugiere la influencia de procesos de sedimentación impulsados por el viento, mientras que la existencia de dunas y campos de dunas remontantes indica la acción continua de la erosión eólica y la migración de arena. La planicie poco colinada y el plano o llanura de inundación señalan la topografía general de la región, indica la posible influencia de procesos fluviales y la formación de áreas propensas a inundaciones.

El depósito aluvial se distribuye en dos secciones distintas en el área del proyecto. Una parte significativa se localiza al sur, abarca áreas a lo largo de ambos márgenes del cañón del río

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

Ranchería, así como en las zonas adyacentes a los terrenos privados de la empresa Cerrejón, la comunidad La Horqueta y el resguardo indígena Cuatro de Noviembre, principalmente en el margen derecho del río. La otra sección del depósito se extiende hacia el norte, cubre gran parte de esta dirección, desde las áreas cercanas al casco urbano del municipio de Maicao hasta las zonas asociadas a los proyectos de Parques Alpha y Beta. La definición, caracterización y delimitación de este depósito se logran mediante la identificación de geoformas, información secundaria, la interpretación de datos de sensores remotos y puntos de control establecidos en estaciones de campo, tales como VVGEO003, VVGEO005, VVGEO006, VVGEO007 y VVGEO007, como se describe en detalle en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2835001 – E: 5091849



Coordenadas N: 2838864 – E: 5089769

Fotografía 5-11 Materiales sedimentarios finos y gruesos del depósito aluvial reciente. Est. VVGEO003

Fotografía 5-12 Terraza de arroyo donde se puede apreciar el depósito aluvial reciente. Est. VVGEO005

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

▪ Depósitos Aluviales (Qal)

A través de la estación de control VVGEO002, se lleva a cabo la caracterización de los materiales del depósito, utiliza un perfil de talud que se eleva más de un metro sobre el margen del arroyo. Este perfil presenta una composición notablemente diversa, compuesta por lodos arenosos que varían desde arena fina hasta muy fina. Se observa la presencia de arenas y gravas subangulares que han sido arrastradas por el arroyo y depositadas a lo largo de su cauce. Sin embargo, es importante destacar que esta composición característica del lecho no se refleja en la terraza o talud que se alza sobre él. La diferencia en la composición entre el lecho y el talud sugiere la presencia de procesos geológicos complejos (punto de control VVSGMF022), ya que resulta difícil identificar la procedencia exacta de los materiales presentes en el lecho del arroyo (ver **Fotografía 5-13**).

La unidad litológica reciente se definió, caracterizo y delimito mediante la identificación de geoformas, información secundaria, la interpretación de datos de sensores remotos y asociación con la subunidad geomorfológica Llanura eólica de inundación, sumado a la estación antes mencionada. Su ubicación es posible observar en la parte norte del área del proyecto, abarca los límites de los parques Beta y Alpha, sobre las comunidades indígenas de Kapuchirajain, Torinchen, Orotchon y Araparen. El polígono de la unidad se extiende de manera alargada desde el occidente hacia el oriente, genera una zona de inundación intermitente del Arroyo Wampeshi (Arroyo Wüimpeshi).

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



Coordenadas N: 2832636 – E: 5089571

Fotografía 5-13 Materiales sedimentarios del depósito de Cauce aluvial. Est. VVGEO002

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

▪ Depósitos de Dunas de arena (Qe)

La unidad litológica muestra una diversidad de características, destaca las "Arenas finas de matriz lodosa" con tonalidades café claro, resultado de intensas alteraciones y alta meteorización, se compone principalmente de arenas muy finas de tonalidad amarillo claro (ver **Fotografía 5-14**). Las "Arenas finas cuarzosas con matriz lodosa" exhiben una tonalidad amarillo claro, dominadas por cuarzo y afectadas por procesos de oxidación. Las "Dunas" presentan un paisaje de arenas muy finas a finas, amarillo claro, modelado por la influencia eólica a lo largo del tiempo (ver **Fotografía 5-15**). Este ambiente interperiodo árido se ve influenciado por procesos eólicos, evidenciándose en la textura y composición del material, las condiciones climáticas extremas, marcadas por la aridez y la intensidad de los vientos, contribuyen a la meteorización física de los materiales. Finalmente, el descrito en campo como "Depósito de dunas" es susceptible a la erosión eólica y a la meteorización física, evidencia la dinámica y maleabilidad del paisaje bajo la influencia del viento.

La unidad litológica cuaternaria se divide en dos sectores, uno entre los sectores aledaños a la finca denominada como Varsovia y el casco urbano del corregimiento de Carraipia, hasta la vía principal de Maicao conduce a cuatro vías. El segundo esta e inicio del parte Alpha, en el sector del entroque, o sobre la comunidad indígena de Carcloctamana, hasta los sectores aledaños de las rancherías de Rosamana y Tewou. La definición, caracterización y delimitación de esta unidad se logran mediante la identificación de unidades geomorfológicas de Planicie eólica y Dunas antiguas, sumado a información secundaria, más la interpretación de datos de sensores remotos y puntos de control establecidos en estaciones de campo, denominadas VVGEO001, VVGEO004, VVGEO009 y VVGEO010, según se detalla en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**.



Coordenadas N: 2844130 – E: 5080802



Coordenadas N: 2810927 – E: 5068894

Fotografía 5-14 Depósito característico de Duna antigua. Est. VVGEO004

Fotografía 5-15 Depósito de duna típico del proyecto, compuesto por arenas finas amarillas. Est. VVGEO010

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.2.2 Geología Estructural

La caracterización de geología estructural realizada en el proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas", se realizó mediante trabajo de campo, fotogeología e información secundaria, no reveló evidencia de rasgos estructurales de fallas o pliegues para la zona centro norte del proyecto. La escasez de afloramientos de rocas competentes con estratos y datos estructurales, como familias de diaclasas, dificulta la interpretación de la tectónica que afecta el área, aumenta la incertidumbre de neotectónica en la zona plana de ambiente eólico. En la zona sur se realiza una documentación y seguimiento de las estructuras mediante la información de aprestamiento^{87,88,89}, entre ellas se destaca el sistema de falla de Oca y sus fallas satélites.

Se realiza la referencia y detalle de las estructuras más importantes a nivel local que afectan tectónicamente el área del proyecto y su litología:

- **Sistema de falla de Oca**

La falla en cuestión tiene una gran relevancia en el área sur del proyecto, específicamente en la zona de piedemonte de la serranía de Perijá. Su línea principal presenta una orientación este-oeste (E-W). La información secundaria indica que la falla tiene un componente doble, predominantemente inversa y, en segundo lugar, dextral. Debido a estas características y al alto ángulo con vergencias opuestas, se forma una estructura en flor positiva⁹⁰. Esta estructura afecta y expone los materiales de las Formaciones Colón y La Quinta contra los materiales más recientes en la parte norte de la Formación Monguí y los depósitos aluviales recientes. Se observa que algunos materiales de las formaciones Colón y Monguí están rodados o altamente fracturados, evidencia una fuerte

⁸⁷ INGEOMINAS., Ecopetrol., ICP., INVEMAR. Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta, planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34 a escala 1:100.000. 2007. p. 401.

⁸⁸ RODRÍGUEZ, L. *et al.* Memoria explicativa del Mapa Geológico del departamento de La Guajira. Geología, Recursos Minerales y amenazas Potenciales. Escala 1:250.000. Ingeominas, Bogotá. 2002. p. 259.

⁸⁹ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p.202.

⁹⁰ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

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

influencia tectónica. En términos de subunidades geomorfológicas, la falla no muestra un rasgo estructural claro, pero sí separa geoformas con laderas de alta pendiente del piedemonte, sumado a los montículos, lomeríos y lomos, contra las subunidades de planicie colinada y la llanura eólica, que se ubican sobre el borde del norte de la falla.

- **Falla del Cerrejón**

La Falla del Cerrejón se presenta como una falla de cabalgamiento con un bajo ángulo de inclinación, aproximadamente $\pm 10^\circ$ hacia el sureste, y experimenta pequeños desplazamientos tanto en la vertical como en la horizontal, según la descripción de Kellogg. La falla limita al norte con una línea de falla sin nombre, pero de tipo inversa. Su influencia se extiende a los materiales en la zona sur del área del proyecto, específicamente en la parte nororiental de la cantera de explotación de la empresa Cerrejón (zonas aledañas a la comunidad la Horqueta). La falla perturba las litologías de las formaciones Monguí y Colón. En términos de subunidades geomorfológicas, se destaca un cerro estructural en las unidades de Planicie colinada y laderas de distintas características denudacionales, que se ven afectadas por la línea de la falla.

- **Falla del Piedemonte de la Sierra de Carraipia**

La estructura de la falla muestra un plano de fractura con un rumbo y un buzamiento, y en esta configuración se observan saltos estratigráficos de hasta 800 metros. Se conjuga con otras fallas que no están registradas ni caracterizadas en la literatura o información secundaria, aunque están establecidas en la cartografía a una escala de 1:100.000 en la plancha geológica 15-15 Bis – Maicao. Todas estas fallas forman un sistema que levanta parte de la zona más montañosa y de mayor altitud de la Serranía de Perijá, específicamente sobre el flanco suroriental de la Cuchilla de Motebello, en el sector conocido como Corazonal, zona sur del área del proyecto. Este sistema de fallas afecta directamente los materiales de la Formación del Grupo Cogollo y la Formación Hato Nuevo.

- **Sinclinal de Majayura**

La estructura geológica está asociada a un bloque deprimido está delimitada por bloques levantados al norte y sur a través de fallas inversas con componente transpresional. Se trata de un sinclinal que se extiende en dirección NE-SW, y su cierre norte se produce contra el Sistema de Fallas de Oca⁹¹. Esta estructura es continua y paralela a la Falla del Piedemonte de la Sierra de Carraipia, afecta los mismos materiales de las Formaciones Hato Nuevo y Cogollo. Ubicada en el sector conocido como Corazonal, en la zona sur del área del proyecto, sobre uno de sus flancos presenta una ladera erosiva muy escarpada y otra ladera ondulada muy abrupta.

5.1.3 Sismicidad (Amenaza sísmica)

Según el Servicio Geológico Colombiano, antiguo INGEOMINAS (2010), la aceleración pico efectiva (A_p) 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_p 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

⁹¹ ALMA MATER – INGEOMINAS. Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico, escala 1:100.000 de las planchas 8 – Riohacha, 9 – Uribia y 15-15Bis – Maicao. Contrato/Convenio AM 08-17 de 2009. Universidad Nacional de Colombia. 2009. p. 202.

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 (periodo de retorno de 475 años) o muy frecuentes (periodo de retorno de 75 años).

El proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” se ubica sobre un sector de media propagación de la energía en el terreno (ver **Figura 5-8**). El valor de aceleración máxima horizontal es en promedio de 150 cm/s², lo cual quiere decir que los sismos que ocurran en dicha zona pasan por un proceso de amortiguamiento cortical que disminuye progresivamente la energía que va en ascenso (Taboada et al., 1998).

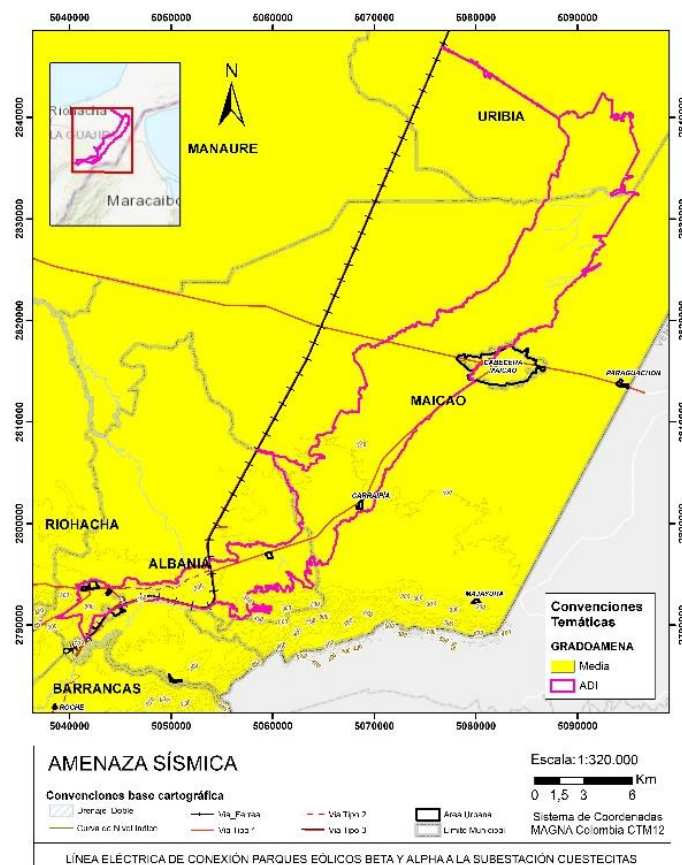


Figura 5-8 Grado de amenaza sísmica sobre la que se encuentra localizado el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” NSR-10

Fuente: Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1'500.000, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

El área de caracterización está localizada sobre una amenaza sísmica intermedia. Esto corresponde a aquellas regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectiva mayores de 0.10 g. y menores o igual de 0.20 g.



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

CAPITULO 5.1.4 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA GEOMORFOLOGÍA



NOVIEMBRE 2024

TABLA DE CONTENIDO

5	<u>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA</u>	<u>1</u>
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.4	GEOMORFOLOGÍA.....	1
5.1.4.1	Cartografía geomorfológica propuesta SGC	2
5.1.4.1.1	Geomorfoestructura	2
5.1.4.1.2	Provincia geomorfológica	2
5.1.4.1.3	Región geomorfológica	3
5.1.4.1.4	Unidad geomorfológica.....	4
5.1.4.2	Cartografía geomorfológica.....	7
5.1.4.2.1	Ambiente antropogénico	8
5.1.4.2.2	Ambiente denudacional	9
5.1.4.2.3	Ambiente eólico	26
5.1.4.2.4	Ambiente fluvial	30
5.1.4.2.5	Ambiente estructural	33
5.1.4.3	Susceptibilidad a la erosión.....	39
5.1.4.4	Análisis multitemporal a procesos morfodinámicos	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Estaciones de campo y unidades geomorfológicas del proyecto	5
Tabla 5-2	Áreas y porcentajes de las unidades geomorfológicas del proyecto	6
Tabla 5-3	Valores medios mensuales multianuales de precipitación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para calcular el factor de erosividad.	43
Tabla 5-4	Valores del código USDA para la estructura del suelo (valor de b)	44
Tabla 5-5	Valores del código USDA para la permeabilidad del suelo (valor de c).	44
Tabla 5-6	Valores utilizados para el cálculo del Factor K	44
Tabla 5-7	Principales valores del valor C (Ludger Reining, 1992)	46
Tabla 5-8	Principales valores del Factor C (Publicado por la USDA)	46
Tabla 5-9	Principales valores del Factor C.	47
Tabla 5-10	Grado de susceptibilidad y tipo de erosión en función pérdida de suelo	48
Tabla 5-11	Variación de áreas en el análisis multitemporal a procesos morfodinámicos años 2015 y 2023	53

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por el Servicio Geológico Colombiano _1
Figura 5-2	Geomorfoestructura sobre la que se encuentra localizada el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” _____ 2
Figura 5-3	Provincia geomorfológica sobre la que se encuentra localizado el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” _____ 3
Figura 5-4	Regiones geomorfológicas que hacen parte del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” _____ 4
Figura 5-5	Puntos de estaciones de campo de geomorfología del proyecto _____ 6
Figura 5-6	Mapa geomorfológico escala detallada del proyecto _____ 8
Figura 5-7	Representación de la unidad de Loma denudada (Dld), resaltadas en línea azul, con su respectivo corte topográfico, donde aprecia la altura base de 100 metros. _____ 11
Figura 5-8	Representación de la unidad de Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico. _____ 12
Figura 5-9	Representación de la unidad de Lomeríos disectados (Dldi), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico. _____ 13
Figura 5-10	Representación de la unidad de Ladera escarpada ondulada (Dleo), resaltada en línea azul, con sus dos respectivos cortes topográficos, para el análisis morfométrico _____ 14
Figura 5-11	Representación de la unidad de Ladera inclinada ondulada (Dlio), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico, para el análisis morfométrico _____ 15
Figura 5-12	Representación de la unidad de Ladera muy abrupta (Dlma), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico, para el análisis morfométrico _____ 16
Figura 5-13	Representación de la subunidad de Ladera muy inclinada (Dlmi), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico de ejemplo _____ 18
Figura 5-14	Representación de la subunidad de Ladera ondulada (Dlo), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico para sus mediciones morfométricas _____ 19
Figura 5-15	Representación de la subunidad de Lomeríos poco disectados (Dlpd), resaltada en línea amarilla el trazo del perfil topográfico para análisis morfométrico _____ 22
Figura 5-16	Representación de la subunidad de Plano o Llanura de Inundación (Fpi), resaltado en línea azul el lecho ambos márgenes de influencia con el río Ranchería _____ 32
Figura 5-17	Representación de la subunidad de Cerro estructural (Sce), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico. _____ 34
Figura 5-18	Representación de la subunidad de Colina estructural (Sces), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico _____ 36
Figura 5-19	Representación de la subunidad de Lomo de Falla (Slf), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico _____ 37
Figura 5-20	Representación de las subunidades de Ladera estructural y de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc y Sssle) _____ 39
Figura 5-21	Índice topográfico LS _____ 42
Figura 5-22	Índice de potencial de degradación RK _____ 45
Figura 5-23	Factor de Cobertura por manejo de cultivos C _____ 47
Figura 5-24	Mapa de Susceptibilidad a la erosión a partir de la Ecuación de pérdida del Suelo por Erosión Hídrica _____ 49

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

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Ladera poco inclinada en el inicio del Cerro Residual (Dcrs). Est. VVSGM016	10
Fotografía 5-2	Lomeríos muy disectados (Dlmd), al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013	17
Fotografía 5-3	Suelos oxidados de color rojo y bloques rodados de la Formación Colón. Est. VVSGMF23	20
Fotografía 5-4	Ladera escarpada de la Formación Colón de los Loma Residual. Est. VVGEO026	20
Fotografía 5-5	Lomeríos poco disectados (Dlpd), al fondo de la fotografía. Est. VVSGM009	21
Fotografía 5-6	Lomos y ondulaciones denudacionales en Porciosa. Est. VVSGMF12	23
Fotografía 5-7	Típicos lomos denudacionales en la finca privada Costa Rica. Est. VVSGMF 031	23
Fotografía 5-8	Planicie poco colinada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF012	24
Fotografía 5-9	Planicie poco colinada, comunidad indígena Atsaulia. Est. VVSGMF019	24
Fotografía 5-10	Planicie colinada denudada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF010	25
Fotografía 5-11	Planicie colinada, desde la zona de piedemonte de la Serranía de Perijá. Est. VVSGMF009	25
Fotografía 5-12	Planicie muy colinada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF012	26
Fotografía 5-13	Planicie muy colinada, en la zona que limita con el piedemonte. Est. VVSGMF013	26
Fotografía 5-14	Campo de dunas remontantes. Est. VVSGM001	27
Fotografía 5-15	Típica Duna con estructuras que dejan el paso y dirección del viento. Est. VVSGMF021	28
Fotografía 5-16	Paisaje típico de dunas en terrenos áridos. Est. VVSGMF004	28
Fotografía 5-17	Dunas antiguas vegetadas. Est. VVSGM025	28
Fotografía 5-18	Mantos de arenas eólicas, con formación de surcos. Est. VVSGMF006	29
Fotografía 5-19	Paisaje típico de mantos de arenas con vegetación. Est. VVSGMF020	29
Fotografía 5-20	Depósitos de dunas de arena asociado a la planicie eólica. Est. VVGEO004	30
Fotografía 5-21	Paisaje típico de planicie eólica. Est. VVSGMF027	30
Fotografía 5-22	Terraza de acumulación antigua, con bloques rodados pequeños. Est. VVSGM023	33
Fotografía 5-23	Cerro estructural al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013	34
Fotografía 5-24	Colina estructural al fondo de la fotografía. Est. VVSGM017	35
Fotografía 5-25	Lomo de falla al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013	38

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.4 Geomorfología

La caracterización geomorfológica del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” fue direccionada por la “Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia” publicada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en el 2012¹. Fue utilizado el esquema de jerarquización geomorfológica presentado en la **Figura 5-1**.



Figura 5-1 Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por el Servicio Geológico Colombiano

Como insumo para la descripción del presente numeral se tomaron los siguientes documentos:

- Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 14 Albania. Documento.
- **Anexo B. Geomorfología.** Anexos de la Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 14 Albania.
- Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 15–15 Bis Maicao. Documento.
- **Anexo B. Geomorfología.** Anexos de la Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 15–15 Bis Maicao.
- Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa. Escala 1:100.000. Plancha 14 Albania.
- Mapa Geomorfológico aplicado a Movimientos en Masa. Escala 1:100.000. Plancha 15–15 Bis Maicao.

¹ LEIVA, Omar, et al. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1: 100.000. Servicio Geológico Colombiano, 2012, Vol. 88, p. 14.

5.1.4.1 Cartografía geomorfológica propuesta SGC

5.1.4.1.1 Geomorfoestructura

Para el SGC (2012), las geomorfoestructuras son grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales, caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han sido sometidas a procesos de deformación o basculamiento. Se consideran geomorfoestructuras a los escudos, los bloques de origen continental, las grandes cuencas de sedimentación, las cuencas intracratónicas y las plataformas y cinturones orogénicos. La zona sobre la que está localizada el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” corresponde a la geomorfoestructura del Orogénico Costero, lo que implica una leve influencia de la parte orogénica y estructural en la zona sur del proyecto, sin posibles afectaciones o consecuencias a futuro (ver **Figura 5–2**).

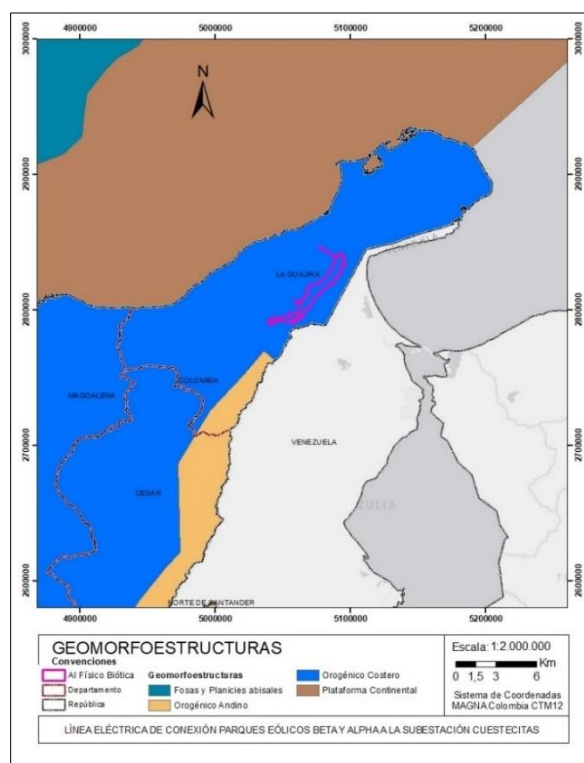


Figura 5–2 Geomorfoestructura sobre la que se encuentra localizada el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.4.1.2 Provincia geomorfológica

Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macorelieve y una génesis geológica similar. Localmente, se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia, los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas, definidas o inferidas. La zona donde se localiza el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” corresponde a las provincias geomorfológicas de las Cuencas planicies del Caribe siendo más plana relacionada a los depósitos cuaternarios y aportes eólicos de

escasa influencia tectónica, y de la provincia de Valle del Cesar Ranchería el cual tiene más implicaciones estructurales de forma indirecta para el área del proyecto por su relación con macizos rocosos y orogenia (ver Figura 5-3).

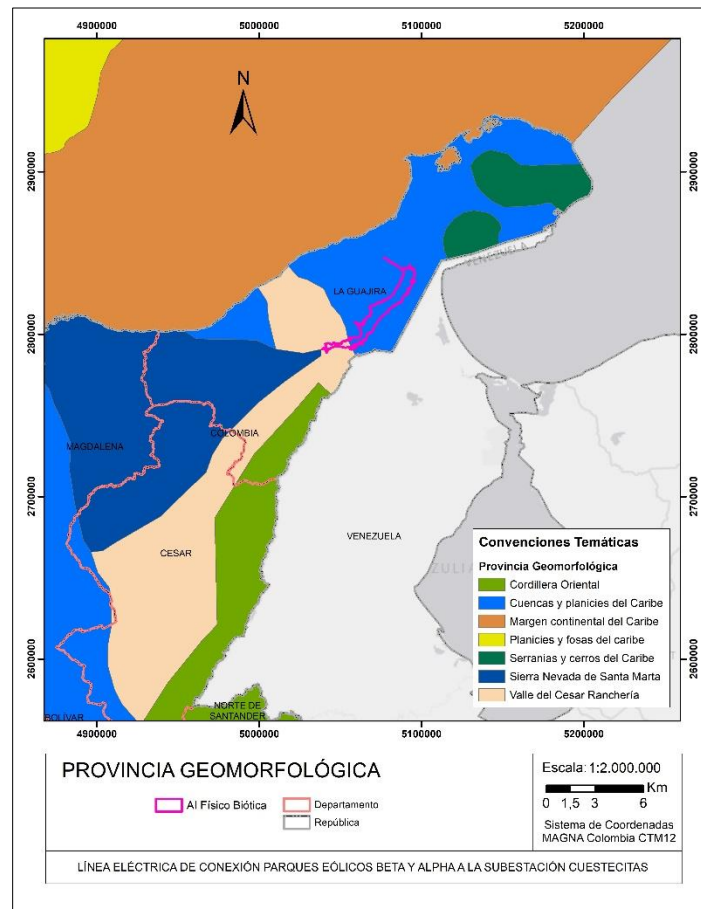


Figura 5-3 Provincia geomorfológica sobre la que se encuentra localizado el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.4.1.3 Región geomorfológica

El SGC (2012) define a una región geomorfológica como la agrupación de geoformas relacionadas y definidas por ambientes morfogenéticos con procesos geomórficos parecidos. El ambiente morfogenético alude a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas en las cuales se generaron las geoformas. En la zona sobre la que se encuentra localizada el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” se presentan los ambientes morfogenéticos Fluvial de escasa presencia e influencia, Denudacional en términos medios de su presencia e implicaciones relacionado a la parte sur del proyecto a los macizos rocosos y Eólico que es la mayoría de área y representación para el área de cobertura superficial del proyecto, en principio esta la interpretación macro y sustenta las interpretaciones más locales o puntuales que derivan los mapas e interpretación geomorfológica del proyecto (ver Figura 5-4).

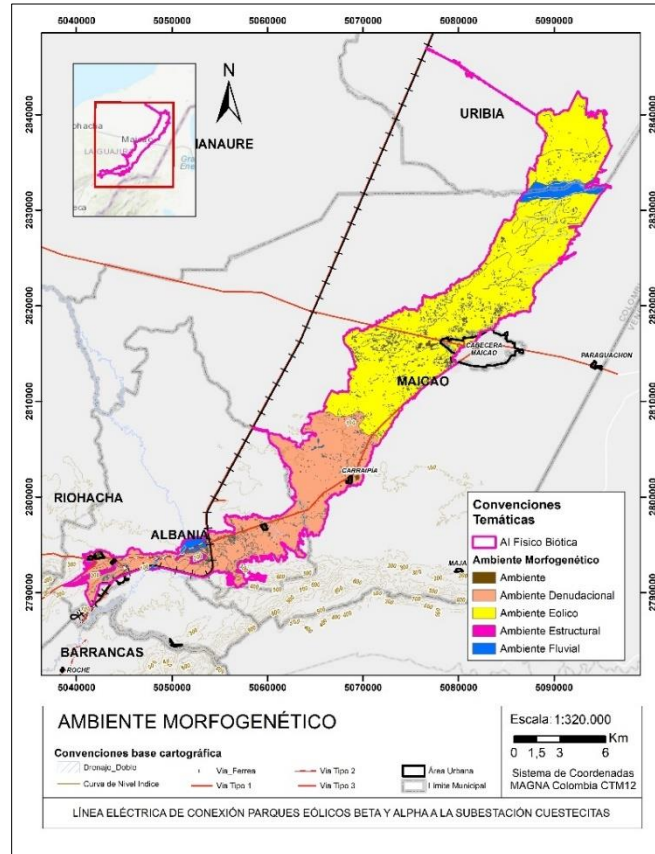


Figura 5-4 Regiones geomorfológicas que hacen parte del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.4.1.4 Unidad geomorfológica

El termino unidad geomorfológica se define como la geoforma individual genéticamente homogénea². La caracterización de las unidades geomorfológicas dentro del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” fue direccionada por procesos de fotogeología y control de campo hace énfasis en el análisis de:

- **Morfogénesis:** Estudia el origen y evolución de las formas del terreno.
- **Morfometría:** Trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas. Medidas, dimensiones y valores.
- **Morfodinámica:** Trata de los procesos activos en el presente o aquellos, que se pueden activar en el futuro. Se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre que modifica las geoformas preexistentes.

La **Tabla 5-1** y **Figura 5-5** presentan las estaciones geomorfológicas llevadas a cabo en campo para las unidades geomorfológicas expresada para área cobertura superficial del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”. En ella se detallan las coordenadas

² LEIVA, Omar, *et al.* Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1: 100.000. Servicio Geológico Colombiano, 2012, Vol. 88, p. 14.

de cada punto y la unidad geomorfológica identificada en cada estación. Además, los formatos de campo para estas estaciones se encuentran detallados en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**.

Tabla 5-1 Estaciones de campo y unidades geomorfológicas del proyecto

ESTACIONES DE CAMPO GEOMORFOLOGÍA			
Código Estación	Norte	Este	Unidad geomorfológica
VVSGMF001	2828846	5089958	Dunas
VVSGMF002	2834991	5091857	Tierras desnudas y degradadas
VVSGMF004	2833678	5091879	Tierras desnudas y degradadas
VVSGMF005	2818444	5076993	Cortes y llenos antrópicos
VVSGMF006	2817964	5076921	Cuerpos de agua (Ríos)
VVSGMF007	2821901	5080004	Cortes y llenos antrópicos
VVSGMF008	2795523	5060470	Planicie colinada denudada
VVSGMF009	2792903	5061730	Lomeríos estructurales
VVSGMF010	2796308	5059964	Cortes y llenos antrópicos
VVSGMF012	2796226	5057455	Cortes y llenos antrópicos
VVSGMF013	2793046	5058451	Lomo de falla
VVSGMF014	2793564	5047813	Lomeríos disectados
VVSGMF015	2792674	5043909	Ladera muy escarpada
VVSGMF016	2792976	5044903	Cerro residual
VVSGMF017	2792755	5057050	Colina estructural
VVSGMF018	2794191	5057300	Montículo y ondulaciones denudacionales
VVSGMF019	2807879	5068188	Planicie poco colinada
VVSGMF020	2818579	5078817	Mantos de arena eólica
VVSGMF021	2823832	5087473	Tierras desnudas y degradadas
VVSGMF022	2832642	5090146	Llanura aluvial de inundación
VVSGMF023	2793271	5048335	Terraza de acumulación antigua
VVSGMF024	2793076	5054459	Planicie poco colinada
VVSGMF025	2817175	5072943	Dunas antiguas
VVSGMF026	2838138	5094422	Mantos de arena eólica
VVSGMF027	2812508	5071854	Planicie eólica
VVSGMF028	2835478	5092059	Dunas
VVSGMF030	2793498	5045109	Cerro residual
VVSGMF031	2796109	5056849	Montículo y ondulaciones denudacionales

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

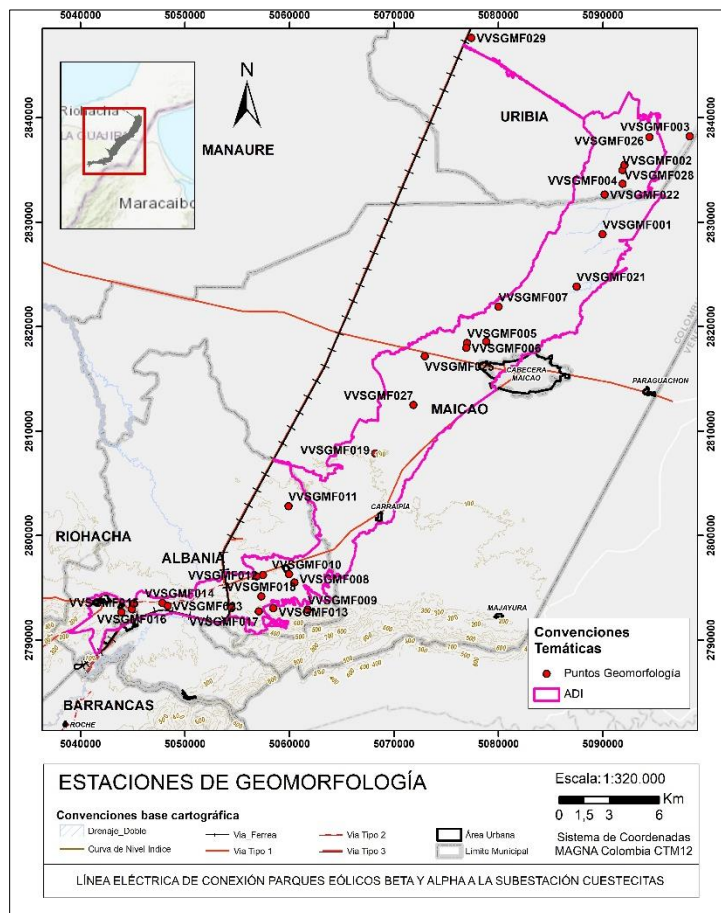


Figura 5-5 Puntos de estaciones de campo de geomorfología del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-2** muestra las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio, indica el área que ocupan en el polígono de estudio y el porcentaje correspondiente. Se destaca que la unidad Mantos de arena eólica y con un 24,12% del área total de cobertura superficial, mientras que las unidades de Plano aluvial confinado y Relleno Sanitario representan la proporción más baja, constituyendo cada una solo un 0,01% del área total de cobertura superficial.

Tabla 5-2 Áreas y porcentajes de las unidades geomorfológicas del proyecto

CÓDIGO	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	ÁREA ha	PORCENTAJE
Acaa	Cuerpos de agua artificiales	104,74	0,23
Ar	Cortes y llenos antrópicos	1497,99	3,30
Arf	Red férrea	29,63	0,07
Ars	Relleno sanitario	1,85	0,00
Arv	Red vial	484,18	1,07
Dcrs	Cerro residual	143,71	0,32
Dle	Ladera erosiva	14,76	0,03
Dlaoc	Ladera abrupta ondulada colinada	402,88	0,89
Dld	Loma denudada	323,17	0,71
Dldebl	Lomo denudado bajo de longitud larga	118,75	0,26
Dldi	Lomeríos disectados	365,82	0,81
Dldme	Ladera denudada muy escarpada	199,38	0,44
Dleme	Ladera erosiva muy escarpada	90,42	0,20
Dleo	Ladera escarpada ondulada	112,65	0,25
Dlio	Ladera inclinada ondulada	25,94	0,06
Dlma	Ladera muy abrupta	25,51	0,06

CÓDIGO	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	ÁREA ha	PORCENTAJE
Dlmd	Lomeríos muy disectados	83,67	0,18
Dlmi	Ladera muy inclinada	145,25	0,32
Dlo	Ladera ondulada	98,76	0,22
Dloma	Ladera ondulada muy abrupta	7,49	0,02
Dlor	Loma residual	325,21	0,72
Dlpd	Lomeríos poco disectados	476,22	1,05
Dmo	Montículo y ondulaciones denudacionales	825,56	1,82
Dpc	Planicie poco colinada	8503,18	18,73
Dpcd	Planicie colinada denudada	1751,09	3,86
Dpmc	Planicie muy colinada	242,63	0,53
Dsa	Superficie de erosión o aplanamiento	11,00	0,02
Dtdid	Tierras desnudas y degradadas	5364,23	11,81
Edr	Campo de dunas remontantes	2322,68	5,12
Edu	Dunas	1786,12	3,93
Edua	Dunas antiguas	646,95	1,42
Ema	Mantos de arena eólica	10289,20	22,66
Ep	Planicie eólica	6147,04	13,54
Fca	Cuerpos de agua natural	137,35	0,30
Fpi	Llanura aluvial de inundación	1510,97	3,33
Ftant	Terraza de acumulación antigua	18,80	0,04
Fzp	Áreas húmedas	20,85	0,05
Sce	Cerro estructural	208,93	0,46
Sces	Colina estructural	112,77	0,25
Scf	Cerro de falla	9,69	0,02
Slf	Lomo de falla	31,44	0,07
Slmesc	Ladera muy escarpada	271,99	0,60
Ssslc	Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	62,57	0,14
Sssle	Ladera estructural de sierra sinclinal	45,01	0,10
Svc	Plano aluvial confinado	4,20	0,01
TOTAL			45402,25

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.4.2 Cartografía geomorfológica

El mapa pre-geomorfológico se generó mediante la interpretación de datos de sensores remotos e información secundaria³. Este proceso se complementó con una verificación en campo para validar las unidades geomorfológicas predefinidas. Se incorporaron diversas capas temáticas, como geología, suelos, hidrología, entre otras, junto con imágenes satelitales de radar y alta resolución. Además, se incluyeron atributos topográficos, de segunda derivada como pendientes, curvas de nivel, aspectos, curvaturas y mapas de sombras, obtenidos a partir de modelos digitales de elevación (DEM). Este enfoque integral permitió refinar y definir con mayor precisión los límites y características de las subunidades geomorfológicas⁴ en el mapa cartográfico a escala mayor de 1:10.000 requerido para el proyecto (ver **Figura 5-6**).

³ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa Escala 1:100.000. Bogotá D.C., 2013 P. 135.

⁴ RODRÍGUEZ, E. A., et al. Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000. Libros del Servicio Geológico Colombiano. Recuperado a partir de <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/34>. DOI:<https://doi.org/10.32685/9789585978225>. 2017. p. 216.

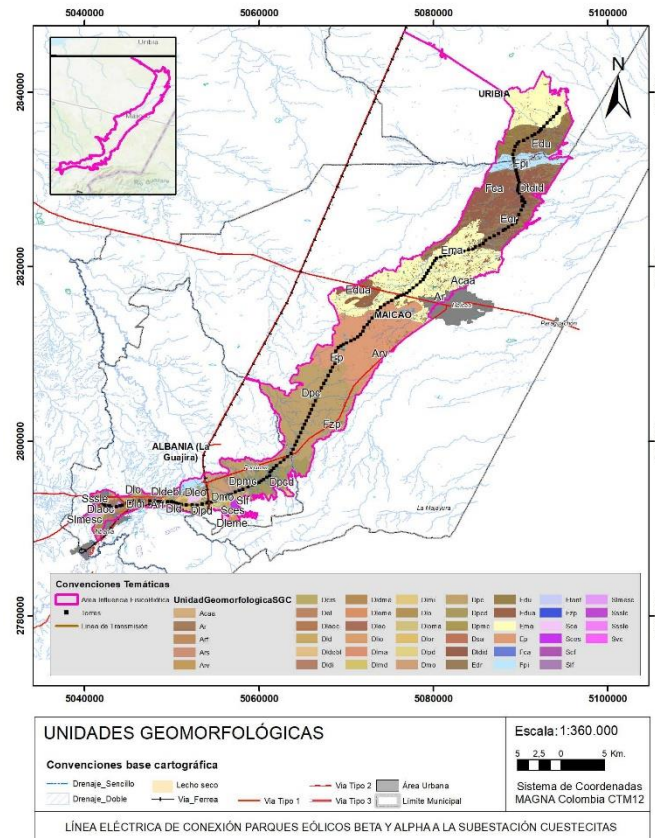


Figura 5-6 Mapa geomorfológico escala detallada del proyecto

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas encontradas durante el trabajo de campo para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”:

5.1.4.2.1 Ambiente antropogénico

- **Cuerpos de agua artificiales (Acaa)**

Esta unidad comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua, usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos (embalses), aunque también para prestar otros servicios, tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego, y con fines turísticos y recreativos. Además, incluye los cuerpos de agua creados para la cría de peces en su mayoría para el área del proyecto. Están hechos de hormigón, tierra o una combinación de ambos.

Durante el trabajo de campo y análisis de sensores remotos esta unidad geomorfológica, caracterizada por cuerpos de agua artificiales, fue identificada por toda el área de cobertura superficial del proyecto, asociado a las zonas planas o de laderas poco inclinadas. En la zona de estudio, esta unidad abarca una superficie de **aproximadamente 104,74 ha, equivalente al 0.23 % del área total.**

- **Cortes y Llenos Antrópicos (Ar)**

Los planos creados artificialmente se refieren a áreas niveladas mediante el uso de material de relleno para contrarrestar la topografía propensa a inundaciones, facilita así la construcción de viviendas en

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

diversos municipios de la región, como Maicao y su corregimiento de Carraipia, Albania y sus corregimientos de Porciosa y Cuestecitas, todos del departamento de la Guajira. Técnicamente, estos planos están compuestos por grava, bloques y arena compactados de manera apropiada para elevar el terreno ligeramente por encima del nivel base normal. No obstante, en la práctica común, a veces se utilizan como depósitos de escombros de otras construcciones. Para claridad, no se realizaron estaciones de campo sobre esta unidad ya que su reconocimiento y delimitación se realiza perfectamente con los sensores remotos. Esta unidad **ocupa un territorio de 1497,99 Ha de área de cobertura superficial, equivalente a un 3,30 % del total del área del proyecto.**

- **Red férrea (Arf)**

La red férrea como unidad geomorfológica se refiere a la configuración y disposición de líneas de transporte ferroviario que se integran en el paisaje y pueden influir en la forma y desarrollo del territorio. Para el área del proyecto, esta unidad ocupa un territorio de 29,63 ha de área de cobertura superficial, equivalente a un 0,07 % del total del área de influencia del proyecto.

- **Relleno sanitario (Ars)**

El relleno antrópico se caracteriza por montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos e industriales sin segregación previa, los cuales son dispuestos de manera mecánica o manual. Estas estructuras, que pueden variar en altura y extensión, siguen un proceso controlado que incluye la compactación de los desechos y la aplicación de cobertura diaria con materiales adecuados para reducir olores y prevenir la propagación de enfermedades. A su vez, los rellenos sanitarios se detectan tanto en comisiones de campo e inspección ocular con lo cual es posible delimitar, complementado el trabajo con de sensores remotos, gracias a la naturaleza definida de sus características morfológicas y morfométricas. Esta unidad **ocupa un territorio de 1,85 ha de área de cobertura superficial, equivalente a un 0,004% del total del área del proyecto.**

- **Red vial (Arv)**

La red vial como unidad geomorfológica se refiere al sistema de caminos, carreteras y rutas que se integran dentro de un paisaje, considerando tanto sus características físicas como su interacción con el terreno y las formas del relieve. Esta unidad ocupa un territorio de 484,18 ha de área de cobertura superficial, equivalente a un 1,07 % del total del área del proyecto.

5.1.4.2.2 Ambiente denudacional

- **Cerro residual (Dcrs)**

La prominencia topográfica identificada en el área del proyecto se presenta como una elevación destacada y aislada, con una morfología alomada que exhibe cimas redondeadas, asociado a los materiales de la Formación Hato Nuevo. Sus laderas varían desde muy inclinadas hasta abruptas y semi onduladas (ver **Fotografía 5-1**), abarca un diámetro aproximado de 2,3 km. Esta característica topográfica ocupa alrededor **de 143,71 ha, representa el 0,32%** del área total en estudio. Su origen se atribuye a procesos intensos de meteorización diferencial, los cuales han sido influenciados por el clima semiárido y poco húmedo que prevalece en la región sur del área del proyecto.



Coordenadas N: 2792976 E: 5044902

Fotografía 5-1 Ladera poco inclinada en el inicio del Cerro Residual (Dcrs). Est. VVSGM016

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera abrupta ondulada colinada (Dlaoc)**

Es una unidad topográfica que se extiende en dos secciones alargadas con direcciones SW-NE, al sur del área del proyecto, abarca ambos flancos del Cerro del Manantial, situado al occidente del municipio de Albania. La superficie exhibe características de pendientes inclinadas con forma ondulada y longitudes variables entre 130 y 1000 metros. Las pendientes presentan ángulos que varían desde muy inclinadas hasta muy abruptas, oscila entre 11° y 25° . El origen de esta superficie se atribuye a procesos de erosión y meteorización diferencial, especialmente afecta rocas menos resistentes de la Formación Molino. La presencia de intensos procesos erosivos, como cárcavas, surcos, caídas de roca, detritos y movimientos en masa, refleja la acción continua de la erosión diferencial en la configuración de esta unidad topográfica. En la parte inferior o inicio de la ladera, se pueden observar formas onduladas y colinadas. La unidad tiene un área de cobertura **superficial de 402,88 Ha y de 0,89 % del área total del proyecto.**

- **Loma denudada (Dld)**

Esta unidad topográfica se manifiesta como una prominencia con una altura inferior a 120 metros sobre su nivel de base local en el área sur del proyecto. Presenta una morfología alomada y elongada, caracterizada por laderas cortas, convexas y pendientes muy abruptas. Su origen se vincula a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial sobre suelos residuales de la Formación Colón. En el análisis topográfico, se observa una morfología rebajada asociada a la erosión en la parte alta de la unidad (ver **Figura 5-7**). La subunidad se ubica entre las comunidades indígenas de Cuatro de Noviembre, Corazonal y El Carmelo. Con **una extensión superficial de 323,17 ha esta unidad representa aproximadamente el 0,71% del área total del proyecto.**

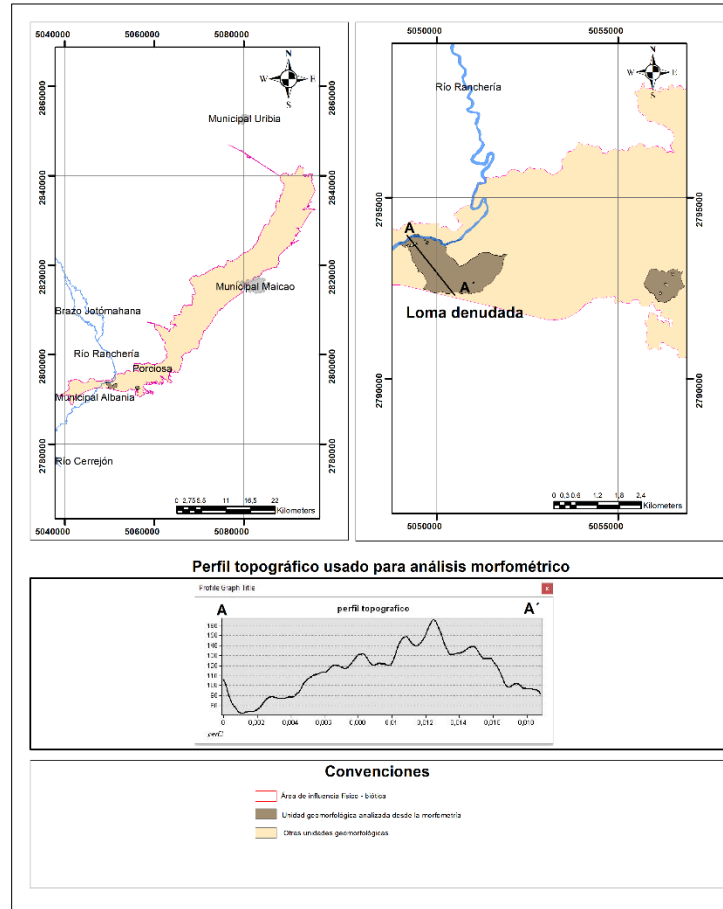


Figura 5-7 Representación de la unidad de Loma denudada (DId), resaltadas en línea azul, con su respectivo corte topográfico, donde aprecia la altura base de 100 metros.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- Lomo denudado bajo de longitud larga (DIdelb)**

Esta unidad topográfica se presenta como un sistema de filo con una altura aproximada de 150 metros y una longitud del eje principal superior a 4,600 metros. Estas formas son alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. En varias secciones de la parte superior, pueden tener diferentes formas según el grado de incisión o rebajamiento causado por drenajes intermitentes en una zona que, la mayor parte del tiempo es árida, como es posible apreciar en el perfil topográfico (ver **Figura 5-8**), todo relacionado al macizo rocoso y suelos residuales de la Formación Colón (punto de control VVGEOO39). Esta subunidad se sitúa en la parte sur del área del proyecto, sobre el margen izquierdo del río Ranchería, en la comunidad indígena de Campo Herrera. La unidad cubre una superficie de 118,75 ha, representa aproximadamente el 0,26 % del área total del proyecto.

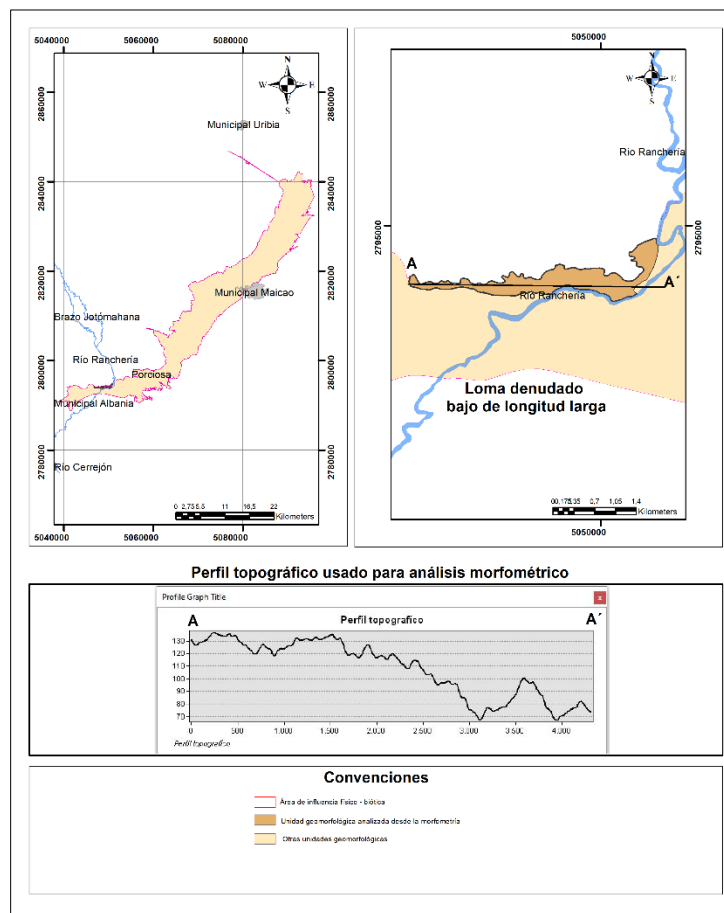


Figura 5-8 Representación de la unidad de Loma denudado bajo de longitud larga (Dldeb1), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Lomeríos disectados (Dldi)

La subunidad de prominencias topográficas presenta una morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, laderas cortas a moderadamente largas, y pendientes muy inclinadas o abruptas, con un índice de relieve bajo que no supera los 30 metros de altura (ver **Figura 5-9**). Estas geoformas se originan debido a procesos intensos de denudación, y sus laderas muestran una moderada disección sobre la unidad litológica y los suelos residuales de la Formación Colón (punto de control VVGEO012 y VVGEO040 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**). La delimitación de esta subunidad se realiza principalmente a través de sensores remotos y observaciones de campo, utiliza curvas de nivel y los drenajes conocidos como arroyos intermitentes del sector. Esta unidad se encuentra en el sector sur del proyecto, sobre el margen izquierdo del río Ranchería, en la comunidad indígena de Campo Herrera, en el municipio de Albania, departamento de La Guajira. La subunidad cubre una **superficie de aproximadamente 365,82 ha, lo que equivale al 0,81 % del área total del proyecto**. El control de esta unidad se obtuvo mediante la estación de campo denominada VVSGMF014, como se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**.

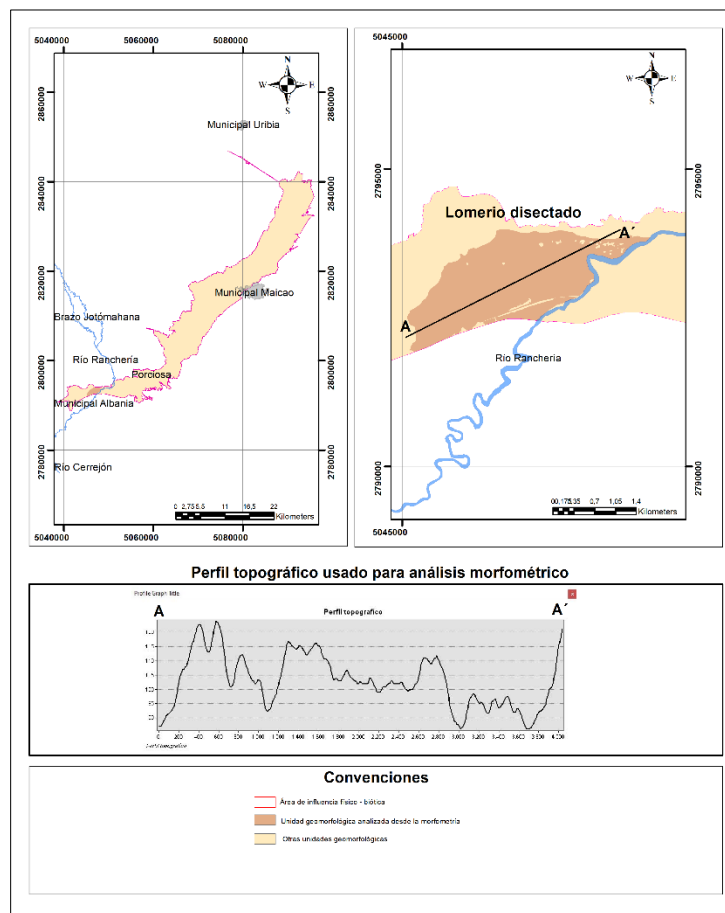


Figura 5-9 Representación de la unidad de Lomeríos disectados (DIdi), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera erosiva (Dle)**

La subunidad corresponde a superficies del terreno con pendientes muy inclinadas y una longitud aproximada de 400 metros. Estas presentan formas planas poco onduladas y un patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. La subunidad exhibe procesos erosivos intensos, como surcos y laminas, y se desarrolla sobre materiales de macizos rocosos y suelos residuales de la Formación Colón, lo que la hace propensa a la erosión. La delimitación de esta geoforma se realiza a través de sensores remotos, información secundaria y observaciones de campo, utiliza curvas de nivel y los drenajes tipo arroyos del sector. Esta subunidad se encuentra ubicada al sur del área del proyecto, específicamente en el sector de la comunidad indígena de Piturumana-El Eden, en el municipio de Albania. Cubre una superficie de aproximadamente **14,76 ha**, lo que equivale al 0,03 % del área total del proyecto, es una de las menos extensas en abarcar el área total del proyecto.

- **Ladera erosiva muy escarpada (Dleme)**

superficie irregular, alomada y elongada, con cimas que van desde agudas a redondeadas estrechas, presentando pendientes escarpadas que oscilan entre 31 y 45 grados. Con una longitud moderadamente larga que varía entre 230 y 1300 metros, su forma puede ser convexa, cóncava o recta. El drenaje en esta unidad es subparalelo a dendrítico, con una alta disección que genera valles en forma de V, reflejando un índice de relieve considerablemente alto. La génesis de esta unidad está vinculada a procesos erosivos que se han intensificado sobre los materiales del macizo rocoso de la Formación Hato Nuevo.

Ubicada en el municipio de Albania, en el departamento de La Guajira, específicamente en el sector conocido como Corazonal, límite del polígono minero de la empresa Cerrejón, en el piedemonte de la serranía de Perijá al sur del área del proyecto, la unidad se localiza en el sector de la comunidad indígena Tripozo. Abarca una superficie de aproximadamente 90,42 ha, lo que representa el 0,20% del área total del proyecto, siendo una de las menos extensas en términos de cobertura dentro de este ámbito.

- **Ladera escarpada ondulada (Dleo)**

Superficie de forma ondulada, con pendientes muy abruptas a escarpada (hasta de 45°) y longitud de ladera moderada a larga desde 251 metros hasta 1000 metros (ver **Figura 5-10**). Estas laderas son susceptibles a presentar procesos erosivos como cárcavas, surcos. Su origen se asocia a procesos tectónicos en relación a las fallas satélites y paralelas del sistema de fallas de Oca que luego se conjuga con la falla de Piedemonte de la Sierra de Carraipia y de la erosión conjunta que se genera sobre las altas pendientes antes mencionadas como los vientos y las altas lluvias estacionales. Esta subunidad se encuentra ubicada al sur del área del proyecto, específicamente en el sector de la comunidad indígena El Corazonal, en el municipio de Albania. Cubre una superficie de aproximadamente **112,65 ha**, lo que equivale al 0,25 % del área total del proyecto, es una de las menos extensas en abarcar el área total del proyecto.

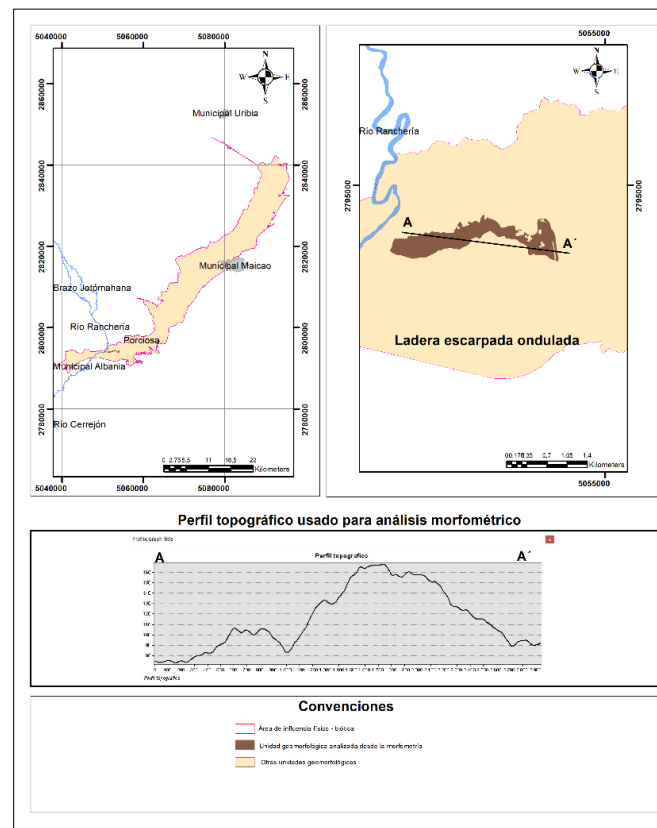


Figura 5-10 Representación de la unidad de Ladera escarpada ondulada (Dleo), resaltada en línea azul, con sus dos respectivos cortes topográficos, para el análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera inclinada ondulada (Dlio)**

La subunidad corresponde a una superficie en declive de forma ondulada, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas que oscilan entre 11° y 35° . La longitud de estas laderas varía entre moderada y

medianamente larga, abarca distancias que van desde 210 hasta 412 metros. El patrón de drenaje observable es dendrítico a subparalelo. Estas laderas se forman sobre suelos residuales del macizo rocoso de la Formación Hato Nuevo. En esta subunidad se generan procesos erosivos, principalmente surcos, y también pueden ocurrir desprendimientos de clastos o bloques debido a la influencia de las altas pendientes y la tectónica generada por la Satélite del sistema de fallas de Oca. La delimitación y caracterización de esta geoforma se realiza a través de sensores remotos, información secundaria y observaciones de campo, utilizan curvas de nivel, perfiles topográficos (ver **Figura 5-11**) y otros insumos derivados del Modelo Digital de Terreno (DEM). Esta unidad es apreciable en áreas cercanas al sector conocido como la comunidad de Corazonal, en el municipio de Albania, departamento de La Guajira. Para el área de influencia la geoforma ocupa un área de 25,94 Ha con un porcentaje de 0,06 % del área total.

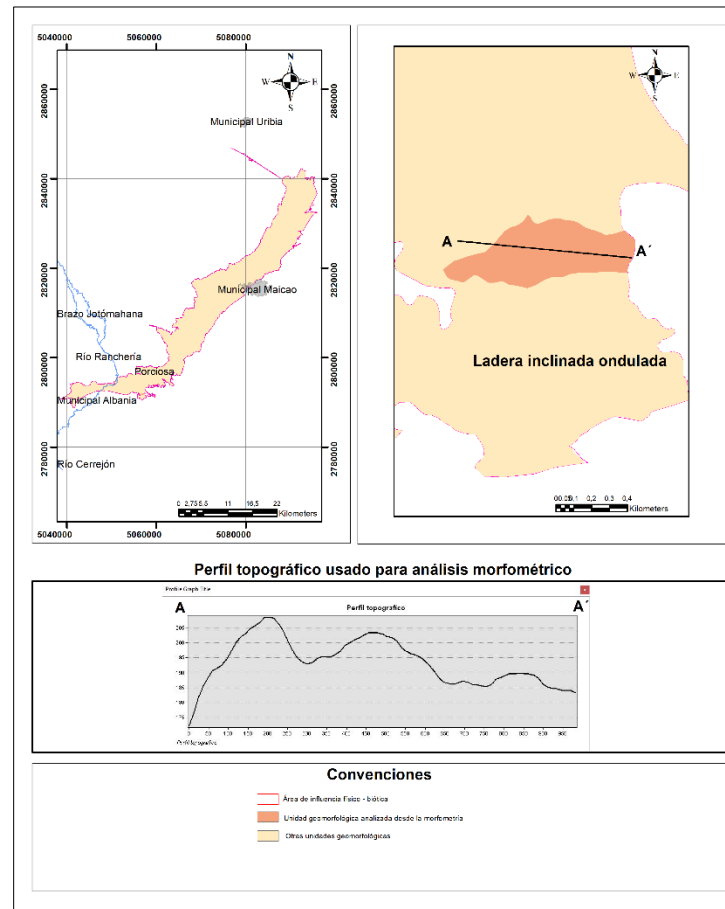


Figura 5-11 Representación de la unidad de Ladera inclinada ondulada (Dlio), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico, para el análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera muy abrupta (Dlma)**

La subunidad corresponde a una superficie de forma alomada, con cimas redondeadas y un intervalo de altura que varía entre 50 y 70 metros. La ladera es de longitud baja a moderada, con formas rectas y cóncavas, y pendientes que oscilan entre inclinadas y escarpadas (15° – 45°). Se observa un patrón de drenaje subparalelo y dendrítico, donde prevalecen procesos de erosión laminar hasta surcos sobre los materiales y suelos residuales generados de la Formación Colón. En esta subunidad, se producen desprendimientos de bloques fracturados en forma angular y tabloides. La delimitación y caracterización de esta geoforma se realiza mediante el uso de sensores remotos, información secundaria, perfiles

topográficos (ver **Figura 5-12**), sumado a otros insumos derivados del Modelo Digital de Terreno (DEM), como curvas de nivel, mapas de sombras y aspectos. Esta unidad es observable hacia la zona sur del proyecto, en la ranchería Río de Janeiro de la comunidad Cuatro de Noviembre. La subunidad abarca un área de cobertura superficial de **25,51 ha**, equivalente al 0,06 % del área total del proyecto.

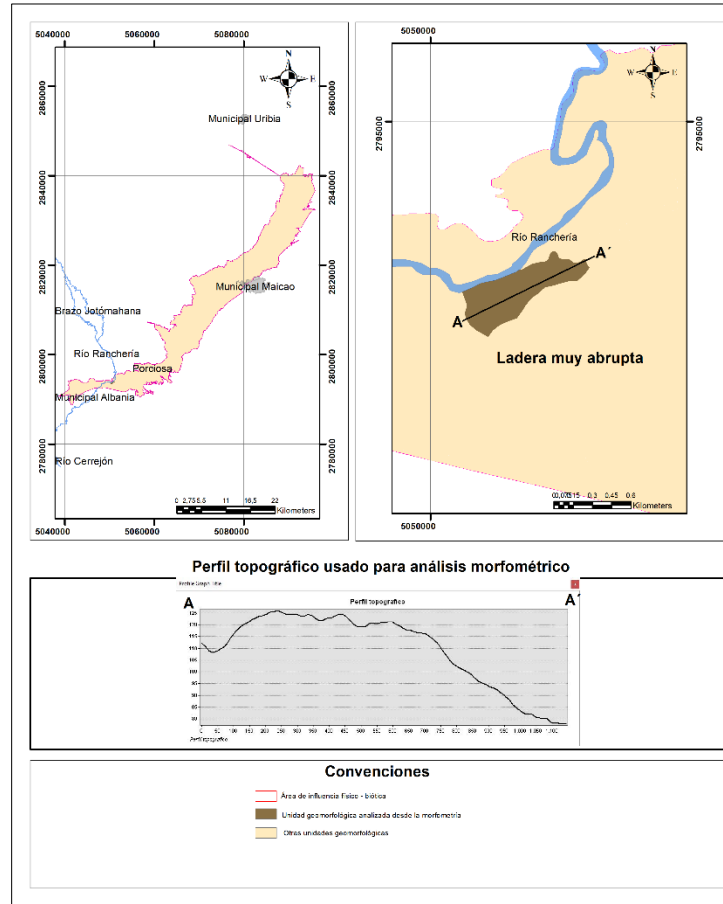


Figura 5-12 Representación de la unidad de Ladera muy abrupta (Dlma), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico, para el análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Lomeríos muy disectados (Dlmd)

La subunidad corresponde a prominencias topográficas con morfología alomada, cimas redondeadas, laderas moderadamente largas y pendientes abruptas, caracterizadas por un índice de relieve bajo. Estas geoformas son el resultado de procesos de denudación intensos, y sus laderas muestran una alta disección sobre los materiales, tanto litología consolidada como suelo residual de las formaciones Colón y Monguí (puntos de control VVGEO024 y VVGEO028 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**). Estos lomeríos se encuentran comúnmente en los bordes de altiplanos y frentes de erosión de la serranía de Perijá, en el piedemonte, afectados por el sistema de fallas de Oca, al sur del área del proyecto, entre las comunidades indígenas de Piturumana–El Edén y las veredas cercanas al corregimiento de Porciosa, en el municipio de Albania. La subunidad cubre una superficie de aproximadamente **83,67 ha**, lo que equivale al **0,18 % del área total del proyecto**. La determinación de esta unidad se realiza mediante distintos insumos, algunos derivados del Modelo Digital de Terreno (ver **Fotografía 5-2**), además de controles de campo en la estación VVSGMF013, como se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**.



Coordenadas N: 2793045 E: 5058451

Fotografía 5-2 Lomeríos muy disectados (Dlmd), al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera denudada muy escarpada (Dldme)**

Se caracteriza por una superficie alomada y elongada, con laderas de longitud moderada que oscilan entre 275 y 570 metros, presentando formas rectas y cóncavas, junto con pendientes escarpadas que varían entre 31° y 45°. Este tipo de ladera exhibe un drenaje dendrítico a subparalelo, con alta disección del terreno. Se observan diversos procesos erosivos, como cárcavas y surcos, así como fenómenos de remoción en masa, que afectan los macizos rocosos de las formaciones de Hato Nuevo y la Formación Molino. Esta unidad se encuentra predominantemente en la zona nororiente del área del proyecto, al sur del corregimiento de Cuestecitas, en el municipio de Albania. Se distingue por sus rasgos morfométricos, con pendientes medias a altas, y su asociación con materiales sedimentarios en este entorno. [La subunidad abarca una superficie de cobertura de 199,38 Ha, equivalente al 0,44 % del área total del proyecto.](#)

- **Ladera muy inclinada (Dlmi)**

Estructura en forma de cono o lóbulo alomado, predominantemente convexo, con pendientes escarpadas menores a 45° de inclinación, con longitudes de laderas de bajas a largas (90 hasta 750 m). Su origen está relacionado a procesos de transporte y deposición de materiales de suelos residuales saturados y no saturados de Formación Colón y Formación Hato Nuevo, afectados por el sistema de falla de Oca entre su trazo principal y una falla inversa sin nombre paralela al sur del trazo principal. La unidad se delimita principalmente con insumos derivados de Modelo Digital de Terreno (ver **Figura 5-13**) y con inspección ocular en la comisión de campo. La unidad es posible apreciar en tres secciones en diferentes lugares, como son las comunidades indígenas de río de Janeiro, Charito y Piturumana–El Edén, en el municipio de Albania, en el sur del área del proyecto. La subunidad abarca un área de cobertura [superficial de 145,25 ha, equivalente al 0,32 % del área total del proyecto.](#)

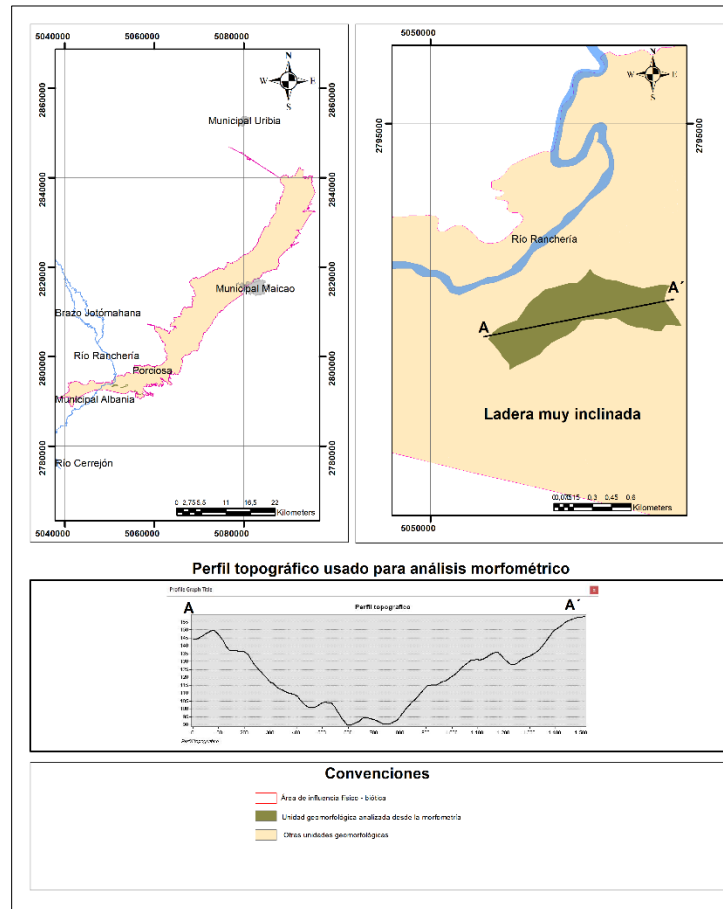


Figura 5-13 Representación de la subunidad de Ladera muy inclinada (DImi), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico de ejemplo

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Ladera ondulada (Dlo)

La subunidad corresponde a una estructura en forma de cono o lóbulo alomado, predominantemente convexo, con pendientes escarpadas menores a 45° de inclinación y longitudes de laderas que varían desde bajas hasta largas (90 hasta 750 m). Su origen está relacionado con procesos de transporte y deposición de materiales de suelos residuales saturados y no saturados de las formaciones Colón y Hato Nuevo (puntos de control VVSGMF015 y VVSGMF016). Esta geoforma se ve afectada por el sistema de fallas de Oca, ubicándose entre su trazo principal y una falla inversa sin nombre paralela al sur del trazo principal.

La delimitación de esta unidad se realiza principalmente con insumos derivados del Modelo Digital de Terreno (ver **Figura 5-14**) y mediante inspección ocular durante la comisión de campo. La subunidad es observable en tres secciones en diferentes lugares, como las comunidades indígenas de Río de Janeiro, Charito y Piturumana-El Edén, en el municipio de Albania, al sur del área del proyecto. La cobertura superficial de esta subunidad es de aproximadamente **98,76 ha**, equivalente al 0,22 % del área total del proyecto.

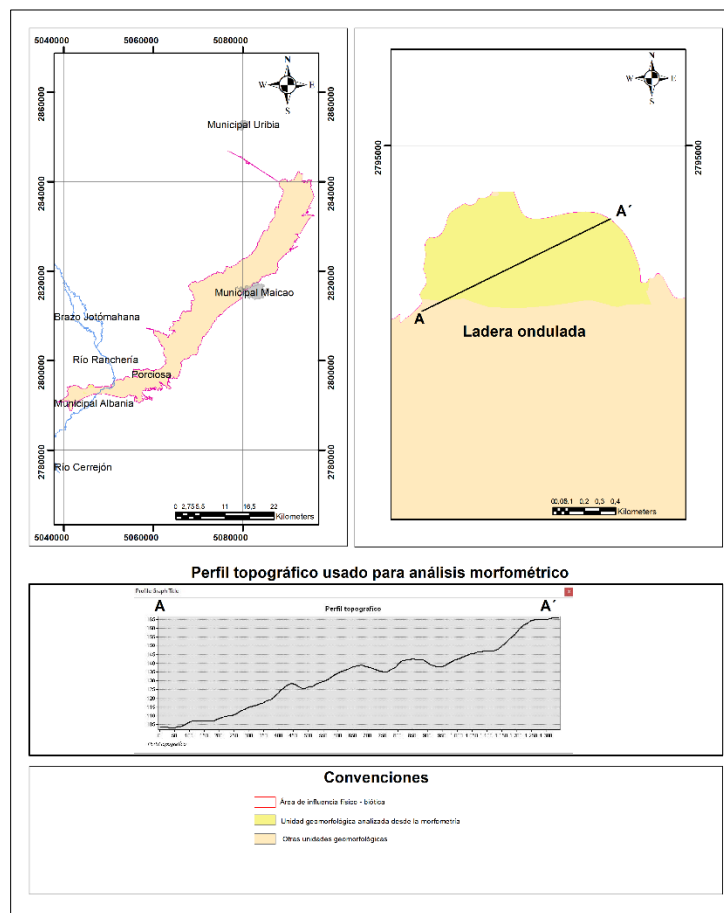


Figura 5-14 Representación de la subunidad de Ladera ondulada (Dlo), resaltada en línea azul, con su respectivo corte topográfico para sus mediciones morfométricas

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- Ladera ondulada muy abrupta (Dloma)**

La subunidad corresponde a una ladera ondulada con pendientes muy abruptas (21° – 30°) y longitudes de laderas que varían desde cortas hasta largas (65 hasta 690 m). Su origen está relacionado con procesos erosivos que afectan diferentes tipos de litologías, como la Formación Colón y la Formación Hato Nuevo (punto de control VVGEO042). Esta geoforma presenta un índice de contraste del relieve moderado (120 m) y exhibe un patrón de drenaje dendrítico a subparalelo con moderada disección. Es posible que estas laderas pueden estar afectadas por las estructuras de los plegamientos, como el sinclinal de Majayura y el anticlinal de Cerrejón, las laderas se ubican cada una sobre los ubicadas los flancos de cada estructura.

La delimitación de esta unidad se realiza principalmente con insumos derivados del Modelo Digital de Terreno (DEM) y mediante control en campo del proyecto. La geoforma es observable en dos secciones muy cercanas, al sur del área del proyecto, en previos alrededores a la comunidad Corazonal. La subunidad cubre una superficie de aproximadamente 7,49 Ha, lo que equivale al 0,02% del área total del proyecto.

- Loma residual (Dlor)**

La subunidad corresponde a una prominencia topográfica con una altura menor de 100 metros sobre su nivel de base local, presenta una morfología alomada y elongada. Las laderas varían en longitud desde cortas hasta muy largas, abarca de 150 hasta 1,700 metros aproximadamente, con pendientes que van desde muy inclinadas a escarpadas (ver **Fotografía 5-3** y **Fotografía 5-4**). Esta geoforma está

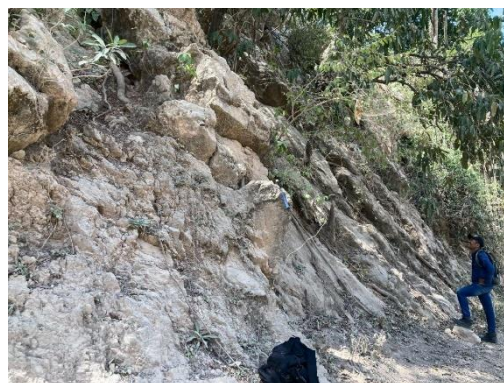
constituida por suelos residuales de la Formación La Quinta y la Formación Colón (puntos de control VVGEO019, VVGEO011, VVGEO026, VVGEO031, VVGEO032, y VVGEO033 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), y algunos sectores están cubiertos por niveles de material coluvial y fluvial en las zonas más planas.

La delimitación y caracterización de esta unidad se realizan a través de sensores remotos, insumos del Modelo Digital de Terreno (DEM), y principalmente mediante la inspección y verificación en la comisión de campo del proyecto, en las estaciones VVSGM009 y VVSGM024, como se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**. Esta geoforma se ubica en la zona sur del área del proyecto, forma parte de la transición del piedemonte a la zona montañosa de la Serranía de Perijá. La subunidad está afectada por las fallas satélites paralelas y el sistema de falla de Oca.

La unidad geomorfológica hace presencia en la zona sur del área del proyecto, forma parte de la Cuchilla Chorimahana, en áreas y previos aledaños del corregimiento de Porciosa hasta el sector del Parque de montes de Oca. La otra sección de la unidad se ubica en zonas de la comunidad indígena La Horqueta, La Horqueta 2 hasta Piturumana – El Edén. La subunidad cubre una **superficie de aproximadamente 325,21 ha, equivalente al 0,72 % del área total del proyecto.**



Coordenadas N: 2793271E: 5048335



Coordenadas N: 2796394 E: 5057660

Fotografía 5-3 Suelos oxidados de color rojo y bloques rodados de la Formación Colón. Est. VVSGMF23

Fotografía 5-4 Ladera escarpada de la Formación Colón de los Loma Residual. Est. VVGEO026

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Lomeríos poco disectados (Dlpd)**

La subunidad corresponde a una prominencia topográfica con una altura menor de 100 metros sobre su nivel de base local, presenta una morfología alomada y elongada. Las laderas varían en longitud desde cortas hasta muy largas, abarca de 150 hasta 1,700 metros aproximadamente, con pendientes que van desde muy inclinadas a escarpadas. Esta geoforma está constituida por suelos residuales de la Formación La Quinta y la Formación Colón (puntos de control VVGEO019, VVGEO011, VVGEO031, VVGEO032, y VVGEO033 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), y algunos sectores están cubiertos por niveles de material coluvial y fluvial en las zonas más planas.

La delimitación y caracterización de esta unidad se realizan a través de sensores remotos, insumos del Modelo Digital de Terreno (ver **Figura 5-15**), y principalmente mediante la inspección y verificación en la comisión de campo del proyecto, en las estaciones VVSGM009 y VVSGM024, como se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**. Esta geoforma se ubica en la zona sur del área del proyecto, forma parte de la transición del piedemonte a la zona montañosa de la Serranía de Perijá. La subunidad está afectada por las fallas satélites paralelas y el sistema de falla de Oca (ver **Fotografía 5-5**).

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

La unidad geomorfológica hace presencia en la zona sur del área del proyecto, forma parte de la Cuchilla Chorimahana, en áreas y previos aledaños del corregimiento de Porciosa hasta el sector del Parque de montes de Oca. La otra sección de la unidad se ubica en zonas de la comunidad indígena La Horqueta, La Horqueta 2 hasta Piturumana – El Edén. **La subunidad cubre una superficie de aproximadamente 476,22 Ha, equivalente al 1,05 % del área total del proyecto.**



Coordenadas N: 2792902 E: 5061729

Fotografía 5-5 Lomeríos poco disectados (Dlpd), al fondo de la fotografía. Est. VVSGM009

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

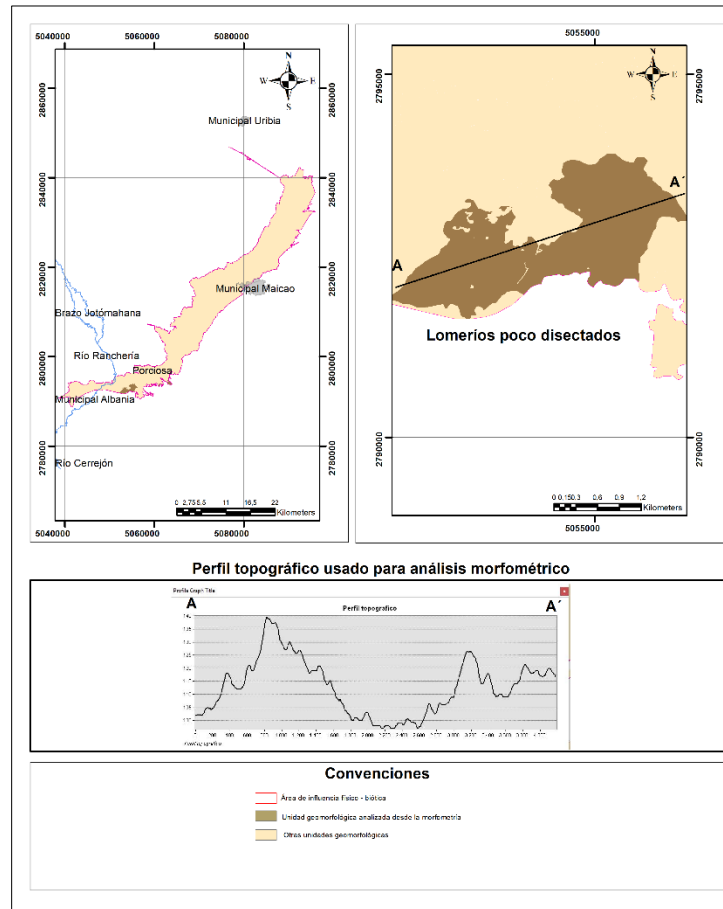


Figura 5-15 Representación de la subunidad de Lomeríos poco disectados (Dlpd), resaltada en línea amarilla el trazo del perfil topográfico para análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo)

La subunidad hace referencia a elevaciones del terreno con una altura menor de 30 metros sobre su nivel de base local. Estas elevaciones presentan una morfología colinada y cóncava, con cimas muy redondas, suavemente inclinadas y con drenaje divergente. Su origen está relacionado con procesos de meteorización y erosión intensa sobre la Formación neógena de Formación Monguí (puntos de control VVGEO023, VVGEO027, VVGEO030 y VVGEO028 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), donde los materiales de tipo gravas y arenas gruesas son más susceptibles a rebajarse y meteorizarse, dispuestos de manera horizontal a ligeramente inclinada. Estas geoformas son el resultado de procesos intensos de denudación, y sus laderas se caracterizan por una alta disección en valles muy pronunciados (ver **Fotografía 5-6**).

La delimitación y caracterización de la subunidad se realiza mediante sensores remotos, define los límites con curvas de nivel, pero principalmente por la altura respecto a su nivel base, y verificados en la fase de campo (ver **Fotografía 5-7**). Esta geoforma se encuentra en los sectores de las comunidades indígenas Karautamana, Piturumana – El Edén, El Carmelo, zonas aledañas al corregimiento de Cuestecitas y previos privados, todo en el municipio de Albania, del departamento de La Guajira. La unidad tiene una cobertura de área **superficial de aproximadamente 825,56 ha, equivalente al 1,82 % del área total del proyecto.**

El control de esta unidad se obtuvo mediante las estaciones de campo denominadas VVSGM012, VVSGM018 y VVSGM031, así como los diferentes recorridos para llegar a cada una, como se detalla en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología.



Coordenadas N: 2796225 E: 5057455



Coordenadas N: 2796108 E: 5056849

Fotografía 5-6 Lomos y ondulaciones
denudacionales en Porciosa. Est. VVSGMF12

Fotografía 5-7 Típicos lomos denudacionales en la
finca privada Costa Rica. Est. VVSGMF 031

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Planicie poco colinada (Dpc)**

Porción de terreno extensa con una cobertura **superficial de 8503,18 ha, equivalente al 18,73% del área total del proyecto**, es plana levemente colinada a ondulada, no confinada, pendiente plana a muy suave de laderas, generalmente menor a 5°. Se destaca por presentar un sistema complejo en el origen genético de formación a partir de los materiales de distintas composiciones, desde semi consolidados de la Formación Monguí, de orígenes fluviales con depósitos aluviales recientes y de fuentes asociados a sistemas áridos como son los Depósitos de dunas de arena (puntos de control VVGEO020, VVGEO022 y VVGEO026 en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología).

La delimitación y caracterización de la subunidad se lleva a cabo inicialmente mediante sensores remotos, seguido de una verificación en campo para redefinir límites con curvas de nivel y drenajes. Además, se tiene en cuenta la asociación litológica y de suelos, destaca que la morfometría es la principal característica distintiva para definir esta subunidad.

La geoforma descrita se observa hacia la zona sur, centro sur del proyecto, y se divide en varias secciones. La primera sección se encuentra en la parte noroccidental del casco urbano del corregimiento de Cuestecitas. La segunda sección está sobre la zona al norte del área minera de la empresa Cerrejón. La tercera sección está en la comunidad indígena y previos aledaños a Cuatro de Noviembre. La última y más extensa sección se extiende desde el corregimiento de Porciosa del municipio de Albania (ver **Fotografía 5-8**) hasta sectores cercanos al corregimiento de Carraipia del municipio de Maicao o la comunidad indígena de Amaritdhi (ver **Fotografía 5-9**).

El control de esta unidad se obtuvo mediante las estaciones de campo denominadas VVSGM012, VVSGM031, VVSGM024 y VVSGM019 (ver 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología.), así como los diferentes recorridos para llegar a cada una.



Coordenadas N: 2796225 E: 5057455



Coordenadas N: 2807878 E: 5068187

Fotografía 5-8 Planicie poco colinada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF012

Fotografía 5-9 Planicie poco colinada, comunidad indígena Atsaulia. Est. VVSGMF019

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Planicie colinada denudada (Dpcd)**

La superficie descrita se presenta como un área erosiva suavemente ondulada con un paisaje colinado, que desarrolla pendientes muy inclinadas y laderas cortas, rectas y semi onduladas. En este terreno, predomina el patrón de drenaje dendrítico, y es el resultado de la erosión intensa que afectó diferencialmente los macizos rocosos meteorizados, forma suelos residuales de la Formación Monguí (puntos de control VVGEO008, VVGEO021, VVGEO020 y VVGEO023). La altura relativa de esta geoforma con respecto a su base es de aproximadamente 60 metros, lo cual es mayor que la Planicie poco colinada. Estas dos subunidades, junto con los Montículos y Ondulaciones denudacionales, más la Planicie muy colinada, forman parte del piedemonte y la zona de transición planicie en el sur del área del proyecto.

La caracterización y delimitación de esta unidad geomorfológica se lleva a cabo mediante distintos insumos, incluye información secundaria, sensores remotos como derivados del Modelo Digital de Elevación (DEM), y principalmente mediante inspecciones oculares realizadas en campo por la comisión (ver **Fotografía 5-10** y **Fotografía 5-11**), en las estaciones VVSGM008, VVSGM009 y VVSGM010 (ver **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), así como los diferentes recorridos para llegar a cada una.

Esta unidad geomorfológica se encuentra en tres sectores importantes. El primero en la zona suroccidental o norte, continuo al casco urbano del municipio de Albania, entre la comunidad indígena Cuatro de Noviembre y previos privados a lo largo de la vía que conduce al sector de Cuatro Vías. El segundo sector se ubica en la zona sur del casco urbano y en las veredas aledañas al corregimiento de Porciosa. El tercer sector abarca desde esta última zona hasta los límites con el Parque de Montes de Oca. La unidad tiene **una cobertura de área superficial de aproximadamente 1751,09 ha, equivalente al 3,86 % del área total del proyecto.**

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



Coordenadas N: 2796308 E: 5059964



Coordenadas N: 2792902 E: 5061729

Fotografía 5-10 Planicie colinada denudada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF010

Fotografía 5-11 Planicie colinada, desde la zona de piedemonte de la Serranía de Perijá. Est. VVSGMF009

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Planicie muy colinada (Dpmc)**

La superficie descrita se presenta como un área erosiva ondulada con un paisaje colinado mucho más alto en comparación con otras unidades de planicie del mismo ambiente. La altura relativa de esta geoforma con respecto a su base es de aproximadamente 70 metros, lo cual supera la altura de la Planicie poco colinada y colinada denudada. Este terreno desarrolla pendientes muy inclinadas y laderas rectas y semi onduladas. Predomina el patrón de drenaje dendrítico, común en toda la zona de piedemonte de la serranía de Perijá, y es el resultado de la erosión intensa que afectó diferencialmente los materiales meteorizados, forma suelos residuales de la Formación Monguí (puntos de control VVGEO024 y VVGEO026 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), junto con la posible afectación de la litología en la zona de influencia del trazo del sistema de falla de Oca.

Esta geoforma se aprecia en el sector conocido como Porciosa y previos de las comunidades indígenas de Los Ranchos y Piturumana – El Edén (ver **Fotografía 5-12** y **Fotografía 5-13**). La cobertura de área superficial de esta unidad es de aproximadamente 242,63 Ha, lo que equivale al 0,53 % del área total del proyecto. La delimitación y caracterización de esta geoforma se realiza mediante el uso de sensores remotos, información secundaria y observaciones de la comisión de campo (estaciones de VVSGM013, VVSGM018 y VVSGM012 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**), utilizan curvas de nivel, perfiles topográficos y otros insumos derivados del Modelo Digital de Terreno (DEM).



Coordenadas N: 2796225 E: 5057455



Coordenadas N: 2793045 E: 5058451

Fotografía 5-12 Planicie muy colinada en el sector Porciosa. Est. VVSGMF012

Fotografía 5-13 Planicie muy colinada, en la zona que limita con el piedemonte. Est. VVSGMF013

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Tierras desnudas y degradadas (Dtdid)**

Se definen como áreas con escasa o nula cobertura vegetal, resultado tanto de procesos naturales como de la intervención humana. **Estas regiones abarcan un total 5364,23 ha.** En una fase inicial de degradación, está **representando aproximadamente el 11,81%** del área del proyecto es suelo desnudo, con procesos de erosión laminar o escurrimiento difuso. A medida que la degradación avanza, se observan fenómenos más intensos, como la erosión por escurrimiento difuso intenso y solifluxión en lomos. Finalmente, en etapas avanzadas de degradación, predominan procesos de erosión concentrada en surcos y cárcavas. Estas áreas de tierras desnudas y degradadas se localizan mayormente al sur del área del proyecto, en proximidades al casco urbano del municipio de Albania.

- **Superficie de erosión o aplanamiento (Dsa)**

Es un área extensa y relativamente plana, con elevaciones mínimas o inclinaciones suaves, donde la topografía horizontal atraviesa las capas del basamento geológico. Su formación se atribuye a procesos denudacionales y degradacionales intensos, principalmente la meteorización, que ocurrieron en condiciones climáticas y tectónicas estables en el pasado, sobre el macizo rocoso de la Formación Hato Nuevo. Esta unidad cubre **aproximadamente 11,00 ha**, representando tan solo el 0,02 % del área total del proyecto. La delimitación y caracterización de esta geoforma se realiza utilizando sensores remotos y datos secundarios. Esta formación geomorfológica se observa al sur del proyecto, en áreas cercanas al casco urbano del municipio de Albania.

5.1.4.2.3 Ambiente eólico

- **Campo de dunas remontantes (Edr)**

La acumulación arenosa descrita tiene un espesor de 2 a 3 metros y cubre geoformas preexistentes. Este depósito presenta una apariencia semiconsolidada, con una superficie que no tiene tanta arena suelta. La zona donde se encuentra es completamente plana y árida, y los materiales son en su mayoría de origen eólico (ver **Fotografía 5-14**), con excepción de los materiales sobre el arroyo, donde es evidente la procedencia y el material parental. Este contraste en la composición entre las capas proporciona pistas sobre la historia geomorfológica de la zona, resalta las dinámicas de transporte y deposición que han dado forma al paisaje en el tiempo geológico reciente. Se asocia directamente a depósitos aluviales recientes con presencia o mezcla de los depósitos eólicos.

La unidad es representativa en la zona de las comunidades de Araparen, Patillita y Toroirá en la propuesta del parque Beta, en la zona centro-norte del proyecto. La delimitación y caracterización de la subunidad se lleva a cabo inicialmente mediante sensores remotos, seguido de una verificación en campo (punto de

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

control VVSGMF001). La cobertura de área superficial de esta unidad es de aproximadamente 2322,68 ha, lo que equivale al 5,12 % del área total del proyecto.



Coordenadas N: 2828846 E: 5089957

Fotografía 5-14 Campo de dunas remontantes. Est. VVSGM001

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Dunas (Edu)**

El conjunto de montículos descrito se origina a partir del transporte de material por el viento, conforma creaciones arenosas que adoptan la forma de crestas alargadas de manera paralela entre sí (ver **Fotografía 5-15**). La zona descrita exhibe un paisaje llano y árido predominantemente formado por materiales eólicos, caracterizado por fuertes vientos y presencia ocasional de influencia fluvial (ver **Fotografía 5-16**). La complejidad geológica se refleja en la variabilidad de la composición del perfil del talud, revela una historia geomorfológica marcada por dinámicas de transporte y deposición a lo largo de eventos geológicos. La interacción continua entre la llanura inundable esporádica y el ambiente eólico contribuye a una geología reciente compleja, evidenciada por la presencia de dunas de espesores métricos y depósitos de arenas finas y lodos amarillos.

El paisaje se caracteriza por la presencia de dunas con materiales como arenas muy finas y lodos amarillos, junto con clastos de grava fina sólida de color amarillo oxidado. La descripción destaca la constante remodelación del terreno bajo la influencia del viento, mientras que las áreas más firmes sugieren procesos más estables o recientes. La tonalidad distintiva de amarillo claro en las arenas finas, influenciada por la oxidación, y la presencia ocasional de lodos y gravas añaden complejidad a la textura, aportados por los depósitos aluviales recientes (puntos de control VVGEO002, VVGEO003 Y VVGEO007 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**), ofrece pistas sobre la dinámica geomorfológica en este entorno plano y eólico.

La unidad es representativa desde la zona de las comunidades de gran territorio Pasipamana, pasan por Patillita, Toroira Araparen, Orotchon hasta Mapuachon, en la propuesta de los parques Alpha y Beta, en la zona centro-norte, norte del proyecto. La delimitación y caracterización de la subunidad se lleva a cabo inicialmente mediante sensores remotos, seguido de una verificación en campo (punto de control VVSGMF002, VVSGMF004, VVSGMF007, VVSGMF021 y VVSGMF028 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**). La cobertura de área superficial de esta unidad es de aproximadamente 1786,12 ha, lo que equivale al 3,93 % del área total del proyecto.



Coordenadas N: 2823831 E: 5087473

Fotografía 5-15 Típica Duna con estructuras que dejan el paso y dirección del viento. Est. VVSGMF021



Coordenadas N: 2833678 E: 5091878

Fotografía 5-16 Paisaje típico de dunas en terrenos áridos. Est. VVSGMF004

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Dunas antiguas (Edua)**

Las dunas antiguas se caracterizan por tener crestas alargadas de arena, orientadas en la dirección predominante del viento. Suelen encontrarse en áreas topográficamente elevadas, están cubiertas por pastos o arbustos bajos (ver **Fotografía 5-17**). Estos depósitos de arena experimentan procesos de compactación, se les denomina eolianitas. En la llanura eólica descrita, se observan dunas antiguas que conforman una planicie, compuestas mayormente por materiales de arenas muy finas a lodos con tonalidades que van desde el amarillo pardo al claro, de relación directa con los Depósitos de dunas de arena. La presencia de estas dunas en la planicie eólica indica procesos de transporte y deposición de sedimentos bajo la influencia constante del viento, contribuye a la formación de un paisaje diverso y característico en la zona. La delimitación y caracterización de la subunidad se realiza mediante sensores remoto y verificados en la fase de campo denominada VVSGM025 (Véase **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**), así como los diferentes recorridos para llegar a cada una. Esta geoforma se encuentra en las zonas de las comunidades aledañas sobre ambos márgenes de la vía que conduce desde el municipio de Maicao hasta el sector de Cuatro Vías, como son las comunidades indígenas Santa Cruz, El Diamante, Marahanahama, entre otros, todo en el municipio de Maicao, del departamento de La Guajira. La unidad tiene una cobertura de **área superficial de aproximadamente 646,95 ha, equivalente al 1,42% del área total del proyecto.**



Coordenadas N: 2817174 E: 5072942

Fotografía 5-17 Dunas antiguas vegetadas. Est. VVSGM025

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Mantos de arena eólica (Ema)**

La unidad de Mantos de Arena Eólica abarca la mayor extensión de **área superficial en el proyecto, cubre aproximadamente 10289,28 Ha, equivalente al 22,66% del área total**. Se caracteriza por la acumulación de arena transportada por el viento, forma capas de 20 a 30 cm de espesor que se extienden por vastas extensiones de terreno. La zona es completamente plana, evidencia algunos rasgos de erosión en los arroyos estacionales circundantes (ver **Fotografía 5-18**). Los depósitos incluyen arenas, limos y matriz lodosa, revela la historia evolutiva de dunas que han experimentado meteorización física y química debido a su origen eólico. La investigación de estos sedimentos proporciona valiosa información sobre la dinámica pasada de la región y arroja pistas sobre la historia geológica de las dunas.

El paisaje se caracteriza por su planitud, resultado de la influencia esporádica de procesos eólicos y la deposición de materiales fluviales provenientes de arroyos estacionales. La uniformidad del terreno refleja la predominancia del ambiente eólico, con materiales mayormente compuestos por arenas de diversas granulometrías y una base cuarzosa, confiere un distintivo color amarillo claro por procesos oxidativos (puntos control geología VVGEO005 y VVGEO06 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**). La matriz lodosa indica la acción pasada de arroyos, enriquece la composición del suelo con gravas de colores amarillos claros. La presencia esporádica de gravas compactas y cementadas, junto con la formación de surcos profundos durante las lluvias fuertes, evidencia la dinámica cambiante del entorno y las interacciones entre procesos fluviales y eólicos en esta llanura plana (ver **Fotografía 5-19**).

La geoforma se caracteriza y delimita mediante sensores remotos, además de las diferentes estaciones de campo y así como los recorridos para llegar a cada una (punto de control VVSGMF003, VVSGMF005, VVSGMF006, VVSGMF007, VVSGMF020 y VVSGMF026 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**). La unidad se aprecia hacia los sectores centro, centro-norte del área del proyecto, uno al noroccidente del casco urbano del municipio de Maicao, llega hasta las áreas aledañas de la comunidad Gran territorio Limoncito, el segundo desde la comunidad indígena desde Mapuachón hasta Rosamana y Tewou.



Coordenadas N: 2817963 E: 5076921



Coordenadas N: 2818578 E: 5078817

Fotografía 5-18 Mantos de arenas eólicas, con formación de surcos. Est. VVSGMF006

Fotografía 5-19 Paisaje típico de mantos de arenas con vegetación. Est. VVSGMF020

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Planicie eólica (Ep)**

La unidad se caracteriza por ser completamente plana, con una marcada influencia de materiales superficiales de origen eólico, de poco espesor entre 5 y 10 cm, principalmente compuestos por arenas muy finas y lodos de colores amarillos (ver **Fotografía 5-20**) levemente consolidadas (puntos de control VVGEO001, VVGEO004, VVGEO009 y VVGEO010 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio**

abiótico\5.1.1 Geología). Se destaca también la presencia leve de algunos materiales de gravas finas a medianamente gruesas, muy cementadas y subredondeadas, depositadas por la influencia de inundaciones que ocurren cada vez que se presentan lluvias. La semi consolidación observada en esta unidad sugiere que es más antigua en comparación con los depósitos de ambiente eólico mencionados previamente, como los mantos, la llanura eólica o las dunas (ver **Fotografía 5-21**).

La unidad está ubicada en dos secciones, una en la parte norte en la entrada al parque beta, por la vía principal de Cuatro Vías hasta el municipio de Uribe, desde las comunidades indígenas de Katzaliamana hasta llegar el polígono en l aparte norte del previo de la ranchería Tewou. El segundo se ubica desde el suroccidente del casco urbano del municipio de Maicao hasta los territorios de comunidades indígenas de Amaritshi y algunas comunidades aledañas. La delimitación y caracterización de la subunidad se lleva a cabo inicialmente mediante sensores remotos, seguido de una verificación en campo (punto de control VVSGMF027, VVSGMF001 y VVSGMF004 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**). La cobertura de área **superficial de esta unidad es de aproximadamente 6147,04 Ha, lo que equivale al 13,54% del área total del proyecto.**



Coordenadas N: 2844130 E: 5080802



Coordenadas N: 2812508 E: 5071853

Fotografía 5-20 Depósitos de dunas de arena asociado a la planicie eólica. Est. VVGEO004

Fotografía 5-21 Paisaje típico de planicie eólica. Est. VVSGMF027

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.4.2.4 Ambiente fluvial

- **Cuerpo de agua natural (Fca)**

La unidad se presenta como una superficie en forma de canal alargada morfología plana y aterrazada, caracterizada por laderas cóncavas a escarpes de talud. Su origen está vinculado a la acumulación torrencial y fluvial de manera radial, donde una corriente fluvial desemboca en una zona plana. A lo largo del cauce, el perfil de talud, elevándose más de un metro sobre el margen del río, exhibe una composición diversa de lodos arenosos, incluye materiales que varían desde arena gruesas hasta muy fina y algunos conglomerados. Se observa también la presencia de clastos gruesos y gravas subangulares depositadas por el río. No obstante, se destaca que la composición del lecho del río Ranchería difiere notablemente de la terraza o talud que se encuentra sobre él.

Se extiende en el sur del área del proyecto y está directamente asociada al lecho del río Ranchería. Su ubicación abarca desde las zonas cercanas al casco urbano del municipio de Albania hasta la región de explotación minera de la empresa Cerrejón. A medida que sigue el curso del río en dirección noreste, la unidad abarca áreas entre el casco urbano y la zona minera, extendiéndose hacia los alrededores de las comunidades indígenas de Campo Herrera, La Macarena y el resguardo indígena Wayuu Cuatro de Noviembre. En la sección entre Campo Herrera y La Macarena, las laderas en los márgenes del río exhiben pendientes mucho más abruptas a escarpadas (de geoformas de ambiente denudacional), genera un cañón en este sector y presenta pocas zonas de terraza actual para la depositación, lo que las hace menos

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

susceptibles a inundaciones, al salir del sector, la dirección el canal toma una dirección de occidente a oriente, debido a una posible incidencia de una de las fallas satélites del sistema de falla de Oca.

Las áreas de tierras bajas, temporalmente inundables o encharcables, se caracterizan por ser zonas próximas a cauces y depresiones, donde la capa freática aflora estacional o permanentemente. Estas áreas suelen encontrarse en vegas y comprenden pantanos adyacentes a lagunas, así como pantanos de transición con vegetación hidrófila, como juncos, cortaderas, cañas y algunos árboles. Su detección principalmente se realiza mediante teledetección y datos secundarios.

La unidad se delimita con la cartografía base nacional y se caracteriza con estaciones e inspecciones de la comisión de campo, en las estaciones VVSGM014 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**, así como los diferentes recorridos para llegar a cada una. La cobertura de área superficial de esta unidad es de aproximadamente 137,35 Ha, lo que equivale al 0,30% del área total del proyecto.

Ríos: Subunidad geomorfológica de canal con forma irregular, excavado por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y sedimentos aluviales y que dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, persisten por grandes distancias.

- **Llanura de inundación (Fpi)**

La geoforma se refiere a una superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable por el río Ranchería. Esta geoforma se localiza bordea o en las proximidades el cauce principal del río (zonas sin ser encañonadas), donde localmente puede estar limitada por escarpes de terraza o diques naturales. Incluye los planos fluviales menores en formas de "U" o "V", presentándose como superficies estrechas, alargadas y temporalmente inundables, o con huellas de inundaciones pasadas, asociada a la litología de Depósito aluviales recientes.

Es la geoforma con mayor representatividad de la zona sur proyecto, desde la zona norte y previos de la extracción de la empresa minera Cerrejón. Con una representación de área de 1510,97 ha y 3,33% del total del área del proyecto. La delimitación y caracterización de la subunidad se lleva a cabo inicialmente mediante sensores remotos (ver **Figura 5-16**), seguido de una inspección ocular en campo de las estaciones como lo recorridos para llegar a ellas (VVGEO036, VVSGMF014 y VVSGMF023), como se detalla en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología** y en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**.

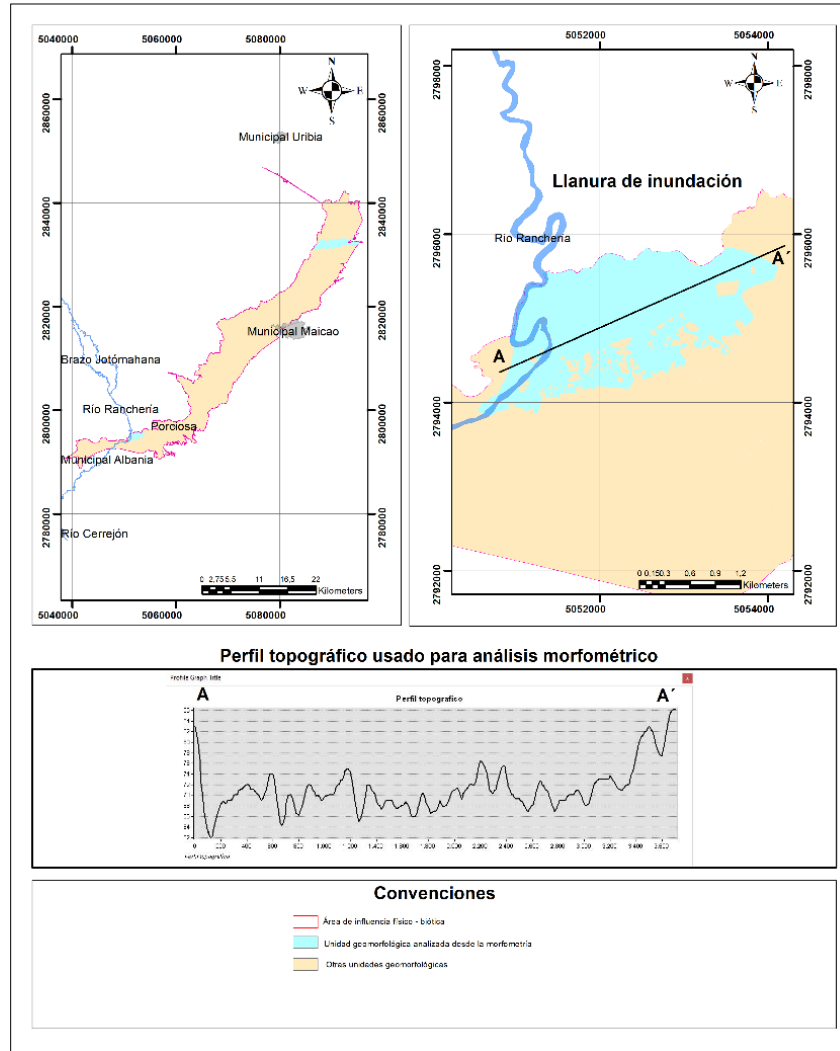


Figura 5-16 Representación de la subunidad de Plano o Llanura de Inundación (Fpi), resaltado en línea azul el lecho ambos márgenes de influencia con el río Ranchería

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Terraza de acumulación antigua (Ftant)

Superficie alomada en forma de abanico de extensión de área de 18,80 ha y 0,04 % la más baja del área total del área del proyecto, sobre el margen derecho del río Ranchería, en la comunidad indígena la Macarena. laderas moderadamente bajas a largas de 52 hasta 330 metros aproximadamente, son cóncavas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de “V” que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20° de las laderas de la Loma residual que se genera sobre la Formación Colón. De manera general, se presentan colgadas respecto al nivel base del río Ranchería, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas de tipo denudacional. La caracterización y delimitación de la unidad se generó a través del análisis de sensores remotos e inspección ocular de campo (ver **Fotografía 5-22**), con las estaciones y recorridos de VVSGMF023 y VVGEO012 (ver en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología y en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología).



Coordenadas N: 27932714 E: 5048335

Fotografía 5-22 Terraza de acumulación antigua, con bloques rodados pequeños. Est. VVSGM023

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Áreas húmedas (Fzp)**

Las áreas húmedas (zonas pantanosas), constituyen una unidad geomorfológica de gran importancia. Estas áreas se caracterizan por la acumulación de agua, ya sea de forma permanente o temporal, lo que influye en la formación del suelo, la vegetación y la biodiversidad. Esta unidad ocupa un territorio de 20,85 Ha de área de cobertura superficial, equivalente a un 0,05 % del total del área del proyecto.

5.1.4.2.5 Ambiente estructural

- **Cerro estructural (Sce)**

La unidad descrita se presenta como una prominencia topográfica aislada con una morfología que va desde montañosa hasta colinada, con alturas que oscilan entre 40 y 170 metros. Sus laderas forman un relieve tridimensional con longitudes moderadas a largas, varía entre 210 y 350 metros, es irregulares en su mayoría y poco disectadas (ver **Fotografía 5-23**). Este relieve exhibe pendientes muy abruptas a escarpadas y ha sido parcialmente aislado de las zonas montañosas afectadas por las fallas satelitales y el trazo principal del sistema de falla de Oca, que afectan los materiales de los macizos rocos de la Formación Colón (puestos de control VVGEO035, VVGEO034, VVGEO036, VVGEO037 y VVGEO024 en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología**). La unidad se encuentra en la parte sur del proyecto, al nororiente de la zona de explotación minera de Cerrejón, abarca las comunidades indígenas de Cuatro de Noviembre, Corazonal y Los Ranchos. Con una extensión de área superficial de **208,93 ha**, equivalente al 0,46 % del área total del proyecto, la delimitación y caracterización de esta unidad se basa en diversos insumos, incluye cortes topográficos del Modelo Digital de Terreno (ver **Figura 5-17**), límites identificados con curvas de nivel y drenajes, y una inspección detallada en campo realizada en las estaciones VVSGM013, como se detalla en **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**.



Coordenadas N: 2793045 4 E: 5058451

Fotografía 5-23 Cerro estructural al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

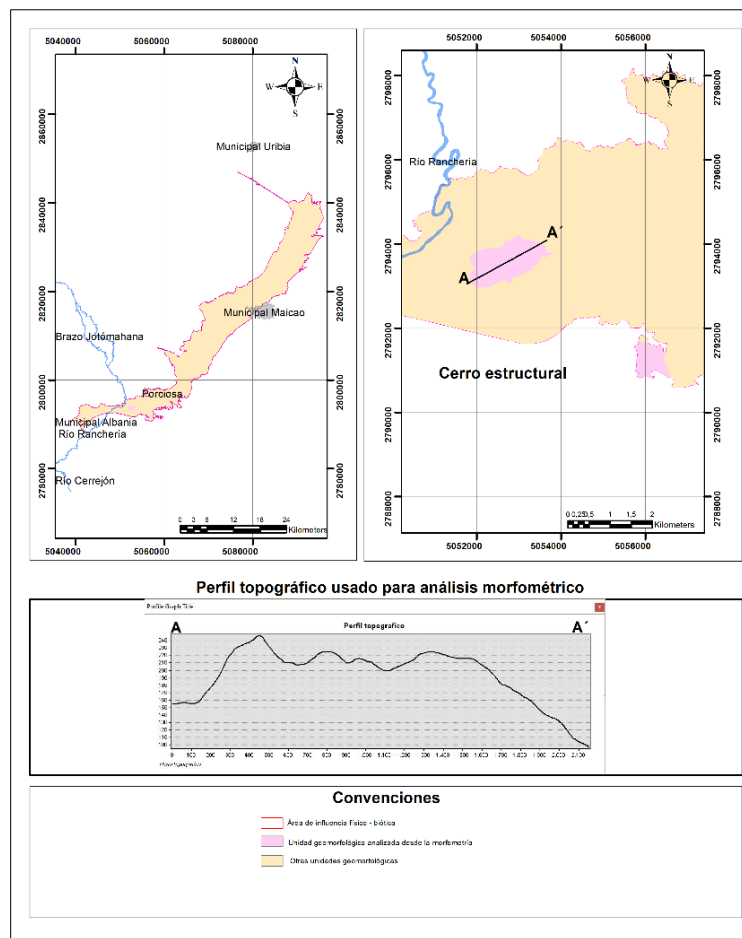


Figura 5-17 Representación de la subunidad de Cerro estructural (Sce), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico.

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	

- **Colina estructural (Sces)**

La prominencia topográfica descrita exhibe una altura de 225 metros sobre su nivel de base local y presenta una morfología redondeada, limitada por laderas de moderadas a largas, con formas convexas y pendientes abruptas a escarpadas. Este relieve muestra un alto grado de disección de los drenajes, genera surcos de erosión como resultado de procesos tectónicos intensos asociados con dos fallas satelitales del sistema de la falla de Oca. Estas fallas forman un triángulo cerrado hacia la parte oriental de la prominencia. El origen de esta geoforma se relaciona con la acción de periodos de meteorización y denudación sobre los macizos rocosos y suelos residuales de la Formación Colón.

La **Fotografía 5-24** proporciona una visión detallada de la cima redondeada de la colina estructural, clave para realizar el análisis morfométrico y contribuir a la delimitación de la geoforma. Se complementa con otros insumos, como curvas de nivel, mapa de aspectos y drenajes. La **Figura 5-18** también se utiliza en este análisis. Además, se incorpora la información recopilada en campo durante la inspección ocular realizada en la estación VVSGMF017 en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**. En conjunto, estos datos y análisis contribuyen a una representación precisa de la prominencia topográfica, que abarca un área de 112,77 ha, equivalente al 0,25 % del área total del proyecto.



Coordenadas N: 2792755 4 E: 5057049

Fotografía 5-24 Colina estructural al fondo de la fotografía. Est. VVSGM017

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

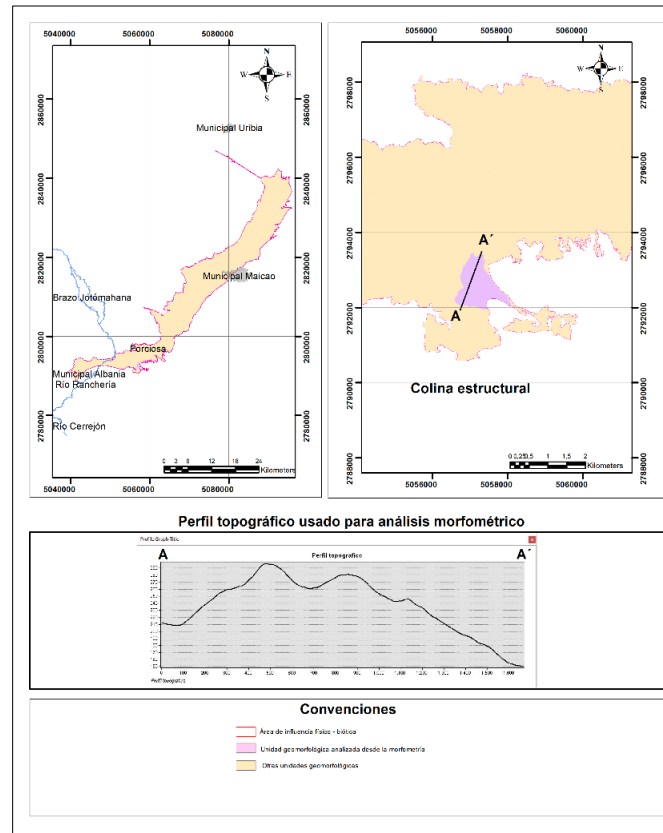


Figura 5-18 Representación de la subunidad de Colina estructural (Sces), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Cerro de falla (Scf)**

La prominencia topográfica se presenta como un domo alargado con un relieve relativo promedio de 50 metros, caracterizado por laderas muy abruptas a escarpadas (21° - 45°) de longitudes cortas a moderadas (80 – 150 m), adopta una forma irregular y cóncava. Litológicamente, este cuerpo corresponde a macizos rocosos y posibles suelos residuales de la Formación Colón. Ubicado en la parte interna de la conjugación de dos fallas satelitales del sistema de falla de Oca, su determinación se realiza principalmente mediante sensores remotos, como el mapa de sombras y aspectos, curvas de nivel y drenajes. La geología estructural, influenciada por el doble paso de fallas inversas, contribuye a inferir el levantamiento y estrechamiento de este cerro. La cobertura de área superficial de esta unidad es de aproximadamente 9,69 Ha, lo que equivale al 0,02 % del área total del proyecto.

- **Lomo de falla (Slf)**

La unidad se destaca como una prominencia topográfica de morfología alomada, con laderas largas, forma convexa y pendiente abrupta a escarpada. Situada a lo largo del trazo principal del sistema de la falla Oca, esta unidad se forma debido al desplazamiento lateral y de componente inverso (ver **Figura 5-19**), genera una geometría del plano de falla que expulsa bloques fracturados tabloides sobre el terreno. Caracterizada por una estructura altamente fracturada en el macizo rocoso del Grupo Cogollo, presenta una configuración de tipo flor positiva.

En la región, la complejidad geológica se manifiesta en la estructura del terreno, donde una ladera escarpada se eleva sobre una base conformada por lomeríos y montículos que delinean la transición del piedemonte a la zona montañosa de la serranía de Perijá (ver **Fotografía 5-25**). La delimitación y

caracterización de esta unidad se realiza mediante el análisis de diversos insumos, como curvas de nivel, mapas de aspectos y sombras derivados del Modelo Digital de Terreno (DEM), así como la identificación de drenajes. Además, se han realizado puntos de control y recorridos en campo, en las estaciones VVSGMF013 y VVGEO025 (Véase **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Geología** y en **3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.4 Geomorfología**) ejemplos de estas inspecciones. Ubicada al sur del área del proyecto, en la comunidad indígena de Corazonal y sus alrededores, la unidad abarca una cobertura de área superficial de aproximadamente 31,44 ha, equivalente al 0,07 % del área total del proyecto.

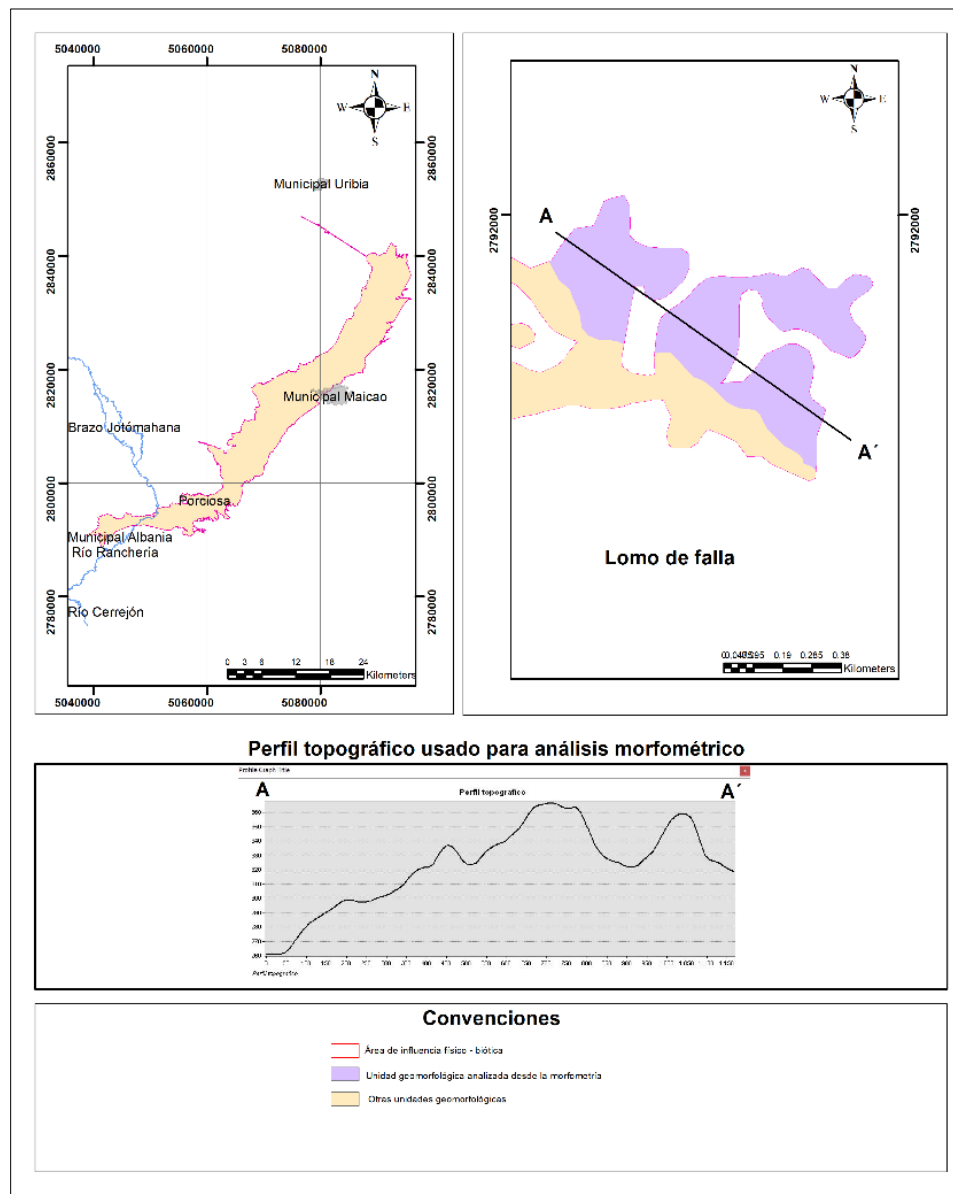


Figura 5-19 Representación de la subunidad de Lomo de Falla (Slf), resaltado en línea azul, con su corte topográfico para su análisis morfométrico

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Coordenadas N: 2793045 4 E: 5058451

Fotografía 5-25 Lomo de falla al fondo de la fotografía. Est. VVSGM013

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Ladera muy escarpada (Simesc)**

Se caracteriza por pendientes superiores a 45° , con longitudes variables entre cortas y moderadas (250 m a 500 m), presenta una morfología tanto recta como irregular. Su formación está vinculada a la incisión de los drenajes y al fracturamiento perpendicular al buzamiento en niveles litológicos de la Formación Hato Nuevo y el Grupo Cogollo. Esta unidad se distribuye al sur del área del proyecto, dividiéndose en dos secciones: una cercana al suroccidente del casco urbano del municipio de Albania y la otra en áreas adyacentes al parque de Montes Oca. El origen y características de la unidad se evidencian en su topografía inclinada, influenciada por procesos geológicos que han afectado los materiales de las formaciones mencionadas. La delimitación y caracterización de esta unidad se lleva a cabo mediante la observación de curvas de nivel, mapas de aspectos y sombras, así como la identificación de drenajes. Su presencia en dos secciones distintas resalta la diversidad geomorfológica en la región. Con una extensión de área superficial aproximada de **271,99 ha**, representa alrededor del 0,60 % del área total del proyecto.

- **Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)**

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos de la Formación Colón dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal del cerro Cuestecitas (ver **Figura 5-20**). Esta unidad se ubica en la parte sur del proyecto, en la parte sur del casco urbano del corregimiento de cuestecitas, del municipio de Albania, en el departamento de Guajira. Tiene una extensión de área **superficial de aproximadamente 62,57 ha, equivalente al 0,15 % del área total del proyecto.**

- **Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)**

Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos de la Formación Colón dispuestos a favor de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal del cerro Cuestecitas (ver **Figura 5-20**). Esta unidad se ubica en la parte sur del proyecto, en la parte sur del casco urbano del corregimiento de cuestecitas, del municipio de Albania, en el departamento de Guajira. Tiene una extensión de área superficial de **aproximadamente 45,01 ha, equivalente al 0,10 % del área total del proyecto.**

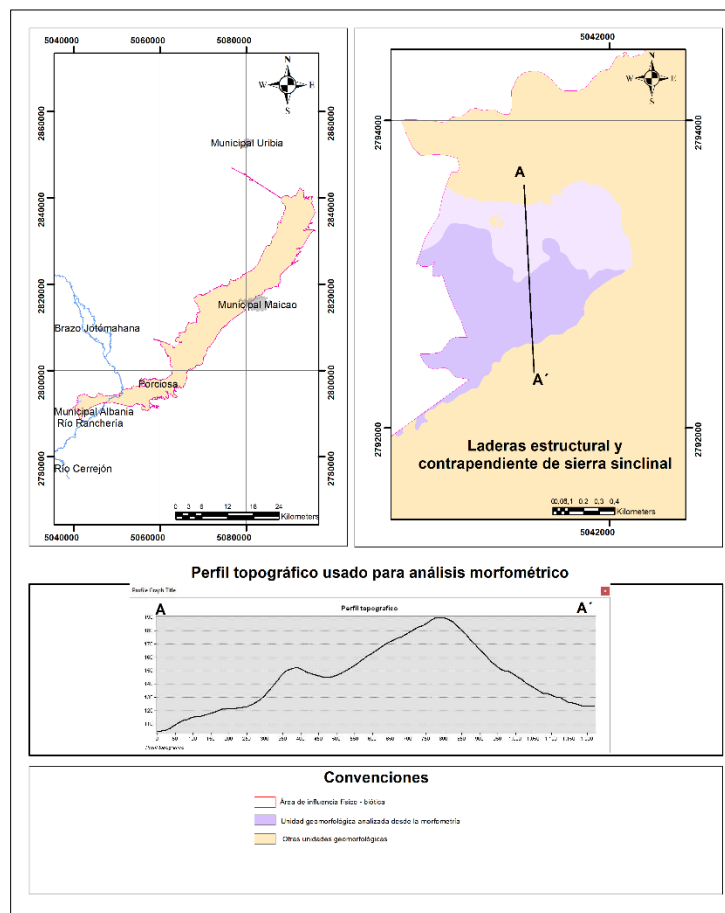


Figura 5-20 Representación de las subunidades de Ladera estructural y de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc y Sssle)

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

• Plano aluvial confinado (Svc)

La superficie de pendiente plana a suavemente inclinada, delimitada por elevaciones que forman un valle cerrado, tiene su origen en el bloqueo temporal de un cauce fluvial causado por fallamiento. Esta unidad está compuesta por depósitos de materiales aluviales finos y rocas altamente fracturadas de los macizos rocosos de la Formación Colón y el Grupo Cogollo. Se localiza al sur del área del proyecto, específicamente en el municipio de Albania, en las comunidades indígenas de Rancheras Los Ranchos Marce y El Corazonal. Esta unidad abarca una extensión superficial de aproximadamente 4,20 Ha, lo que equivale al 0,01 % del área total del proyecto.

5.1.4.3 Susceptibilidad a la erosión

En este numeral se desarrolla el proceso metodológico para evaluar la susceptibilidad a la ocurrencia de proceso erosivos en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”. La Susceptibilidad a la erosión se evaluó a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo – RUSLE (RUSLE), la cual permite predecir la pérdida anual de suelo por hectárea, contemplando parámetros principalmente edafológicos.

La evaluación de la susceptibilidad a procesos erosivos se realiza teniendo en cuenta la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), el desarrollo de las ecuaciones para el cálculo se inició en la década de 1940 en el cinturón de maíz de Estados Unidos. Wischmeier y Smith, proporcionan una historia del

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

desarrollo de las ecuaciones para el cálculo de la pérdida de suelo hasta la publicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Universal Soil Loss Equation – USLE) en 1965 (Geler, T. R; Crosta, A. P; Pérez Filho, A, 2015).

La Ecuación se muestra a continuación:

$$A = (R * K) * (L * S) * (C * P)$$

Dónde:

A = Pérdida del Suelo por Erosión Hídrica.

L*S = Índice Topográfico → L (Factor de longitud de pendiente) y S (Factor de Inclinación de la pendiente).

R*K = Índice Potencial de Degradación → R (Factor de erosividad de la Lluvia) y K (Factor de erodabilidad del suelo).

C*P= Índice de Práctica de Manejo → C (Factor de cobertura por manejo de cultivos) y P (Factor de prácticas de conservación del suelo).

- **Variables evaluadas**

Las variables que intervienen en la pérdida del suelo por erosión hídrica comprenden las pendientes, la lluvia, el suelo y la cobertura vegetal, las cuales se integran en el índice topográfico, índice potencial de degradación e índice de prácticas de manejo; las cuales serán descritos a continuación:

- **Índice Topográfico (LS)**

El factor topográfico LS es la relación entre el suelo perdido en un terreno cualquiera con pendiente p y longitud λ, y la correspondiente a la parcela piloto utilizada en el desarrollo de la USLE. Se refiere entonces al efecto combinado de la pendiente y la longitud de los terrenos expuestos a la erosión laminar y en surcos.

De acuerdo con Mancilla G (2008), originalmente los factores L y S fueron determinados en conjunto como:

$$LS = (\lambda/22,1) * m * (65,41 \sin^2 \theta + 4,45 \sin \theta + 0,065).$$

Dónde:

λ = longitud de la pendiente en metros.

θ = ángulo de la pendiente.

m = 0.5 si θ ≥ 5%.

0.4 si 3,5 ≤ θ ≤ 4,5 %.

0.3 si 1,0 ≤ θ ≤ 3,0.

0,2 θ ≤ 1%.

Por otro lado, Cocuyame R & Salazar D (2015) asegura que Foster et al, 1997 y Desmet & Govers, 1996, citado por Shi et al., 2004 y Zhang et al., 2012, proponen la siguiente ecuación:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^m; m = \frac{\beta}{(1+\beta)}; \beta = \frac{\sin \theta / 0,0896}{3 * (\sin \theta)^{0,8} + 0,56}$$

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

Dónde:

λ = Longitud de la pendiente en metros.

m = este último, al ser un ángulo debe ser multiplicado por 0,01745 para ser convertido en radianes y así poder operar con los demás componentes de la ecuación.

B = relación (erosión en surcos) (erosión entre surcos).

θ = inclinación de la pendiente en grados.

Así mismo, el cálculo del factor L con el área de drenaje aportadora Desmet & Govers, en Velásquez 2008.

$$L(i, j) = \frac{(A_{ij}^{m+1} + D^2) - A_{ij}^{m+1}}{(x^m) \cdot (D^{m+2}) \cdot (22,13)^m}$$

Dónde:

L(ij)= pendiente factor de longitud de la celda de la cuadrícula con coordenadas (i, j).

Aij= acumulación de flujo a nivel del pixel (m^2/m).

D=Lado del pixel.

x=Coeficiente de forma.

También, Cocuyame R & Salazar D (2015), establece que el factor de inclinación es calculado por McCool 1987, citado por Foster et al, 1997 de la siguiente manera.

$10,8 \sin \beta(i, j) + 0,03 \tan \beta(i, j) < 0,09$.

$S(l, j) = 16,8 \sin \beta(l, j) - 0,5 \tan \beta(l, j) \geq 0,09$.

Con base en las ecuaciones anteriores, se realiza un procesamiento por medio de la utilización del software ArcGIS, cuyo resultado se muestra en la **Figura 5-21**.

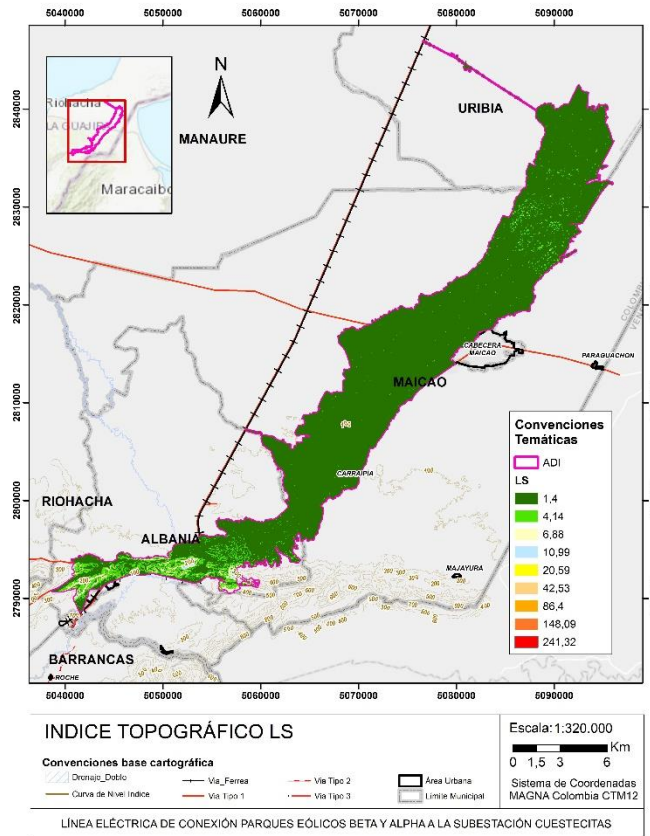


Figura 5-21 Índice topográfico LS

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

El factor (S) mide el efecto de la inclinación de la pendiente, mientras que el factor (L) define el impacto de la longitud de la pendiente. Al integrar ambos factores se obtiene el índice topográfico (LS), el cual es una medida de la capacidad de transporte de sedimentos del flujo superficial, recogiendo la influencia del relieve y es considerado como el factor activo en el proceso de erosión hídrica responsable de la circulación del agua sobre el suelo, determinando su velocidad su capacidad disgregadora y de transporte.

Para el presente estudio, se presentan valores de (LS) que oscilan entre 1.4 y 241.32, presentándose los valores más altos en los lugares con pendientes abruptas, sin embargo, los valores más bajos se presentan en las áreas con pendientes suaves y longitudes largas.

Es importante denotar que, en el área de influencia del proyecto, se presentan muy pocas áreas con un índice topográfico (LS) alto, lo cual implica que los riesgos asociados a la erosión hídrica laminar superficial serán bajos, puesto que más del 95% de la zona de estudio presenta pendientes suaves con longitud larga. Por ende, dicho factor, no representara una limitación para el establecimiento de las estructuras asociadas a las torres electricas.

Obteniéndose valores de 1.4 en un área aproximada de 42128.97 (Ha) equivalentes al 92.79 (%) de la zona de estudio, de 4.14 en un área aproximada de 2490.94 (ha) equivalentes al 5.486 (%) de la zona de estudio, de 6.88 en un área aproximada de 625.35 (ha) equivalentes 1,37 (%) de la zona de estudio, de 10.99 en un área aproximada de 144.195 (ha) equivalentes al 0.317 (%) de la zona de estudio, de 20.59 en un área aproximada de 10.155 (ha) equivalentes al 0.02 (%) de la zona de estudio y por último, de 42.53 en un área aproximada de 1.797 (ha) equivalentes al 0.004 (%) de la zona de estudio.

○ **Índice Potencial de Degradación (RK)**

Los factores R y K reflejan el poder de arranque de las gotas de lluvia y la resistencia del suelo a ese arranque y transporte. Las variables de las cuales dependen estos factores son intensidad de la lluvia, posición topográfica, propiedades del suelo (Cocuyame R & Salazar D, 2015).

El Factor de erosividad de la Lluvia © se calcula a partir de:

$$R = IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Dónde:

IFM= Índice de agresividad climática.

Pi=Precipitación del mes i (mm), en el año l.

P= Precipitación media anual.

l= Mes.

Teniendo en cuenta la fórmula definida anteriormente, se realizan los cálculos del factor R. El valor de precipitación que se utiliza para el presente análisis corresponde a los valores medios mensuales multianuales (mm).

Tabla 5-3 Valores medios mensuales multianuales de precipitación (mm) en las estaciones meteorológicas utilizadas para calcular el factor de erosividad.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRO	R
OROCHÓN [15070240]	0,3	0,1	0,3	0,6	1,5	0,4	0,3	1,8	3,3	5,0	3,4	1,1	1,5	36,2
PARAGUACHÓN [15087080]	0,7	0,1	0,4	0,8	2,6	1,4	1,0	2,6	4,6	6,0	4,6	2,0	2,2	44,7
ESCUELA CEURA [15070160]	0,1	0,1	0,1	1,5	2,8	1,3	1,3	2,1	3,8	5,3	3,9	0,6	1,9	40,0
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	0,7	0,2	0,8	1,9	4,7	2,4	1,5	3,6	5,5	7,2	7,0	3,2	3,2	58,8
CUESTECITA [15060020]	0,5	0,1	0,3	1,8	3,8	2,1	1,0	3,5	5,6	5,6	4,7	1,7	2,5	48,1
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	0,5	0,1	0,5	2,2	3,7	2,0	1,7	3,6	4,7	5,2	5,4	1,8	2,6	46,2
PROMEDIO														45,7

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Conforme a Cocuyame R & Salazar D, 2015, el Factor de Erodabilidad del suelo (K) representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y está en función de sus características físicas que son la estructura, porcentaje de materia orgánica, índice de permeabilidad e índice de textura y se calcula a partir de:

$$100 * K = ((2,71M^{1.14}) * (10 - 4) * (12 - a)) + (4,20 * (b - 2)) + (3,23 * (c - 3))$$

K = índice de erodabilidad del suelo, expresada en [(t*ha*año) / (MJ*mm*ha)].

M = (% limo+% arena muy fina) *(100-% de arcilla).

a = % de materia orgánica.

b = código de estructura de suelo según la siguiente codificación:

- 1 – grano muy fino (<1 mm).
- 2 – grano fino (1-2 mm).
- 3 – grano medio (2-5 mm) y gránulo grueso (5- 10 mm).
- 4 – grano liso, prismático, columnar y muy grueso (>10 mm).

c = clase de permeabilidad.

- 1 – rápida a muy rápida.
- 2 – medianamente rápida.
- 3 – moderada.
- 4 – moderadamente lenta.
- 5 – lenta.

Cocuyame R & Salazar D (2015) muestran la propuesta de la CVC (2014) y USDA para los valores de b y c, los cuales se retoman en el presente documento (Tabla 5-4 y Tabla 5-5).

Tabla 5-4 Valores del código USDA para la estructura del suelo (valor de b)

ESTRUCTURA			
Grado	Forma	Tamaño	Código
Sin Estructura		Muy Fina	4
Débil	Granular	Media	3
	Bloques angulares	Media	3
Moderada	Granular	Muy Fina	1
		Fina	2
		Media	2
	Bloques subangulares	Muy Fina	2
		Media	2
	Bloques angulares		2
Fuerte	Granular		2
	Bloques angulares		2

Fuente: Tomado de CVC, 2014 en Cocuyame R & Salazar D, 2015.

Tabla 5-5 Valores del código USDA para la permeabilidad del suelo (valor de c).

ESTRUCTURA	
Textura	Clase de permeabilidad
Franco – arenosa	Medianamente rápida
Franca	Moderada
Franco – limosa	
Franco – arcillo – limosa	
Franco – arcillo – arenosa	
Franco – arcillosa	Moderadamente lenta
Arcillosa	Lenta

Fuente: Tomado de CVC, 2014 en Cocuyame R & Salazar D, 2015.

Los valores de K fueron calculados a partir de las muestras de suelo tomadas en las unidades cartográficas de suelo, en el primer horizonte, considerando que esta es la primera capa expuesta a la erosión; dichos resultados se muestran en la Tabla 5-6.

Considerando que durante las actividades de campo se identificó que la estructura del suelo comprende bloques subangulares en todas las calicatas objeto de análisis, se tomó para b un valor de 2.

Tabla 5-6 Valores utilizados para el cálculo del Factor K

SÍMBOLO	P.M	L (%)	A (%)	Ar (%)	M.O (%)	TEX	EST	PER	M	K	RK
RXPV-A	1	60	10	30	1,47	FArL	2	2	2100	0,1999	9,1343
RXPS-A	1	10	60	30	1,19	FArA	2	2	2100	0,2045	9,3471

SÍMBOLO	P.M	L (%)	A (%)	Ar (%)	M.O (%)	TEX	EST	PER	M	K	RK
RXTP-B	1	35	30	35	0,97	FAr	2	3	2275	0,2333	10,6601
RXTP-A	1	30	35	35	1,00	FAr	2	3	2275	0,2251	10,2887
RXCC-A	1	20	70	10	1,71	FA	2	1	900	0,0901	4,1160
LXGP-B	1	25	40	35	1,28	FAr	2	3	2275	0,2201	10,0593
LXGP-A	1	35	60	5	0,79	FA	2	1	475	0,0592	2,7049
LXDL-A	1	30	60	10	0,95	FA	2	1	900	0,0949	4,3352
LXCL-C	1	50	5	45	1,67	ArL	2	4	2475	0,2318	10,5954
LXCL-B	1	45	35	20	0,90	F	2	2	1600	0,1927	8,8085
LXCL-A	1	15	55	30	1,38	FArA	2	2	2100	0,2339	10,6878

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Con base en la información obtenida anteriormente se realiza, a partir de un procesamiento en el software ArcGIS (versión), el cálculo del índice de potencial de degradación, cuyo resultado se muestra en la **Figura 5-22**.

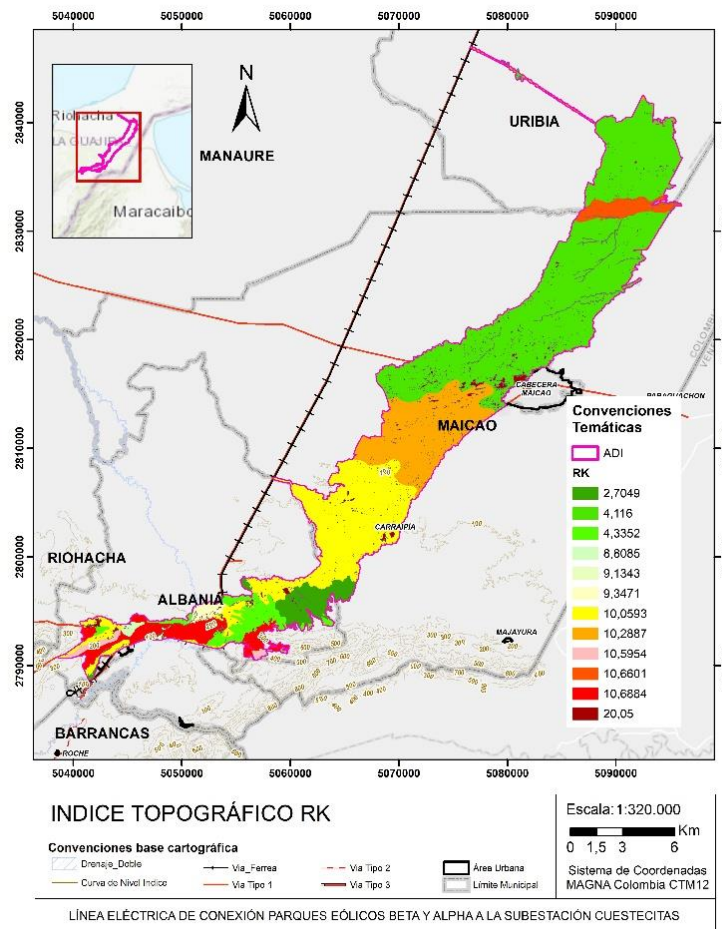


Figura 5-22 Índice de potencial de degradación RK

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

El factor de erosionabilidad de la lluvia (R), representa el índice de erosión pluvial, el cual recoge la influencia que sobre el proceso de erosión tiene la energía cinética de las lluvias, las cuales disgregan las partículas del suelo y compactan la superficie del mismo. Por otro lado, el factor de erosionabilidad del suelo (K) representa el índice de erosionabilidad del suelo en función de su textura, porosidad y contenido

de materia orgánica, el cual al combinarse con el factor (R), representa la tasa de erosión del suelo por unidad de índice de erosión pluvial.

Para el presente estudio, se presentan valores de (RK) que oscilan entre 2.7 y 20.05, presentándose los valores más altos en las unidades cartográficas de suelos con texturas franco arcillosas y franco arcillo arenosas, en caminos de tierra y tejido urbano continuo y discontinuo, sin embargo, los valores más bajos se obtuvieron par las unidades cartográficas de suelos con texturas franco arenosas.

Es de vital importancia para el proyecto tener en cuenta la tasa de erosión del suelo por unidad de índice de erosión pluvial, puesto que esta podría afectar a muy largo plazo la cimentación de la estructura de la torre. Por lo cual es pertinente tomar medidas de acción que permitan abatir los procesos de erosión hídrica en donde se levantarán las diferentes estructuras de las torres electicas.

La **Figura 5-22** ilustra el índice potencial de degradación en la zona de estudio, obteniéndose valores del factor RK de 2.7 en un área aproximada de 1767.51 (ha) equivalentes al 3.893 (%) de la zona de estudio, de 4.12 en un área aproximada de 20707.985 (Ha) equivalentes al 45.610 (%) de la zona de estudio, de 4.34 en un área aproximada de 1701.967 (Ha) equivalentes al 3.748 (%) de la zona de estudio, de 8.81 en un área aproximada de 148.762 (Ha) equivalentes al 0.327 (%) de la zona de estudio, de 9.13 en un área aproximada de 65.319 (Ha) equivalentes al 0.143 (%) de la zona de estudio, de 9.35 en un área aproximada de 331.249 (Ha) equivalentes al 0.729 (%) de la zona de estudio, de 10.06 en un área aproximada de 9095.371 (Ha) equivalentes al 20.0328 (%) de la zona de estudio, de 10.29 en un área aproximada de 6240.193 (Ha) equivalentes al 13.744 (%) de la zona de estudio, de 10.6 en un área aproximada de 362,129 (Ha) equivalentes al 0.797 (%) de la zona de estudio, de 10.66 en un área aproximada de 1204.339 (Ha) equivalentes al 2.652 (%) de la zona de estudio, de 10.69 en un área aproximada 2248.410 (Ha) equivalentes al 4.952 (%) de la zona de estudio y por último, de 20.05 en un área aproximada de 1529.015 (Ha) equivalentes al 3.367 (%) de la zona de estudio

○ Factor de cobertura por manejo de cultivos (C)

Este factor representa la relación de la pérdida de suelo, a partir del tipo de vegetación y de la fase de crecimiento (Lane et al., 1983 en Cocuyame R & Salazar D, 2015). Conforme con Cocuyame R & Salazar D, (2015), la evaluación de este factor ha sido revisada incorporando la información que aporta la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca en su guía rápida temática para usuario SIG – Pérdida Máxima de Suelo, tal y como se muestra **Tabla 5-7, Tabla 5-8 y Tabla 5-9.**

Tabla 5-7 Principales valores del valor C (Ludger Reining, 1992)

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA	VALOR C
Cultivo Limpio	1,0
Bosque o Sistema de Cultivo con Alta Paja de Mulch	0,001
Pasto sin Uso	0,01
Cubierta Cultivo (Planta Crecimiento Lento) Primer Año Segundo Año	0,3 – 0,8
Cubierta Cultivos (Crecimiento Rápido) Maíz, Sorgo, Millo	0,1 0,1
Arroz (Cultivo Intensivo, Segundo Periodo de Cultivo)	0,3 – 0,9
Algodón, Tabaco (Segundo Periodo de Cultivo)	0,1 – 0,2
Groundnut (Nuez de Tierra)	0,5
Yuca (Primer Año)	0,4 – 0,8
Palma, Café, Cacao (Con Cubierta Cultivo)	0,2 – 0,8

Fuente: Tomado de CVC, 2014 en Cocuyame R & Salazar D, 2015.

Tabla 5-8 Principales valores del Factor C (Publicado por la USDA)

TIPO DE COBERTURA	FACTOR C
Desnudo (Barbecho)	1,0
Vegetación Nativa (Sin Disturbar)	0,01
Cultivos Temporales	

TIPO DE COBERTURA	FACTOR C
- 90 % Cobertura, Pastos Anuales, Sin Mulch	0,1
- Mulch con Fibra de Madera, ¾ ton/acre (1.7 ton/ha), con Semilla*	0,5
- Colchón Sobresaliente, Proyección*	0,3
Mulch de Paja	
- 1.5 ton/acre (3.4 ton/ha), Unida Abajo	0,2
- 4 ton/acre (9 ton/ha), Unida Abajo	0,05

Nota: * Para pendientes mayores a 2:1 (25%). Publicado por la USDA.
Fuente: Tomado de CVC, 2014 en Cocuyame R & Salazar D, 2015.

Tabla 5-9 Principales valores del Factor C.

TIPO DE COBERTURA	FACTOR C
Suelo Desnudo	1,00
Cultivo de Frijol	0,30 – 0,90
Césped Natural	0,01
Bosque de Pino	0,001

Nota: De acuerdo con las tablas anteriores: Roose en 1977, citado por Ludger, R., 1992.
Fuente: Tomado de CVC, 2014 en Cocuyame R & Salazar D, 2015.

A partir de los valores de C propuestos por los diferentes autores, se define el factor C para las coberturas presentes en el área de influencia del proyecto.

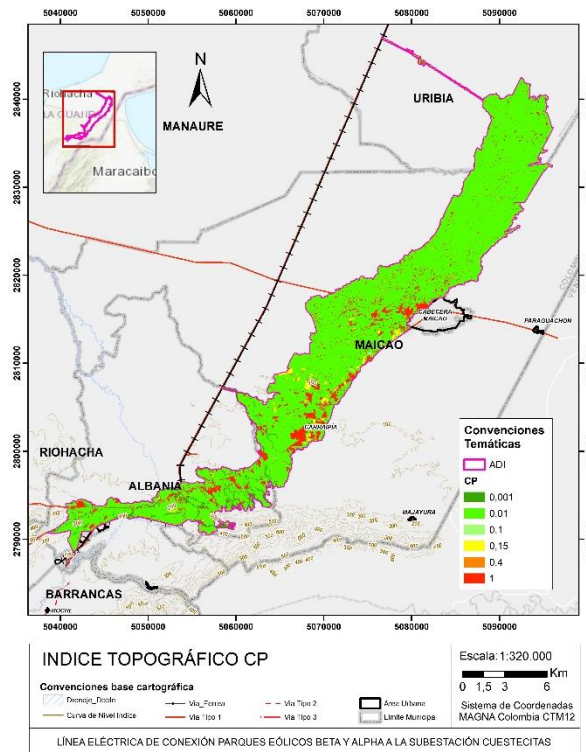


Figura 5-23 Factor de Cobertura por manejo de cultivos C

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

El factor de cobertura (C), está relacionado con la protección del suelo asociada a las coberturas vegetales, frente a los procesos de erosión hídrica superficial, recoge la información asociada a la vegetación existente y al manejo y disposición de los residuos vegetales sobre el suelo.

En el área de influencia del proyecto, se presentan valores de (C), que oscilan entre 0.001 y 1. Es importante denotar que, para coberturas asociadas a cultivos limpios y áreas sin vegetación, se presentarán valores altos de (C), mientras que para coberturas asociadas a bosques y vegetación natural los valores de (C), son bajos. Es de vital importancia para el proyecto, que en las áreas en las cuales se establecerán las estructuras asociadas a las torres eléctricas, se conserve la vegetación natural existente de las mismas con el fin de reducir la susceptibilidad a los procesos de erosión hídrica superficial.

Asimismo, se obtuvo valores de C de 0.001 en un área de 1053.237 (Ha) equivalentes al 2.319 (%) de la zona de estudio, de 0.01 en un área de 39745.027 (Ha) equivalentes al 87.539 (%) del área de estudio, de 0.1 en un área aproximada de 68.026 (Ha) equivalentes al 0.149 (%) de la zona de estudio, de 0.15 en un área aproximada de 683.485 (Ha) equivalentes al 1.505 (%) de la zona de estudio, de 0.4 en un área aproximada de 6.242 (Ha) equivalentes al 0.0137 (%) de la zona de estudio y por último de 1 en un área aproximada de 3846.232 (Ha) equivalentes al 8.471 (%) de la zona de estudio.

○ Factor de prácticas de conservación del Suelo (P)

Mancilla G (2008) asegura que muchas veces la presencia de vegetación no evita la producción de escurrimiento superficial, por lo que el empleo de prácticas de conservación en el suelo minimiza el efecto del flujo de agua. No obstante, este parámetro se valora como 1, teniendo en cuenta que no se define específicamente si dentro del área de estudio no se presenta este tipo de prácticas.

○ Aplicación de la fórmula de Erosión

La interacción de las variables anteriormente expuestas define la pérdida del Suelo por Erosión Hídrica, la cual indica el grado de susceptibilidad del suelo a erosionarse; la integración de la variable se realiza en ARCGIS, en el cual se aplica la siguiente ecuación:

$$A = (R * K) * (L * S) * (C * P)$$

Finalmente, los resultados de dicha interacción se categorizan de acuerdo con los valores que se presentan en la **Tabla 5-10**.

Tabla 5-10 Grado de susceptibilidad y tipo de erosión en función pérdida de suelo			
GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN	PÉRDIDA DE SUELO (ton/ha/año)	ÁREA ha	ÁREA %
Muy Baja	<0,5	40188.54	88.45
Baja	0,5 -5	1463.57	3.22
Moderada	5 -15	2140.42	4.71
Alta	15-200	1639.12	3.61
Muy Alta	>200	3.61	0.01

Fuente: Ajustado de FAO, 1980

La **Figura 5-24** muestra la susceptibilidad a la erosión del área de influencia del proyecto, la cual oscila de muy baja a muy alta. Observándose que la susceptibilidad muy baja abarca un área de 40259.774 (Ha), equivalentes al 88.673 (%) de la zona de estudio, para la susceptibilidad baja de 1365.708 (Ha) equivalentes al 3.008 (%) de la zona de estudio, para la susceptibilidad moderada se tiene un área de 2189.064 (Ha) equivalentes al 4.821 (%) de la zona de estudio, para la susceptibilidad alta un área de 1584.415 (Ha), equivalentes al 3.489 (%) de la zona de estudio y, por último, para la susceptibilidad muy alta tenemos un área de 3.291 (Ha), equivalentes al 0.00724 (%) de la zona de estudio.



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

5.1.4.4 Análisis multitemporal a procesos morfodinámicos

Con la finalidad evaluar la evolución multitemporal de la geometría de los procesos morfodinámicos en el área de influencia físico biótica del del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, fue realizada la interpretación de dos imágenes cuyas características son presentadas a continuación:

Imagen 2015: Planet scope año 2015 de 3 m de resolución con 4 bandas. Una imagen satelital Planet Scope, la cual proporciona imágenes multiespectrales con una resolución espacial de 3 metros en cuatro bandas espectrales: azul, verde, rojo e infrarrojo cercano (NIR). de diciembre de 2015, descargada a traves del basemaps de planet scope (https://www.planet.com/basemaps/#/mosaic/planet_medres_visual_2024-10_mosaic/zoom/2.15)

Imagen 2023: 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.

Los resultados de los procesos morfodinámicos en el área de influencia físico biótica del proyecto se observan en las imágenes Figura 5-25, Figura 5-26 y Figura 5-27, representan espacialmente los procesos morfodinámicos en los años 2015, 2023, las áreas que han permanecido sin variaciones así como las variaciones de las mismas en el tiempo.

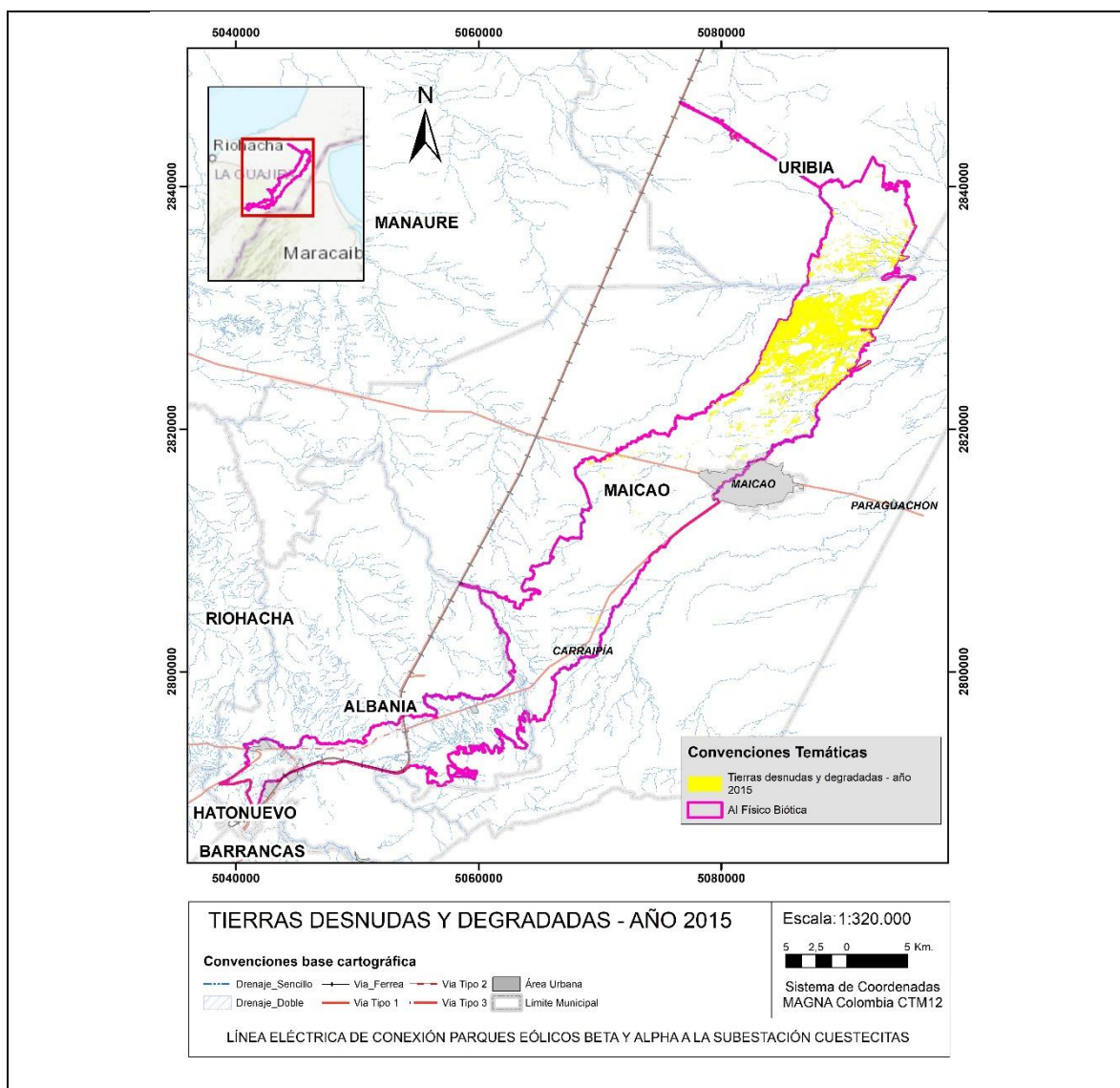


Figura 5–25 Procesos morfodinámicos con geometría tipo polígono interpretados para el año 2015

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

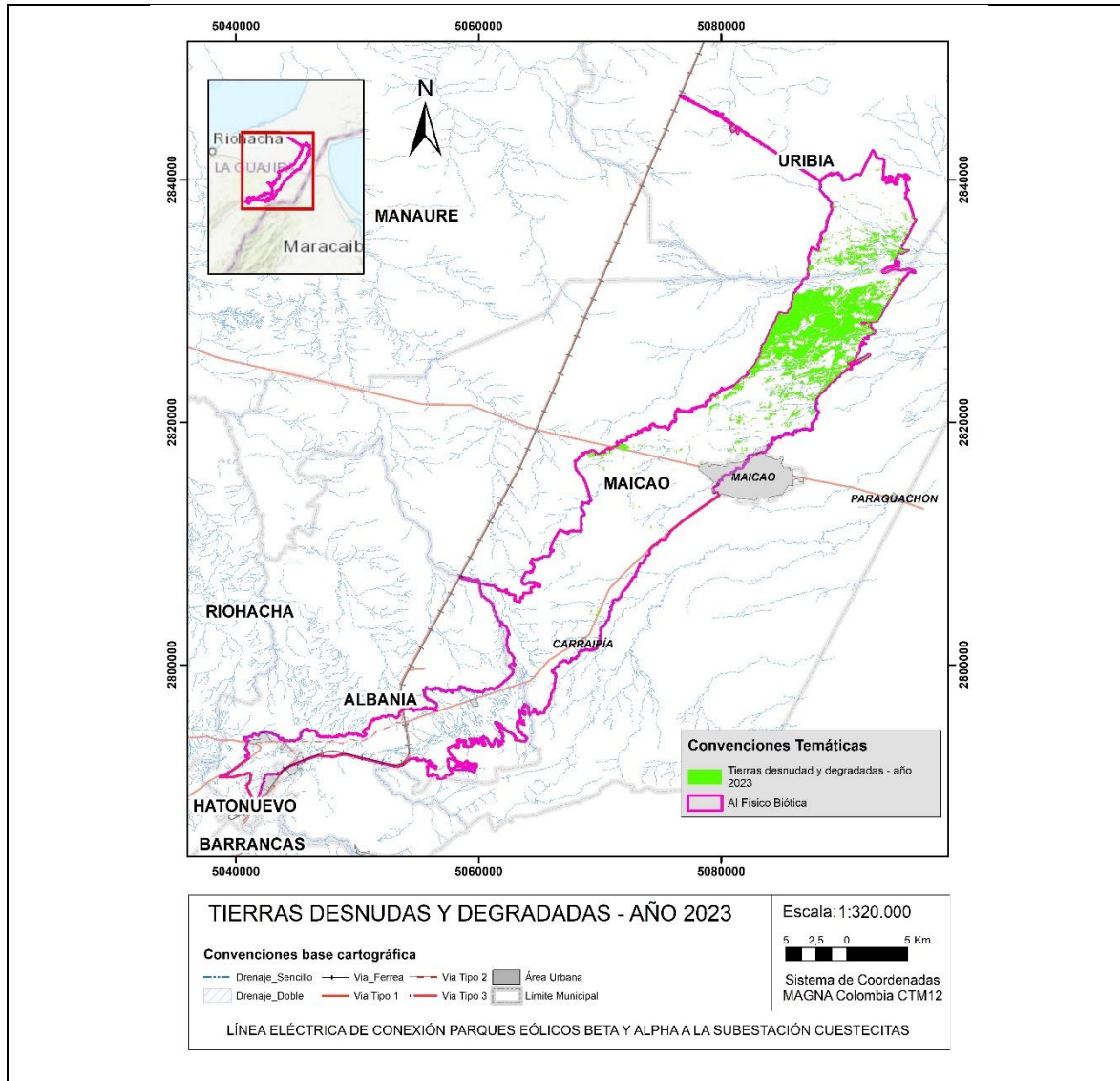


Figura 5-26 Procesos morfodinámicos con geometría tipo polígono interpretados para el año 2023

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

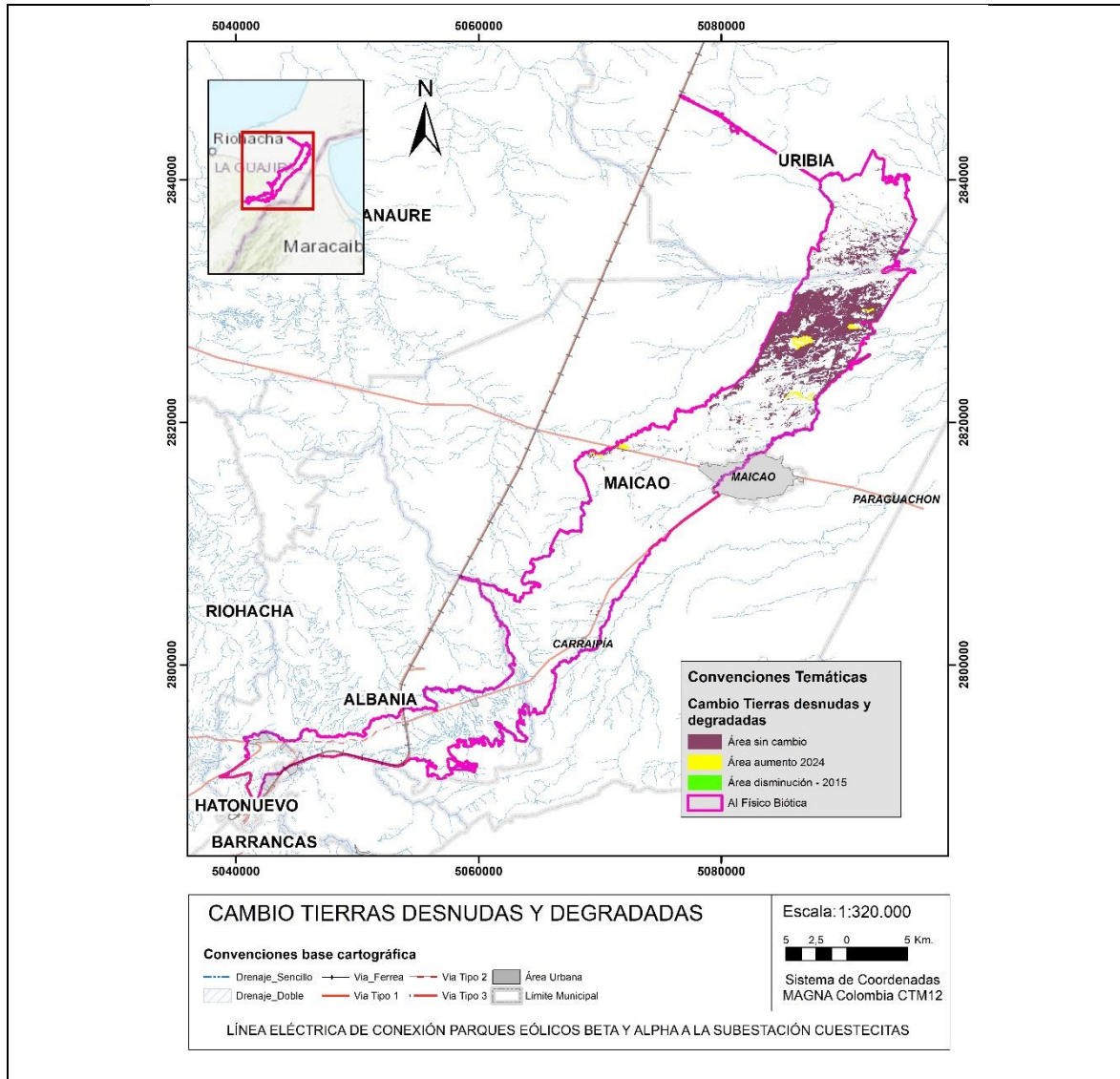


Figura 5-27 Evolución multitemporal en la geometría de los procesos morfodinámicos con geometría tipo polígono en los años 2015 y 2023.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Las variaciones en áreas de los procesos morfodinámicos tipo polígonos muestran que, de manera predominante en áreas, el área de influencia físicobiótica no ha tenido cambios. Se presenta un aumento desde el 2015 al 2023 de 224,63 hectáreas, situación que se puede observar en la Tabla 511.

Tabla 5-11 Variación de áreas en el análisis multitemporal a procesos morfodinámicos años 2015 y 2023

OBSERVACION	AREA_HA
AREA AUMENTO 2024	224,63
AREA DISMINUCION 2015	3,98
AREA SIN CAMBIO	5139,60

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



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

CAPITULO 5.1.5 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA SUELOS



NOVIEMBRE 2024

TABLA DE CONTENIDO

5	<i>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA</i>	<i>1</i>
5.1	<i>MEDIO ABIÓTICO</i>	<i>1</i>
5.1.5	Suelos y usos del suelo	1
5.1.5.1	Descripción de las unidades cartográficas y sus componentes taxonómicos.	1
5.1.5.1.1	Suelos del paisaje de lomerío	8
5.1.5.1.2	Suelos del paisaje de planicie marina	27
5.1.5.1.3	Suelos del paisaje de Planicie Eólica	36
5.1.5.1.4	Suelos del Paisaje de Planicie	39
5.1.5.2	Uso Actual del Suelo	44
5.1.5.3	Capacidad de Uso del Suelo.	51
5.1.5.4	Usos permitidos del suelo Según lo Establecido en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial	57
5.1.5.5	Conflictos de Uso del Suelo	59
5.1.5.6	Determinantes Ambientales	64
5.1.5.7	Análisis Químicos para Metales	64
5.1.5.8	Análisis de Servicios Ecosistémicos del Suelo	65
5.1.5.9	Análisis de la fertilidad del suelo.	65
5.1.5.10	Compactación del Suelo	67
5.1.5.11	Degradación del Suelo por Erosión.	69
5.1.5.12	Análisis por Degradación por Salinización del Suelo	72
5.1.5.13	Análisis de Tendencia de la Degradación por Desertificación.	75

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

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Fases por pendiente en el mapa de suelos	2
Tabla 5-2	Fases por erosión en el mapa de suelos	2
Tabla 5-3	Fase por la ocurrencia de inundaciones, encharcamientos y/o pedregosidad superficial	2
Tabla 5-4	Clasificación taxonómica de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas	3
Tabla 5-5	Principales características de los suelos dentro del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.	4
Tabla 5-6	Descripción morfológica del perfil modal GUA-01. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica.	10
Tabla 5-7	Propiedades físicas del perfil GUA-01	11
Tabla 5-8	Propiedades químicas del perfil GUA-01	11
Tabla 5-9	Descripción morfológica del perfil modal GUA-09. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.	12
Tabla 5-10	Propiedades físicas del perfil GUA-09	12
Tabla 5-11	Propiedades químicas del perfil GUA-09	12
Tabla 5-12	Descripción morfológica del perfil modal GUA-12. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.	13
Tabla 5-13	Propiedades físicas del perfil GUA-12	13
Tabla 5-14	Propiedades químicas del perfil GUA-12	14
Tabla 5-15	Descripción morfológica del perfil modal GUA-07. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.	15
Tabla 5-16	Propiedades físicas del perfil GUA-07	15
Tabla 5-17	Propiedades químicas del perfil GUA-07	15
Tabla 5-18	Descripción morfológica del perfil modal GUA-05. Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica.	17
Tabla 5-19	Propiedades físicas del perfil GUA-05	17
Tabla 5-20	Propiedades químicas del perfil GUA-05	17
Tabla 5-21	Descripción morfológica del perfil modal GUA-02 Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica	19
Tabla 5-22	Propiedades físicas del perfil GUA-02	19
Tabla 5-23	Propiedades químicas del perfil GUA-02	20
Tabla 5-24	Descripción morfológica del perfil modal GUA-08 Typic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica	21
Tabla 5-25	Propiedades físicas del perfil GUA-08	22
Tabla 5-26	Propiedades químicas del perfil GUA-08	22
Tabla 5-27	Descripción morfológica del perfil modal GUA-010. Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.	24
Tabla 5-28	Propiedades físicas del perfil GUA-10	24
Tabla 5-29	Propiedades químicas del perfil GUA-10	24
Tabla 5-30	Descripción morfológica del perfil modal GUA-04 Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica	25
Tabla 5-31	Propiedades físicas del perfil GUA-04	26
Tabla 5-32	Propiedades químicas del perfil GUA-04	26
Tabla 5-33	Descripción morfológica del perfil modal GUA-15 Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica	28

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

Tabla 5-34	Propiedades físicas del perfil GUA-15	29
Tabla 5-35	Propiedades químicas del perfil GUA-15	29
Tabla 5-36	Descripción morfológica del perfil modal GUA-13 Typic Haplustepts, franca gruesa, activa, isohipertérmica	30
Tabla 5-37	Propiedades físicas del perfil GUA-13	31
Tabla 5-38	Propiedades químicas del perfil GUA-013	31
Tabla 5-39	Descripción morfológica del perfil modal GUA-11 Calcic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica	31
Tabla 5-40	Propiedades físicas del perfil GUA-11	32
Tabla 5-41	Propiedades químicas del perfil GUA-011	32
Tabla 5-42	Descripción morfológica del perfil modal GUA-16 Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica	33
Tabla 5-43	Propiedades físicas del perfil GUA-16	34
Tabla 5-44	Propiedades químicas del perfil GUA-16	34
Tabla 5-45	Descripción morfológica del perfil modal GUA-18 Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica	35
Tabla 5-46	Propiedades físicas del perfil GUA-18	36
Tabla 5-47	Propiedades químicas del perfil GUA-018	36
Tabla 5-48	Descripción morfológica del perfil modal GUA-17 Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica	38
Tabla 5-49	Propiedades físicas del perfil GUA-17	39
Tabla 5-50	Propiedades químicas del perfil GUA-017	39
Tabla 5-51	Descripción morfológica del perfil modal GUA-06 Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica	41
Tabla 5-52	Propiedades físicas del perfil GUA-06	41
Tabla 5-53	Propiedades químicas del perfil GUA-06	42
Tabla 5-54	Descripción morfológica del perfil modal GUA-03. Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica	43
Tabla 5-55	Propiedades físicas del perfil GUA-03	43
Tabla 5-56	Propiedades químicas del perfil GUA-03	44
Tabla 5-57	Clasificación del uso actual del suelo	44
Tabla 5-58	Clasificación de los usos del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	45
Tabla 5-59	Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo.	52
Tabla 5-60	Capacidad de uso de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	53
Tabla 5-61	Usos recomendados de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	53
Tabla 5-62	De Decisión para determinar conflictos de uso de los suelos según CORPOICA ..	60
Tabla 5-63	Conflictos de uso del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	63
Tabla 5-64	Resultados de análisis químico para metales dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	65
Tabla 5-65	Evaluación de la fertilidad de los suelos	66
Tabla 5-66	Cálculo de fertilidad	66
Tabla 5-67	Rangos de valoración de la Fertilidad Total (FT)	67

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

Tabla 5-68	Análisis de la fertilidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	67
Tabla 5-69	Valores de densidad aparente por clase textural	68
Tabla 5-70	Estimación de la compactación del suelo a través de los valores densidad aparente y profundidad efectiva del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	68
Tabla 5-71	Grados de erosión dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	70
Tabla 5-72	Calificación del grado de salinidad.	72
Tabla 5-73	Calificación de la clase de salinidad	72
Tabla 5-74	Resultados químicos para el análisis de la salinidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	73
Tabla 5-75	Calificación del grado y clase de salinidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.	74
Tabla 5-76	Criterio de ponderación del clima	76
Tabla 5-77	Criterios de ponderación ecosistemas	76
Tabla 5-78	Criterios de ponderación suelos	76
Tabla 5-79	Clasificación por grados de erosión y salinización	76
Tabla 5-80	Criterios de ponderación de la erosión y la salinización de los suelos	77
Tabla 5-81	Evaluación de la desertificación en el área de influencia	77
Tabla 5-82	Evaluación de la magnitud de la desertificación dentro del área del Proyecto	77
Tabla 5-83	Evaluación de la importancia de la severidad de desertificación dentro del área del Proyecto	78

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Distribución espacial de las unidades de suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	8
Figura 5-2	Distribución espacial de los usos del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	51
Figura 5-3	Distribución espacial de la Capacidad de uso de los suelos s dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	56
Figura 5-4	Distribución espacial de los usos recomendados de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	57
Figura 5-5	Usos permitidos del suelo de acuerdo a lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	58
Figura 5-6	Distribución especial de los conflictos de uso del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	64
Figura 5-7	Grados de erosión dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.	71
Figura 5-8	Grados de salinización dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	75
Figura 5-9	Magnitud de la desertificación dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	79
Figura 5-10	Severidad de la desertificación dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.	80

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

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Paisaje de lomerío	9
Fotografía 5-2	Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-A.....	9
Fotografía 5-3	Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-B.....	16
Fotografía 5-4	Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-C.....	18
Fotografía 5-5	Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina disectada y forma de terreno Ladera. Unidad de suelos LXML-A.....	20
Fotografía 5-6	Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve Glacis coluvio aluvial y forma de terreno de Plano inclinado. Unidad de suelos LXGP-A.....	23
Fotografía 5-7	Paisaje de Planicie Marina.....	27
Fotografía 5-8	Suelos del paisaje de Planicie marina, tipo de relieve campo de arenas y forma de terreno de campo de dunas. Unidad de suelos RXCC-A.....	28
Fotografía 5-9	Suelos del paisaje de Planicie marina, tipo de relieve terraza y forma de terreno de plano de terraza. Unidad de suelos RXTP-A.....	35
Fotografía 5-10	Paisaje de Planicie Eólica	37
Fotografía 5-11	Suelos del paisaje de Planicie eólica, tipo de relieve terraza litoral y forma de terreno de plano. Unidad de suelos RXTP-B.....	37
Fotografía 5-12	Paisaje de Planicie	40
Fotografía 5-13	Suelos del paisaje de Planicie, tipo de plano de inundación y forma de terreno de sobrevega. Unidad de suelos RXPS-A.....	40
Fotografía 5-14	Cuerpos de agua Naturales – Ríos – Arroyos, comunidad de Kapuchirajain.	46
Fotografía 5-15	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza – Tierras desnudas degradadas, comunidad de Patilla.....	47
Fotografía 5-16	Plantación Forestal protectora. Predio La Macarena, Municipio de Albania Guajira.	47
Fotografía 5-17	Patos limpios, predio Los Ranchos, Municipio de Albania Guajira.....	48
Fotografía 5-18	Cultivo de Frijol, comunidad Cachuyas	48
Fotografía 5-19	Parque eólico Beta	49
Fotografía 5-20	Centro de atención de salud, Comunidad de Kachuyasu	50
Fotografía 5-21	Gran Territorio – Pasipamana Comunidad karechimana	50
Fotografía 5-22	Suelos con erosión laminar moderada	70
Fotografía 5-23	Suelos con erosión laminar severa	71

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.5 Suelos y usos del suelo

La caracterización de los suelos existentes que conforman el área de influencia tiene por objeto determinar su valor desde el punto de vista productivo y socio económico, con base en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y su grado de vulnerabilidad frente a las perturbaciones que se puedan originar a consecuencia de las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto.

Para el presente documento, la delimitación y caracterización en el área de influencia se fundamentan en el trabajo de campo y el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de La Guajira, escala 1.100.000, año 2009, Estudio Semidetallado de Suelos de la Alta y media Guajira, año 2012, escala 1.25000, el sistema de Clasificación Geomorfológica aplicado a levantamientos de suelos (IGAC-2021) el Manual de Procedimientos para Levantamiento de Suelos a Diferentes Escalas (IGAC 2017), la Metodología para La Clasificación de Las Tierras Por su Capacidad de Uso (IGAC, 2021) y la taxonomía de los suelos se llevó a efecto de acuerdo a la (USDA, 2014). La clasificación de la cobertura vegetal establecida por CORINE LAND COVER y adoptada por el IDEAM para la descripción de las coberturas de la tierra en Colombia.

La conformación de las unidades cartográficas y el reconocimiento en campo se realizó teniendo en cuenta los ambientes edafogénéticos, los cuales son áreas en las que coinciden la posición geomorfológica (paisaje, tipo de relieve y formas de terreno), la litología o la naturaleza de los sedimentos (material de origen) y el clima ambiental. Por lo tanto, las poblaciones de suelos que allí ocurren presentan un grado relativo de similitud, lo que facilita la interpretación, tanto de su capacidad de uso y manejo como de su vulnerabilidad ante la acción de los factores ambientales y la actividad del hombre. Por consiguiente, su identificación y análisis es muy útil, en el caso del presente EIA, para prever los impactos del proyecto sobre el área de influencia del componente edafológico y para conocer las limitaciones del medio edáfico para el desarrollo de las obras proyectadas y para evaluar el estado actual de la erosión, la posible salinización, la desertificación y remoción (IDEAM 2015, Minambiente, IGAC).

El reconocimiento de campo se realizó mediante observaciones detalladas y de comprobación (barrenos, cajuelas, calicatas) utilizando la técnica de mapeo libre en el cual, a criterio del edafólogo reconocedor, las observaciones son ubicadas en sitios estratégicos de las geoformas cuyos límites fueron establecidos por interpretación. En la calicata realizada se describieron en forma completa y detallada las características internas y externas de los suelos. Las características que se evaluaron fueron: entorno o paisaje, propiedades físico-químicas y la morfología de cada uno de los horizontes y/o capas del suelo.

5.1.5.1 Descripción de las unidades cartográficas y sus componentes taxonómicos.

Dentro de la descripción y generación del mapa de suelos, los símbolos de las unidades cartográficas (UCS) están representados por cinco (5) letras mayúsculas, las cuales hacen referencia *al paisaje, clima, tipo de relieve, forma de terreno y suelos*, estas letras están acompañadas por subíndices alfanuméricos que indican las fases de las unidades que significan respectivamente: rangos de pendientes, encharcamientos, inundación, erosión, pedregosidad etc.

Fase por pendientes (**Tabla 5-1**), grado de erosión (**Tabla 5-2**) y ocurrencia de inundaciones y/o pedregosidad superficial (**Tabla 5-3**).

Tabla 5-1 Fases por pendiente en el mapa de suelos

SÍMBOLO	RANGO (%)	DESCRIPCIÓN
a	Pendiente 0-1%	A nivel
	Pendiente 1-3%	Ligeramente plana.
b	Pendiente 3-7%	Ligeramente inclinada
c	Pendiente 7-12%	Moderadamente inclinada
d	Pendiente 12-25%	Fuertemente inclinada
e	Pendiente 25-50%	Ligeramente escarpada
f	Pendiente 50%-75%	Moderadamente escarpada o M. empinada
g	Mayor del 75%	Fuertemente escarpada o F. empinada

Fuente: IGAC – Instructivo Descripción y muestreo de suelos, Cód. IN-GAG-PC05-05, Versión 1. 2021. 22 p.

Tabla 5-2 Fases por erosión en el mapa de suelos

SÍMBOLO	GRADO
1	Grado de erosión ligero
2	Grado de erosión moderado
3	Grado de erosión severo

Fuente: IGAC Instructivo Descripción y muestreo de suelos, Cód IN-GAG-PC05-05, Versión 1. 2021. 75 p.

Tabla 5-3 Fase por la ocurrencia de inundaciones, encharcamientos y/o pedregosidad superficial

SÍMBOLO	FASE
i	Inundable
z	Encharcables
p	Pedregosidad superficial
k	Suelos sódicos

Fuente: IGAC – Instructivo Descripción y muestreo de suelos Cód. IN-GAG-PC05-05, Versión 1. 2021. 75 p.

La descripción de las unidades cartográficas de suelos (UCS) que se conformaron como resultado del levantamiento agrológico de tipo semidetallado sigue el orden establecido en la leyenda del mapa de suelos, en la cual aparecen los componentes geomorfológicos (paisaje, tipo de relieve, formas del terreno), clima ambiental y taxonomía.

En el texto de la descripción se señalan aspectos como la localización geográfica y geomorfológica, los parámetros fundamentales del clima, las características más sobresalientes de los suelos (material de origen, profundidad efectiva, drenaje natural, apreciación general de la textura, grado de acidez, nivel de fertilidad), la cobertura y el uso actual del suelo. Parte importante de la presentación de las unidades cartográficas de suelos es la ubicación de las poblaciones de suelos que las conforman en la pirámide taxonómica, especificando su participación en términos de porcentaje. En este punto es importante señalar que el nivel categórico que se utilizó en este estudio fue el de familia (distribución de partículas por tamaño, temperatura, otras).

La descripción de la unidad influye en la realización de las fases por pendiente, erosión, pedregosidad, salinidad, otras, la descripción resumida y detallada del perfil modal, los cuadros y tablas en los resultados de los análisis de laboratorio (químicas, físicas y mineralógicas) con las respectivas interpretaciones. El texto también incluye la síntesis de los criterios que se utilizaron para clasificar taxonómicamente los suelos y la relación de las principales limitaciones de los diferentes componentes del mosaico edáfico, para su uso y manejo.

- **Taxonomía**

La identificación taxonómica de los suelos dentro del área de influencia se realizó de acuerdo al Sistema Taxonómico Americano (Soil Taxonomy, 2014) para seleccionar el perfil modal de cada UCS.

De acuerdo a los ambientes edafogénéticos y al reconocimiento realizado en campo, dentro del área de influencia, los suelos fueron clasificadas a nivel de familia por textura, actividad de intercambio catiónico y temperatura. Ver **Tabla 5-4**.

Tabla 5-4 Clasificación taxonómica de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas

ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	TAXONOMÍA		COD_PERFIL
			Subgrupos	Familia	
Entisol	Orthents	Ustorthents	Typic Ustorthents	Franca gruesa, activa, isohipertérmica	GUA-03
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Calcic Haplustepts	Franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica	GUA-02
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Calcic Haplustepts	Esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica	GUA-11
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Calcic Haplustepts	Fina, activa, isohipertérmica	GUA-06
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Calcic Haplustepts	Franca fina, activa, isohipertérmica	GUA-04
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica	GUA-08
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Franca fina, activa, isohipertérmica	GUA-17
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Fina, activa, isohipertérmica	GUA-16
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Franca gruesa, superactiva, isohipertérmica	GUA-15
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Franca gruesa, activa, isohipertérmica	GUA-13
Inceptisol	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	Fina, activa, isohipertérmica	GUA-18
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica	GUA-01
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica	GUA-12
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica	GUA-07
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica	GUA-10
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina, activa, isohipertérmica	GUA-05
Mollisol	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	Franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica	GUA-09

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Seguidamente, en la **Tabla 5-5** se presentan las características de los suelos correspondientes al área de estudio; y en la **Figura 5-1** su distribución espacial.

Tabla 5-5 Principales características de los suelos dentro del área de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

PAISAJE	CLIMA AMBIENTAL	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	DESCRIPCIÓN	TAXONOMÍA	PERFIL	SÍMBOLO UCS	FASE DE UNIDAD CARTOGRÁFICA	ÁREA DE INFLUENCIA	
									HA	%
Lomerío	Cálido muy seco	Colina	Ladera	Muy superficiales, limitados por fragmentos de roca > 60%; texturas francas; bien drenados; reacción moderadamente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasios bajos; fertilidad media	Consociación	GUA-01 GUA-09 GUA-12 GUA-07	LXCL-A	LXCL-Ab	79,13	0,17
					LXCL-Ac			1307,57	2,88	
					LXCL-Ad			822,33	1,81	
Lomerío	Cálido muy seco	Colina	Ladera	Muy superficiales, limitados por fragmentos de roca > 60%; texturas francas; bien drenados; reacción ligeramente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasio bajo; fertilidad media.	Consociación	GUA-05	LXCL-B	LXCL-Bd	143,71	0,32
					Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica					
Lomerío	Cálido muy seco	Colina	Ladera	Muy superficiales, limitados por carbonatos de calcio, texturas finas; bien drenados; reacción ligeramente a moderadamente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasio bajo; fertilidad media.	Consociación	GUA-02	LXCL-C	LXCL-Cc	360,89	0,79
					Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica,			LXCL-Cd	1,53	0,003
					Lomerío			Cálido muy seco	Colina disectada	Ladera
Typic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica	LXDL-Ac	691,73	1,52							

PAISAJE	CLIMA AMBIENTAL	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	DESCRIPCIÓN	TAXONOMÍA	PERFIL	SÍMBOLO UCS	FASE DE UNIDAD CARTOGRÁFICA	ÁREA DE INFLUENCIA	
									HA	%
				carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio medio en la capa arable y altos en el perfil; magnesio alto y medio; potasio bajo; fertilidad baja.						
Lomerío	Cálido muy seco	Glacis Coluvio Aluvial	Plano inclinado	Muy superficiales, limitados por fragmentos de roca >60%, texturas moderadamente gruesas en superficie, bien drenados; reacción ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad baja.	Consociación	GUA-10	LXGP-A	LXGP-Ab	1751,09	3,86
					Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.			LXGP-Ad	4,20	0,01
Lomerío	Cálido muy seco	Glacis Coluvio Aluvial	Plano inclinado	Superficiales, limitados por carbonatos de calcio; texturas moderadamente finas en todo el perfil, imperfectamente drenados; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada	Consociación	GUA-04	LXGP-B	LXGP-Ba	8525,01	18,78
					Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica			LXGP-Bb	381,05	0,84
Planicie marina	Cálido muy seco	Campo de arenas	Campo de dunas	Profundos, sin limitaciones; texturas moderadamente gruesas en todo el perfil, excesivos; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada	Consociación	GUA-15 GUA-13 GUA-11 GUA-16	RXCC-A	RXCC-Aa	10289,20	22,66
					Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica (perfil modal GUA-15 y perfil replica GUA-13) en un 75%; Calcic Haplustepts, Esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica (perfil GUA-11) en un 20% y Typic Haplustepts,			RXCC-Aa2	2434,18	5,36
								RXCC-Aa3	6232,15	13,73
								RXCC-Ab3	1368,36	3,01

PAISAJE	CLIMA AMBIENTAL	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	DESCRIPCIÓN	TAXONOMÍA	PERFIL	SÍMBOLO UCS	FASE DE UNIDAD CARTOGRÁFICA	ÁREA DE INFLUENCIA	
									HA	%
					Fina, activa, isohipertérmica (perfil GUA-16) en un 5					
Planicie marina	Cálido muy seco	Terraza	Plano de terraza	Profundos, sin limitaciones; texturas finas en todo el perfil, bien drenados; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.	Consociación	GUA-18	RXTP-A	RXTP-Aa	6150,42	13,55
					Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica.					
Planicie eólica	Cálido muy seco	Terraza Litoral	Plano	Profundos, sin limitaciones; texturas medianamente en la capa arable, medias y moderadamente finas en el perfil, bien drenados; reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.	Consociación	GUA-17	RXTP-B	RXTP-Ba	1139,75	2,51
					Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica			RXTP-Ba3	64,17	0,14
Planicie	Cálido muy seco	Plano de inundación	Sobrevega	Moderadamente superficiales, limitados por carbonatos de calcio; texturas moderadamente finas en superficie y finas en el perfil, bien drenados; reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.	Consociación	GUA-06	RXPS-A	RXPS-Ab	313,12	0,69
					Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica.					
Planicie	Cálido muy seco	Plano de inundación	Vega	Superficiales, limitados por sodio; texturas moderadamente finas en la capa arable y moderadamente gruesas en el perfil, excesivos; reacción moderadamente alcalina;	Consociación	GUA-03	RXPV-A	RXPV-Aa	23,02	0,05
					Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica			RXPV-Ab	53,88	0,12

PAISAJE	CLIMA AMBIENTAL	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	DESCRIPCIÓN	TAXONOMÍA	PERFIL	SÍMBOLO UCS	FASE DE UNIDAD CARTOGRÁFICA	ÁREA DE INFLUENCIA	
									HA	%
				capacidad de intercambio catiónica alta y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto y medio; potasio bajo; fertilidad moderada.						
				Cuerpos de Agua Artificiales (CAA)			No suelo	NS	104,74	0,23
				Cuerpos de Agua Naturales (CAN)			No suelo	NS	137,35	0,30
				Llenos antrópicos (INF)			No suelo	NS	1497,99	3,30
				Tierras desnudadas degradadas (TDD)			No suelo	NS	17,74	0,04
				Relleno Sanitario (RS)			No suelo	NS	1,85	0,00
				Red Vial (RV)			No suelo	NS	484,18	1,07
				Red Ferrea (RF)					29,63	0,07
				Zonas Pantanosas (ZP)			No suelo	NS	20,85	0,05
				TOTAL					45402,25	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

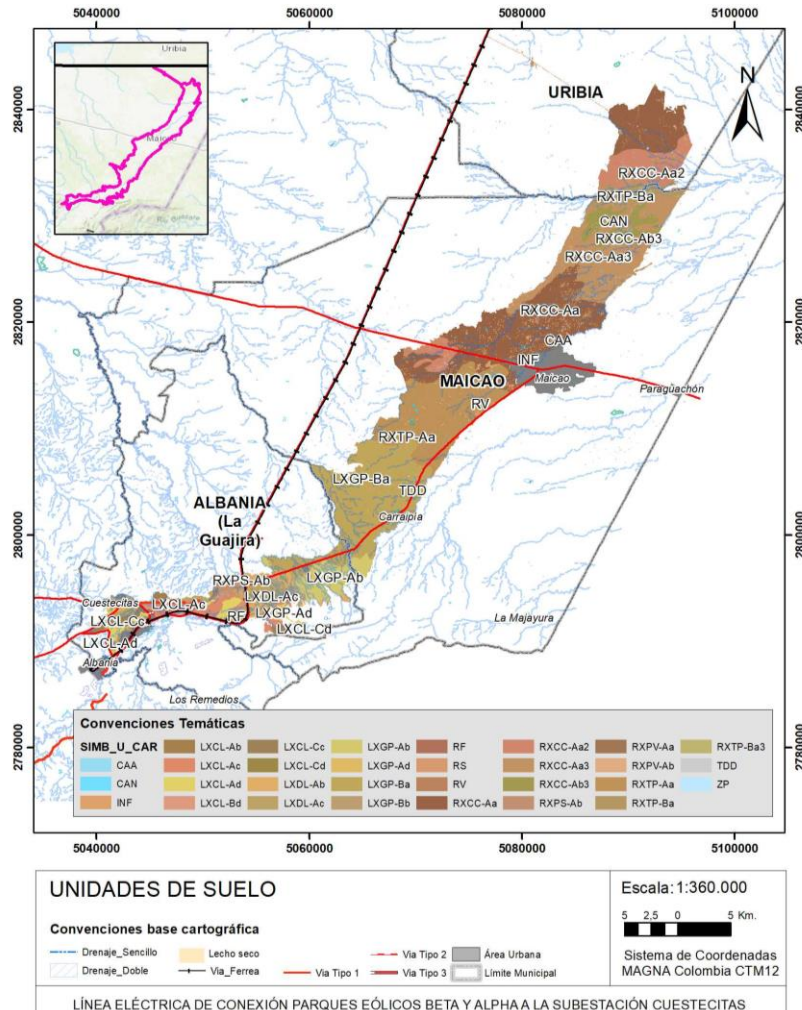


Figura 5-1 Distribución espacial de las unidades de suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se presenta la descripción de las unidades de suelo dentro del área de estudio. Dentro del mapa de suelos se mencionan las áreas de no suelos, las cuales corresponden a cuerpos de agua naturales, cuerpos de agua artificiales, tierras desnudadas, degradadas, planos de llenos antrópicos los cuales corresponden infraestructura (zonas comerciales, zonas industriales, Red ferroviaria y terrenos asociados, Red vial y territorios asociados), asentamientos (Tejido urbano continuo y Tejido urbano discontinuo), infraestructura (zonas verdes urbanas ya reas turísticas).

5.1.5.1.1 Suelos del paisaje de lomerío

Este paisaje tiene relieves variables, desde ligeramente planos hasta fuertemente inclinados con pendientes del 7 al 25%, dentro del área de estudio, se ubican en alturas entre 80 y 120 msnm, clima cálido muy seco.

Los tipos de relieve identificados son: colinas, colinas disectadas y glacis coluvio-aluvial. Los suelos de las lomas se han originado de materiales litológicos provenientes de rocas sedimentarias. Ver **Fotografía 5-1**.

En el paisaje de lomerío se delimitaron seis (6) unidades cartográficas de suelos, las cuales se describen a continuación, de acuerdo con el orden que sigue la leyenda:



Fotografía 5-1 Paisaje de lomerío

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Consociación Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, Perfil GUA-01 – Replica GUA-09, GUA-12, GUA-07. Símbolo LXCL-A.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 88 y 560 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de colina y forma de terreno de ladera; las pendientes varían del 7 hasta el 25%, relieve de ligeramente inclinado a fuertemente inclinado. Ver **Fotografía 5-2**.



Fotografía 5-2 Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-A.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de areniscas y arcillolitas; son muy superficiales, limitados por fragmentos de roca > 60%; texturas francas; bien drenados; reacción moderadamente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasios bajos; fertilidad media.

La consociación está integrada por los suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica (perfil modal GUA-01) y replicas (perfiles GUA-09, GUA-12, GUA-07) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

- LXCL-Ab:** pendiente ligeramente inclinada (3-7%).
- LXCL-Ac:** pendiente moderadamente inclinada (7-12%)
- LXCL-Ad:** pendiente fuertemente inclinada (12-25%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-01.

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, fueron la alta saturación de bases alta en todo el perfil (>60%), el régimen de humedad ústico, epipedón móllico. Ver **Tabla 5-6**.

Tabla 5-6 Descripción morfológica del perfil modal GUA-01. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-01. Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica.	
0-25			
Ap	Color en húmedo Pardo muy oscuro 10YR2/2; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios; consistencia en húmedo friable y en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.17, reacción moderadamente alcalina.		
25-35	Fragmentos de roca > 90%.		
Cr			

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-01 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas franco arcillo arenosas; densidad aparente alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-7**.

Tabla 5-7 Propiedades físicas del perfil GUA-01

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	9,53
Densidad Aparente	g/cm ³	1,50
Densidad real	g/cm ³	2,51
Clase Textural		FARa

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-01 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción, moderadamente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbono orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de fósforo y nitrógenos bajos; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-8**.

Tabla 5-8 Propiedades químicas del perfil GUA-01

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	18,57
Calcio Soluble	mg/kg	1,88
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,80
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,47
Fósforo Disponible	mg/kg	12,40
Magnesio Total	mg/kg	5,19
pH	Unidades de pH	8,17
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	0,70
Potasio	cmol(+)/Kg	0,10
RAS	Calculado	0,50
Saturación de Bases	%	100
Sodio Total	mg/kg	1,94

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-09.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, fueron la alta saturación de bases alta en todo el perfil (>60%), el régimen de humedad ústico, epipedón molico. Ver **Tabla 5-9**.

Tabla 5-9 Descripción morfológica del perfil modal GUA-09. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-09. Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.
0-20		
Ap	Color en húmedo pardo muy oscuro 10YR2/2; textura franco arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios moderados; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; frecuentes poros medios tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.15, reacción, moderadamente alcalina.	
20-25 Cr	Fragmentos de roca > 90%.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-09 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas franco arcillo limosa; densidad aparente alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja.

Tabla 5-10 Propiedades físicas del perfil GUA-09

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	4,22
Densidad Aparente	g/cm ³	1,54
Densidad real	g/cm ³	2,57
Clase Textural		FARL

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-09 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de fosforo y nitrógenos bajos; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-8**.

Tabla 5-11 Propiedades químicas del perfil GUA-09

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	18,59
Calcio Soluble	mg/kg	2,41
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,70
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,54
Fósforo Disponible	mg/kg	8,28
Magnesio Total	mg/kg	7,39
pH	Unidades de pH	8,15

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	8,29
Potasio		0,05
RAS		0,83
Saturación de Bases	%	100
Sodio Total	mg/kg	1,60

Fuente: IGAC, 2024

■ Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-12.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, fueron la alta saturación de bases alta en todo el perfil (>60%), el régimen de humedad ústico, epipedón molico. Ver **Tabla 5-12**.

Tabla 5-12 Descripción morfológica del perfil modal GUA-12. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-12. Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.
0-25		
Ap	Color en húmedo gris muy oscuro 10YR3/1; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas en entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 7.44, reacción ligeramente alcalina.	
25-30 Cr	Fragmentos de roca > 90%.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

■ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-12 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas franco arcillo arenosa; densidad aparente alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-13**.

Tabla 5-13 Propiedades físicas del perfil GUA-12

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	13,25
Densidad Aparente	g/cm ³	1,19

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE Ap
Densidad real	g/cm ³	2,64
Clase Textural		FArA

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas

Los análisis químicos del perfil GUA-12 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de fósforo y nitrógenos bajos; fertilidad baja. Ver **Tabla 5-14**.

Tabla 5-14 Propiedades químicas del perfil GUA-12

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	16,11
Calcio Soluble	mg/kg	2,36
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,44
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,13
Fósforo Disponible	mg/kg	31,51
Magnesio Total	mg/kg	4,45
pH	Unidades de pH	7,44
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	9,47
Potasio		0,11
RAS		0,47
Saturación de Bases	%	100
Sodio Total	mg/kg	1,57

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-07.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, fueron la alta saturación de bases alta en todo el perfil (>60%), el régimen de humedad ústico, epipedón molico. Ver **Tabla 5-15**.

Tabla 5-15 Descripción morfológica del perfil modal GUA-07. Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-07. Suelos Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, activa, isohipertérmica.
0-35		
Ap	Color en húmedo pardo muy oscuro 10YR2/2; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; consistencia en húmedo suelta en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; muchos poros medios tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro, ondulado; pH 7.26, reacción neutra.	
35-45 Cr	Fragmentos de roca > 90%.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-07 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas franco arcillo arenosa; densidad aparente alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-16**.

Tabla 5-16 Propiedades físicas del perfil GUA-07

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	12,41
Densidad Aparente	g/cm ³	1,32
Densidad real	g/cm ³	2,61
Clase Textural		FArA

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-07 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción neutra; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de fósforo y nitrógenos bajos; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-17**.

Tabla 5-17 Propiedades químicas del perfil GUA-07

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	17,48
Calcio Soluble	mg/kg	3,23
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,42
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,62
Fósforo Disponible	mg/kg	15,49
Magnesio Total	mg/kg	7,25
pH	Unidades de pH	7,26
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	10,64

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Potasio		0,11
RAS		0,42
Saturación de Bases	%	100
Sodio Total	mg/kg	1,9

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-05. Símbolo LXCL-B.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 115 y 140 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de colina y forma de terreno de ladera; las pendientes varían del 12 hasta el 25%, relieve fuertemente inclinado. Ver **Fotografía 5-3.**



Fotografía 5-3 Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-B.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de areniscas y arcillolitas; son muy superficiales, limitados por fragmentos de roca > 60%; texturas francas; bien drenados; reacción ligeramente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasio bajo; fertilidad media.

La consociación está integrada por los Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-05) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

LXCL-Bd: pendiente fuertemente inclinada (12-25%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-05.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca fina sobre fragmental, superactiva, isohipertérmica, fueron la alta saturación de bases alta en todo el perfil (>60%), el régimen de humedad ústico, epipedón móllico. Ver **Tabla 5-18**.

Tabla 5-18 Descripción morfológica del perfil modal GUA-05. Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-05. Suelos Entic Haplustolls, franca fina, activa, isohipertérmica.
Ap	Color en húmedo pardo muy oscuro 10YR2/2; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios moderados; consistencia en húmedo friable en mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas en entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.54, reacción ligeramente alcalina.	
0-30		
Cr		
30-35	Fragmentos de roca > 90%.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-05 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas francas; densidad aparente baja; densidad real baja y humedad aprovechable baja. Ver **Tabla 5-19**.

Tabla 5-19 Propiedades físicas del perfil GUA-05

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	10,19
Densidad Aparente	g/cm ³	1,02
Densidad real	g/cm ³	2,44
Clase Textural		F

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas**

Los análisis químicos del perfil GUA-05 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción, moderadamente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos muy bajos de carbón orgánico en superficie; saturación de bases alta; contenidos de fósforo y nitrógenos bajos; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-20**.

Tabla 5-20 Propiedades químicas del perfil GUA-05

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	14,53
Calcio Soluble	mg/kg	2,44
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,52
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,48

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Fósforo Disponible	mg/kg	1,21
Magnesio Total	mg/kg	7,61
pH	Unidades de pH	7,54
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	8,02
Potasio	cmol(+)/Kg	0,11
RAS	Calculado	0,30
Saturación de Bases	%	100
Sodio Total	mg/kg	1,19

Fuente: IGAC, 2024

■ Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica, Perfil GUA-02. Símbolo LXCL-C.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 120 y 240 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de colina y forma de terreno de ladera; las pendientes varían del 7 hasta al 25%, relieve, moderadamente inclinado a fuertemente inclinado. Ver **Fotografía 5-4**.



Fotografía 5-4 Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina y forma de terreno de Ladera. Unidad de suelos LXCL-C.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de areniscas y arcillolitas; son muy superficiales, limitados por carbonatos de calcio, texturas finas; bien drenados; reacción ligeramente a moderadamente alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasio bajo; fertilidad media.

La consociación está integrada por los suelos Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica. (perfil modal GUA-02) en un 100 %.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

LXCL–Cc: pendiente moderadamente inclinada (7–12%).

LXCL–Cd: pendiente fuertemente inclinada (12–25%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

- **Suelos Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica. Perfil GUA–02.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica, fueron horizonte cálcico, régimen de humedad ústico, epipedón ócrico. Ver **Tabla 5–21**.

Tabla 5–21 Descripción morfológica del perfil modal GUA–02 Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA–02. Suelos Calcic Haplustepts, franca fina sobre esquelética arcillosa, semiactiva, isohipertérmica
0–31	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; se presentan; frecuentes poros medios tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.30, reacción moderadamente alcalina.	
31–61	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros finos y medio, tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; ph 8.45, reacción moderadamente alcalina.	
61–84	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura arcillosa con fragmentos de roca tipo gravilla en 80%; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo muy firme en mojado pegajosa y ligeramente plástica; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; pH 7.63, reacción ligeramente alcalina.	
Ap		
Bk		
Ck		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico–químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA–02 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas finas; densidad aparente baja; densidad real baja y humedad aprovechable baja. Ver **Tabla 5–22**.

Tabla 5–22 Propiedades físicas del perfil GUA–02

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bk	Ck
Humedad Aprovechable	% p/v	8,33	7,95	3,20
Densidad Aparente	g/cm³	1,58	1,79	1,87
Densidad real	g/cm³	2,51	2,56	2,56
Clase Textural		ArL	Ar	Ar

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas**

Los análisis químicos del perfil GUA–02 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción ligeramente a moderadamente

alcalina.; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos de calcio y magnesio altos; potasios bajos; fertilidad media. Ver **Tabla 5-23**.

Tabla 5-23 Propiedades químicas del perfil GUA-02

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bk	Ck
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0	< 0	< 0
C.I.C	meq/100 g	22,11	17,76	18,79
Calcio Soluble	mg/kg	1,81	1,13	3,69
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,97	0,76	0,15
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,48	0,32	0,88
Fósforo Disponible	mg/kg	0,87	0,72	0,48
Magnesio Total	mg/kg	8,36	4,19	6,32
pH	Unidades de pH	8,30	8,45	7,63
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	5,51	8,99	7,81
Potasio	cmol(+)/Kg	0,09	0,11	0,10
RAS	Calculado	0,33	0,73	1,62
Saturación de Bases	%	100	100	100
Sodio Total	mg/kg	0,49	0,79	2,80

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Typic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica Perfil GUA-08. Símbolo LXD-L-A.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 105 y 150 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de colina disectada y forma de terreno de ladera; las pendientes varían del 7 hasta al 12%, relieve ligeramente a moderadamente inclinado. Ver **Fotografía 5-5**.



Fotografía 5-5 Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve de Colina disectada y forma de terreno Ladera. Unidad de suelos LXD-L-A.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de arcillolitas; superficiales, limitados por fragmentos de roca >60%, texturas moderadamente gruesas en superficie, moderadamente finas y moderadamente

gruesas en el perfil; bien drenados; reacción neutra; capacidad de intercambio catiónica baja y alta; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio medio en la capa arable y altos en el perfil; magnesio alto y medio; potasio bajos; fertilidad baja.

La unidad se encuentra integrada por los suelos

La consociación está integrada por los suelos Typic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-08) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

LXDL-Ab: pendiente ligeramente inclinada (3-7%).

LXDL-Ac: pendiente moderadamente inclinada (7-12%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

- **Suelos Typic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-08.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico, endopedón cámbico. Ver **Tabla 5-24**.

Tabla 5-24 Descripción morfológica del perfil modal GUA-08 Typic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-08. Suelos Typic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica
0-36	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arenosa; con fragmentos de roca tipo gravilla, cascajo en 30%; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 6.81, reacción neutra.	
36-60	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/8; textura franco arcillo arenosa; con fragmentos de roca tipo gravilla, cascajo en 65%; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; frecuentes poros finos y medios, tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 6.7, reacción neutra.	
60-100	Color en húmedo pardo oliva claro 2.5Y5/6; textura franco arenosa; con fragmentos de roca tipo gravilla, cascajo en 70%; sin estructura; consistencia en mojado ligeramente pegajosa y no plástica; pocos poros muy finos, irregulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; pH 7.02, reacción neutra.	
C		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-08 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente gruesas y moderadamente finas; densidad aparente media y alta; densidad real muy baja y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-25**.

Tabla 5-25 Propiedades físicas del perfil GUA-08

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Humedad Aprovechable	% p/v	5,55	6,66	5,26
Densidad Aparente	g/cm ³	1,48	1,52	1,72
Densidad real	g/cm ³	2,57	2,55	2,55
Clase Textural		FA	FARa	FA

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-08 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción neutra; capacidad de intercambio catiónica baja y alta; contenidos muy bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio medio en la capa arable y altos en el perfil; magnesio alto y medio; potasio bajo; fertilidad baja. Ver **Tabla 5-26**.

Tabla 5-26 Propiedades químicas del perfil GUA-08

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0	< 0	< 0
C.I.C	meq/100 g	8,88	18,69	9,75
Calcio Soluble	mg/kg	1,88	0,48	0,63
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,55	0,43	0,23
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,43	0,10	0,11
Fósforo Disponible	mg/kg	10,72	7,87	4,73
Magnesio Total	mg/kg	2,29	5,18	4,66
pH	Unidades de pH	6,81	6,70	7,02
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	17,81	8,20	16,08
Potasio	cmol(+)/Kg	0,10	0,08	0,10
RAS	Calculado	0,50	0,10	0,09
Saturación de Bases	%	100	100	100
Sodio Total	mg/kg	1,61	1,54	1,57

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Profundidad efectiva superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-10. Símbolo LXGP-A.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 100 y 190 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de glacis coluvio aluvial y forma de terreno de plano inclinado; las pendientes varían del 7 hasta el 25%, relieve, ligeramente inclinado a fuertemente inclinado. Ver **Fotografía 5-6**.



**Fotografía 5-6 Suelos del paisaje de Lomerío, tipo de relieve
Glacis coluvio aluvial y forma de terreno de Plano inclinado.
Unidad de suelos LXGP-A.**

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos aluviales moderadamente gruesos; muy superficiales, limitados por fragmentos de roca >60%, texturas moderadamente gruesas en superficie, bien drenados; reacción ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad baja.

La consociación está integrada por los suelos Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica (perfil modal GUA-10) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

LXGP-Ab: pendiente ligeramente inclinada (3-7%).

LXGP-Ad: pendiente moderadamente inclinada (12-25%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

- **Suelos Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-10.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica, fueron epipedón móllico, ausencia de endopedón, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-27**.

Tabla 5-27 Descripción morfológica del perfil modal GUA-010. Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-10. Suelos Entic Haplustolls, franca gruesa sobre fragmental, subactiva, isohipertérmica.
0-25	Color en húmedo pardo muy oscuro 10YR2/2; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro, ondulado; pH 7.89, reacción ligeramente alcalina.	
25-30 Cr		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-10 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente gruesas; densidad aparente media; densidad real muy baja y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-28**.

Tabla 5-28 Propiedades físicas del perfil GUA-10

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Humedad Aprovechable	% p/v	8,08
Densidad Aparente	g/cm ³	1,39
Densidad real	g/cm ³	2,43
Clase Textural		FA

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-10 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad baja. Ver **Tabla 5-29**.

Tabla 5-29 Propiedades químicas del perfil GUA-10

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
		Ap
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0
C.I.C	meq/100 g	8,84
Calcio Soluble	mg/kg	1,85
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,46
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,47
Fósforo Disponible	mg/kg	1,58
Magnesio Total	mg/kg	4,77
pH	Unidades de pH	7,89
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	16,10

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE
Potasio	cmol(+)/Kg	Ap
RAS	Calculado	0,09
Saturación de Bases	%	0,58
Sodio Total	mg/kg	SAT
		0,80

Fuente: IGAC, 2024

Principales limitantes.

Profundidad efectiva muy superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- Consociación Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-04. Símbolo LXGP-B.**

Esta unidad se localiza en los municipios de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 90 y 150 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de lomas, tipo de relieve de glacis coluvio aluvial y forma de terreno de plano inclinado; las pendientes varían del 1 hasta el 7%, relieve, ligeramente plano a moderadamente inclinado.

carbonatos de calcio; texturas moderadamente finas en todo el perfil, imperfectamente drenados; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-04) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

LXGP-Ba: pendiente ligeramente plano (1-3%).

LXGP-Bb: pendiente ligeramente inclinada (3-7%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

- Suelos Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-04.**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, horizonte cálcico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-30**.

Tabla 5-30 Descripción morfológica del perfil modal GUA-04 Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-04. Suelos Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica
0-30	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/4; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios moderados; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 8.03, reacción moderadamente alcalina.	
30-53		

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-04. Suelos Calcic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica
Bk	Color en húmedo pardo 10YR5/3; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en seco en húmedo friable en mojado pegajosa y ligeramente plástica; se presentan; concreciones de carbonato redondeadas finas; pocos poros finos y medios tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 8.05, reacción moderadamente alcalina.	
53-80 Ck	Color en húmedo gris pardusco claro 10YR6/2 y 50% de mezcla con el color en húmedo amarillo pardusco 10YR6/8; textura franco arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, medios y fuertes; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y ligeramente plástica; se presentan concreciones frecuentes de carbonatos redondeadas finas, duras; pocos poros muy finos irregulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas en entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.68, reacción ligeramente alcalina.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-04 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas; densidad aparente alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-31**.

Tabla 5-31 Propiedades físicas del perfil GUA-04

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bk	Ck
Humedad Aprovechable	% p/v	0,62	2,40	3,18
Densidad Aparente	g/cm ³	1,65	1,53	1,79
Densidad real	g/cm ³	2,60	2,60	2,61
Clase Textural		FAR	FARa	FARL

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-4 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-32**.

Tabla 5-32 Propiedades químicas del perfil GUA-04

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bk	Ck
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	< 0	2,40	3,18
C.I.C	meq/100 g	17,42	18,70	18,24
Calcio Soluble	mg/kg	1,86	18,75	25,13
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,74	0,41	0,14
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,39	2,66	3,70
Fósforo Disponible	mg/kg	1,20	1,13	1,08

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bk	Ck
Magnesio Total	mg/kg	5,15	5,54	5,53
pH	Unidades de pH	8,03	8,05	7,68
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	6,79	6,59	3,54
Potasio	cmol(+)/Kg	0,08	0,09	0,09
RAS	Calculado	0,34	0,88	1,52
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	0,45	2,99	5,98

Fuente: IGAC, 2024

Principales limitantes.

Profundidad efectiva superficial; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

5.1.5.1.2 Suelos del paisaje de planicie marina

Este paisaje tiene relieves variables, desde planos hasta ligeramente inclinado con pendientes de 1 al 7%, dentro del área de estudio, se ubican en alturas entre 20 y 60 msnm, temperatura media anual de 28° C, en clima cálido muy seco.

El tipo de relieve identificado es: campo de arenas, terraza. Los suelos de planicie se han originado a partir de depósitos. Ver **Fotografía 5-7**.

En el paisaje de planicie marina se delimitaron dos (2) unidades cartográficas de suelos, las cuales se describen a continuación, de acuerdo con el orden que sigue la leyenda:



Fotografía 5-7 Paisaje de Planicie Marina

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- Consociación Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA 15 – Replica GUA-13. Símbolo RXCC-A.

Esta unidad se localiza en los municipios de Maicao y Uribia Guajira, en el sector norte del área de influencia, en alturas que varían entre 15 y 50 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de planicie marina, tipo de relieve campo de arenas y forma de terreno campo de dunas; las pendientes varían del 1 hasta el 7%, relieve, ligeramente a moderadamente inclinado. Ver **Fotografía 5-8**.



Fotografía 5-8 Suelos del paisaje de Planicie marina, tipo de relieve campo de arenas y forma de terreno de campo de dunas. Unidad de suelos RXCC-A.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos moderadamente gruesos; profundos, sin limitaciones; texturas moderadamente gruesas en todo el perfil, excesivos; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica (perfil modal GUA-15 y perfil replica GUA-13) en un 75%; Calcic Haplustepts, Esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica (perfil GUA-11) en un 20% y Typic Haplustepts, Fina, activa, isohipertérmica (perfil GUA-16) en un 5%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

- RXCC-Aa: pendiente ligeramente plana (3-7%).
- RXCC-Aa2: pendiente ligeramente plana (3-7%), erosión moderada
- RXCC-Aa3: pendiente ligeramente plana (3-7%), erosión severa
- RXCC-Ab3: pendiente ligeramente inclinada (3-7%), erosión severa

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica. Perfil GUA-15**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-33**.

Tabla 5-33 Descripción morfológica del perfil modal GUA-15 Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-15. Suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica
0-28	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/4; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en	
Ap		

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-15. Suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, superactiva, isohipertérmica
	mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.55 reacción ligeramente alcalina.	
28-58		
BC	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, muy fuertes; consistencia en seco en húmedo muy friable en mojado no pegajosa y no plástica; pocos poros finos y medios, tubulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; poca actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.93, reacción moderadamente alcalina.	
58-100	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); consistencia en húmedo friable en mojado no pegajosa y no plástica; no hay raíces; no hay actividad de macroorganismos; pH 7.86, reacción ligeramente alcalina.	
C		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-15 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente gruesas; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-34**.

Tabla 5-34 Propiedades físicas del perfil GUA-15

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Humedad Aprovechable	% p/v	4,37	4,56	4,95
Densidad Aparente	g/cm ³	1,22	1,15	1,2
Densidad real	g/cm ³	2,65	2,66	2,64
Clase Textural		FA	FA	FA

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-15 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-35**.

Tabla 5-35 Propiedades químicas del perfil GUA-15

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	CC
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	8,68	9,44	11,06
Calcio Soluble	mg/kg	3,56	1,49	1,68
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,99	0,65	0,23

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	CC
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,68	0,25	0,30
Fósforo Disponible	mg/kg	5,23	2,77	0,91
Magnesio Total	mg/kg	2,42	3,22	5,05
pH	Unidades de pH	7,55	7,93	7,86
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	8,23	7,33	1,49
Potasio	cmol(+)/Kg	0,27	0,31	0,14
RAS	Calculado	0,78	0,49	0,59
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	0,77	0,71	0,19

Fuente: IGAC, 2024

Principales limitantes.

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

Suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-13

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, franca gruesa, reactiva, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-36**.

Tabla 5-36 Descripción morfológica del perfil modal GUA-13 Typic Haplustepts, franca gruesa, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-13. Suelos Typic Haplustepts, franca gruesa, activa, isohipertérmica
0-32	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 7.03, reacción neutra.	
32-60	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/4; textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, débiles; consistencia en húmedo muy friable en mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros finos y medios tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.11, reacción neutra.	
60-100	Color en húmedo pardo amarillento claro 10YR6/4; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); consistencia en húmedo suelta, en mojado no pegajosa y no plástica; pocos poros muy finos irregulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; pH 7.00, reacción neutra.	

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-13 (*3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos*) presentan texturas moderadamente gruesas; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-37**.

Tabla 5-37 Propiedades físicas del perfil GUA-13

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Humedad Aprovechable	% p/v	0,83	2,02	1,76
Densidad Aparente	g/cm ³	0,79	1,20	1,21
Densidad real	g/cm ³	2,48	1,67	2,61
Clase Textural		FA	FA	FA

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-13 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción neutra; capacidad de intercambio catiónica baja y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-38**.

Tabla 5-38 Propiedades químicas del perfil GUA-013

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	7,16	9,69	10,32
Calcio Soluble	mg/kg	1,50	2,11	1,31
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,48	0,21	0,11
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,46	0,42	0,25
Fósforo Disponible	mg/kg	12,00	9,13	6,96
Magnesio Total	mg/kg	2,08	2,43	3,23
pH	Unidades de pH	7,03	7,11	7,00
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	21,27	16,30	18,31
Potasio		0,08	0,08	0,07
RAS		0,38	0,55	0,44
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	1,54	1,61	1,91

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Calcic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-11**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Calcic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico, horizonte cálcico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral. Ver **Tabla 5-39**.

Tabla 5-39 Descripción morfológica del perfil modal GUA-11 Calcic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-11. Suelos Calcic Haplustepts, esquelética - franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica
0-34	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arcillo limosa; con fragmentos de roca tipo gravilla en 35%; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal	
Ap		

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-11. Suelos Calcic Haplustepts, esquelética – franca sobre arcillosa, activa, isohipertérmica
	localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.35, reacción moderadamente alcalina.	
34-55	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura franco arcillo arenosa; con fragmentos de roca tipo gravilla en 70%; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros finos y medios, tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro e irregular; pH 8.40, reacción moderadamente alcalina.	
BC		
55-100	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura arcillosa, sin estructura (masiva); consistencia en húmedo firme en mojado pegajosa y plástica; pocos poros muy finos irregulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; pH 8.38, reacción moderadamente alcalina.	
C		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-11 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas en superficie y finas en profundidad; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-40**.

Tabla 5-40 Propiedades físicas del perfil GUA-11

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Humedad Aprovechable	% p/v	9,58	6,43	11,85
Densidad Aparente	g/cm ³	1,05	1,38	1,47
Densidad real	g/cm ³	2,67	2,66	2,67
Clase Textural		FArL	FArA	Ar

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-11 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente alcalina; capacidad de intercambio catiónica baja y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-41**.

Tabla 5-41 Propiedades químicas del perfil GUA-011

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	18,71	13,76	20,51
Calcio Soluble	mg/kg	3,60	1,83	0,59
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,55	0,03	0,01
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,76	0,40	0,30

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Fósforo Disponible	mg/kg	1,08	1,23	1,82
Magnesio Total	mg/kg	4,73	5,16	5,48
pH	Unidades de pH	8,35	8,40	8,38
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	8,09	8,04	7,76
Potasio		0,10	0,08	0,10
RAS		0,93	0,71	0,40
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	1,61	1,15	1,61

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

○ **Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-16**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-42**.

Tabla 5-42 Descripción morfológica del perfil modal GUA-16 Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-16. Suelos Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica
0-34	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura franco arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.05, reacción moderadamente alcalina.	
Ap		
34-55	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, muy fuertes; consistencia en húmedo muy firme en mojado pegajosa y plástica; pocos poros finos y medios, tubulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas entre los horizontes; poca actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.80, reacción ligeramente alcalina.	
BC		
55-100	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; no hay raíces; no hay actividad de macroorganismos; pH 8.40, reacción moderadamente alcalina.	
C		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-16 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas en superficie y finas en profundidad; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-43**.

Tabla 5-43 Propiedades físicas del perfil GUA-16

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Humedad Aprovechable	% p/v	12,50	10,39	10,92
Densidad Aparente	g/cm ³	1,55	1,26	1,53
Densidad real	g/cm ³	2,65	2,69	2,65
Clase Textural		FArL	Ar	Ar

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-16 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente alcalina en superficie, ligeramente alcalina y moderadamente alcalina en profundidad; capacidad de intercambio catiónica baja; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio medio y alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-44**.

Tabla 5-44 Propiedades químicas del perfil GUA-16

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	BC	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	17,90	18,71	19,10
Calcio Soluble	mg/kg	14,05	89,55	70,25
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,63	0,34	0,20
Conductividad Eléctrica	ds/m	2,85	14,10	10,55
Fósforo Disponible	mg/kg	7,71	5,84	2,78
Magnesio Total	mg/kg	6,14	6,37	7,04
pH	Unidades de pH	8,05	7,80	8,40
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	0,84	2,70	0,05
Potasio		0,08	0,06	0,09
RAS		0,66	1,11	0,80
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	0,24	0,33	0,32

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-18. Símbolo RXTP-A.**

Esta unidad se localiza en los municipios de Maicao y Uribia Guajira, en el sector norte del área de influencia, en alturas que varían entre 27 y 90 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de planicie marina, tipo de relieve terraza y forma de terreno plano de terraza; las pendientes varían del 1 hasta el 3%, relieve ligeramente inclinado. Ver **Fotografía 5-9**.



Fotografía 5-9 Suelos del paisaje de Planicie marina, tipo de relieve terraza y forma de terreno de plano de terraza. Unidad de suelos RXTP-A

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos finos; profundos, sin limitaciones; texturas finas en todo el perfil, bien drenados; reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-18) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

RXTP-Aa: pendiente ligeramente plana (1-3. %)

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-18**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-45**.

Tabla 5-45 Descripción morfológica del perfil modal GUA-18 Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-18. Suelos Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica
0-32	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.10, reacción moderadamente alcalina.	
32-60	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, muy fuertes; consistencia en húmedo muy firme en mojado ligeramente pegajosa y plástica; pocos poros finos y medios, tubulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los	

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-18. Suelos Typic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica
	horizontes; poca actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 7.60; reacción ligeramente alcalina.	
60-90	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; no hay raíces; no hay actividad de macroorganismos; pH 7.4, reacción ligeramente alcalina.	
C		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ Características físicas.

Los análisis físicos del perfil GUA-18 (**3_AneXos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas y finas; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-46**.

Tabla 5-46 Propiedades físicas del perfil GUA-18

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Humedad Aprovechable	% p/v	9,83	11,10	8,58
Densidad Aparente	g/cm ³	1,63	1,33	1,62
Densidad real	g/cm ³	2,67	2,64	2,64
Clase Textural		FAr	Ar	Ar

Fuente: IGAC, 2024

▪ Características químicas.

Los análisis químicos del perfil GUA-18 (**3_AneXos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente a ligeramente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada. **Tabla 5-47**.

Tabla 5-47 Propiedades químicas del perfil GUA-018

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	16,52	18,85	19,10
Calcio Soluble	mg/kg	3,63	5,73	20,38
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,58	0,18	0,13
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,58	0,90	3,29
Fósforo Disponible	mg/kg	20,39	14,66	6,88
Magnesio Total	mg/kg	3,73	6,51	4,89
pH	Unidades de pH	8,10	7,60	7,40
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	2,22	2,52	0,87
Potasio	cmol(+)/Kg	0,10	0,09	0,12
RAS	Calculado	0,32	0,40	1,08
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	0,39	0,51	0,41

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

5.1.5.1.3 Suelos del paisaje de Planicie Eólica

Este paisaje tiene relieve ligeramente plano con pendientes de 1 al 3%, dentro del área de estudio, se ubican en alturas entre 10 y 20 msnm, temperatura media anual de 28° C, en clima cálido muy seco.

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

El tipo de relieve identificado es: terraza litoral. Los suelos de planicie se han originado a partir de depósitos. Ver **Fotografía 5-10**.

En el paisaje de planicie eólica se delimito una (1) unidad cartográfica de suelo, la cual se describe a continuación, de acuerdo con el orden que sigue la leyenda:



Fotografía 5-10 Paisaje de Planicie Eólica

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

- **Consociación Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-17. Símbolo RXTP-B.**

Esta unidad se localiza en los municipios de Uribia, en el sector norte del área de influencia, en alturas que varían entre 10 y 20 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de planicie eólica, tipo de relieve terraza litoral y forma de terreno plano; las pendientes varían del 1 hasta el 3%, relieve ligeramente plano. Ver **Fotografía 5-11**.



Fotografía 5-11 Suelos del paisaje de Planicie eólica, tipo de relieve terraza litoral y forma de terreno de plano. Unidad de suelos RXTP-B

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos moderadamente finos; profundos, sin limitaciones; texturas medianamente en la capa arable, medias y moderadamente finas en el perfil, bien drenados; reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-17) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

RXTP-Ba: pendiente ligeramente plana (1-3%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-17**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, endopedón cámbico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-48**.

Tabla 5-48 Descripción morfológica del perfil modal GUA-17 Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-17. Suelos Typic Haplustepts, franca fina, activa, isohipertérmica
0-32	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.22 reacción moderadamente alcalina.	
32-65	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios, muy fuertes; consistencia en húmedo muy firme en mojado ligeramente pegajosa y plástica; pocos poros finos y medios, tubulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; poca actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 8.50, reacción fuertemente alcalina.	
65-100	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6 y 30% de mezcla con el color en húmedo pardo muy oscuro 7.5YR2.5/3; textura franco arcillosa; sin estructura (masiva); consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; no hay raíces; no hay actividad de macroorganismos; pH 8.30, reacción moderadamente alcalina.	

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-17 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas y medias; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-49**.

Tabla 5-49 Propiedades físicas del perfil GUA-17

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Humedad Aprovechable	% p/v	4,31	5,04	9,06
Densidad Aparente	g/cm ³	1,19	1,09	1,25
Densidad real	g/cm ³	2,62	2,63	2,66
Clase Textural		FAr	F	FAr

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-17 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-50**.

Tabla 5-50 Propiedades químicas del perfil GUA-017

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	C
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	17,86	11,88	17,47
Calcio Soluble	mg/kg	0,93	0,92	3,55
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,56	0,20	0,11
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,14	0,14	0,57
Fósforo Disponible	mg/kg	0	0	0
Magnesio Total	mg/kg	6,29	3,23	6,18
pH	Unidades de pH	8,22	8,50	8,30
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	2,16	3,10	2,24
Potasio	cmol(+)/Kg	0,12	0,14	0,05
RAS	Calculado	0,15	0,09	0,41
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAY
Sodio Total	mg/kg	0,39	0,37	0,42

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

5.1.5.1.4 Suelos del Paisaje de Planicie

Este paisaje tiene relieves variables, desde planos hasta ligeramente inclinados con pendientes de 1 al 7%, dentro del área de estudio, se ubican en alturas entre 80 y 110 msnm, en clima cálido muy seco.

El tipo de relieve identificado es: plano de inundación. Los suelos de planicie se han originado a partir de depósitos. Ver **Fotografía 5-12**.

En el paisaje de planicie se delimitaron dos (2) unidades cartográficas de suelos, las cuales se describen a continuación, de acuerdo con el orden que sigue la leyenda:



Fotografía 5-12 Paisaje de Planicie

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

- **Consociación Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-06. Símbolo RXPS-A.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 80 y 100 msnm, temperatura media anual de 28° C y precipitación promedio de 501 y 1000 mm/año.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de planicie, tipo de plano de inundación y forma de terreno sobrevega; las pendientes varían del 3 hasta el 7%, relieve ligeramente inclinado. Ver **Fotografía 5-13.**



Fotografía 5-13 Suelos del paisaje de Planicie, tipo de plano de inundación y forma de terreno de sobrevega. Unidad de suelos RXPS-A

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos finos; son moderadamente superficiales, limitados por carbonatos de calcio; texturas moderadamente finas en superficie y finas en el perfil, bien drenados; reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-06) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

RXPS–Ab: pendiente ligeramente inclinado (3–7%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica. Perfil GUA–06**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, endopedón cálcico, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5–51**.

Tabla 5–51 Descripción morfológica del perfil modal GUA–06 Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA–06. Suelos Calcic Haplustepts, fina, activa, isohipertérmica
0–40	Color en húmedo pardo oliva 2.5Y4/3; textura franco arcillo arenosa; con estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; frecuentes poros medios, tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 7.90, reacción moderadamente alcalina.	
Ap		
40–69	Color en húmedo pardo oliva claro 2.5Y5/6; textura arcillosa con estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; consistencia en seco en húmedo friable en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; se presentan concentraciones de carbonatos redondeadas, finas, duras, irregulares; pocos poros finos y medios, tubulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 8.50, reacción fuertemente alcalina.	
Bw		
69–100	Color en húmedo amarillo oliva 5Y6/6 y 30% de mezcla con el color en húmedo rojo amarillento 5YR5/8; textura arcillosa con estructura en bloques subangulares, finos, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado pegajosa y plástica; se presentan concreciones frecuentes de carbonatos redondeadas, medias, dura; pocos poros muy finos, irregulares; no hay raíces; no hay actividad de macroorganismos; pH 8.14, reacción moderadamente alcalina.	
Ck		

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

A continuación, se describen las principales características físico–químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA–06 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas en superficie y finas en el perfil; densidad aparente media y alta; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5–52**.

Tabla 5–52 Propiedades físicas del perfil GUA–06

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	Ck
Humedad Aprovechable	% p/v	4,18	1,94	1,95
Densidad Aparente	g/cm ³	1,41	1,77	1,78
Densidad real	g/cm ³	2,51	2,60	2,60
Clase Textural		FArA	Ar	Ar

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-06 (**3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente y fuertemente alcalina; capacidad de intercambio catiónica media y alta; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-53**.

Tabla 5-53 Propiedades químicas del perfil GUA-06

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE		
		Ap	Bw	Ck
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	16,26	19,99	22,78
Calcio Soluble	mg/kg	2,75	1,20	2,63
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,69	0,49	0,22
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,58	0,36	0,44
Fósforo Disponible	mg/kg	0,90	0,58	0,97
Magnesio Total	mg/kg	6,05	6,82	8,06
pH	Unidades de pH	7,90	8,50	8,14
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	7,03	6,45	3,42
Potasio	cmol(+)/Kg	0,11	0,08	0,10
RAS	Calculado	0,64	0,75	0,36
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	1,19	1,33	0,80

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Principales limitantes.**

Moderadamente superficiales, limitados por carbonatos; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

- **Consociación Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-03. Símbolo RXPV-A.**

Esta unidad se localiza en el municipio de Albania Guajira, en el sector sur del área de influencia, en alturas que varían entre 70 y 90 msnm, temperatura media anual de 28° C, en clima cálido muy seco.

Geomorfológicamente, pertenece al paisaje de planicie, tipo de plano de inundación y forma de terreno vega; las pendientes varían del 1 hasta el 7%, relieve ligeramente plano a ligeramente inclinado.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos moderadamente gruesos; son superficiales, limitados por sodio; texturas moderadamente finas en la capa arable y moderadamente gruesas en el perfil, excesivos; reacción moderadamente alcalina; capacidad de intercambio catiónica alta y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto y medio; potasio bajo; fertilidad moderada.

La consociación está integrada por los suelos Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica (perfil modal GUA-03) en un 100%.

Se separaron las siguientes fases de suelos:

RXPV-Aa: pendiente ligeramente plana (1-3%).

RXPV-Ab: pendiente ligeramente inclinada (3-7%).

Seguidamente, se hace la descripción del suelo presente en la Consociación.

○ **Suelos Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica. Perfil GUA-03**

Las características diagnósticas que se tuvieron en cuenta para clasificar los suelos en el subgrupo y familia Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica, fueron epipedón ócrico, ausencia de endopedón, régimen de humedad ústico. Ver **Tabla 5-54**.

Tabla 5-54 Descripción morfológica del perfil modal GUA-03. Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica

PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL	Perfil GUA-03. Suelos Typic Ustorthents, franca gruesa, activa, isohipertérmica
0-26	Color en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR4/6; textura franco arcillo limosa con; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; consistencia en húmedo friable en mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros gruesos tubulares; muchas raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite claro y ondulado; pH 8.31, reacción moderadamente alcalina.	
Ap		
26-50	Color en húmedo pardo amarillento 10YR5/6; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; frecuentes poros gruesos tubulares; frecuentes raíces finas y medias vivas de distribución normal localizadas entre los horizontes; frecuente actividad de macroorganismos; límite difuso; pH 8.22, reacción moderadamente alcalina.	
C1		
50-80	Color en húmedo amarillo pardusco 10YR6/6; textura franco arenosa con; sin estructura (grano suelto); consistencia en húmedo friable en mojado no pegajosa y no plástica; pocos poros gruesos irregulares; pocas raíces finas y medias vivas de distribución normal, localizadas en entre los horizontes; no hay actividad de macroorganismos; límite abrupto y ondulado; pH 8.39, reacción moderadamente alcalina.	
C2		
80-100	Color en húmedo amarillo pardusco 10YR6/6; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto) consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; no hay raíces; pH 8.33, reacción moderadamente alcalina.	
C3		

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

A continuación, se describen las principales características físico-químicas de los suelos.

▪ **Características físicas.**

Los análisis físicos del perfil GUA-03 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) presentan texturas moderadamente finas en superficie y moderadamente gruesas en el perfil; densidad aparente baja; densidad real media y humedad aprovechable muy baja. Ver **Tabla 5-55**.

Tabla 5-55 Propiedades físicas del perfil GUA-03

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE			
		Ap	C1	C2	C3
Humedad Aprovechable	% p/v	3,94	4,76	4,12	1,62
Densidad Aparente	g/cm³	1,16	1,37	0,73	1,07
Densidad real	g/cm³	2,54	2,57	2,44	2,58
Clase Textural		FArL	FA	FA	FA

Fuente: IGAC, 2024

▪ **Características químicas.**

Los análisis químicos del perfil GUA-03 (**3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**) muestran que los suelos tienen reacción moderadamente alcalina; capacidad de intercambio catiónica alta y media; contenidos bajos de carbón orgánico en todo el perfil; saturación de bases alta; contenidos de calcio altos; magnesio alto y medio; potasio bajo; fertilidad moderada. Ver **Tabla 5-56**.

Tabla 5-56 Propiedades químicas del perfil GUA-03

PARÁMETROS	UNIDADES	HORIZONTE			
		Ap	C1	C2	C3
Aluminio Intercambiable	cmol/kg	0	0	0	0
C.I.C	meq/100 g	22,21	8,68	9,02	7,02
Calcio Soluble	mg/kg	12,33	5,67	5,84	5,10
Carbono Orgánico Total - COT	%	0,85	0,68	0,35	0,28
Conductividad Eléctrica	ds/m	0,67	0,40	0,43	0,29
Fósforo Disponible	mg/kg	13,59	10,07	8,27	6,87
Magnesio Total	mg/kg	8,19	1,98	2,07	1,72
pH	Unidades de pH	8,31	8,22	8,39	8,33
Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)	%	8,37	21,53	19,38	21,38
Potasio	cmol(+)/Kg	0,10	0,12	0,06	0,08
RAS	Calculado	1,69	0,46	0,54	0,58
Saturación de Bases	%	SAT	SAT	SAT	SAT
Sodio Total	mg/kg	1,86	1,87	1,75	1,50

Fuente: IGAC, 2024

▪ Principales limitantes.

Superficiales, limitados por sodio; lluvias deficientes durante los dos semestres permite ciertos cultivos.

5.1.5.2 Uso Actual del Suelo

Concepto que hace referencia de forma directa a la dinámica tanto natural como antrópica que se genera entorno a los usos que le da el hombre a la cobertura del suelo, ya sea con fines productivos, infraestructura, vivienda, comunicaciones o de protección y conservación principalmente.

La determinación del uso actual de los suelos se sustenta en la agrupación o redefinición de las diferentes coberturas identificadas, con base en la funcionalidad de estas, lo cual se traduce en sectores que manifiestan los mismos patrones de explotación o prestación de servicios ambientales, desarrollos urbanos o simplemente comportamientos poblacionales.

La clasificación de los usos actuales está contenida en la categorización establecida por el IGAC y CORPOICA en la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia, Capítulo 1, Bogotá D.C. 2001 y el diccionario de datos geográficos para Estudios de Impacto Ambiental determinados por la Autoridad de Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), año 2016. Ver **Tabla 5-57**.

Tabla 5-57 Clasificación del uso actual del suelo

GRUPOS DE USO	USO ACTUAL	SÍMBOLO
Agrícola	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS
	Cultivos permanentes semi-intensivos	CPS
Ganadera	Pastoreo extensivo	PEX
Conservación	Sistemas forestales protectores	FPR
	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación	CRE
Cuerpos de Agua	Cuerpos de Agua Naturales	CAN
Cuerpos de Agua	Cuerpos de agua artificiales *	CAA
Infraestructura	Transporte	TP *
Infraestructura	Recreacional	RC *
Infraestructura	Industrial	IN *
Minería	Materiales de construcción	MC *
Sitios de disposición de materiales de desecho	Disposición de materiales sólidos	DS *

*Campos nuevos, no se encuentran en el diccionario de datos geográficos

Fuente: IGAC-CORPOICA, 2001; Diccionario de datos geográficos ANLA (2016)

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

Con base en el análisis realizado en el área de influencia se pueden identificar los usos que se listan en la **Tabla 5-58**.

**Tabla 5-58 Clasificación de los usos del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental
Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.**

COBERTURA DE LA TIERRA	GRUPOS DE USO	USO ACTUAL	NOMENCLATURA	AREA_HA	%
Arroyo	Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	CAN	78,15	0,17
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	CAN	47,33	0,10
Ríos	Cuerpos de Agua Naturales	Cuerpos de Agua Naturales	CAN	11,87	0,03
Cuerpos de agua artificial	Cuerpos de Agua Artificiales	Cuerpos de Agua Artificiales	CAA	104,74	0,23
Arbustal abierto	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	6253,29	13,77
Arbustal denso	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	17546,84	38,65
Bosque de galería y ripario	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	1036,26	2,28
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	1861,93	4,10
Vegetación secundaria alta	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	2513,00	5,53
Vegetación secundaria baja	Conservación	Sistemas forestales protectores (FPR)	FPR	2065,04	4,55
Tierras desnudas y degradadas	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	CRE	5364,23	11,81
Zonas pantanosas	Conservación	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	CRE	20,85	0,05
Pastos arbolados	Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	PEX	3130,14	6,89
Pastos enmalezados	Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	PEX	695,61	1,53
Pastos limpios	Ganadería	Pastoreo extensivo (PEX)	PEX	1784,04	3,93
Melón	Agricultura	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	CTS	67,85	0,15
Otros cultivos transitorios	Agricultura	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	CTS	724,83	1,60
Yuca	Agricultura	Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	CTS	60,91	0,13
Otros cultivos permanentes arbóreos	Agricultura	Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS)	CPS	5,76	0,01
Tejido urbano continuo	Asentamiento	Residencial	RS	212,32	0,47
Tejido urbano discontinuo	Asentamiento	Residencial	RS	1193,83	2,63
Áreas turísticas	Infraestructura	Recreacional	RC	11,88	0,03
Otras zonas industriales	Infraestructura	Industrial	IN	77,82	0,17
Red eléctrica y territorios asociados	Infraestructura	Industrial	IN	15,93	0,04
Red ferroviaria y terrenos asociados	Infraestructura	Transporte	TP	29,63	0,07
Red vial y territorios asociados	Infraestructura	Transporte	TP	484,18	1,07
Explotación de materiales de construcción	Minería	Materiales de construcción	EC	2,14	0,005

COBERTURA DE LA TIERRA	GRUPOS DE USO	USO ACTUAL	NOMENCLATURA	AREA_HA	%
Relleno sanitario	Sitios de disposición de materiales de desecho	Disposición de materiales sólidos	DMS	1,85	0,004
TOTAL				45402,25	100,00

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

A continuación, se hace la descripción de cada uno de los usos correspondientes al área de estudio:

- **Cuerpos de Agua Naturales (CAN) y Cuerpos de agua Artificiales (CAA).**

Define las coberturas relacionadas primordialmente con los cuerpos de agua artificiales (jagüeyes) y cuerpos de agua naturales (ríos, lagunas, lagos y ciénagas naturales), los que representan espejos de agua, suplen necesidades de consumo humano y animal, paralelamente presenta una funcionalidad asociada al mantenimiento de ecosistemas característicos de las zonas de ronda o amortiguamiento lo que favorece los habitas nativos. Ver **Fotografía 5-14**.



Fotografía 5-14 Cuerpos de agua Naturales – Ríos – Arroyos, comunidad de Kapuchirajain.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Conservación:**

Corresponden aquellas zonas que no pueden sobreexplotarse por sus características biofísicas e importancia ecológica.

A continuación, se describen los tipos de usos correspondientes:

- **Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE):**

Dentro del área de estudio corresponde los cuerpos de agua con ecosistemas específicos (zonas pantanosas), cuyas áreas tienen funciones ecológicas fundamentales que cumplen en la regulación del regímenes hídricos y refugio de la flora y fauna; además, se encuentran las tierras desnudas degradadas, las cuales están desprovistas de vegetación, asociados con intensos procesos de erosión activa, teniendo en cuenta lo anterior estas tierras deben dedicarse a la conservación y recuperación. Ver **Fotografía 5-15**.



**Fotografía 5-15 Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza
– Tierras desnudas degradadas, comunidad de Patilla.**

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

○ Forestal Protectora (FPR)

Es aquel que no permite el aprovechamiento comercial de la madera ni la remoción del suelo, conservando en forma permanente su vegetación y admitiendo únicamente el enriquecimiento necesario para garantizar una mayor protección y/o conservación de las fuentes de agua, fauna y bancos genéticos. Dentro del área de influencia, este uso está compuesto por bosque de galería, vegetación secundaria alta y baja, arbustal abierto y arbustal denso; las cuales pueden ser intervenidas teniendo en cuenta los criterios establecidos en la zonificación ambiental. En el área de estudio las coberturas mencionadas anteriormente, también son utilizadas por la comunidad para la extracción de leña, carbón vegetal y construcción de vivienda. Ver **Fotografía 5-16**.



**Fotografía 5-16 Plantación Forestal protectora. Predio La
Macarena, Municipio de Albania Guajira.**

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

• Uso ganadería.

Son los suelos usados para la reproducción y cría de animales mediante el uso de su vegetación como alimento, sea aquella natural o inducida.

A continuación, se presenta la descripción del de uso correspondiente al uso ganadero.

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

○ **Ganadería – Pastoreo extensivo (PEX).**

Este uso define explotaciones pecuarias, con nivel de tecnificación y manejo variado, representadas principalmente por un potencial pastoreo libre de tipo itinerante, con una muy baja capacidad de carga y pastoreo en función del crecimiento de la vegetación. Se integra por las coberturas de pastos limpios, pastos arbolados, pastos enmalezados y herbazal abierto arenoso. La ganadería de bovinos se realiza principalmente sobre las coberturas de pastos limpios, pastos en enmalezados y pastos arbolados; la capricultura se desarrolla sobre el herbazal abierto arenoso específicamente dentro de las comunidades indígenas en la zona norte dentro del área de influencia. Ver **Fotografía 5-17**.



Fotografía 5-17 Patos limpios, predio Los Ranchos, Municipio de Albania Guajira

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

• **Uso Agrícola.**

Comprende las acciones, actividades e intervenciones que realizan las personas sobre un determinado tipo de superficie para producir alimentos, por medio del establecimiento y aprovechamiento de cultivos permanentes.

A continuación, se presenta la descripción del tipo de uso correspondiente al uso agrícola.

○ **Cultivos transitorios semi – intensivos (CTS).**

Comprenden una clase intermedia que diferencia los cultivos transitorios o temporales y los permanentes, cuyo ciclo toma entre uno y dos años. En el área de influencia, los cultivos transitorios son de maíz, yuca, melón, y frijol (Cultivos de pan coger). Ver **Fotografía 5-18**



Fotografía 5-18 Cultivo de Frijol, comunidad Cachuyas

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	

- **Cultivos permanentes semi – intensivos (CPS).**

Son aquellos que tienen una duración de más de una temporada, es decir, se siembran o plantan una vez, y se pueden cosechar durante varias temporadas. En el área de influencia se encuentran la cobertura de otros cultivos permanentes arbustivos y arbóreos, representados por cultivos de mango, cítricos y plátano en una menor escala que no permiten ser categorizados puntualmente.

- **Infraestructura**

Instalaciones que permiten el desarrollo de una actividad. También, la prestación de los servicios destinados al movimiento de las personas y bienes, por sí o a través de vehículos de transporte, así como los derivados del estacionamiento de estos.

A continuación, se presenta la descripción de los tipos de usos correspondientes a los usos de infraestructura.

- **Industrial (IN)**

Son las áreas cubiertas por infraestructura artificial, sin presencia de áreas verdes dominantes; dentro del área estudio hacen parte las zonas industriales, correspondientes a las zonas de explotación y exploración de hidrocarburos, explotación de carbón y generación de energía (Parque eólico Alpha y beta). Ver **Fotografía 5-19**.



Fotografía 5-19 Parque eólico Beta

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

- **Transporte (TP)**

Representa la infraestructura, la cual permite comunicación terrestre al interior del área de influencia, por medio de la cual igualmente se desarrolla el servicio de transporte de pasajeros y de carga.

- **Recreacional (RC)**

Incluye la interacción del hombre con su entorno, se refiere a la utilización de tierras para actividades de ocio, esparcimiento y disfrute del medio ambiente. Dentro del área de estudio componen este tipo de uso la cobertura de áreas turísticas, las cuales están compuestas por infraestructura e instalaciones recreativas.

- **Uso de asentamientos**

Son aquellos que para su desarrollo requieren de una infraestructura urbana, lograda a través de procesos idóneos de urbanización y de construcción, que le sirven de soporte físico.

A continuación, se presenta la descripción del tipo de uso correspondiente al uso de asentamientos.

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

○ **Residencial (RS)**

Usos pertenecientes al desarrollo de la población y la dinámica propia de los municipios, corregimientos y veredas, caracterizados; igualmente, por el desarrollo en diferentes grados de infraestructura propia para el desarrollo de las principales actividades humanas: residenciales, comerciales, de servicios, institucionales, recreacionales y de transportes, entre otras posibles. Define este uso actual la cobertura correspondiente principalmente al tejido urbano continuo y discontinuo. (**Fotografía 5-20 y Fotografía 5-21**).



Fotografía 5-20 Centro de atención de salud, Comunidad de Kachuyasu



Fotografía 5-21 Gran Territorio - Pasipamana, Comunidad karechimana

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

• **Minería**

Dentro del área de influencia estas actividades o usos se llevan a cabo a cielo abierto para la extracción de materiales.

A continuación, se presenta la descripción del tipo de uso correspondiente al uso de minería.

○ **Explotación de materiales de construcción (EC)**

Se utilizan ampliamente en el sector de la construcción, así como en otras aplicaciones.

○ **Sitios de disposición de materiales de desecho**

Es un espacio destinado para la disposición final de los residuos sólidos. Son instalaciones especialmente diseñadas para no causar riesgo para la salud o la seguridad pública, ni perjudicar el ambiente durante su operación o después de su clausura.

○ **Relleno Sanitario (RS)**

A este tipo de uso hace parte el relleno sanitario del Municipio de Albania, La Guajira.

La **Figura 5-2** muestra la distribución espacial de los usos del suelo dentro del área de estudio. Los resultados indican que los tipos de usos predominantes son los siguientes:

- Forestal protectora (68,88 %): 31 276,36 ha.
- Pastoreo extensivo (12,35 %): 5609,79 ha.
- Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación: (11,86 %): 5385,08 ha.
- Residencial (3,10 %): 1406,15 ha.
- Cultivos transitorios semi-intensivos (1,88 %): 859,35 ha.
- Transporte (1,14 %): 513,81 ha.

Otros usos, como recreativos, minería, transporte, cuerpos de agua artificiales y naturales, y cultivos permanentes, representan menos del 1 % del área total.

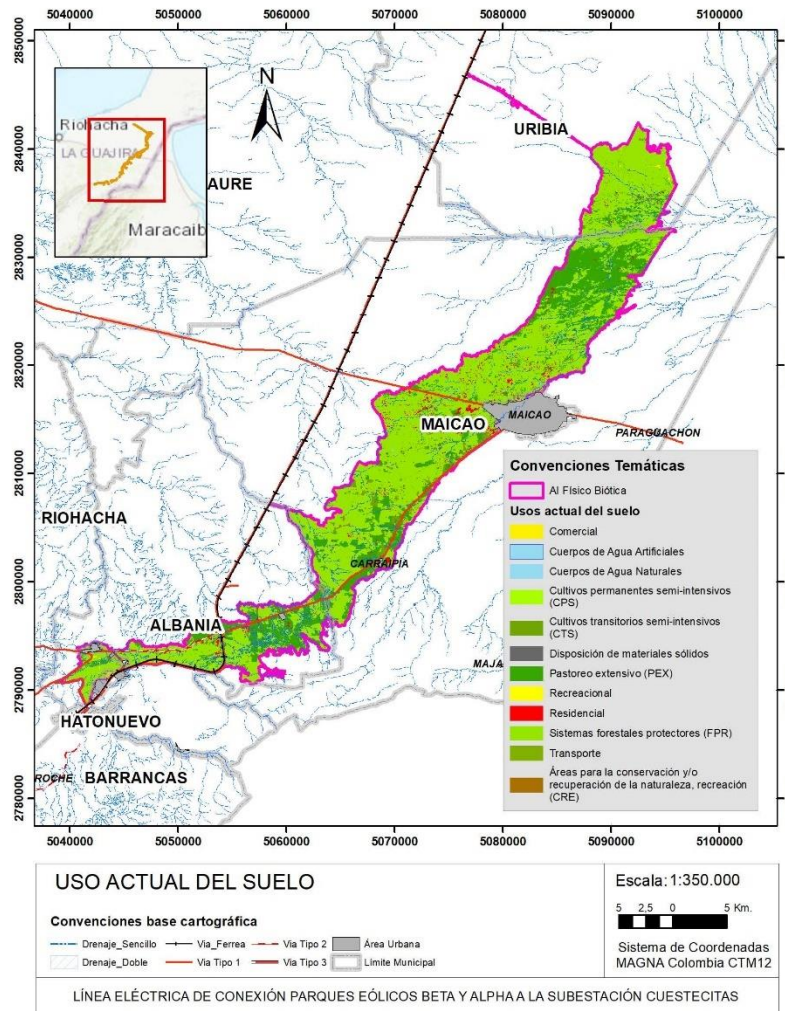


Figura 5-2 Distribución espacial de los usos del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

5.1.5.3 Capacidad de Uso del Suelo.

La clasificación de las tierras por su capacidad de uso consiste en el agrupamiento de suelos de la carta temática respectiva, fundamentada en los efectos combinados del clima y las limitaciones permanentes o poco modificables de los suelos, con el fin de establecer sus posibilidades de uso y la capacidad de producción, el riesgo de deterioro y los requerimientos de manejo.

La clasificación se hace con base en propiedades como la pendiente, el drenaje natural, la erosión y el clima, de cada uno de los componentes de las unidades cartográficas.

Las unidades de capacidad de uso son agrupaciones de unidades de suelos con variaciones poco significativas en las características de cada componente. La homogeneidad en una unidad de capacidad se obtiene a medida que se especifican las características de los suelos y los factores

limitantes, en la clasificación. Así, al nivel de Clase las tierras son similares en la limitación más severa; en la Subclase en el número y grado de limitaciones generales y al nivel de Grupo de Manejo, en algunas características del suelo y en el grado específico de las limitaciones. Los factores de clasificación, de acuerdo con su efecto e importancia sobre los suelos, pueden ser principales y secundarios.

Los primeros son aquellos que por su importancia o grado de afectación permiten definir las Clases Agrológicas específicas; entre estos factores se tiene el clima (deficiencia de agua y temperaturas medias bajas), erosión presente, pendiente (gradiente), suelo (profundidad efectiva, fertilidad, pedregosidad, toxicidad), drenaje (inundaciones, encharcamientos, nivel freático). Los segundos, son aquellos que, por ser de un menor grado de afección, no determinan la Clase, pero sí permiten identificar condiciones especiales de manejo, como la textura, la permeabilidad y la reacción del suelo. La estructura del Sistema de Clasificación comprende tres categorías: Clase, Subclase y Grupo de manejo o de capacidad, las cuales se utilizan de acuerdo con el nivel de detalle del levantamiento de suelos.

La estructura del Sistema de Clasificación comprende tres categorías: Clase, Subclase y Grupo de manejo o de capacidad, las cuales se utilizan de acuerdo con el nivel de detalle del levantamiento de suelos.

La Clase de tierra consiste en un grupo de suelos que tienen el mismo grado relativo de limitaciones y riesgos. Pueden tener una o más limitaciones. Las Clases son ocho (8) y se designan con números arábigos de 1 a 8. El grado de las limitaciones aumenta paulatinamente: muy ligeras o sin limitaciones (Clase 1), ligeras, moderadas, fuertes, severas, muy severas y extremadamente severas (Clases del 2 al 8); éstas van restringiendo la capacidad de uso y aumentando la intensidad de las prácticas de conservación de suelos. Ver **Tabla 5-59**.

Tabla 5-59 Diagrama de clasificación agrológica y uso potencial del suelo.

AUMENTAN LA INTENSIDAD DE USO ➔								
Clases capacidad de uso	Vida silvestre	Pastoreo o forestal			Cultivo			
		Limitado	Moderado	Intensivo	Limitado	Moderado	Intensivo	Muy intensivo
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Aumentan las limitaciones y riegos en sentido vertical y disminuye la adaptabilidad y la libertad para la elección del uso en el mismo sentido.

Fuente: IGAC 2001.

La Subclase es una división de la Clase; los suelos agrupados en una Subclase cualquiera tienen el mismo grado y número de limitaciones generales.

La mayoría de los limitantes que determinan las Subclases son de carácter permanente como las pendientes, la profundidad efectiva o el clima; sin embargo, en algunos casos las limitaciones son temporales y son susceptibles de corregir; por ejemplo, la fertilidad y los encharcamientos que se pueden atenuar con la aplicación de fertilizantes y la construcción de drenajes.

Los limitantes que determinan las subclases se designan con letras minúsculas así: p = pendiente, s = suelo, h = condiciones de humedad, e = erosión y c = clima adverso. En una Subclase, los suelos localizados en el mismo clima, con las mismas características, grado y número de limitaciones específicas comunes y potencialidades similares responden, generalmente, en forma similar a las prácticas de manejo utilizadas en la explotación; por ejemplo: profundidad efectiva superficial,

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

presencia de abundantes piedras, baja fertilidad, alta saturación de aluminio que, a nivel de Subclase, se designan como limitante de suelo (s). A nivel de Grupo de Manejo, cada uno de estos factores se considera como un limitante específico en particular, con su respectivo grado. De esta manera, una Subclase puede tener uno o más Grupos de Manejo. Para designar el Grupo de Manejo se agrega a la Subclase un número arábigo, separado por un guion. Se comienza por el número 1; por ejemplo, 4s-1.

El presente numeral clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras contempla la descripción de cada una de las unidades de clasificación de las tierras, al nivel de Grupo de Manejo, los usos propuestos y las prácticas de manejo.

A continuación, se presentan las clases, subclases y grupos de manejo por capacidad de uso encontradas dentro del área de influencia Ver **Tabla 5-60**, y en la **Tabla 5-61** se presentan los usos recomendados.

Tabla 5-60 Capacidad de uso de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

CLASE	SUBCLASE	GRUPO DE MANEJO	UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS	LIMITANTES PRINCIPALES	LIMITANTES SECUNDARIAS
6	6c	6c-1	RXTP-Ba	Lluvias y condiciones de humedad	Deficiencia de lluvias durante los dos semestres
		6c-3	LXGP-Ba LXGP-Bb		Profundidad efectiva < 25 cm
		6c-4	RXPS-Ab		Profundidad efectiva entre 50 a 75 - Texturas
		6c-5	RXTP-Aa		Texturas
	6hc	6hc-1	RXCC-Aa RXCC-Aa2	Drenaje Excesivo - Lluvias - Condiciones de humedad	Texturas
		6hc-2	RXPV-Aa RXPV-Ab		Profundidad efectiva 25 a 50 cm
	6sc	6sc-1	LXCL-Bd	Profundidad efectiva -Lluvias - Condiciones de Humedad	Pendiente
7	7e	7e-1	RXCC-Aa3 RXCC-Ab3 RXTP-Ba3	Erosión severa	Drenaje - Lluvias deficientes - Condiciones de humedad
	7s	7s-1	LXDL-Ab LXDL-Ac	Fragmentos dentro del perfil	Lluvias deficientes - Condiciones de humedad
		7s-3	LXCL-Ab LXCL-Ac		Profundidad Efectiva muy superficial- Lluvias deficientes - Condiciones de humedad
			LXCL-Ad LXCL-Cc LXCL-Cd LXGP-Ab LXGP-Ad		

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

Tabla 5-61 Usos recomendados de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

GRUPO DE MANEJO	GRPOS DE USO RECOMENDADO	USO PRINCIPAL Y OTROS USOS	PRÁCTICAS DE MANEJO	ÁREA DE INFLUENCIA	
				HA	%
6c-1	Agricultura	Uso principal: Cultivos transitorios semintensivos	Implementación de riegos frecuentes; adaptación de especies tolerantes a las condiciones climáticas de la zona, incorporación de	1139,75	2,51
	Agroforestal	Otros usos: Sistemas agroforestales, silvopastoriles			

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

GRUPO DE MANEJO	GRPOS DE USO RECOMENDADO	USO PRINCIPAL Y OTROS USOS	PRÁCTICAS DE MANEJO	ÁREA DE INFLUENCIA	
				HA	%
			compost y abonos verdes, rotación de potreros.		
6c-3	Ganadería	Pastoreo extensivo	Establecimiento de riegos frecuentes; adaptación de variedades de pastos de muy poco sistema radicular y rotación de potreros.	8906,06	19,62
6c-4	Agricultura	Uso principal: Cultivos transitorios semintensivos	Implementación de riegos frecuentes; adaptación de especies tolerantes a las condiciones climáticas de la zona y profundidad efectiva no mayor a 75 cm, incorporación de compost y abonos verdes, rotación de potreros.	313,12	0,69
	Agroforestal	Otros Usos: Sistemas agroforestales, silvopastoriles			
6c-5	Agricultura	Uso principal: Cultivos transitorios semintensivos	Implementación de riegos frecuentes; adaptación de especies tolerantes a las condiciones climáticas de la zona, incorporación de compost y abonos verdes, rotación de potreros.	6150,42	13,55
	Agroforestal	Otros Usos: Sistemas agroforestales, silvopastoriles			
6hc-1	Agricultura	Uso principal: Cultivos transitorios semintensivos	Implementación de riegos frecuentes y abundantes aspersión, prácticas intensivas de conservación de suelos, aplicación fraccionada de fertilizantes e incorporación de abonos verdes y materia orgánica, prácticas intensivas de conservación de suelos.	12723,38	28,02
	Agroforestal	Otros usos: Sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles			
6hc-2	Agricultura	Uso principal: Cultivos transitorios semintensivos	Establecimiento de especies vegetales con sistemas radicular hasta 50 cm; implementación de riegos frecuentes y abundantes aspersión, prácticas intensivas de conservación de suelos, aplicación fraccionada de fertilizantes e incorporación de abonos verdes y materia orgánica, prácticas intensivas de conservación de suelos.	76,91	0,17
	Agroforestal	Otros Usos: Sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles			
6sc-1	Ganadería	Uso principal: Pastoreo semi-intensivo	Aplicación de fertilizantes de acuerdo a las exigencias de los cultivos, fraccionado durante el ciclo productivo.	143,71	0,32
7e-1	Forestal	Uso principal: Sistemas forestales protectores	Establecer prácticas muy intensivas de conservación de suelos; mantener cobertura vegetal como protección al suelo. Establecer cortinas rompevientos; uso de especies nativas, evitar talar y realizar quemas.	7664,68	16,88
7s-1	Forestal	Uso principal: Sistemas forestales protectores	Establecimiento de especies nativas que se adapten a las condiciones climáticas de la zona; implementar prácticas muy intensivas de	1663,16	3,66

GRUPO DE MANEJO	GRPOS DE USO RECOMENDADO	USO PRINCIPAL Y OTROS USOS	PRÁCTICAS DE MANEJO	ÁREA DE INFLUENCIA	
				HA	%
			conservación de suelos; mantener cobertura vegetal como protección al suelo. Establecer cortinas rompevientos; evitar talar y realizar quemas. Conservación de los recursos naturales existentes, especialmente de la fauna y la flora.		
7s-3	Forestal	Uso principal: Sistemas forestales protectores	Establecimiento de especies nativas que se adapten a las condiciones climáticas de la zona y de muy corto sistema radicular; realizar prácticas muy intensivas de conservación de suelos; mantener cobertura vegetal como protección al suelo. Establecer cortinas rompevientos; uso de especies nativas, evitar talar y realizar quemas. Conservación de los recursos naturales existentes, especialmente de la fauna y la flora.	4326,74	9,53
NO SUELO				2294,33	5,05
TOTAL				45402,25	100

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

En las [Figura 5-3](#) y [Figura 5-4](#) se muestra la distribución espacial de la capacidad de uso del suelo en el área de estudio y los usos recomendados, dando a conocer que los usos predominantes dentro del área de estudio corresponden al [forestal protector](#).



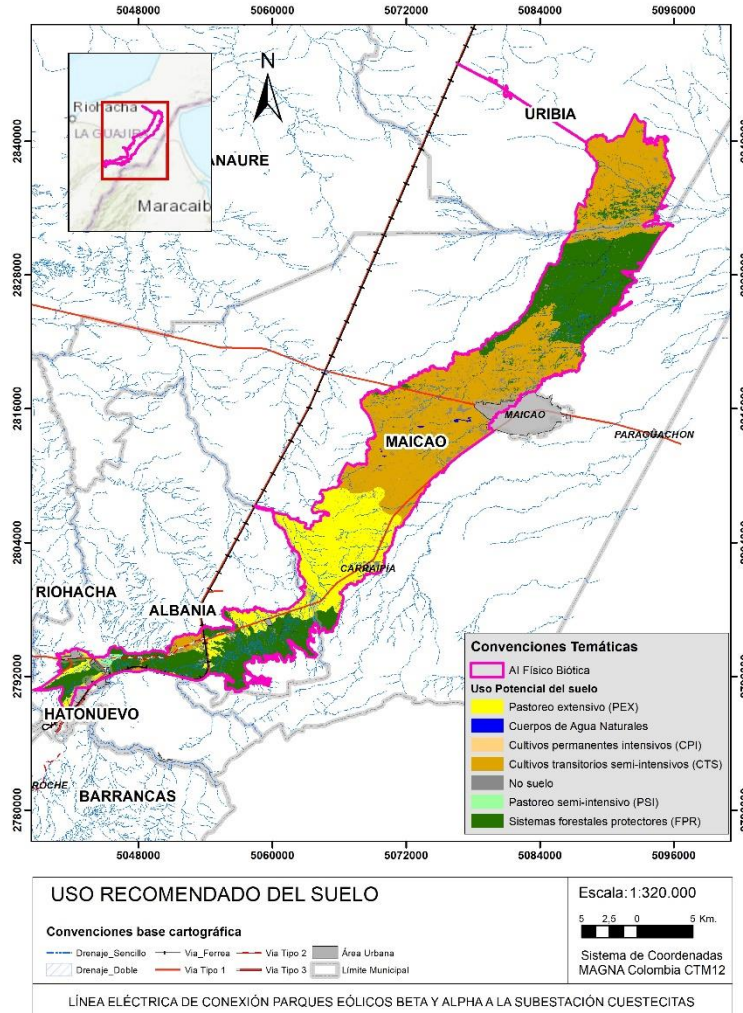


Figura 5-4 Distribución espacial de los usos recomendados de los suelos dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

5.1.5.4 Usos permitidos del suelo Según lo Establecido en los Instrumentos de Ordenamiento Territorial

Según los instrumentos de ordenamiento territorial de la Alcaldía Municipal de Albania (Albania Acuerdo 007 Marzo 07 de 2014); Plan básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Uribe, la Guajira, Acuerdo número _016, por medio del cual se adopta el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Uribe. (2001-2009) y el Plan básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Maicao, la Guajira (Marzo del 2001), se encontró que los usos potenciales del suelo predominantes dentro del área de estudio corresponde al uso rural con un 71,72%; seguidamente, se encuentran los suelos con aptitud protectora – productora con un 12,37%; también, se encuentran las áreas de protección de drenajes con 5,99%; áreas reservada por INCORA para la expansión de la cabecera urbana del municipio de Maicao con un 5,25%; otras áreas con porcentajes menores

del 2% como lo son las zonas protectoras; áreas para restauración de ecosistemas; áreas de expansión industrial; áreas de protección de vía férrea; expansión de cabeceras urbanas.

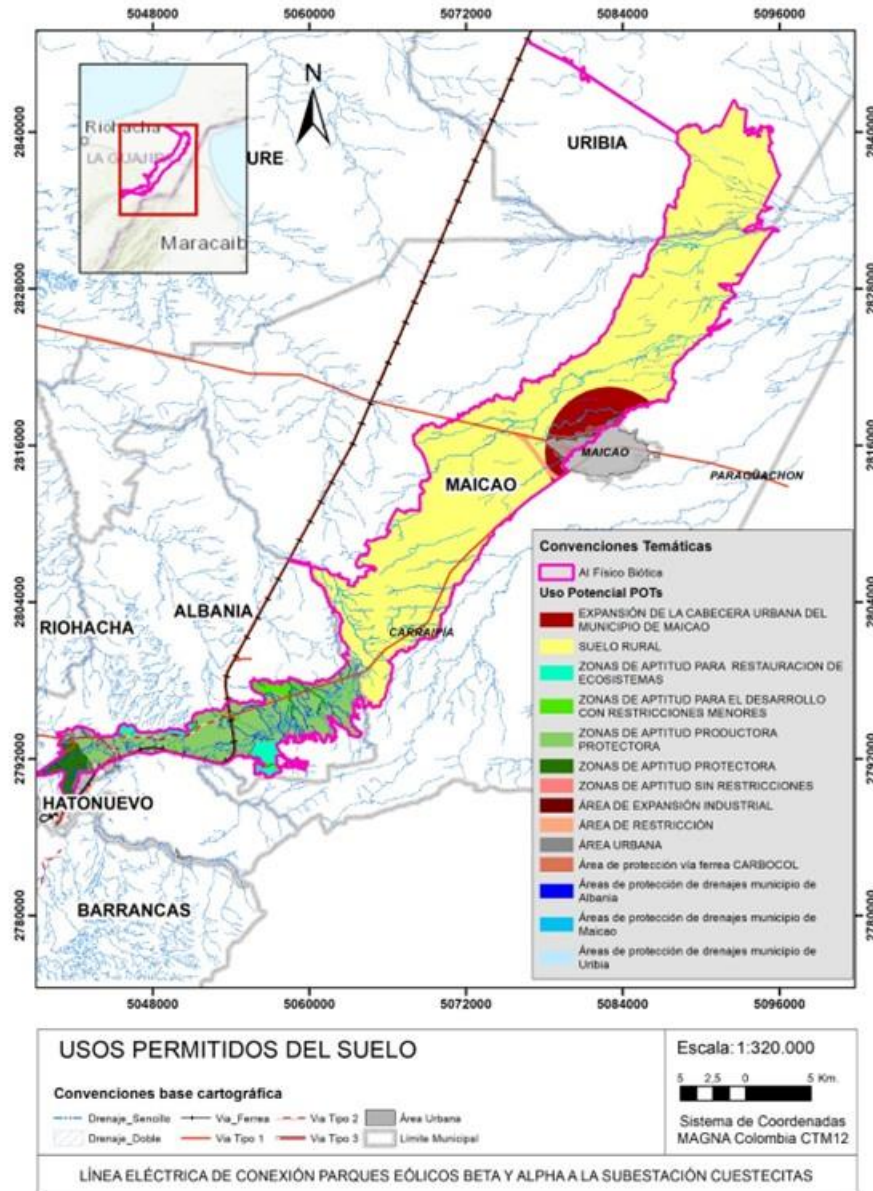


Figura 5-5 Usos permitidos del suelo de acuerdo a lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

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	

5.1.5.5 Conflictos de Uso del Suelo

La comparación para determinar el conflicto de uso del suelo se realiza tomando una tabla bidimensional de decisión, con la cual se valora cada una de unidades cartográficas con su Uso Actual en relación con su Capacidad de Uso, obteniéndose, las clases de conflicto y su respectiva intensidad. Ver **Tabla 5-62**.

Se entiende como usos compatibles aquellos que están de acuerdo con la vocación de uso principal recomendado, y que guardan las características de productividad, bajo criterios de conservación o preservación de los recursos. Para poder hacer esta confrontación es necesario adecuar la cualificación de las clases de uso actual y cobertura, en términos de las clases de vocación de uso principal o capacidad de uso, para comparar niveles similares dentro de la estructura.

La metodología de determinación de conflictos de uso del suelo establece una estructura compuesta por tres (3) clases de conflictos, dos (2) de ellas subdivididas en tres (3) intensidades de acuerdo con la mayor o menor discrepancia en el uso que presenten las combinaciones de pares (vocación actual de uso, uso actual) incluidas en la clase de conflicto. Las clases corresponden a evaluaciones que permiten establecer el uso adecuado (sin conflicto), conflicto por subutilización y conflicto por sobreutilización; cada uno calificado por su grado de intensidad: ligero, moderado severo.

Es de aclarar, que este sistema ha sido diseñado exclusivamente para usos agropecuarios; los usos de red vial, zonas, industriales, zonas mineras, zonas urbanas, infraestructura con fines recreacionales, rellenos sanitario, cuerpos de agua naturales y artificiales, son catalogados como tierras sin conflictos, al primar el interés de la comunidad sobre el uso del suelo.

Tabla 5-62 De Decisión para determinar conflictos de uso de los suelos según CORPOICA

CAPACIDAD DE USO – VOCACIÓN DE TIERRAS			USO ACTUAL												
			Agrícola				Agroforestal			Ganadera			Forestal	Conservación	
			Cultivos transitorios intensivos	Cultivos transitorios semi-intensivos	Cultivos permanentes intensivos	Cultivos permanentes semi-intensivos	Sistemas agrosilvícolas	Sistemas agrosilvopastoriles	Sistemas silvopastoriles	Pastoreo intensivo	Pastoreo semi-intensivo	Pastoreo extensivo	Sistema forestal productor	Sistemas forestales protectores	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación
			CTI	CTS	CPI	CPS	AGS	ASP	SPA	PIN	PSI	PEX	FPD	FPR	CRE
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos	CTI	A	A	S2	S2	S2	S3	S3	S1	S2	S3	S3	S3	S3
	Cultivos transitorios semi-intensivos	CTS	A	A	S1	S1	S2	S3	S3	S1	S2	S3	S3	S3	S3
	Cultivos permanentes intensivos	CPI	A	A	A	S1	S2	S3	S3	S1	S2	S3	S3	S3	S3
	Cultivos permanentes semi-intensivos	CPS	O1	A	O1	A	A	S2	S2	O1	S2	S2	S1	S3	S3
Agroforestal	Sistemas agrosilvícolas	AGS	O3	O1	O2	O1	A	S1	S2	O2	S1	S1	A	S2	S2
	Sistemas agrosilvopastoriles	ASP	O3	O1	O2	O1	O1	A	A	O2	S1	S1	A	S2	S2
	Sistemas silvopastoriles	SPA	O3	O2	O3	O2	O2	O1	A	O2	A	A	O2	S2	S2
Ganadera	Pastoreo intensivo	PIN	O1	O1	O1	O1	O1	S1	S1	A	S1	S2	S1	S3	S3
	Pastoreo semi-intensivo	PSI	O2	O1	O3	O2	O2	O1	A	O1	A	A	O1	S2	S2
	Pastoreo extensivo	PEX	O3	O3	O3	O3	O1	O1	O1	O3	S1	A	O1	S2	S2
Forestal	Sistema forestal productor	FPD	O3	O2	O3	O3	O1	O1	O1	O3	O2	O1	A	A	A
Conservación	Sistemas forestales protectores	FPR	O3	O3	O3	O3	O2	O2	O2	O3	O2	O2	A	A	A
	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación	CRE	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	O3	A	A	A
CONFLICTO			SIGLA												
Tierras sin conflictos de uso o uso adecuado			A												
Subutilización ligera			S1												
Subutilización moderada			S2												
Subutilización severa			S3												
Sobreutilización ligera			O1												

CAPACIDAD DE USO – VOCACIÓN DE TIERRAS	USO ACTUAL												
	Agrícola				Agroforestal			Ganadera		Forestal	Conservación		
	Cultivos transitorios intensivos	Cultivos transitorios semi-intensivos	Cultivos permanentes intensivos	Cultivos permanentes semi-intensivos	Sistemas agrosilvícolas	Sistemas agrosilvopastorales	Sistemas silvopastoriles	Pastoreo intensivo	Pastoreo semi-intensivo	Pastoreo extensivo	Sistema forestal productor	Sistemas forestales protectores	Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación
	CTI	CTS	CPI	CPS	AGS	ASP	SPA	PIN	PSI	PEX	FPD	FPR	CRE
Sobreutilización moderada	O2												
Sobreutilización severa	O3												

Fuente: IGAC– Corpoica 2002, ajustada a los requerimientos definidos en la Geodatabase – Resolución 2182 de 23 de diciembre de 2016.

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

En la **Tabla 5-62** se presenta la clasificación de los conflictos de uso encontrados en el área de influencia que resultan de aplicar a cada una de las categorías de capacidad de uso, uso potencial y las diferentes actividades de uso actual que se mencionan en la (**Tabla 5-62**).

De acuerdo con el cruce entre la capacidad agrológica y el uso actual del suelo se identificaron cinco (5) categorías de conflicto de uso, las cuales dependen principalmente del uso y manejo de los suelos y del manejo adecuado de los recursos naturales renovables y no renovables, que permiten la concordancia y el equilibrio sistémico de la zona.

A continuación, se hace la descripción de cada uno:

- **Tierras sin conflicto de uso (A).**

Bajo este título se califica a las tierras donde el agroecosistema existente guarda correspondencia con la vocación de uso principal. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras.

En estas tierras se encuentran los tipos de uso de cuerpos de agua naturales y artificiales, zonas pantanosas, zonas comerciales, zonas industriales, zonas urbanas como áreas sin conflicto de uso al primar el interés de la comunidad sobre el uso del suelo. Adicional, se encuentran zonas en cultivos permanentes semi intensivos (CPS), cultivos transitorios semi intensivos (CTS), pastoreo extensivo (PEX) y sistemas forestales protectores (FPR) en tierras que tienen capacidad para su desarrollo.

- **Conflictos por subutilización (S).**

Calificación dada a las tierras donde el agroecosistema dominante corresponde a un nivel inferior de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles.

En estas áreas el uso actual es menos intenso en comparación con la mayor capacidad productiva de las tierras, razón por la cual no cumplen con la función social y económica establecida por la Constitución Nacional, cuyo fin es el de proveer de alimentos a la población y satisfacer sus necesidades básicas. En esta clase se diferenciaron dos (2) grados de intensidad, así:

- **Subutilización ligera (S1).**

Tierras cuyo uso actual es muy cercano al uso principal, por ende, a los usos compatibles, pero que se ha evaluado como de menor intensidad al recomendado.

En el área de influencia, se presenta subutilización ligera en suelos cuya vocación de uso principales son Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) y Sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y actualmente se encuentran en pastoreo extensivo (PEX).

- **Subutilización moderada (S2).**

Tierras cuyo uso actual está por debajo en dos niveles de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras. |

Dentro del área de influencia, las áreas con subutilización moderada corresponden a los suelos que tienen uso potencial para pastoreo semi-intensivo (PSI), pastoreo extensivo (PEX) y Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) y Sistemas agrosilvopastoriles y actualmente se encuentran con sistemas forestales protectores.

- **Conflictos por sobreutilización.**

Calificación dada a las tierras donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas.

En estas tierras los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social. Los conflictos por sobreutilización se subdividieron en los siguientes grados de intensidad:

- **Sobreutilización moderada (O2).**

Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima, en dos niveles, de la clase de vocación de uso principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras.

Dentro del área de estudio se presenta sobreutilización moderada en suelos cuyo uso actual es pastoreo extensivo (PEX) y tienen potencial para el desarrollo de sistemas forestales protectores (FPR).

- **Sobreutilización severa (O3).**

Tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles, la clase de vocación de uso principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos, tales como procesos erosivos severos, disminución marcada de la productividad de las tierras, procesos de salinización, entre otros.

La sobreutilización severa en el área de influencia se da por el establecimiento de cultivos transitorios semi-intensivos (CTS) y cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) en suelos que tienen potencial para el desarrollo de sistemas ganaderos (pastoreo extensivo (PEX)); además, suelos que tienen potencial para el establecimiento de sistemas forestales protectores (FPR) y actualmente se encuentran con Cultivos permanentes semi-intensivos (CPS) y cultivos transitorios semi-intensivos (CTS).

La **Tabla 5-63** muestra que las zonas con mayor ocupación corresponden a tierras por subutilización moderada (S2) con un 54,75%, seguidamente, se encuentra el uso adecuado o sin conflictos (A) con un 39,76%, seguido en orden de importancia la sobreutilización moderada (O2) con un 4,05%; también la sobreutilización severa (O3) con un 0,93%, y por último se encuentra la subutilización ligera (S1) con un 0,50%

Tabla 5-63 Conflictos de uso del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

CONFLICTO DEL SUELO		ÁREA DE INFLUENCIA	
Conflicto uso del suelo	Nomenclatura	ha	%
Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado	A	18052,41	39,76
Por subutilización ligera	S1	228,04	0,50
Por subutilización moderada	S2	24858,20	54,75
Por subutilización severa	S3	3,38	0,01
Por sobreutilización moderada	O2	1838,90	4,05
Por sobreutilización severa	O3	421,33	0,93
TOTAL		45.402,25	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

En la Figura 5-6, se presenta la distribución espacial de los conflictos de uso.

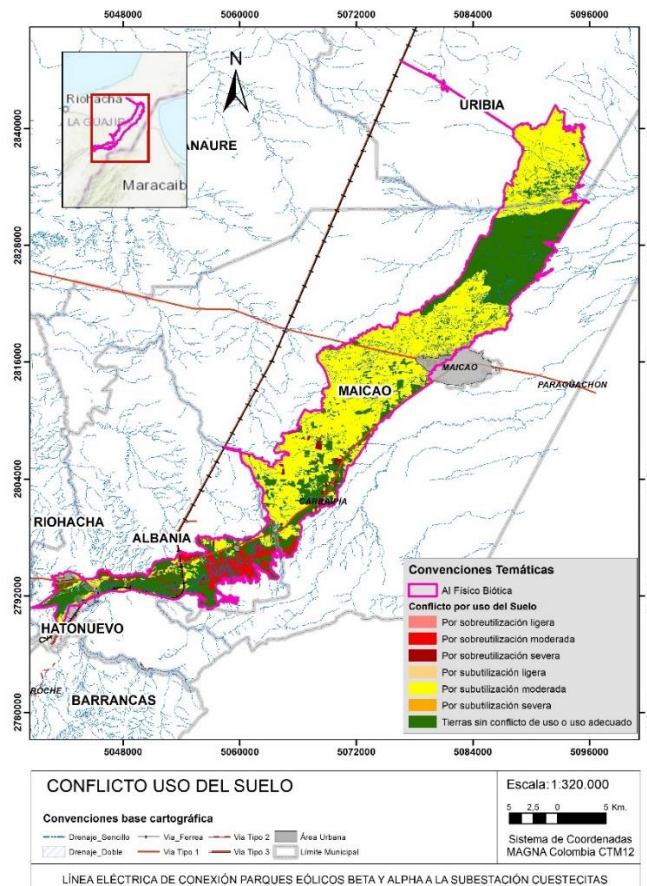


Figura 5-6 Distribución espacial de los conflictos de uso del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

5.1.5.6 Determinantes Ambientales

En el presente capítulo, numeral 5.2.1.3 se presenta la información relacionada con Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas.

5.1.5.7 Análisis Químicos para Metales

Los suelos correspondientes al área de influencia pueden verse contaminados por un sin número de sustancias presentes en diversos productos químicos, combustibles, solventes y demás derivados a causa de las diferentes actividades antrópicas desarrolladas al interior del área de influencia; en algunas ocasiones puede ocurrir que sustancias contaminantes lleguen al suelo a través del agua de riego, disposición inadecuada de aguas residuales o disposición de residuos sólidos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace el análisis de metales en los diferentes horizontes que conforman los perfiles modales de las diferentes unidades cartográficas; teniendo en cuenta lo anterior, y los resultados es posible establecer que los metales no sobrepasan los límites permisibles según lo estipulado en el Protocolo Internacional de Louisiana 29B. Capítulo 3. (Ver

3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos). Los valores altos de hierro se pueden relacionar con las condiciones naturales del suelo. (Ver **Tabla 5-64**).

Tabla 5-64 Resultados de análisis químico para metales dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

PARÁMETRO	UND	LXCL-A				LXCL-B	LXCL-C	LXDL-A	LXGP-A	LXGP-B
		GUA-01	GUA-09	GUA-12	GUA-07	GUA-05	GUA-02	GUA-08	GUA-10	GUA-04
ACEITES Y GRASAS	%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ARSÉNICO TOTAL*	mg/Kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
BARIO	mg/Kg	294	99,5	139	116	63,6	402	<50	106	163
CADMIO	mg Cd/Kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
COBALTO*	mg Co/Kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
COBRE*	mg Cu/Kg	<20	<20	22,2	<20	<20	<20	<20	<20	<20
CROMO TOTAL	mg Cr/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
HIERRO TOTAL	mg Fe/Kg	3415	30230	43906	50351	44404	28087	26959	18395	68784
MANGANESO*	mg/Kg	258	391	3078	499	469	185	428	197	1503
MERCURIO*	mgHg/Kg	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400
NÍQUEL*	mg Ni/Kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
PLOMO	mg Pb/Kg	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
SELENIO*	mg Se/Kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
ZINC	mg Zn/Kg	250	124	159	110	107	90,6	28,1	58,7	113

PARÁMETRO	UNIDADES	RXCC-A				RXTP-A	RXTP-B	RXPV-A	RXPS-A
		GUA-15	GUA-13	GUA-11	GUA-16	GUA-18	GUA-17	GUA-03	GUA-06
ACEITES Y GRASAS	%	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ARSÉNICO TOTAL*	mg/Kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
BARIO	mgBa/Kg	<50	<50	164	55	68,7	<50	80,7	75,5
CADMIO	mg Cd/Kg	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
COBALTO*	mg Co/Kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
COBRE*	mg Cu/Kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	31,6	<20
CROMO TOTAL	mg Cr/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
HIERRO TOTAL	mg Fe/Kg	14113	18783	50149	31419	53271	14252	97029	47378
MANGANESO*	mg/Kg	38,7	244	524	159	409	186	462	484
MERCURIO*	mgHg/Kg	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400	<0,400
NÍQUEL*	mg Ni/Kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
PLOMO	mg Pb/Kg	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
SELENIO*	mg Se/Kg	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500	<0,500
ZINC	mg Zn/Kg	26	49	129	77,3	113	38,1	102	84,1

Fuente: Geocol Consultores S.A. 2024.

5.1.5.8 Análisis de Servicios Ecosistémicos del Suelo

En el presente Estudio de Impacto Ambiental, en el **Numeral 5.5** se presenta la información relacionada con Servicios Ecosistémicos.

5.1.5.9 Análisis de la fertilidad del suelo.

La fertilidad natural del suelo se define como la cualidad que tiene el suelo para proporcionar los nutrientes necesarios para el normal desarrollo de las plantas. Esta condición se determina en el laboratorio mediante análisis químicos; sin embargo, esta información debe ser complementada en el campo con observaciones sobre el desarrollo de los cultivos y la naturaleza del material parental, ya que los análisis indican solamente los elementos disponibles en el momento actual y no la capacidad de los materiales del suelo para liberar en forma constante estos elementos.

La evaluación de la fertilidad se hizo a partir de los datos obtenidos en la caracterización físico-química (Ver **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**), en donde se dio mayor énfasis a las variables químicas como grado de pH, saturación de aluminio, capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación de bases, porcentaje de materia orgánica, fósforo y potasio.

El cálculo de la fertilidad de los suelos se desarrolló bajo la metodología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. La cual se realiza hasta los primeros 50 cm de profundidad del suelo, se divide en dos secciones de 25 cm cada una, teniendo los primeros 25 cm un peso sobre la evaluación del 70 % y los segundos 25 centímetros el 30%.

Apoyados en la **Tabla 5-65** de evaluación de fertilidad de suelos del departamento Agrológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, a cada uno los parámetros químicos promediados se le asigna un valor a fin de tener el dato de F1 y F2 para luego desarrollar la fórmula y obtener la fertilidad total (Ver **Tabla 5-66**). Los cálculos del análisis de la fertilidad se presentan en el **3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.5 Suelos**.

$$FT = (0,7 F1 + 0,3 F2) K$$

Tabla 5-65 Evaluación de la fertilidad de los suelos

pH AGUA 1:1		Rango	< 4.5; > 8.5	4.6-5.0; 7.9-8.4	5.1-5.5; 7.4-7.8	5.6 - 6.0	6.1- 7.3
		Puntaje	1	2	3	4	5
SATURACIÓN DE ALUMINIO %		Rango	> 60	60 – 30	29 – 15	14 – 5	< 5
		Puntaje	1	2	3	4	5
CAPACIDAD DE CAMBIO ME/100 G ACNH. EN pH 7		Rango	< 5	5- 10	11- 15	16 - 20	> 20
		Puntaje	1	2	3	4	5
Bases	Porcentaje Saturación	Rango	< 10	10-35	36-50	51-70	> 70
		Puntaje	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
	Totales me/100g	Rango	< 4	4-8	8.1-12	12.1-16	>16
		Puntaje	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
% Carbón Orgánico	Clima Frío	Rango	< 1.3	1.4-2.6; >10	2.7-4.0; 8.1-10	4.1-5.2; 8.0-6.6	5.3-6.5
		Puntaje	1	2	3	4	5
	Clima Medio	Rango	< 0.5	0.6-1.7; >7.6	1.8-2.9; 6.5-7.6	3.0-4.1; 5.4-6.5	4.2-5.3
		Puntaje	1	2	3	4	5
	Clima Cálido	Rango	< 0.2	0.2-0.5	0.51-1.7	1.71-2.9	> 3.0
		Puntaje	1	2	3	4	5
Fósforo ppm Brayy gb II		Rango	< 10	10-20	21-30	31-40	> 40
		Puntaje	1	2	3	4	5
Potasio me/100g		Rango	< 0.1	0.1-0.2	0.21-0.3	0.31-0.4	> 0.4
		Puntaje	1	2	3	4	5

Fuente: IGAC 2010.

Tabla 5-66 Cálculo de fertilidad

FT =	Fertilidad total
F1 =	Fertilidad 0 – 25 cm
F2 =	Fertilidad 25 – 50 cm
K =	0.285
X₁ =	Salinidad y/o sodio 0 – 25 cm
X₂ =	Salinidad y/o sodio 25 – 50 cm
1.	Fertilidad en suelos normales: FT = (0.7 F ₁ + 0.3 F ₂) K
2.	Fertilidad en suelos salinos y/o sódicos FT = K [(0.7 (F ₁ - X ₁) + 0.3 (F ₂ - X ₂)]

Fuente: IGAC 2010.

Los rangos de valoración de la Fertilidad total (FT) son:

Tabla 5-67 Rangos de valoración de la Fertilidad Total (FT)

VALORES	CALIFICACIÓN
>8.4	Muy alta
8.3-6.8	Alta
6.7-5.2	Moderada
5.1-3.6	Baja
<3.6	Muy baja

Fuente: IGAC 2010.

En la **Tabla 5-68**, se presentan los resultados del análisis de fertilidad dentro del área de influencia, mostrando que los suelos presentan de manera general fertilidad media y baja.

Tabla 5-68 Análisis de la fertilidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

UNIDAD DE SUELO	PERFIL	FERTILIDAD
LXCL-A	GUA-01	Media
LXCL-A	GUA-09	Media
LXCL-A	GUA-12	Baja
LXCL-A	GUA-07	Media
LXDL-A	GUA-08	Baja
LXCL-B	GUA-05	Media
LXCL-C	GUA-02	Media
LXGP-A	GUA-10	Baja
LXGP-B	GUA-04	Media
RXCC-A	GUA-11	Media
RXCC-A	GUA-16	Media
RXCC-A	GUA-15	Media
RXCC-A	GUA-13	Baja
RXTP-A	GUA-18	Media
RXPV-A	GUA-03	Media
RXPS-A	GUA-06	Media
RXTP-B	GUA-17	Media

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.5.10 Compactación del Suelo

La compactación del suelo se define como la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido a fuerzas externas que actúan sobre él. En condiciones naturales (sin intervención antrópica) se pueden encontrar en el suelo horizontes con diferentes grados de compactación, lo que se explica por las condiciones que dominaron durante la formación y la evolución del suelo. Sin embargo, es bajo condiciones de uso agrícola intensivo que este fenómeno se acelera y llega a producir serios problemas en el desarrollo de las plantas cultivadas.

Los principales factores en la actividad agrícola que tienen incidencia en la compactación son:

- Implementos de labranza del suelo.
- Cargas producidas por los neumáticos de tractores e implementos de arrastre.
- Pisoteo de animales.

Para el caso del área de influencia la compactación será determinada por medio de la densidad aparente y la profundidad efectiva, dado que está asociada con la presencia de capas de muy baja aireación y alta densidad aparente, puede ser ocasionada por fenómenos de endurecimiento y acumulación arcillosa; estos fenómenos responden quizás a procesos genéticos evolutivos o son simplemente una resultante del manejo de los suelos. Estas circunstancias repercuten en las propiedades físicas y determinan la profundidad efectiva radical.

A continuación, se presentan los valores de densidades aparentes según la clase textural (**Tabla 5-69**).

Tabla 5-69 Valores de densidad aparente por clase textural

TEXTURA DEL SUELO	IDEAL (g/cc)	DA QUE PUEDE AFECTAR EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES (g/cc)	DA QUE AFECTA EL DESARROLLO DE LAS RAÍCES (g/cc)
Arenosa	<1,6	1,69	>1,8
Areno francosa	<1,6	1,69	>1,8
Franco arenosa	<1,4	1,63	>1,8
Franca	<1,4	1,63	>1,8
Franco areno arcillosa	<1,4	1,6	>1,75
Franco limosa	<1,4	1,6	>1,75
Limosa	<1,4	1,6	>1,75
Franco arcillosa	<1,3	1,6	>1,75
Franco arcillosa limosa	<1,1	1,55	>1,65
Arcillosa Limosa	<1,1	1,49	>1,58
Arcillosa	<1,1	1,39	>1,47

Fuente: <https://storage.googleapis.com/portalfruticola/2017/10/compactacionsuelos-300x150.jpg> 300w" sizes="(max-width: 700px) 100vw, 700px" style="box-sizing: bxxzorder-box; margin: 0px 0px 1.5em">

Seguidamente, en la **Tabla 5-70** se presentan los valores de densidad aparente, clase textural y valoración del estado de compactación de los suelos.

Tabla 5-70 Estimación de la compactación del suelo a través de los valores densidad aparente y profundidad efectiva del suelo dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	CLASE TEXTURAL	DA	INTERPRETACIÓN
LXCL-A					
GUA-01	Ap	0-30	Franco Arcillosa Arenosa	1,50	Ideal
LXCL-A					
GUA-09	Ap	0-28	Franco Arcillosa Limosa	1,54	Ideal
LXCL-A					
GUA-12	Ap	0-25	Franco Arcillosa Arenosa	1,19	Ideal
LXCL-A					
GUA-07	Ap	0-35	Franco Arcillosa Arenosa	1,32	Ideal
LXDL-A					
GUA-08	Ap	0-36	Franco Arenosa	1,48	Ideal
GUA-08	Bw	36-60	Franco Arcillosa Arenosa	1,52	Ideal
GUA-08	C	60-100	Franco Arenosa	1,72	Ideal
LXCL-B					
GUA-05	Ap	0-30	Franca	1,02	Ideal
LXCL-C					
GUA-02	Ap	0-31	Arcillosa Limosa	1,58	DA que afecta el desarrollo de las raíces
GUA-02	Bk	31-61	Arcillosa	1,79	DA que afecta el desarrollo de las raíces
GUA-02	Ck	61-84	Arcillosa	1,87	DA que afecta el desarrollo de las raíces
LXGP-A					
GUA-10	Ap	0-25	Franco Arenosa	1,39	Ideal
LXGP-B					
GUA-04	Ap	0-30	Franco Arcillosa	1,65	DA que puede afectar el desarrollo de las raíces
GUA-04	Ck	30-53	Franco Arcillosa Arenosa	1,53	Ideal
GUA-04	Ck	53-80	Franco Arcillosa Limosa	1,79	DA que afecta el desarrollo de las raíces
RXCC-A					
GUA-11	Ap	0-34	Franco Arcillosa Limosa	1,05	Ideal
GUA-11	BC	34-55	Franco Arcillosa Arenosa	1,38	Ideal

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	CLASE TEXTURAL	DA	INTERPRETACIÓN
GUA-11	C	55-100	Arcillosa	1,47	DA que afecta el desarrollo de las raíces
RXCC-A					
GUA-16	Ap	0-34	Franco Arcillosa Limosa	1,55	Ideal
GUA-16	BC	34-55	Arcillosa	1,26	DA que puede afectar el desarrollo de las raíces
GUA-16	C	55-100	Arcillosa	1,53	DA que afecta el desarrollo de las raíces
RXCC-A					
GUA-15	Ap	0-28	Franco Arenosa	1,22	Ideal
GUA-15	BC	28-58	Franco Arenosa	1,15	Ideal
GUA-15	C	58-100	Franco Arenosa	1,26	Ideal
RXCC-A					
GUA-13	Ap	0-32	Franco Arenosa	0,79	Ideal
GUA-13	BC	32-60	Franco Arenosa	1,20	Ideal
GUA-13	C	60-100	Franco Arenosa	1,21	Ideal
RXTP-A					
GUA-18	Ap	0-32	Franco Arcillosa	1,63	DA que puede afectar el desarrollo de las raíces
GUA-18	Bw	32-60	Arcillosa	1,33	DA que puede afectar el desarrollo de las raíces
GUA-18	C	60-90	Arcillosa	1,62	DA que afecta el desarrollo de las raíces
RXTP-B					
GUA-17	Ap	0-32	Franco Arcillosa	1,19	ideal
GUA-17	Bw	32-65	Franca	1,09	Ideal
GUA-17	C	65-100	Franco Arcillosa	1,25	Ideal
RXPV-A					
GUA-03	Ap	0-26	Franco Arcillosa Limosa	1,16	Ideal
GUA-03	C1	26-50	Franco Arenosa	1,37	Ideal
GUA-03	C2	50-80	Franco Arenosa	0,73	Ideal
GUA-03	C3	80-100	Franco Arenosa	1,07	Ideal
RXPS-A					
GUA-06	Ap	0-40	Franco Arcillosa Arenosa	1,41	Ideal
GUA-06	Bw	40-69	Arcillosa	1,77	DA que afecta el desarrollo de las raíces
GUA-06	Ck	69-100	Arcillosa	1,78	DA que afecta el desarrollo de las raíces

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Debido a la facilidad con la cual se puede medir la densidad, se ha utilizado como parámetro para estimar el grado de deterioro del suelo, teniendo en cuenta que a medida que aumenta su valor, se está produciendo una degradación de la estructura de este, bien sea por compactación o por pérdida de materia orgánica.

Según los datos obtenidos, la densidad aparente analizada está por fuera de los rangos ideales de las texturas calculadas en las unidades de suelos: LXCL-C (GUA-02), LXGP-B (GUA-04), RXTP-A (GUA-18), RXCC-A (GUA-11 y GUA-16) y RXPS-A (GUA-06), pudiendo afectar el desarrollo radicular de las plantas. Dentro del área de influencia, este hecho puede estar relacionado con el pisoteo de la ganadería extensiva desarrollada.

5.1.5.11 Degradación del Suelo por Erosión.

A continuación, se realiza el análisis de degradación por erosión dentro del área de influencia, la 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., 170 págs. Versión 2.

La definición de degradación de suelo por erosión corresponde a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales.

En la **Tabla 5-71**, se presenta la clasificación de los grados de erosión por unidad de suelos. Dentro del área de influencia se encuentran los siguientes tipos de erosión.

Tabla 5-71 Grados de erosión dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

SÍMBOLO	UCS/FASES	GRADO DE EROSIÓN
LXCL-A	LXCL-Ab	Sin Erosión
	LXCL-Ac	Sin Erosión
	LXCL-Ad	Sin Erosión
LXCL-B	LXCL-Bd	Sin Erosión
LXCL-C	LXCL-Cc	Sin Erosión
	LXCL-Cd	Sin Erosión
LXDL-A	LXDL-Ab	Sin Erosión
	LXDL-Ac	Sin Erosión
LXGP-A	LXGP-Ab	Sin Erosión
	LXGP-Ad	Sin Erosión
LXGP-B	LXGP-Ba	Sin Erosión
	LXGP-Bb	Sin Erosión
RXCC-A	RXCC-Aa	Sin Erosión
	RXCC-Aa2	Erosión Moderada
	RXCC-Aa3	Erosión Severa
	RXCC-Ab3	Erosión Severa
RXTP-A	RXTP-Aa	Sin Erosión
RXTP-B	RXTP-Ba	Sin Erosión
	RXTP-Ba3	Erosión Severa
RXPS-A	RXPS-Ab	Sin Erosión
RXPV-A	RXPV-Aa	Sin Erosión
	RXPV-Ab	Sin Erosión

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, se describen los grados de erosión identificados dentro del área de estudio:

Sin erosión: Dentro del área de influencia, las unidades de suelo: LXCL-A, LXCL-B, LXCL-C, LXDL-A, LXGP-A, LXGP-B, RXPV-A, RXTP-A y RXTP-B no presentan ningún grado de erosión.

Erosión moderada: Evidencia clara de remoción de los horizontes superficiales del suelo. Cuando la capa de suelo ha perdido espesor. Dentro del área de estudio, la unidad de suelo RXCC-A (RXCC-Aa2) presenta un grado de erosión moderado tipo laminar. Ver **Fotografía 5-22**.



Fotografía 5-22 Suelos con erosión laminar moderada

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Erosión severa: Horizontes superficiales completamente removidos y horizontes subsuperficiales expuestos. Pérdida casi total del horizonte orgánico-mineral. Dentro del área de estudio, la unidad de suelo RXCC-A (RXCC-Ab3, RXCC-Aa3) y RXTP-B (RXTP-Ba3) presenta un grado de erosión severa tipo laminar. Ver **Fotografía 5-23**.



Fotografía 5-23 Suelos con erosión laminar severa

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Figura 5-7**, se muestra la distribución espacial de los suelos con diferentes grados de erosión dentro del área de estudio; dando a conocer, que los suelos sin erosión son los que mayor área ocupan con un 72,70%; seguidamente, se encuentran los suelos con erosión severa con un 16,88% y por ultimo los que presentan una erosión moderada ocupando un 5,36%. Ver **Figura 5-7** su distribución espacial.

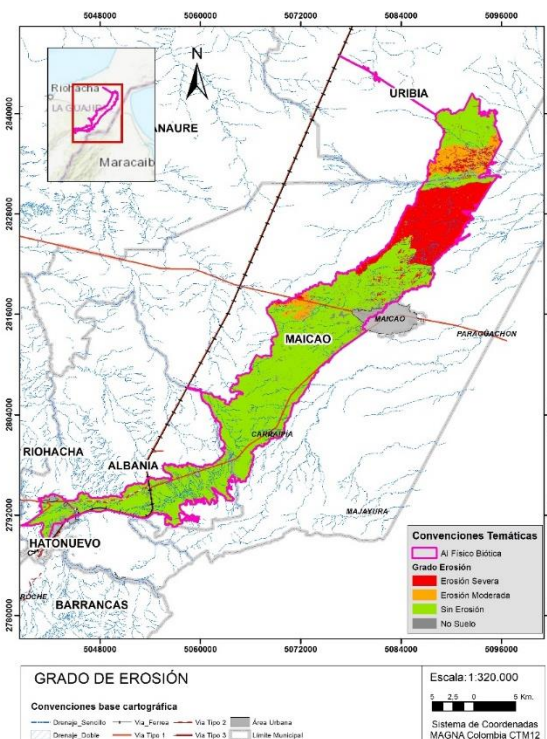


Figura 5-7 Grados de erosión dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.5.12 Análisis por Degradación por Salinización del Suelo

El análisis de la degradación por salinización se realiza de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, CAR y UDCA, 2017. La clasificación y calificación de la degradación de suelos por salinización, se realiza a partir de un sistema jerárquico que considera tres categorías: tipo, grado y clase. A continuación, se explican y describen cada una de ellas.

Donde, el tipo se refiere al origen o procedencia de las sales en el suelo, que bien puede ser natural, antrópico o mixto. Para la zonificación a nivel nacional y regional, se establecen cinco grados de salinidad en términos de severidad. La

Tabla 5-72 indica los rangos de CE, RAS, PSI o porcentaje de sales precipitadas (CaCO_3 y $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) considerados para calificar el grado de salinidad de los suelos.

Tabla 5-72 Calificación del grado de salinidad.

VARIABLES	RANGOS PARA CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
PSI, RAS, CE, SO_4	RAS >13 o PSI ≥ 15	Muy severo
	CE ≥ 16 ds/m	
	CE ≥ 4 ds/m y pH < 4 y (SO_4) $\geq 0,05\%$	
CE, PSMg, CaCO_3eq y $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CE ≥ 8 ds/m < 16 ds/m	Severo
	PSMg ≥ 40	
	(CaCO_3eq) $\geq 10\%$	
	($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) $\geq 15\%$	
CE, PSMg, CaCO_3eq y $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CE ≥ 4 ds/m < 8 ds/m	Moderado
	PSMg ≥ 40	
	(CaCO_3eq) $\geq 10\%$	
	($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) $\geq 15\%$	
CE	CE ≥ 2 ds/m < 4 ds/m	Ligero
CE	CE < 2 ds/m	Muy ligero

Fuente: Protocolo salinización CAR-IDEAM-UDCA.

La clase se refiere a la dominancia de una sal, catión o anión en la solución del suelo. De acuerdo a las distintas fuentes de las sales, los suelos pueden estar dominados por un catión o anión o sal que los identifica y que determina su comportamiento. Dentro de las clases más específicas, se encuentran los suelos sódicos, calcáreos, magnésicos, yesíferos y sulfatados ácidos. Sin embargo, hay suelos salinos donde no hay una dominancia específica y son considerados en forma general salinos o alcalinos, según sus características de conductividad eléctrica y de pH.

Tabla 5-73 Calificación de la clase de salinidad

VARIABLE	CRITERIO	CLASE	VARIABLE
Conductividad eléctrica	Mayor o igual a 2	Salino	Conductividad eléctrica
Porcentaje de sodio intercambiable	PSI mayor o igual a 7,5 o RAS mayor o igual a 13	Sódico	Porcentaje de sodio intercambiable
Porcentaje de magnesio intercambiable	Mayor o igual a 30	Magnésico	Porcentaje de magnesio intercambiable
Porcentaje de carbonato de calcio intercambiable	Mayor o igual a 2	Calcáreo	Porcentaje de carbonato de calcio intercambiable
Porcentaje de yeso	Mayor o igual a 5	Gypsico	Porcentaje de yeso
Conductividad eléctrica, pH y sulfatos	pH menor o igual a 6 Sulfatos mayores a 0,05 Azufre mayor a 2	Sulfato ácido	Conductividad eléctrica, pH y sulfatos
pH si no cumple ningún criterio	pH mayor o igual a 7,4	Alcalino	pH si no cumple ningún criterio

Fuente: Protocolo salinización CAR-IDEAM-UDCA.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos dentro del área de estudio.

Tabla 5-74 Resultados químicos para el análisis de la salinidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

PERFIL	HTE	PROF	PH	SULFATOS (%)	MAGNESIO (%)	CE (DS/M)	RAS	PSI	CARBONATO DE CALCIO (%)	YESO (%)
LXCL-A										
GUA-01	Ap	0-30	8,17	0,25	0,05	0,47	0,50	10,22	26,20	0,78
LXCL-A										
GUA-09	Ap	0-28	8,15	0,26	0,04	0,54	0,83	8,29	25,44	0,89
LXCL-A										
GUA-12	Ap	0-25	7,44	0,07	0,04	0,13	0,47	9,47	5,13	0,21
LXCL-A										
GUA-07	Ap	0-35	7,26	0,31	0,05	0,62	0,42	10,64	24,07	1,03
LXCL-B										
GUA-05	Ap	0-36	7,54	0,25	0,05	0,48	0,30	8,02	26,12	0,80
LXCL-C										
GUA-02	Ap	60-100	8,30	0,22	0,06	0,48	0,33	5,51	25,46	0,80
GUA-02	Bk		8,45	0,14	0,03	0,32	0,73	8,99	25,17	0,53
GUA-02	Ck	0-30	7,63	0,38	0,05	0,88	1,62	7,81	25,15	1,47
LXDL-A										
GUA-08	Ap	0-31	6,81	0,25	0,04	0,43	0,50	17,81	1,49	0,72
GUA-08	Bw	31-61	6,70	0,07	0,01	0,10	0,16	8,20	1,48	0,17
GUA-08	C	61-84	7,02	0,08	0,01	0,11	0,09	16,08	1,50	0,19
LXGP-A										
GUA-10	Ap	0-25	7,89	0,25	0,05	0,47	0,58	16,10	23,33	0,79
LXGP-B										
GUA-04	Ap	0-30	8,03	0,22	0,04	0,39	0,34	6,79	10,67	0,65
GUA-04	Ck	30-53	8,05	1,50	0,10	2,66	0,88	6,59	24,53	4,26
GUA-04	Ck	53-80	7,68	2,06	0,14	3,70	1,52	3,54	25,43	6,15
RXCC-A										
GUA-15	Ap	0-34	7,55	0,38	0,05	0,68	0,78	8,23	1,26	1,12
GUA-15	BC	34-55	7,93	0,18	0,01	0,25	0,49	7,33	1,18	0,41
GUA-15	C	55-100	7,86	0,19	0,02	0,30	0,59	1,49	1,16	0,49
RXCC-A										
GUA-13	Ap	0-34	7,03	0,26	0,01	0,46	0,38	21,27	1,50	0,77
GUA-13	BC	34-55	7,11	0,25	0,03	0,42	0,55	16,30	1,49	0,69
GUA-13	C	55-100	7,00	0,14	0,02	0,25	0,44	18,31	1,49	0,42
RXCC-A										
GUA-11	Ap	0-28	8,35	0,39	0,06	0,76	0,93	8,09	1,52	1,27
GUA-11	BC	28-58	8,40	0,15	0,04	0,40	0,71	8,04	22,28	0,67
GUA-11	C	58-100	8,38	0,13	0,01	0,30	0,40	7,76	24,28	0,49
RXCC-A										
GUA-16	Ap	0-32	8,05	1,87	0,29	2,85	0,66	0,84	8,37	4,72
GUA-16	BC	32-60	7,80	8,25	1,02	14,10	1,11	2,70	1,29	23,41
GUA-16	C	60-100	8,40	6,85	0,61	10,55	0,80	0,05	1,12	17,50
RXTP-A										
GUA-18	Ap	0-32	8,10	0,36	0,04	0,58	0,32	2,22	1,20	0,96
GUA-18	Bw	32-60	7,60	0,43	0,06	0,90	0,40	2,52	7,10	1,50
GUA-18	C	60-90	7,40	2,11	0,20	3,29	1,08	0,87	6,30	5,48
RXTP-B										
GUA-17	Ap	0-32	8,22	0,08	0,01	0,14	0,15	2,16	1,10	0,24
GUA-17	Bw	32-65	8,50	0,08	0,01	0,14	0,09	3,10	1,02	0,23
GUA-17	C	65-100	8,30	0,36	0,04	0,57	0,41	2,24	0,95	0,94
RXPV-A										
GUA-03	Ap	0-26	8,31	0,31	0,04	0,67	1,69	8,37	1,49	1,12
GUA-03	C1	26-50	8,22	0,15	0,04	0,40	0,46	21,53	5,65	0,67
GUA-03	C2	50-80	8,39	0,25	0,04	0,43	0,54	19,38	7,66	0,72
GUA-03	C3	80-100	8,33	0,15	0,03	0,29	0,58	21,38	9,97	0,49
RXPS-A										
GUA-06	Ap	0-40	7,90	0,27	0,05	0,58	0,64	7,03	1,49	0,97

PERFIL	HTE	PROF	PH	SULFATOS (%)	MAGNESIO (%)	CE (DS/M)	RAS	PSI	CARBONATO DE CALCIO (%)	YESO (%)
GUA-06	Bw	40-69	8,50	0,15	0,04	0,36	0,75	6,45	5,01	0,59
GUA-06	Ck	69-100	8,14	0,26	0,03	0,44	0,36	3,42	25,59	0,73

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **Tabla 5-74** se hace la clasificación por grado y clase de salinidad dentro del área de influencia.

Teniendo en cuenta la **Tabla 5-75** los perfiles que presentan grado ligero son: GUA-4, GUA-16 y GUA-18, debido a la $CE \geq 2$ ds/m y < 4 ds/m. Los suelos con salinidad ligera ocupan un 48,63% y los suelos con grado muy ligero ocupan un 46,32% del área total. Ver **Figura 5-8** la distribución espacial.

Por otra parte, se realiza la clasificación de la clase de salinidad (Ver la **Tabla 5-75**).

- Perfiles con horizontes salinos (GUA-10 y GUA-16)
- Perfiles con horizontes sódicos (GUA-01, GUA-09, GUA-12, GUA-07, GUA-05, GUA-02, GUA-08, GUA-10, GUA-15, GUA-11, GUA-13 y GUA-03).
- Perfiles con horizontes calcáreos (GUA-01, GUA-09, GUA-12, GUA-07, GUA-05, GUA-02, GUA-10, GUA-04, GUA-11, GUA-16, GUA-18, GUA-06 y GUA-03)
- Perfiles con horizontes gypsico (GUA-04, GUA-16 y GUA-18).
- Perfil con horizonte salino (GUA-17).

Teniendo en cuenta lo anterior, la información recolecta en campo y la información secundaria, es posible señalar que los grados y clases de salinidad existentes obedecen a un origen natural, normalmente heredadas del material parental y al clima ambiental.

Tabla 5-75 Calificación del grado y clase de salinidad dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

UCS	PERFIL	GRADO	CLASE				
			Salino	Sódico	Calcáreo	Gypsico	Alcalino
			CE ≥ 2 dS/m	PSI $\geq 7,5$ o RAS ≥ 13	CaCO ₃ eq $\geq 2\%$	Yeso(CaSO ₄ *2H ₂ O)>5%	pH mayor o igual a 7,4 si no cumple ningún criterio
LXCL-A	GUA-01	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXCL-A	GUA-09	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXCL-A	GUA-12	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXCL-A	GUA-07	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXCL-B	GUA-05	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXCL-C	GUA-02	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
LXDL-A	GUA-08	Muy ligero		Sódico			
LXGP-A	GUA-10	Ligero	Salino	Sódico	Calcáreo		
LXGP-B	GUA-04	Muy ligero			Calcáreo	Gypsico	
RXCC-A	GUA-15	Muy ligero		Sódico			
RXCC-A	GUA-13	Muy ligero		Sódico			
RXCC-A	GUA-11	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
RXCC-A	GUA-16	Ligero	Salino		Calcáreo	Gypsico	
RXTP-A	GUA-18	Muy ligero			Calcáreo	Gypsico	
RXTP-B	GUA-17	Muy ligero					Alcalino
RXPV-A	GUA-03	Muy ligero		Sódico	Calcáreo		
RXPS-A	GUA-06	Muy ligero			Calcáreo		

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

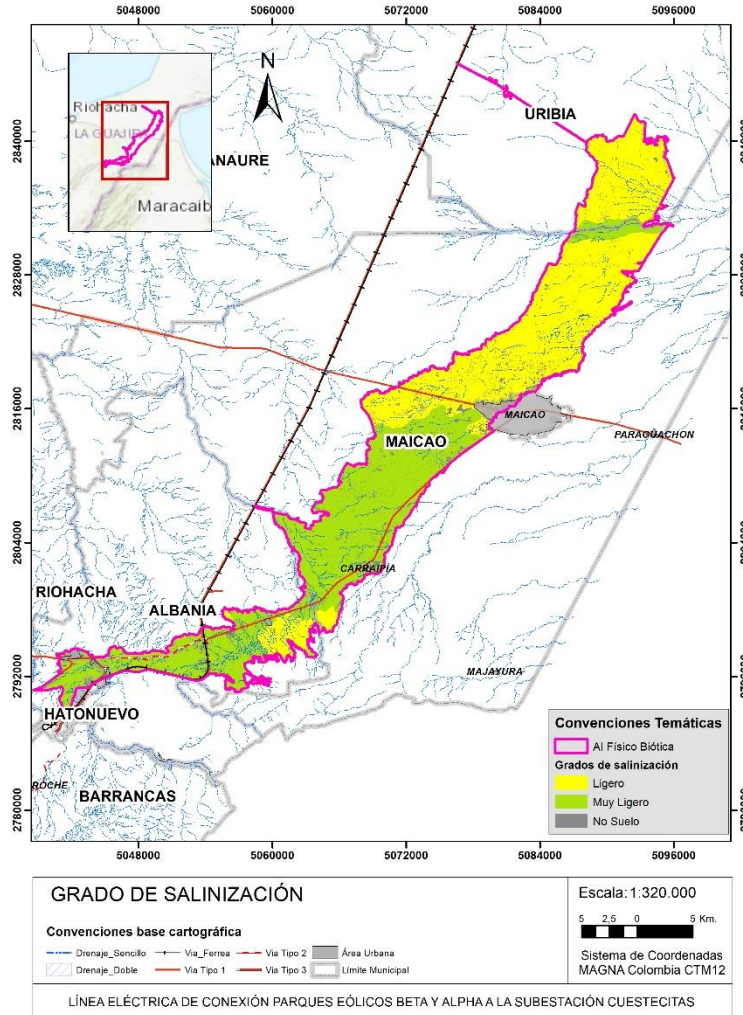


Figura 5–8 Grados de salinización dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.5.13 Análisis de Tendencia de la Degradación por Desertificación.

A continuación, se realiza el análisis de tendencia de la degradación por desertificación dentro del área de influencia, la cual se basa en la metodología propuesta por el IGAC-IDEAM-MAVDT en el protocolo de degradación de suelos y tierras por desertificación.

La degradación de los suelos hace referencia a la disminución de la producción, de su calidad y de su capacidad para cumplir con las funciones y servicios ecosistémicos, por lo tanto, el diagnóstico de este proceso, de sus causas y sus consecuencias, es de vital importancia para la toma de decisiones en lo referente a la gestión sostenible de los suelos a nivel nacional e internacional. Para el desarrollo de este numeral se ha utilizado como fuente de información de referencia El Protocolo de Degradación de Suelos y Tierras por Desertificación, IGAC, IDEAM, MAVDT 2010.

Para obtener la magnitud y la severidad de la desertificación en el área de influencia del EIA – para el Proyecto se realiza de la siguiente forma: la magnitud se halla a partir de la unión de las coberturas

de clima, ecosistemas y suelos, sin embargo, antes de hacer la unión, se califica cada una de las variables de la siguiente manera (Ver **Tabla 5-76**, **Tabla 5-77** y **Tabla 5-78**).

Tabla 5-76 Criterio de ponderación del clima

VARIABLE	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Climas áridos	4	Muy alto	Climas más secos, en donde las precipitaciones son escasas y suelen ser torrenciales. Es característico de las zonas desérticas, y por eso se asigna el máximo valor
Climas semiáridos – Muy secos	3	Alto	Climas secos, en donde la vegetación y suelo se adaptan a condiciones de poca humedad y bajas precipitaciones en el año.
Climas semihúmedos	1	Baja	Los climas semihúmedos son considerados como secos, sin embargo, permiten alguna presencia de humedad, y esto disminuye la susceptibilidad.
Climas húmedos	0	No objeto de estudio	Los otros climas no se consideran susceptibles biofísicamente a la desertificación, tomando como criterio que la relación P/ETP es baja, lo que significa que la vegetación y suelos tienen la posibilidad de disponer de agua durante la mayor parte del año.

Fuente: GÓMEZ, 2019.

Tabla 5-77 Criterios de ponderación ecosistemas

ECOSISTEMAS	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Ecosistemas y vegetación típica de climas áridos	4	Muy alto	Vegetación de condiciones extremas, característica de zonas desérticas
Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – muy secos	3	Alto	Vegetación muy sensible, que se adapta a condiciones de baja humedad y precipitación. Son altamente susceptibles biofísicamente a la desertificación.
Ecosistemas y vegetación típica de climas semihúmedos	0	Sin susceptibilidad a la desertificación	Vegetación expuesta a sequía durante varios meses del año, que depende de ecosistemas de regulación hídrica.
Con vegetación y/o ecosistemas de otros climas	0	Sin susceptibilidad a la desertificación	Vegetación con condiciones favorables Vegetación con condiciones favorables

Fuente: Adaptado De Salamanca, 2015.

Tabla 5-78 Criterios de ponderación suelos

SUELOS	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Árido	4	Muy alto	Relacionados con climas áridos por sus condiciones extremas de bajos niveles de humedad.
Ústico	3	Alto	Los suelos con régimen ústico son altamente susceptibles a la desertificación por mantenerse secos durante periodos de al menos 90 días, sin embargo, tienen más resiliencia que lo árido.
Otros	0	Sin susceptibilidad a la desertificación	No son susceptibles a la desertificación

Fuente: Adaptado De Salamanca, 2015.

Luego de valorar cada una de las variables en las coberturas espaciales de información, se realiza una unión especial, en donde se suman los valores de cada una de variables y se promedian.

Magnitud de la susceptibilidad de la desertificación = (clima + ecosistemas + suelo) /3

En cuanto la importancia o la severidad de la desertificación se determinan a partir del estado de la degradación de suelos actuales como la presencia de erosión y salinización de suelos. Las zonas con suelos degradados, ya sea física o químicamente, representan un estado real de pérdida de calidad en los suelos y se convierten en un escenario ideal para la presencia de procesos de desertificación (Salamanca, 2015). La intensidad o severidad de la desertificación solo se obtiene de las zonas que obtuvieron magnitud de moderada a muy alta a la desertificación. La ponderación de la salinización y la de erosión de los suelos se sugiere de la siguiente manera.

Tabla 5-79 Clasificación por grados de erosión y salinización

GRADOS DE EROSIÓN/SALINIZACIÓN	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Muy severa	4	Muy alta	Hay desaparición total de los horizontes superficiales del suelo. Son escenarios de degradación crítica del suelo, prácticamente sin

GRADOS DE EROSIÓN/SALINIZACIÓN	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
			posibilidad de recuperación. Se presentan altos contenidos de sales y sodio, que degradan el suelo químicamente. Estos suelos son improductivos y es improbable su recuperación.
Severa	3	Alta	El horizonte A del suelo ya no se observa, y el B está expuesto. Es un escenario de alta degradación del suelo. Hay contenidos perjudiciales de sales en el suelo, disminuyendo altamente sus funciones y servicios. Su recuperación tiene costos altos.
Moderada	2	Moderada	Es una degradación parcial del suelo, donde las funciones y servicios que este presta se ven disminuidos.
Ligera	1	Baja	Es una degradación ligera del suelo, donde las funciones y servicios que este presta se ven disminuidos.
No hay	0	No hay	No hay problemas de degradación.

Fuente: Adaptado De Salamanca, 2015.

Tabla 5-80 Criterios de ponderación de la erosión y la salinización de los suelos

GRADOS DE EROSIÓN/SALINIZACIÓN	VALOR	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Muy alto	3	Muy alto	Se presentan contenidos perjudiciales de sales en los suelos.
Alta	2	Alta	Se presentan contenidos perjudiciales de sales en los suelos. Estos pueden recuperarse con manejos especiales y alguna inversión económica
Ligera	1	Baja	Se presentan indicios de pérdida del suelo y de sus funciones
Sin evidencia / No suelo	0	No desertificación	No se consideran importantes en la susceptibilidad biofísica a la desertificación. No hay degradación química del suelo por salinización.

Fuente: Adaptado De Salamanca, 2015.

Luego de hacer la ponderación de cada uno de los perfiles se hace una unión espacial y se suman las dos variables y se le realiza un promedio, obteniendo de esta forma la importancia.

Importancia de la desertificación = (erosión + salinización) / 2

Ya una vez teniendo la magnitud y la importancia de la desertificación se consideran los siguientes rangos de evaluación de la desertificación (ver **Tabla 5-81**):

Tabla 5-81 Evaluación de la desertificación en el área de influencia

MAGNITUD		IMPORTANCIA SEVERIDAD	
Valor	Categoría	Valor	Categoría
4	Muy alta	4	Muy alta
3-3,9	Alta	3-3,9	Alta
2-2,9	Moderada	2-2,9	Moderada
1-1,9	Baja	1-1,9	Baja
0-0,9	Sin desertificación	0-0,9	Sin desertificación

Fuente: Adaptado De Salamanca, 2015.

Seguidamente, en la **Tabla 5-82** y **Tabla 5-83**, se presenta el análisis de desertificación realizado en el área de influencia.

Tabla 5-82 Evaluación de la magnitud de la desertificación dentro del área del Proyecto

SÍMBOLO	UCS/FASE	CRITERIO DE PONDERACIÓN DEL CLIMA		CRITERIO DE PONDERACIÓN ECOSISTEMAS		CRITERIOS DE PONDERACIÓN SUELOS		MAGNITUD	
		Calificación		Calificación		Calificación		Calificación	
LXCL-A	LXCL-Ab	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	LXCL-Ac	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta

SÍMBOLO	UCS/FASE	CRITERIO DE PONDERACIÓN DEL CLIMA		CRITERIO DE PONDERACIÓN ECOSISTEMAS		CRITERIOS DE PONDERACIÓN SUELOS		MAGNITUD	
		Calificación		Calificación		Calificación		Calificación	
	LXCL-Ad	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
LXCL-B	LXCL-Bd	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
LXCL-C	LXCL-Cc	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	LXCL-Cd	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
LXDL-A	LXDL-Ab	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	LXDL-Ac	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
LXGP-A	LXGP-Ab	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	LXGP-Ad	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
LXGP-B	LXGP-Ba	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	LXGP-Bb	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
RXCC-A	RXCC-Aa	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	RXCC-Aa2	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	RXCC-Aa3	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	RXCC-Ab3	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
RXTP-A	RXTP-Aa	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
RXTP-B	RXTP-Ba	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	RXTP-Ba3	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
RXPS-A	RXPS-Ab	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
RXPV-A	RXPV-Aa	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta
	RXPV-Ab	Climas semiáridos – Muy secos	3	Ecosistemas y vegetación típica de climas semiáridos – Muy secos	3	Ústico	3	3	Alta

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Tabla 5-83 Evaluación de la importancia de la severidad de desertificación dentro del área del Proyecto

SÍMBOLO UCS	UCS/FASE	GRADO EROSIÓN		GRADO SALINIZACIÓN		SEVERIDAD DE LA DESERTIFICACIÓN	
		Calificación		Calificación		Calificación	Ponderación
LXCL-A	LXCL-Ab	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	LXCL-Ac	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	LXCL-Ad	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
LXCL-B	LXCL-Bd	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
LXCL-C	LXCL-Cc	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	LXCL-Cd	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
LXDL-A	LXDL-Ab	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	LXDL-Ac	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación

SÍMBOLO UCS	UCS/FASE	GRADO EROSIÓN		GRADO SALINIZACIÓN		SEVERIDAD DE LA DESERTIFICACIÓN	
		Calificación		Calificación		Calificación	Ponderación
LXGP-A	LXGP-Ab	Sin Erosión	0	Ligero	0	0	Sin desertificación
	LXGP-Ad	Sin Erosión	0	Ligero	0	0	Sin desertificación
LXGP-B	LXGP-Ba	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	LXGP-Bb	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
RXCC-A	RXCC-Aa	Sin Erosión	0	Ligero	1	0,5	Sin desertificación
	RXCC-Aa2	Erosión moderada	2	Ligero	1	1,5	Sin desertificación
	RXCC-Aa3	Erosión severa	3	Ligero	1	2	Moderada
	RXCC-Ab3	Erosión severa	3	Ligero	1	2	Moderada
RXTP-A	RXTP-Aa	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
RXTP-B	RXTP-Ba	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	RXTP-Ba3	Erosión severa	3	Muy ligero	0	1,5	Sin desertificación
RXPS-A	RXPS-Ab	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
RXPV-A	RXPV-Aa	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación
	RXPV-Ab	Sin Erosión	0	Muy ligero	0	0	Sin desertificación

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Teniendo en cuenta lo expuesto en la **Tabla 5-82** y **Tabla 5-83** se conocen cuáles y dónde están las zonas que están procesos de desertificación de suelos (indicador de estado). Considerando que la desertificación de los suelos es un proceso dinámico en el tiempo y en el espacio y que está muy ligado con las condiciones climáticas, especialmente con las sequías.

En el área de influencia, por clima, ecosistema y suelo los suelos presentan una magnitud alta a la desertificación. Los suelos con magnitud alta corresponden a los suelos que presentan un régimen de humedad ústico cuya característica obedece a los déficits de precipitación dentro del área de influencia. Ver **Figura 5-9** la distribución espacial.

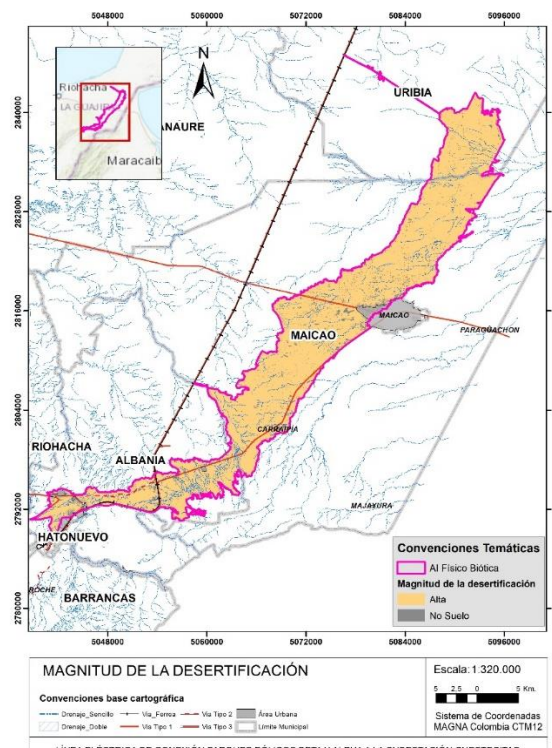


Figura 5-9 Magnitud de la desertificación dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental
Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

Por otra parte, teniendo en cuenta el grado de la salinización y erosión, los suelos presentan una categoría de severidad de sin desertificación en su gran mayoría (78,21%), dicha calificación está directamente relacionada con el grado muy ligero y ligero de salinización y grado de sin erosión y erosión moderada; por otra parte, se encuentra los suelos que presentan severidad moderada (16,74%), presentan grado de erosión severa y salinización ligera. Ver **Figura 5-10** la distribución espacial.

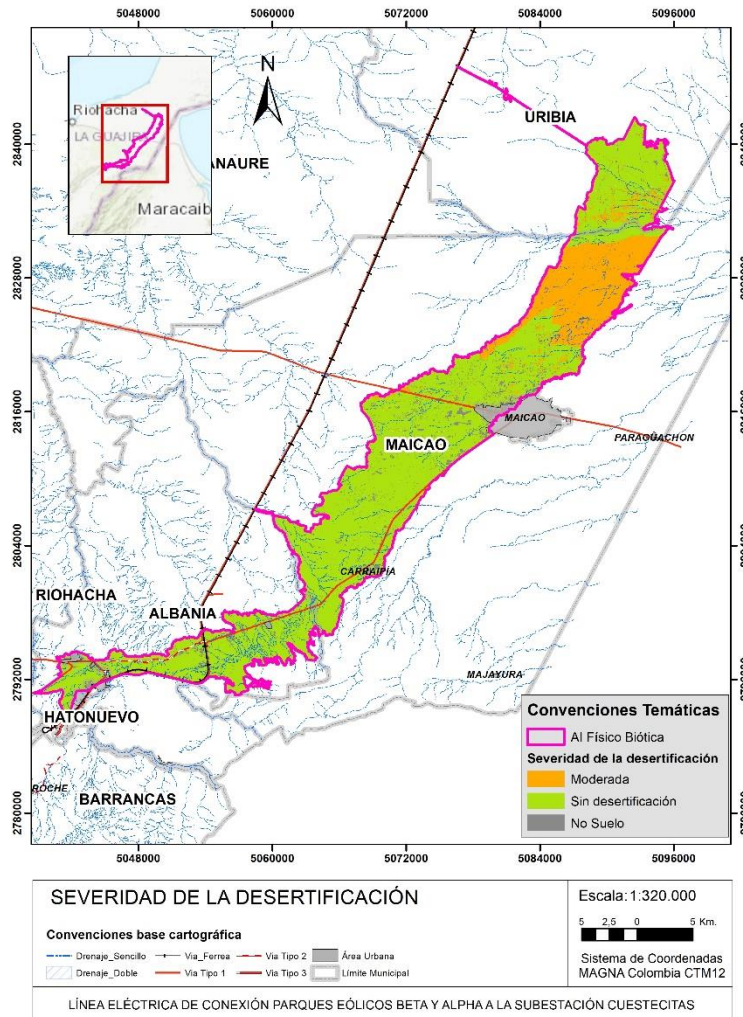


Figura 5-10 Severidad de la desertificación dentro del área del Estudio de Impacto Ambiental
Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha A Subestación Cuestecitas.

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



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

CAPITULO 5.1.6 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA HIDROLOGÍA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.6	<i>Hidrología</i>	<i>1</i>
5.1.6.1	Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional.....	1
5.1.6.1.1	Identificación de nivel subsiguiente	3
5.1.6.1.2	Identificación de cuerpos lóticos y lénticos	9
5.1.6.2	Análisis Climático	58
5.1.6.2.1	Análisis de la Precipitación.....	61
5.1.6.2.2	Análisis de la Temperatura.....	78
5.1.6.2.3	Evapotranspiración Potencial	99
5.1.6.2.4	Evapotranspiración Real	101
5.1.6.3	Fenómenos macro climáticos	103
5.1.6.3.1	Índice Oceánico (ONI)	104
5.1.6.3.2	SOI	107
5.1.6.4	Caracterización del régimen hidrológico	116
5.1.6.4.1	Identificación de estaciones Hidrométricas	116
5.1.6.4.2	Exploratorio de datos de caudal.	118
5.1.6.4.3	Ajuste a distribución Normal	122
5.1.6.4.4	Análisis de homogeneidad y tendencia.....	131
5.1.6.4.5	Cuencas Instrumentadas	137
5.1.6.4.6	Cuencas no instrumentadas	144
5.1.6.5	Indicadores hidroclimatológicos	190
5.1.6.5.1	Índice de retención y regulación hídrica (IRH).....	190
5.1.6.5.2	Índice de aridez (IA)	194
5.1.6.6	Análisis de la dinámica fluvial.	196
5.1.6.6.1	Dinámica.....	197
5.1.6.6.2	Revisión continuidad de drenajes.....	197
5.1.6.6.3	Inundaciones y desbordamientos.....	199
5.1.6.6.4	Análisis multitemporal de cuerpos lóticos	199
5.1.6.6.5	Análisis multitemporal de cuerpos lénticos	217
5.1.6.6.6	Relación espacio temporal de las inundaciones.	223
5.1.6.6.7	Metodología para obtener amenaza por inundaciones	231

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Localización hidrográfica del área de estudio.....	2
Tabla 5-2	Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica R. Ranchería.....	5
Tabla 5-3	Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).....	6
Tabla 5-4	Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica. Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508).....	8
Tabla 5-5	Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y de Minambiente (área, zona, subzona y nivel sub-siguiente).....	9
Tabla 5-6	Criterios para definición de tipo de corriente.....	36
Tabla 5-7	Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y de Minambiente (área, zona, subzona y nivel sub-siguiente).....	39
Tabla 5-8	Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica.....	40
Tabla 5-9	Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica.....	40
Tabla 5-10	Clasificación Índice de Compacidad de Gravelius.....	41
Tabla 5-11	Clasificación del Índice de compacidad (Kc) para las cuencas en análisis.....	41
Tabla 5-12	Clasificación por factor de forma.....	42
Tabla 5-13	Clasificación de las cuencas analizadas por factor de forma.....	43
Tabla 5-14	Clasificación Densidad de Drenaje.....	43
Tabla 5-15	Densidad de Drenaje en las cuencas de análisis.....	44
Tabla 5-16	Categorías para la clasificación del índice de sinuosidad.....	45
Tabla 5-17	Índice de sinuosidad en las cuencas de análisis.....	45
Tabla 5-18	Clasificación de la pendiente (%).	46
Tabla 5-19	Clasificación de la pendiente (%) en las cuencas de análisis.....	46
Tabla 5-20	Tiempos de concentración de las cuencas analizadas.....	48
Tabla 5-21	Patrones de drenaje de las unidades hidrográficas analizadas.....	53
Tabla 5-22	Estaciones seleccionadas.....	59
Tabla 5-23	Temporalidad de los registros de precipitación y % de datos faltantes.....	62
Tabla 5-24	Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia.....	63
Tabla 5-25	Resultados pruebas de Grubbs.....	66
Tabla 5-26	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit.....	69
Tabla 5-27	Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación.....	72
Tabla 5-28	Valores medios de precipitación mensual de las estaciones (mm/mes).....	76
Tabla 5-29	Temporalidad de los registros de temperatura y % de datos faltantes.....	78
Tabla 5-30	Resultados prueba de Grubbs para datos de temperatura.....	80
Tabla 5-31	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura media.....	84
Tabla 5-32	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura mínima.....	85
Tabla 5-33	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura máxima.....	86
Tabla 5-34	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media.....	87
Tabla 5-35	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima.....	88
Tabla 5-36	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima.....	89
Tabla 5-37	Valores promedio de temperatura mínima.....	90
Tabla 5-38	Valores de temperatura Máxima.....	92
Tabla 5-39	Valores promedio de temperatura media.....	95
Tabla 5-40	Valores de Evapotranspiración real (m).....	102
Tabla 5-41	Índice ONI reportado por la NOAA.....	105
Tabla 5-42	Correlación de residuos ONI y SOI.....	115
Tabla 5-43	Estaciones hidrométricas de interés.....	116
Tabla 5-44	(%) de Datos faltantes.....	121
Tabla 5-45	Estaciones hidrométricas de interés.....	121
Tabla 5-46	Test de normalidad Kolmogorov Smirnov – Caudal.....	124

Tabla 5-47	Comparación estadístico series imputadas estaciones de interés.....	131
Tabla 5-48	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit.....	132
Tabla 5-49	Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación.....	135
Tabla 5-50	Percentiles mensuales Río Ranchería. Estación.....	138
Tabla 5-51	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Río Ranchería. (m3/seg).....	139
Tabla 5-52	Resultados distribuciones de probabilidad Río Ranchería. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).....	139
Tabla 5-53	Percentiles mensuales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia.....	140
Tabla 5-54	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia. (m3/seg).....	141
Tabla 5-55	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Carraipia a la altura estación Carraipia.....	141
Tabla 5-56	Caudales para diferentes periodos de retorno Arroyo Carraipia a la altura estación Carraipia.....	142
Tabla 5-57	Percentiles mensuales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza.....	143
Tabla 5-58	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza (m3/seg).....	144
Tabla 5-59	Resultados distribuciones de probabilidad Ay Bruno a la altura de la estación La Esperanza.....	144
Tabla 5-60	Caudales para diferentes periodos de retorno Ay Bruno a la altura de la estación La Esperanza.....	144
Tabla 5-61	Estaciones Limnimétricas de interés para análisis de transposición de caudal.....	145
Tabla 5-62	Percentiles mensuales Arroyo Porciosa.....	147
Tabla 5-63	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Porciosa . (m3/seg).....	147
Tabla 5-64	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Porciosa.....	148
Tabla 5-65	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	148
Tabla 5-66	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo El Salado.....	150
Tabla 5-67	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	150
Tabla 5-68	Percentiles mensuales Arroyo El Salado.....	150
Tabla 5-69	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo El Salado. (m3/seg).....	151
Tabla 5-70	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Arroyo Wachuari.....	153
Tabla 5-71	Caudales para diferentes periodos de Arroyo Wachuari.....	153
Tabla 5-72	Percentiles mensuales Arroyo Wachuari.....	153
Tabla 5-73	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Wachuari (m3/seg).....	154
Tabla 5-74	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Amaripa.....	156
Tabla 5-75	Caudales para diferentes periodos de Amaripa.....	156
Tabla 5-76	Percentiles mensuales Arroyo Amaripa.....	156
Tabla 5-77	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Amaripa.....	157
Tabla 5-78	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Shishipecth Taikal.....	159
Tabla 5-79	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	159
Tabla 5-80	Percentiles mensuales Arroyo Shishipecth Taikal.....	159
Tabla 5-81	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Shishipecth Taikal.....	160
Tabla 5-82	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Talmastol.....	162
Tabla 5-83	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	162
Tabla 5-84	Percentiles mensuales Arroyo Talmastol.....	162
Tabla 5-85	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Talmastol.....	163
Tabla 5-86	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Mocucutao.....	165
Tabla 5-87	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	165
Tabla 5-88	Percentiles mensuales Arroyo Mocucutao.....	165
Tabla 5-89	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Mocucutao.....	166
Tabla 5-90	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Kashirain.....	168
Tabla 5-91	Caudales para diferentes periodos de retorno.....	168
Tabla 5-92	Percentiles mensuales Arroyo Kashirain.....	168
Tabla 5-93	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Kashirain.....	169
Tabla 5-94	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Irruían.....	171

Tabla 5-95	Caudales para diferentes periodos de retorno.	171
Tabla 5-96	Percentiles mensuales Arroyo Irruían	171
Tabla 5-97	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Irruían.....	172
Tabla 5-98	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Joumana	174
Tabla 5-99	Caudales para diferentes periodos de retorno.	174
Tabla 5-100	Percentiles mensuales Arroyo Joumana	174
Tabla 5-101	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Joumana.....	175
Tabla 5-102	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Kanéhuakan.....	177
Tabla 5-103	Caudales para diferentes periodos de retorno.	177
Tabla 5-104	Percentiles mensuales Arroyo Kanéhuakan.....	177
Tabla 5-105	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Kanéhuakan.	178
Tabla 5-106	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Makúrirap.....	180
Tabla 5-107	Caudales para diferentes periodos de retorno.	180
Tabla 5-108	Percentiles mensuales Arroyo Makúrirap.....	180
Tabla 5-109	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Makúrirap.....	181
Tabla 5-110	Resultados distribuciones de probabilidad Caño Hondo.....	183
Tabla 5-111	Caudales para diferentes periodos de retorno.	183
Tabla 5-112	Percentiles mensuales Caño Hondo	183
Tabla 5-113	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Caño Hondo.....	184
Tabla 5-114	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Santana	186
Tabla 5-115	Caudales para diferentes periodos de retorno.	186
Tabla 5-116	Percentiles mensuales Arroyo Santana	186
Tabla 5-117	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Santana.....	187
Tabla 5-118	Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Yuma (Guayumana)	189
Tabla 5-119	Caudales para diferentes periodos de retorno.	189
Tabla 5-120	Percentiles mensuales Arroyo Yuma (Guayumana)	189
Tabla 5-121	Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Yuma (Guayumana).....	190
Tabla 5-122	Rangos de clasificación del índice de retención y regulación hídrica (IRH).	193
Tabla 5-123	Índice de retención y regulación hídrica de las unidades hidrográficas del área de influencia.	193
Tabla 5-124	Rangos de clasificación del índice de aridez (IA)	194
Tabla 5-125	Índice de aridez área de estudio.	195
Tabla 5-126	Interrupción de drenajes por la construcción de reservorios o Jagueyes.	198
Tabla 5-127	Categorías de susceptibilidad a las inundaciones	225
Tabla 5-128	Sectores susceptibles a la inundación a partir del componente y/o elemento geomorfológico.....	226
Tabla 5-129	Susceptibilidad a la inundación a partir de la cobertura de la tierra.....	228
Tabla 5-130	Porcentaje del área de influencia bajo categoría de susceptibilidad.	230
Tabla 5-131	Eventos de inundación reportados en el área de estudio	232
Tabla 5-132	Categorización del inventario de eventos	233
Tabla 5-133	Categorización de la precipitación media	234
Tabla 5-134	Resultados amenaza por inundación	235

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis.....	1
Figura 5-2	Localización del área de influencia físico-biótica del proyecto en la respectiva zona hidrográfica.....	2
Figura 5-3	Localización de las subzonas hidrográficas en referencia al área de influencia físicobiótica.....	3
Figura 5-4	Metodología para delimitación de cuencas con reacondicionamiento	4
Figura 5-5	cuencas del Río Ranchería.....	5
Figura 5-6	Unidades hidrográficas dentro de la subzona hidrográfica. R. Ranchería (1506)	6
Figura 5-7	Unidades hidrográficas nivel II dentro de la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).....	7
Figura 5-8	Unidades hidrográficas nivel II dentro de la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).....	8
Figura 5-9	Puntos de referencia para revisión de sistemas lóticos y caracterización.	12
Figura 5-10	Localización del Río Ranchería y Arroyo Bruno con respecto a la infraestructura del proyecto	13
Figura 5-11	Localización del Arroyo El Salado con respecto a la infraestructura del proyecto.....	14
Figura 5-12	Localización del Arroyo Purpurema y Porciosa con respecto a la infraestructura del proyecto	17
Figura 5-13	Localización del Arroyo Makúripap y Kanéhuakan con respecto a la infraestructura del proyecto	19
Figura 5-14	Localización del Arroyo Hondo y Esterillado con respecto a la infraestructura del proyecto	22
Figura 5-15	Localización del Arroyo Sotchy con respecto a la infraestructura del proyecto	23
Figura 5-16	Localización del Arroyo Jorotson, Irruaín y Joumana con respecto a la infraestructura del proyecto	25
Figura 5-17	Puntos de referencia para revisión de sistemas lénticos y caracterización.	29
Figura 5-18	Esquema teórico drenajes orden cero.....	36
Figura 5-19	Esquema teórico drenajes efímeros	37
Figura 5-20	Comportamiento del hidrograma de creciente en función de la forma de la cuenca.	42
Figura 5-21	Esquema de Patrones de drenaje en cuencas	51
Figura 5-22	Esquema de patrones de drenajes en cuencas	52
Figura 5-23	Esquema de Patrones de drenaje en cuencas.	52
Figura 5-24	Ubicación espacial de las estaciones	59
Figura 5-25	Polígonos de Thiessen	63
Figura 5-26	Análisis BOXPLOTS	65
Figura 5-27	Datos imputados precipitación total diaria	68
Figura 5-28	Prueba de homogeneidad de Pettitt para precipitación total diaria	70
Figura 5-29	Análisis de tendencia.....	73
Figura 5-30	Comportamiento precipitación en las diferentes estaciones.....	76
Figura 5-31	Precipitación media mensual multianual.....	77
Figura 5-32	Comportamiento espacial de la precipitación.....	78
Figura 5-33	Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura.....	79
Figura 5-34	BOXPLOTS mensuales para datos de temperatura	80
Figura 5-35	Datos imputados temperatura media	82
Figura 5-36	Datos imputados temperatura mínima	83
Figura 5-37	Datos imputados temperatura máxima	83
Figura 5-38	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura media.....	84
Figura 5-39	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura mínima.	85
Figura 5-40	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura máxima.	86
Figura 5-41	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media	87
Figura 5-42	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima	88
Figura 5-43	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima.....	89

Figura 5-44	Análisis de comportamiento de la temperatura mínima en cada una de las estaciones. .	92
Figura 5-45	Análisis de comportamiento de la temperatura máxima.	94
Figura 5-46	Análisis de comportamiento de la temperatura media.....	97
Figura 5-47	Temperatura media.	97
Figura 5-48	Temperatura media estaciones.	98
Figura 5-49	Temperatura media estaciones.	99
Figura 5-50	ETP (mm/mes).....	101
Figura 5-51	Valores medios mensuales de precipitación y evapotranspiración real	103
Figura 5-52	Regiones del niño en el océano pacifico	105
Figura 5-53	Análisis índices SPI e SOI	114
Figura 5-54	Estaciones Limnimétrica cercanas al área de estudio.	117
Figura 5-55	Serie Históricas de caudales.....	121
Figura 5-56	Análisis de normalidad.	123
Figura 5-57	Análisis de datos atípicos.	125
Figura 5-58	Diagrama metodología imputación múltiple.....	127
Figura 5-59	Resultados series imputadas – Caudales Rio Rancheria.	128
Figura 5-60	Resultados series imputadas – Caudales Ay Bruno, Ay Tabaco y Carraipia.	128
Figura 5-61	Gráfica de densidad de resultados de datos imputados.....	129
Figura 5-62	Comparativo de medios multianuales de series sintéticas método regresión múltiple y medios multianuales de series crudas – Caudal.....	130
Figura 5-63	Análisis de Homogeneidad.....	133
Figura 5-64	Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación.....	136
Figura 5-65	Análisis de caudales. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).	137
Figura 5-66	Distribución anual y mensual de caudales Río Rancheria.	138
Figura 5-67	Análisis de caudales.	140
Figura 5-68	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia.	141
Figura 5-69	Análisis de caudales.	142
Figura 5-70	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza.....	143
Figura 5-71	Análisis de caudales.	146
Figura 5-72	Análisis de cajas y bigotes.....	147
Figura 5-73	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Porciosa.	147
Figura 5-74	Análisis de caudales.	149
Figura 5-75	Análisis de cajas y bigotes.....	149
Figura 5-76	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo El Salado.....	151
Figura 5-76	Análisis de caudales.	152
Figura 5-77	Análisis de cajas y bigotes.....	152
Figura 5-79	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Wachuari.....	154
Figura 5-79	Análisis de caudales.	155
Figura 5-81	Análisis de cajas y bigotes.....	155
Figura 5-82	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Amaripa.....	157
Figura 5-83	Análisis de caudales.	158
Figura 5-84	Análisis de cajas y bigotes.....	158
Figura 5-85	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Shishipech Taikal.....	160
Figura 5-86	Análisis de caudales.	161
Figura 5-87	Análisis de cajas y bigotes.....	161
Figura 5-88	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Talmastol.....	163
Figura 5-89	Análisis de caudales.	164
Figura 5-90	Análisis de cajas y bigotes.....	164
Figura 5-91	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Mocucutao.....	166
Figura 5-92	Análisis de caudales.	167
Figura 5-93	Análisis de cajas y bigotes.....	167
Figura 5-94	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Kashirain.....	169
Figura 5-95	Análisis de caudales.	170

Figura 5-96	Análisis de cajas y bigotes.....	170
Figura 5-97	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Irruáin.....	172
Figura 5-98	Análisis de caudales.....	173
Figura 5-99	Análisis de cajas y bigotes.....	173
Figura 5-100	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Joumana.....	175
Figura 5-101	Análisis de caudales.....	176
Figura 5-102	Análisis de cajas y bigotes.....	176
Figura 5-103	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Kanéhuakan.....	178
Figura 5-104	Análisis de caudales.....	179
Figura 5-105	Análisis de cajas y bigotes.....	179
Figura 5-106	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Makúrirap.....	181
Figura 5-107	Análisis de caudales.....	182
Figura 5-108	Análisis de cajas y bigotes.....	182
Figura 5-109	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Caño Hondo.....	184
Figura 5-110	Análisis de caudales.....	185
Figura 5-111	Análisis de cajas y bigotes.....	185
Figura 5-112	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Santana.....	187
Figura 5-113	Análisis de caudales.....	188
Figura 5-114	Análisis de cajas y bigotes.....	188
Figura 5-115	Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Mocucutao.....	190
Figura 5-116	Obtención del Índice de Retención y Regulación Hídrica.....	191
Figura 5-117	Obtención del Índice de Aridez de acuerdo con el estudio nacional del agua 2018.....	194
Figura 5-118	Índice de aridez (IA) Estudio nacional del agua.....	195
Figura 5-119	Variación del cauce río Ranchería.....	200
Figura 5-120	Variación del cauce cañada Naunnau.....	201
Figura 5-121	Variación del cauce arroyo Purpurema.....	202
Figura 5-122	Variación del cauce arroyo Porciosa.....	203
Figura 5-123	Variación del cauce arroyo Mocucutao.....	204
Figura 5-124	Variación del cauce arroyo Meeratus.....	205
Figura 5-125	Variación del cauce arroyo La Mediana.....	206
Figura 5-126	Variación del cauce arroyo Jasareshi alrededor de la OC75.....	207
Figura 5-127	Variación del cauce arroyo Jasareshi alrededor de las OC71 y OC72.....	208
Figura 5-128	Variación del cauce arroyo Jasareshi alrededor de las OC69 y OC70.....	209
Figura 5-129	Variación del cauce arroyo El Salado.....	210
Figura 5-130	Variación del cauce arroyo Amaripa.....	211
Figura 5-131	Variación del cauce arroyo Irruáin.....	212
Figura 5-132	Variación del cauce arroyo Kasucho.....	213
Figura 5-133	Meandro arroyo Kasucho ejemplo.....	215
Figura 5-134	Variación del cauce arroyo Kanéhuakan.....	216
Figura 5-135	Variación de la laguna Washington.....	218
Figura 5-136	Variación de la laguna Arrariajuy.....	219
Figura 5-137	Variación de la zona pantanosa del territorio Maraňamana.....	220
Figura 5-138	Variación de la laguna dentro de los predios del Cerrejón.....	221
Figura 5-139	Variación de la laguna Kurit.....	222
Figura 5-140	Variación de la laguna en inmediaciones del corregimiento Cuestecitas.....	223
Figura 5-141	Mapa de susceptibilidad a la inundación (IDEAM – 2011) a escala 1:100.000 en el área de influencia.....	224
Figura 5-142	Mapa de susceptibilidad a la inundación a partir de la geomorfología.....	227
Figura 5-143	Sectores susceptibles a la inundación a partir de la cobertura de la tierra en el área de influencia.....	229
Figura 5-144	Susceptibilidad a la inundación.....	231
Figura 5-145	Recurrencia de inundaciones.....	233
Figura 5-146	Precipitación media.....	234
Figura 5-147	Amenaza por inundación.....	236
Figura 5-148	Porcentaje del área de influencia con amenaza por inundación.....	237

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Río Ranchería.....	13
Fotografía 5-2	Arroyo El Salado.	15
Fotografía 5-3	Arroyo Bruna	16
Fotografía 5-4	Arroyo Purpurema	16
Fotografía 5-5	Arroyo Porciosa	18
Fotografía 5-6	Arroyo Makúripap	20
Fotografía 5-7	Arroyo Kanéhuakan	20
Fotografía 5-8	Arroyo Hondo	21
Fotografía 5-9	Arroyo Sotchy	24
Fotografía 5-10	Arroyo Jorotson	26
Fotografía 5-11	Arroyo Irruain	26
Fotografía 5-12	Arroyo Joumana.....	27
Fotografía 5-13	Arroyo Esterillado (Morokona).....	27
Fotografía 5-14	Arroyo NN1.....	28
Fotografía 5-15	Arroyo Huyuschipamana antes de las descargas de aguas residuales	28
Fotografía 5-16	Jaguey comunidad Sukuluwuu	30
Fotografía 5-17	Jaguey comunidad Talaura	30
Fotografía 5-18	Jagueyes comunidad Araparen	31
Fotografía 5-19	Reservorio.....	31
Fotografía 5-20	Jaguey comunidad Warashimana.....	32
Fotografía 5-21	Laguna de oxidación	32
Fotografía 5-22	Laguna Washington.	33
Fotografía 5-23	Laguna Arriarriajui o Shonkomana	33
Fotografía 5-24	Zona Pantanosa del gran territorio Marañamana.....	34
Fotografía 5-25	Laguna de naranjal dentro de predios del cerrejón	34
Fotografía 5-26	Laguna Kurit comunidad de wairamana	35
Fotografía 5-27	Laguna en inmediaciones del casco urbano de Cuestecitas	35
Fotografía 5-28	Zonas de drenajes efímeros	38

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.6 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 recurso tan importante y relevante para cualquier actividad humana.

En ese sentido, la evaluación hidrológica dentro de una primera fase pre-campo, se centró en la recopilación y análisis de información cartográfica, climatológica y otras variables de importancia ambiental asociadas a la hidrología, una segunda fase (Campo), en donde se validó y se recogió información ambiental directa en campo y una fase post campo donde se ajustó la información y se realizaron 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 fases.

5.1.6.1 Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional

Para la caracterización hidrográfica se utilizaron 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:

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

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 conformado por un consecutivo numérico compuesto por 10 dígitos. En la Figura 5-1 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.

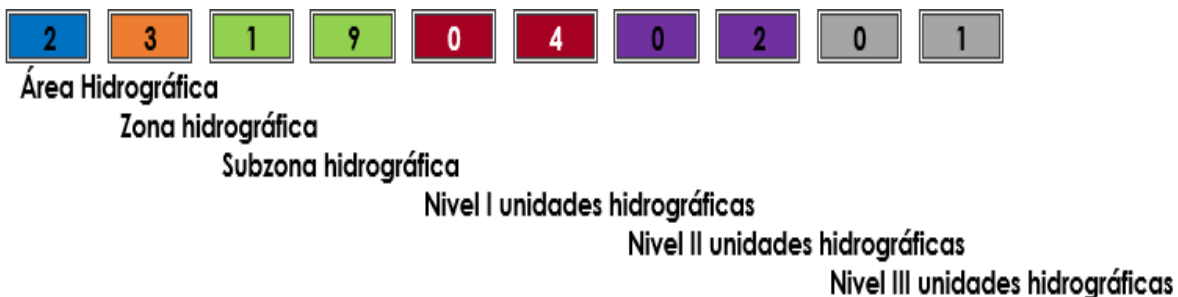


Figura 5-1 Sistema de codificación de unidades hidrológicas de análisis.

FUENTE: IDEAM, 2013

De acuerdo con los términos de referencia TDR-17, es necesario Localizar el área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional publicada por el IDEAM y del MADS (Área, Zona y Subzona), así como los niveles subsiguientes definidos por la Autoridad(es) Ambiental(es) Competente(s) en caso de existir, identificando los sistemas lénticos y lóticos, así como zonas de recarga potencial de acuíferos, con su respectiva toponimia. En caso de no existir niveles subsiguientes, se deberán definir unidades hidrográficas básicas de análisis a escala 1:10.000, o de mayor detalle utilizando la cartografía oficial disponible. A continuación, se presenta su identificación.

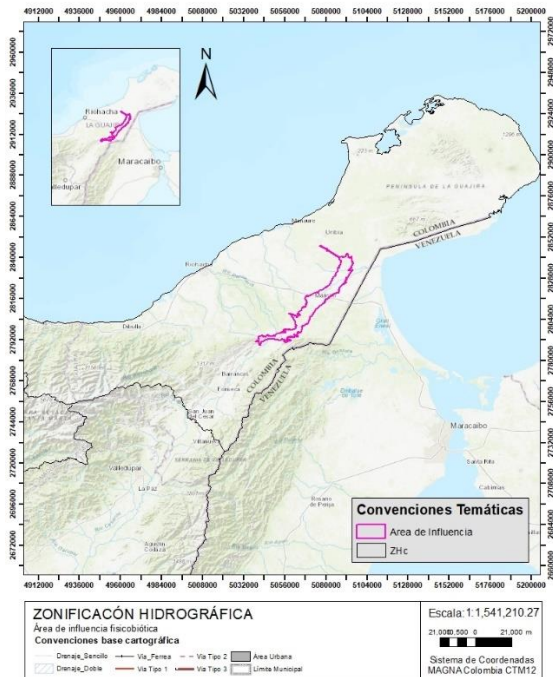
El área de influencia físico-biótica del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, hidrográficamente se localiza en el área hidrográfica Caribe (1), zona hidrográfica Caribe - Guajira (15) y las subzonas hidrográficas: R. Ranchería (1506), Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507) y Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508), conforme a lo establecido en el Artículo 10 del Decreto 1640 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, compilado en los artículos 2.2.3.1.2.2 del Decreto 1076, el cual establece las áreas hidrográficas para Colombia. Según lo descrito en el documento Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013). En la Tabla 5-1 se presenta la codificación.

Tabla 5-1 Localización hidrográfica del área de estudio.

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA HIDROGRÁFICA
Cuenca Orden 1	Cuenca Orden 2	Cuenca Orden 3
(1) Caribe	(15) Caribe - Guajira	1506 R. Ranchería
		1507 directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana
		1508 directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

A continuación, en la Figura 5-2 y la Figura 5-3, aparece la ubicación del área de influencia del proyecto en las zonas y subzonas hidrográficas.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

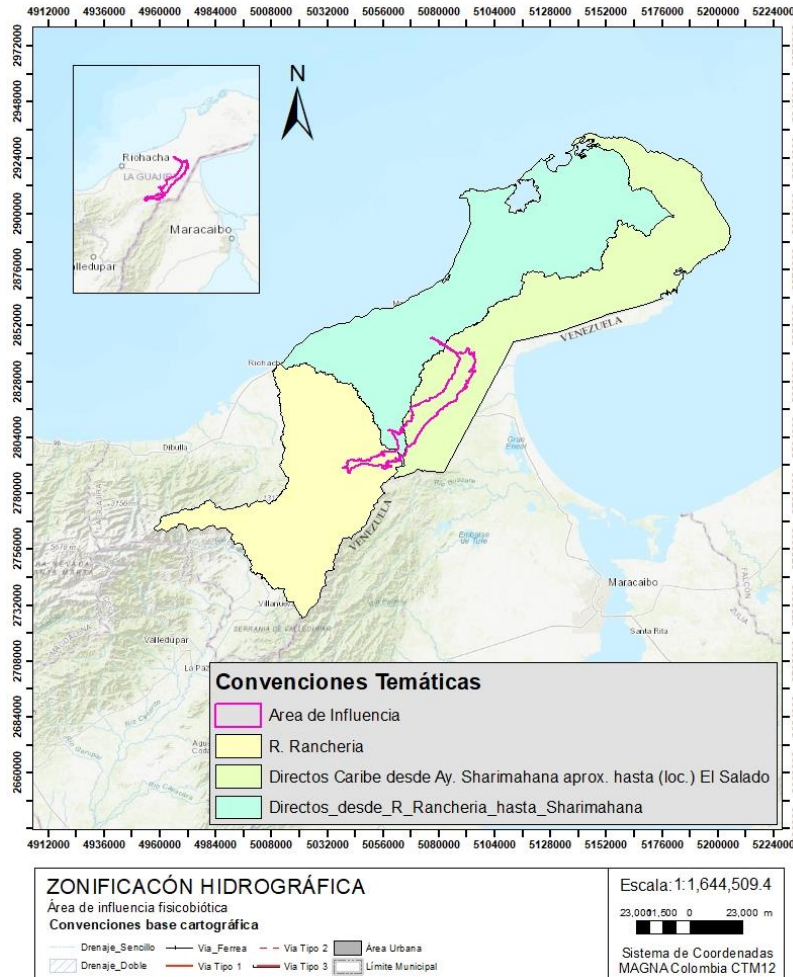


Figura 5-3 Localización de las subzonas hidrográficas en referencia al área de influencia fisicobiótica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

De esta forma el proyecto se encuentra en tres subzonas hidrográficas. En primera instancia, y mayoritariamente dentro de la subzona hidrográfica directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado, seguido de la subzona hidrográfica Río Ranchería y por último la subzona hidrográfica directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana.

5.1.6.1.1 Identificación de nivel subsiguiente

Las unidades hidrológicas nivel I pueden ser subdivididas, al igual que los niveles II y III se codifican de manera consecutiva a partir de la identificación de punto de entrega y el drenaje principal. A continuación, se presenta la propuesta de codificación para estos niveles en el área en estudio.

Con la depuración y el detalle de estudio de la red de drenaje y sistemas lénticos asociados al polígono del área de influencia se verifica su interconexión y distribución conforme a sus cuencas de aportación por fotointerpretación preliminar. Se utilizó como insumo base el modelo digital de terreno DEM, obtenido de los sistemas de información Internacional de la NASA. (DEM Alos Palsar).

Dado que este insumo está sometido a un margen de error considerable debido a que la zona posee una topografía predominantemente plana, se realizó un “burn in” o quemado de la red de drenaje con el fin de

poder delimitar con mayor precisión las unidades en las zonas planas. En la Figura 5-4 se puede observar la metodología llevada a cabo para la delimitación y burn in en el modelo digital del terreno.

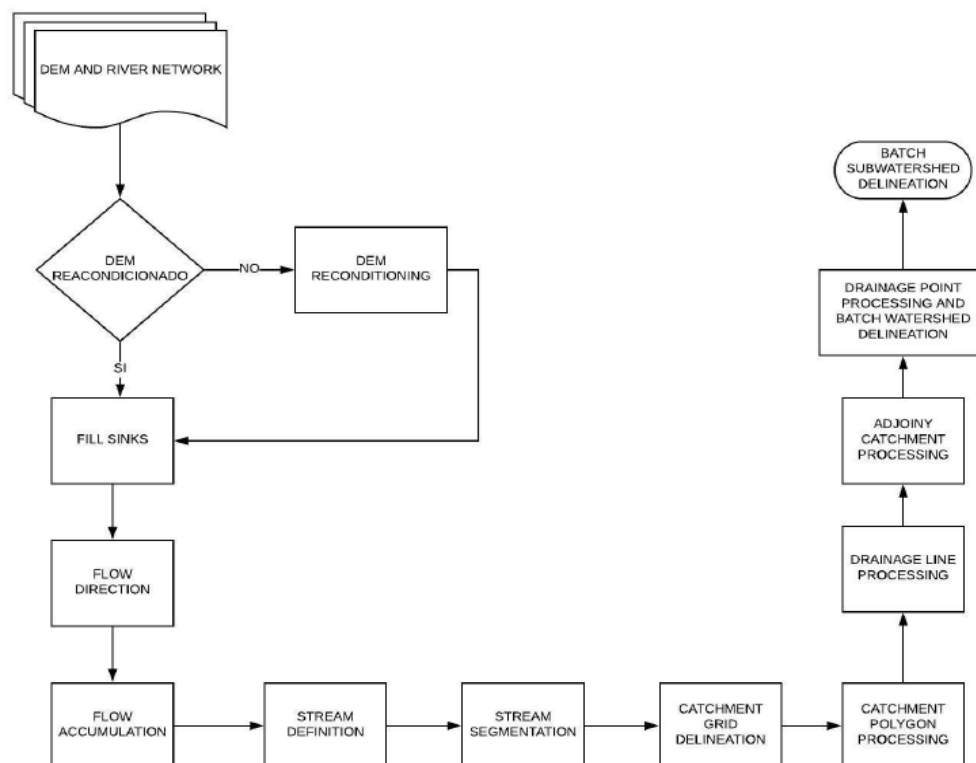


Figura 5-4 Metodología para delimitación de cuencas con reacondicionamiento

Fuente: David G Tarboton and David R. Maidment. 2018.

Se han aplicado diversos criterios técnicos durante el proceso de delineación de cuencas hidrográficas, con el fin de garantizar la precisión y coherencia del análisis. Estos criterios incluyen:

- La divisoria de aguas, fundamental en el proceso, se traza de manera perpendicular a las curvas de nivel y atraviesa los puntos de mayor elevación topográfica.
- Se considera el comportamiento de la divisoria en relación con las curvas de nivel: cuando la altitud de la divisoria aumenta, esta corta las curvas convexamente; mientras que, si la altitud disminuye, el corte se realiza en la parte cóncava de las curvas.
- Se asegura que la divisoria de agua no interrumpa los flujos naturales, excepto en puntos críticos como las salidas de la cuenca.

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.

Posteriormente, se definen los niveles subsiguientes a partir de la identificación de zonas de aportación, los cuales se cruzan con el área de influencia del componente hidrológico del proyecto. Estos niveles subsiguientes se establecen en función de la jerarquía de las subcuencas dentro del sistema hidrográfico.

Es importante destacar que el área de influencia del componente hidrología no contempla la totalidad de las cuencas que se están definiendo en los niveles II y III. si bien estos criterios son fundamentales, también

se tienen en cuenta otros aspectos relevantes para la definición del área de influencia del proyecto, los cuales se detallan en el capítulo correspondiente del documento.

5.1.6.1.1.1 Identificación de niveles subsiguientes para la subzona hidrográfica. R. Ranchería (1506)

Para la delimitación de los niveles subsiguientes para la subzona hidrográfica del R. Ranchería ubicada al sur del proyecto, se parte de la información del POMCA, plan de ordenamiento de la cuenca del río Ranchería, en la Figura 5-5, se presentan las subcuencas definidas por el POMCA.

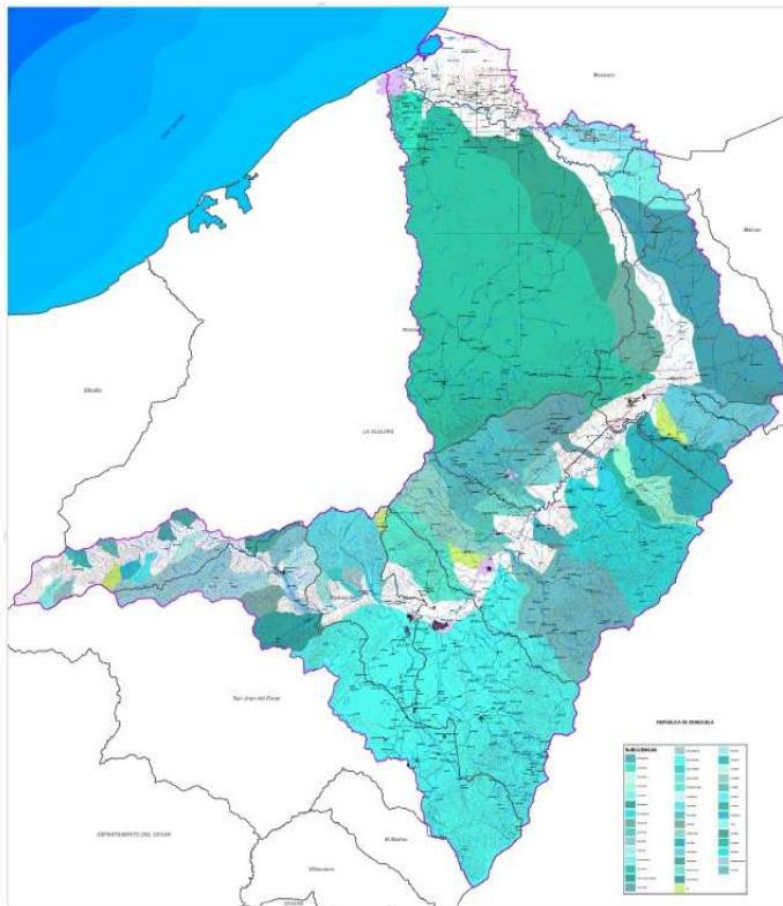


Figura 5-5 Cuencas del Río Ranchería

Fuente: plan de ordenamiento de la cuenca del río Ranchería, pág. 155.

Teniendo en cuencas que el POMCA no establece una codificación a las subcuencas definidas, a continuación, se presenta la localización el área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y de Minambiente (área, zona, subzona y nivel sub-siguiente), para la subzona hidrográfica del R. Ranchería, la cual se realiza a partir del drenaje principal de la zona río Ranchería, los cuales se presentan en la Tabla 5-2 y Figura 5-6.

Tabla 5-2 Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica R. Ranchería.

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	R. Ranchería 1506	Directos Río Ranchería 1506-01	Arroyo Brazo Jotomahama 150-601-01	Arroyo Porciosa 150601-01-01
				Arroyo Bruno 1506-01-02	Arroyo Bruno 150601-02-01

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
				Q de Moreno 1506-01-03	Arroyo El Salado 150601-03-01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

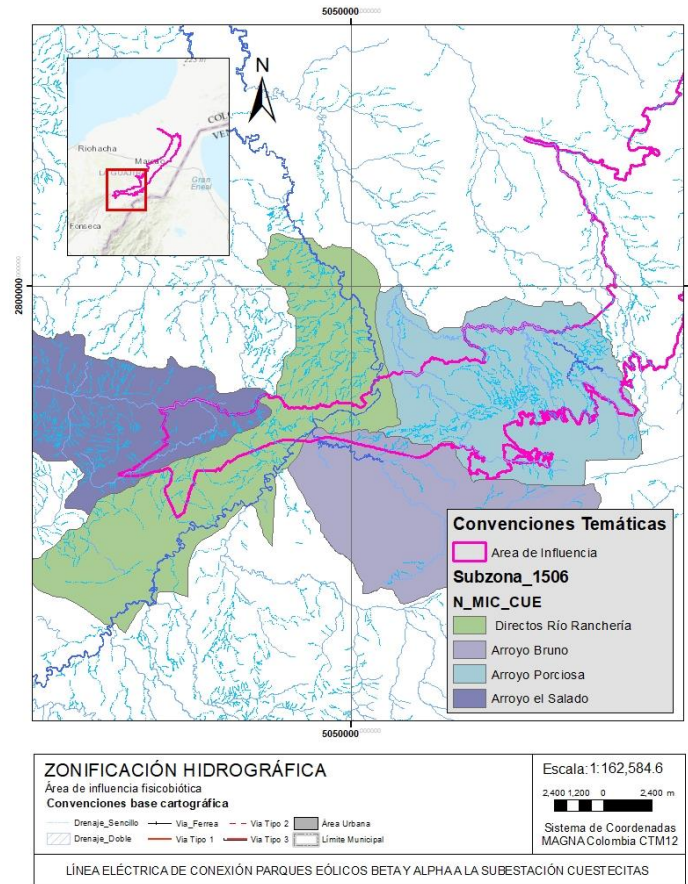


Figura 5-6 Unidades hidrográficas dentro de la subzona hidrográfica. R. Ranchería (1506)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.1.2 Identificación de niveles subsiguientes para la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507)

Para la subzona hidrográfica Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507), teniendo en cuenta la identificación de puntos de entrega se identificaron dos drenajes principales el río Carraipia y el Arroyo Kijotchom – Wampeshi. A partir de estos drenajes principales, se identificaron niveles subsiguientes, los cuales se presentan en la Tabla 5-3 y Figura 5-7.

Tabla 5-3 Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	(1507) directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana	Arroyo Kijotchom – Wampeshi 1507-02	Arroyo Wachuari 1507-02-01
				Arroyo Amaripa 1507-02-02

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I - UNIDADES HIDROGRAFICAS	NIVEL II - UNIDADES HIDROGRAFICAS
				Arroyo Shishipecch Taikalt 1507-02-03
				Arroyo Talamastol 1507-02-04
				Arroyo Mocucutao 1507-02-05
				Arroyo Kashirain 1507-02-06
				Arroyo Irruain 1507-02-07
				Arroyo Joumana 1507-02-08
			Río Carraipía 1507-01	Arroyo Caño Hondo 1507-01-01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

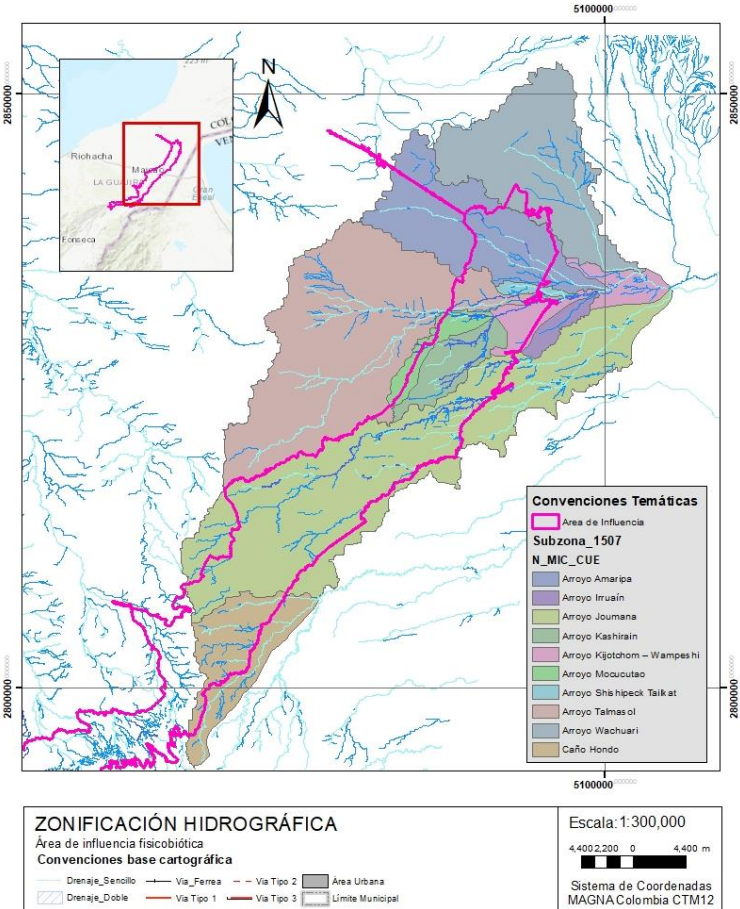


Figura 5-7 Unidades hidrográficas nivel II dentro de la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.1.3 *Identificación de niveles subsiguientes para la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508)*

Para la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508), teniendo en cuenta la identificación de punto de entrega se identificaron dos drenajes principales Ay. Chemerraín el cual se cruza por el norte del área y Arroyo Tawaya o Taaika el cual se ubica al sur esta del proyecto a partir de estos drenajes principales, se identificaron niveles subsiguientes, los cuales se presentan en la siguiente Tabla 5–4 y Figura 5–8.

Tabla 5–4 Identificación de niveles subsiguientes subzona hidrográfica. Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508).

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL IV – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	1508 directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado	Ay. Chemerraín 1508–01	Arroyo Mamurehen 1508–01–01	Arroyo Santana 1508–01–01–01	
			Arroyo Tawaya o Taaika 1508–02	Arroyo Tagua (Ushuru) 1508–02–01	Arroyo Kanéhuakan 1508–02–01–01	
					Arroyo Makúrirap 1508–02–01–02	
					Arroyo Planaca (Arroyo Kurinó) 1508–02–01–03	Arroyo Yuma (Guayumana) 1508–02–01–03–01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

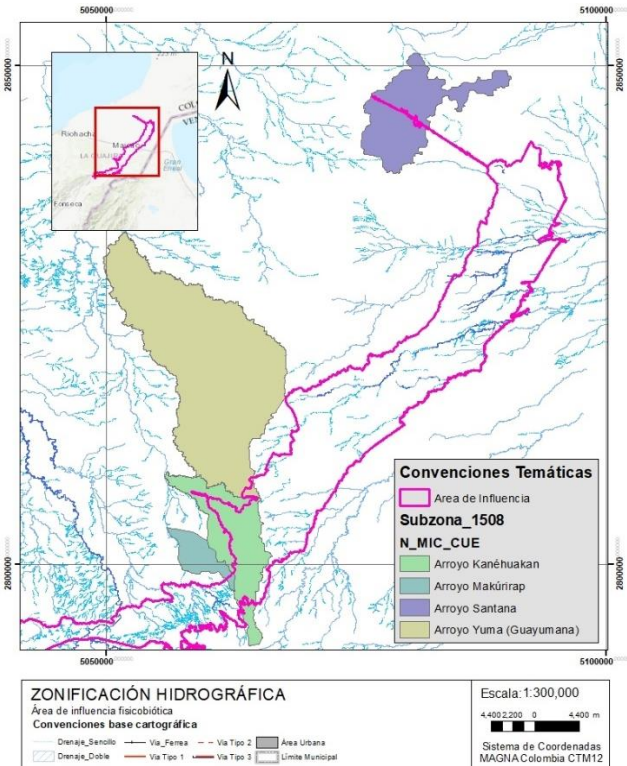


Figura 5–8 Unidades hidrográficas nivel II dentro de la subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente tabla se presenta la localización del área de influencia físico-biótica del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM (1:100.000) y de Minambiente (área, zona, subzona y niveles subsiguientes identificados.).

Tabla 5-5 Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y de Minambiente (área, zona, subzona y nivel sub-siguiente)

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL IV – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	1506 R. Ranchería	Directos Río Ranchería 1506-01	Arroyo Brazo Jotomahama 1506-01-01	Arroyo Porciosa 1506-01-01-01		
				Arroyo Bruno 1506-01-02	Arroyo Bruno 1506-01-02-01		
				Q de Moreno 1506-01-03	Arroyo El Salado 1506-01-03-01		
		(1507) directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana	Arroyo Kijotchom – Wampeshi 1507-02	Arroyo Wachuari 1507-02-01			
				Arroyo Amaripa 1507-02-02			
				Arroyo Shishipec Taikalt 1507-02-03			
				Arroyo Talamastol 1507-02-04			
				Arroyo Mocucutao 1507-02-05			
				Arroyo Kashirain 1507-02-06			
				Arroyo Irruain 1507-02-07			
				Arroyo Joumana 1507-02-08			
			Río Carraipía 1507-01	Arroyo Caño Hondo 1507-01-01			
		(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	1508 directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado	Ay. Chemerraín 1508-01		Arroyo Mamurehen 1508-01-01
Arroyo Tawaya o Taaika 1508-02	Arroyo Tagua (Ushuru) 1508-02- 01				Arroyo Kanéhuakan 1508-02-01-01		
					Arroyo Makúrirap 1508-02-01-02		
					Arroyo Planaca (Arroyo Kurinó) 1508-02-01-03		

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2 Identificación de cuerpos lóticos y lénticos

Como primer paso, se realizó la evaluación de la existencia de 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 para este EIA, haciendo uso del software ArcGis Pro. De esta forma, se realizó en el procesamiento de 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 cursos e interconexión a confluencias entre drenajes y sistemas lénticos. En ese sentido se obtuvo información a escala de detalle inferior a 1:2.000,

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

para dar cumplimiento a la escala establecida por los términos de referencia Tdr-17 y la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales 2018.

➤ Fase pre-campo

Para la caracterización preliminar de las unidades hidrológicas, se utilizó la información secundaria disponible en las fuentes oficiales 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.
- Imagen adquirida para el EIA.
- Modelo Digital de Terreno DEM Alos Palsar 12.5 y SRTM 30 m.
- Modelo Digital de Terreno DEM Lidar.
- Plan de Ordenamiento de cuencas –POMCA Río Ranchería y Carraipia.
- Registros históricos de las estaciones hidrometeorológicas en la zona del proyecto, conforme a la disponibilidad hidrométrica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Es importante destacar que la información cartográfica recuperada cataloga los cuerpos de agua lóticos como intermitentes o permanentes. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta clasificación puede no reflejar siempre la realidad de los cauces. Aunque se haya realizado una verificación en campo de algunos cuerpos de agua, no se puede establecer una clasificación certera a dichos cuerpos. Esto se debe a que cambiar la categorización de los cuerpos de agua requiere un seguimiento constante y prolongado, que va más allá del alcance y el cronograma típico de un EIA. Por lo tanto, es esencial considerar estas limitaciones al evaluar la información proporcionada en el presente documento.

➤ Fase 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 fase preliminar.

Previo a la salida al campo, se realizó la preparación de la información cartográfica disponible. Esta información se basó en datos de vías de acceso, ocupaciones de cauces y la red de drenaje. Estos datos se cargaron 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 verificación en el terreno tuvo lugar del 5 de septiembre al 3 de noviembre, abarcando parte de la época seca y húmeda.

Las actividades desarrolladas en la fase 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.

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

- 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.

A continuación, en la Figura 5-9 se muestran los puntos de control hidrológico planteados más los puntos adicionales tomados. Los puntos de control hidrológico para cuerpos de agua lénticos fueron planteados según la revisión de información secundaria, y el cálculo de una muestra representativa sobre el total de estos.

Cabe resaltar y hacer énfasis, 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 fase 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. De esta forma se consideró un mínimo de **n** observaciones, seleccionadas de entre la totalidad de cuerpos identificados, garantizando así una muestra representativa para cada uno de ellos.

$$n = (z^2 p q N) / (E^2 + Z^2 p q)$$

Z = nivel de confianza

N = población – censo

P = probabilidad a favor

Q = probabilidad en contra

E = error estimación

N = tamaño de la muestra

Cant: 125

5.1.6.1.2.1 Cuerpos lénticos

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 presente en la zona, donde 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, el modelo digital de elevación y 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 permitiera, 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 permitieron la interpretación dinámica de las corrientes se muestran en la Figura 5-9. Cabe destacar que algunos puntos verificados en campo se encuentran por fuera de la actual versión final del área de influencia hidrológica debido a que el proceso para la definición del AI es un proceso iterativo en el cual el área está sujeta a múltiples cambios

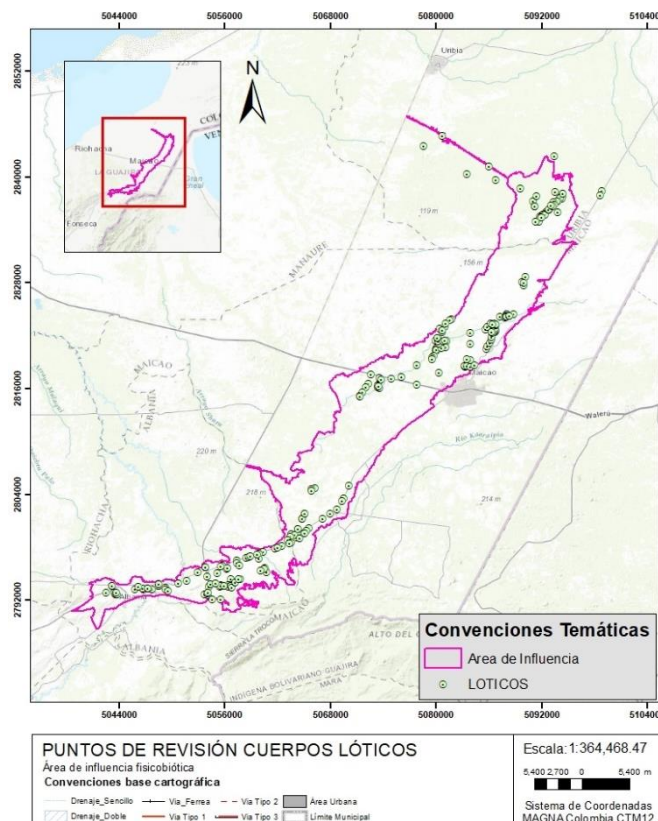


Figura 5-9 Puntos de referencia para revisión de sistemas lóticos y caracterización.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.1 Río Ranchería

El río Ranchería drena en dirección SE-NW dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte suroccidental del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-10. Este es una arteria fluvial muy importante en el departamento de La Guajira. Nace en el cerro La Horqueta, a más de 3000 m s. n. m., en la Sierra Nevada de Santa Marta, y desemboca en el mar Caribe en ese mismo departamento.

El río Ranchería recorre por completo la sierra Nevada desde el centro de este sistema montañoso hasta su ladera oriental, formando un valle en V de 48 km de trayectoria a alturas superiores a los 2000 m.s.n.m. En su recorrido durante la cuenca alta, cuenta con numerosos afluentes debido a que los cerros se encuentran en disposición contraria a la corriente del río.

Por otra parte, el Río Ranchería cuenta con el POMCA del Río Ranchería aprobado el 5 de abril de 2013 mediante resolución 1234.



Coordenadas ESTE 5050742,55 NORTE 2793940,45

Fotografía 5-1 Río Ranchería

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

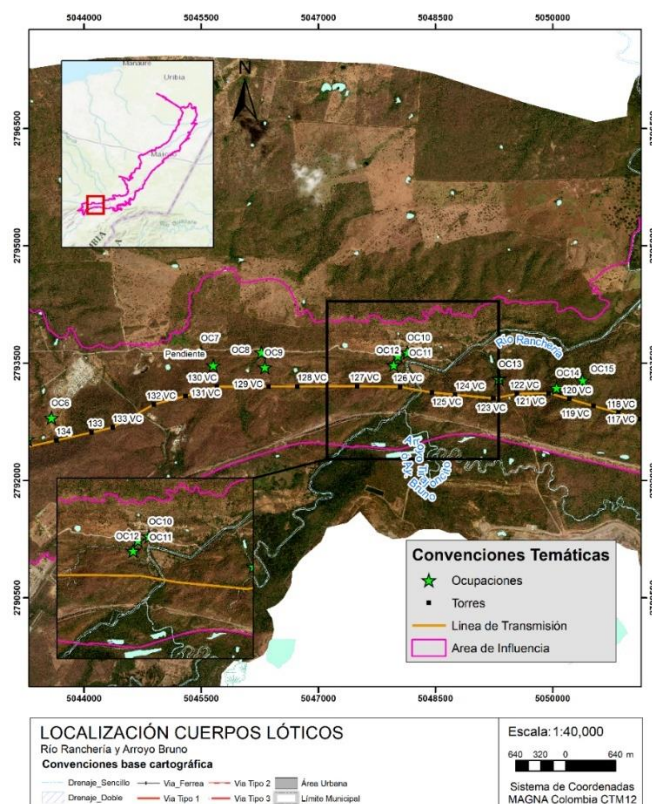


Figura 5-10 Localización del Río Ranchería y Arroyo Bruno con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.2 Arroyo El Salado

El Arroyo El Salado drena en dirección SE–NW dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5–11. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual posee pequeños caudales o ausencia total de flujo durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables, esto se evidencio mediante el tipo de sedimento y material de arrastre encontrados en el lecho del cuerpo de agua.

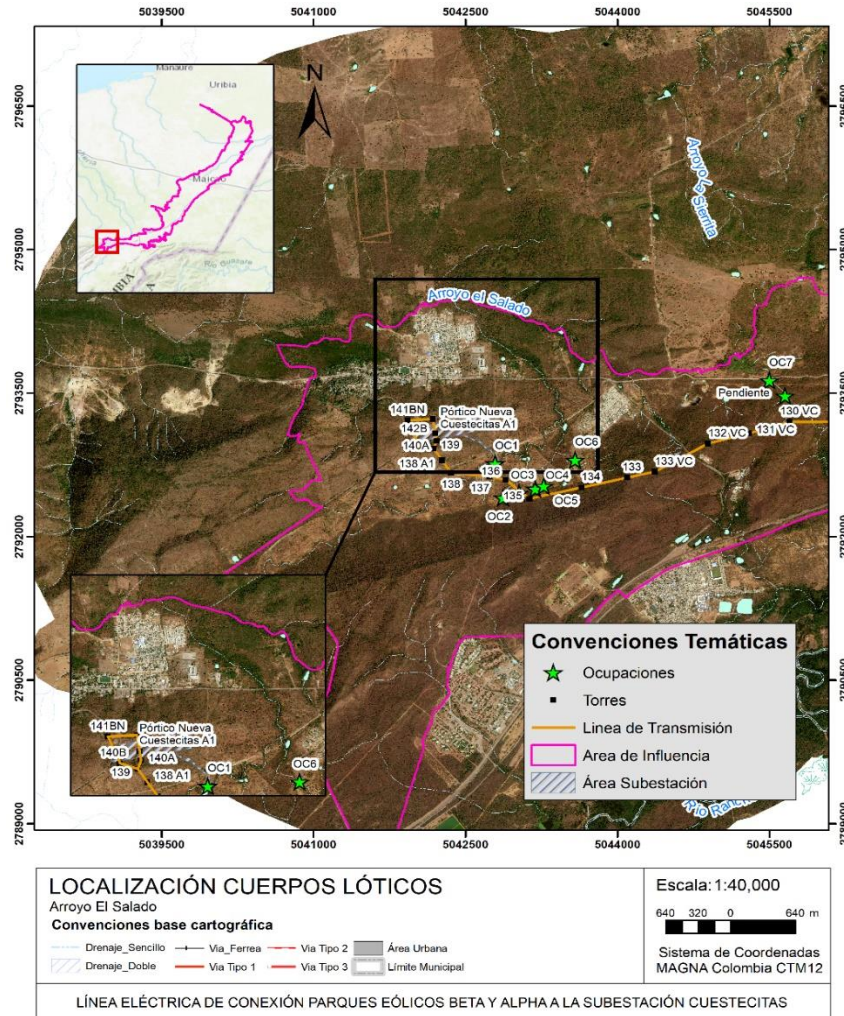
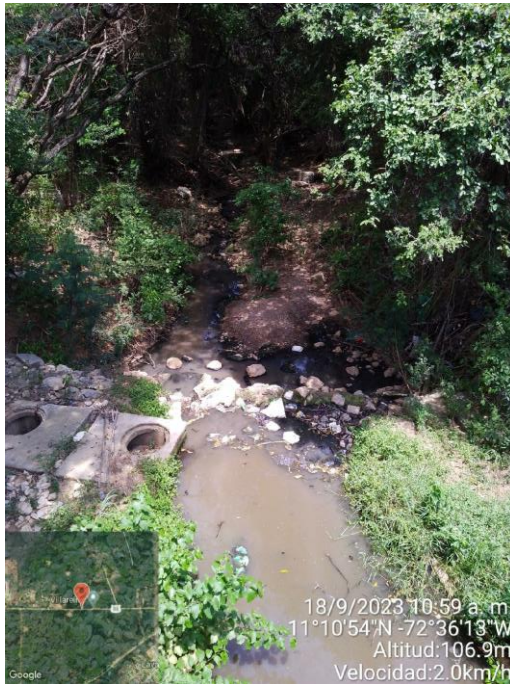


Figura 5–11 Localización del Arroyo El Salado con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5043259,32 NORTE 2793650,45

Fotografía 5-2 Arroyo El Salado.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.3 Arroyo Bruno

El Arroyo Bruno drena en dirección SW-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-10. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter semi-permanente a permanente, el cual posee un pequeño flujo base el cual parece no desaparecer en temporada de estiaje. Por otro lado, ante eventos de precipitación se puede inferir que la cuenca produce altos caudales pico debido a la magnitud del área de la sección transversal y su disectación, y así mismo, esto se evidencio mediante el tipo de sedimento y material de arrastre encontrados en el lecho del cuerpo de agua.

El Arroyo Bruno es un afluente importante en el departamento de La Guajira. Nace en la parte alta de la Serranía del Perijá, dentro de la Reserva Forestal Montes de Oca, y recorre los municipios de Maicao y Albania. Este arroyo pertenece al río Ranchería y abastece de agua a varias comunidades aledañas.



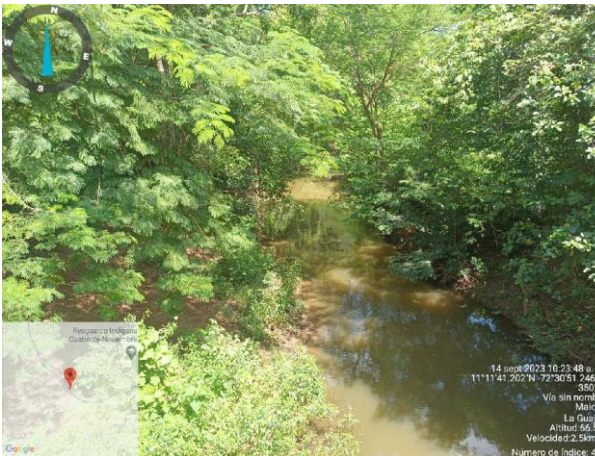
Coordenadas ESTE 5048640,37 NORTE 2792407,58

Fotografía 5-3 Arroyo Bruna

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.4 Arroyo Purpurema

El Arroyo Bruno drena en dirección SE-NW dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia fisicobiótica, nace en el municipio de Albania en el corregimiento de la Porciosa, ver Figura 5-12. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual posee pequeños caudales o no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables, esto se evidencio mediante el tipo de sedimento y material de arrastre encontrados en el lecho del cuerpo de agua.



Coordenadas ESTE 5055649,84 NORTE 2793695,24

Fotografía 5-4 Arroyo Purpurema

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

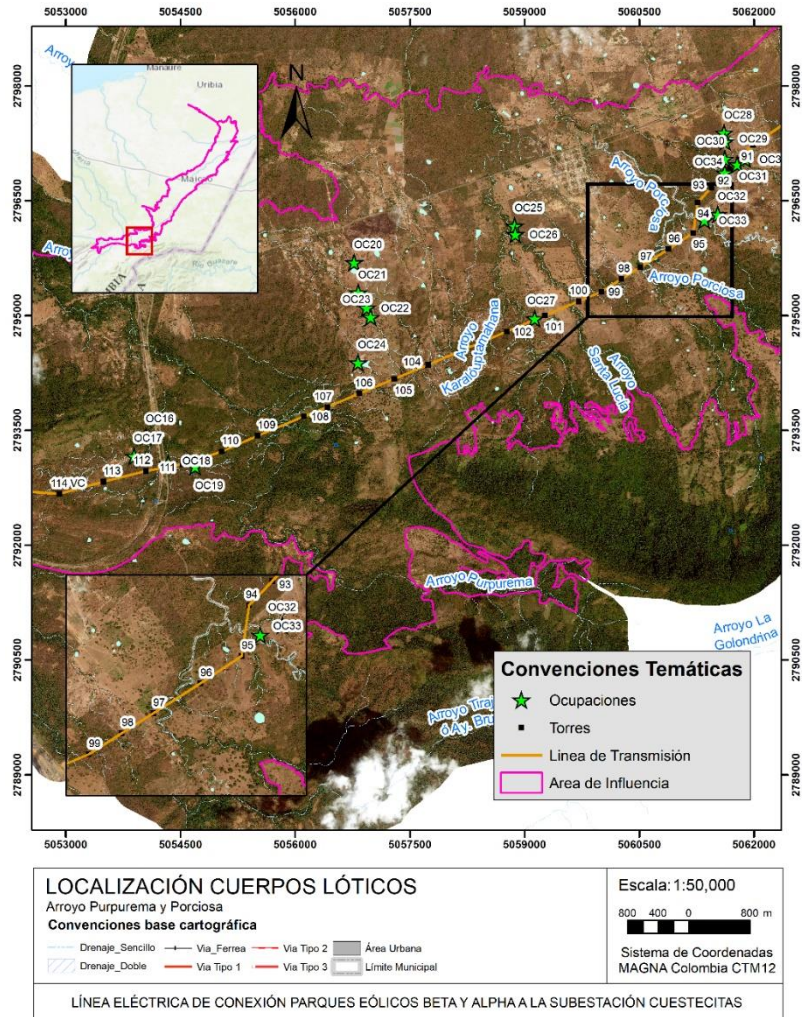
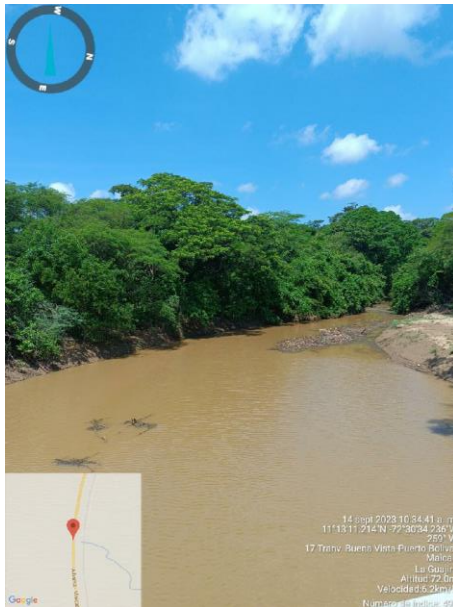


Figura 5-12 Localización del Arroyo Purpurema y Porciosa con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.5 Arroyo Porciosa

El Arroyo Porciosa drena en dirección SE-NW dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Físicobiótica, ver Figura 5-12. Este arroyo nace en la parte alta de la Serranía del Perijá, dentro de la Reserva Forestal Montes de Oca, y recorre los municipios de Maicao y Albania. El Arroyo Porciosa es un afluente del río Ranchería y abastece de agua a varias comunidades aledañas. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter semipermanente o permanente, el cual posee un flujo base notable durante la mayor parte del año.



Coordenadas ESTE 5053522,11 NORTE 2797878,77

Fotografía 5-5 Arroyo Porciosa

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.6 Arroyo Makúrirap

El Arroyo Makúrirap drena en dirección S-N dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-13. Este arroyo nace en el corregimiento de la Porciosa en el municipio de Albania. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual posee pequeños caudales o ausencia total de flujo durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables, esto se evidencio mediante el tipo de sedimento y material de arrastre encontrados en el lecho del cuerpo de agua.

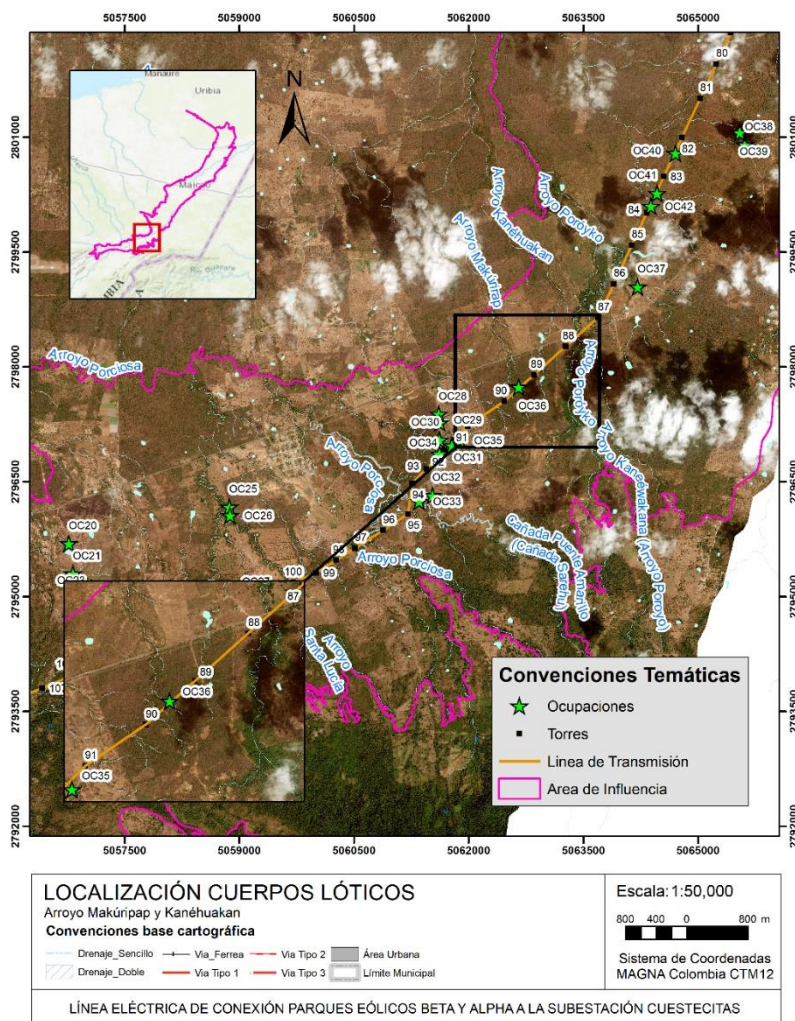
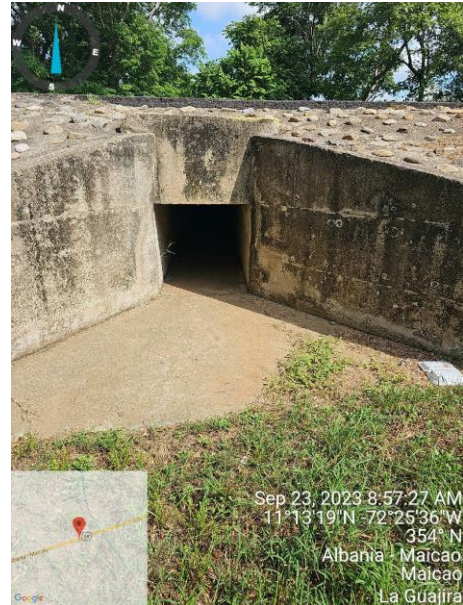


Figura 5-13 Localización del Arroyo Makúripap y Kanéhuakan con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5062561,74 NORTE 2798134,16

Fotografía 5-6 Arroyo Makúripap

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.7 Arroyo Kanéhuakan

El Arroyo Kanéhuakan drena en dirección S-N dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-13. Este arroyo nace en el corregimiento de la Minera en el municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente a semi-permanente, el cual posee pequeños caudales o ausencia total de flujo, sin embargo, se logra observar en gran parte del arroyo vegetación de ribera abundante, lo cual probablemente indique grados altos de humedad y flujos subsuperficiales.



Coordenadas ESTE 5063638,15 NORTE 2799465,13

Fotografía 5-7 Arroyo Kanéhuakan

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 de 2024	

5.1.6.1.2.1.8 Arroyo Hondo

El Arroyo Hondo drena en dirección SW-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-14. Este arroyo nace en el corregimiento de Carraipia municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter semi-permanente a permanente, el cual posee un pequeño flujo base el cual parece no desaparecer en temporada de estiaje. Por otro lado, ante eventos de precipitación se puede inferir que la cuenca produce altos caudales pico debido a la magnitud del área de la sección transversal y su disectación, y así mismo, esto se evidencio mediante el tipo de sedimento y material de arrastre encontrados en el lecho del cuerpo de agua.



Coordenadas ESTE 5068791,8 NORTE 2801185,92

Fotografía 5-8 Arroyo Hondo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

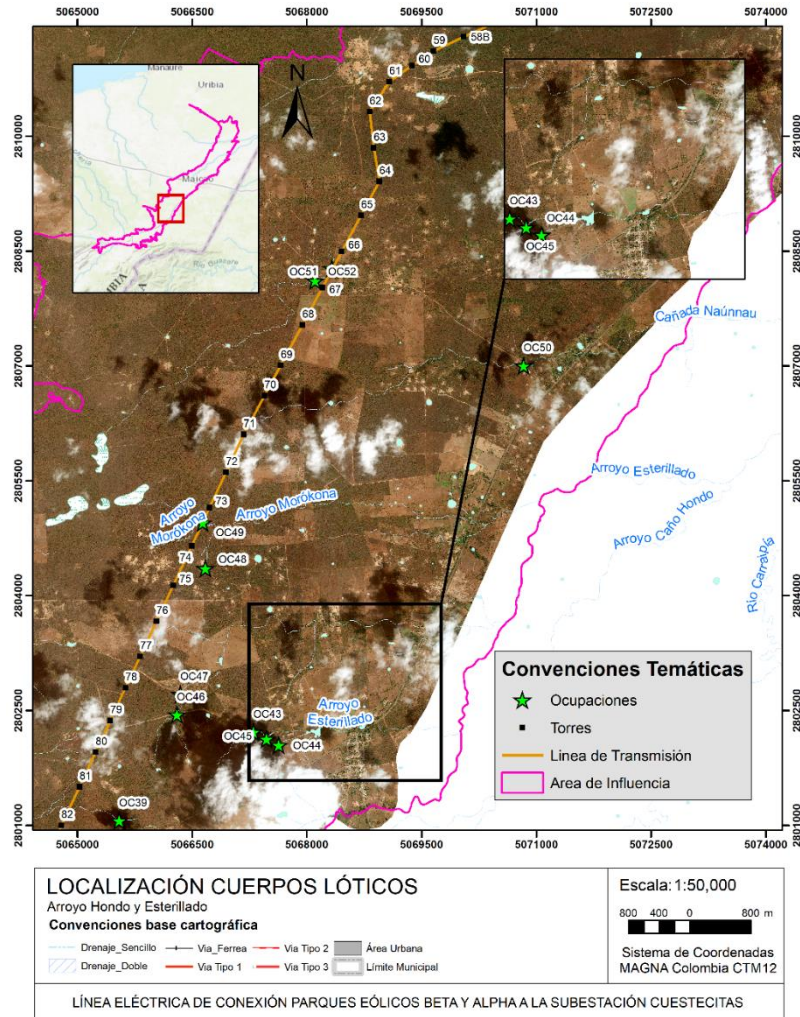


Figura 5-14 Localización del Arroyo Hondo y Esterillado con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.9 Arroyo Sotchy

El Arroyo Sotchy, afluente del Arroyo Amaripa, drena en dirección NW-SE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte norte del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-15. Este arroyo nace en el municipio de Uribe. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables.

Figura 5-15 Localización del Arroyo Sotchy con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5091900,02 NORTE 2835883,87

Fotografía 5-9 Arroyo Sotchy

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.10 Arroyo Jorotson

El Arroyo Jorotson afluente del Arroyo Kashirain, drena en dirección W-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte norte del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-16. Este arroyo nace en el corregimiento de Jotojoroy en el municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables. La comunidad menciona que ante cualquier evento de precipitación las crecidas del arroyo pueden ser grandes, llegando a inundar algunas tierras aledañas. Esta afirmación se logró evidenciar durante el primer evento de lluvia en la zona el 16 de septiembre, donde el arroyo permaneció con un solo evento de lluvia cerca de 4 días con agua. Este arroyo desemboca en el arroyo Wampeshi.

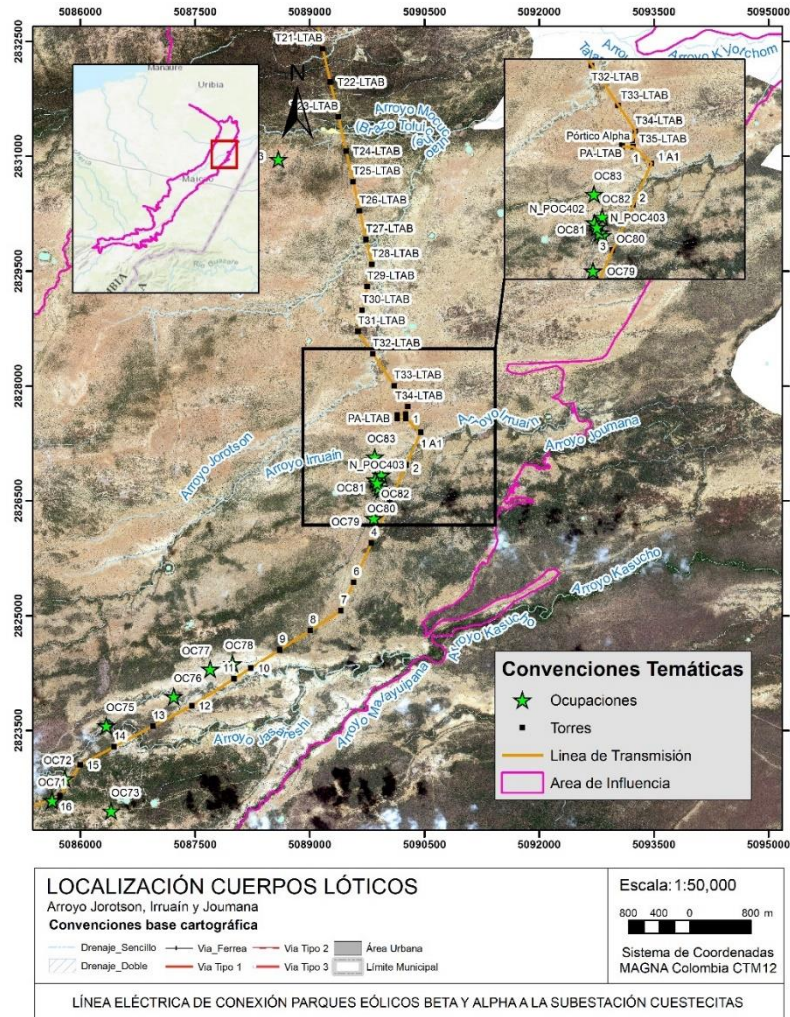


Figura 5-16 Localización del Arroyo Jorotson, Iruaín y Joumana con respecto a la infraestructura del proyecto

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5089849,18 NORTE 2828136,9

Fotografía 5-10 Arroyo Jorotson

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.11 Arroyo Irruaín

El Arroyo Irruaín drena en dirección W-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte norte del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-16. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables.



Coordenadas ESTE 5089913,89 NORTE 2826693,91

Fotografía 5-11 Arroyo Irruaín

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.12 Arroyo Joumana

El Arroyo Joumana drena en dirección W-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte central del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-16. Este arroyo nace en el corregimiento de Cuatro Vías en el municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas

con caudales pico considerables. La comunidad menciona que ante cualquier evento de precipitación las crecidas del arroyo pueden ser grandes, llegando a inundar algunas tierras aledañas.



Fotografía 5-12 Arroyo Joumana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.13 Arroyo Esterillado (Morokona)

El Arroyo Esterillada (Morokona) drena en dirección SW-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica, ver Figura 5-14. Este arroyo nace en el corregimiento de Carraipia Majayura municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual posee pequeños caudales o no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables, especialmente considerando que en varios sectores ha sufrido intervenciones antrópicas donde han removido la vegetación de ribera y han establecido cultivos. Este arroyo desemboca en el arroyo Hondo.



Coordenadas ESTE 5070185,51 NORTE 2804935,53

Fotografía 5-13 Arroyo Esterillado (Morokona)

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 de 2024	

5.1.6.1.2.1.14 Arroyo NN1

El Arroyo NN1 drena en dirección SW-NE dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte sur del área de influencia Fisicobiótica. Este arroyo nace en el corregimiento de Carraipia municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente, el cual posee pequeños caudales o no posee flujos durante la mayor parte del año, pero ante eventos de precipitación puede tener respuestas con caudales pico considerables, especialmente considerando que en varios sectores ha sufrido intervenciones antrópicas donde han removida la vegetación de ribera y han establecido cultivos.



Coordenadas ESTE 5089748,46 NORTE 2830098,41

Fotografía 5-14 Arroyo NN1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.1.15 Arroyo Huyuschipamana

El Arroyo Huyuschipamana drena en dirección W-E dentro de la zona de estudio. Se localiza en la parte norte del área de influencia Fisicobiótica. Este arroyo nace en el municipio de Maicao. Se determinó que es un cuerpo de agua de carácter intermitente antes de tener aportes de aguas residuales del casco urbano de Maicao y de la laguna de oxidación situada en Limoncito. Luego de pasar por estos dos puntos, el cuerpo de agua cambia su régimen a permanente y se pudo observar la eutrofización que sufre el cuerpo de agua donde hay una gran presencia de algas debido al aporte de nutrientes de provenientes de las aguas residuales.



Coordenadas ESTE 5090531,85 NORTE 2834814,36

Fotografía 5-15 Arroyo Huyuschipamana antes de las descargas de aguas residuales

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

A continuación, se muestran algunos de los cuerpos lénticos visitados durante la fase de campo, donde se destaca la alta presencia de jagüeyes y poca presencia de cuerpos lénticos de carácter natural.

5.1.6.1.2.2 Cuerpos lénticos

De acuerdo con la revisión y fotointerpretación de la ortofoto de alta resolución adquirida para este EIA y otras disponibles de los sistemas de información geográfica, se realizó una identificación preliminar de cuerpos lénticos 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.

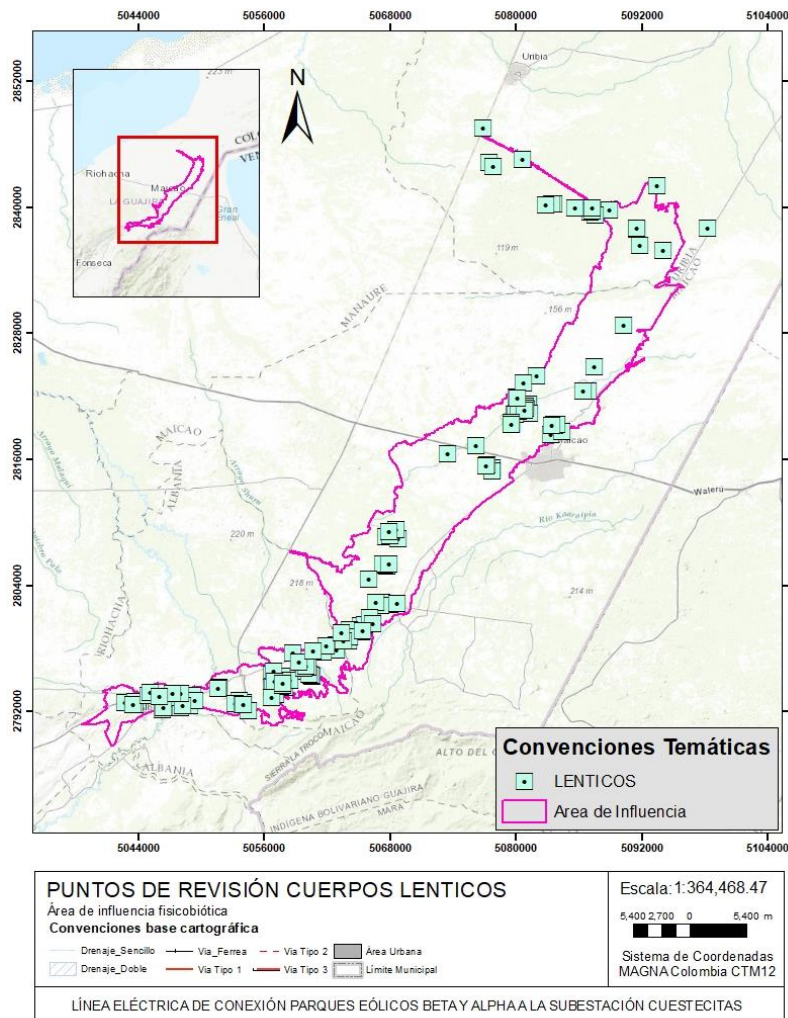


Figura 5-17 Puntos de referencia para revisión de sistemas lénticos y caracterización.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.2.1 Jagueyes

En las siguientes fotografías se pueden observar algunos de los jagueyes más destacables en la zona de estudio debido a su tamaño. Estos jagueyes o depósitos son contruidos con maquinaria por parte de entidades públicas para las comunidades según lo que mencionan los habitantes, algunos de estos jagueyes logran permanecer todo el año con agua.



Coordenadas ESTE 5091761,07 NORTE 2837108,64

Fotografía 5-16 Jaguey comunidad Sukuluwuu

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5087667,56 NORTE 2839307,67

Fotografía 5-17 Jaguey comunidad Talaura

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5072150,65 NORTE 2859441,08

Fotografía 5-18 Jagueyes comunidad Araparen

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5089092,38 NORTE 2836517,47

Fotografía 5-19 Reservorio

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5091160,58 NORTE 2835384,87

Fotografía 5-20 Jaguey comunidad Warashimana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.2.2 Laguna de oxidación

En las siguientes fotografías se puede observar la laguna de oxidación que trata las aguas principalmente del casco urbano de Maicao. La Laguna de Oxidación Maicao es una infraestructura ubicada en el municipio de Maicao, en el departamento de La Guajira. Esta laguna es parte del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio y opera por gravedad, desbordándose hasta llegar al punto de vertimiento en el arroyo Majatyupana.

Este sistema de tratamiento ha presentado problemas ambientales asociados a mal funcionamiento, especialmente durante la época de lluvias cuando la laguna se desborda. Esto ha causado conflictos con las comunidades indígenas locales.



Coordenadas ESTE 5083454,74 NORTE 2818354,9

Fotografía 5-21 Laguna de oxidación

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 de 2024	

5.1.6.1.2.2.3 Lagunas

Dentro del área de influencia del proyecto se encontraron mediante la revisión de información secundaria e información primaria recopilada en campo 17 lagunas, las cuales en su mayoría se encuentran al sur del área de estudio gracias a la topografía más escarpada. Algunos de estos cuerpos de agua al momento de la vista se encontraron sin espejo de agua, sin embargo, se logra evidenciar presencia de humedad en el suelo y una geoforma asociada a lagunas.



Coordenadas ESTE 5090339,48 NORTE 2826142,42

Fotografía 5-22 Laguna Washington.

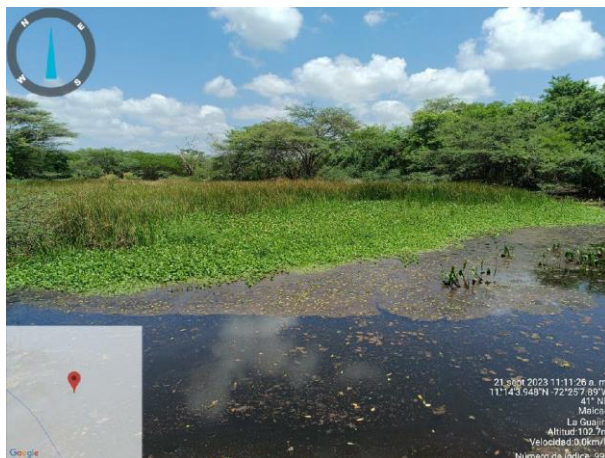
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5073163,4 NORTE 2814282,71

Fotografía 5-23 Laguna Arriarriajui o Shonkomana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5063411,08 NORTE 2799515,71

Fotografía 5-24 Zona Pantanosa del gran territorio Marañamana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5045321,02 NORTE 2793469,06

Fotografía 5-25 Laguna de naranjal dentro de predios del cerrejón

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5092247,21 NORTE 2836526,65

Fotografía 5-26 Laguna Kurit comunidad de wairamana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Coordenadas ESTE 5048202,61 NORTE 2792398,64

Fotografía 5-27 Laguna en inmediaciones del casco urbano de Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.3 Tipo efímero

Corresponden a los cuerpos de agua lóticos cuyo flujo de agua depende netamente de los eventos de lluvias. *“Las corrientes efímeras son masas de agua que presentan flujo discontinuo, con una menor frecuencia que las corrientes intermitentes, generadas únicamente en respuesta a eventos de precipitación”* (Documento técnico de acotamiento de ronda hídrica decreto 2245 de 2017).

Según la guía “Identification Methods for the Origins of Intermittent and Perennial streams” los cuerpos de agua de carácter efímero se definen como: drenajes que solo transportan agua en respuesta directa a un evento de precipitación, y el agua que fluye a través de ellos solo ocurre durante un corto periodo después del aguacero. Un drenaje efímero puede o no puede tener un canal bien definido y su lecho siempre se encuentra por encima del nivel freático. Por otra parte, este tipo de cuerpo de agua carece de un componente biológico, hidrológico y físico asociado (North Carolina Division of Water Quality, 2005).

Criterios para su definición:

- Permanencia de forma esporádica de flujo obedeciendo a los eventos de lluvia.
- Cauce con secciones indefinidas para conducción del flujo de agua, presencia o no de indicios de bancas con zonas erodables, en caso de poca evidencia o falta de información, se toma el criterio de la literatura científica (Documento técnico de acotamiento de ronda hídrica decreto 2245 de 2018).
- Carece de componente físico, biológico e hidrológico.

La clasificación de esta tipología es muy compleja de deducir dado la dinámica e interacción de flujo superficial y subterráneo, por lo cual, se consideran a los cursos de agua de cabecera como posibles cursos de agua de tipo efímero, por lo que algunos autores establecen que hacen parte de “zonas de orden 0 en la clasificación de Horton” (Gomi et al 2022).

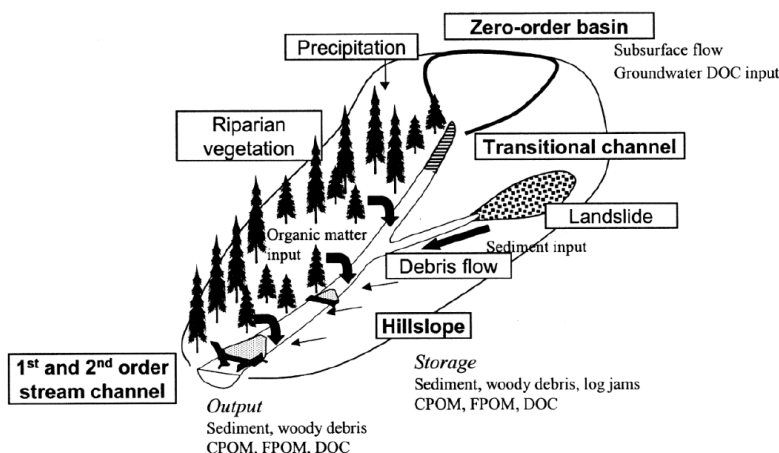


Figura 5-18 Esquema teórico drenajes orden cero.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Por lo anterior se consideran que estos flujos de cabecera no pueden condicionarse a trazados topográficos, si no a zonas de cabecera que interceptan lluvias y dirigen por gravedad a los sistemas conectados en secuencia, lo cual es “donde se moverían dichos sistemas efímeros en la naturaleza” (Uchida et al, 2005). De igual manera, la Guía para acotamiento de rondas hídricas (2018), menciona algunos criterios para la identificación de tipos de cuerpos lóticos, basados en su ubicación respecto a la cuenca (cuenca alta, media y baja). En la Tabla 5-6, se muestran los criterios para definir el tipo de corriente, donde se menciona que las corrientes efímeras son propias de corrientes de montaña pertenecientes a la cuenca alta.

Tabla 5-6 Criterios para definición de tipo de corriente.

CORRIENTES DE MONTAÑA				
Son aquellas corrientes donde la longitud de su cauce es aproximadamente igual a la longitud del valle que este ocupa y en donde la carga transportada es similar a la capacidad de transporte. Presentan variaciones en la pendiente que le permite tener desde comportamientos torrenciales en las partes más inclinadas, hasta comportamientos sinuosos en las zonas de menor gradiente.				
SEGMENTO/TRAMO	TIPO DE CORRIENTE	TALWEG	VARIABLE CLAVE	CRITERIO PARA DEFINIR EL COMPONENTE
Parte alta de la cuenca			Caudal	

CORRIENTES DE MONTAÑA				
	Efímeras	No	No	Toda la vaguada
	Semipermanentes	Si	Solo en épocas de lluvia	Depósito de sedimentos
	Permanentes	Si	si	
Zonas con cambios en la pendiente	Cambio en la pendiente			
	Semipermanentes	Si	Mayor a menor = Ocurre sedimentación	Todo el depósito de sedimentos
	Permanentes	Si	Menos a mayor = Hay erosión	Acumulación de sedimentos
Tramos sinuosos	Permanentes	Verificar meandros útiles y abandonados. Incluir la dinámica de movimiento del cauce principal a través del movimiento histórico del lecho.		Toda la faja de sinuosidad.
Tramos trezados	Permanente con tramos efímeros	Verificar sedimentos. Analizar posibles brazos o cauces abandonados. Localizar Sistemas lénticos		Toda la faja de trezamiento
Tramos encañonados	Permanente	Identificar márgenes y verificar los que puedan tener problemas de estabilidad.		Toda la vaguada. Criterios geotécnicos cuando aplique.
Tramos anastomosados	Permanente con tramos perennes	Verificar lugares donde se depositan sedimentos. Analizar terrazas adyacentes a las riberas		Toda la faja de anastomosamiento entre dique naturales.

Fuente: Minambiente, 2018.

De esta forma: “Las características topológicas de una red de corrientes pueden describirse mediante el sistema de ordenación de corrientes desarrollado por Strahler y Shreve. En el sistema Strahler, a los afluentes de la punta de cuenca se les asigna el orden 1, generalmente se catalogan como incidencias de escurrimientos y efímeros durante eventos de lluvia” (Maidment, D.R. (1993). Por lo cual, generalmente las ordenes de tipo 1, deducen los primeros escurrimientos de tipo escorrentía y/o efímero hasta la unión de dos órdenes tipo 1, dando lugar a la siguiente clasificación del cuerpo de agua (tipo dos), y pasando a considerarse de tipo intermitente (ver Figura 5-19).

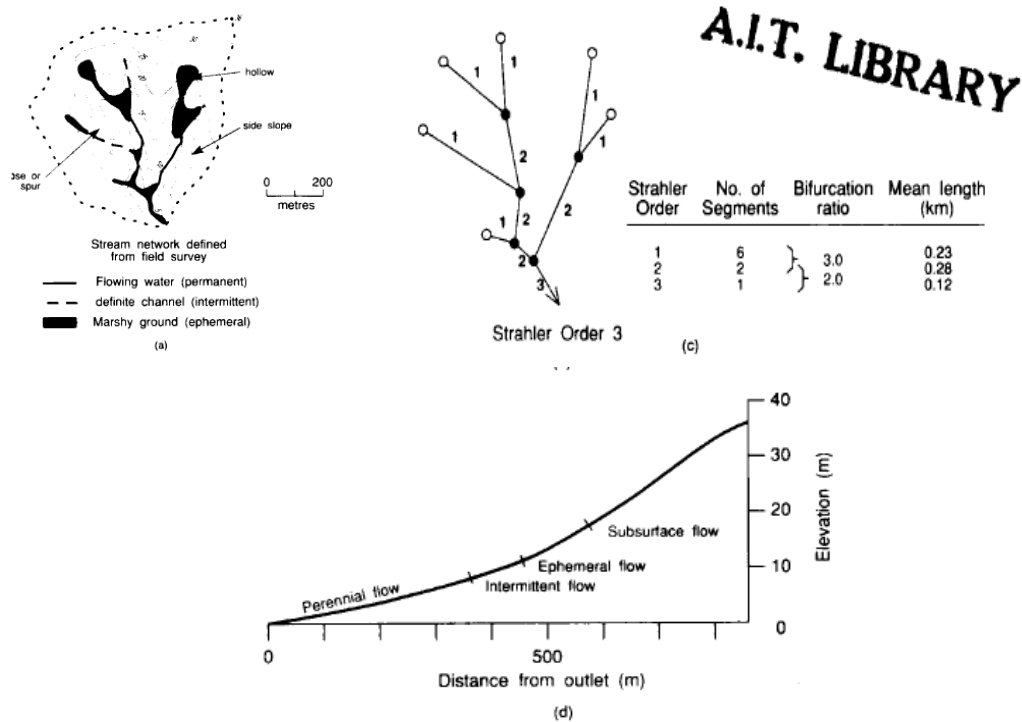


Figura 5-19 Esquema teórico drenajes efímeros

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.



Fotografía 5-28 Zonas de drenajes efímeros

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Por otra parte, el Servicio Geológico de los EE.UU. (USGS) definió que técnicamente para el caso de drenajes efímeros no es necesario el trazo de drenajes y que no deben ser asumidos como tal, sino como una zona de producción y alimentación para cuando las geoformas permitan la conducción más estable del flujo. Para tener detalle de estos, se han realizado estudios haciendo uso de información topográfica LiDAR de $> 2 \text{ m /píxel}$ (Metes et al., 2022), considerando que estos drenajes efímeros son aquellos que alimentan la cabecera de la cuenca y que normalmente no son trazados en cartografía, más allá de los drenajes permanentes e intermitentes.

Dada las anteriores razones, y con el fin de obtener la cartografía completa. Se decidió para el estudio emplear los conceptos técnicos presentados conforme a la presentación del caso para cada una de la red de drenaje en forma particular, evaluando el cumplimiento de criterios técnicos, inferencias desde las observaciones de campo, y como recurso adicional el concepto de Maidment, D.R. (1993), en el cual se procedió a designar una clasificación topológica basado en la jerarquización de la red de drenaje.

➤ Fase post campo

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

Una vez con el insumo base cartográfico el trabajo se centró en el uso de metodologías que permitieran la caracterización del recurso hídrico tomando como referencia a los TdR-17 (Resolución 0075 del 18 de enero de 2018) 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.

5.1.6.1.2.4 Caracterización morfométrica

La caracterización morfométrica fue llevada a cabo para las unidades del nivel II presentes en la Tabla 5-5.

Tabla 5-7 Localización del área de influencia del proyecto dentro de la zonificación hidrográfica nacional del IDEAM y de Minambiente (área, zona, subzona y nivel sub-siguiente).

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL IV – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	1506 R. Ranchería	Directos Río Ranchería 1506-01	Arroyo Brazo Jotomahama 1506-01-01	Arroyo Porciosa 1506-01-01-01	
				Arroyo Bruno 1506-01-02	Arroyo Bruno 1506-01-02-01	
				Q de Moreno 1506-01-03	Arroyo El Salado 1506-01-03-01	
		(1507) directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana	Arroyo Kijotchom – Wampeshi 1507-02	Arroyo Wachuari 1507-02-01		
				Arroyo Amaripa 1507-02-02		
				Arroyo Shishipec Taikalt 1507-02-03		
				Arroyo Talamastol 1507-02-04		
				Arroyo Mocucutao 1507-02-05		
				Arroyo Kashirain 1507-02-06		
				Arroyo Irruaín 1507-02-07		
				Arroyo Joumana 1507-02-08		
			Río Carraipía 1507-01	Arroyo Caño Hondo 1507-01-01		

ÁREA HIDROGRÁFICA A	ZONA HIDROGRÁFICA A	SUB – ZONA HIDROGRÁFICA A	NIVEL I – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL II – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL III – UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NIVEL IV – UNIDADES HIDROGRÁFICAS
(1) Caribe	(15) Caribe – Guajira	1508 directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado	Ay. Chemerraín 1508-01	Arroyo Mamurehen 1508-01-01	Arroyo Santana 1508-01-01-01	
			Arroyo Tawaya o Taaika 1508-02	Arroyo Tagua (Ushuru) 1508- 02-01	Arroyo Kanéhuakan 1508-02-01-01	
					Arroyo Makúrirap 1508-02-01-02	
					Arroyo Planaca (Arroyo Kurinó) 1508-02-01-03	Arroyo Yuma (Guayumana) 1508-02-01- 03-01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.5 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 presente estudio se establecieron los parámetros morfométricos conforme a los términos de referencia y de los cuales se describen en los siguientes apartados.

5.1.6.1.2.5.1 Área de la cuenca

Es la medida de la superficie proyectada de la cuenca, encerrada por la divisoria topográfica, es una de las características morfométricas más importantes de una cuenca.

Una cuenca puede catalogarse como: grande, mediana o pequeña de acuerdo con la extensión de su área. Se puede considerar como criterio de magnitud del caudal, ya que una mayor superficie capta mayores cantidades de precipitación y consecuentemente, por lo general, genera mayores caudales medios.

Tabla 5-8 Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica.

AREA (km ²)	Unidad Hidrológica
<5	Unidad
5-20	Sector
20-100	Microcuenca
100-300	Subcuenca
>300	Cuenca

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Las unidades hidrográficas presentes en el área de estudio se dividen en: microcuenca y sector.

Tabla 5-9 Clasificación de unidades hidrográficas en función del área geométrica.

NOMBRE	ÁREA (Km ²)	PERÍMETRO (Km)	CLASI_AREA
Arroyo el Salado	129,82	63,60	Subcuenca
Arroyo Porciosa	89,75	46,01	Microcuenca
Arroyo Bruno	80,84	43,04	Microcuenca
Arroyo Talmasol	243,37	114,69	Subcuenca
Arroyo Irruaín	10,52	19,66	Sector
Arroyo Joumana	303,22	150,29	Cuenca
Arroyo Kashiraín	30,27	32,45	Microcuenca
Caño Hondo	69,80	48,06	Microcuenca
Arroyo Mocucutao	17,96	28,92	Sector
Arroyo Makúrirap	16,66	23,21	Sector
Arroyo Wachuari	130,29	76,53	Subcuenca
Arroyo Santana	67,95	61,55	Microcuenca

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

NOMBRE	ÁREA (Km²)	PERÍMETRO (Km)	CLASI_AREA
Arroyo Amaripa	112,17	72,75	Subcuenca
Arroyo Shishipec Tailkat	4,90	15,76	Unidad
Arroyo Kanéhuakan	61,43	64,66	Microcuenca
Arroyo Yuma (Guayumana)	226,49	123,70	Subcuenca
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35,95	54,56	Microcuenca
Directos Río Ranchería	106,11	70,85	Subcuenca

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.5.2 Índice de Compacidad de Gravelius

Se define como el valor resultante de dividir el perímetro de la cuenca por la longitud de la circunferencia de un círculo, que tiene como área la misma de la cuenca y se clasifica en tres clases de forma. Se calcula con la siguiente ecuación:

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

A = área de drenaje

P = perímetro de la cuenca

La interpretación cualitativa se define en la Tabla 5-10,

Tabla 5-10 Clasificación Índice de Compacidad de Gravelius

CLASE Kc	RANGOS Kc	CLASE DE FORMA
Kc 1	1.0 – 1.25	Casi redonda a oval – redonda
Kc 2	1.25 – 1.50	Oval redonda a oval – oblonga
Kc 3	>1.5	Oval – oblonga a rectangular – oblonga

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Entre más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, cercano a uno. Lo anterior genera crecientes más rápidas, con tiempos de concentración más cortos. En la Tabla 5-11 se presentan los cálculos del índice de compacidad de las cuencas en análisis.

Tabla 5-11 Clasificación del Índice de compacidad (Kc) para las cuencas en análisis.

NOMBRE	ÁREA (Km²)	PERÍMETRO (Km)	CLASI_AREA	INDICE_Kc	CLASI_Kc
Arroyo el Salado	129,82	63,60	Subcuenca	1,575	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Porciosa	89,75	46,01	Microcuenca	1,370	Oval redonda a oval – oblonga
Arroyo Bruno	80,84	43,04	Microcuenca	1,350	Oval redonda a oval – oblonga
Arroyo Talmasol	243,37	114,69	Subcuenca	2,074	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Irruain	10,52	19,66	Sector	1,710	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Joumana	303,22	150,29	Cuenca	2,435	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Kashirain	30,27	32,45	Microcuenca	1,664	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Caño Hondo	69,80	48,06	Microcuenca	1,623	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Mocucutao	17,96	28,99	Sector	1,930	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Makúrirap	16,66	23,21	Sector	1,604	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Wachuari	130,29	76,53	Subcuenca	1,891	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Santana	67,95	61,55	Microcuenca	2,106	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Amaripa	112,17	72,75	Subcuenca	1,938	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Shishipec Tailkat	4,90	15,76	Unidad	2,008	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Kanéhuakan	61,43	64,65	Microcuenca	2,327	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Yuma (Guayumana)	226,49	123,70	Subcuenca	2,319	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35,95	54,56	Microcuenca	2,567	Oval – oblonga a rectangular – oblonga
Directos Río Ranchería	106,11	70,85	Subcuenca	1,940	Oval – oblonga a rectangular – oblonga

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En resumen, los datos indican que la mayoría de las cuencas, subcuencas y microcuencas tienden a tener formas oval-oblongas a rectangular-oblongas con índices de compacidad variados. El Arroyo Talmasol es la cuenca más significativa en área y el Arroyo Joumana en perímetro.

5.1.6.1.2.5.3 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”¹. “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”². (Ver Tabla 5-12). 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 5-12.

Tabla 5-12 Clasificación por factor de forma

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

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

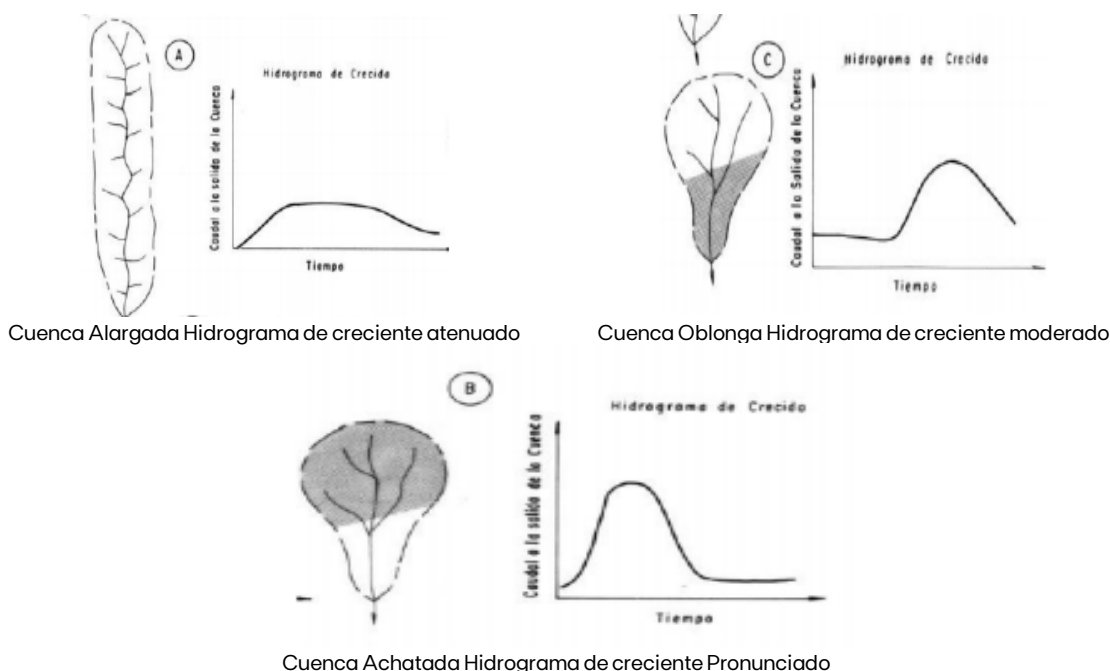


Figura 5-20 Comportamiento del hidrograma de creciete en función de la forma de la cuenca.

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

¹ Benjamín Cardona. Conceptos Básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Universidad de San Carlos. Guatemala. 2012

² 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.

Tabla 5-13 Clasificación de las cuencas analizadas por factor de forma.

NOMBRE	ÁREA	PERÍMETRO	L	Kf	CLASI_Kf
Arroyo el Salado	129,82	63,60	24,25	0,22075885	Alargada
Arroyo Porciosa	89,75	46,01	14,41	0,43222163	Alargada
Arroyo Bruno	80,84	43,04	14,52	0,38343616	Alargada
Arroyo Talmasol	243,37	114,69	31,39	0,44790148	Alargada
Arroyo Irruaín	10,52	19,66	7,96	0,16603116	Alargada
Arroyo Joumana	303,22	150,29	47,8	0,13270951	Alargada
Arroyo Kashirain	30,27	32,45	11,24	0,23959613	Alargada
Caño Hondo	69,80	48,06	17,75	0,22154334	Alargada
Arroyo Mocucutao	17,96	28,99	11,33	0,13990928	Alargada
Arroyo Makúirap	16,66	23,21	9,26	0,19429115	Alargada
Arroyo Wachuari	130,29	76,53	20,63	0,30613475	Alargada
Arroyo Santana	67,95	61,55	12,21	0,45578301	Alargada
Arroyo Amaripa	112,17	72,75	20,16	0,27599147	Alargada
Arroyo Shishipect Tailkat	4,90	15,76	6,94	0,10173658	Alargada
Arroyo Kanéhuakan	61,43	64,65	19,41	0,16305324	Alargada
Arroyo Yuma (Guayumana)	226,49	123,70	29,69	0,25693818	Alargada
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35,95	54,56	15,083	0,15802414	Alargada
Directos Río Ranchería	106,11	70,85	21,2	0,23609381	Alargada

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En general, estos resultados sugieren que las cuencas y arroyos analizados tienden a tener formas alargadas, lo que puede influir en su hidrología y en la dinámica de flujo de agua dentro de estas áreas.

5.1.6.1.2.6 Índices relacionados a la red de drenaje

5.1.6.1.2.6.1 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”³. 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”⁴. 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 en kilómetros.

A= Área de la cuenca en km².

La interpretación cualitativa se define en la Tabla 5-14

Tabla 5-14 Clasificación Densidad de Drenaje

Densidad De Drenaje	Clasificación
Menor de 1	Muy Baja
1-1,5	Baja
1,5-2	Moderada

³ Parámetros geomorfológicos de las cuencas Hidrográficas. Disponible página web: https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26

⁴ 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.

Densidad De Drenaje	Clasificación
2-2,5	Moderadamente alta
2,5-3	Alta
Mayor	Muy alta

Fuente: (Horton 1932)

En la Tabla 5-15, se presenta los parámetros e índices relativos a los drenajes para las cuencas del área de influencia, donde se evidencia que el mayor porcentaje de las unidades hidrográficas presentan una densidad de drenaje muy baja, baja y moderada.

Tabla 5-15 Densidad de Drenaje en las cuencas de análisis

Cuenca	Área (km ²)	L (km)	Dd	Clasificación
Arroyo el Salado	129,82	318,49	2,453	Moderadamente alta
Arroyo Porciosa	89,75	211,58	2,357	Moderadamente alta
Arroyo Bruno	80,84	73,95	0,915	Muy baja
Arroyo Talmasol	243,37	147,77	0,607	Muy baja
Arroyo Irruain	10,52	6,89	0,655	Muy baja
Arroyo Joumana	303,22	293,52	0,968	Muy baja
Arroyo Kashirain	30,27	59,65	1,971	Moderada
Caño Hondo	69,8	90,38	1,295	Baja
Arroyo Mocucutao	17,96	43,66	2,431	Moderadamente alta
Arroyo Makúirap	16,66	24,08	1,445	Baja
Arroyo Wachuari	130,29	50,97	0,391	Muy baja
Arroyo Santana	67,95	38,81	0,571	Muy baja
Arroyo Amaripa	112,17	46,64	0,416	Muy baja
Arroyo Shishipecck Tailkat	4,9	10,53	2,149	Moderadamente alta
Arroyo Kanéhuakan	61,43	103,63	1,687	Moderada
Arroyo Yuma (Guayumana)	226,49	203,33	0,898	Muy baja
Río Ranchería	106,11	248,8	2,345	Moderadamente alta
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35,95	61,52	1,711	Moderada

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.6.2 Índice de Sinuosidad

“Es la relación que existe entre la longitud del cauce principal (L_c) y la longitud del valle del cauce principal (L_v) medida en línea recta o curva. Este índice define el nivel de curvatura de los cursos de las corrientes, causados por la dinámica fluvial”⁵. 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 donde 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.

L_c = Longitud del curso Principal en kilómetros

L_d = Longitud de valle del cauce principal en kilómetros

⁵ Parámetros geomorfológicos de las cuencas Hidrográficas. Disponible página web: https://www.prontubeam.com/articulos/articulos.php?Id_articulo=26

Tabla 5-16 Categorías para la clasificación del índice de sinuosidad

Índice De Sinuosidad	Clasificación
1- 1,2	Canal rectilíneo
1,2-1,5	Canal transicional
1,5-1,7	Canal regular
1,7-2,1	Canal irregular
>2,1	Canal tortuoso

Fuente: Schumm, 1963, Citado por CRQ, 2008⁶

En la Tabla 5-17 se presentan los resultados del índice de sinuosidad para las cuencas analizadas en el presente documento.

Tabla 5-17 Índice de sinuosidad en las cuencas de análisis.

Cuenca	Área (km ²)	Lc	Ld	S	Clasificación
Arroyo el Salado	129,82	24,89	24,25	1,026391753	Canal rectilíneo
Arroyo Porciosa	89,75	25,98	14,41	1,802914643	Canal irregular
Arroyo Bruno	80,84	19,49	14,52	1,342286501	Canal transicional
Arroyo Talmasol	243,37	41,2	31,39	1,312519911	Canal transicional
Arroyo Iruaín	10,52	6,85	7,96	0,860552764	Canal rectilíneo
Arroyo Joumana	303,22	67,67	47,8	1,415690377	Canal transicional
Arroyo Kashirain	30,27	10,01	11,24	0,890569395	Canal rectilíneo
Caño Hondo	69,8	22,2	17,75	1,250704225	Canal transicional
Arroyo Mocucutao	17,96	14,97	11,33	1,321270962	Canal transicional
Arroyo Makúrirap	16,66	10,9	9,26	1,177105832	Canal rectilíneo
Arroyo Wachuari	130,29	20,19	20,63	0,978671837	Canal rectilíneo
Arroyo Santana	67,95	12,11	12,21	0,991809992	Canal rectilíneo
Arroyo Amaripa	112,17	23,5	20,16	1,165674603	Canal rectilíneo
Arroyo Shishipeck Tailkat	4,9	5,84	6,94	0,841498559	Canal rectilíneo
Arroyo Kanéhuakan	61,43	19,91	19,41	1,025759918	Canal rectilíneo
Arroyo Yuma (Guayumana)	226,49	41,42	29,69	1,395082519	Canal transicional
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35,95	19,35	15,083	1,28290128	Canal transicional
Directos Río Ranchería	106,11	42,24	21,2	1,99245283	Canal irregular

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.7 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 en su interior, 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.⁷

5.1.6.1.2.7.1 Pendiente media de la cuenca (S)

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación. La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 12.5 x 12.5 metros, empleando el método de Alvord. De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la

⁶ CRQ, CARDER, CVC, UAESPNN, MAVDT, IDEAM, GTZ (2008). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja. P.170

⁷ Londoño (2001). Op Cit. p.226

magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan. La clasificación de la pendiente de una corriente se presenta en la Tabla 5-18.

Tabla 5-18 Clasificación de la pendiente (%).

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-1	A nivel
1-3	Ligeramente plana
3-7	Ligeramente inclinada
7-12	Moderadamente inclinada
12-25	Fuertemente inclinada
25-50	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada
50-75	Moderadamente Escarpada o moderadamente empinada
75-100	Fuertemente escarpado o fuertemente empinada
>100	Totalmente Escarpada

Fuente: Reyes, 2012⁸

A continuación, se muestra la clasificación de las cuencas según la pendiente, las cuales fueron obtenidas a través de una estadística zonal.

Tabla 5-19 Clasificación de la pendiente (%) en las cuencas de análisis.

Nombre	Pendiente media de la cuenca (%)	Tipo de relieve
Arroyo el Salado	3,30	Ligeramente inclinada
Arroyo Porciosa	18,44	Fuertemente inclinada
Arroyo Bruno	20,70	Fuertemente inclinada
Arroyo Wachuari	0,68	A nivel
Arroyo Amaripa	3,36	Ligeramente inclinada
Arroyo Shishipeck Tailkat	0,20	A nivel
Arroyo Talmasol	6,00	Ligeramente inclinada
Arroyo Mocucutao	0,77	A nivel
Arroyo Kashirain	1,08	Ligeramente plana
Arroyo Iruaín	1,30	Ligeramente plana
Arroyo Joumana	4,26	Ligeramente inclinada
Caño Hondo	9,84	Moderadamente inclinada
Arroyo Santana	0,49	A nivel
Arroyo Kanéhuakan	36,95	Ligeramente escarpada
Arroyo Makúrirap	2,99	Ligeramente plana
Arroyo Yuma (Guayumana)	1,15	Ligeramente plana
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	0,72	A nivel
Directos Río Ranchería	0,86	A nivel

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.1.2.7.2 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”⁹. Generalmente los tiempos de concentración son importantes 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 se pueden calcular los caudales desarrollados en los escenarios propuestos de precipitación.

⁸ Reyes, A. (2012). Cuencas hidrográficas., guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Cali: Universidad del Valle, Corporación Autónoma Regional del Cauca.

⁹ Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill.p.512

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

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 diferentes¹⁰. 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:

Tc: es el tiempo de concentración (horas).
Lf: es la longitud del cauce principal hasta la divisoria (kilómetros).
S: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

➤ **Témez (1978):**

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

Dónde:

Tc: Es el tiempo de concentración (Horas)
Lc: Es la longitud del cauce principal (Km)
So: es la pendiente promedio del cauce principal (%)

➤ **Giandotti**

$$T_c = \frac{4\sqrt[3]{A} + 1.5L_c}{25.3\sqrt{L_c S_o}}$$

Dónde:

Tc: es el tiempo de concentración (Horas)
Lc: es la longitud del cauce principal (Km)
So: es la pendiente promedio del cauce principal (m/m)

➤ **V.T Chow**

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

Tc: Es el tiempo de concentración (Horas)
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)

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

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

H = Diferencia de alturas entre la cota máxima y mínima del cauce principal.
L = Es la longitud del cauce principal (Km)

¹⁰ Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill.p.512

Tabla 5-20 Tiempos de concentración de las cuencas analizadas.

Name	AREA	PERIMETRO	Longitud del cauce principal	Y2	Y1	S	Tc Kirpich	Temez	Giandotti	VT CHOW	SCS	Clark	Bureau Reclamation	TC promedio (hr)	TC promedio (min)
Arroyo el Salado	129.820	63,59	24.890	121,00	44,80	0,306	1,24	4,32	1,19	4,80	7,31	8,52	6,84	4,89	293,39
Arroyo Porciosa	89.752	46,01	25.982	461,00	68,00	0,015	4,07	7,91	4,85	2,96	4,09	16,71	3,82	6,34	380,60
Arroyo Bruno	80.841	43,04	19.488	413,00	74,00	0,017	3,09	6,19	4,43	2,35	3,10	15,07	2,90	5,30	318,28
Arroyo Talmasol	243.366	114,69	41.197	13,00	0,00	0,000	25,75	23,42	43,05	13,71	25,86	95,09	24,20	35,87	2152,11
Arroyo Irruain	10.523	19,66	6.847	23,00	0,00	0,003	2,60	3,82	6,06	2,04	2,61	7,32	2,44	3,84	230,57
Arroyo Joumana	303.218	150,29	67.670	4,00	0,00	0,000	71,92	46,95	106,97	32,19	72,22	178,00	67,57	82,26	4935,55
Arroyo Kashirain	30.271	32,45	10.006	50,00	2,00	0,005	3,04	4,76	6,68	2,32	3,05	12,33	2,85	5,00	300,27
Caño Hondo	69.801	48,06	22.200	21,00	4,00	0,001	11,37	12,37	20,23	6,95	11,42	34,86	10,68	15,41	924,69
Arroyo Mocucutao	17.958	28,92	14.968	15,00	1,00	0,001	7,77	8,83	13,16	5,06	7,81	14,69	7,30	9,23	553,90
Arroyo Makúrirap	16.661	23,21	10.899	14,00	0,00	0,001	5,39	6,53	10,92	3,73	5,41	12,79	5,06	7,12	427,10
Arroyo Wachuari	130.287	76,53	20.185	82,00	0,00	0,004	5,56	8,38	10,48	3,83	5,58	30,77	5,22	9,98	598,57
Arroyo Santana	67.954	61,55	12.111	186,00	67,00	0,010	2,67	4,81	5,86	2,08	2,68	16,10	2,51	5,24	314,65
Arroyo Amaripa	112.168	72,75	23.503	24,00	11,00	0,001	13,47	13,74	26,91	8,00	13,52	50,86	12,65	19,88	1192,74
Arroyo Shishipec Tailkat	4.898	15,76	5.837	298,00	82,00	0,037	0,91	2,15	1,50	0,85	0,92	2,28	0,86	1,35	81,17
Arroyo Kanéhuakan	61.432	64,66	19.907	129,00	82,00	0,002	6,78	9,19	11,16	4,52	6,81	23,14	6,37	9,71	582,61
Arroyo Yuma (Guayumana)	226.489	123,70	41.420	89,00	37,00	0,001	15,20	18,09	21,20	8,84	15,26	60,51	14,28	21,91	1314,65
Arroyo Kijotchom – Wampeshi	35.950	54,56	19.350	3192,00	0,00	0,165	1,29	4,02	1,17	1,14	1,30	4,78	1,21	2,13	127,86
Directos Río Ranchería	106.110	70,85	42.240	96,000	0	0,002	12,28	16,40	13,34	7,40	12,33	32,37	11,53	15,09	905,59

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 de 2024	

5.1.6.1.2.7.3 Patrones de drenaje

Un patrón de drenaje 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*”¹¹. Existe una clasificación de Patrón es 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 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 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 5-21).

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 las juntas 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 5-21).

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 a lugar a uniones muy agudas (Sánchez 1987; Campos 1987; CEOTMA 1981; Guerra 1980). (Ver Figura 5-21)

istema 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 5-21)

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 5-21)

¹¹ 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 de 2024	

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

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 5-21)

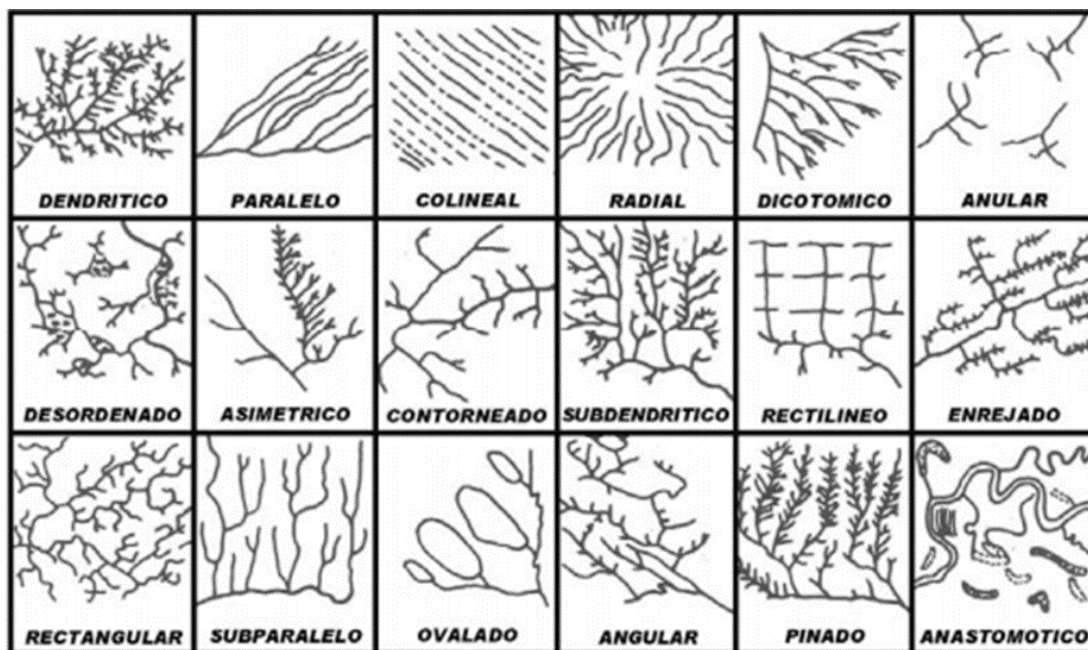


Figura 5-21 Esquema de Patrones de drenaje en cuencas

Fuente: Guerra 1980

➤ Patrones de drenaje depositacionales

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 5-22)

Distributario: 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 5-22)

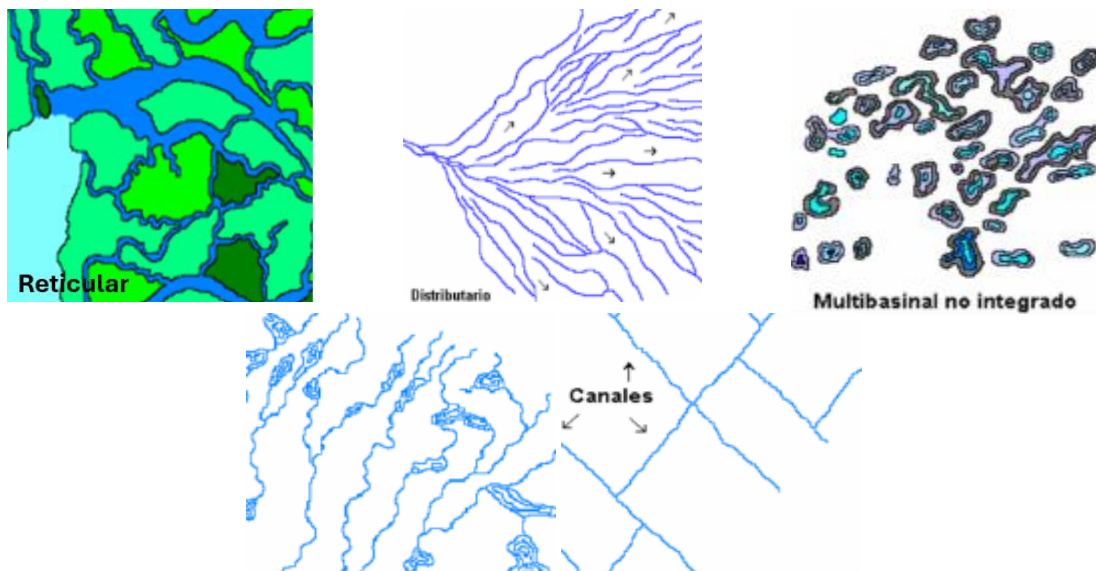


Figura 5-22 Esquema de patrones de drenajes en cuencas

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 fallas o lineamientos geológicos. 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.

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 5-23).

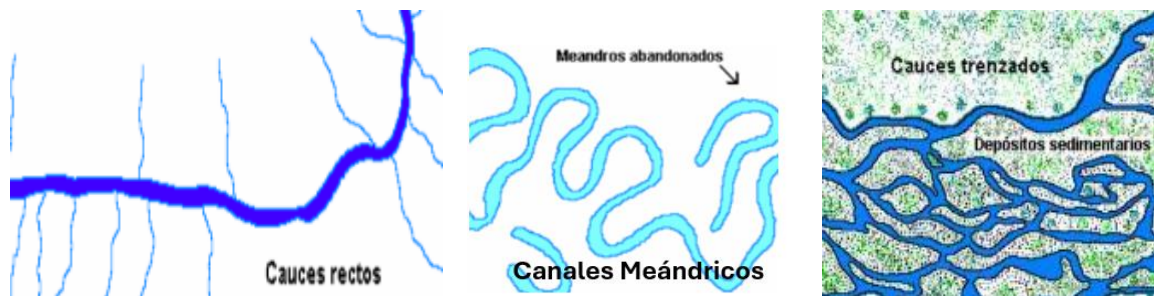
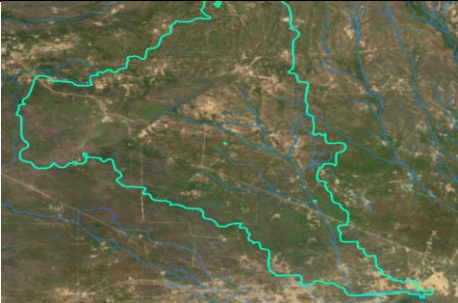


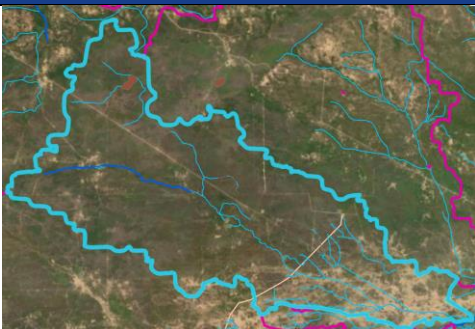
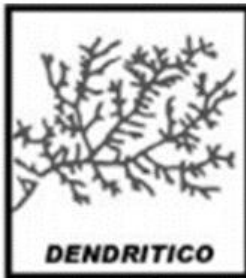
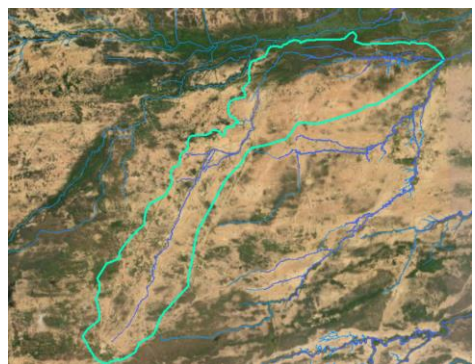
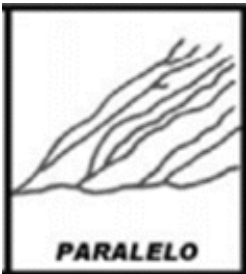
Figura 5-23 Esquema de Patrones de drenaje en cuencas.

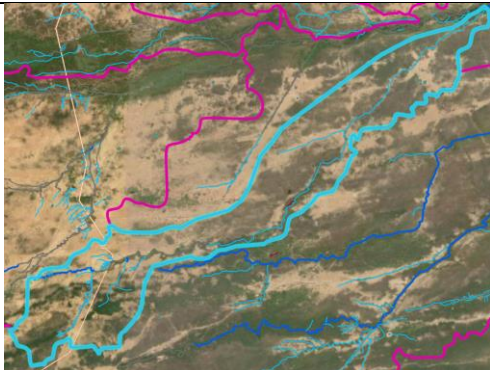
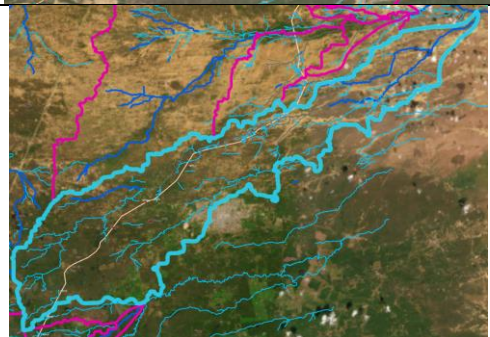
Fuente: Londoño, C.H., (2001). Cuencas Hidrográficas: Bases Conceptuales–Caracterización–Planificación–Administración. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería. Ibagué.

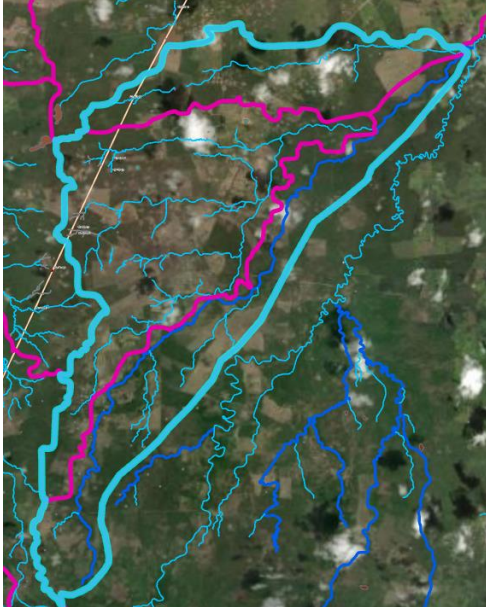
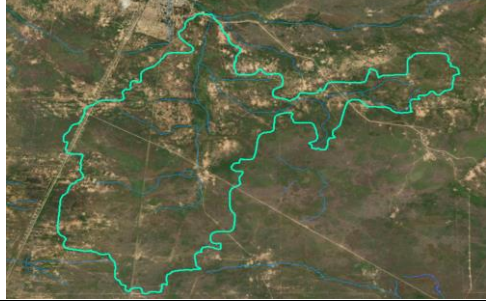
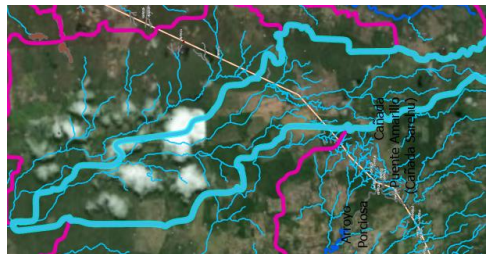
En la Tabla 5-21, se presentan los patrones de drenaje que se identificaron en las unidades de análisis del presente estudio.

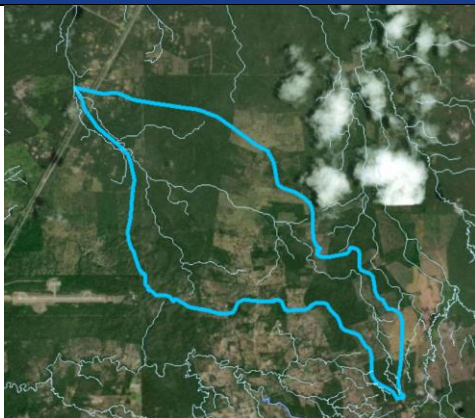
Tabla 5-21 Patrones de drenaje de las unidades hidrográficas analizadas.

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Arroyo el Salado			DENDRITICO
Arroyo Porciosa			SUBDENDRITICO
Arroyo Bruno			SUBPARALELO
Arroyo Wachuari			SUBPARALELO

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Arroyo Amaripa			SUBPARALELO
Arroyo Shishipeck Tailkat			SUBDENDRITICO
Arroyo Talmasol			DENDRITICO
Arroyo Mocucutao			PARALELO

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Arroyo Kashirain		 SUBPARALELO	SUBPARALELO
Arroyo Irruaín		 SUBDENDRITICO	SUBDENDRITICO
Arroyo Joumana		 SUBDENDRITICO	SUBDENDRITICO

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Caño Hondo			SUBPARALELO
Arroyo Sanatana			SUBDENDRITICO
Arroyo Kanéhuakan			SUBDENDRITICO

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Arroyo Makúrirap			SUBDENDRITICO
Arroyo Yuma (Guayumana)			SUBDENDRITICO
Arroyo Kijotchom – Wampeshi			SUBDENDRITICO

Nombre	Drenajes	Referencia	Calificación
Directos Río Ranchería			CONTORNEADO

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.2 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.

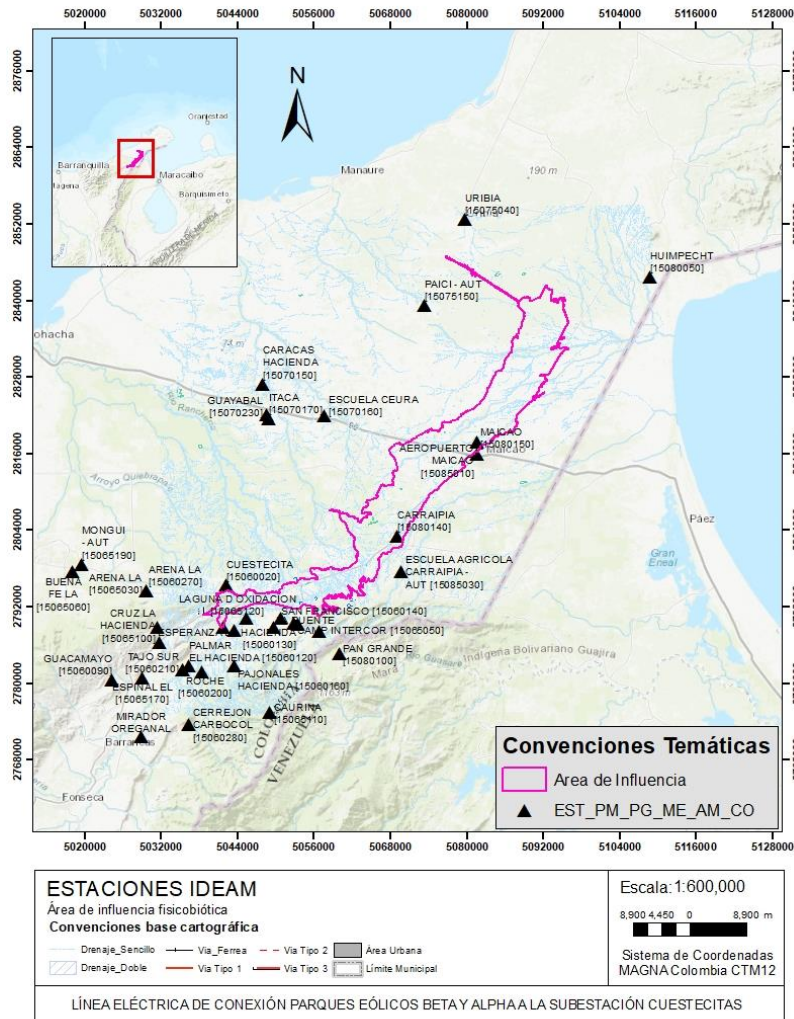


Figura 5-24 Ubicación espacial de las estaciones

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La información detallada sobre las estaciones se encuentra resumida en la Tabla 5-22, mientras que los aspectos particulares de estos datos se encuentran disponibles en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología.

Tabla 5-22 Estaciones seleccionadas

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INS T	FECHA_S USP	X	Y
0	15065190	MONGUI - AUT [15065190]	CP	2011-11-22		5019571,16	2798613,42
1	15060090	GUACAMAY O [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

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INS T	FECHA_S USP	X	Y
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
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	AERÓPUERT O 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

FID	CODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	FECHA_INS T	FECHA_S USP	X	Y
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	150600011 1	SANTA ISABEL [150600011]	PM	2018-04-20		5056954,10	2788148,82
33	15060001 67	LA PUENTE	PM	2021-01-08		5049739,12	2788815,78
34	15060001 68	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 5-23).

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.

5.1.6.2.1 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 5-23 Temporalidad de los registros de precipitación y % de datos faltantes.

Estación	Datos Faltantes	datos totales	Datos faltantes (%)
15060020	69	10956	1%
15060090	31	10956	0%
15060130	2622	10956	24%
15060180	71	10956	1%
15060200	4250	10956	39%
15060210	333	10956	3%
15060270	10	10956	0%
15065050	5392	10956	49%
15065100	284	10956	3%
15065501	125	10956	1%
15070150	2645	10956	24%
15070160	66	10956	1%
15070230	4083	10956	37%
15070240	546	10956	5%
15075030	1006	10956	9%
15085030	597	10956	5%
15085040	167	10956	2%
15087080	777	10956	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 5-25. (Ver 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología/5.1.6-Análisis_Precipitaciondiaria_Guajira) Precipitacion_Series crudas IDEAM.

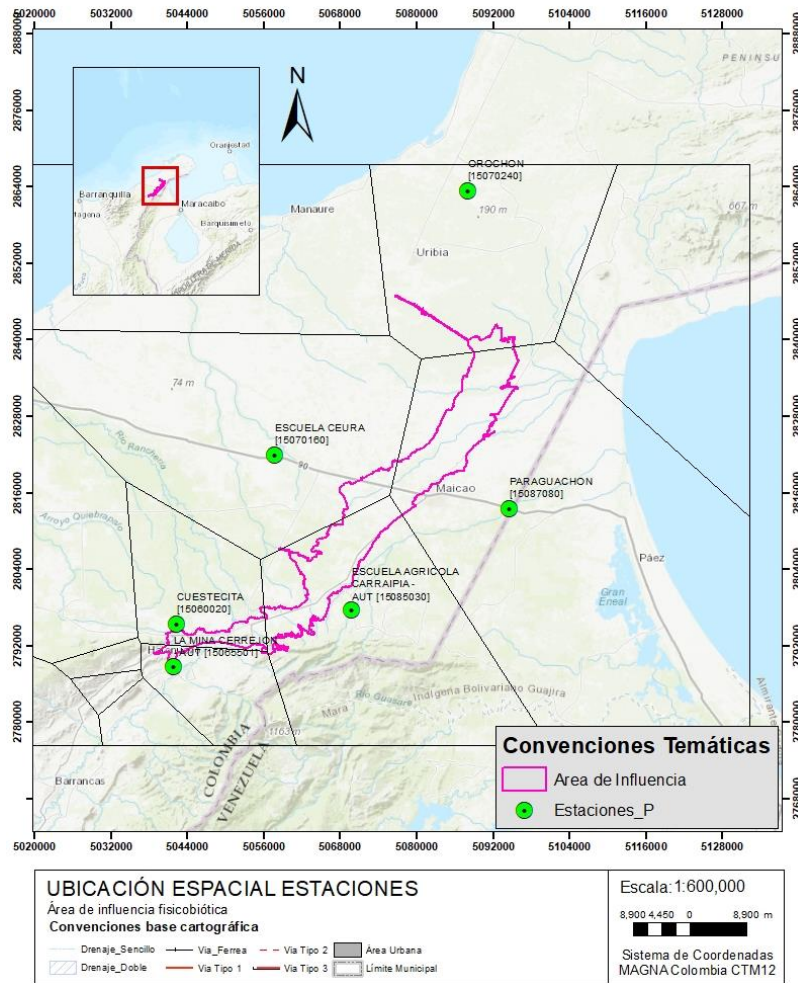


Figura 5-25 Polígonos de Thiessen

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 CARRAIPA – 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 5-24, se presenta de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen.

Tabla 5-24 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%
ESCUELA CEURA [15070160]	36,28	7%
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA – AUT [15085030]	173,208	32%
CUESTECITA [15060020]	45,045	8%
LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]	9,5439	2%

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 de 2024	

5.1.6.2.1.1 Identificación de datos anómalos (outliers)

Luego de determinar el periodo efectivo de registro de la serie, se procedió a identificar y remover los valores atípicos de las series, tomando en cuenta que la información en la mayoría de los casos presenta discontinuidad temporal en sus registros, así como también ciertas inconstancias, estas últimas debidas posiblemente a fallas en los instrumentos de medición y/o a errores humanos en las mediciones.

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 (H_0): No hay valores atípicos en la serie de datos.
- Hipótesis Alternativa (H_1): 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.

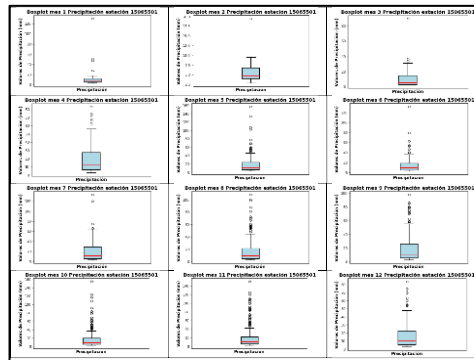
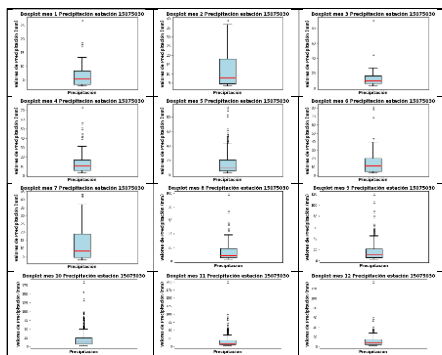
➤ **Comparación con Valor Crítico:**

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

➤ **Decisión Estadística:**

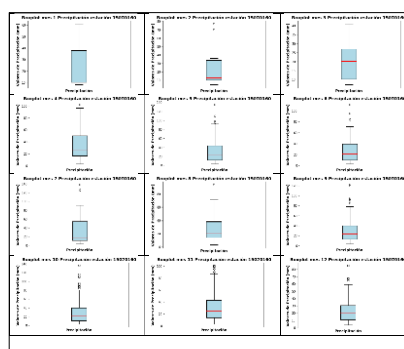
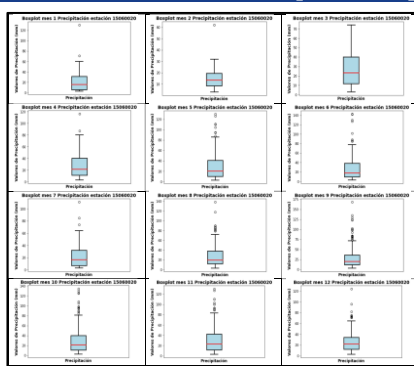
- Si el estadístico calculado es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula, indicando la presencia de al menos un valor atípico.

En la Figura 5-26, se presentan los BOXPLOTS de las estaciones OROCHON [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHON [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], CUESTECITA [15060020] teniendo en cuenta su representatividad para el área de estudio, la información desarrollada para las demás estaciones en los anexos (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología).



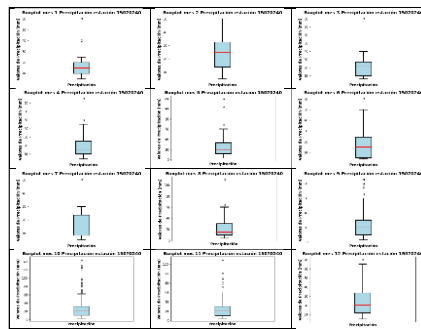
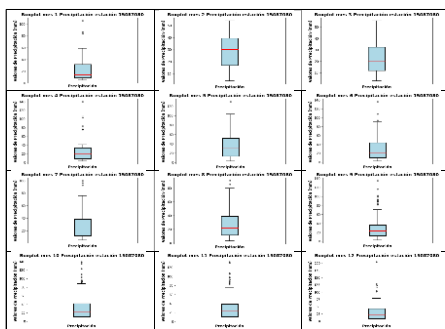
AGRICOLA CARRAIPIA AUT [15085030]

LA MINA CERREJÓN AUT [15065501]



CUESTECITA [15060020]

ESCUELA CEURA [15070160]



PARAGUACHON [15087080]

OROCHON [15070240]

Figura 5-26 Análisis BOXPLOTS
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-25 se presenta los resultados de la prueba de Grubbs para estación y cada uno de los meses del año.

Tabla 5-25 Resultados pruebas de Grubbs

Mes	Estación	Estadístico de Grubbs	P-valor	Umbral Crítico	Hipótesis de la prueba
Ene	15060020	26,568	29,2	80,89	No existen outliers en la serie.
Feb	15060020	29,107	47,27	77,25	No existen outliers en la serie.
Mar	15060020	19,934	12,54	80,94	No existen outliers en la serie.
Abr	15060020	12,121	3,97	79,62	No existen outliers en la serie.
May	15060020	8,87	1,98	81,65	No existen outliers en la serie.
Jun	15060020	12,707	4,37	80,08	No existen outliers en la serie.
Jul	15060020	16,173	7,39	81,67	No existen outliers en la serie.
Ago	15060020	11,233	3,27	81,63	No existen outliers en la serie.
Sep	15060020	10,941	3,14	80,32	No existen outliers en la serie.
Oct	15060020	8,188	1,71	80,13	No existen outliers en la serie.
Nov	15060020	8,526	1,91	78,14	No existen outliers en la serie.
Dic	15060020	14,286	5,68	80,2	No existen outliers en la serie.
Ene	15070160	29,643	55,67	75,59	No existen outliers en la serie.
Feb	15070160	24,985	29,75	73,66	No existen outliers en la serie.
Mar	15070160	23,399	21,5	77,15	No existen outliers en la serie.
Abr	15070160	12,215	4,22	76,68	No existen outliers en la serie.
May	15070160	11,185	3,41	77,94	No existen outliers en la serie.
Jun	15070160	14,84	6,54	76,95	No existen outliers en la serie.
Jul	15070160	18,641	11,03	78,68	No existen outliers en la serie.
Ago	15070160	11,844	3,83	78,68	No existen outliers en la serie.
Sep	15070160	9,083	2,22	76,9	No existen outliers en la serie.
Oct	15070160	8,659	2	77,15	No existen outliers en la serie.
Nov	15070160	7,952	1,7	75,92	No existen outliers en la serie.
Dic	15070160	15,529	7,57	74,82	No existen outliers en la serie.
Ene	15075030	24,672	20,6	85,31	No existen outliers en la serie.
Feb	15075030	23,624	19,53	82,09	No existen outliers en la serie.
Mar	15075030	35,273	91,6	83,72	No existen outliers en la serie.
Abr	15075030	18,074	10,16	78,87	No existen outliers en la serie.
May	15075030	14,061	5,19	83,65	No existen outliers en la serie.
Jun	15075030	17,275	8,56	82,26	No existen outliers en la serie.
Jul	15075030	15,028	6,31	80,85	No existen outliers en la serie.
Ago	15075030	19,428	11,43	82,33	No existen outliers en la serie.
Sep	15075030	14,256	5,47	82,28	No existen outliers en la serie.
Oct	15075030	14,877	5,67	86,36	No existen outliers en la serie.
Nov	15075030	20,819	13,71	82,19	No existen outliers en la serie.
Dic	15075030	27,424	28,91	84,97	No existen outliers en la serie.
Ene	15087080	21,212	16,71	75,62	No existen outliers en la serie.
Feb	15087080	22,669	21,47	73,69	No existen outliers en la serie.
Mar	15087080	19,53	13,16	76,05	No existen outliers en la serie.
Abr	15087080	20,775	16,23	74,39	No existen outliers en la serie.
May	15087080	12,071	4,26	74,57	No existen outliers en la serie.
Jun	15087080	16,953	9,57	73,79	No existen outliers en la serie.
Jul	15087080	16,955	9,36	74,93	No existen outliers en la serie.
Ago	15087080	10,243	2,92	75,62	No existen outliers en la serie.
Sep	15087080	9,663	2,63	74,36	No existen outliers en la serie.
Oct	15087080	8,438	1,96	74,82	No existen outliers en la serie.
Nov	15087080	9,848	2,77	73,61	No existen outliers en la serie.
Dic	15087080	19,916	14,03	75,56	No existen outliers en la serie.
Ene	15070240	19,751	14,5	73,19	No existen outliers en la serie.
Feb	15070240	24,659	33,74	69,11	No existen outliers en la serie.
Mar	15070240	25,903	34,59	73,22	No existen outliers en la serie.
Abr	15070240	17,433	10,67	72,03	No existen outliers en la serie.
May	15070240	14,824	7,09	72,4	No existen outliers en la serie.

Mes	Estación	Estadístico de Grubbs	P-valor	Umbral Crítico	Hipótesis de la prueba
Jun	15070240	18,992	13,39	72,03	No existen outliers en la serie.
Jul	15070240	21,1	17,49	73,22	No existen outliers en la serie.
Ago	15070240	16,305	8,79	73,19	No existen outliers en la serie.
Sep	15070240	8,319	1,98	72,03	No existen outliers en la serie.
Oct	15070240	10,374	3,12	73,19	No existen outliers en la serie.
Nov	15070240	12,616	4,91	72,03	No existen outliers en la serie.
Dic	15070240	11,637	4,07	72,4	No existen outliers en la serie.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Para cada mes y estación, se aplicó la prueba de Grubbs para detectar posibles valores atípicos. Los resultados muestran que en ningún caso se encontraron valores atípicos significativos.

5.1.6.2.1.2 Imputación de datos

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 de precipitación 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:

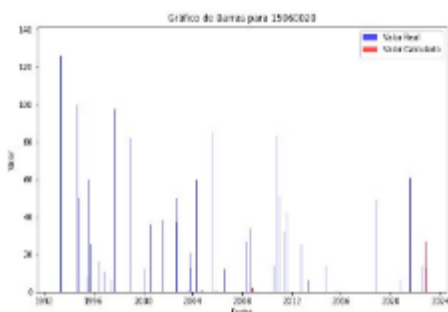
$$P_M(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i} * P_i(t)}{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i}}$$

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

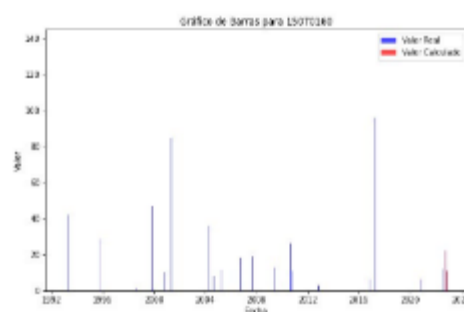
$$\lambda_{M,i} = \frac{1}{d_{M,i}^k}$$

Donde es la distancia desde la estación hasta la estación y 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. En la Figura 5-27, se presentan los datos imputados de precipitación, de las estaciones seleccionadas las gráficas se pueden visualizar con más detalle en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología.

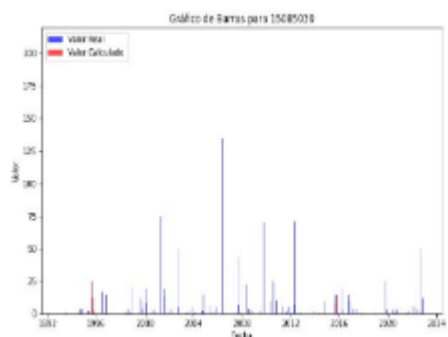
CUESTECITA [15060020]



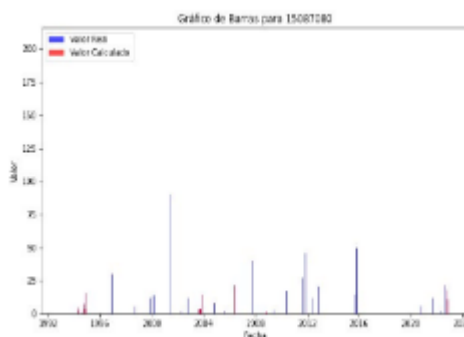
ESCUELA CEURA [15070160]



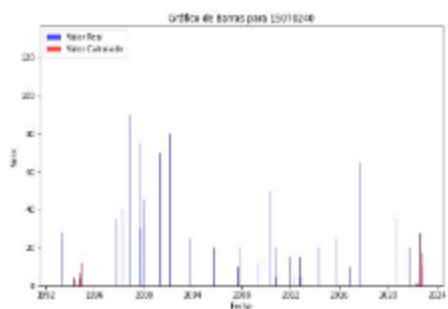
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA – AUT
[15085030]



PARAGUACHON [15087080]



OROCHON [15070240]



LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]

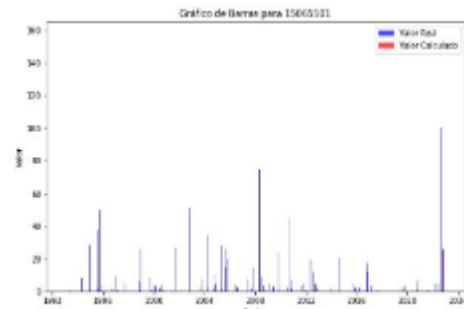


Figura 5–27 Datos imputados precipitación total diaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.2.1.3 Análisis de homogeneidad y tendencia

5.1.6.2.1.3.1 Prueba de homogeneidad Pettitt

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 Alabama (2006), donde los rangos de la 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 (Pettitt, 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.

Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en la ruta *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología*. En la Tabla 5-26 se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad.

Tabla 5-26 Resultados prueba de homogeneidad – Pettitt.

Estación	Punto de Cambio Pettitt	Estadística de Prueba Pettitt	Homogeneidad Pettitt
15060020	10818	-520028	Homogéneo
15065501	10823	367620	Homogéneo
15070160	10870	481170	Homogéneo
15070240	10870	435382	Homogéneo
15085030	10870	-128634	Homogéneo
15087080	10771	-1523926	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

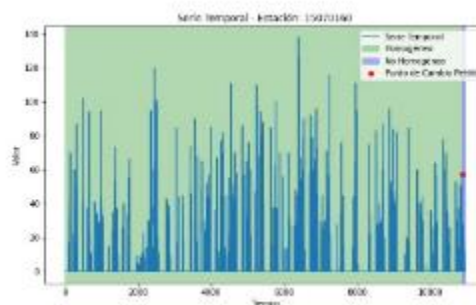
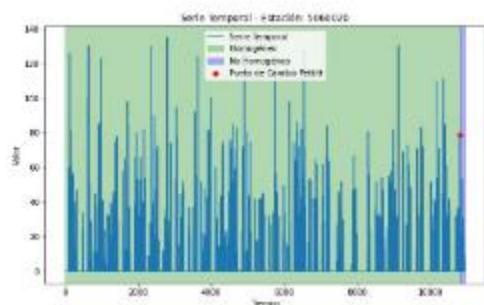
En la Figura 5-28 se presentan los resultados gráficos de la prueba de homogeneidad de Pettitt para los datos de precipitación. Las gráficas muestran la serie temporal de cada estación junto con resaltadas visuales que indican la detección de un cambio estructural según la prueba de Pettitt. Aquí hay una descripción de la gráfica generada para cada estación:

- **Serie Temporal:** La línea principal de la gráfica representa la serie temporal de los valores de precipitación a lo largo del tiempo.
- **Áreas Resaltadas:** Se resaltan dos áreas en la gráfica:
 - **Área Verde (Homogéneo):** Representa la región en la que los datos se consideran homogéneos.
 - **Área Azul o Roja (No Homogéneo):** Representa la región en la que se detecta un cambio estructural. El color puede ser azul si los datos después del cambio son más bajos que antes, o rojo si son más altos.
- **Punto de Cambio Pettitt:** Se marca un punto en la gráfica que indica la posición del cambio estructural detectado por la prueba de Pettitt.

De esta forma, se puede observar los períodos en los que se detecta un cambio significativo en la serie temporal de precipitación para cada estación. Si las áreas homogéneas son grandes y no hay puntos de cambio marcados, indica que no se detectaron cambios significativos. Por otro lado, áreas no homogéneas indican períodos en los que se detectó un cambio estructural.

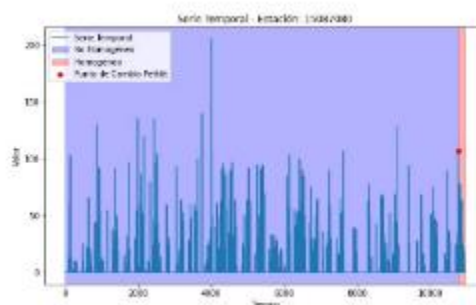
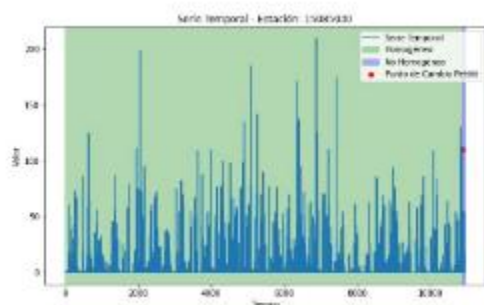
CUESTECITA [15060020]

ESCUELA CEURA [15070160]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]

PARAGUACHON [15087080]



OROCHON [15070240]

LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]

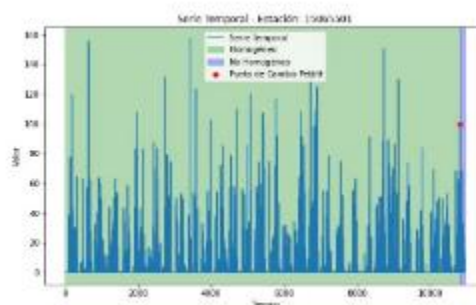
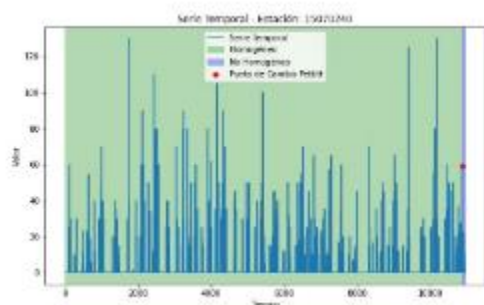


Figura 5-28 Prueba de homogeneidad de Pettitt para precipitación total diaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Análisis de resultados prueba de Pettitt.

- La mayoría de las estaciones, incluyendo OROCHON [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHON [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], y CUESTECITA [15060020], son consideradas homogéneas según la prueba de Pettitt. Esto sugiere que no hay evidencia estadística de un cambio abrupto en la serie temporal de precipitación en esas estaciones durante el período evaluado.
- Las estaciones homogéneas son valiosas para realizar análisis climatológicos y pueden ser más confiables en la detección de tendencias a largo plazo. La estación 15087080 se destaca como no homogénea según la prueba de Pettitt, sin embargo, al observar los

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

cambios en los datos, el cambio se presenta al final de la serie y con una pequeña magnitud, por lo cual no se procede hacer ninguna modificación a los datos.

5.1.6.2.1.3.2 Prueba de tendencia Mann-Kendall

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 hidroclimatológicas. 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 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.

3. 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.

4. Se calcula el estadístico Z_{MK} a partir de la expresión:
- 5.

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

6. A partir del estadístico se realiza la prueba de hipótesis, dada como:

: No existe una tendencia en la serie

: Hay una tendencia en la serie

Para muestras grandes como las series hidroclimatológicas, la hipótesis nula es rechazada si es mayor que o menor que de la distribución normal estándar para el nivel de significancia. El nivel de significancia usada en esta prueba fue de 0,05. Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio

Abiótico\5.1.6 Hidrología. En la Tabla 5-27 se presentan los resultados de la prueba de tendencia de Mann-Kendall para la precipitación total diaria para cada una de las estaciones.

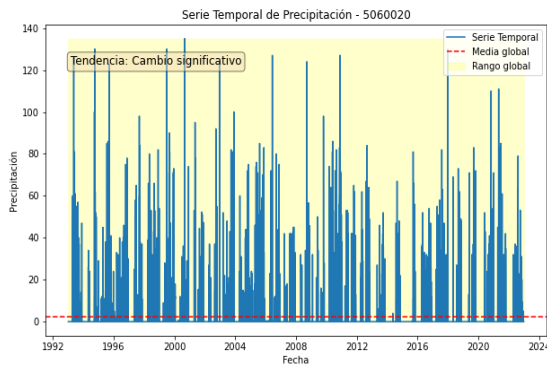
Tabla 5-27 Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación

Estación	Tau Kendall	P-Valor	Tendencia
15060020	-0.020281371	0.00775809	Cambio significativo
15065501	0.009159953	0.210587584	No hay cambio significativo
15070160	0.022096536	0.003967764	Cambio significativo
15070240	0.017613686	0.021048031	Cambio significativo
15085030	-0.002953569	0.682311375	No hay cambio significativo
15087080	-0.052777329	3.00153E-12	Cambio significativo

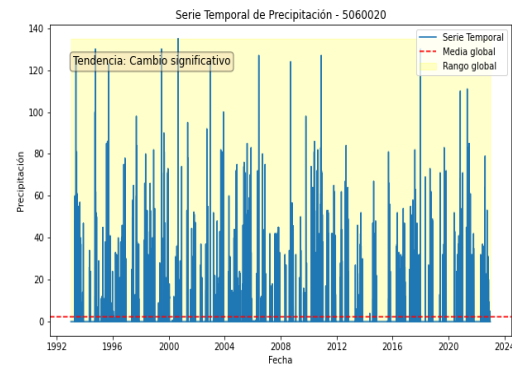
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Figura 5-29 , se presentan los resultados gráficos de la prueba de tendencia por Mann Kendall. La interpretación de los colores y elementos en las gráficas se detalla a continuación:

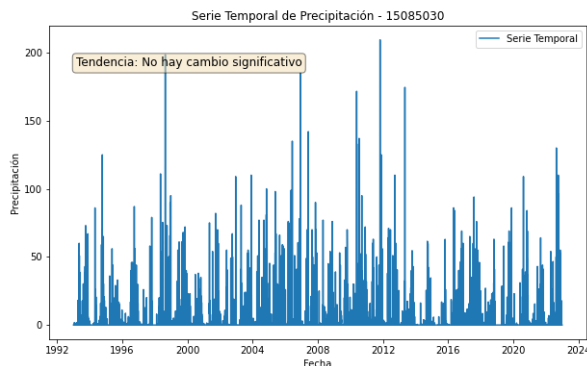
CUESTECITA [15060020]



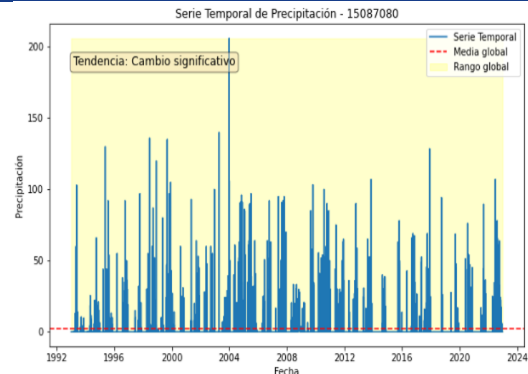
ESCUELA CEURA [15070160]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



PARAGUACHON [15087080]



OROCHON [15070240]

LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

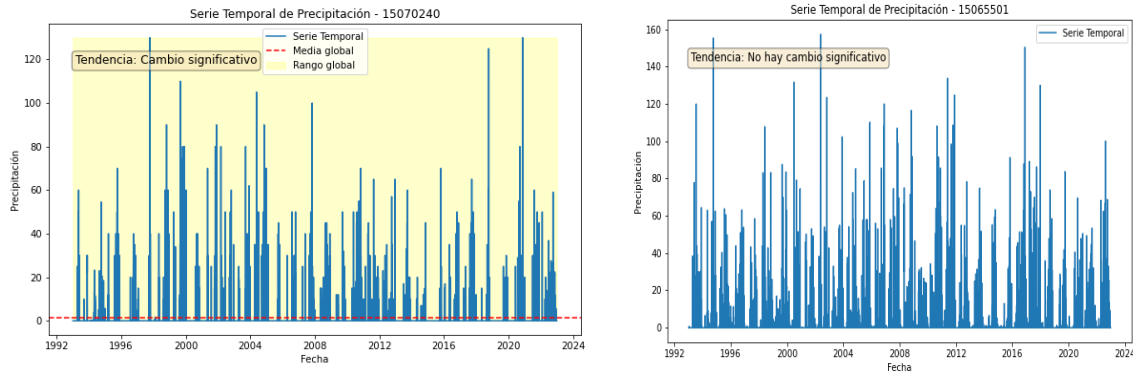


Figura 5-29 Análisis de tendencia.

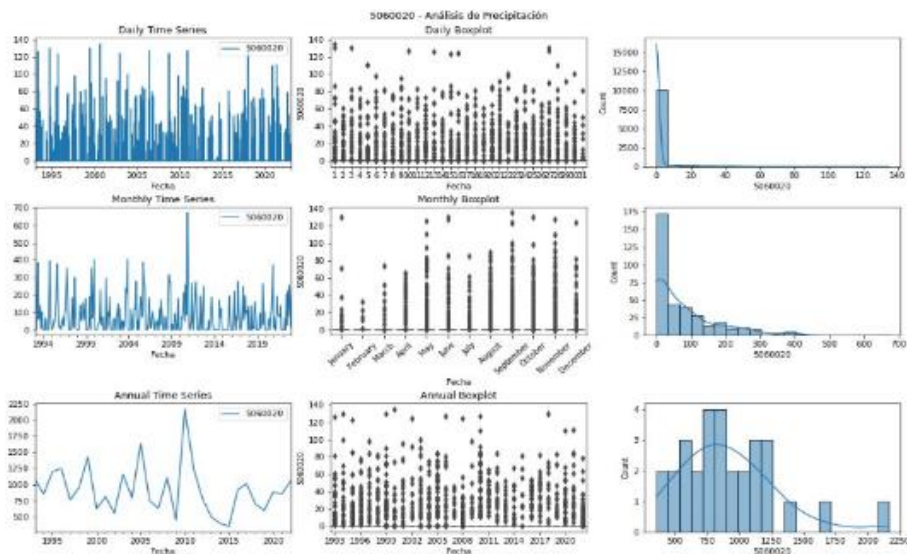
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En resumen, tres estaciones (15060020, 15070160 y 15070240) muestran tendencias significativas, una negativa y dos positivas, respectivamente. Las demás estaciones no muestran tendencias significativas. es importante tener en cuenta que las tendencias pueden variar de una estación a otra. Esto podría deberse a diferencias en la geografía, la topografía y otros factores locales que influyen en los patrones de precipitación.

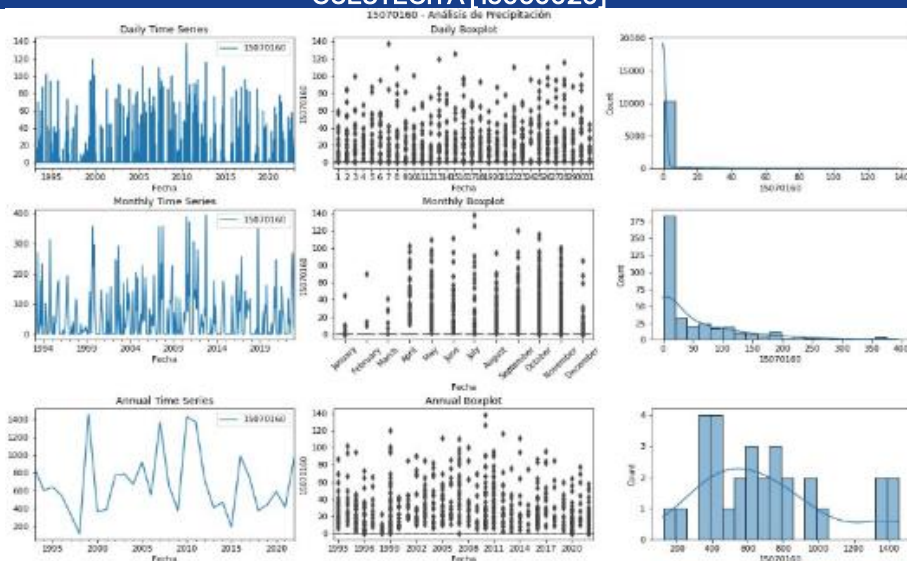
Las tendencias significativas pueden tener implicaciones importantes para la gestión del agua, la agricultura, la planificación urbana y otras áreas. Por ejemplo, una tendencia negativa en la precipitación podría indicar una mayor probabilidad de sequías, mientras que una tendencia positiva podría requerir medidas de mitigación contra inundaciones.

5.1.6.2.1.4 Descripción climática. – Precipitación

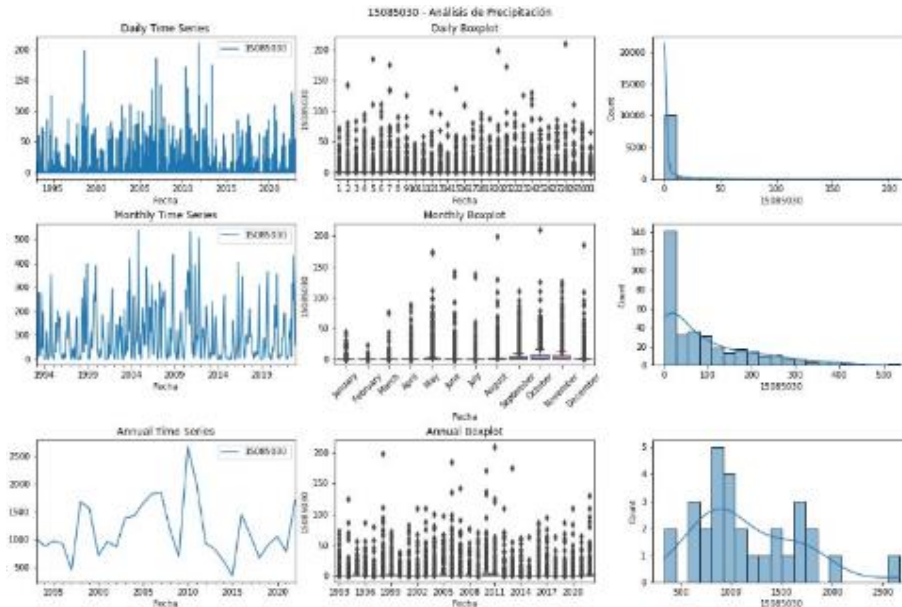
Posterior al pretratamiento de las series de precipitación, se realizó el análisis de los datos, donde se calcularon los valores medios mensuales multianuales de precipitación total para cada una de las estaciones. Los análisis están consignados en la ruta 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología. En la Figura 5-30 se presentan los resultados y el comportamiento de la precipitación en cada una de las estaciones.



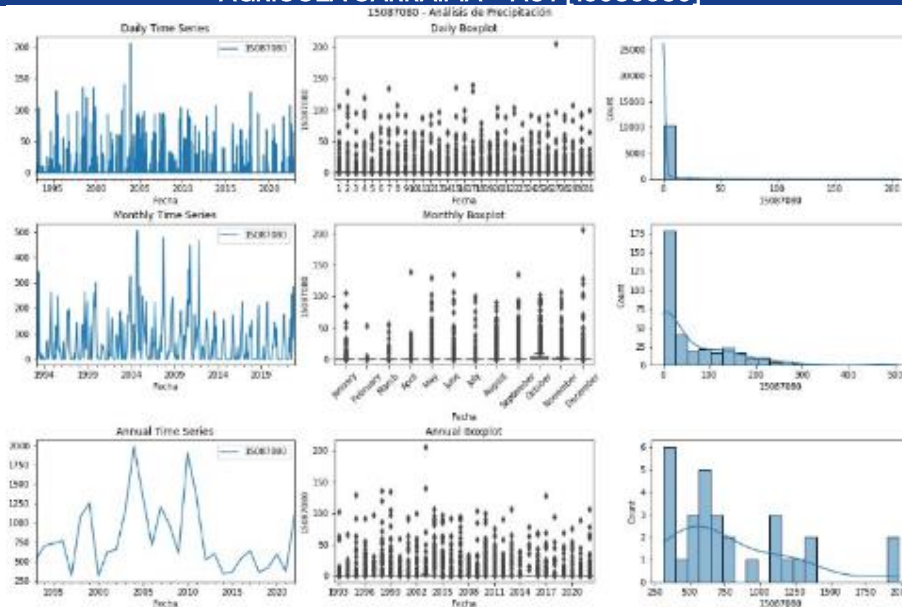
CUESTECITA [15060020]



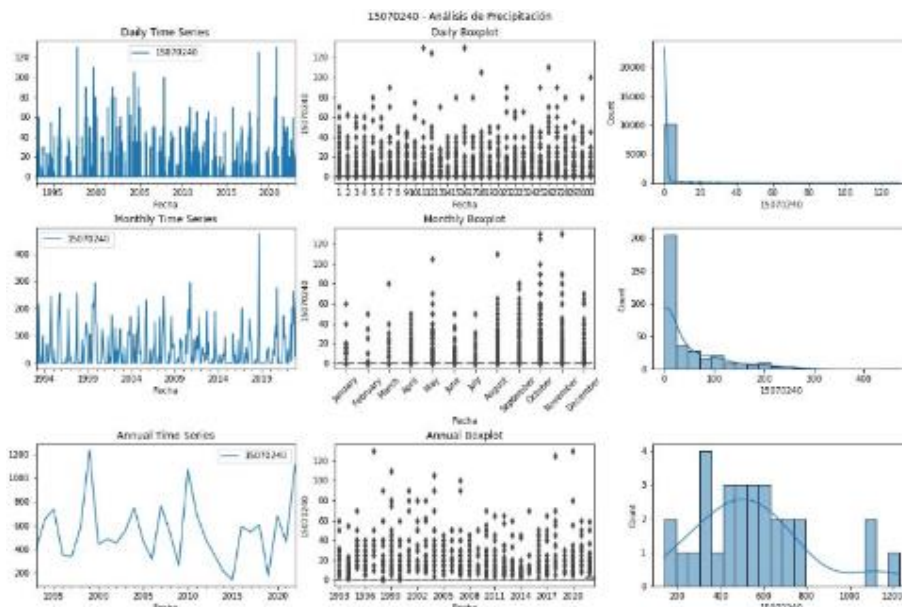
ESCUELA CEURA [15070160]



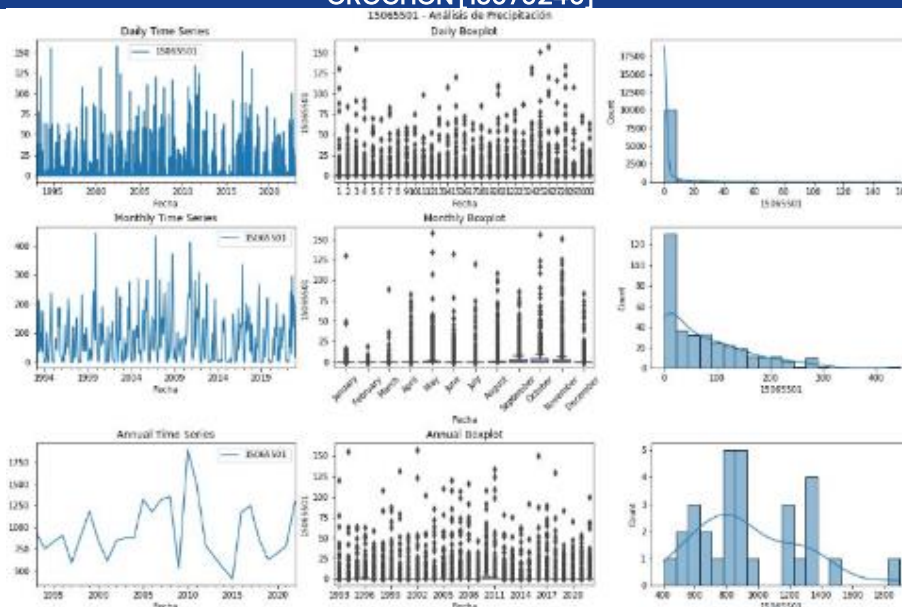
AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



PARAGUACHON [15087080]



OROCHON [15070240]



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

Figura 5-30 Comportamiento precipitación en las diferentes estaciones.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente tabla, se presentan los datos de precipitación total media mensual multianual.

Tabla 5-28 Valores medios de precipitación mensual de las estaciones (mm/mes).

Estaciones.	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
CUESTECITA [15060020]	13,5	2,8	9,5	53,1	114,6	61,7	30,0	106,2	167,1	167,1	140,2	51,1
ESCUELA CEURA [15070160]	2,3	3,1	3,9	44,4	83,6	37,9	37,9	64,0	114,2	159,5	118,0	17,8

Estaciones.	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - AUT [15085030]	20,4	6,3	22,7	58,3	142,1	71,2	45,9	107,6	164,3	216,3	211,1	95,7
PARAGUACHON [15087080]	22	2	12	25	77	41	30	79	137	179	138	59
OROCHON [15070240]	9,0	4,2	8,9	18,9	43,9	12,8	10,4	54,6	98,5	150,3	101,8	33,7
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	15	4	14	65	112	59	51	108	142	156	163	54

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

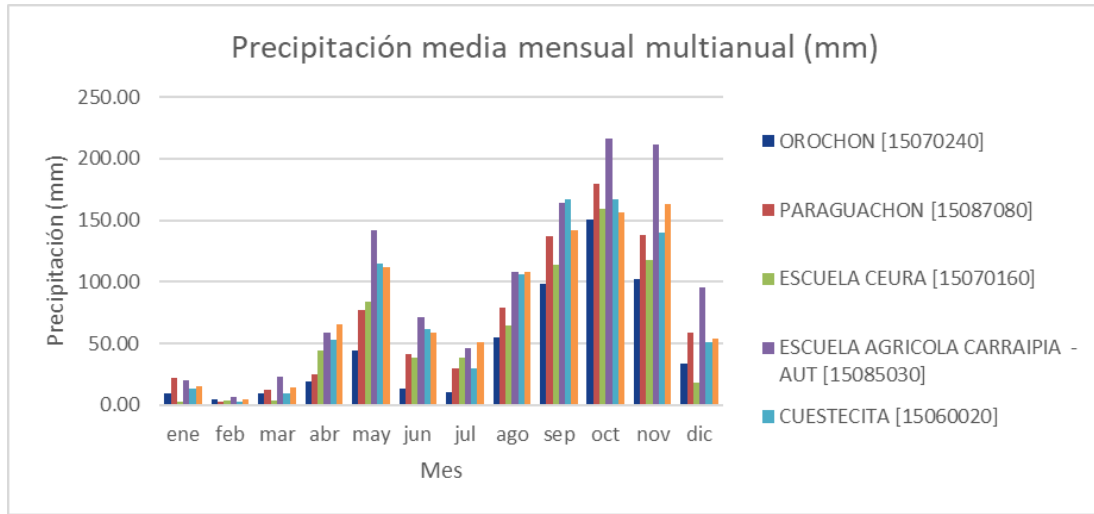


Figura 5-31 Precipitación media mensual multianual.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Los datos de precipitación total promedio mensual muestran evidencia de un patrón bimodal en la región, con dos temporadas lluviosas distintas y períodos secos entre ellas. La primera temporada lluviosa ocurre generalmente entre octubre y noviembre, seguida por un período seco en enero y febrero. La segunda temporada lluviosa ocurre entre abril y mayo, con un segundo período seco potencial en julio y agosto. En la siguiente figura se presenta el comportamiento espacial de la precipitación.

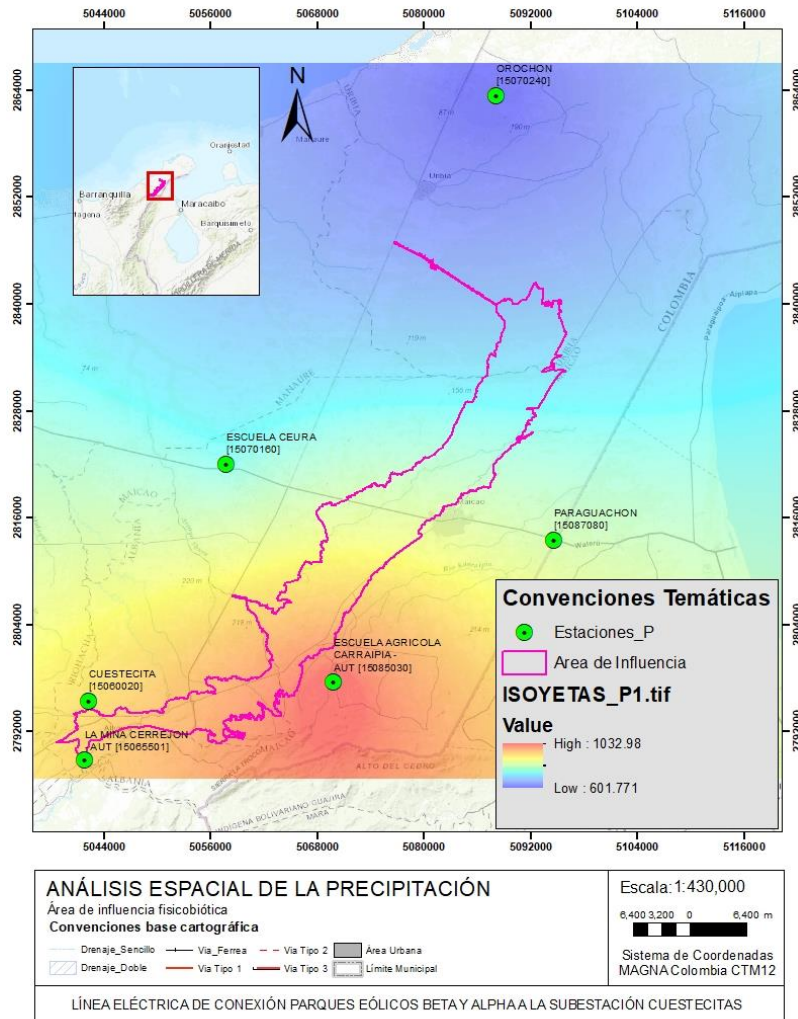


Figura 5-32 Comportamiento espacial de la precipitación.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.2.2 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 5-29 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 5-29 Temporalidad de los registros de temperatura y % de datos faltantes

NOMBRE	LONGITUD ESPERADA	% DATOS FALTANTES
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]	10955	6%
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	10955	16%
MANAURE [15075030]	10955	16%
RANCHO GRANDE [15085040]	10955	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 5-33.

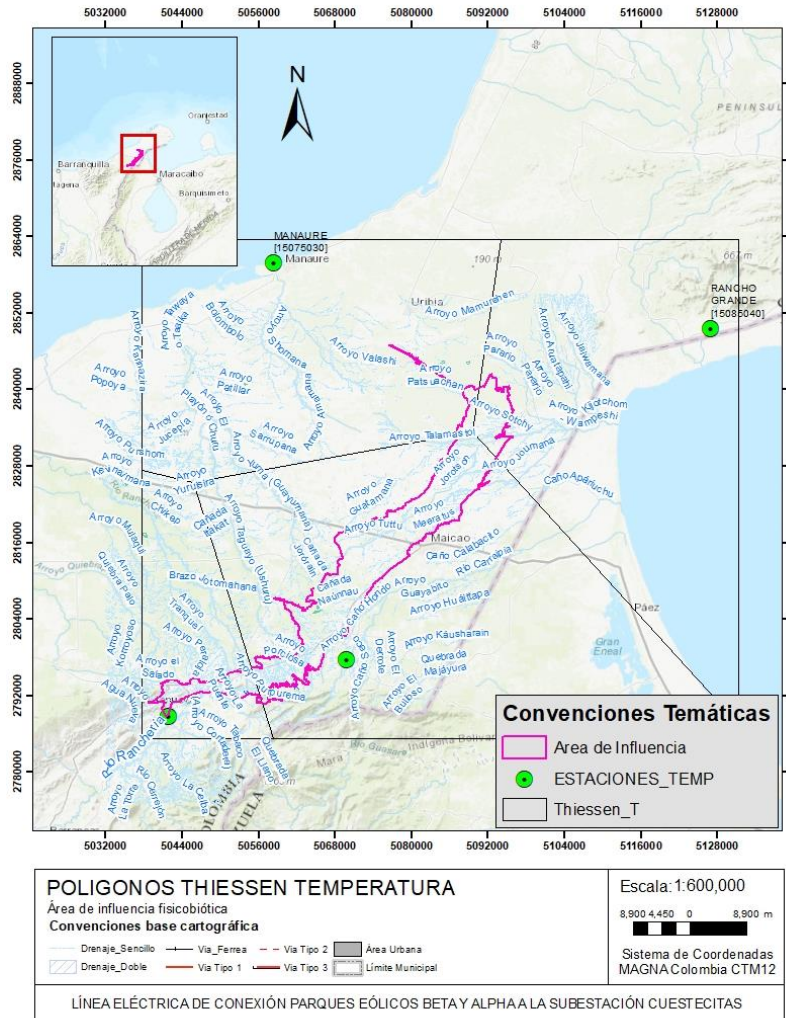


Figura 5-33 Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura.

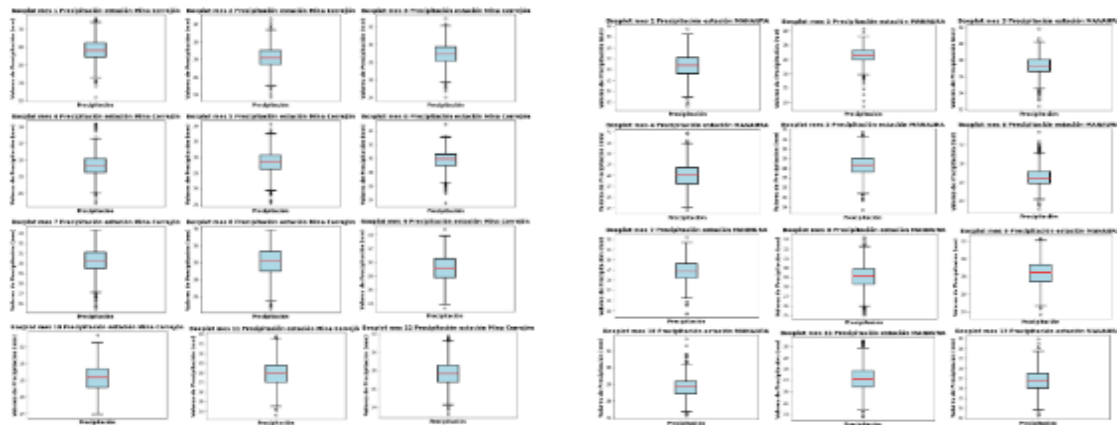
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Con base en el análisis de polígonos de Thiessen, se resalta que las estaciones LA MINA CERREJON - AUT [15065501], ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - 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).

Luego de determinar el periodo efectivo de registro de la serie, se procedió a identificar y remover los valores atípicos de las series, tomando en cuenta que la información en la mayoría de los casos presenta discontinuidad temporal en sus registros, así como también ciertas inconstancias, estas últimas debidas posiblemente a fallas en los instrumentos de medición y/o a errores humanos en las mediciones.

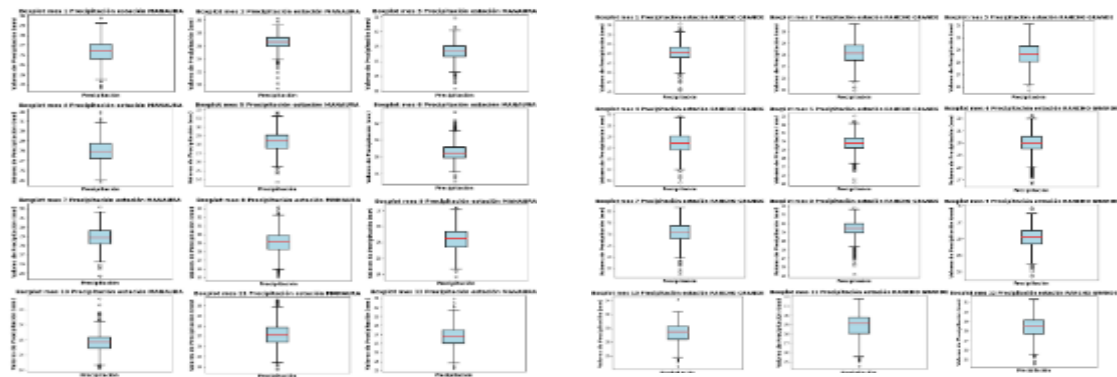
De esta forma, se realizaron los mismos procedimientos para análisis de datos atípicos, análisis de homogeneidad, análisis de tendencias en los datos y llenada de datos faltantes a las series de temperatura.

En la Figura 5-34 se presentan los BOXPLOTS de las estaciones LA MINA CERREJON AUT [15065501], ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA AUT [15085030], MANAURE [15075030], RANCHO GRANDE [15085040] teniendo en cuenta su representatividad para el área de estudio, la información desarrollada para las demás estaciones se presenta en la ruta 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología.



LA MINA CERREJON - AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-34 BOXPLOTS mensuales para datos de temperatura

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen de los resultados de análisis de outliers por la prueba de Grubbs para los datos de temperatura.

Tabla 5-30 Resultados prueba de Grubbs para datos de temperatura.

Mes	Estación	Estadístico de Grubbs	P-valor	Umbral Crítico	Hipótesis de la prueba
Ene	15065501	26,568	29,2	80,89	No existen outliers en la serie.
Feb	15065501	29,107	47,27	77,25	No existen outliers en la serie.

Mes	Estación	Estadístico de Grubbs	P-valor	Umbral Crítico	Hipótesis de la prueba
Mar	15065501	19,934	12,54	80,94	No existen outliers en la serie.
Abr	15065501	12,121	3,97	79,62	No existen outliers en la serie.
May	15065501	8,87	1,98	81,65	No existen outliers en la serie.
Jun	15065501	12,707	4,37	80,08	No existen outliers en la serie.
Jul	15065501	16,173	7,39	81,67	No existen outliers en la serie.
Ago	15065501	11,233	3,27	81,63	No existen outliers en la serie.
Sep	15065501	10,941	3,14	80,32	No existen outliers en la serie.
Oct	15065501	8,188	1,71	80,13	No existen outliers en la serie.
Nov	15065501	8,526	1,91	78,14	No existen outliers en la serie.
Dic	15065501	14,286	5,68	80,2	No existen outliers en la serie.
Ene	15085030	29,643	55,67	75,59	No existen outliers en la serie.
Feb	15085030	24,985	29,75	73,66	No existen outliers en la serie.
Mar	15085030	23,399	21,5	77,15	No existen outliers en la serie.
Abr	15085030	12,215	4,22	76,68	No existen outliers en la serie.
May	15085030	11,185	3,41	77,94	No existen outliers en la serie.
Jun	15085030	14,84	6,54	76,95	No existen outliers en la serie.
Jul	15085030	18,641	11,03	78,68	No existen outliers en la serie.
Ago	15085030	11,844	3,83	78,68	No existen outliers en la serie.
Sep	15085030	9,083	2,22	76,9	No existen outliers en la serie.
Oct	15085030	8,659	2	77,15	No existen outliers en la serie.
Nov	15085030	7,952	1,7	75,92	No existen outliers en la serie.
Dic	15085030	15,529	7,57	74,82	No existen outliers en la serie.
Ene	15075030	24,672	20,6	85,31	No existen outliers en la serie.
Feb	15075030	23,624	19,53	82,09	No existen outliers en la serie.
Mar	15075030	35,273	91,6	83,72	No existen outliers en la serie.
Abr	15075030	18,074	10,16	78,87	No existen outliers en la serie.
May	15075030	14,061	5,19	83,65	No existen outliers en la serie.
Jun	15075030	17,275	8,56	82,26	No existen outliers en la serie.
Jul	15075030	15,028	6,31	80,85	No existen outliers en la serie.
Ago	15075030	19,428	11,43	82,33	No existen outliers en la serie.
Sep	15075030	14,256	5,47	82,28	No existen outliers en la serie.
Oct	15075030	14,877	5,67	86,36	No existen outliers en la serie.
Nov	15075030	20,819	13,71	82,19	No existen outliers en la serie.
Dic	15075030	27,424	28,91	84,97	No existen outliers en la serie.
Ene	15085040	21,212	16,71	75,62	No existen outliers en la serie.
Feb	15085040	22,669	21,47	73,69	No existen outliers en la serie.
Mar	15085040	19,53	13,16	76,05	No existen outliers en la serie.
Abr	15085040	20,775	16,23	74,39	No existen outliers en la serie.
May	15085040	12,071	4,26	74,57	No existen outliers en la serie.
Jun	15085040	16,953	9,57	73,79	No existen outliers en la serie.
Jul	15085040	16,955	9,36	74,93	No existen outliers en la serie.
Ago	15085040	10,243	2,92	75,62	No existen outliers en la serie.
Sep	15085040	9,663	2,63	74,36	No existen outliers en la serie.
Oct	15085040	8,438	1,96	74,82	No existen outliers en la serie.
Nov	15085040	9,848	2,77	73,61	No existen outliers en la serie.
Dic	15085040	19,916	14,03	75,56	No existen outliers en la serie.

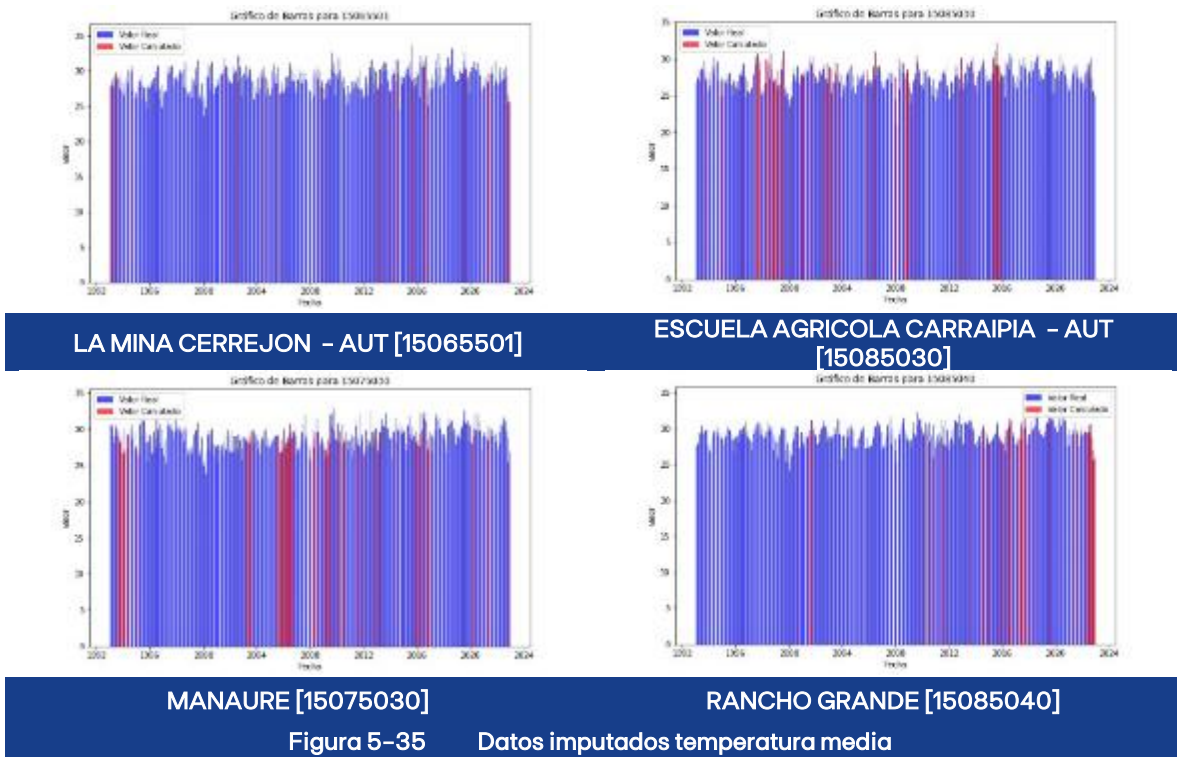
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

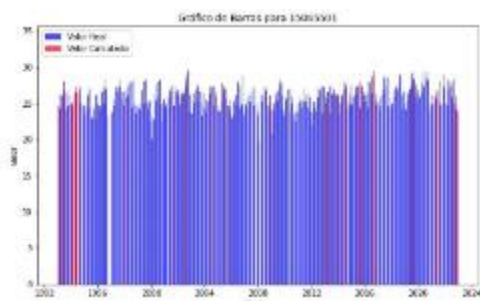
Para cada mes y estación, se aplicó la prueba de Grubbs para detectar posibles valores atípicos. Los resultados muestran que en ningún caso se encontraron valores atípicos significativos.

5.1.6.2.2.1 Imputación de datos

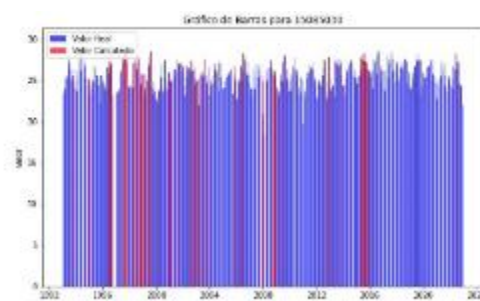
Para el cálculo de datos faltantes se utilizó el método de interpolación IDW. El método utiliza la autocorrelación espacial de los datos hidroclimatológicos. La determinación del dato faltante se realiza a partir de otras series del mismo carácter y de la misma escala.

En la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología. se presentan las series de datos imputados de temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima para cada una de las estaciones de análisis, donde se muestran los datos generados y que no representan datos atípicos. A continuación, se presentan los datos imputados de temperatura.

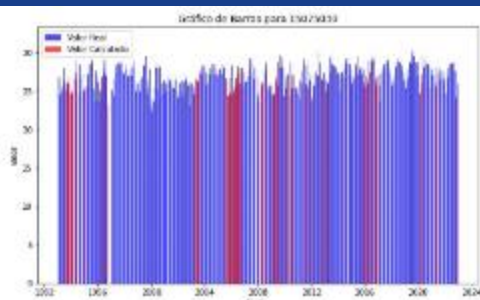




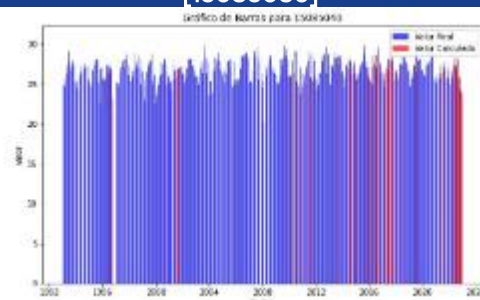
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



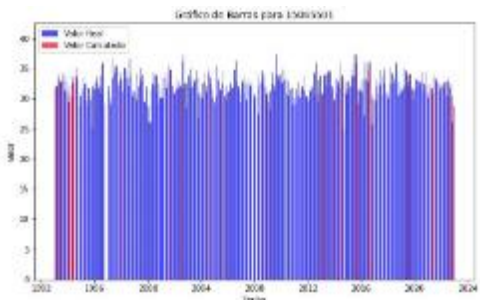
MANAURE [15075030]



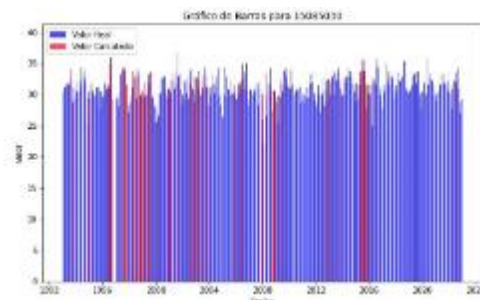
RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-36 Datos imputados temperatura mínima

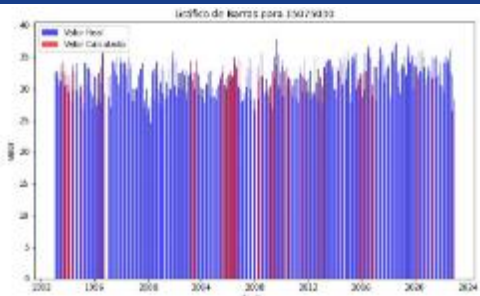
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



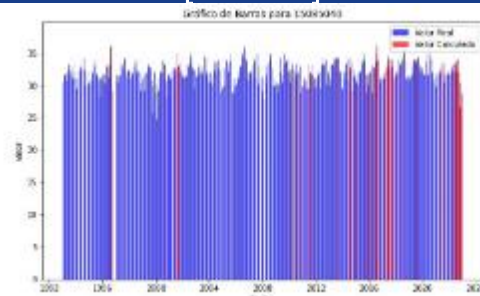
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

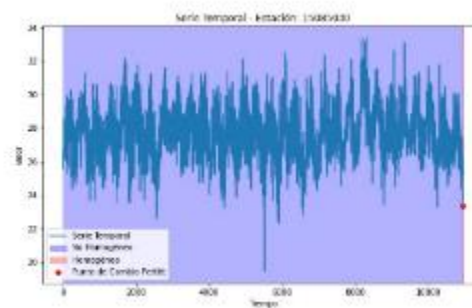
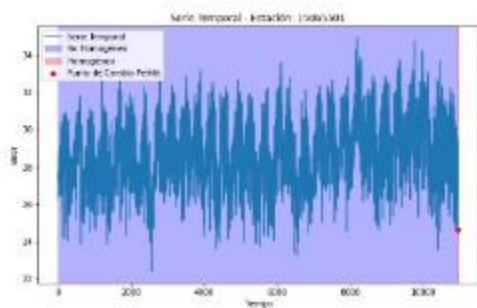
Figura 5-37 Datos imputados temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.2.2.2 Análisis de homogeneidad y tendencia

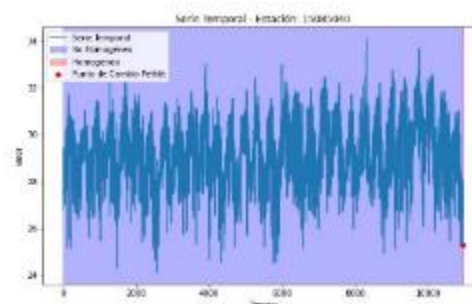
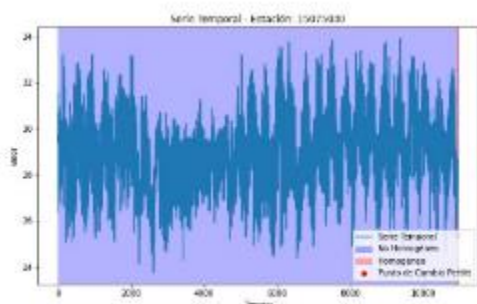
5.1.6.2.2.2.1 Prueba de Pettitt

De la Figura 5-38 a la Figura 5-40, se presentan los resultados gráficos de la prueba de homogeneidad de Pettitt para los datos de temperatura.



LA MINA CERREJON – AUT [15065501]

**ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA – AUT
[15085030]**



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-38 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura media.

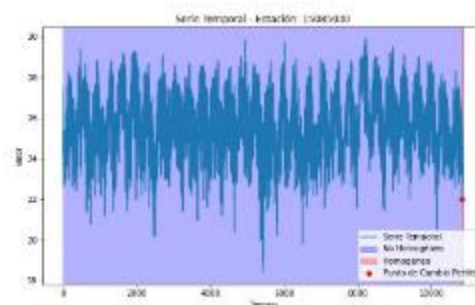
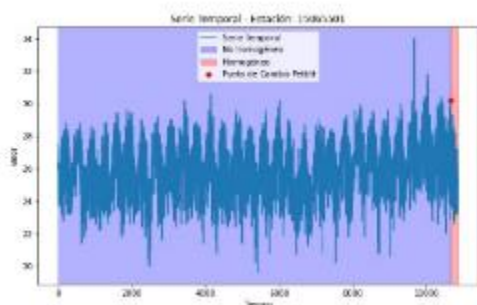
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5-31 se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura media.

Tabla 5-31 Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura media.

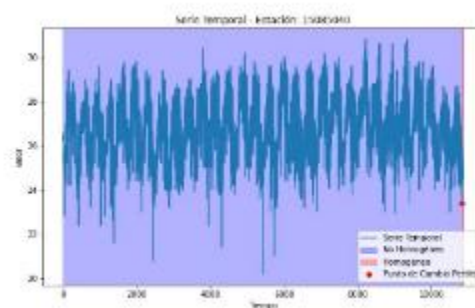
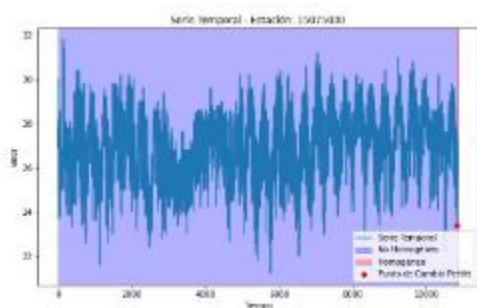
Estación	Punto de Cambio Pettitt	Estadística de Prueba Pettitt	Homogeneidad Pettitt
15065501	10934	8576695	No Homogéneo
15075030	10923	7503652	No Homogéneo
15085030	10933	3285583	No Homogéneo
15085040	10934	5422609	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



LA MINA CERREJON - AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT
[15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-39 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura mínima.

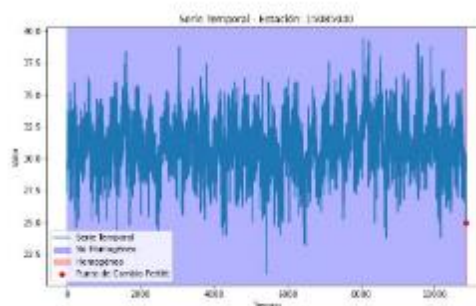
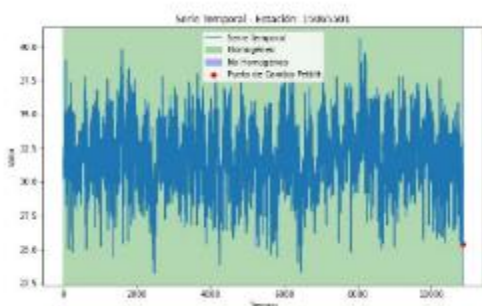
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5-32 se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura mínima.

Tabla 5-32 Resultados prueba de homogeneidad – Pettitt temperatura mínima.

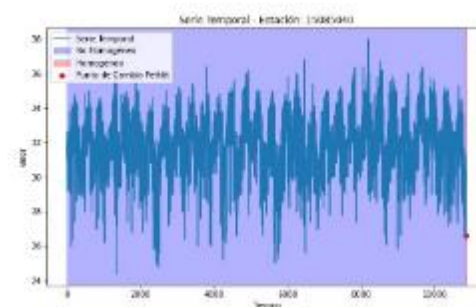
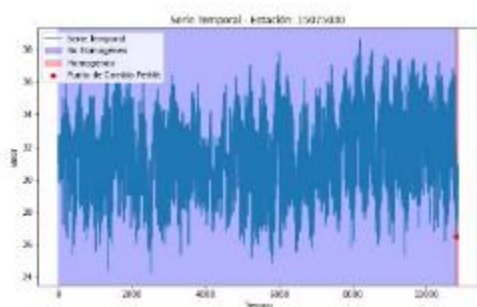
Estación	Punto de Cambio Pettitt	Estadística de Prueba Pettitt	Homogeneidad Pettitt
15065501	10647	4968371	No Homogéneo
15075030	10837	9054618	No Homogéneo
15085030	10838	1973580	No Homogéneo
15085040	10837	2890402	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



LA MINA CERREJON – AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA – AUT
[15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5–40 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura máxima.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5–33 se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura máxima.

Tabla 5–33 Resultados prueba de homogeneidad – Pettitt temperatura máxima.

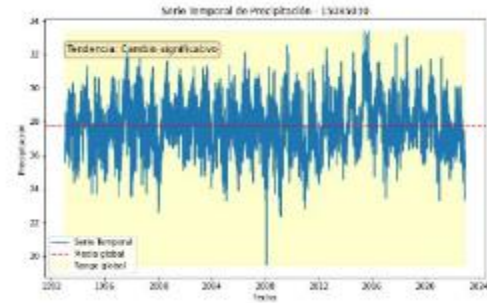
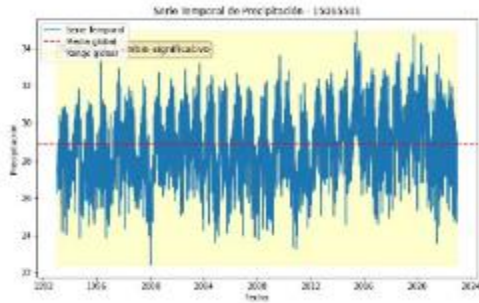
Estación	Punto de Cambio Pettitt	Estadística de Prueba Pettitt	Homogeneidad Pettitt
15065501	10843	122877	Homogéneo
15075030	10816	6504196	No Homogéneo
15085030	10841	2942488	No Homogéneo
15085040	10841	3644298	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Los resultados de las pruebas de homogeneidad de Pettitt indican que las series temporales de temperatura media y mínima en todas las estaciones del sector de La Guajira muestran no homogeneidad, lo que sugiere cambios estructurales en los patrones climáticos a lo largo del tiempo. Para la temperatura máxima, la estación 15065501 es la única que muestra homogeneidad, lo que implica una mayor consistencia en los datos a lo largo del tiempo en comparación con las otras estaciones.

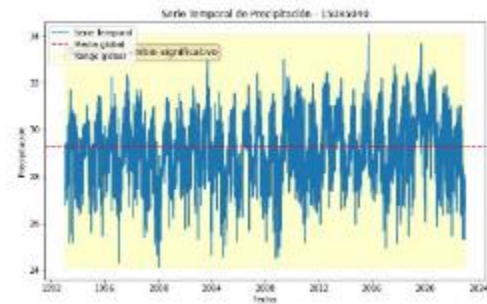
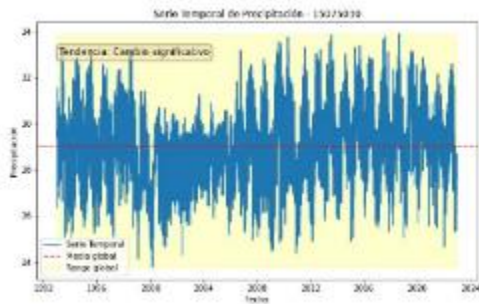
5.1.6.2.2.2 Prueba de tendencia Mann-Kendall

De la Figura 5-41 a la Figura 5-43 se presentan los resultados de la prueba de tendencia de Mann-Kendall para la temperatura media, mínima y máxima para cada una de las estaciones.



LA MINA CERREJON – AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA – AUT [15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

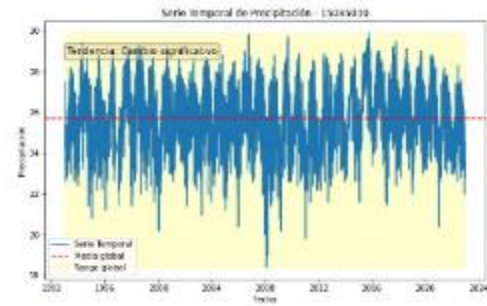
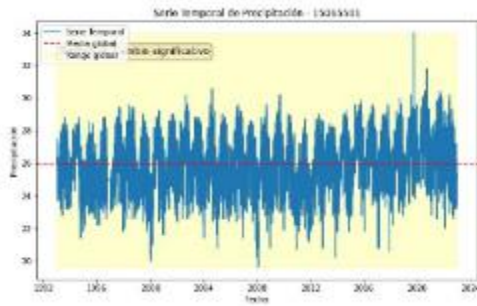
Figura 5-41 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 5-34 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media

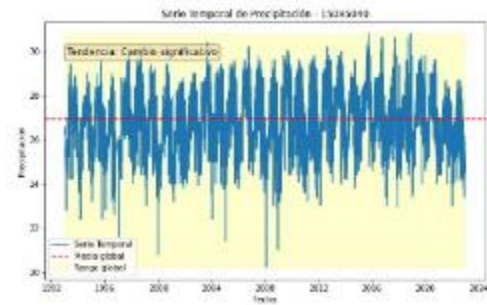
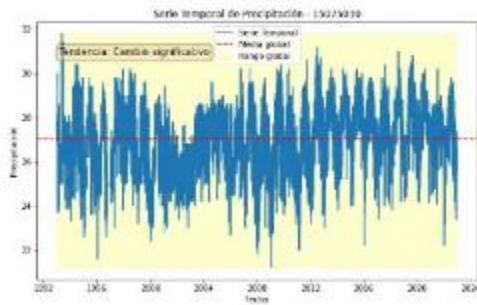
Estación	Tau Kendall	P-Valor	Tendencia
15065501	0,143353732	1,6404E-111	Cambio significativo
15075030	0,125331158	8,32961E-86	Cambio significativo
15085030	0,054935067	8,2512E-18	Cambio significativo
15085040	0,090734578	1,09795E-45	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



LA MINA CERREJON - AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT
[15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-42

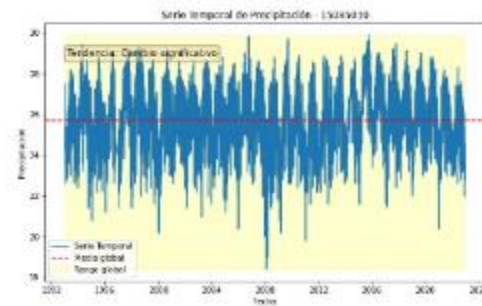
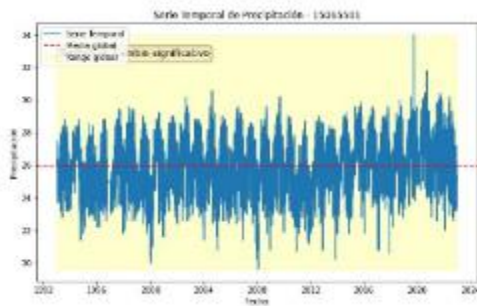
Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 5-35 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima

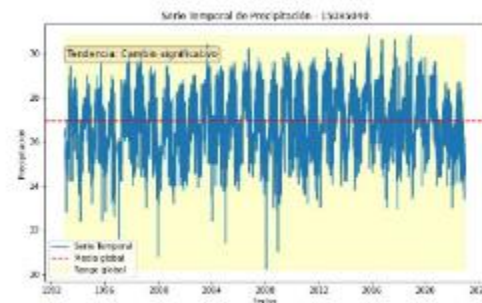
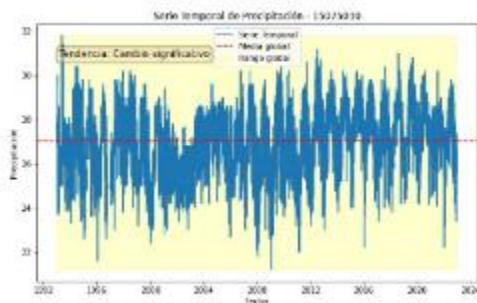
Estación	Tau Kendall	P-Valor	Tendencia
15065501	0,085433959	1,30119E-39	Cambio significativo
15075030	0,155654272	2,6077E-127	Cambio significativo
15085030	0,033995578	1,67358E-07	Cambio significativo
15085040	0,049889506	1,80407E-14	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



LA MINA CERREJON – AUT [15065501]

ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA – AUT
[15085030]



MANAURE [15075030]

RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-43 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 5-36 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima

Estación	Tau Kendall	P-Valor	Tendencia
15065501	0,002105	0,74468	Cambio significativo
15075030	0,111164	1,42E-66	Cambio significativo
15085030	0,050471	6,24E-15	Cambio significativo
15085040	0,062838	4,33E-22	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

A partir de los resultados del análisis de Mann-Kendall para las diferentes estaciones, se pudo concluir que la presencia de tendencias en la temperatura respalda la idea de que estos cambios no son aleatorios, sino que ha existido una clara en la evolución de las condiciones climáticas. Indicando así, un aumento en la temperatura.

5.1.6.2.2.3 Análisis de la temperatura.

El análisis de la temperatura se realizó a partir de las series completas y homogéneas, donde se calcularon los valores medios mensuales multianuales para cada una de las estaciones. Los análisis están consignados en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología.

➤ Temperatura mínima.

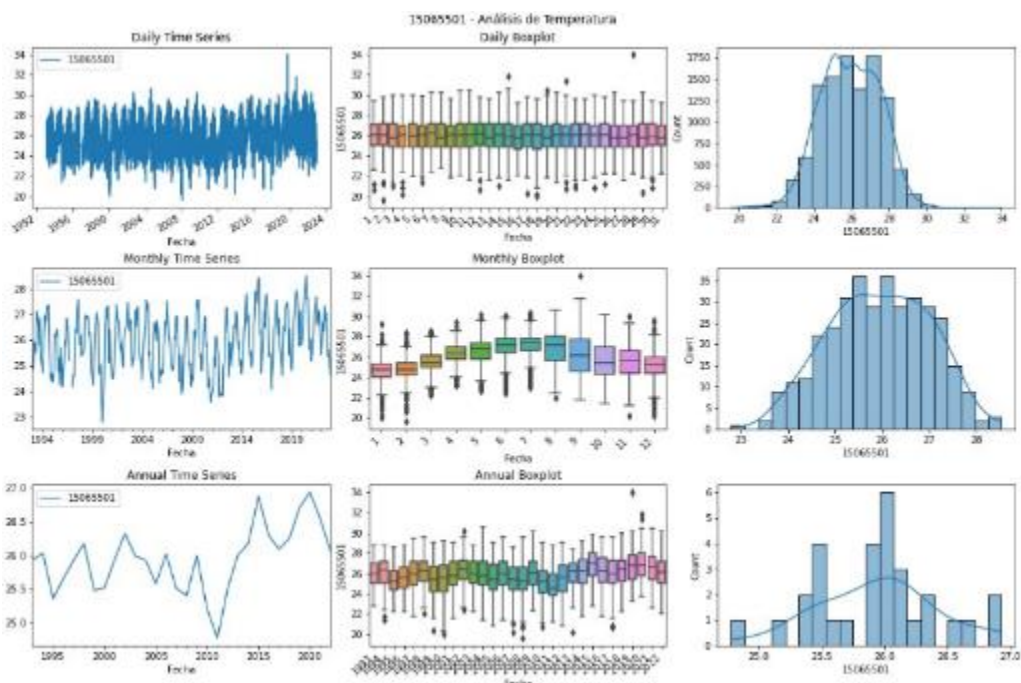
En la Tabla 5-37 se presentan los valores de temperatura mínima para cada una de las estaciones.

Tabla 5-37 Valores promedio de temperatura mínima

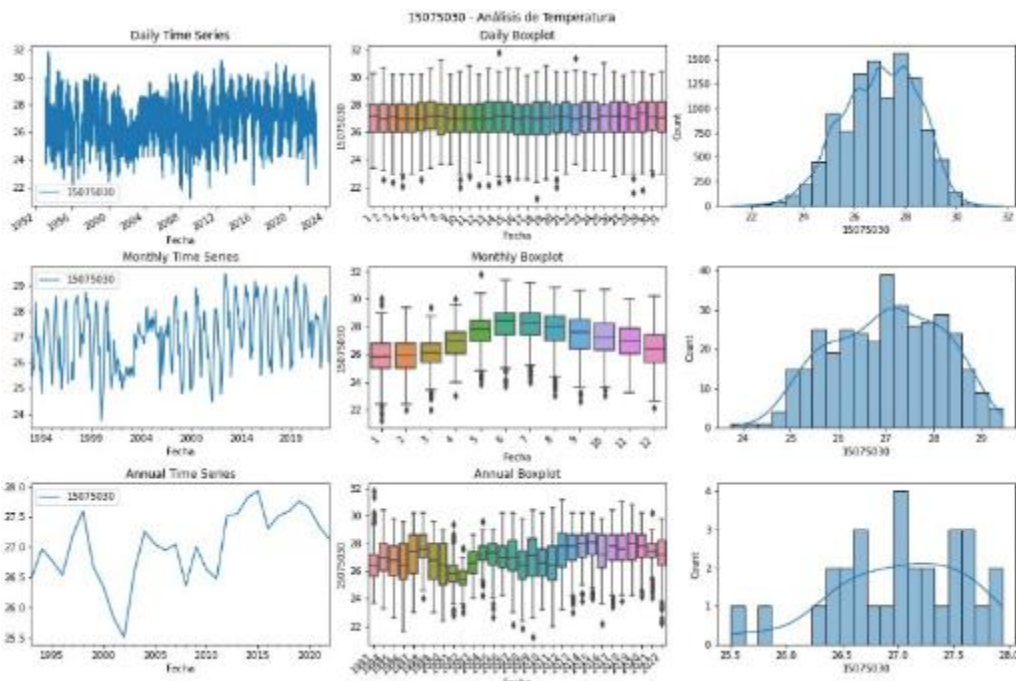
NOMBRE	ene	feb	mar	Abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]	20	19,6	22,2	23,2	22,6	22,4	23	22	21,8	21,4	20,2	20,2
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - AUT [15085030]	19,8	18,4	19	21	21,4	22,4	21,6	22,2	21,6	21,4	22	20
MANAURE [15075030]	21,2	22	22	23	23,8	23,67	24	23	22,6	23	23,2	22,1
RANCHO GRANDE [15085040]	21,4	20,2	22,4	24	24,2	24,17	23,2	23	22,6	22,4	23,37	20,8

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

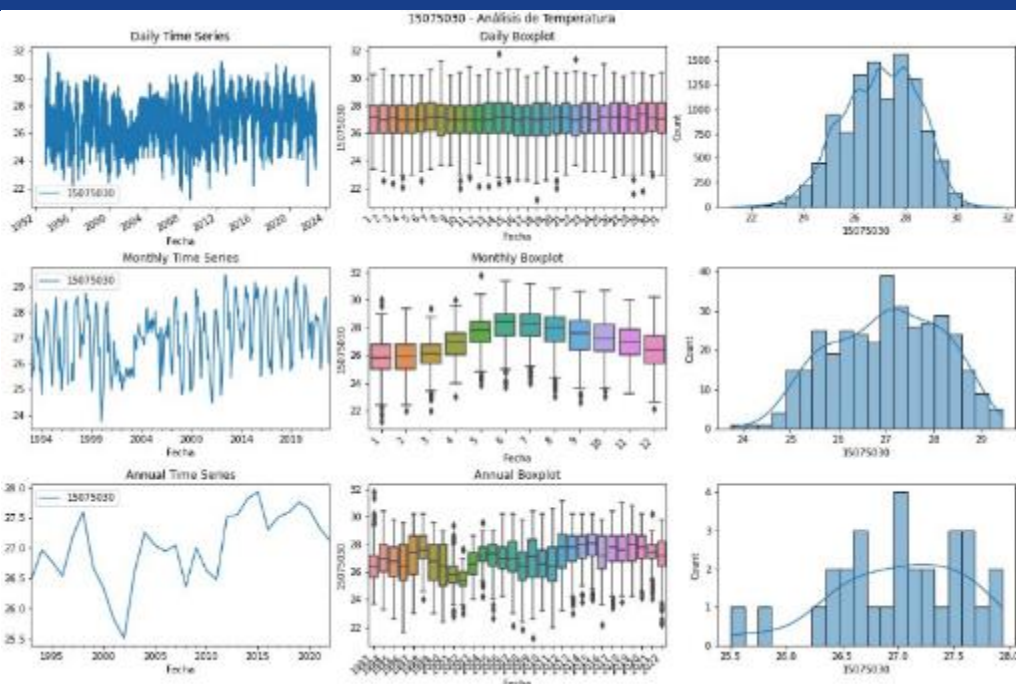
A continuación, se presenta el análisis del comportamiento de la temperatura mínima en cada una de las estaciones que hace parte del estudio.



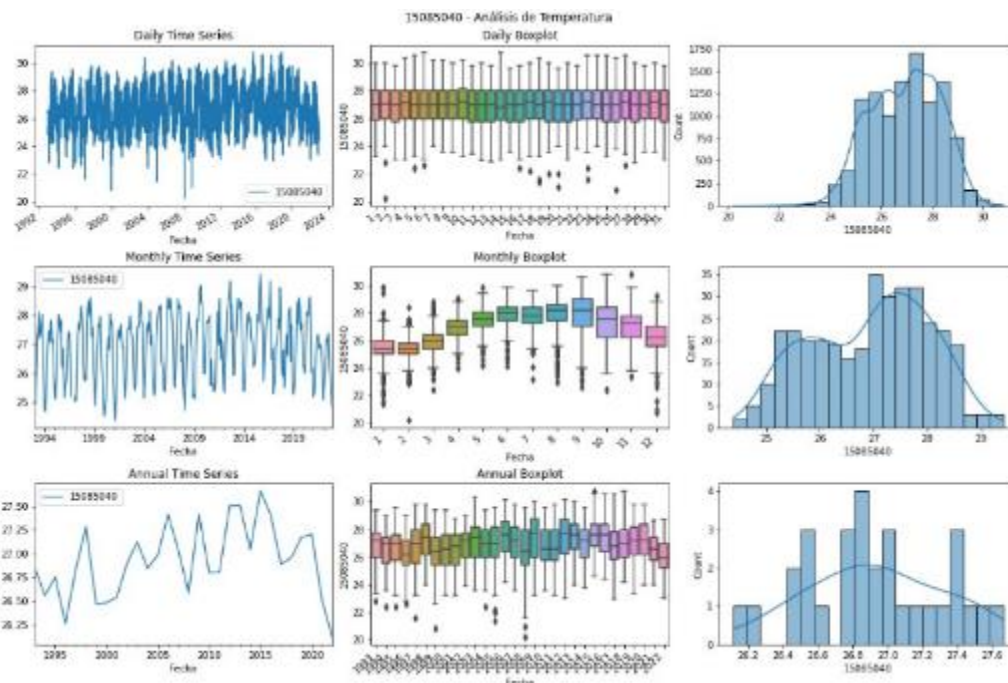
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-44 Análisis de comportamiento de la temperatura mínima en cada una de las estaciones.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

➤ Temperatura máxima

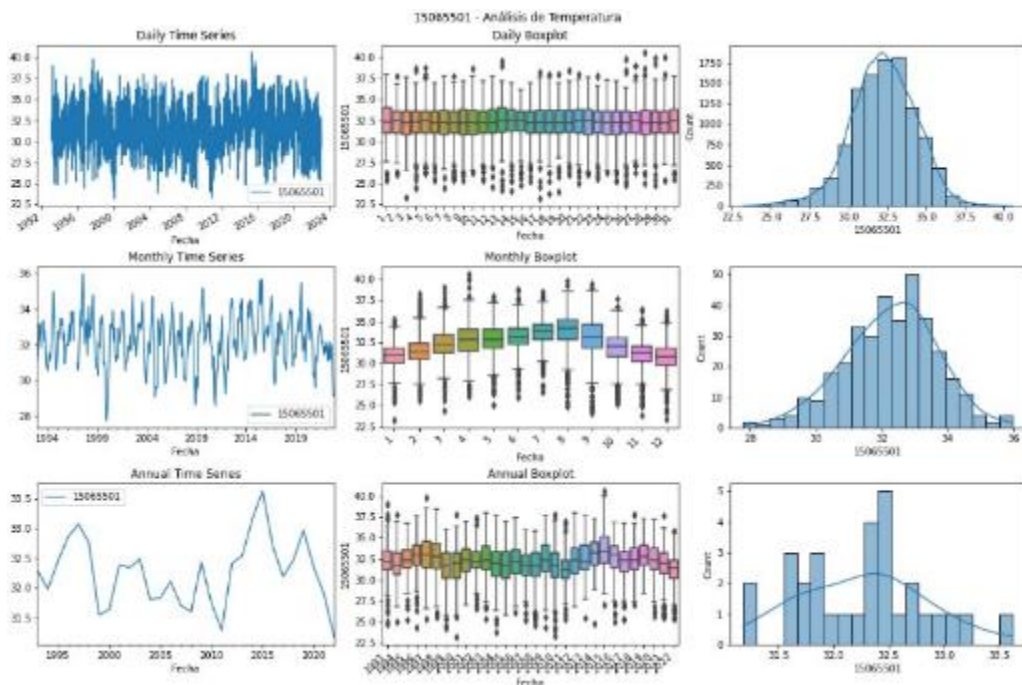
En la Tabla 5-38 se presentan los valores de temperatura máxima para cada una de las estaciones.

Tabla 5-38 Valores de temperatura Máxima

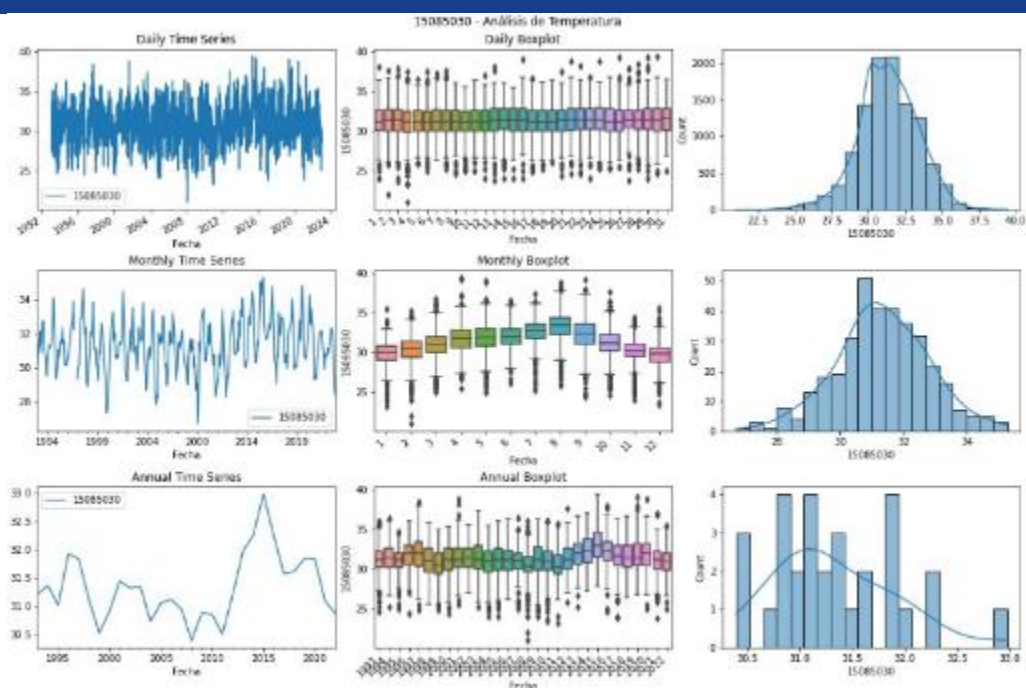
NOMBRE	ene	feb	mar	abr	May	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]	30,90	31,45	32,22	32,67	32,71	33,04	33,58	33,87	32,98	31,81	30,99	30,70
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	30,70	30,61	30,42	31,38	32,22	33,17	33,48	33,04	32,26	31,28	30,83	30,74
MANAURE [15075030]	29,82	30,24	30,95	31,69	31,86	32,07	32,58	33,25	32,30	31,13	30,16	29,69

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

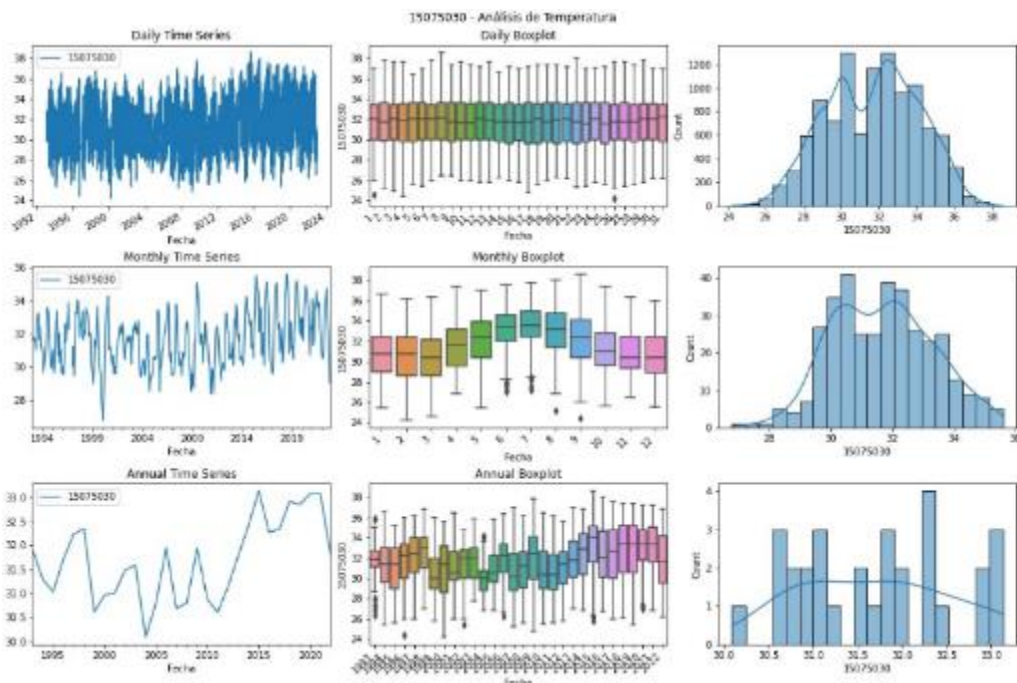
A continuación, se presenta el análisis del comportamiento de la temperatura máxima en cada una de las estaciones.



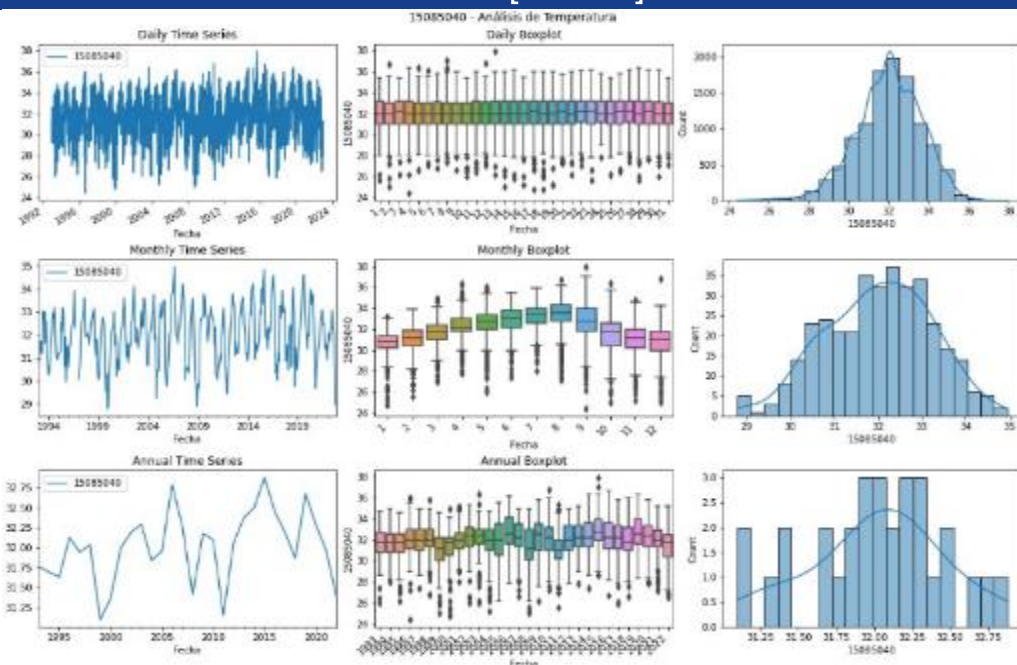
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-45 Análisis de comportamiento de la temperatura máxima.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

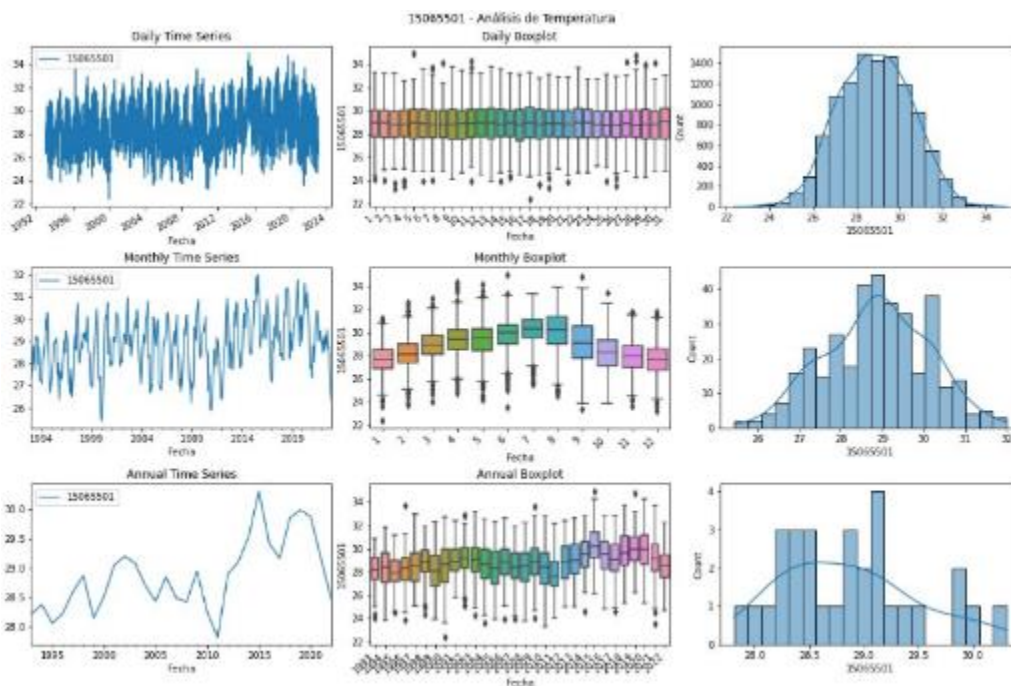
➤ **Temperatura media.**

A continuación. En la Tabla 5-39 se presentan los valores promedios de la temperatura media para cada una de las estaciones.

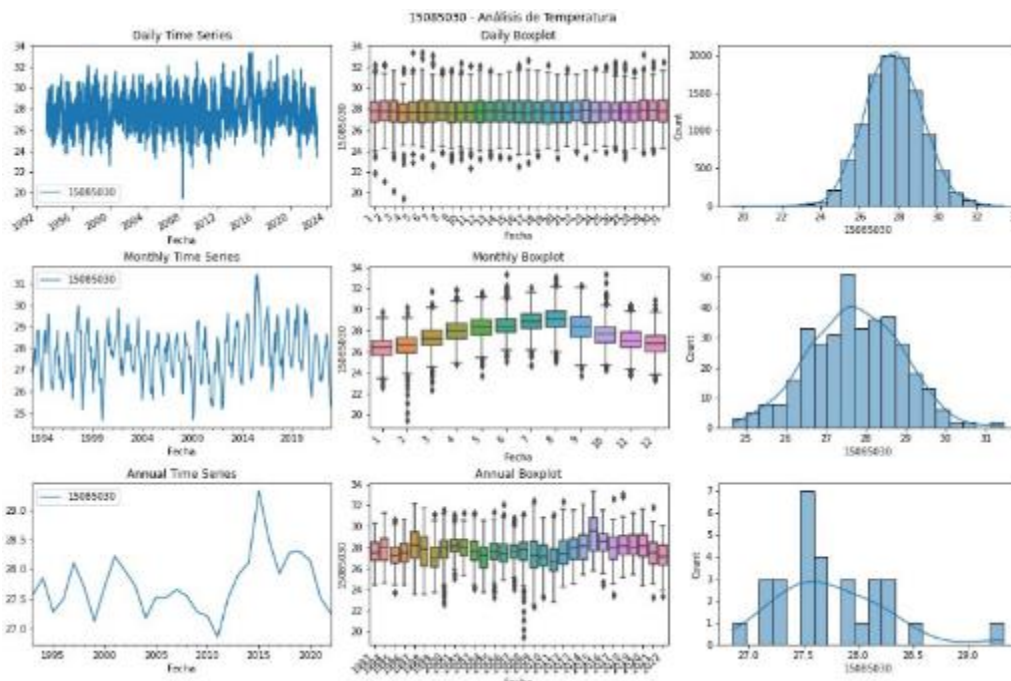
Tabla 5-39 Valores promedio de temperatura media

NOMBRE	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]	27,7	28,2	28,9	29,4	29,3	29,8	30,2	30,0	29,1	28,2	27,9	27,6
ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	26,4	26,6	27,2	28,0	28,3	28,5	28,9	29,1	28,4	27,6	27,1	26,7
MANAURE [15075030]	26,4	26,6	27,2	28,0	28,3	28,5	28,9	29,1	28,4	27,6	27,1	26,7
RANCHO GRANDE [15085040]	28,1	28,2	28,7	29,4	29,8	30,0	30,2	30,4	30,1	29,3	28,9	28,4

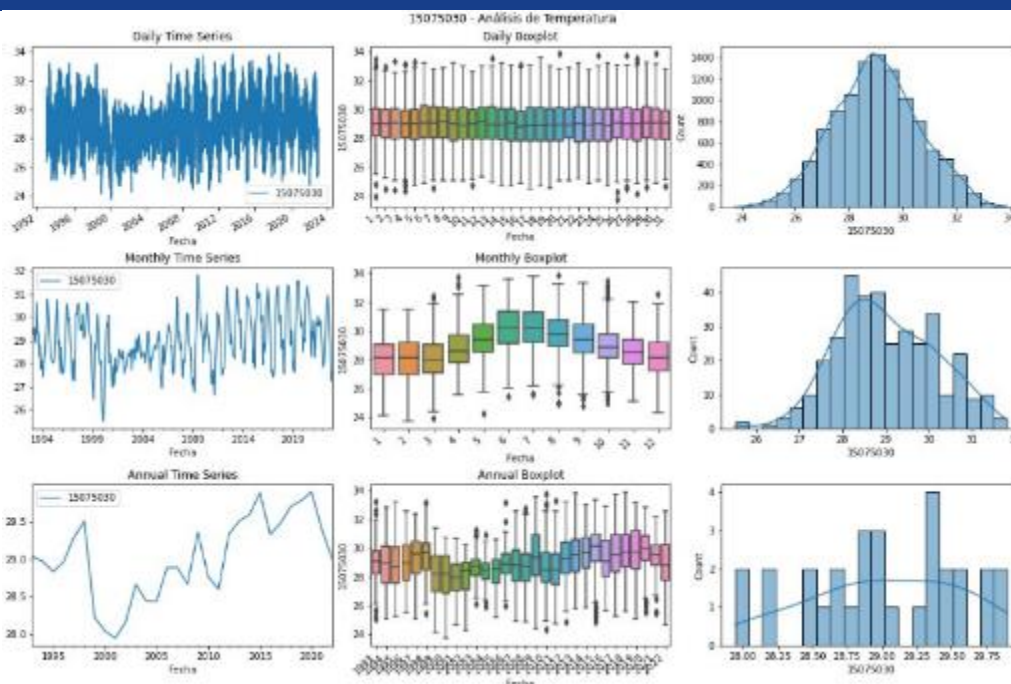
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024



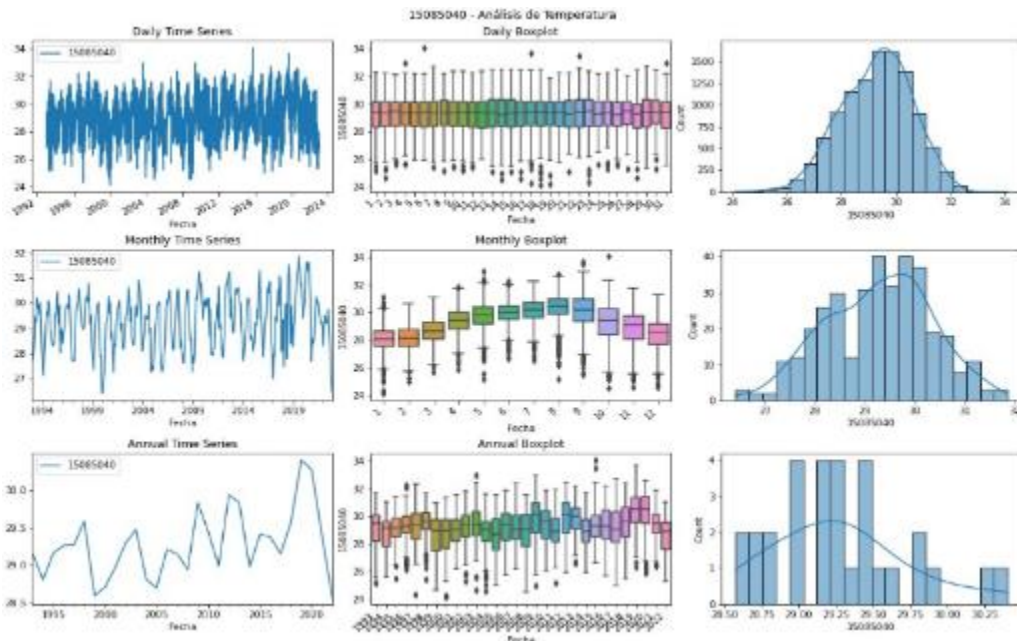
LA MINA CERREJON - AUT [15065501]



ESCUELA AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]
Figura 5-46 Análisis de comportamiento de la temperatura media

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Figura 5-47, se presenta el comportamiento de la temperatura median en cada una de las estaciones que se utilizaron para el análisis.

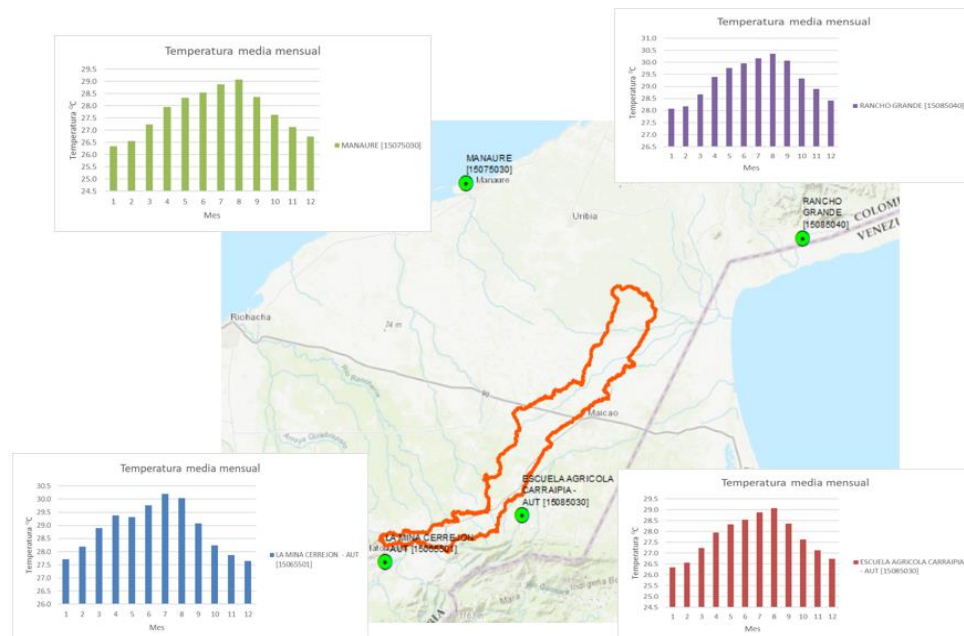


Figura 5-47 Temperatura media.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

De acuerdo con los resultados, la estación "Rancho Grande" [15085040] muestra consistentemente las temperaturas más altas en la región, siendo en promedio aproximadamente 1 a 2 grados Celsius

más alta que otras estaciones durante la mayoría de los meses. Por otro lado, la estación "ESCUELA AGRICOLA CARRAIPIA - AUT" [15085030] exhibe temperaturas relativamente más bajas en comparación con las otras estaciones. Este patrón sugiere diferencias significativas en las condiciones climáticas locales dentro de la región. En la Figura 5-48, se presenta la comparación de la precipitación para las estaciones.

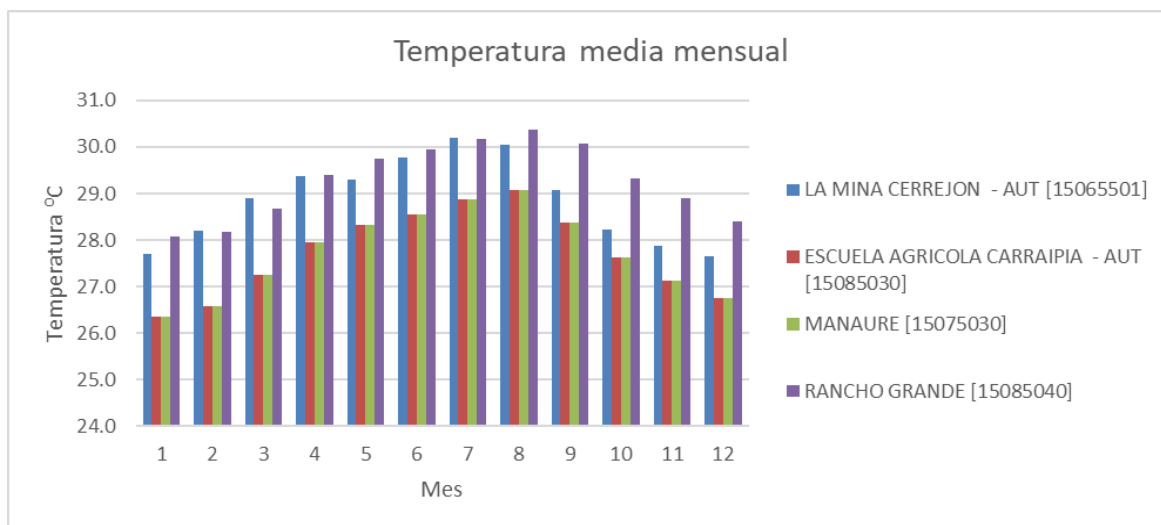


Figura 5-48 Temperatura media estaciones.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Se observa un patrón estacional consistente en todas las estaciones, donde las temperaturas tienden a aumentar gradualmente desde principios de año hasta alcanzar su punto máximo alrededor de los meses de julio y agosto, y luego disminuyen hacia finales de año en la Figura 5-49, se presenta el comportamiento espacial de la temperatura media.

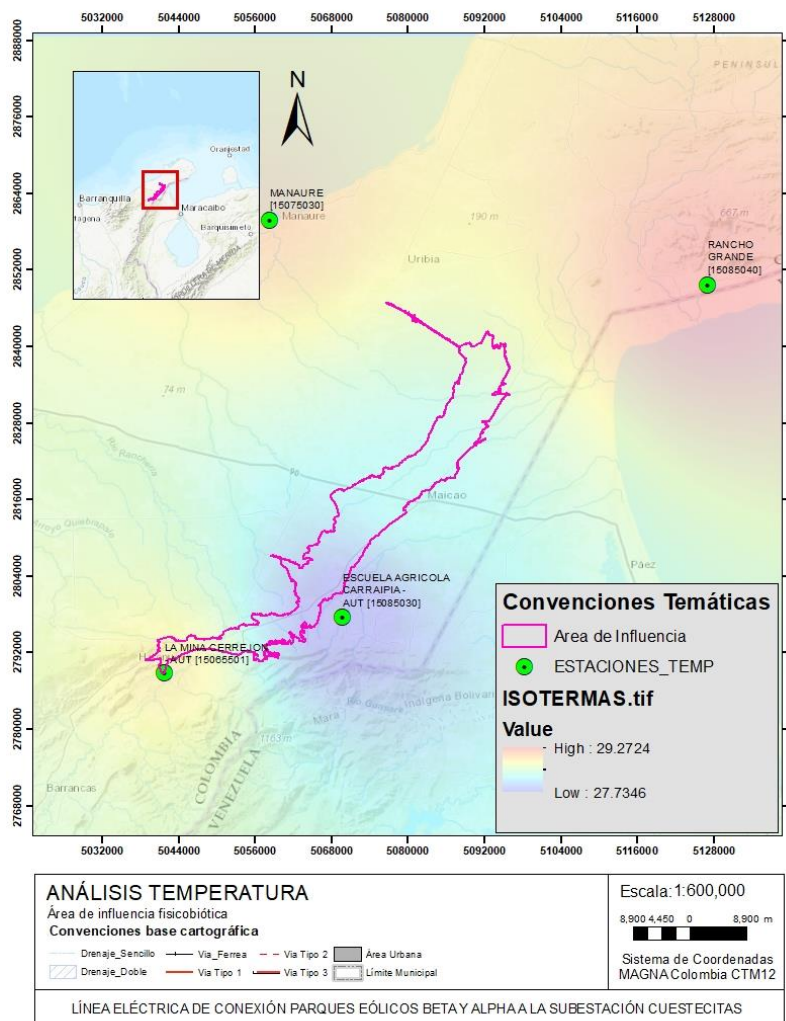


Figura 5-49 Temperatura media estaciones.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.2.3 Evapotranspiración Potencial

• Método de Hargreaves

La evapotranspiración a una escala temporal diaria fue calculada a partir de la fórmula de Hargreaves, el cual requiere los datos de temperatura media, máxima y mínima y de radiación solar diaria, para el desarrollo de este proceso se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$ET_0 = 0,0135(t_{med} + 17,78) * R_s$$

Donde corresponde al valor calculado de evapotranspiración potencial diaria medida en mm/día, y corresponde a la radiación solar incidente.

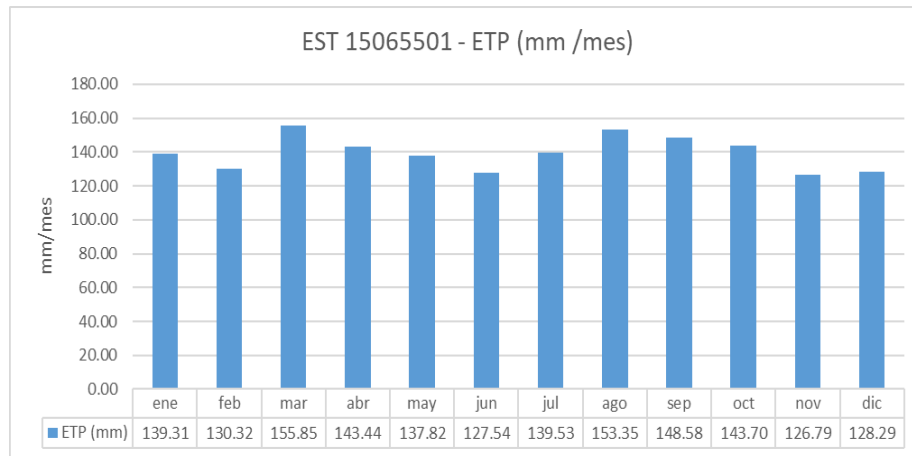
La radiación solar incidente se determina a partir de la radiación solar extraterrestre, la cual se obtiene de las tablas diseñadas en función de la latitud del centroide de la cuenca y del respectivo

mes. La expresión para el cálculo de la fue propuesta por (Samani, 2000) y se presenta a continuación:

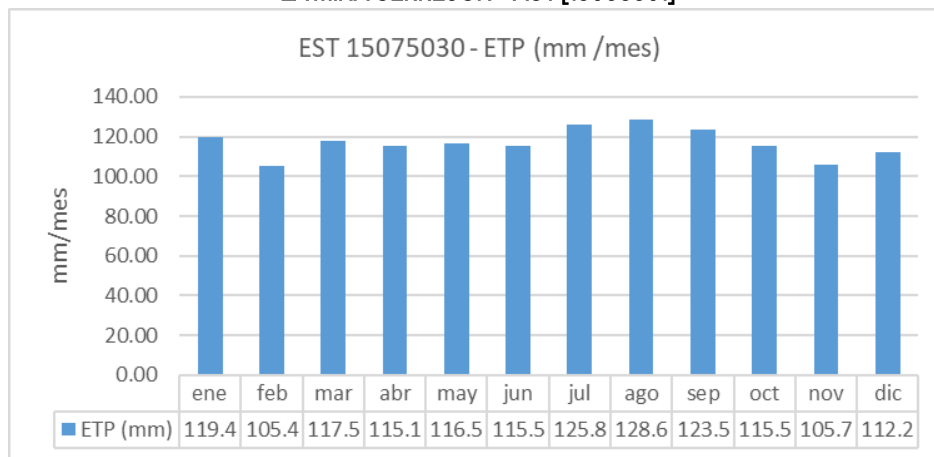
$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

Para la determinación de la ETP se emplearon las series de tiempo completas y homogéneas de temperatura media. Los cálculos se encuentran en la ruta 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.11\5.1.1.1 Clima\5.1.1.1-3 Calculo Evapotranspiración.

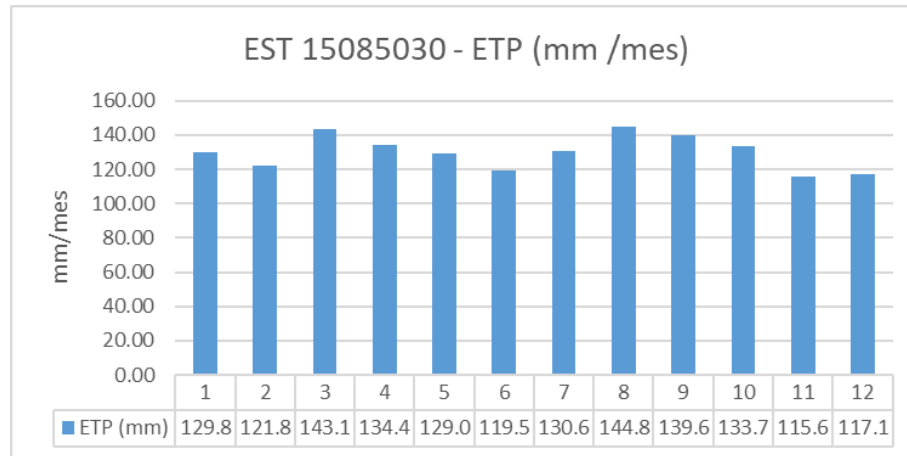
A continuación, se presentan los resultados de la ETP promedio mensual multianual para cada una de las estaciones.



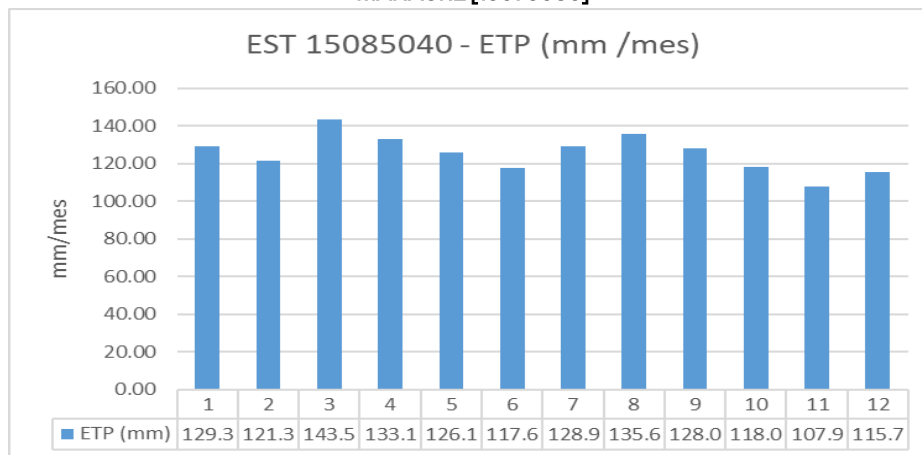
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGR(COLA CARRAIPIA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-50 ETP (mm/mes)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.2.4 Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real representa la cantidad real de agua que sale de la cuenca por evaporación y transpiración, teniendo en cuenta las condiciones de humedad, imperantes en la zona. En este proyecto se seleccionó la metodología Budyko, ya que es ampliamente utilizada y ha sido probada en un sin número de estudios en todo el mundo, entre ellos el ENA 2010¹² y el ENA 2014¹³. El método Budyko para el cálculo de la evapotranspiración real, el cual consiste en la siguiente expresión:

¹² INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C., Colombia. 2010.

¹³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Op. Cit. 2015.

$$ETR = \sqrt{\left[\left(ETP \times P \times \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \right) \times \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right) \right]}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real mensual mm,

ETP = Evapotranspiración potencial mm,

P = Precipitación total mensual mm.

En la **Tabla 5-40**, se presentan los valores calculados de evapotranspiración real.

Tabla 5-40 Valores de Evapotranspiración real (m)

Year	P	ETP	ETR
1993	846	1566,49	742,18
1994	606	1494,97	564,63
1995	643	1528,79	595,34
1996	546,3	1222,45	500,19
1997	336,6	1588,98	332,63
1998	120	1531,90	119,88
1999	1454,5	1452,58	1008,51
2000	371,5	1509,66	364,65
2001	388	1571,16	380,77
2002	775	1589,55	696,78
2003	791	1561,72	704,99
2004	674	1420,52	609,58
2005	927,2	1474,61	778,81
2006	555,1	1544,14	526,51
2007	1370,4	1472,44	985,51
2008	658	1492,66	604,01
2009	381	1538,69	373,84
2010	1433,2	1517,59	1023,38
2011	1373	1469,70	985,59
2012	723	1504,33	652,09
2013	411	1551,35	401,61
2014	474	1610,95	459,47
2015	195	1626,00	194,51
2016	989	1572,90	830,72
2017	754	1550,68	678,31
2018	380	1570,90	373,33
2019	445	1607,44	433,48
2020	594,2	1579,05	560,07
2021	419	1568,23	409,19
2022	970	1491,95	806,05
		1526,08	589,89

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

A continuación, en la **Figura 5-51** aparecen los valores anuales de precipitación y evapotranspiración. La evapotranspiración calcula es la evapotranspiración real determinada a partir del método de Budyko que indica la evapotranspiración real a escala anual.

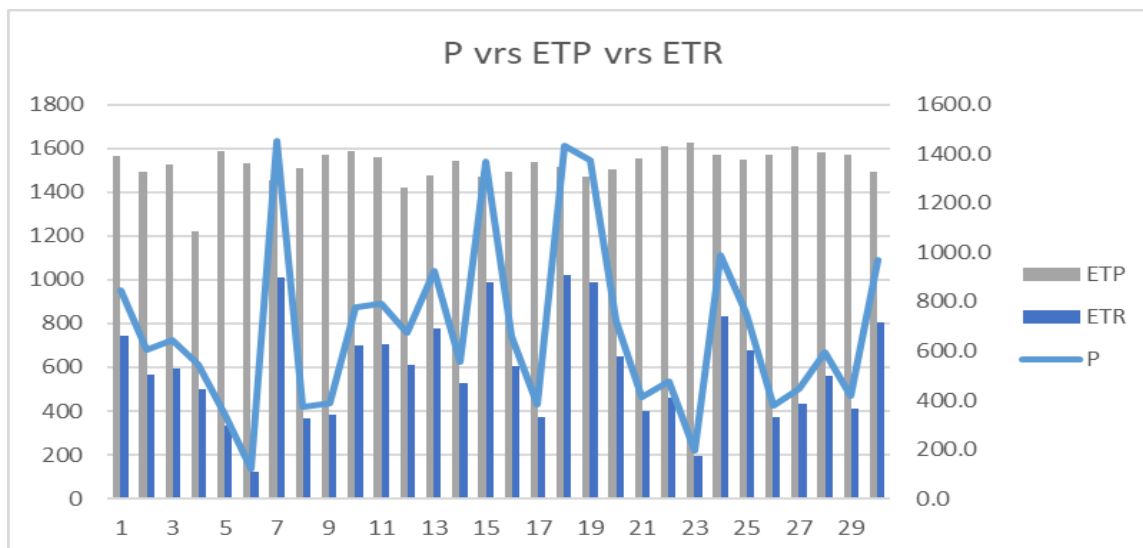


Figura 5-51 Valores medios mensuales de precipitación y evapotranspiración real

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.6.3 Fenómenos macro climáticos

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 en relación con los valores climáticos esperados¹⁴. La Diferencia entre el valor registrado de una variable climatología y su promedio se determina como Anomalía y a la secuencia de estas oscilaciones con relación a los valores normales corresponde la variabilidad climática¹⁵.

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 normal¹⁶. 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

¹⁴ Pabón, D. 1997, Variabilidad Climática. Técnicas Agrometeorológicas en la agricultura Operativa de América Latina

¹⁵ 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

¹⁶ D Pabón, 1997 Variabilidad climática. Técnicas agrometeorológicas en la agricultura operativa de América Latina OMM

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 del presente 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 fase 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 convención profunda del oeste al centro del Océano Pacífico tropical¹⁷. En el caso del Niño el calentamiento de la superficie del 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 caudales¹⁸, 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 nacional¹⁹.

5.1.6.3.1 Índice Oceánico (ONI)

Este índice fue creado por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para evidenciar el comportamiento que ha tenido el océano pacífico desde hace varios años atrás con relación a la temperatura en la región 3.4 que se observa en la Figura 5-52 (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).

¹⁷ SIAC sistema de información Ambiental de Colombia
<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=374&conID=1240>

¹⁸ J Montealegre E y J Pabón, 1997 probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno El Niño

¹⁹ Op.cit. Montealegre & Pabón, 2002

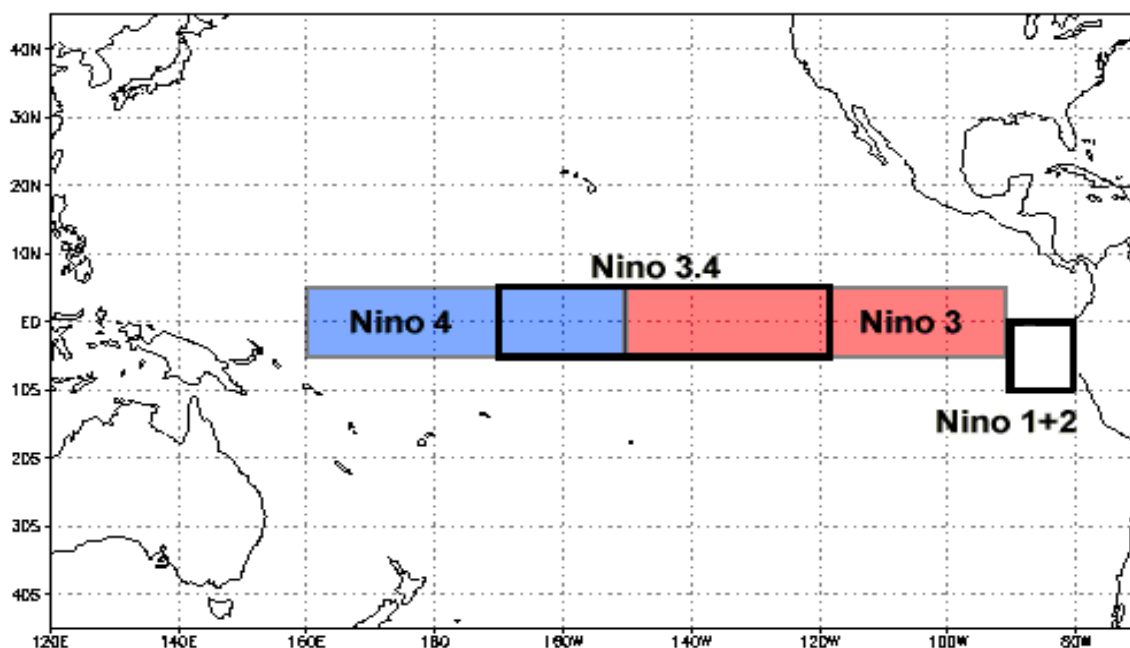


Figura 5-52 Regiones del niño en el océano pacífico

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 5-41), 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 para el área de estudio.

Tabla 5-41 Índice ONI reportado por la NOAA.

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

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
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

Para evaluar la correlación entre el índice climático y las series de precipitación se emplearon 3 pruebas diferentes. Donde se ejecutó la prueba de Mann-Kendall, Pearson y Spearman. Adicionalmente, se ejecutó el modelo ARIMA, para observar si se lograba identificar encontrar ajustes entre los datos e índices climáticos.

- Correlación de Pearson

La correlación de Pearson mide la relación lineal entre dos variables,

X e Y, mediante la covarianza normalizada por el producto de sus desviaciones estándar. El resultado está en el rango de -1 a 1, donde 1 indica una correlación positiva perfecta, -1 una correlación negativa perfecta, y 0 una ausencia de correlación lineal.

$$Corr(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

- Correlación de Spearman

La correlación de Spearman evalúa la relación monótona (no necesariamente lineal) entre dos variables al comparar los rangos de las observaciones. Asigna rangos a los valores y calcula la correlación basándose en las diferencias de estos rangos.

$$p = 1 - \frac{\delta \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

- Correlación de Kendall

La correlación de Kendall mide la asociación ordinal entre dos variables. Examina el número de pares de datos que son concordantes (tienen el mismo orden) y discordantes (tienen órdenes opuestos).

$$\tau = \frac{\text{Número de pares concordantes} - \text{Número de pares discordantes}}{\frac{1}{2} n(n - 1)}$$

- Modelo ARIMA

El modelo ARIMA, que significa "AutoRegressive Integrated Moving Average" en inglés, es un modelo estadístico utilizado para analizar y predecir series temporales. Las series temporales son conjuntos de datos ordenados cronológicamente. El modelo ARIMA es particularmente útil para entender y prever patrones en datos temporales, como tendencias, estacionalidades y ciclos.

$$Y_t = c + \phi Y_{t-1} + \phi Y_{t-2} + \dots + \phi Y_{t-p} + \theta 1\epsilon_t - 1 + \theta 1\epsilon_t - t$$

El modelo ARIMA es ampliamente utilizado en la predicción de series temporales en diversas áreas como finanzas, climatología, economía y más. Este modelo fue empleado para observar si se da el ajuste necesario entre los índices climáticos y las series de precipitación para predecir las series de

precipitación de manera eficaz, esto es una medida para analizar si existe efectivamente correlación entre estas dos variables.

Por otra parte, para interpretar la correlación obtenida en cada una de las pruebas estadísticas ejecutadas, se explica la teoría básica al respecto.

Los valores de correlación pueden oscilar entre -1 y 1, y se interpretan de la siguiente manera:

- Correlación Perfecta Positiva (1): existe una relación lineal positiva perfecta entre las dos variables. Cuando una variable aumenta, la otra también lo hace en una proporción constante.
- Correlación Fuerte Positiva (0.7 a 0.99): existe una relación positiva fuerte entre las dos variables, pero no es perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a aumentar, pero no necesariamente en proporciones constantes.
- Correlación Moderada Positiva (0.3 a 0.69): existe una relación positiva moderada entre las dos variables. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a aumentar, pero la relación no es tan fuerte como en los casos anteriores.
- Correlación Débil o Nula (0 a 0.29): la relación entre las dos variables es débil o inexistente. No hay una asociación lineal fuerte entre las dos variables, o la relación es muy débil.
- Correlación Perfecta Negativa (-1): existe una relación lineal negativa perfecta entre las dos variables. Cuando una variable aumenta, la otra disminuye en una proporción constante. La relación es fuerte y inversa.
- Correlación Fuerte Negativa (-0.7 a -0.99): describe una relación negativa fuerte entre las dos variables, pero no es perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, pero no necesariamente en proporciones constantes.
- Correlación Moderada Negativa (-0.3 a -0.69): existe una relación negativa moderada entre las dos variables. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, pero la relación no es tan fuerte como en los casos anteriores.
- Correlación Cero (0): no hay relación lineal entre las dos variables. Los cambios en una variable no predicen cambios en la otra variable.

5.1.6.3.2 SOI

El Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) es una medida utilizada para cuantificar las fluctuaciones en la presión atmosférica entre Tahití y Darwin (Australia). Este índice es especialmente relevante para monitorear la variabilidad climática asociada con el fenómeno El Niño y La Niña en el Pacífico Ecuatorial.

Cómo se calcula el Índice SOI:

Obtención de datos: Se mide la presión atmosférica en Tahití y Darwin.

Cálculo del Diferencial de Presión: Se resta la presión atmosférica en Darwin de la presión atmosférica en Tahití.

Normalización: El diferencial de presión resultante se normaliza dividiéndolo por la desviación estándar a largo plazo de ese diferencial. Esto ayuda a comparar las variaciones en diferentes períodos.

La fórmula matemática para el cálculo del SOI sería algo así:

$$SOI = \frac{P_{Tahiti} - P_{Darwin}}{Std\ diferencial\ de\ presión}$$

Interpretación:

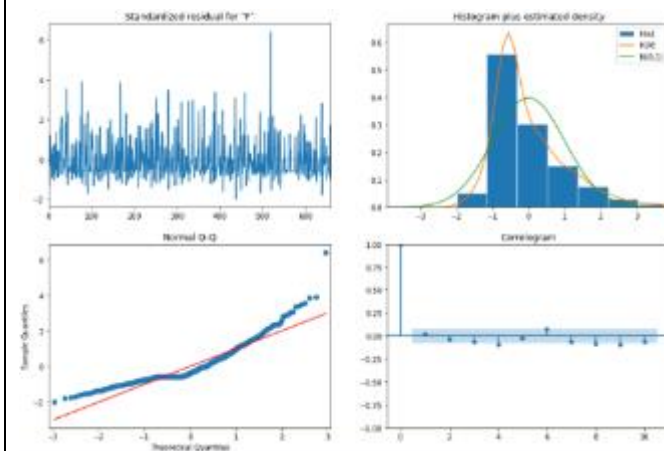
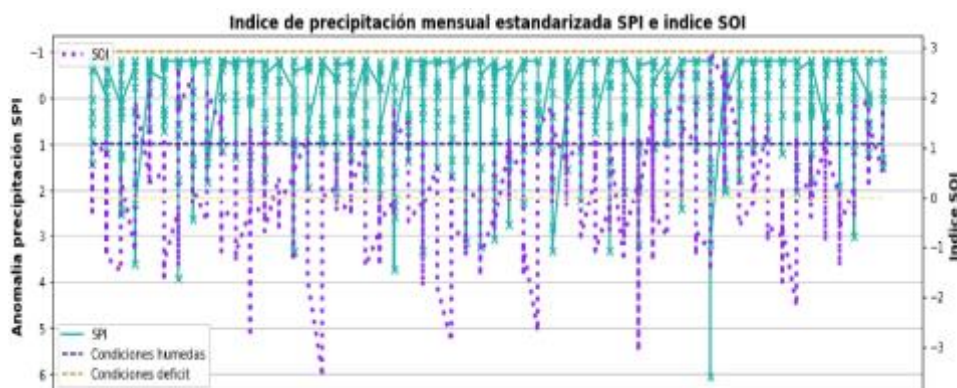
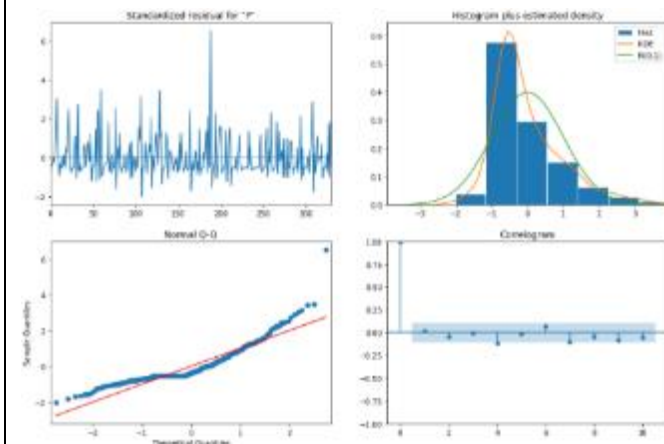
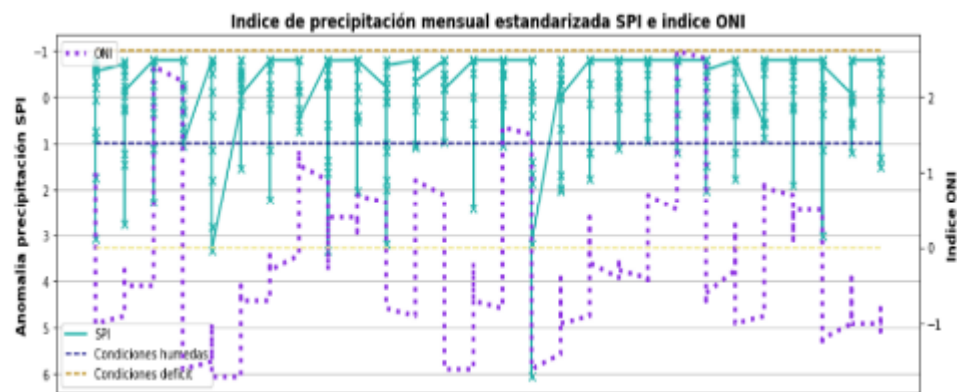
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre de 2024	

Valores Positivos: Indican condiciones de La Niña, donde hay presión más alta en Tahití que en Darwin. Esto suele asociarse con aguas más frías en la región central y oriental del Pacífico Ecuatorial.

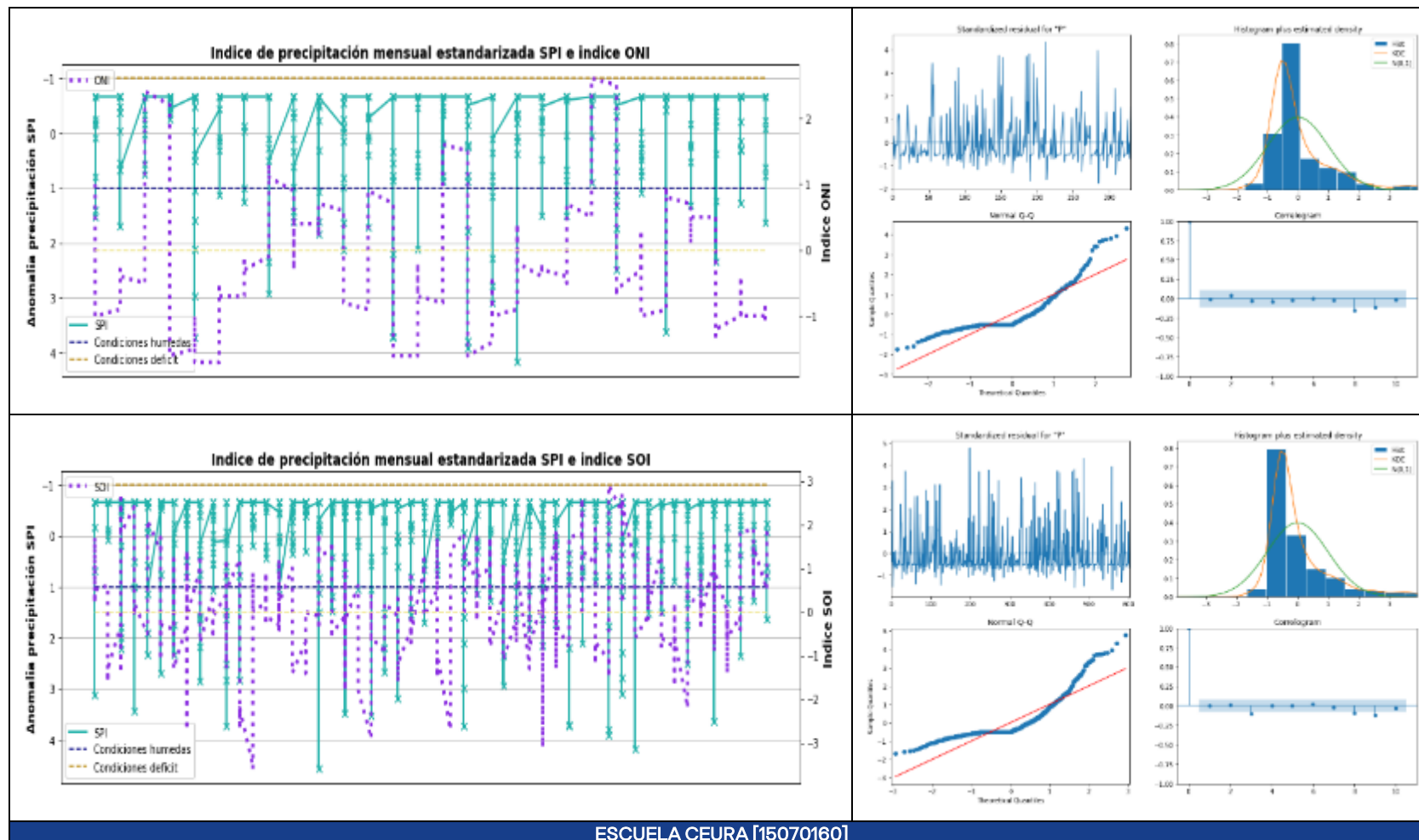
Valores Negativos: Indican condiciones de El Niño, con presión más baja en Tahití que en Darwin. Esto suele asociarse con aguas más cálidas en la región central y oriental del Pacífico Ecuatorial.

Variabilidad: El SOI varía a lo largo del tiempo, y los patrones positivos y negativos se asocian con diferentes fases del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Estas variaciones tienen importantes implicaciones para los patrones climáticos en todo el mundo.

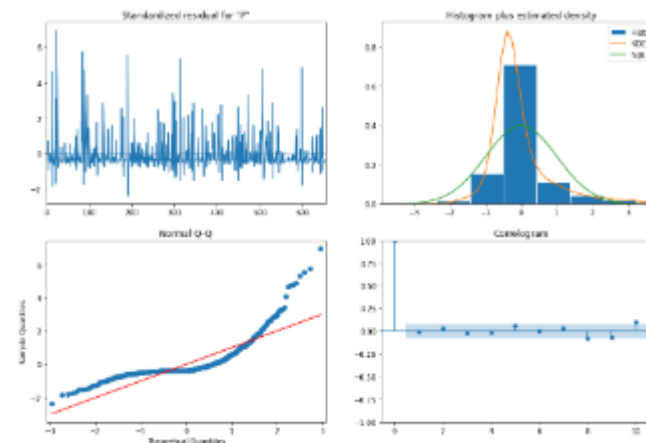
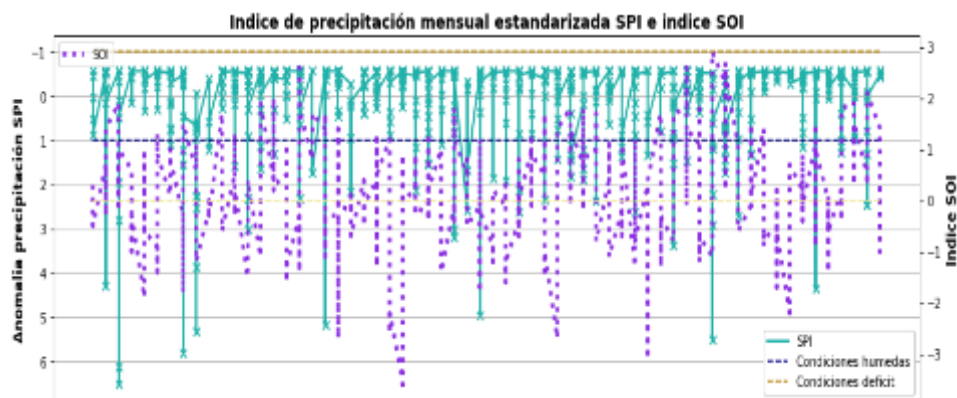
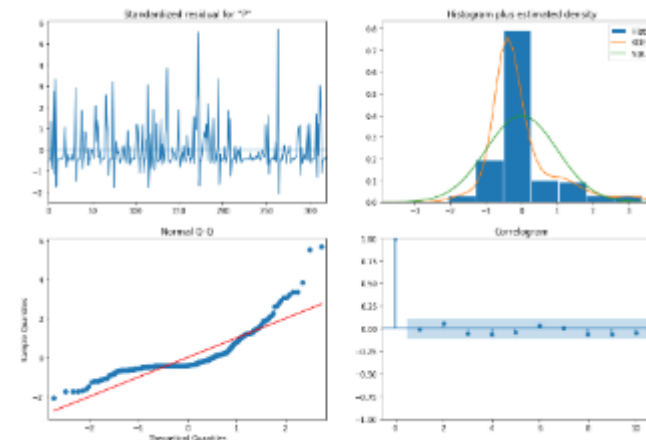
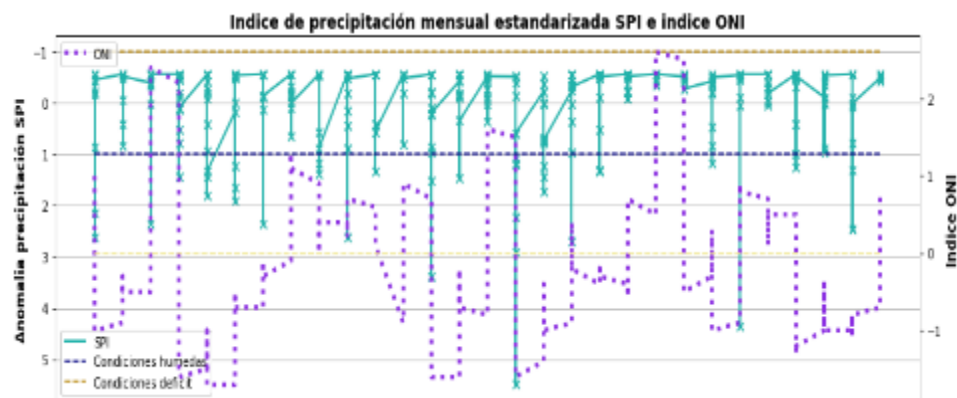
En general, el Índice SOI es una herramienta clave para monitorizar y prever eventos climáticos extremos asociados con El Niño y La Niña, y su seguimiento es fundamental para comprender la variabilidad climática global.



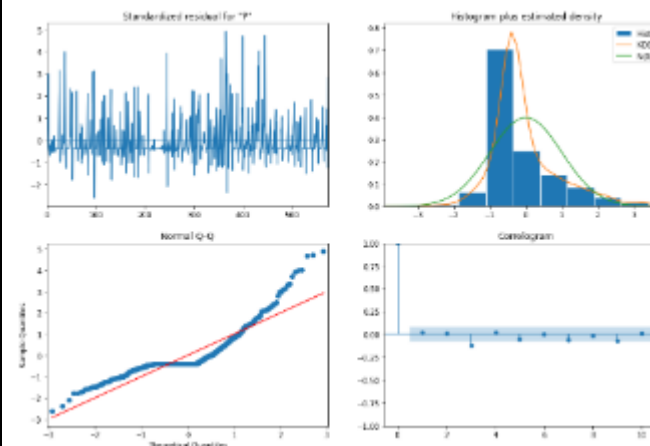
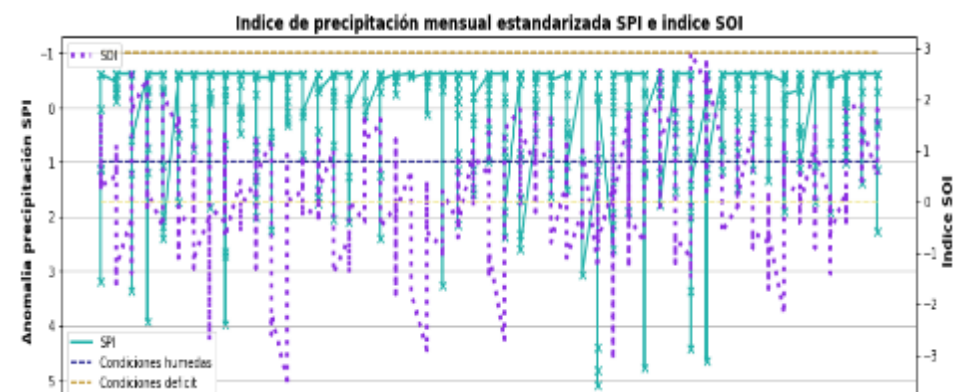
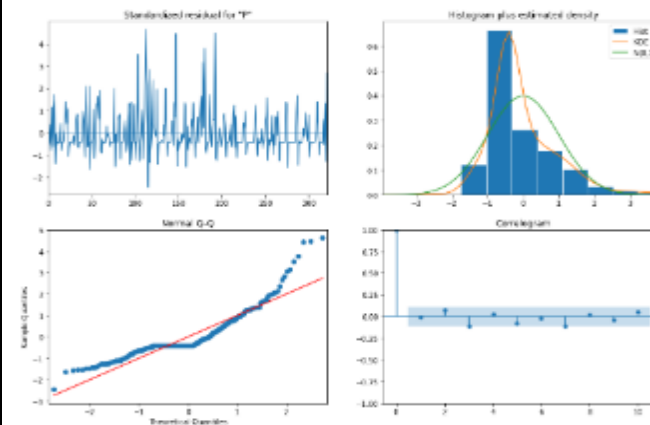
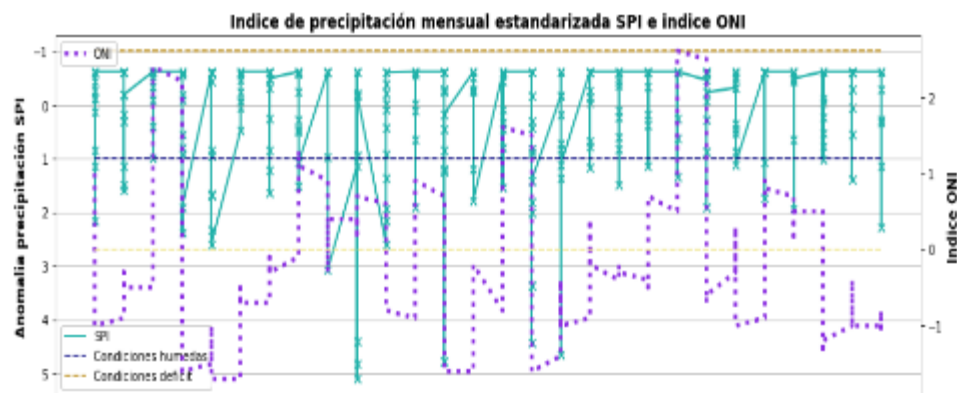
CUESTECITA [15060020]



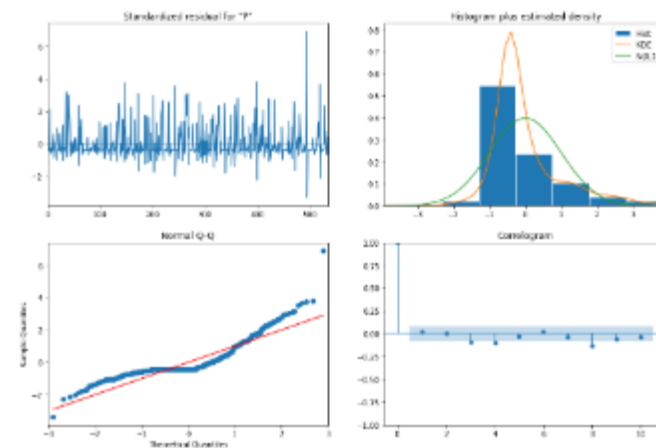
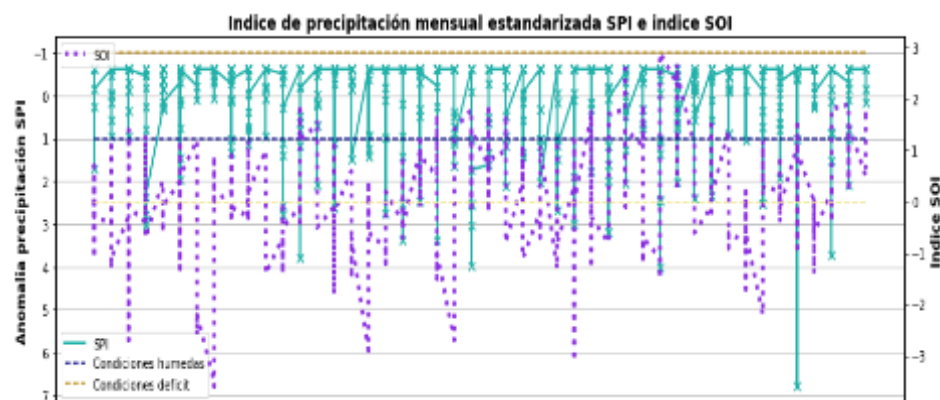
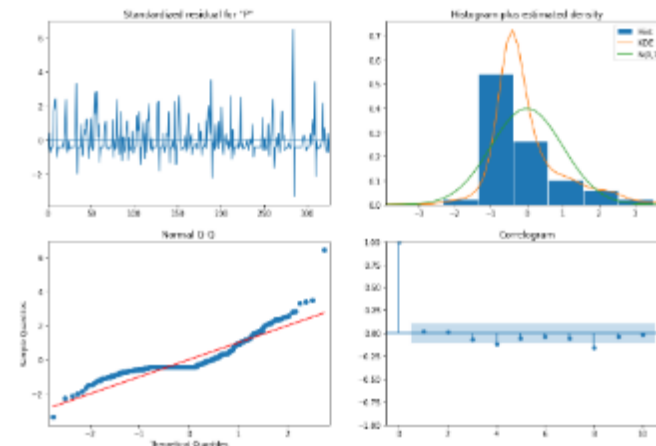
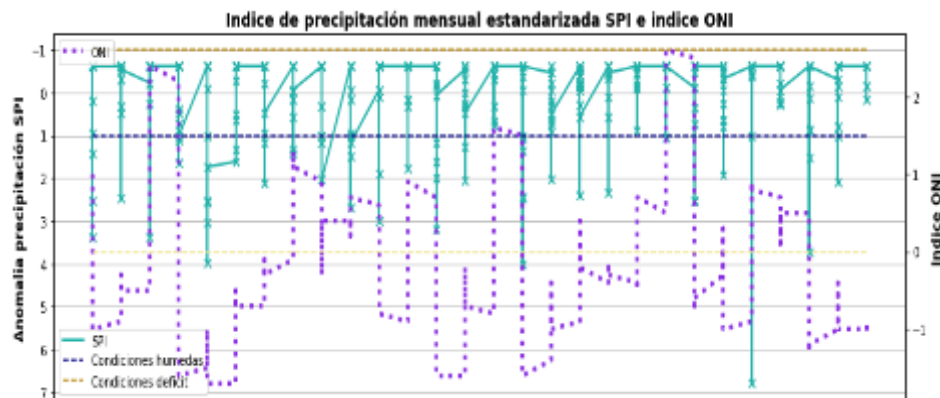
ESCUELA CEURA [15070160]



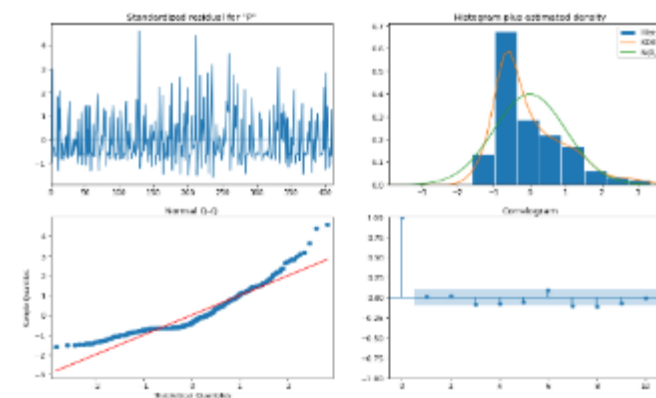
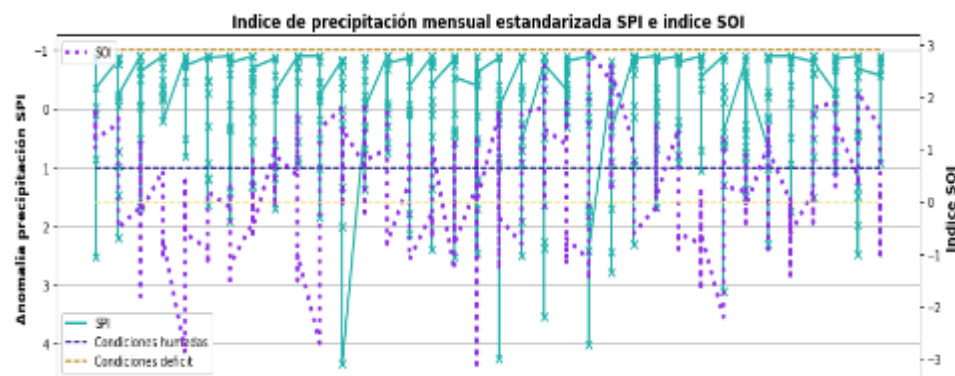
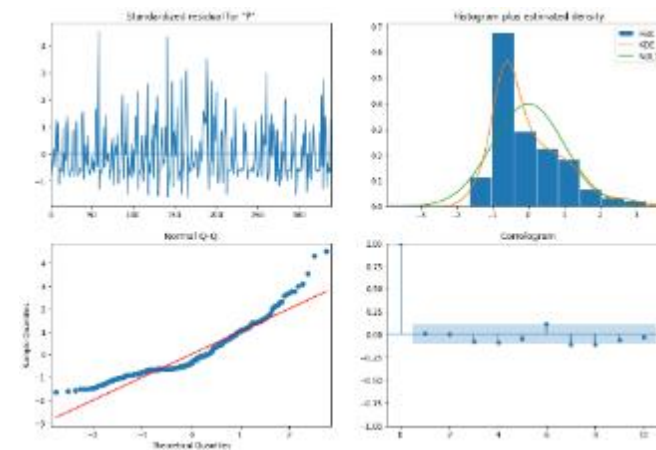
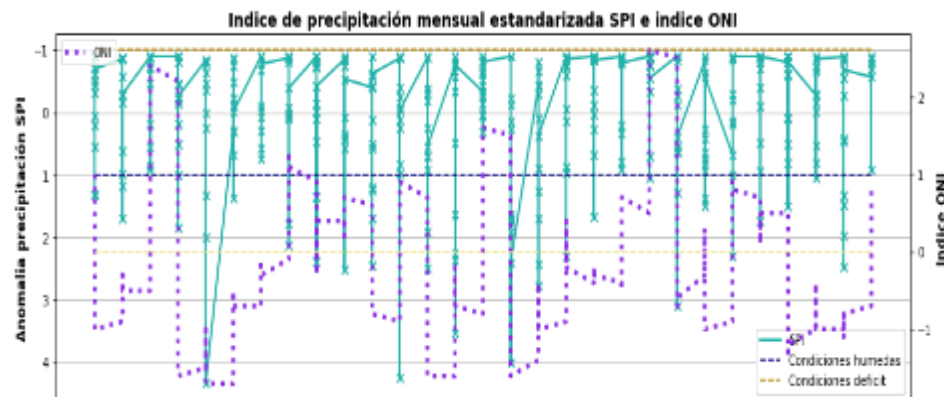
AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



PARAGUACHON [15087080]



OROCHON [15070240]



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]
Figura 5-53 Análisis índices SPI e SOI
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-42 se presenta la relación del índice ONI y SOI con las anomalías estandarizadas de la precipitación, Basándonos en la relación del índice ONI (Oceanic Niño Index) y SOI (Southern Oscillation Index) con las anomalías estandarizadas de la precipitación, se puede observar que hay una correlación marcada con el índice ONI, aunque es relativamente débil. El valor de correlación entre un rango de -0.14 y 0.05 indica una asociación débil, pero con una tendencia ligeramente positiva. Esto sugiere que los eventos de El Niño tienden a tener una pequeña influencia en la disminución leve de las precipitaciones en el área de influencia físico-biótica, mientras que durante los eventos de La Niña, las precipitaciones tienden a aumentar ligeramente. Es importante tener en cuenta que la correlación no implica causalidad, simplemente indica la fuerza y dirección de la asociación entre dos variables.

Por otro lado, la correlación con el índice SOI es mayor que con el ONI, pero aun así es relativamente débil. Se encuentra entre un rango de -0.09 a 0.1, lo cual indica una correlación muy débil y ligeramente positiva. Esto sugiere que las variaciones en el SOI también pueden estar asociadas con cambios leves en las precipitaciones en el área de estudio, aunque la relación es menos pronunciada que con el ONI.

En resumen, aunque hay una correlación débil entre los índices ONI y SOI con las anomalías de precipitación, esta asociación puede ser útil para comprender mejor los patrones climáticos en la región y anticipar posibles efectos de eventos de El Niño o La Niña en las precipitaciones locales. Sin embargo, es importante recordar que otros factores también pueden influir en las precipitaciones, y que la correlación no implica necesariamente causalidad.

Tabla 5-42 Correlación de residuos ONI y SOI.

ESTACIÓN	CORRELACIÓN RESIDUOS - ONI	CORRELACIÓN RESIDUOS - SOI
15060020	-0.1	0.04
15060090	-0.08	0
15060180	-0.09	0.02
15060210	-0.09	0
15065100	0.05	-0.09
15065501	-0.11	0.06
15070160	-0.1	0.09
15075030	-0.15	0.08
15087080	-0.06	0.1
15085040	-0.15	0.1
15085030	-0.14	0.1
15070240	-0.12	0.08

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4 Caracterización del régimen hidrológico

Las variaciones de caudal en el tiempo definen el régimen hidrológico de una corriente, el cual está influenciado 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.

La caracterización del régimen hidrológicos de las ocupaciones de cauce se presenta en el capítulo 7 demanda, uso y aprovechamiento.

5.1.6.4.1 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 5-43, 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 5-43 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
CARRAIPÍA	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 5-54, se presenta la ubicación de las estaciones consultadas don respecto al área de influencia del proyecto.

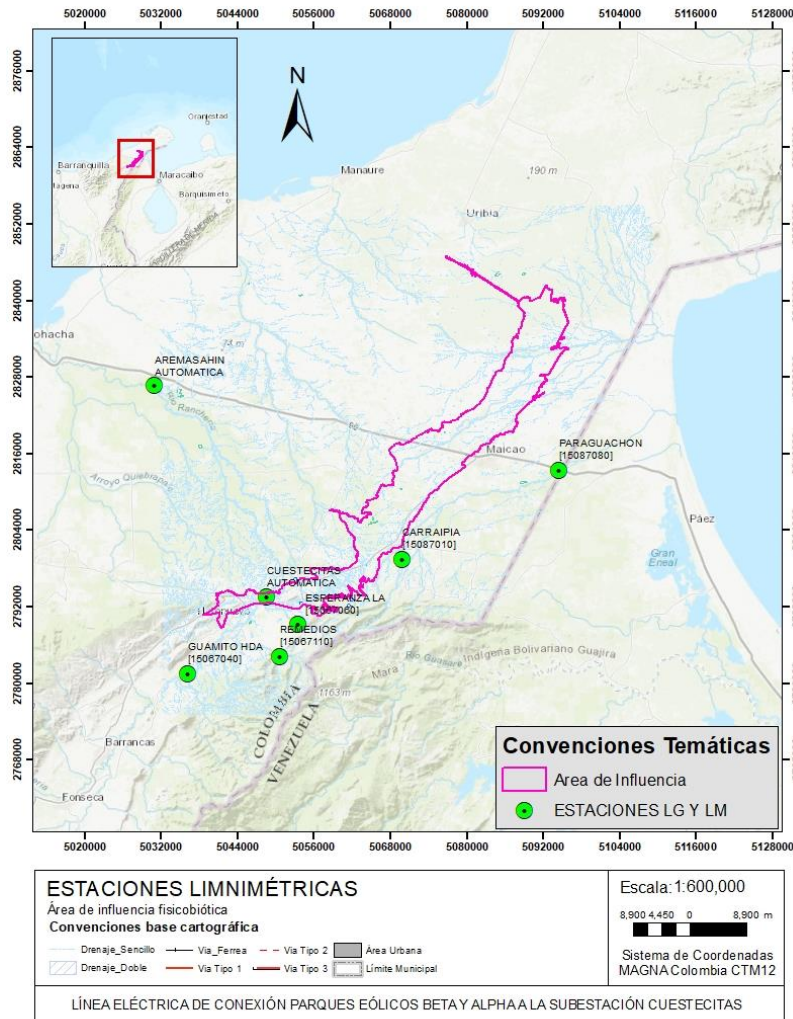


Figura 5-54 Estaciones Limnimétrica cercanas al área de estudio.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Antes de llevar a cabo los análisis hidrológicos, es necesario explorar la información de las bases de datos mediante la aplicación de métodos gráficos y estadísticos. Esto se hace con el fin de reconocer patrones, tendencias, anomalías y características de los datos.

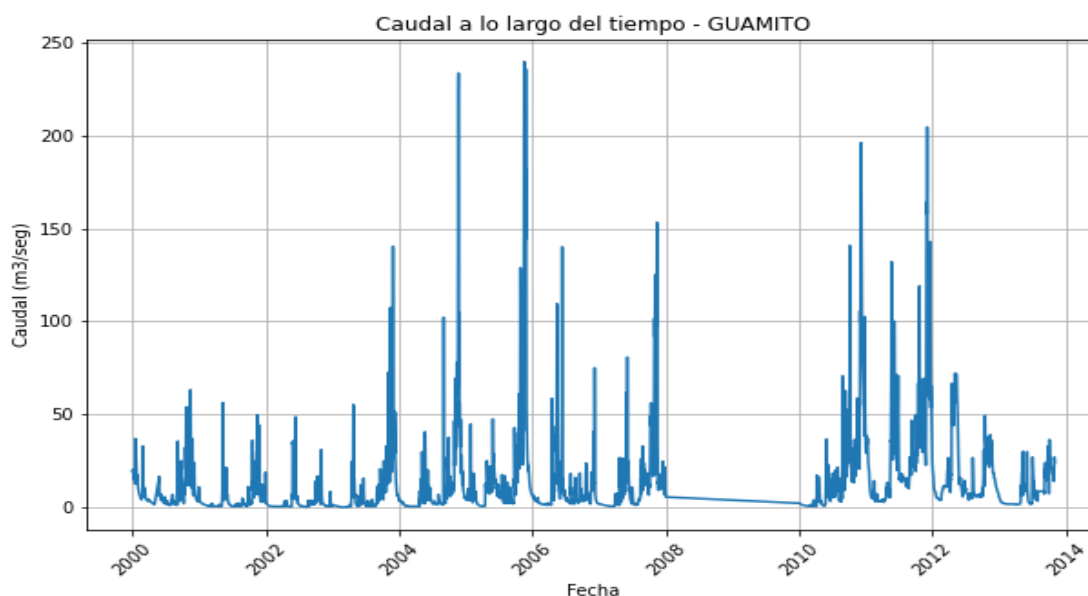
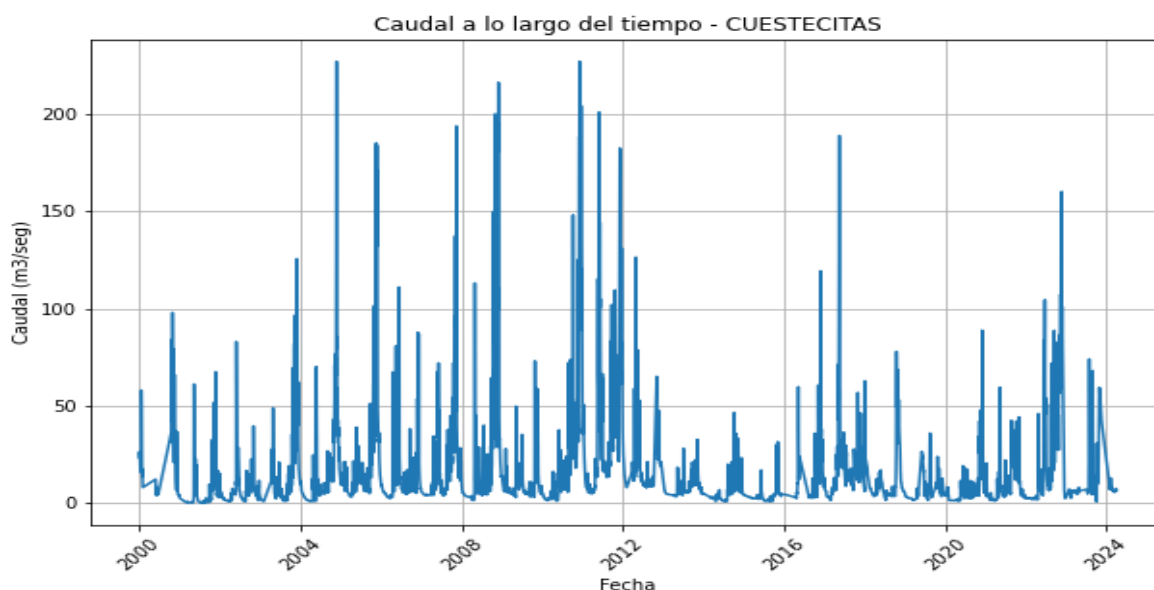
Los métodos gráficos, como herramienta exploratoria de los datos, se usan con dos propósitos: revelar las características de una posible distribución o las relaciones que existen entre las variables, que de otra manera no podrían ser descubiertas (Maidment,1993).

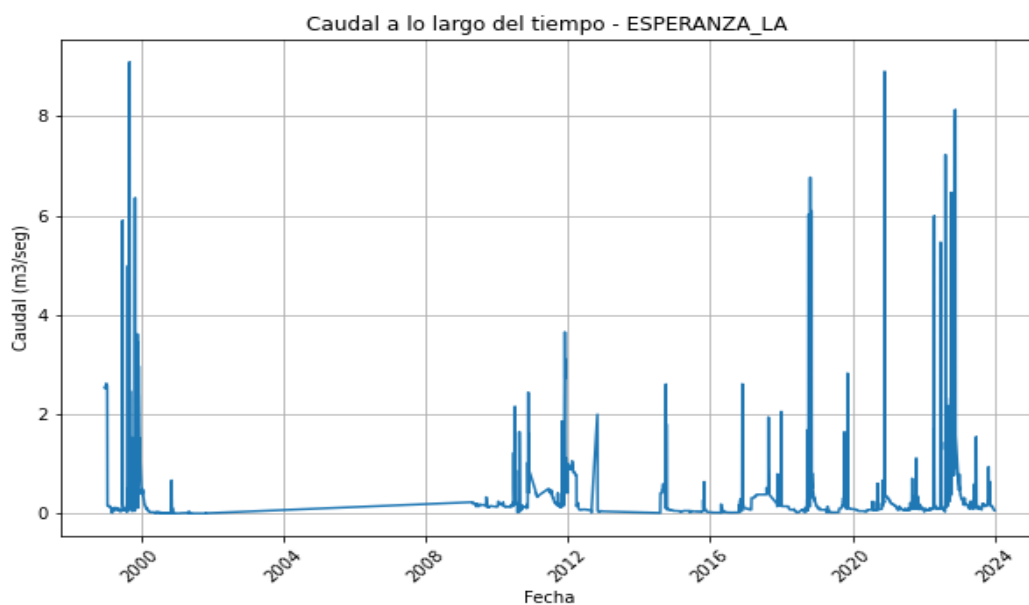
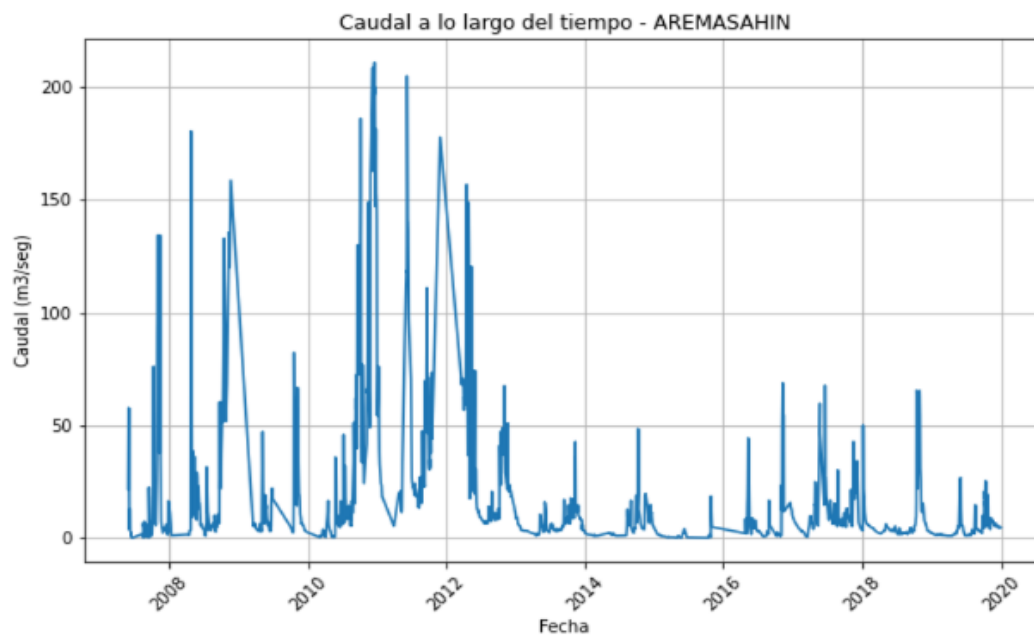
Los métodos cuantitativos, por su parte, sirven para determinar la estacionalidad de la serie y la estabilidad en la varianza y la media; estas pruebas, a su vez, se subdividen en paramétricas y no paramétricas; el uso de una u otra dependerá de si los datos de la serie hidroclimatológica se distribuyen siguiendo una distribución normal o no. (Castro&Carvajal, 2010).

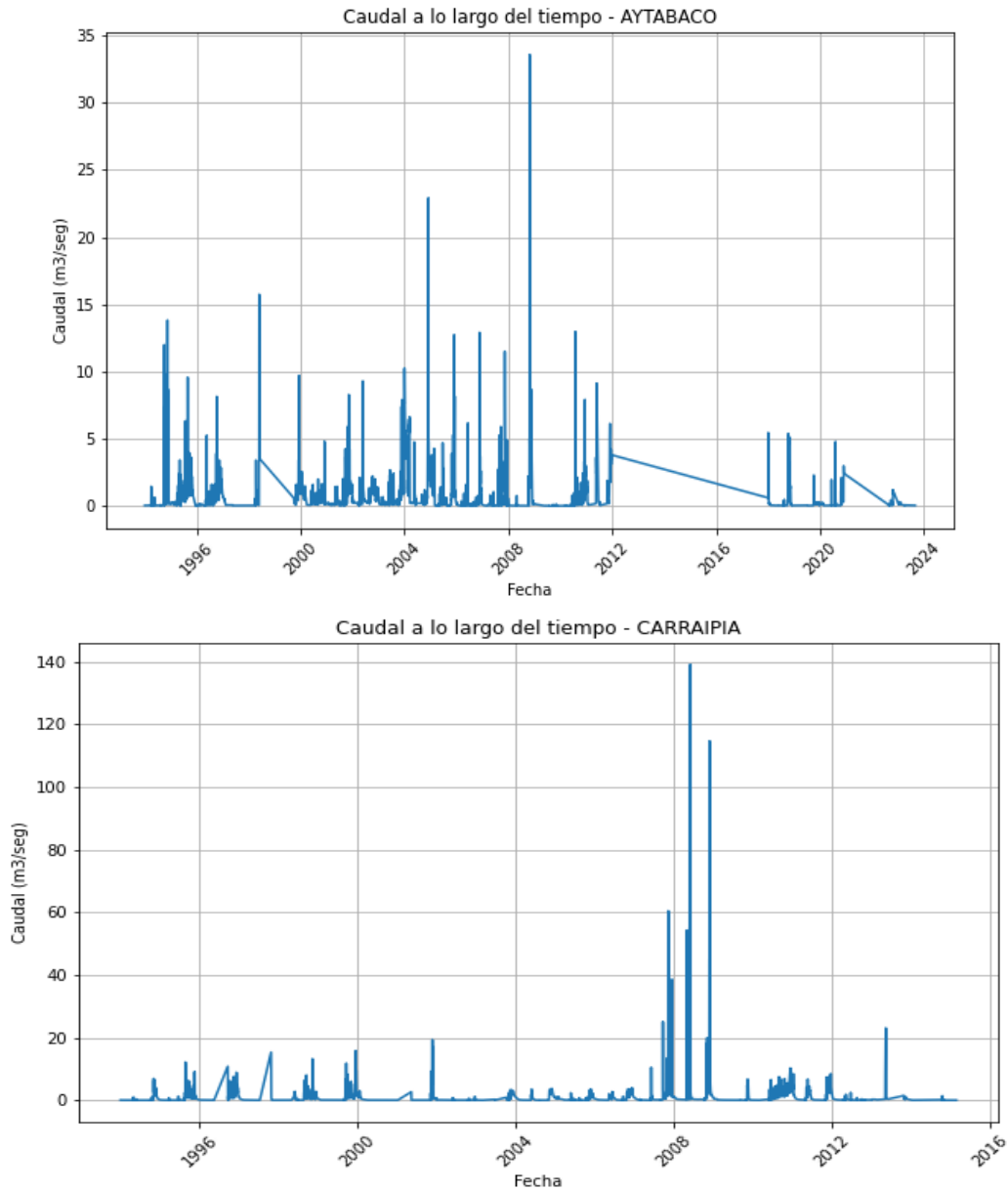
Inicialmente se estableció el porcentaje de datos faltantes, con el fin de identificar que los datos presentaran una continuidad de mínimo 10 años consecutivos con información lo más actualizada posible, con esto se identificó que la estación

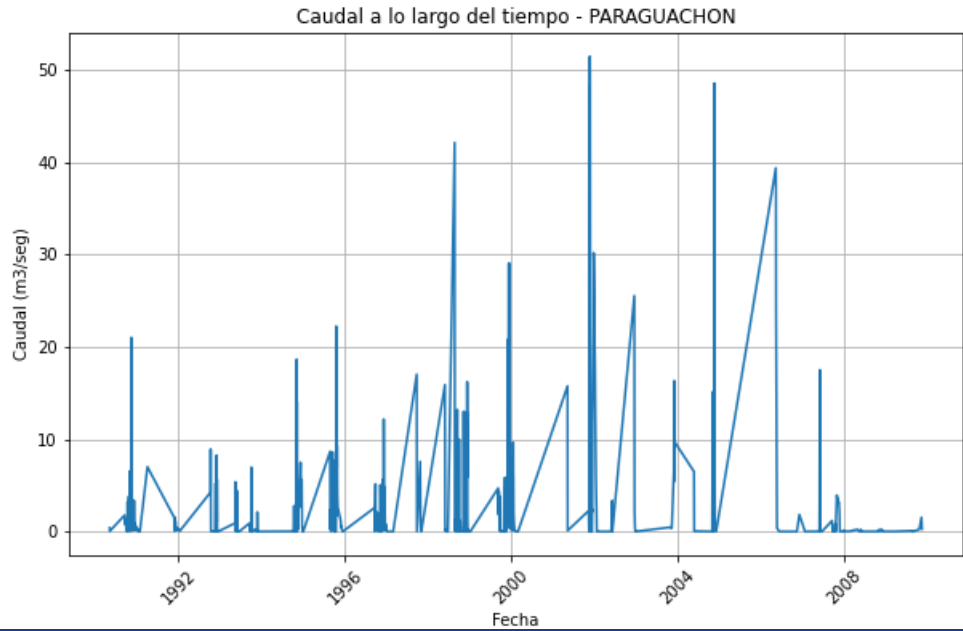
5.1.6.4.2 Exploratorio de datos de caudal.

Para el procesamiento exploratorio de las series históricas de caudal, se utilizó la herramienta estadística python. Se procedió a analizar las series mediante métodos gráficos, En la gráfica de series históricas se identifica su comportamiento cíclico a nivel anual, asociado al régimen típico de la región y a las condiciones pluviométricas regionales. (Véase 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología).









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 siguiente tabla, 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 5-44 (%) de Datos faltantes.

Estación	Código	Fecha Inicio	Fecha fin	Datos Totales	Datos Faltantes	Datos faltantes (%)
AREMASAHIN AUTOMÁTICA	15067180	1/01/2008	31/12/2019	4380	1266	29%
GUAMITO HDA	15067040	1/01/2000	31/12/2012	4745	852	18%
CUESTECITAS AUTOMÁTICA	15067050	01/01/2001	31/12/2023	8395	1115	13%
ESPERANZA LA	15067060	01/01/1999	31/12/2023	6205	966	16%
REMEDIOS	15067110	01/01/2000	31/12/2022	8030	3044	38%
CARRAIPIA	15087010	01/01/1999	31/12/2012	5110	747	15%
PARAGUACHON	15087080	5/05/1990	31/12/2009	6935	1312	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 5-45.

Tabla 5-45 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	1001,4
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	1100,22	110641,07	4030,28
Cuenta	5239	7474	5864
Nivel de confianza (95,0%)	(-0,76, 1,18)	(-30,53, 60,14)	(-5,45, 6,83)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.3 Ajuste a distribución Normal

La distribución normal no es común en datos hidroclimáticos diarios, ya que estos suelen exhibir una distribución sesgada o asimétrica debido a la influencia de múltiples factores, como la variabilidad climática y los eventos extremos. Por lo tanto, es fundamental realizar un análisis preliminar de los datos utilizando herramientas como histogramas de frecuencia y gráficos QQplot para evaluar la distribución de los caudales.

Los histogramas de frecuencia proporcionan una representación visual de la distribución de los datos, permitiendo identificar si estos siguen una distribución normal o si muestran algún tipo de sesgo. Por otro lado, los gráficos QQplot (Quantile-Quantile plot) comparan los cuantiles de los datos observados con los cuantiles esperados bajo una distribución normal. Si los puntos en el QQplot se alinean aproximadamente con la línea diagonal, esto sugiere que los datos pueden seguir una distribución normal. Sin embargo, cualquier desviación de esta línea diagonal indica que la distribución de los datos difiere de la normalidad. Ver Figura 5-56.

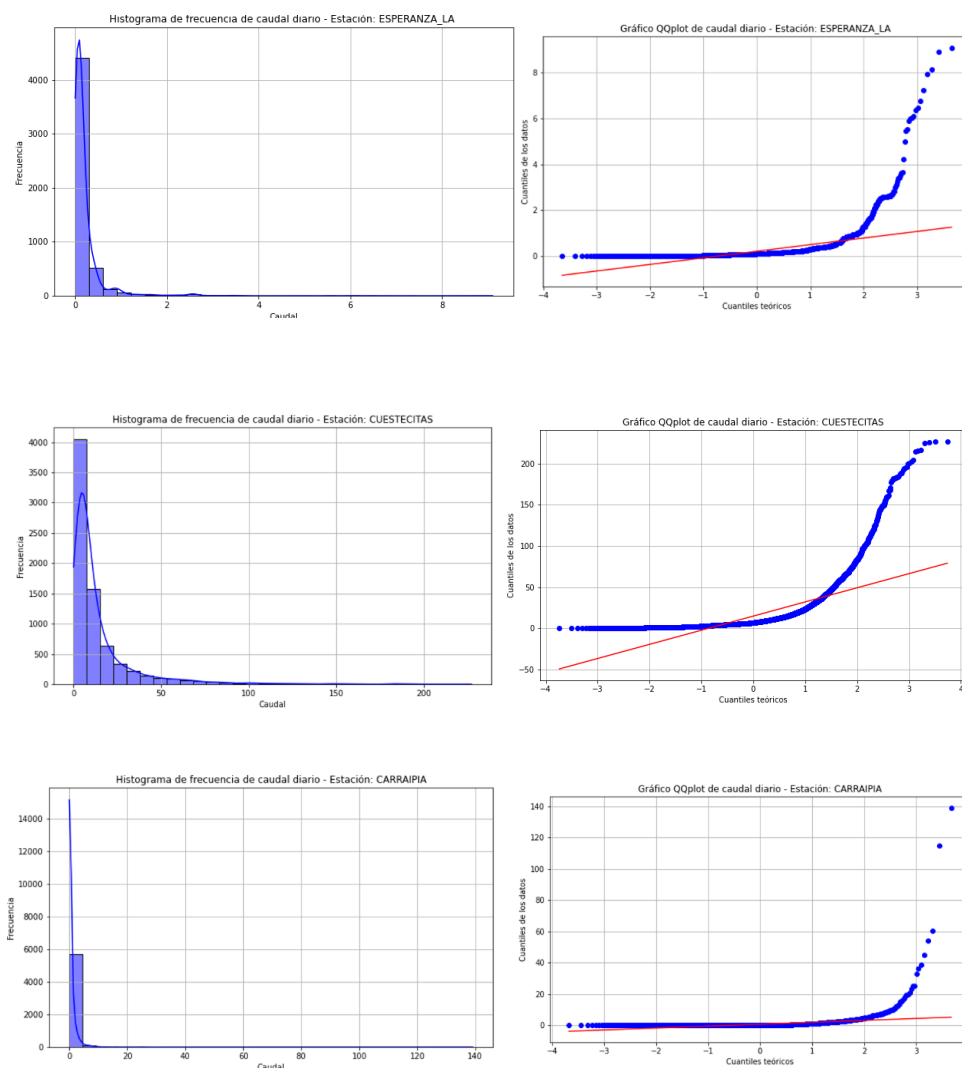


Figura 5-56 Análisis de normalidad.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

El comportamiento de caudales en las estaciones no muestra un comportamiento que se ajuste a una distribución normal, ya que muestran asimetría hacia la izquierda. Esta observación se confirma mediante el gráfico qqplot, donde la dispersión de datos en ambos casos se encuentra por encima de los cuantiles de los extremos. (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología).

Para corroborar estadísticamente la no distribución normal de las series se realiza el test estadístico confirmatorio de normalidad kolmogorov Smirnov (K-S), la cual se realizó en el software Rstudio, cuya memoria de cálculo se muestra en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología. Tratamiento estadístico de series hidroclimáticas y sus resultados en la Tabla 5-46.

Tabla 5-46 Test de normalidad Kolmogorov Smirnov – Caudal

Estación	p-valor	P-valor Shapiro-Wilk	P-valor Kolmogorov-Smirnov
CARRAIPIA	0	0	0
ESPERANZA_LA	0	0	0
CUESTECITAS	0	0	0

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

De acuerdo con la prueba confirmatoria de normalidad Kolmogorov Smirnov (k-S), las series de las estaciones de caudales analizadas para la variable de caudal, no se ajustan a una distribución normal, esta connotación predispone a realizar pruebas no paramétricas de confirmación de homogeneidad.

- **Análisis de datos atípicos**

El análisis de percentiles, también conocido como "análisis basado en percentiles", es una técnica estadística utilizada para identificar y evaluar eventos extremos en una distribución de datos. En este método, la distribución de datos se divide en partes iguales según ciertos percentiles, y se analizan los valores que superan umbrales percentiles predefinidos.

En el contexto del análisis hidrológico, el análisis de percentiles se aplica específicamente al análisis de datos de caudales. Permite comprender la variabilidad del flujo de agua y detectar eventos extremos en las series temporales de caudales, como crecidas o sequías.

Para realizar el análisis de percentiles, se calculan los percentiles relevantes, como el percentil 95 o el percentil 99. Estos percentiles representan los valores por encima de los cuales se encuentra el 95% o el 99% de los datos, respectivamente.

Identificar valores que están por encima del percentil 95 o 99 permite detectar los valores más extremos o atípicos en los datos de caudales. Estos valores pueden indicar eventos inusuales o anomalías en el comportamiento de los datos, como crecidas extremas en un río.

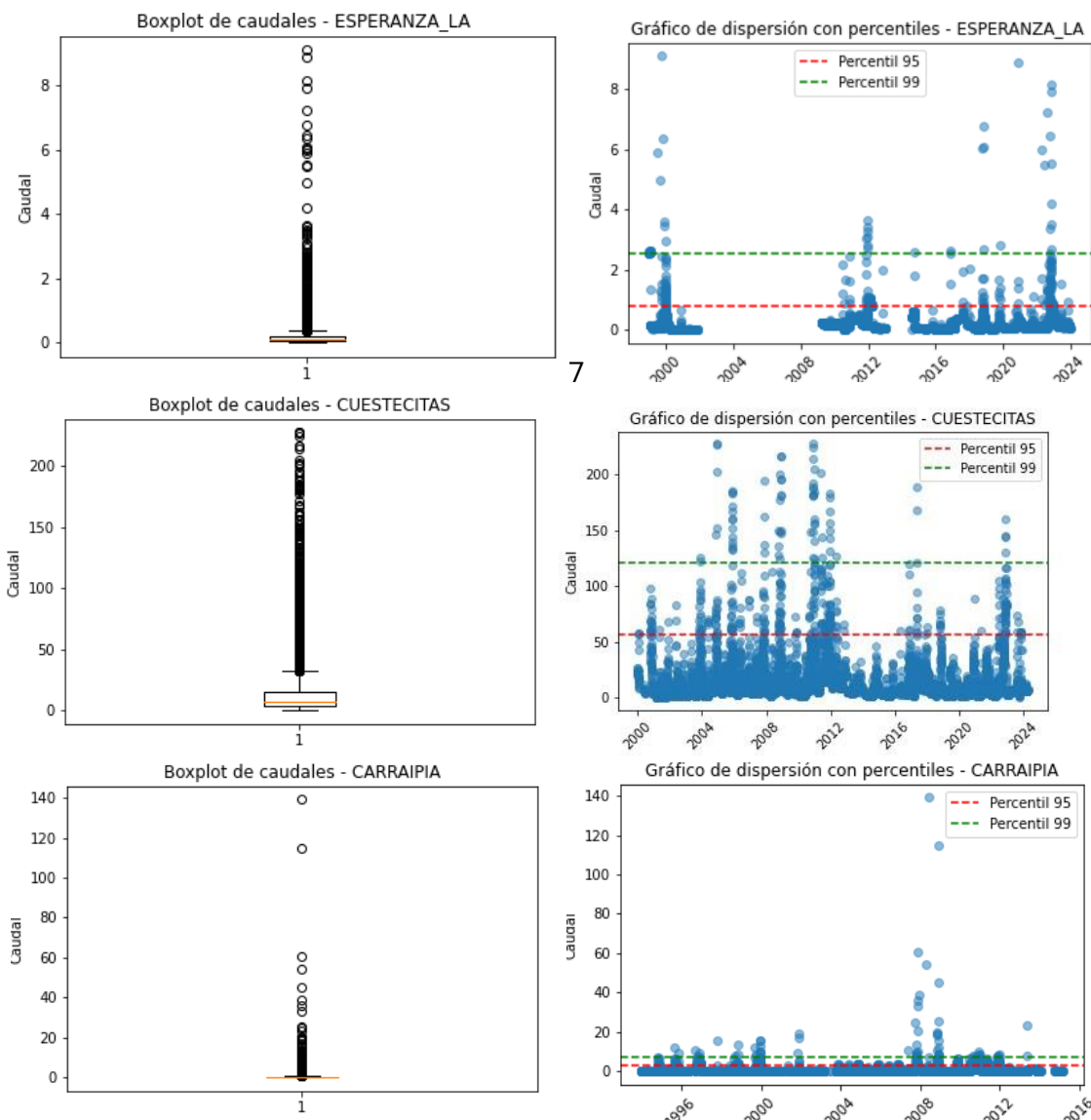


Figura 5-57 Análisis de datos atípicos.

Análisis de percentiles para la estación 'ESPERANZA_LA':

Percentil 95: 0.776

Percentil 99: 2.523

Número de valores por encima del percentil 95: 253

Número de valores por encima del percentil 99: 51

Análisis de percentiles para la estación 'CUESTECITAS':

Percentil 95: 56.903

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

Percentil 99: 120.724

Número de valores por encima del percentil 95: 374

Número de valores por encima del percentil 99: 75

Análisis de percentiles para la estación 'CARRAIPÍA':

Percentil 95: 2.847

Percentil 99: 7.324

Número de valores por encima del percentil 95: 294

Número de valores por encima del percentil 99: 59

Dado el objetivo de minimizar el riesgo de perder eventos extremos significativos, se ha decidido eliminar los datos que exceden el percentil 99 para todas las estaciones, excepto para "ESPERANZA_LA". Esta elección permite conservar una mayor cantidad de datos y capturar una gama más amplia de eventos, al tiempo que se eliminan los valores más extremos que podrían distorsionar el análisis. Los datos de la estación "ESPERANZA_LA" se mantendrán completos, ya que se considera que los caudales atípicos observados en esta estación son consistentes con el comportamiento de las cuencas cercanas.

- **Completamiento de datos faltantes en las series históricas de Caudales.**

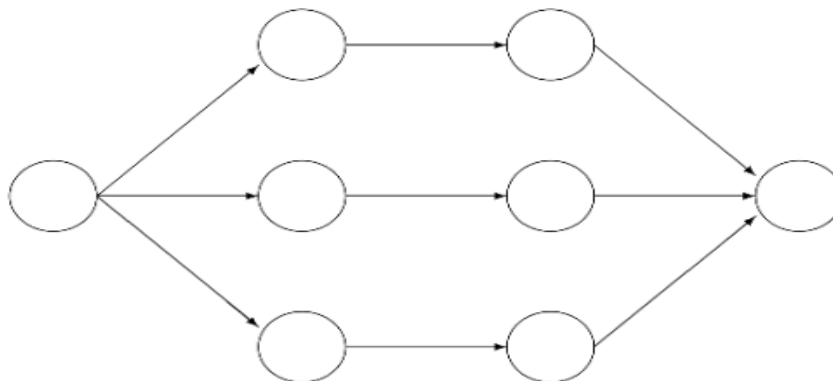
El completamiento de datos de las series históricas de caudal se llevó a cabo mediante la metodología de regresión múltiple. Esta técnica consiste en reemplazar los datos faltantes por un conjunto de m valores con sus respectivas medias y varianzas o errores estándar. De manera iterativa, se busca ajustar 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 Random MAR)²⁰

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 riesgo de comprometer la confiabilidad estadística de las variables. Por ello, se recomienda mantener los valores de datos faltantes por debajo del 20%²¹

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 5-58, se puede observar de forma esquemática el proceso metodológico de la imputación múltiple.

²⁰ 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

²¹ Ibid



Incomplete data Imputed data Analysis results Pooled result

Figura 5-58 Diagrama metodología imputación múltiple

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, bajo el título "Tratamiento estadístico de series hidroclimáticas. 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 5-59 y Figura 5-60, se presenta los ejercicios de imputación realizados.

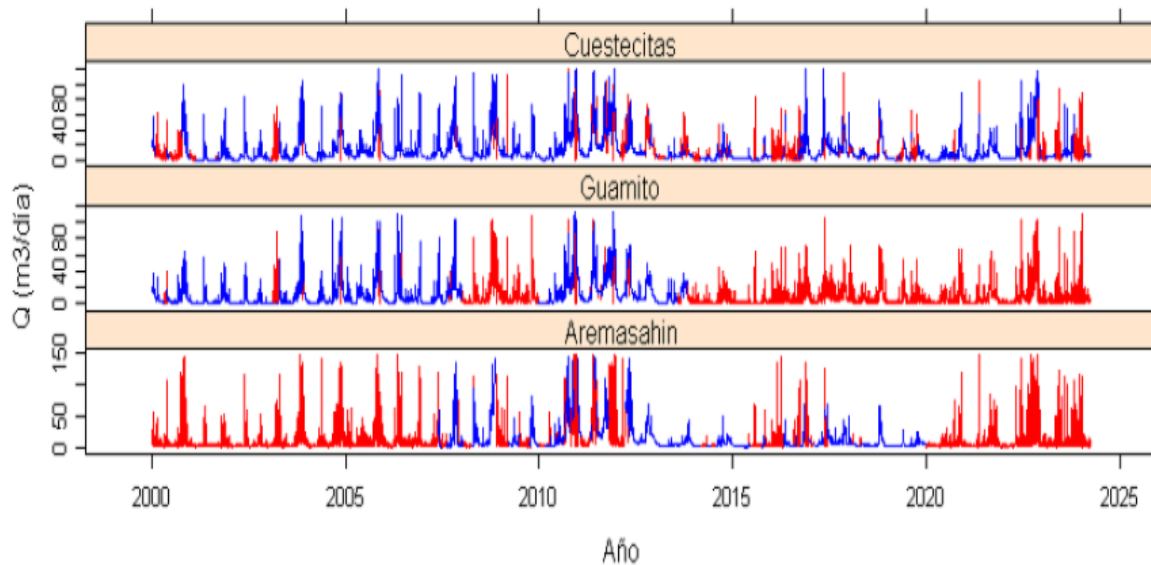


Figura 5-59 Resultados series imputadas – Caudales Río Rancheria.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

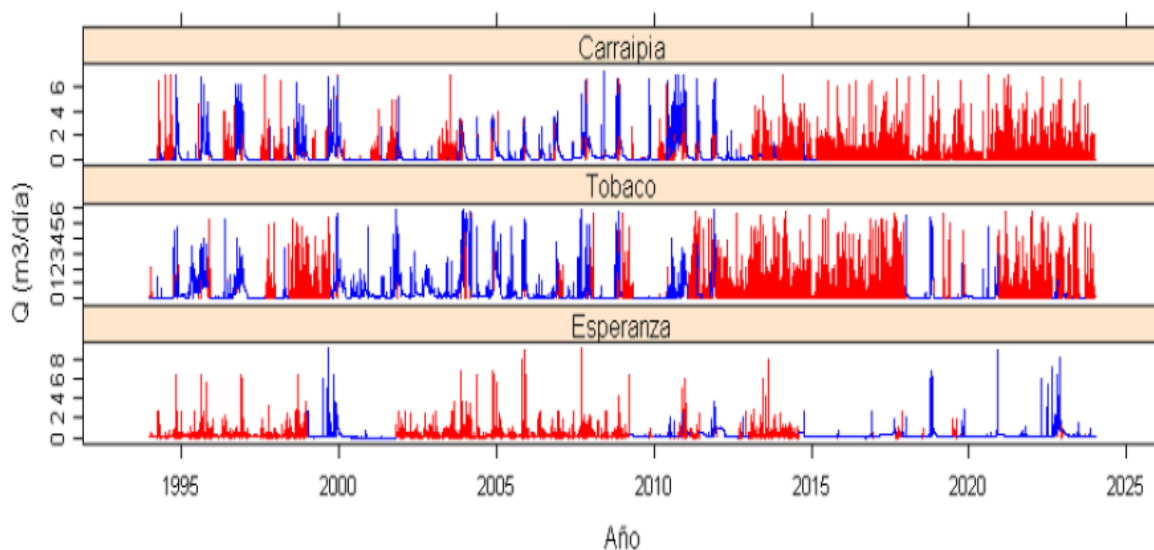
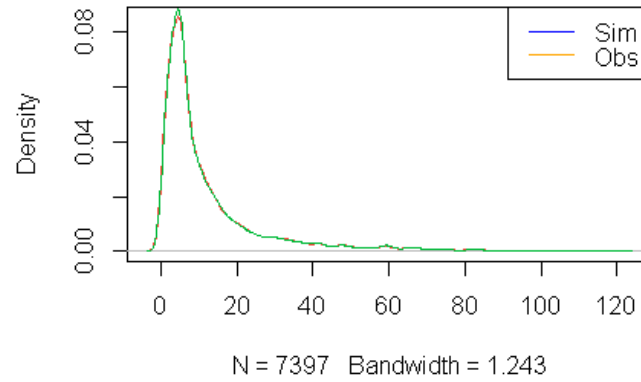


Figura 5-60 Resultados series imputadas – Caudales Ay Bruno, Ay Tabaco y Carraipia.

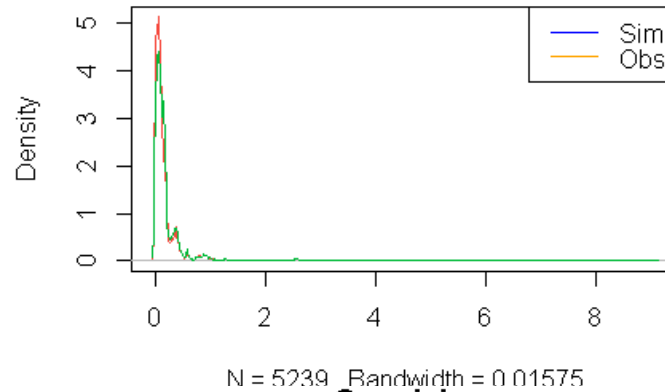
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

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 5-61)

Cuestecitas



Esperanza



Carraipia

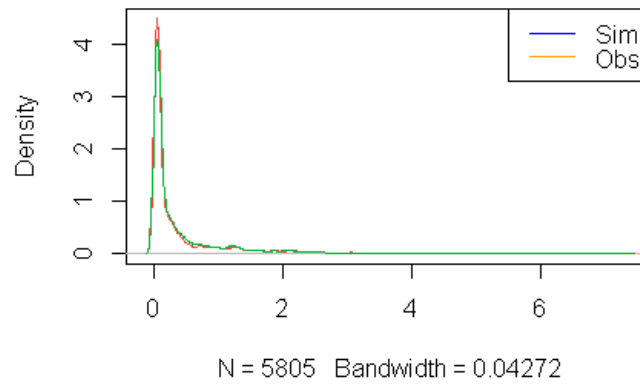


Figura 5-61 Gráfica de densidad de resultados de datos imputados

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Para observar el nivel de ajuste del método de imputación múltiple se realizó una evaluación gráfica comparativa de los medios multianuales de las series crudas y los medios multianuales de series imputadas, tal como se puede apreciar en la Figura 5-62.

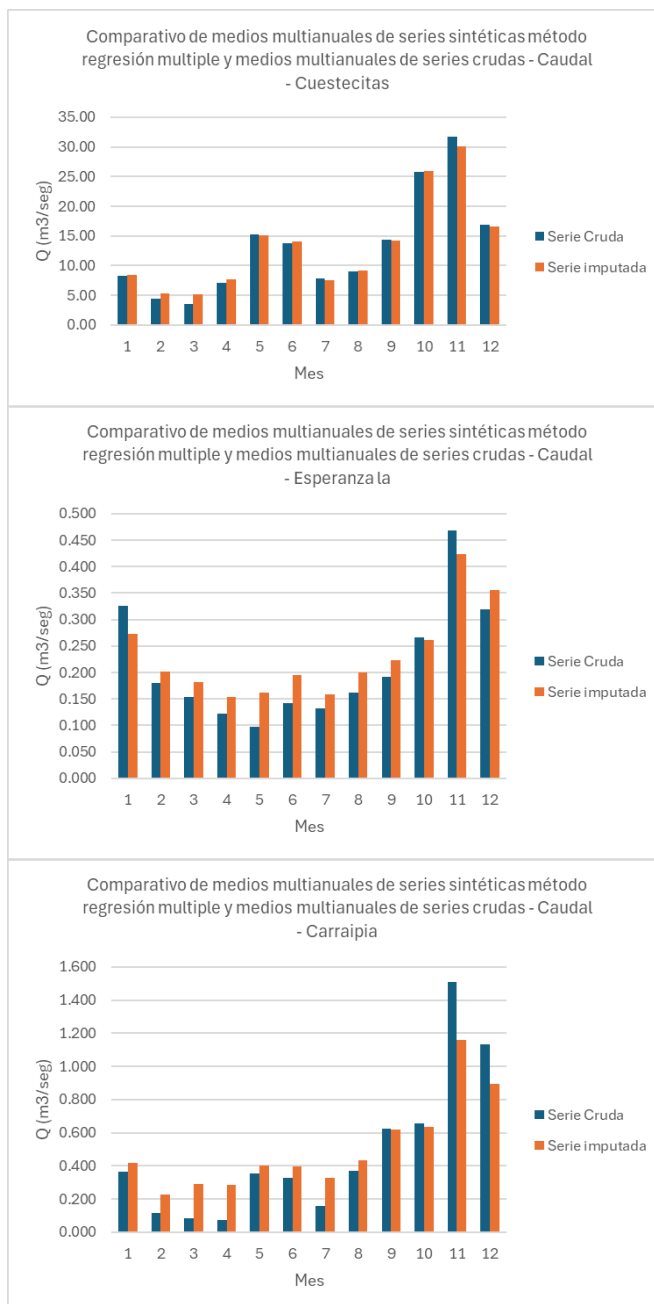


Figura 5-62 Comparativo de medios multianuales de series sintéticas método regresión múltiple y medios multianuales de series crudas – Caudal

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 15%, lo cual muestra una buena representatividad al comportamiento del régimen de caudales.

En la Tabla 5-45, 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 5-47 Comparación estadístico series imputadas estaciones de interés.

Estación	ESPERANZA_LA		CUESTECITAS		CARRAIPIA	
	Ay Bruno		Rio Rancheria		Rio Carraipia	
Serie	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada	Cruda	Imputada
Media	0,21	0,23	14,80	13,24	0,69	0,51
Mediana	0,09	0,11	6,80	6,60	0,09	0,10
Moda	0,07	0,07	3,50	3,50	0,04	0,04
desviación estándar	0,50	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	1001,40	13,47
Coeficiente de asimetría	8,86	8,34	4,15	2,82	26,89	3,35
Rango	9,10	9,10	227,13	120,33	139,10	7,32
mínimo	0,00	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00
máximo	9,10	9,10	227,20	120,40	139,10	7,32
Suma	1100,22	2547,27	110641,07	117217,85	4030,28	5564,72
Cuenta	5239,00	10957,00	7474,00	8856,00	5864,00	10957,00
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%.

5.1.6.4.4 Análisis de homogeneidad y tendencia

5.1.6.4.4.1 Prueba de homogeneidad Pettitt

La Prueba de Pettitt es una prueba no paramétrica basada en la prueba de Wilcoxon (Pettit, 1979) y derivada de otra no paramétrica denominada Mann-Whitney. En esa función, la prueba se implementa según lo indicado por Verstraeten et Alabama (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.

Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología. En la Tabla 5-48 se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad.

Tabla 5-48 Resultados prueba de homogeneidad – Pettitt.

Estación	Punto de Cambio Pettitt	Estadística de Prueba Pettitt	Homogeneidad Pettitt
ESPERANZA	10756	10663.	Homogéneo
CUESTECITAS	10888	10582	Homogéneo
CARRAIPÍA	10922	10917	Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Figura 5-28 se presentan los resultados gráficos de la prueba de homogeneidad de Pettitt para los datos de caudal. Las gráficas muestran la serie temporal de cada estación junto con resaltadas visuales que indican la detección de un cambio estructural según la prueba de Pettitt. Aquí hay una descripción de la gráfica generada para cada estación:

- **Serie Temporal:** La línea principal de la gráfica representa la serie temporal de los valores a lo largo del tiempo.
- **Áreas Resaltadas:** Se resaltan dos áreas en la gráfica:
 - **Área Verde (Homogéneo):** Representa la región en la que los datos se consideran homogéneos.
 - **Área Azul o Roja (No Homogéneo):** Representa la región en la que se detecta un cambio estructural. El color puede ser azul si los datos después del cambio son más bajos que antes, o rojo si son más altos.
- **Punto de Cambio Pettitt:** Se marca un punto en la gráfica que indica la posición del cambio estructural detectado por la prueba de Pettitt.

De esta forma, se puede observar los períodos en los que se detecta un cambio significativo en la serie temporal para cada estación. Si las áreas homogéneas son grandes y no hay puntos de cambio marcados, indica que no se detectaron cambios significativos. Por otro lado, áreas no homogéneas indican períodos en los que se detectó un cambio estructural.

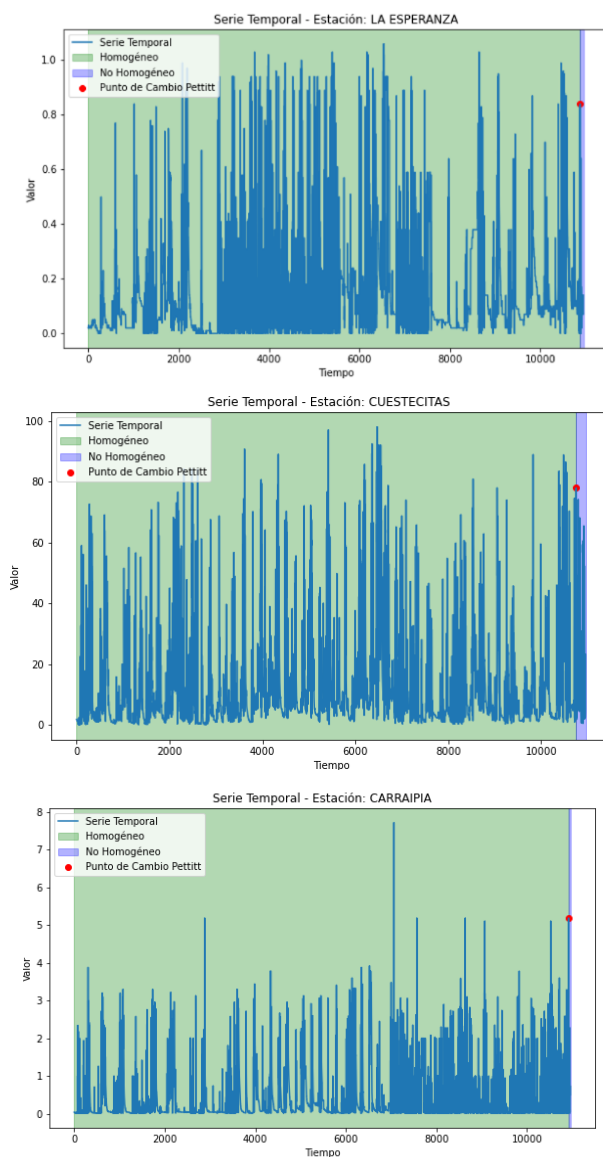


Figura 5-63 Análisis de Homogeneidad

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Según el test de Pettitt aplicado a las estaciones mencionadas (Cuestecitas, La Esperanza y Carraipia), no se detectaron cambios significativos en las series temporales de datos en los puntos de corte especificados. Esto sugiere que las condiciones o variables medidas en estas estaciones se mantuvieron relativamente estables en los períodos analizados.

5.1.6.4.4.2 Prueba de tendencia Mann-Kendall

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 hidroclimatológicas. Para aplicar la prueba de Mann-Kendall se ejecutó el siguiente procedimiento:

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

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.

3. 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 .

4. Se calcula el estadístico Z_{MK} a partir de la expresión:
- 5.

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

6. 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.

Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en la ruta 3_AneXos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología.

En la Tabla 5-49, se presentan los resultados de la prueba de tendencia de Mann-Kendall para el caudal total diaria para cada una de las estaciones.

Tabla 5-49 Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación

Estación	Pendiente Theil-Sen	Tau Kendall	P-Valor	Tendencia
CUESTECITAS	0.000483	0.077836	2.822633e-34	Tendencia Positiva
LA ESPERANZA	0.000014	0.170550	9.089484e-151	Tendencia Positiva
CARRAIPÍA	0.000005	0.072256	1.882961e-28	Tendencia Positiva

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Figura 5-29 , se presentan los resultados gráficos de la prueba de tendencia por Mann Kendall. La interpretación de los colores y elementos en las gráficas se detalla a continuación:

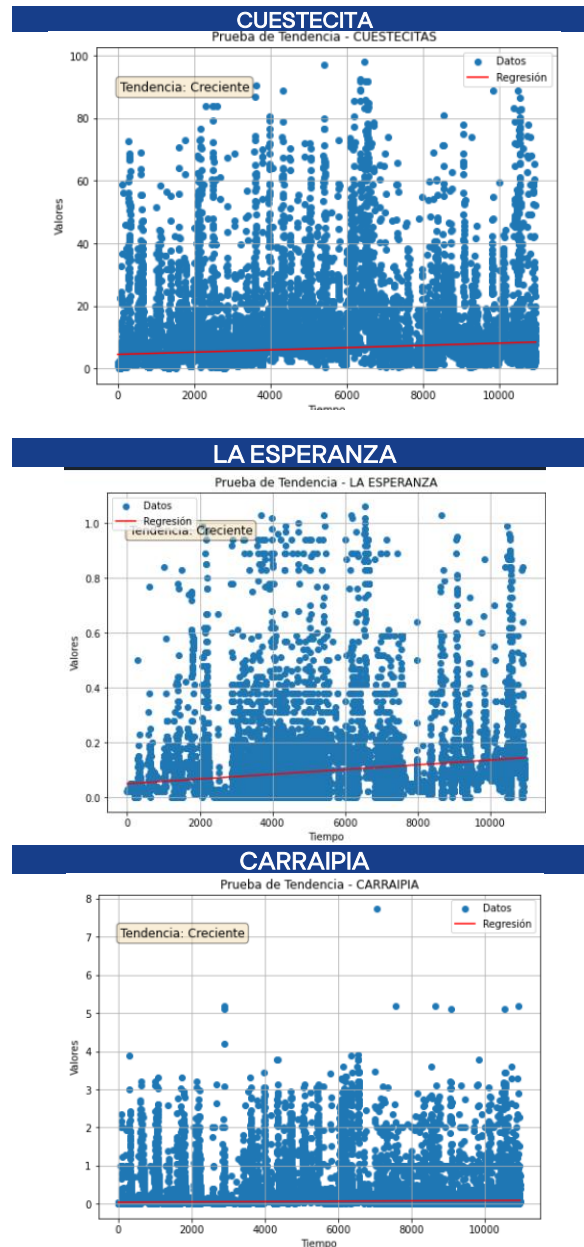


Figura 5-64 Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Dado que todas las estaciones están ubicadas en la región de La Guajira y están relativamente cerca entre sí, es interesante observar que todas muestran una tendencia creciente en los caudales a lo largo del tiempo.

Dado que la cuenca más grande, la del Río Ranchería (representada por la estación Cuestecitas), muestra esta tendencia creciente, junto con otras estaciones que representan áreas de tamaño similar (como el arroyo Bruno en la estación La Esperanza y el Río Carraipía en la estación Carraipía), esto sugiere un aumento generalizado en los caudales en la región.

5.1.6.4.5 Cuencas Instrumentadas

Para las cuencas instrumentadas, se decidió trabajar con los datos de las estaciones completadas. De la selección del periodo de la serie histórica y tratada apta para las estimaciones, se procedió 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 identificadas.

5.1.6.4.5.1 Río Ranchería – Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

A partir de los datos completos, A continuación, en la Figura 5-65, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 de la estación cuestecitas automática, la cual está ubicada sobre el río Ranchería a la altura del proyecto.

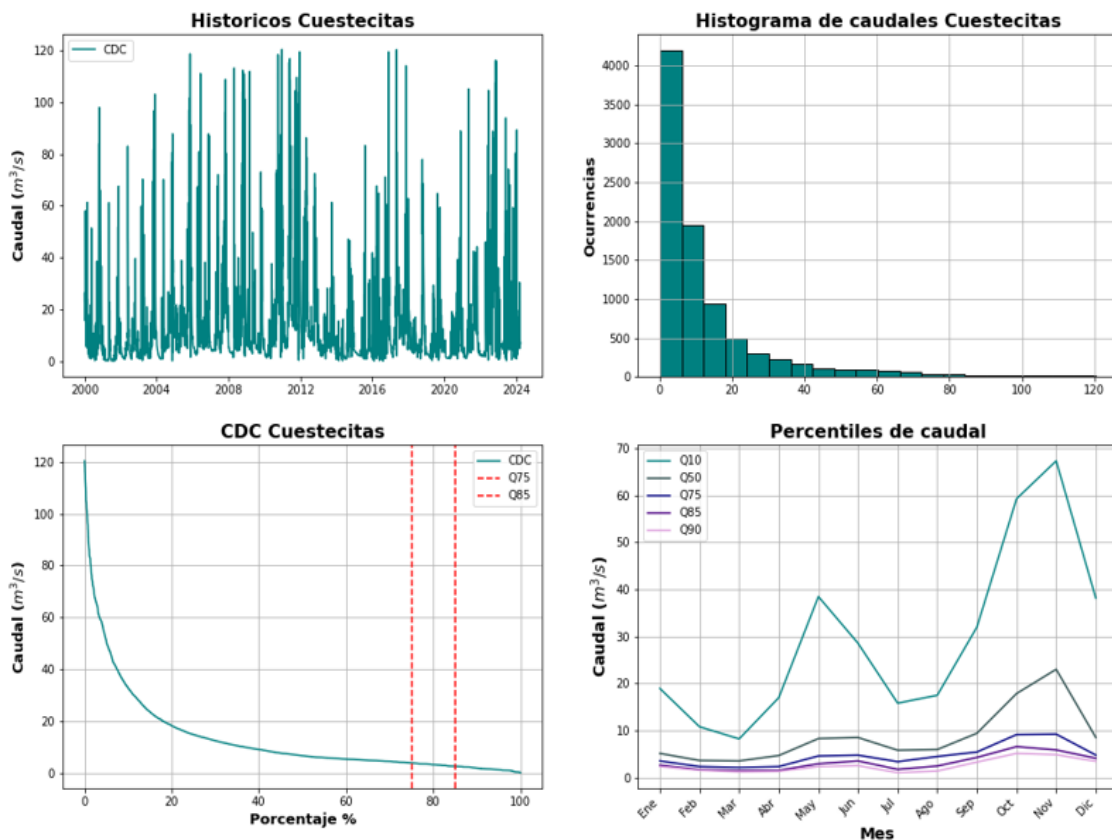


Figura 5-65 Análisis de caudales. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Los percentiles mensuales del arroyo Carraipia proporcionan información sobre la distribución de los caudales mensuales y ayudan a caracterizar la variabilidad del flujo de agua en el arroyo durante diferentes períodos del año. En la siguiente tabla se presentan los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 para la estación.

Tabla 5-50 Percentiles mensuales Río Ranchería. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

Mes	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	18,92	5,10	3,50	2,60	2,30
2	10,78	3,60	2,30	1,65	1,50
3	8,19	3,50	2,10	1,43	1,18
4	16,96	4,65	2,30	1,50	1,28
5	38,47	8,26	4,56	2,90	2,30
6	28,54	8,48	4,73	3,50	2,50
7	15,79	5,78	3,34	1,70	1,00
8	17,47	5,93	4,45	2,42	1,35
9	31,99	9,39	5,40	4,24	3,26
10	59,28	17,84	9,11	6,54	5,10
11	67,34	23,00	9,20	5,84	4,84
12	38,15	8,50	4,75	4,07	3,42

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

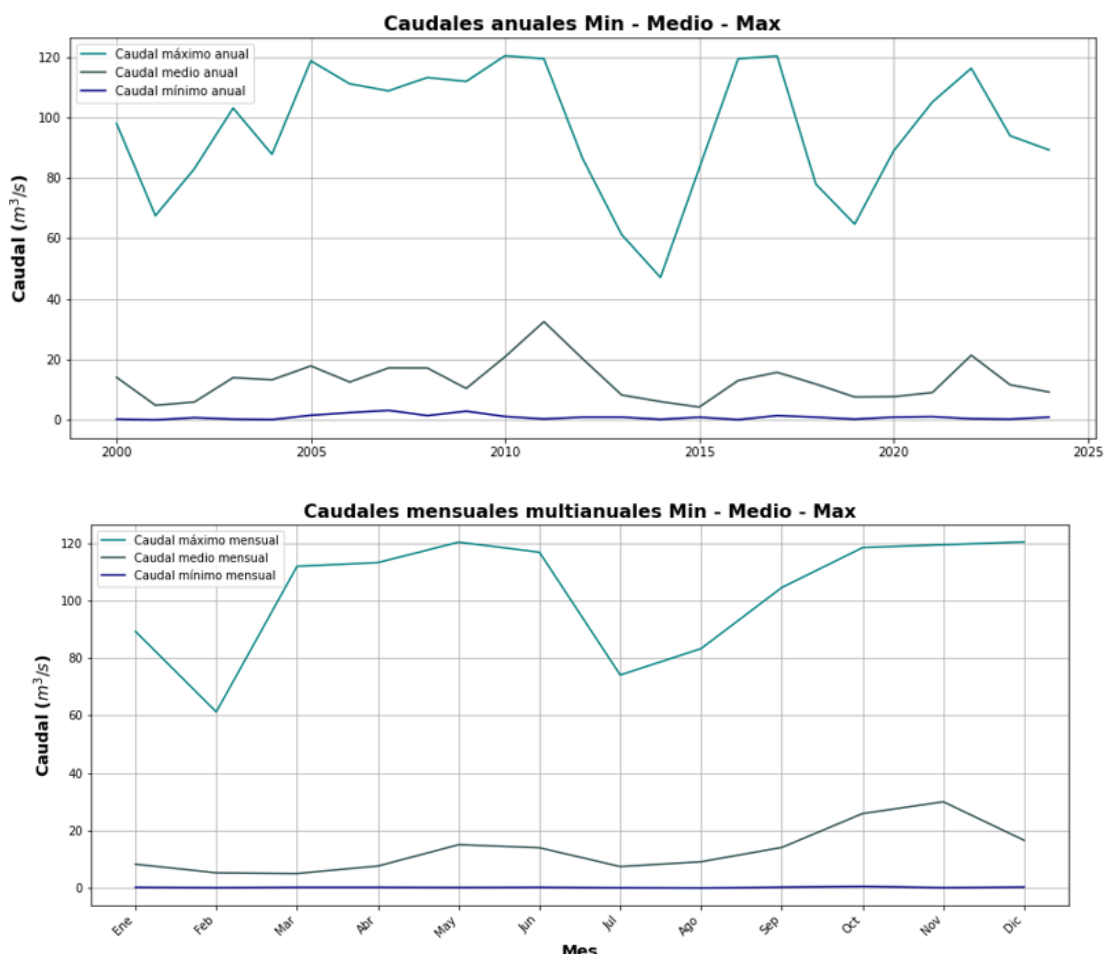


Figura 5-66 Distribución anual y mensual de caudales Río Ranchería. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-51 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Río Ranchería. (m3/seg).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	89,28	61,30	111,90	113,20	120,30	116,80	74,13	83,29	104,53	118,40	119,39	120,40
Qmed m3/s	8,36	5,36	5,13	7,72	15,13	14,08	7,54	9,21	14,18	25,97	30,04	16,65
Qmin m3/s	0,33	0,20	0,33	0,33	0,27	0,33	0,17	0,07	0,37	0,65	0,20	0,40

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-52, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-52 Resultados distribuciones de probabilidad Río Ranchería. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,923	0,060
Distribución Gumbel	Gumbel	1,000	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,218	0,161
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	1,000	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	1,000	0,000

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Entre las distribuciones evaluadas, la Distribución Normal y la Distribución Pearson Tipo III son las más adecuadas para modelar los datos, con la Distribución Pearson Tipo III mostrando un mejor ajuste según el valor p, como se puede observar en la Tabla 5-5.

Tabla 5-54 Caudales para diferentes periodos de retorno Río Ranchería. Estación CUESTECITAS AUTOMÁTICA (15067050).

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	93,490
5	112,124
10	123,292
15	126,790
25	136,332
50	145,381
100	153,958
500	181,499

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.5.2 Río Carraipia – CARRAIPIA (15087010).

A partir de los daros completados para la estación Carraipia, En la Figura 5-67, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

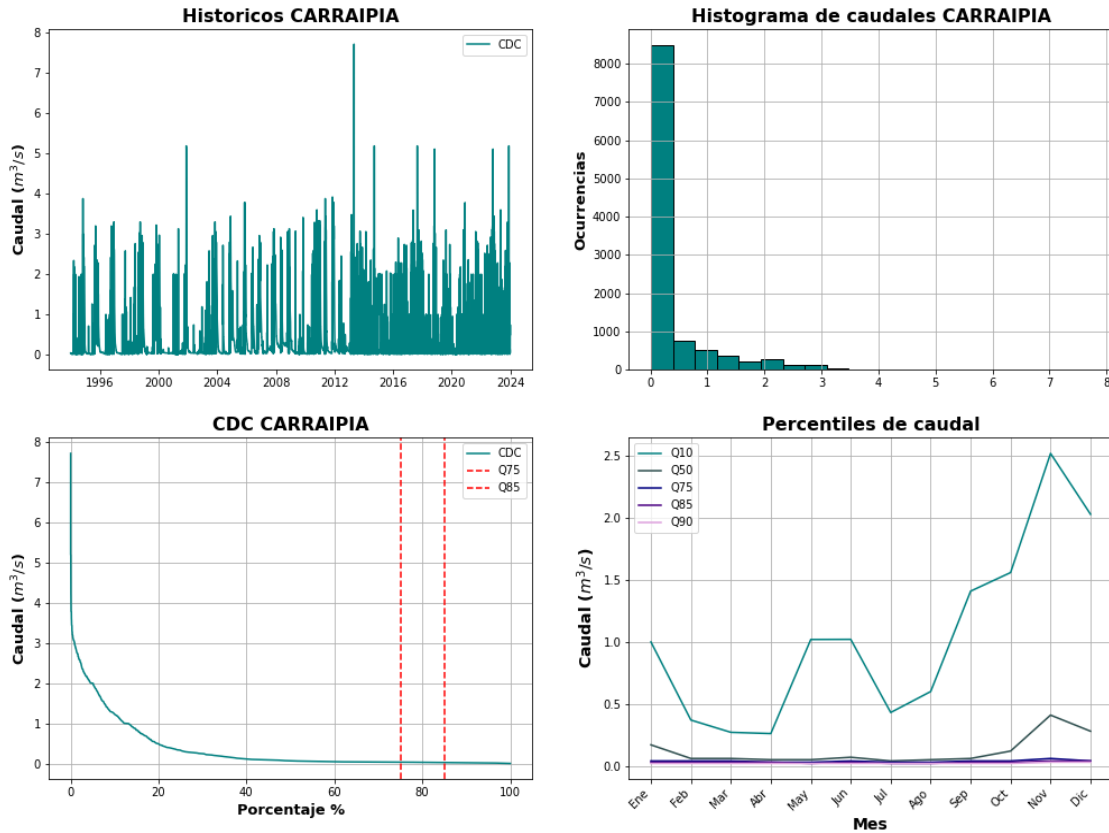


Figura 5-67 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los percentiles mensuales del arroyo Carraipia proporcionan información sobre la distribución de los caudales mensuales y ayudan a caracterizar la variabilidad del flujo de agua en el arroyo durante diferentes periodos del año.

Tabla 5-53 Percentiles mensuales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia.

Mes	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,85	0,25	0,04	0,03	0,02
2	0,29	0,07	0,04	0,02	0,02
3	0,2	0,07	0,04	0,03	0,02
4	0,1	0,04	0,03	0,03	0,03
5	1,057	0,04	0,03	0,02	0,02
6	0,84	0,08	0,04	0,02	0,01
7	0,28	0,04	0,03	0,02	0,02
8	1,079	0,06	0,03	0,02	0,02
9	2,128	0,09	0,04	0,03	0,02
10	1,876	0,13	0,03	0,03	0,02
11	4,64	1,29	0,13	0,04	0,04
12	3,25	0,87	0,1	0,04	0,04

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

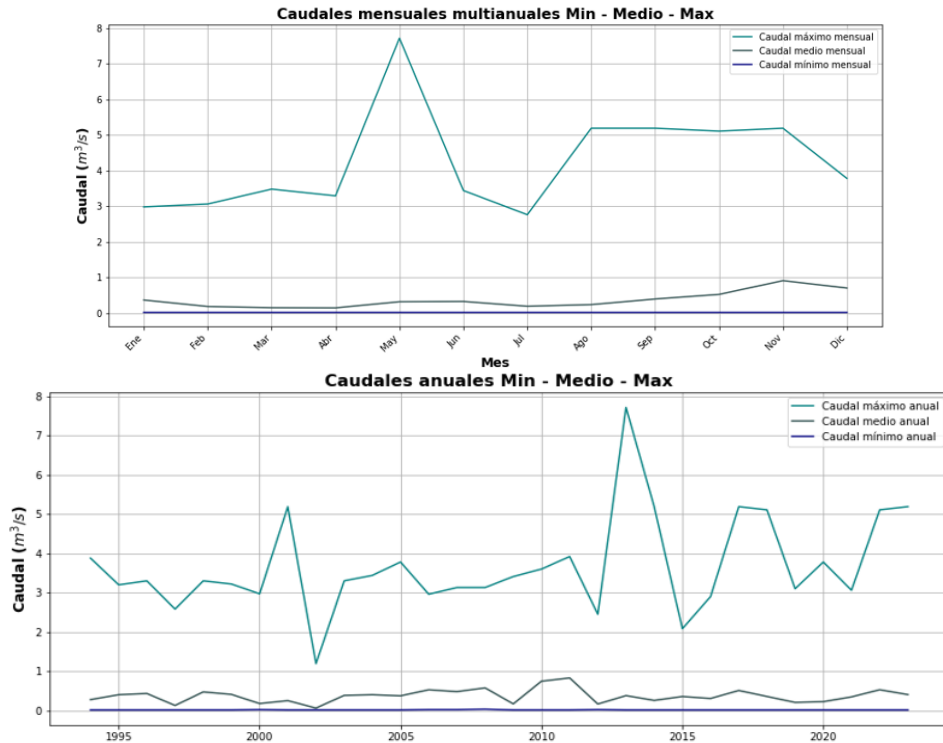


Figura 5-68 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-54 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Carraipia a la altura de la estación Carraipia. (m3/seg)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	2,980	3,060	3,480	3,290	7,720	3,440	2,760	5,190	5,190	5,110	5,190	3,780
Qmed m3/s	0,364	0,181	0,147	0,142	0,315	0,323	0,187	0,234	0,392	0,521	0,906	0,700
Qmin m3/s	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-55 se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-55 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Carraipia a la altura estación Carraipia.

ESTADÍSTICO	Pueba	141stadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,728	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,884	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,226	0,079
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,887	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,804	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados de la tabla anterior, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno, como se puede observar en la Tabla 5-56.

Tabla 5-56 Caudales para diferentes periodos de retorno Arroyo Carraipia a la altura estación Carraipia.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	5,694
5	7,105
10	7,950
15	8,214
25	8,936
50	9,621
100	10,270
500	12,354

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.5.3 Arroyo Bruno – Estación ESPERANZA LA (15067060).

La caracterización del Arroyo Bruno se realizó a partir de la información de la estación la ESPERANZA LA (15067060) a partir de los datos completados para la estación a continuación se presenta la caracterización del régimen hidrológico, en la Figura 5-67, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

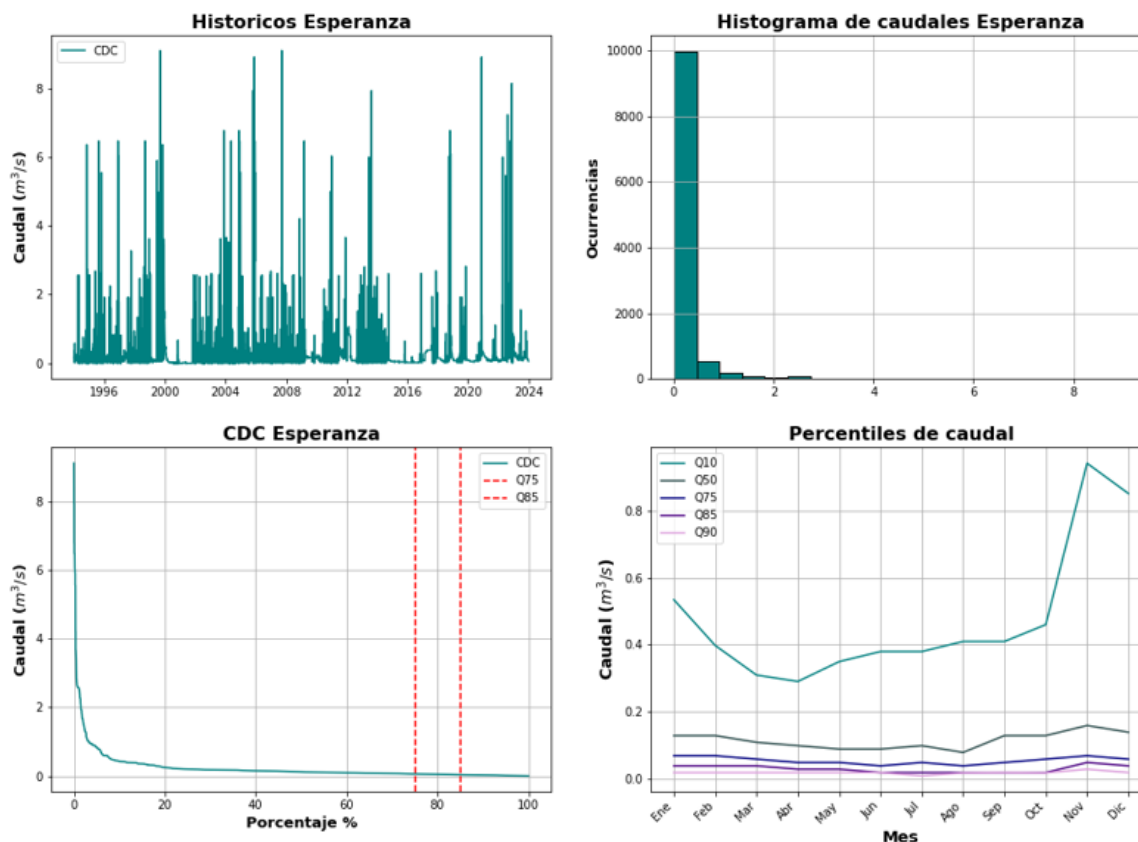


Figura 5-69 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los percentiles mensuales proporcionan información sobre la distribución de los caudales mensuales y ayudan a caracterizar la variabilidad del flujo de agua en el arroyo durante diferentes períodos del año. Ver Tabla 5-57.

Tabla 5-57 Percentiles mensuales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza.

Mes	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,38	0,09	0,05	0,02	0,02
2	0,33	0,08	0,04	0,02	0,02
3	0,221	0,07	0,04	0,02	0,02
4	0,22	0,07	0,03	0,02	0,02
5	0,24	0,06	0,02	0,02	0,019
6	0,31	0,065	0,02	0,02	0,01
7	0,28	0,07	0,02	0,02	0,01
8	0,31	0,07	0,02	0,02	0
9	0,31	0,1	0,03	0,02	0
10	0,38	0,1	0,04	0,02	0,01
11	0,531	0,13	0,07	0,0485	0,03
12	0,51	0,1	0,05	0,04	0,02

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ **Caudales máximos, medios y mínimos mensuales**

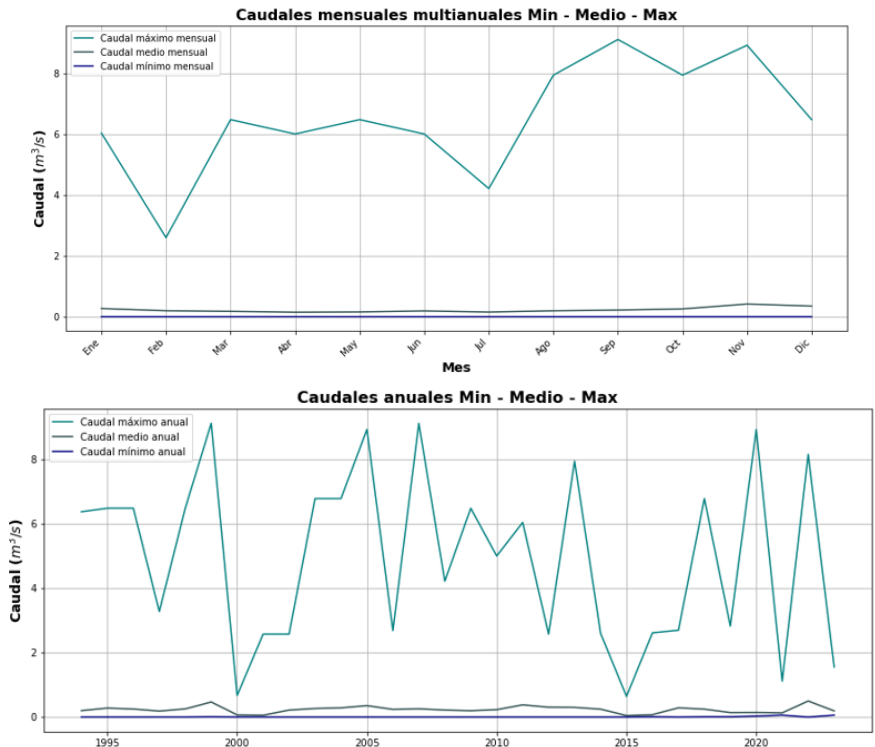


Figura 5-70 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-58 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Bruno a la altura de la estación La Esperanza (m3/seg).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	6,03	2,60	6,47	6,00	6,47	6,00	4,21	7,93	9,10	7,93	8,91	6,47
Qmed m3/s	0,27	0,20	0,18	0,15	0,16	0,20	0,16	0,20	0,22	0,26	0,42	0,36
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5-59, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-59 Resultados distribuciones de probabilidad Ay Bruno a la altura de la estación La Esperanza.

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,912	0,017
Distribución Gumbel	Gumbel	0,793	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,191	0,197
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,796	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,694	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

La Distribución Pearson Tipo III es la más adecuada para modelar los datos de la estación Esperanza, según los resultados de las pruebas de bondad de ajuste, como se puede observar en la Tabla 5-60.

Tabla 5-60 Caudales para diferentes periodos de retorno Ay Bruno a la altura de la estación La Esperanza.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	4,63
5	7,06
10	8,52
15	8,98
25	10,23
50	11,41
100	12,53
500	16,13

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6 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 estudio.

Inicialmente para poder llevar a cabo el análisis de las cuencas no instrumentadas, el criterio de selección se centró en la representatividad de la cuenca aferente de cada estación en relación con las unidades hidrográficas afectadas por el proyecto

Conforme al catálogo de estaciones disponibles del IDEAM, se eligieron las estaciones LA ESPERANZA y CARRAIPÍA, estas estaciones destacan por su relevancia hidrológica; la mayoría de su área aferente se localiza dentro o cerca del área del proyecto, y además, siendo

considerablemente menor en tamaño comparado con otras estaciones próximas al área de estudio. Este aspecto es crucial para la transposición de caudales, ya que permite una mayor similitud morfológica con las cuencas no instrumentadas, facilitando así los análisis comparativos.

El cálculo de los caudales para las corrientes no instrumentadas se realizó por el método de la transposición de caudales a partir de los rendimientos de los caudales y teniendo en cuenta el área aferente.

Los rendimientos de la cuenca relacionan los caudales calculados al cierre de cada cuenca, planteando un aporte de escorrentía superficial en un área determinada, ($m^3/s/km^2$) lo que permite establecer el caudal de la corriente a nivel diario para el área aferente de la cuenca, con la siguiente relación:

$$Q_{sp} = Q_{EH} \times \frac{A_{sp.}}{A_{EH}} \times \frac{P_{SP}}{P_{EH}}$$

Donde=

- Q_{sp} : Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- Q_{EH} : Caudal en la estación hidrométrica, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- $A_{sp.}$: Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados (km^2).
- A_{EH} : Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica, en kilómetros cuadrados (km^2).
- $P_{sp.}$: Precipitación media de la cuenca hasta el sitio de proyecto (mm)
- P_{EH} : Precipitación media de la cuenca analizada estación hidrométrica (mm)

De esta forma, se establece como método de análisis la transposición de caudales para las cuencas no instrumentadas que están ubicadas dentro del área de estudio. En la siguiente tabla 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 5-61 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 El Salado	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Wachuari	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Amaripa	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Shishipecch Taikalt	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Talamastol	CARRAIPIA [15087010]
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 Makúrirap	ESPERANZA LA [15067060]
Arroyo Santana	CARRAIPIA [15087010]
Arroyo Yuma (Guayumana)	ESPERANZA LA [15067060]

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.

5.1.6.4.6.1 Arroyo Porciosa

A continuación, en la Figura 5-71, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

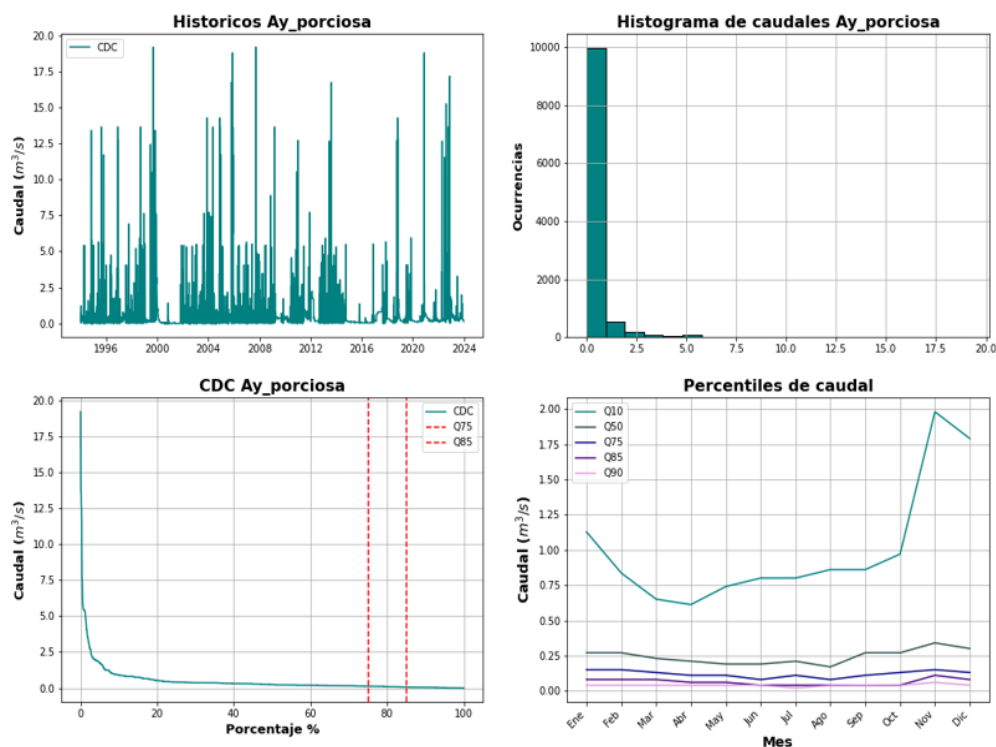


Figura 5-71 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

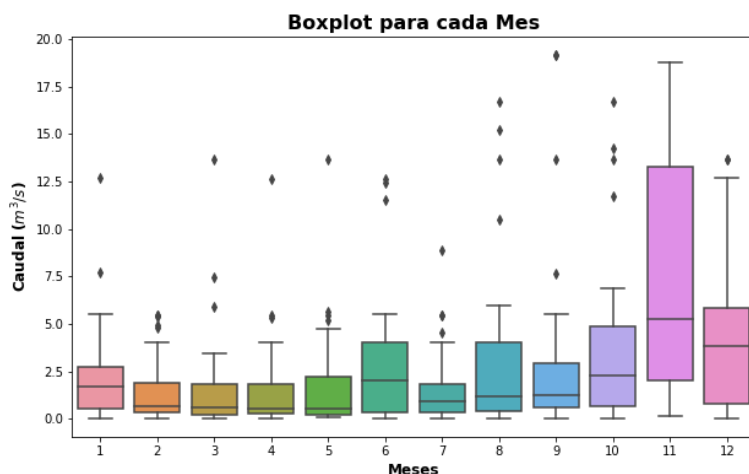


Figura 5-72 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente table se presenta el cálculo de los percentiles a nivel mensual

Tabla 5-62 Percentiles mensuales Arroyo Porciosa.

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	1,128	0,27	0,15	0,08	0,04
2	0,836	0,27	0,15	0,08	0,04
3	0,65	0,23	0,13	0,08	0,04
4	0,612	0,21	0,11	0,06	0,04
5	0,74	0,19	0,11	0,06	0,04
6	0,8	0,19	0,08	0,04	0,04
7	0,8	0,21	0,11	0,04	0,02
8	0,86	0,17	0,08	0,04	0,038
9	0,86	0,27	0,11	0,04	0,04
10	0,97	0,27	0,13	0,04	0,038
11	1,98	0,34	0,15	0,11	0,06
12	1,79	0,3	0,13	0,08	0,04

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

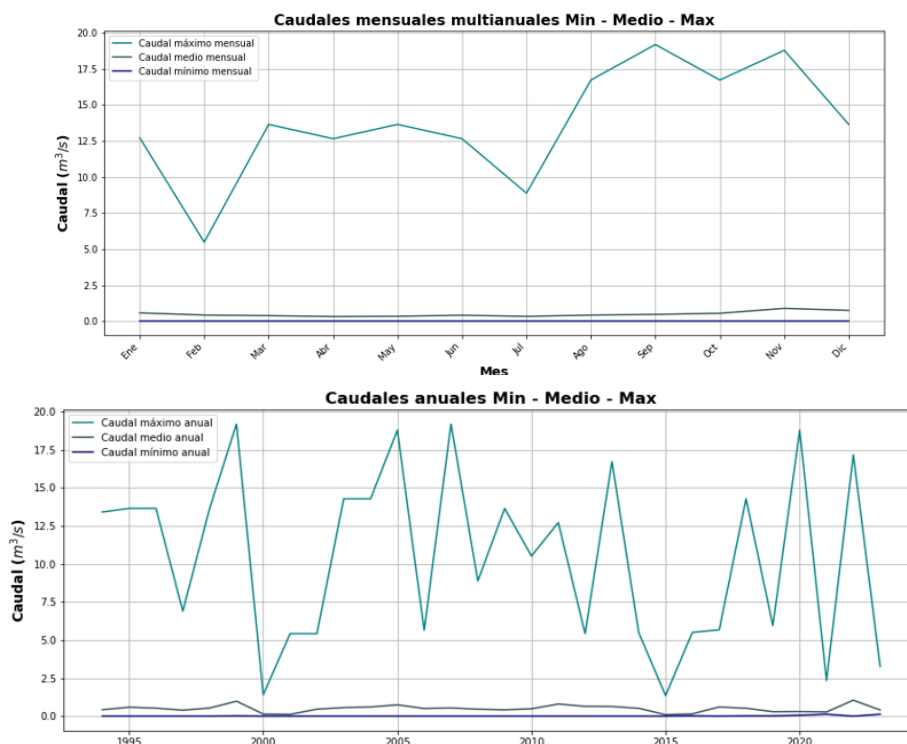


Figura 5-73 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Porciosa.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-63 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Porciosa . (m3/seg).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	12,72	5,48	13,65	12,66	13,65	12,66	8,88	16,73	19,19	16,73	18,79	13,65
Qmed m3/s	0,58	0,42	0,38	0,32	0,34	0,41	0,33	0,42	0,47	0,55	0,89	0,75
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-64, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-64 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Porciosa.

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0.912	0.017
Distribución Gumbel	Gumbel	0.863	0.000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0.191	0.199
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0.863	0.000
Distribución Log-normal	Lognorm	0.821	0.000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-65, se presenta el cálculo de caudales máximos para diferentes periodos de retorno.

Tabla 5-65 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	9,76
5	14,90
10	17,97
15	18,94
25	21,57
50	24,06
100	26,42
500	34,01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.2 Arroyo El Salado

A continuación, en la Figura 5-74, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

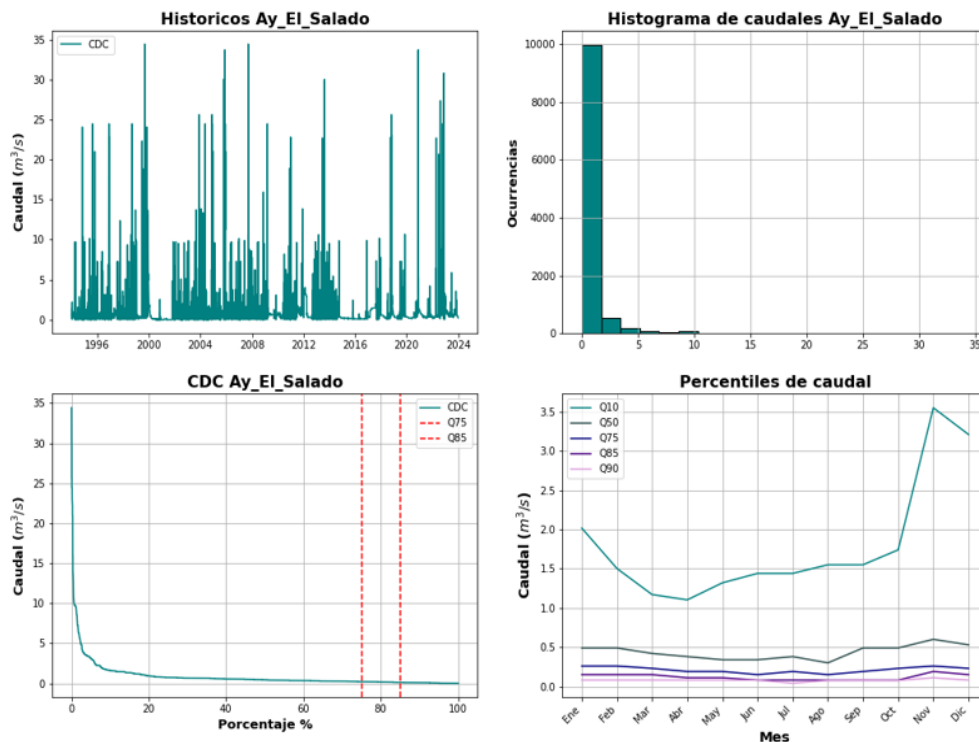


Figura 5-74 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

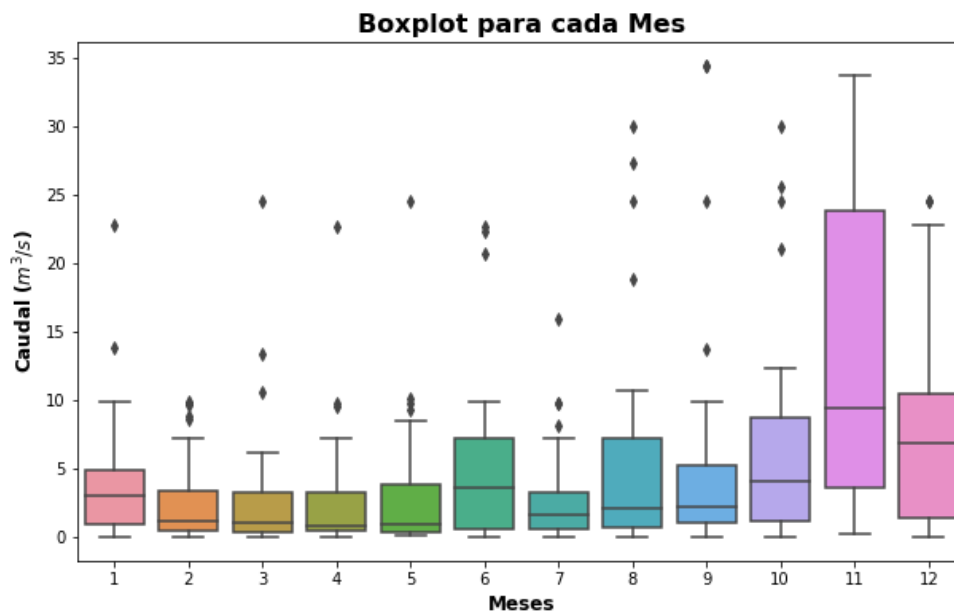


Figura 5-75 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-66, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-66 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo El Salado.

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,912	0,017
Distribución Gumbel	Gumbel	0,918	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,191	0,197
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,919	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,861	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente tabla, se presenta el cálculo de caudales para diferentes periodos de retorno.

Tabla 5-67 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	17,503
5	26,707
10	32,224
15	33,952
25	38,665
50	43,135
100	47,371
500	60,976

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente table se presenta el cálculo de percentiles.

Tabla 5-68 Percentiles mensuales Arroyo El Salado.

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	2,016	0,49	0,26	0,15	0,08
2	1,502	0,49	0,26	0,15	0,08
3	1,17	0,42	0,23	0,15	0,08
4	1,103	0,38	0,19	0,11	0,08
5	1,32	0,34	0,19	0,11	0,08
6	1,44	0,34	0,15	0,08	0,08
7	1,44	0,38	0,19	0,08	0,04
8	1,55	0,3	0,15	0,08	0,076
9	1,55	0,49	0,19	0,08	0,08
10	1,74	0,49	0,23	0,08	0,076
11	3,55	0,6	0,26	0,19	0,11
12	3,21	0,53	0,23	0,15	0,08

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

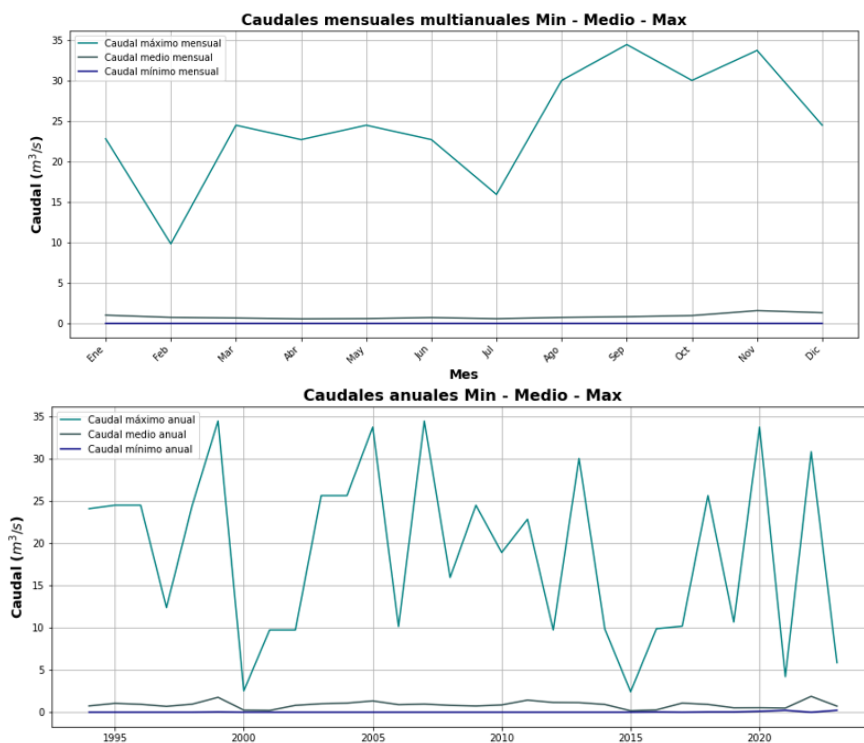


Figura 5-76 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo El Salado

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-69 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo El Salado. (m3/seg).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	22,801	9,831	24,464	22,687	24,464	22,687	15,919	29,985	34,409	29,985	33,691	24,464
Qmed m3/s	1,035	0,761	0,687	0,580	0,613	0,739	0,599	0,756	0,845	0,987	1,599	1,346
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.3 Arroyo Wachuari

A continuación, en la Figura 5-80, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

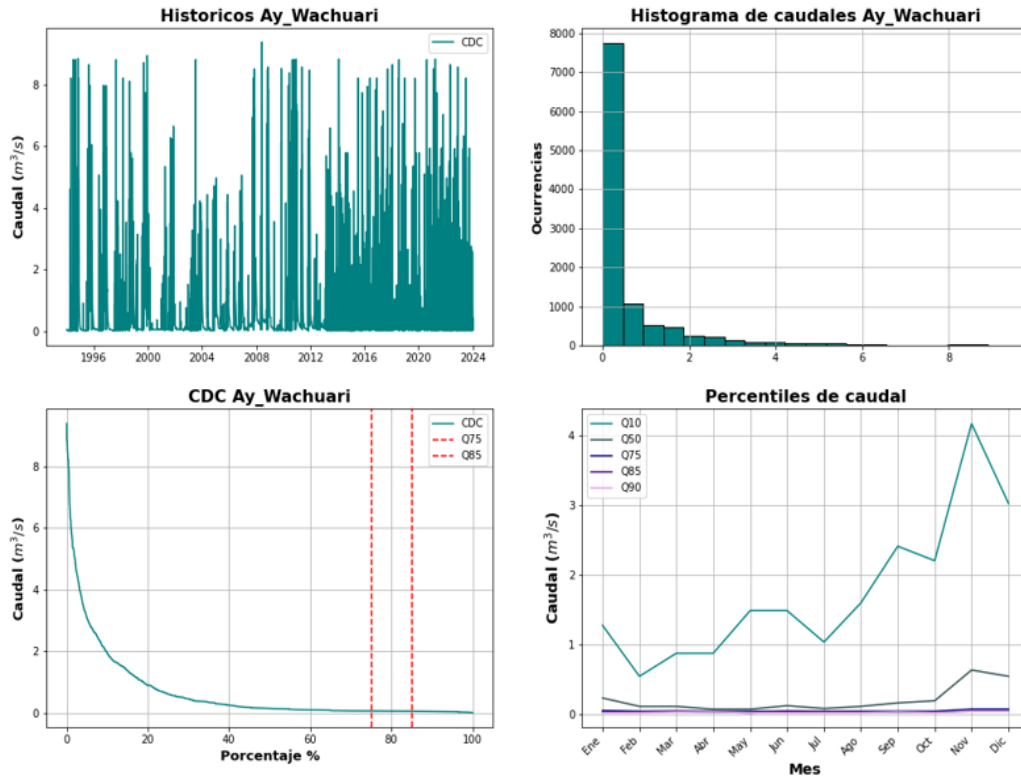


Figura 5-77 Análisis de caudales.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

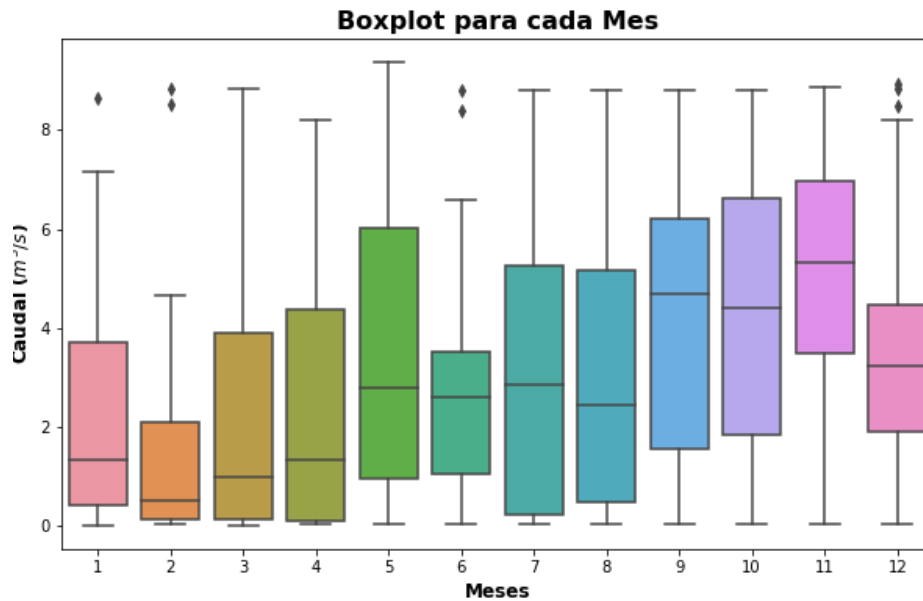


Figura 5-78 Análisis de cajas y bigotes.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente table, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-70 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Arroyo Wachuari

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadistico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,728	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,924	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,210	0,123
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,925	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,843	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente tabla se presentan el cálculo de caudales para diferentes periodos de retorno.

Tabla 5-71 Caudales para diferentes periodos de Arroyo Wachuari

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	7,617
5	9,900
10	11,781
15	10,523
25	14,181
50	15,987
100	17,806
500	15,828

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Tabla 5-72 Percentiles mensuales Arroyo Wachuari

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	1,28	0,24	0,06	0,04	0,03
2	0,55	0,12	0,05	0,04	0,03
3	0,88	0,12	0,05	0,05	0,04
4	0,88	0,08	0,05	0,04	0,04
5	1,49	0,08	0,05	0,03	0,03
6	1,49	0,13	0,05	0,05	0,03
7	1,04	0,09	0,05	0,04	0,03
8	1,6	0,12	0,05	0,04	0,03
9	2,41	0,17	0,05	0,04	0,04
10	2,204	0,2	0,05	0,04	0,03
11	4,164	0,64	0,08	0,05	0,05
12	3,022	0,55	0,08	0,05	0,05

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

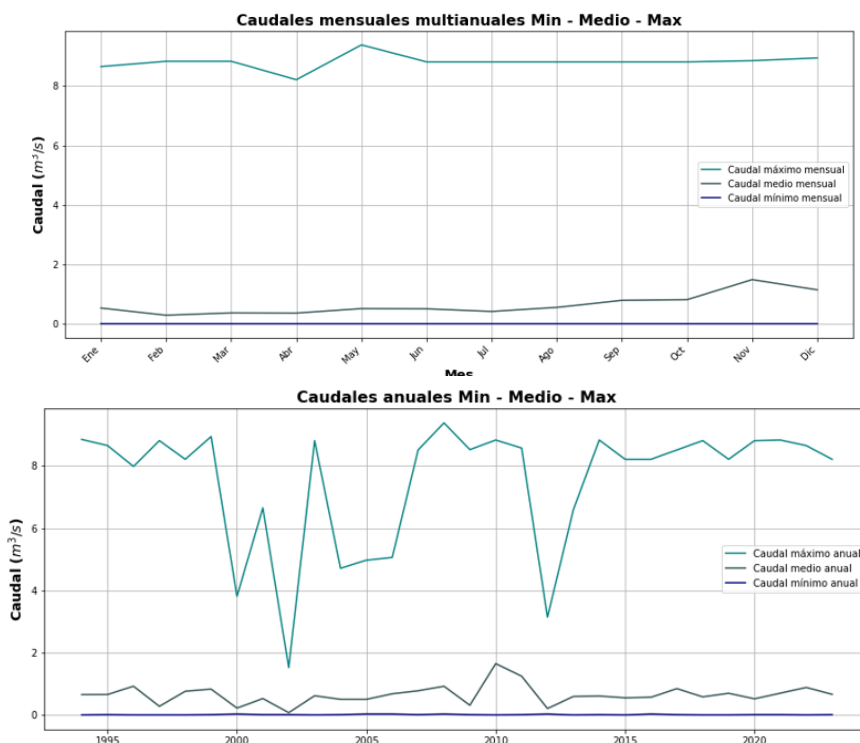


Figura 5-79 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Wachuari

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-73 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Wachuari (m3/seg).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	8,648	8,827	8,827	8,212	9,378	8,814	8,814	8,814	8,814	8,814	8,853	8,943
Qmed m3/s	0,532	0,292	0,371	0,365	0,514	0,507	0,418	0,555	0,792	0,814	1,489	1,146
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.4 Arroyo Amaripa.

A continuación, en la Figura 5-80, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

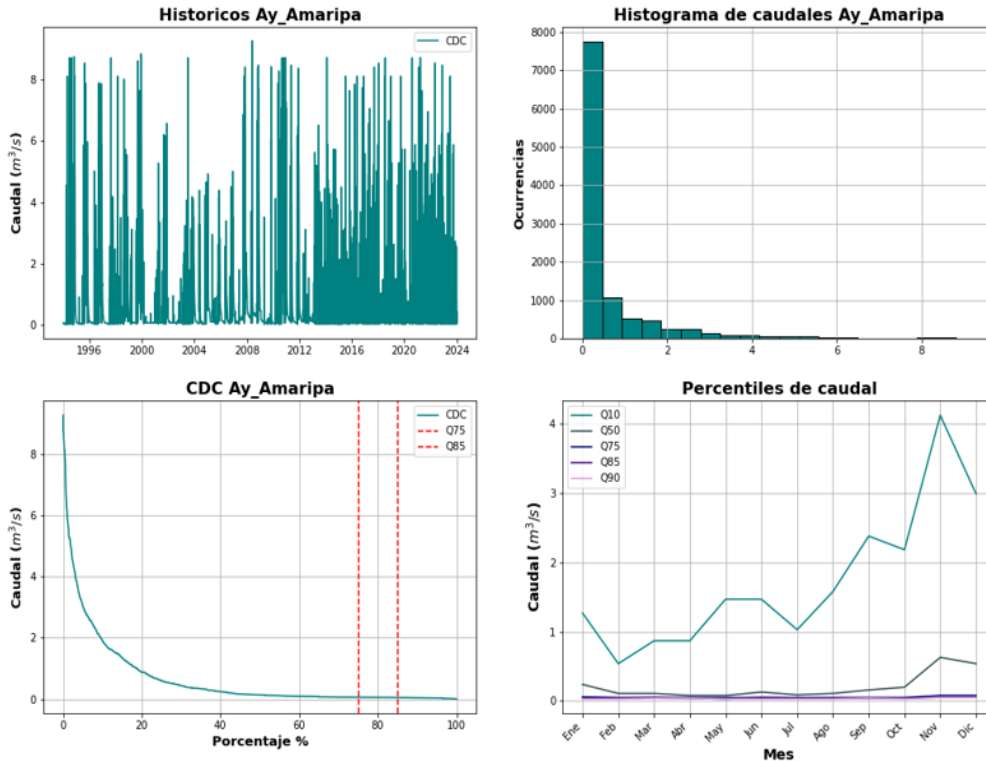


Figura 5-80 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

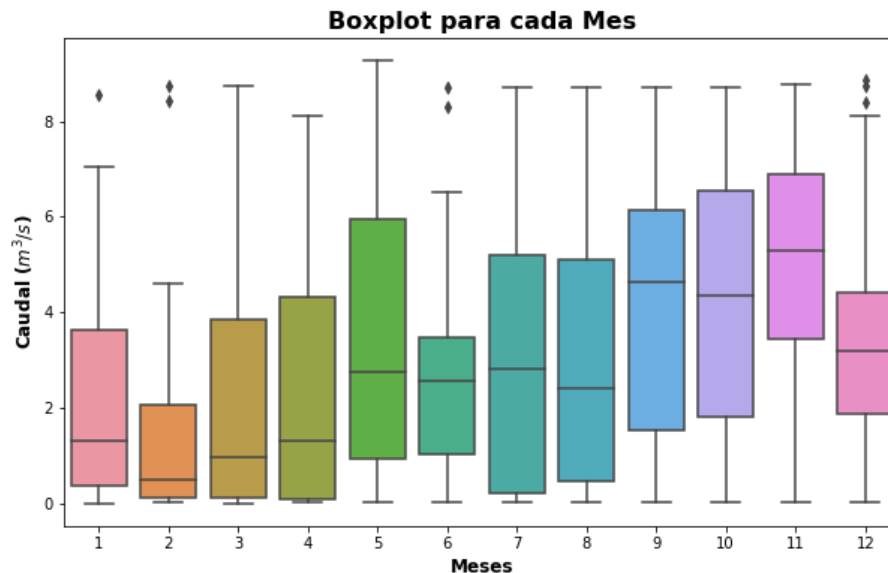


Figura 5-81 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-74, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-74 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Amaripa

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,73	0,00
Distribución Gumbel	Gumbel	0,92	0,00
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,21	0,12
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,92	0,00
Distribución Log-normal	Lognorm	0,84	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente tabla se presentan el cálculo de caudales para diferentes periodos de retorno.

Tabla 5-75 Caudales para diferentes periodos de Amaripa

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	7,217
5	9,004
10	10,074
15	10,410
25	11,325
50	12,193
100	13,015
500	15,656

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-76 Percentiles mensuales Arroyo Amaripa

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	1	1,27	0,24	0,06	0,04
2	2	0,54	0,11	0,05	0,04
3	3	0,87	0,11	0,05	0,05
4	4	0,87	0,08	0,05	0,04
5	5	1,47	0,08	0,05	0,03
6	6	1,47	0,13	0,05	0,05
7	7	1,03	0,09	0,05	0,04
8	8	1,58	0,11	0,05	0,04
9	9	2,38	0,16	0,05	0,04
10	10	2,184	0,2	0,05	0,04
11	11	4,124	0,63	0,08	0,05
12	12	2,991	0,54	0,08	0,05

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

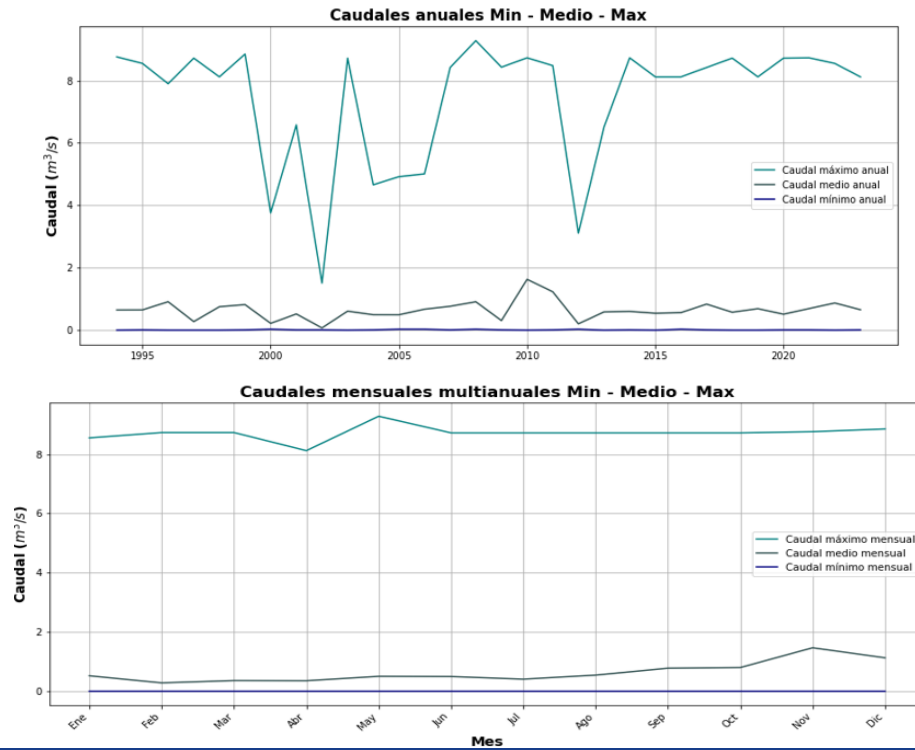


Figura 5-82 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Amaripa

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-77 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Amaripa.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m ³ /s	8,555	8,732	8,732	8,124	9,277	8,720	8,720	8,720	8,720	8,720	8,758	8,846
Qmed m ³ /s	0,527	0,289	0,367	0,361	0,508	0,502	0,413	0,549	0,783	0,805	1,473	1,134
Qmin m ³ /s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.5 Arroyo Shishipec Taikal

A continuación, en la Figura 5-83, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

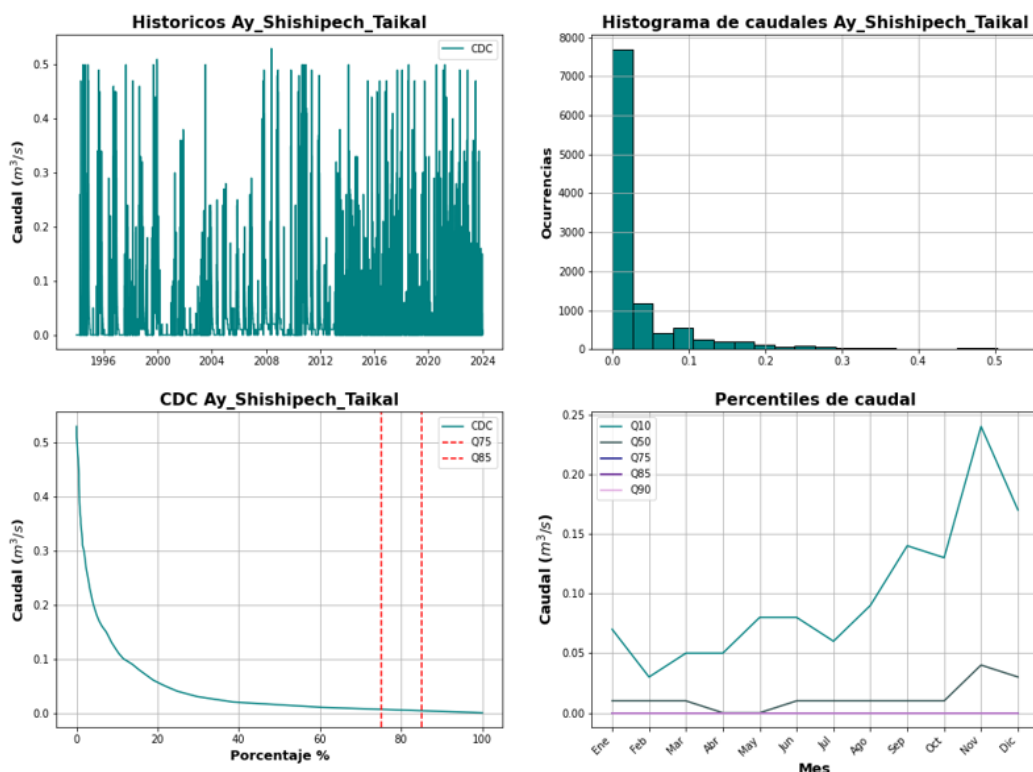


Figura 5-83 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

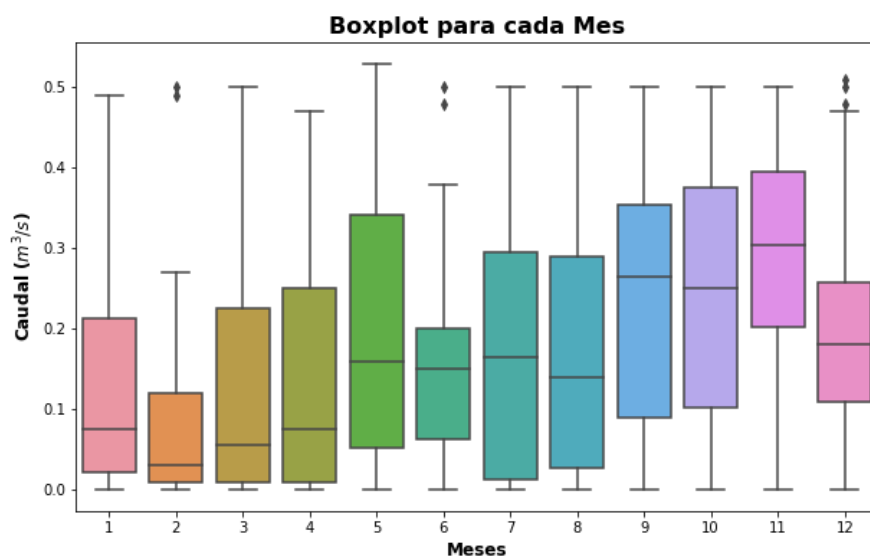


Figura 5-84 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-78 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Shishipech Taikal

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,71	0,00
Distribución Gumbel	Gumbel	0,44	0,00
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,24	0,06
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,52	0,00
Distribución Log-normal	Lognorm	0,74	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente tabla se presentan los caudales calculados para diferentes periodos de retorno.

Tabla 5-79 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	0,416
5	0,518
10	0,580
15	0,599
25	0,651
50	0,701
100	0,748
500	0,899

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-80 Percentiles mensuales Arroyo Shishipech Taikal

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,07	0,01	0	0	0
2	0,03	0,01	0	0	0
3	0,05	0,01	0	0	0
4	0,05	0	0	0	0
5	0,08	0	0	0	0
6	0,08	0,01	0	0	0
7	0,06	0,01	0	0	0
8	0,09	0,01	0	0	0
9	0,14	0,01	0	0	0
10	0,13	0,01	0	0	0
11	0,24	0,04	0	0	0
12	0,17	0,03	0	0	0

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

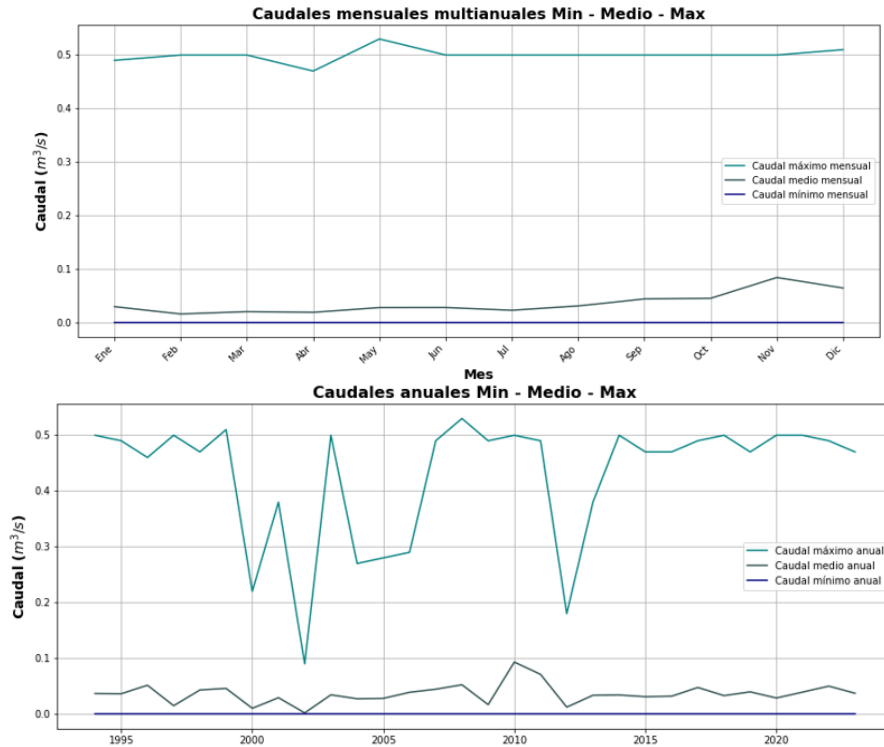


Figura 5-85 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Shishipec Taikal

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-81 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Shishipec Taikal

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	0,493	0,503	0,503	0,468	0,535	0,503	0,503	0,503	0,503	0,503	0,505	0,510
Qmed m3/s	0,030	0,017	0,021	0,021	0,029	0,029	0,024	0,032	0,045	0,046	0,085	0,065
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.6 Arroyo_Talmastol

A continuación, en la Figura 5-86, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

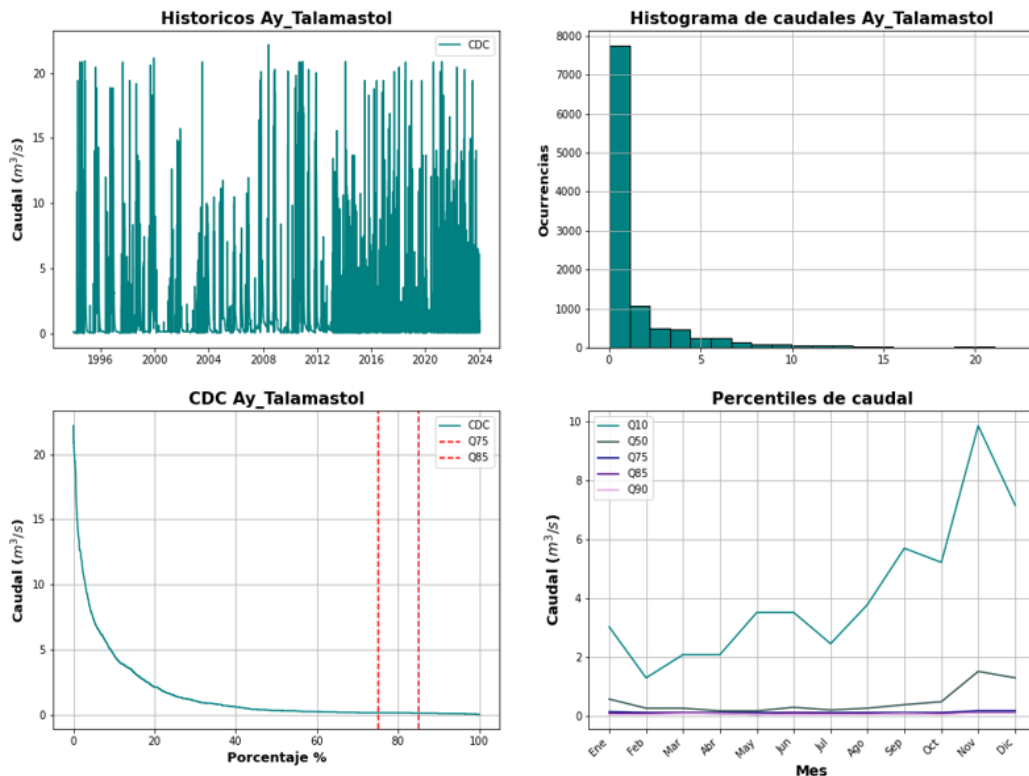


Figura 5-86 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

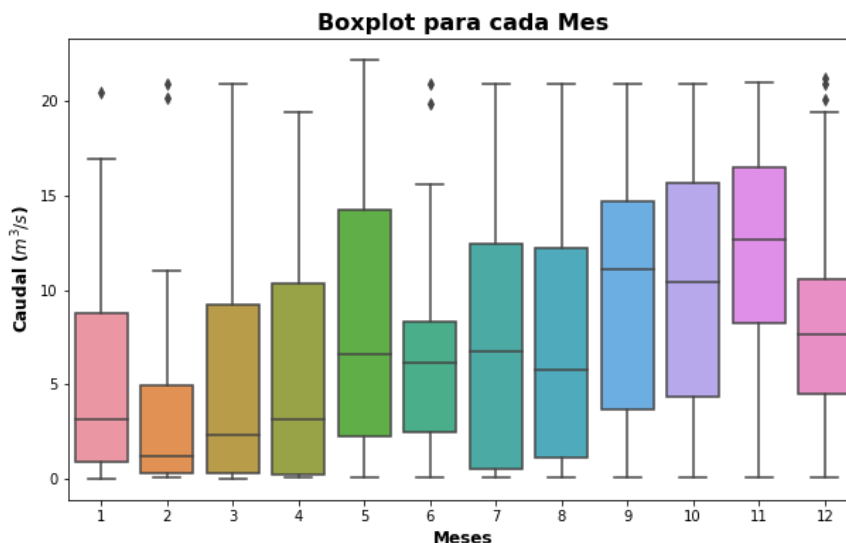


Figura 5-87 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En la Tabla 5-82 se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-82 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Talmastol

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,728	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,973	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,225	0,082
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,974	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,944	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 5-83 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	17,264
5	21,539
10	24,101
15	24,903
25	27,092
50	29,168
100	31,136
500	37,453

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-84 Percentiles mensuales Arroyo Talmastol

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	3,03	0,58	0,15	0,09	0,06
2	1,3	0,27	0,12	0,09	0,06
3	2,09	0,27	0,12	0,12	0,09
4	2,09	0,18	0,12	0,09	0,09
5	3,52	0,18	0,12	0,06	0,06
6	3,52	0,3	0,12	0,12	0,06
7	2,46	0,21	0,12	0,09	0,06
8	3,79	0,27	0,12	0,09	0,06
9	5,7	0,39	0,12	0,09	0,09
10	5,22	0,49	0,12	0,09	0,06
11	9,859	1,52	0,18	0,12	0,12
12	7,163	1,3	0,18	0,12	0,12

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

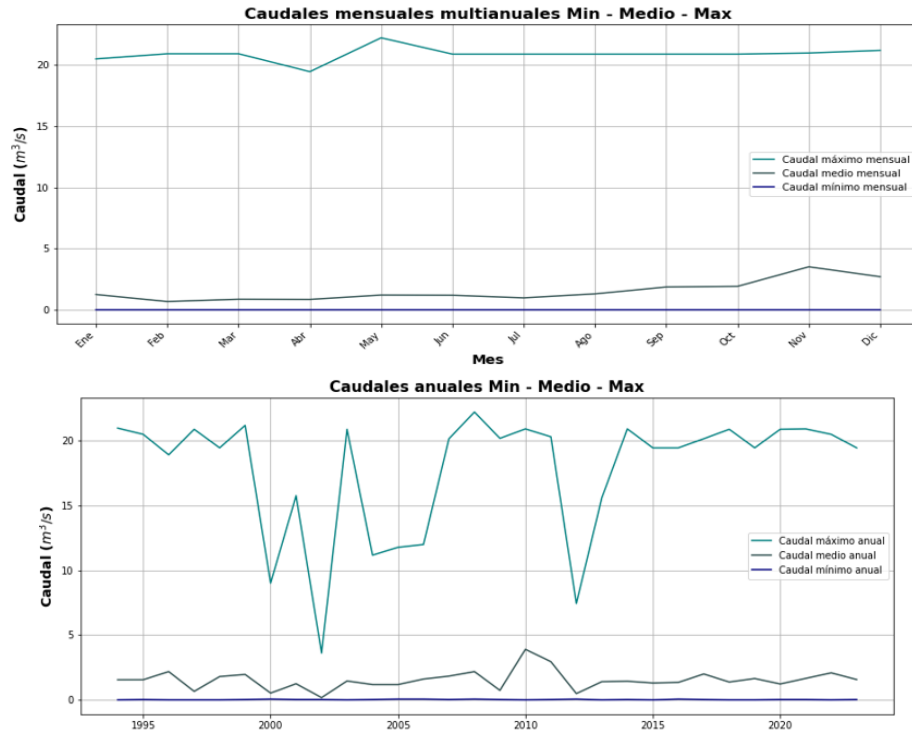


Figura 5-88 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Talmastol

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-85 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Talmastol.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m³/s	20,465	20,890	20,890	19,434	22,194	20,859	20,859	20,859	20,859	20,859	20,950	21,163
Qmed m³/s	1,260	0,691	0,877	0,863	1,216	1,200	0,989	1,314	1,874	1,926	3,523	2,713
Qmin m³/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024. Arroyo Mocucutao

A continuación, en la Figura 5-89, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

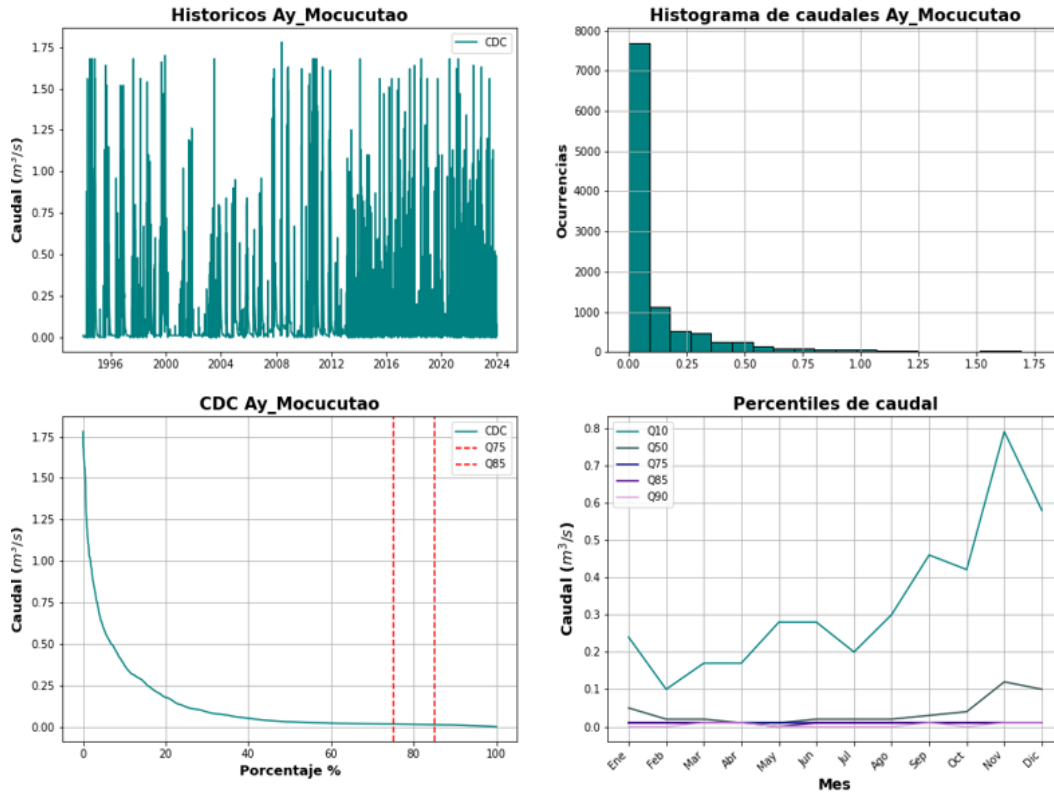


Figura 5-89 Análisis de caudales.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

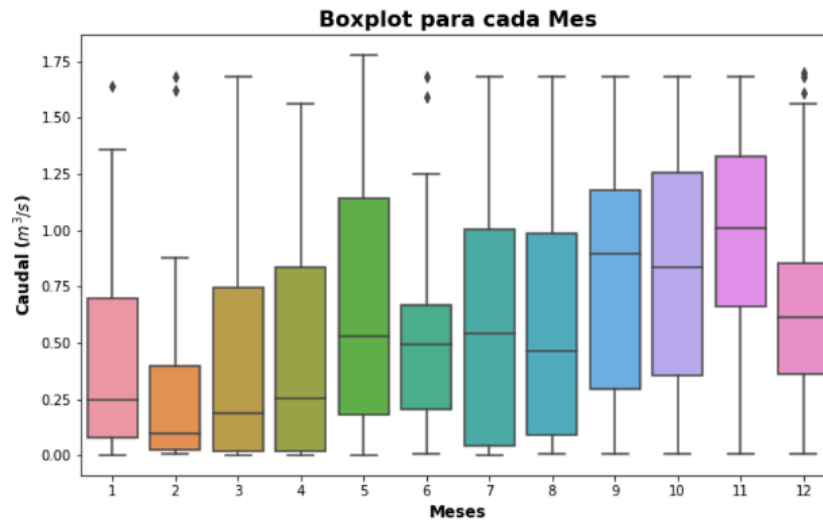


Figura 5-90 Análisis de cajas y bigotes.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-86, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-86 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Mocucutao

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,728	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,566	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,235	0,062
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,612	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,396	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-87 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	1,387
5	1,731
10	1,937
15	1,696
25	2,177
50	2,344
100	2,502
500	2,704

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-88 Percentiles mensuales Arroyo Mocucutao

MES	Q10 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q75 (m3/s)	Q85 (m3/s)	Q90 (m3/s)
1	0,24	0,05	0,01	0,01	0
2	0,1	0,02	0,01	0,01	0
3	0,17	0,02	0,01	0,01	0,01
4	0,17	0,01	0,01	0,01	0,01
5	0,28	0,01	0,01	0	0
6	0,28	0,02	0,01	0,01	0
7	0,2	0,02	0,01	0,01	0
8	0,3	0,02	0,01	0,01	0
9	0,46	0,03	0,01	0,01	0,01
10	0,421	0,04	0,01	0,01	0
11	0,791	0,12	0,01	0,01	0,01
12	0,58	0,1	0,01	0,01	0,01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

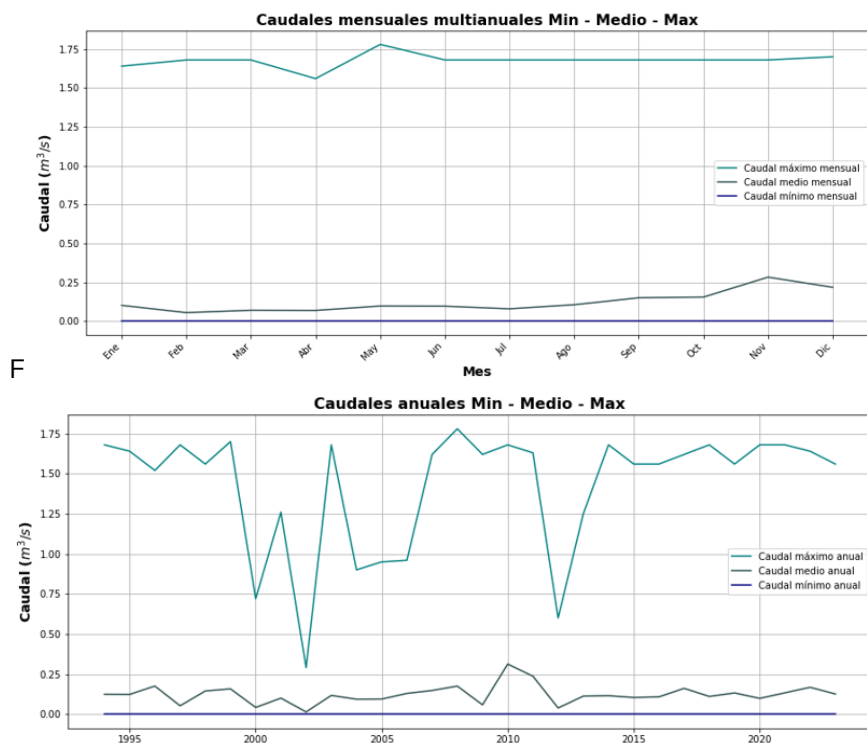


Figura 5-91 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Mocucutao

UENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-89 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Mocucutao

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	1,645	1,679	1,679	1,562	1,784	1,676	1,676	1,676	1,676	1,676	1,684	1,701
Qmed m3/s	0,101	0,055	0,071	0,069	0,098	0,096	0,079	0,106	0,151	0,155	0,283	0,218
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.7 Arroyo Kashirain.

A continuación, en la Figura 5-92, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

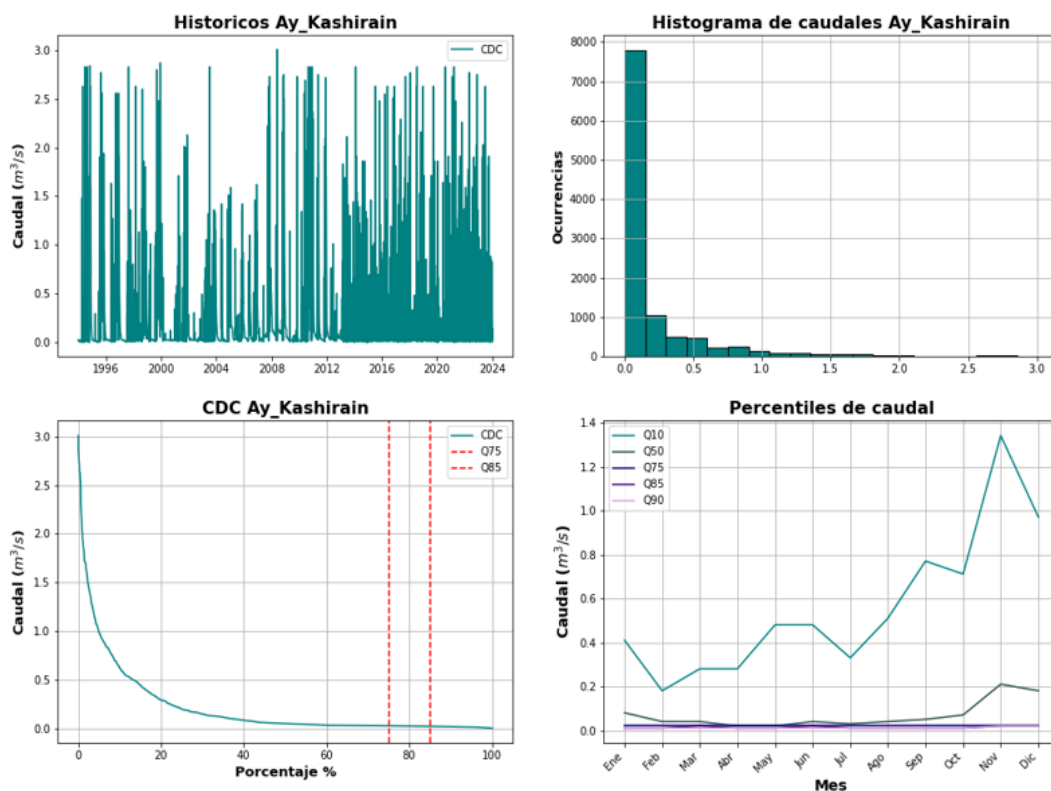


Figura 5-92 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

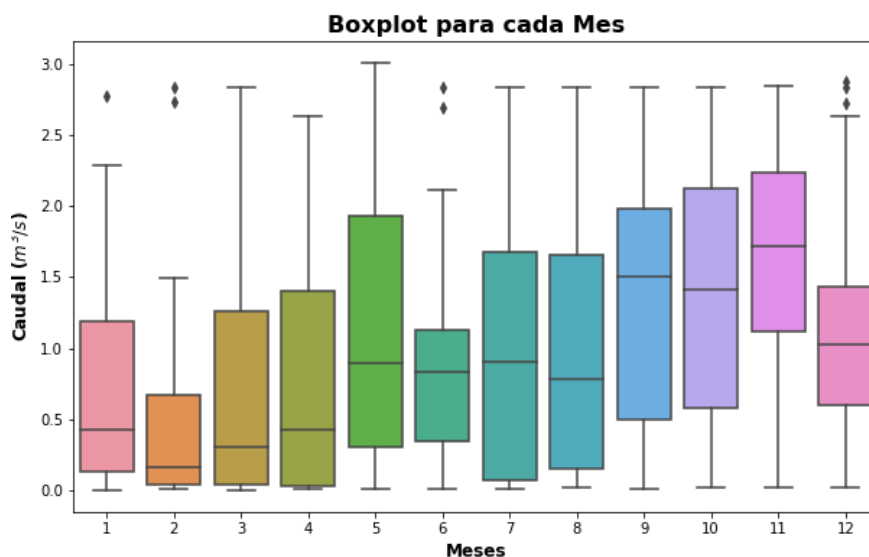


Figura 5-93 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-90 se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-90 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Kashirain.

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,729	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,702	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,286	0,012
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,719	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,572	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-91 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	2,339
5	2,919
10	3,266
15	3,375
25	3,672
50	3,953
100	4,220
500	5,076

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-92 Percentiles mensuales Arroyo Kashirain

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,41	0,08	0,02	0,01	0,01
2	0,18	0,04	0,02	0,01	0,01
3	0,28	0,04	0,02	0,02	0,01
4	0,28	0,02	0,02	0,01	0,01
5	0,48	0,02	0,02	0,01	0,01
6	0,48	0,04	0,02	0,02	0,01
7	0,33	0,03	0,02	0,01	0,01
8	0,51	0,04	0,02	0,01	0,01
9	0,77	0,05	0,02	0,01	0,01
10	0,711	0,07	0,02	0,01	0,01
11	1,341	0,21	0,02	0,02	0,02
12	0,97	0,18	0,02	0,02	0,02

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

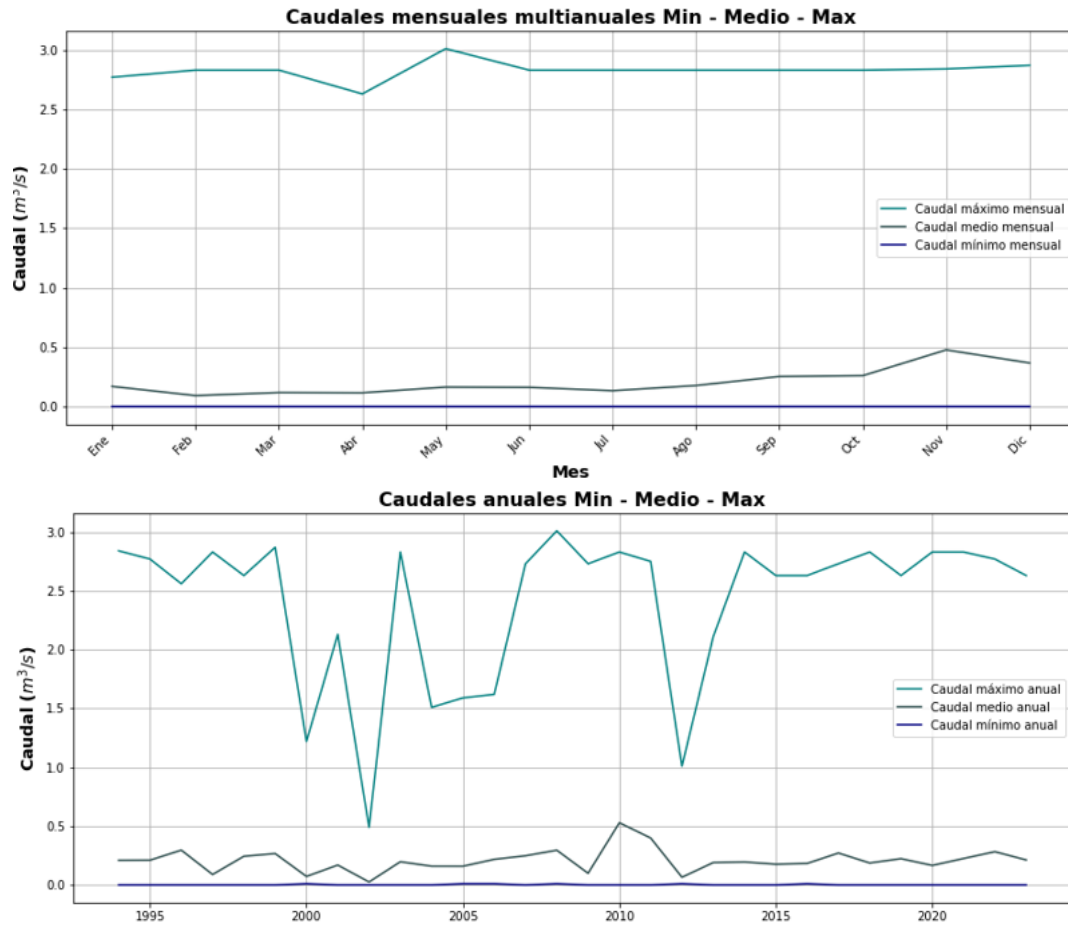


Figura 5-94 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Kashirain.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-93 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Kashirain.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m ³ /s	2,775	2,832	2,832	2,635	3,009	2,828	2,828	2,828	2,828	2,828	2,840	2,869
Qmed m ³ /s	0,171	0,094	0,119	0,117	0,165	0,163	0,134	0,178	0,254	0,261	0,478	0,368
Qmin m ³ /s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.8 Arroyo Irruaín

A continuación, en la Figura 5-95 se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

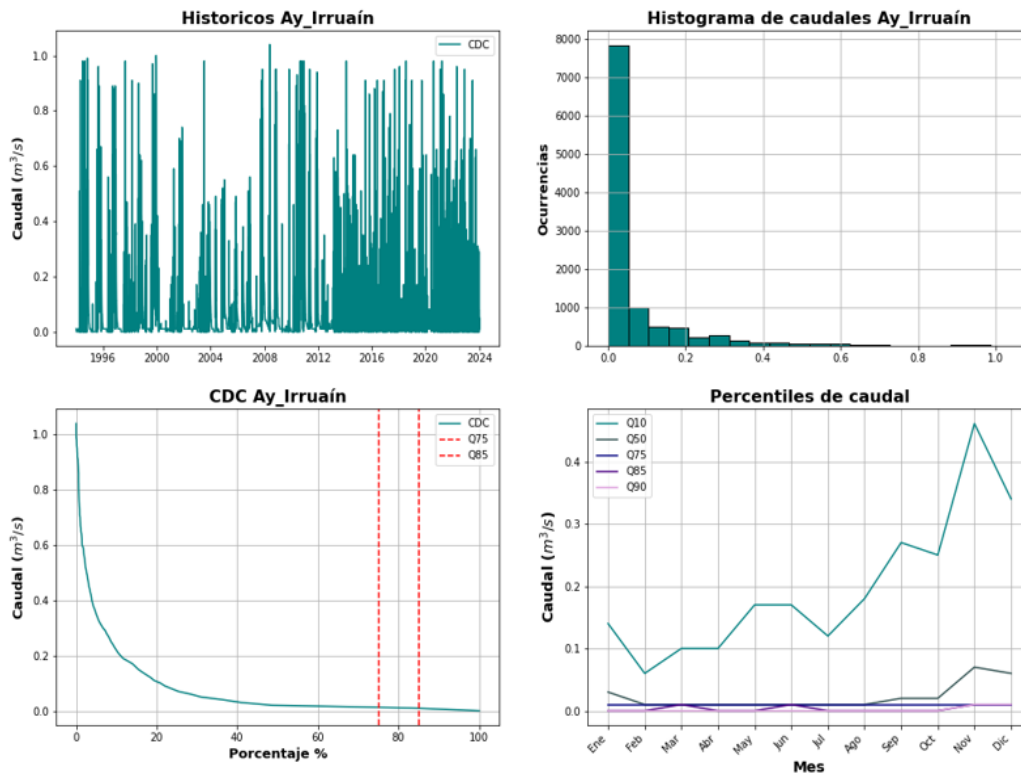


Figura 5-95 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

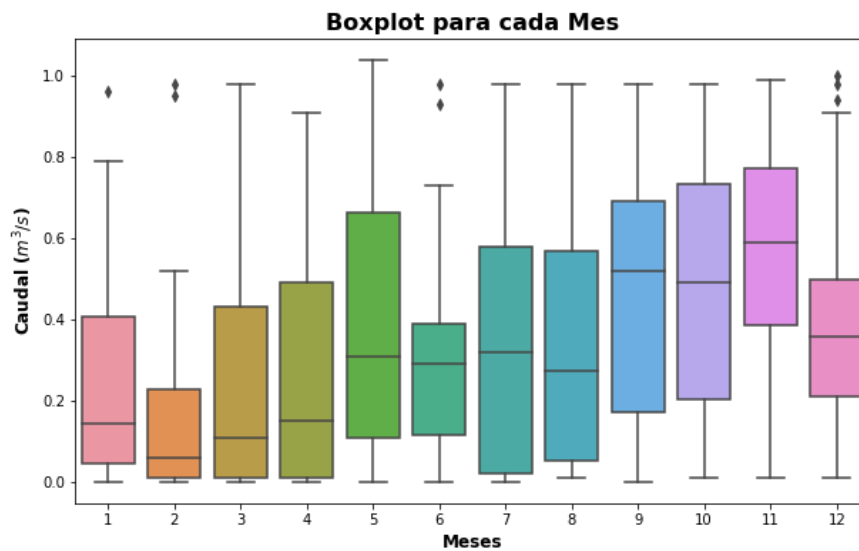


Figura 5-96 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-94, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-94 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Irrufán

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,73	0,00
Distribución Gumbel	Gumbel	0,46	0,00
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,30	0,01
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,55	0,00
Distribución Log-normal	Lognorm	0,48	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-95 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	0,811
5	1,012
10	1,133
15	1,170
25	1,273
50	1,371
100	1,464
500	1,762

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-96 Percentiles mensuales Arroyo Irrufán

MES	Q10 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q75 (m3/s)	Q85 (m3/s)	Q90 (m3/s)
1	0,14	0,03	0,01	0	0
2	0,06	0,01	0,01	0	0
3	0,1	0,01	0,01	0,01	0
4	0,1	0,01	0,01	0	0
5	0,17	0,01	0,01	0	0
6	0,17	0,01	0,01	0,01	0
7	0,12	0,01	0,01	0	0
8	0,18	0,01	0,01	0	0
9	0,27	0,02	0,01	0	0
10	0,25	0,02	0,01	0	0
11	0,461	0,07	0,01	0,01	0,01
12	0,34	0,06	0,01	0,01	0,01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

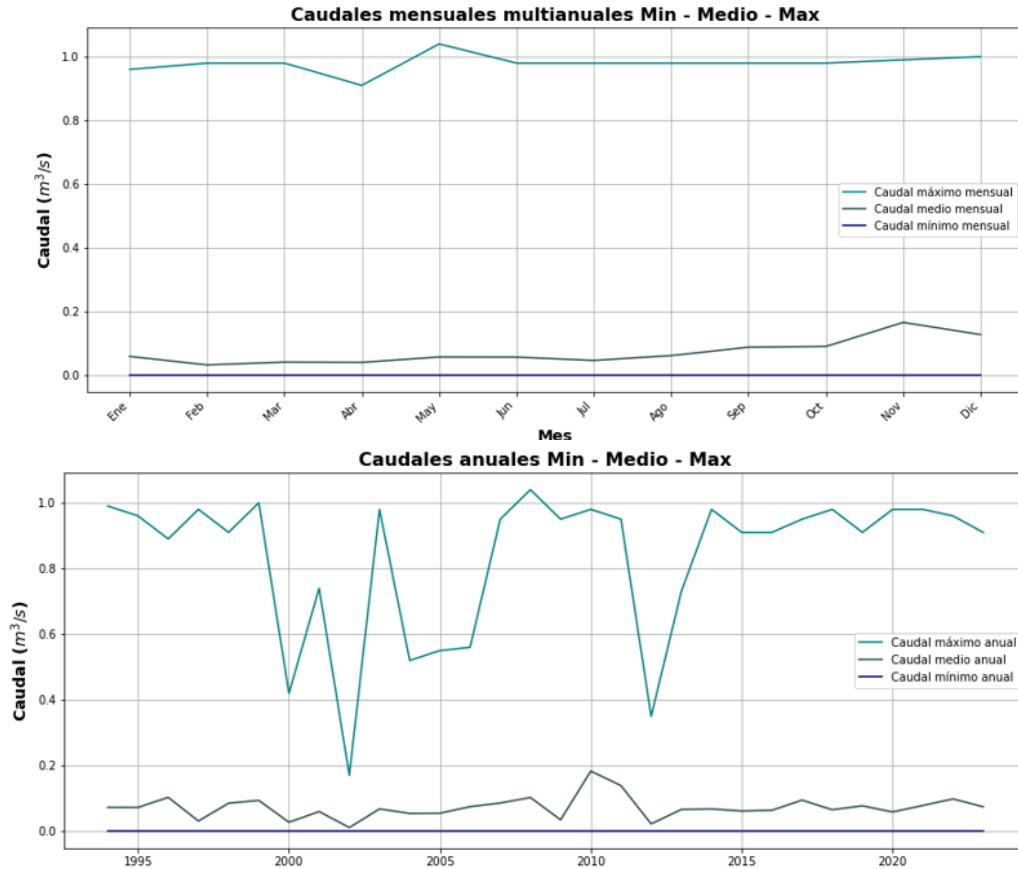


Figura 5-97 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Irruain.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-97 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Irruain.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	0,962	0,982	0,982	0,914	1,044	0,981	0,981	0,981	0,981	0,981	0,985	0,995
Qmed m3/s	0,059	0,032	0,041	0,041	0,057	0,056	0,046	0,062	0,088	0,091	0,166	0,128
Qmin m3/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.9 Arroyo Joumana

A continuación, en la Figura 5-98, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

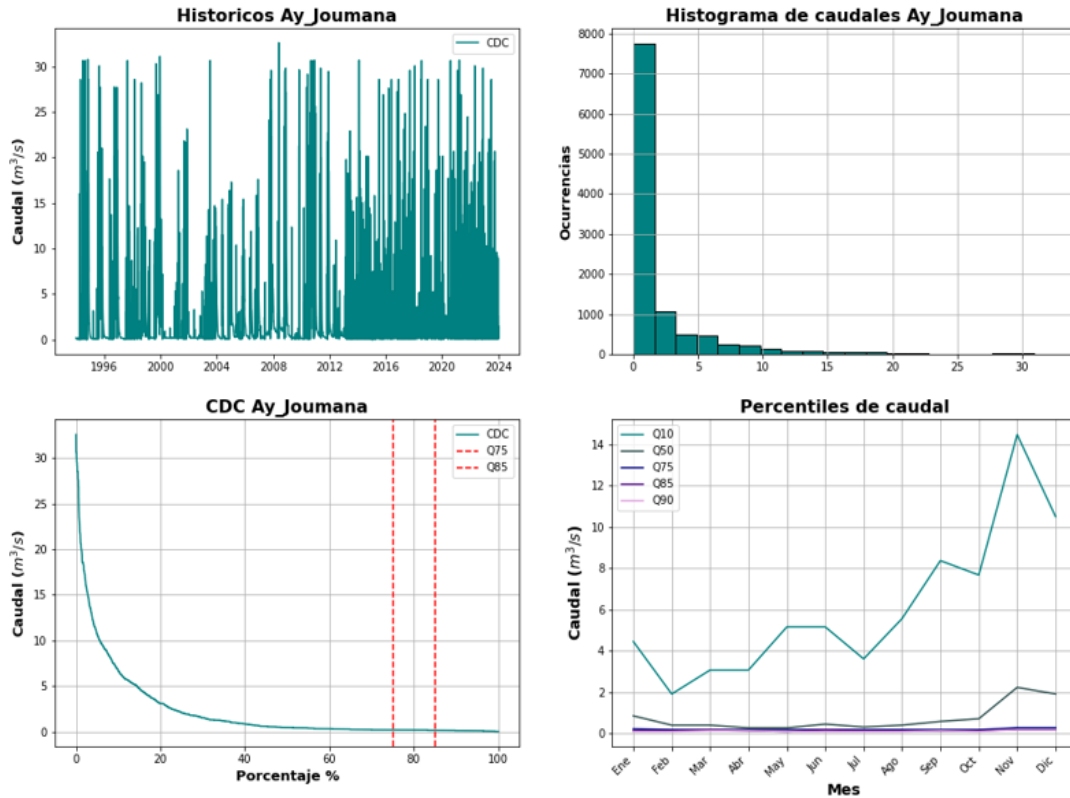


Figura 5-98 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

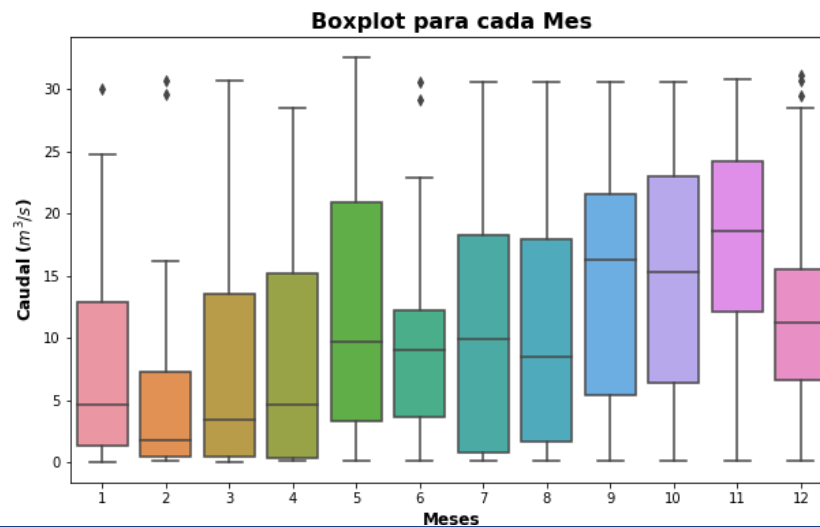


Figura 5-99 Análisis de cajas y bigotes.

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 de 2024	

En la Tabla 5-98, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-98 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Joumana

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,73	0,00
Distribución Gumbel	Gumbel	1,00	0,00
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,23	0,08
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	1,00	0,00
Distribución Log-normal	Lognorm	0,96	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-99 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	25,345
5	31,621
10	35,382
15	36,561
25	39,774
50	42,822
100	45,710
500	54,986

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-100 Percentiles mensuales Arroyo Joumana

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	4,45	0,85	0,22	0,13	0,09
2	1,91	0,4	0,18	0,13	0,09
3	3,07	0,4	0,18	0,18	0,13
4	3,07	0,27	0,18	0,13	0,13
5	5,16	0,27	0,18	0,09	0,09
6	5,16	0,45	0,18	0,18	0,09
7	3,61	0,31	0,18	0,13	0,09
8	5,56	0,4	0,18	0,13	0,09
9	8,37	0,58	0,18	0,13	0,13
10	7,673	0,71	0,18	0,13	0,09
11	14,474	2,23	0,27	0,18	0,18
12	10,505	1,91	0,27	0,18	0,18

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

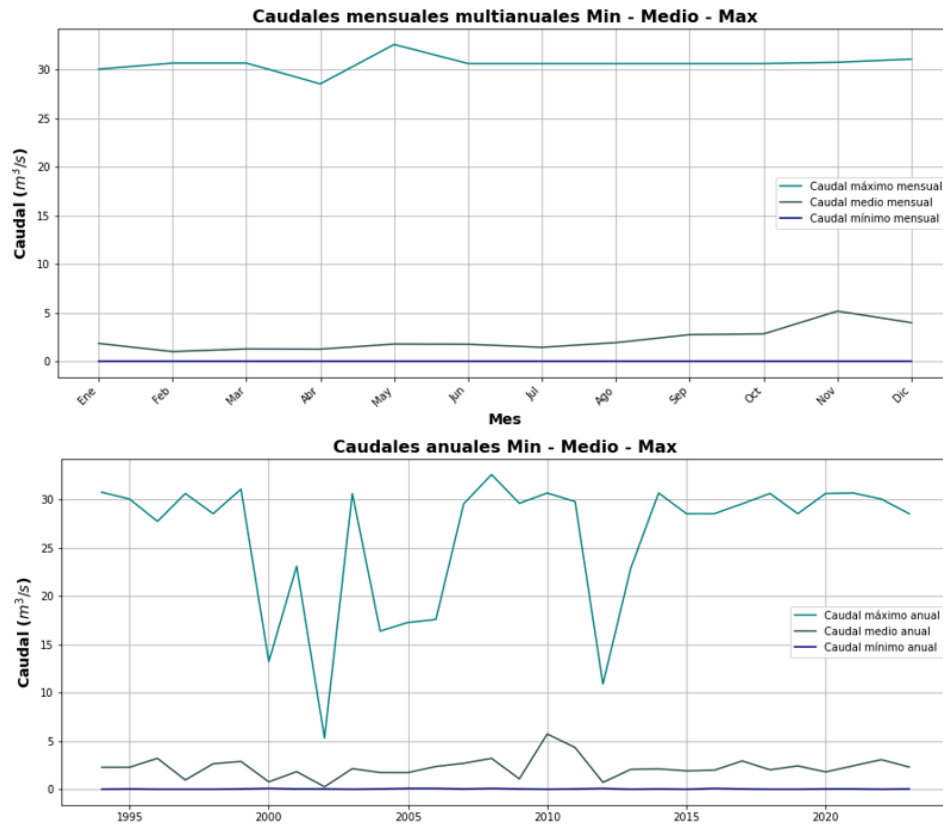


Figura 5-100 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Joumana.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-101 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Joumana

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	30,043	30,666	30,666	28,529	32,580	30,621	30,621	30,621	30,621	30,621	30,755	31,066
Qmed m3/s	1,849	1,014	1,288	1,267	1,785	1,761	1,452	1,929	2,750	2,827	5,171	3,983
Qmin m3/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.10 Arroyo Kanéhuakan

A continuación, en la Figura 5-101, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

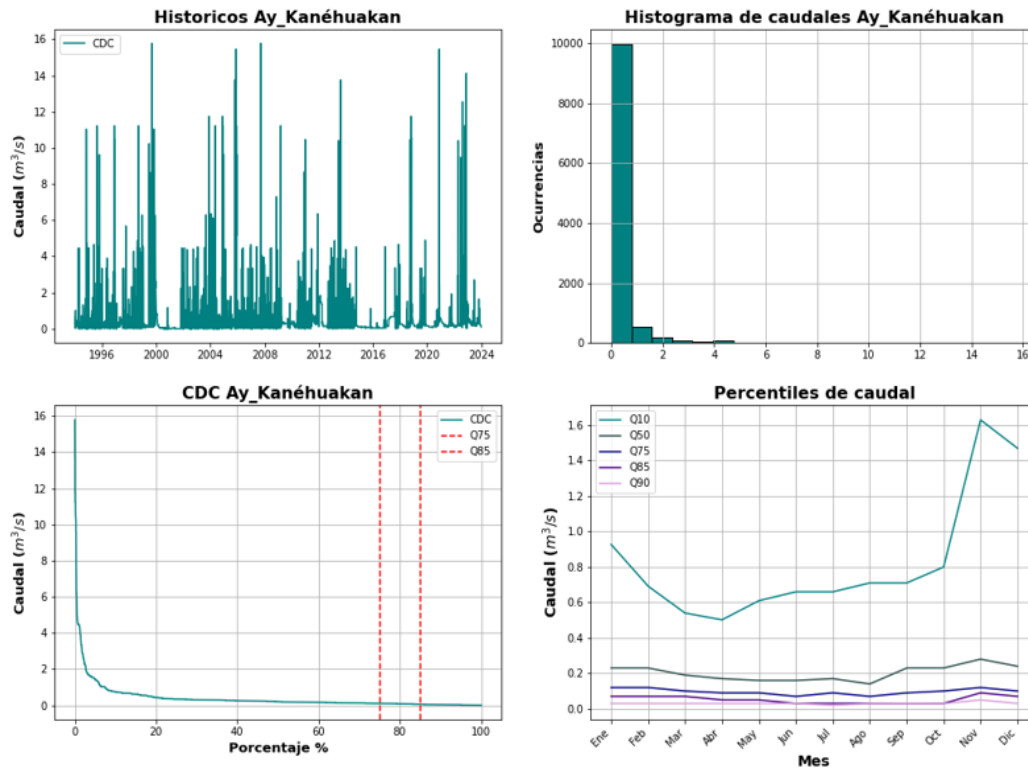


Figura 5-101 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

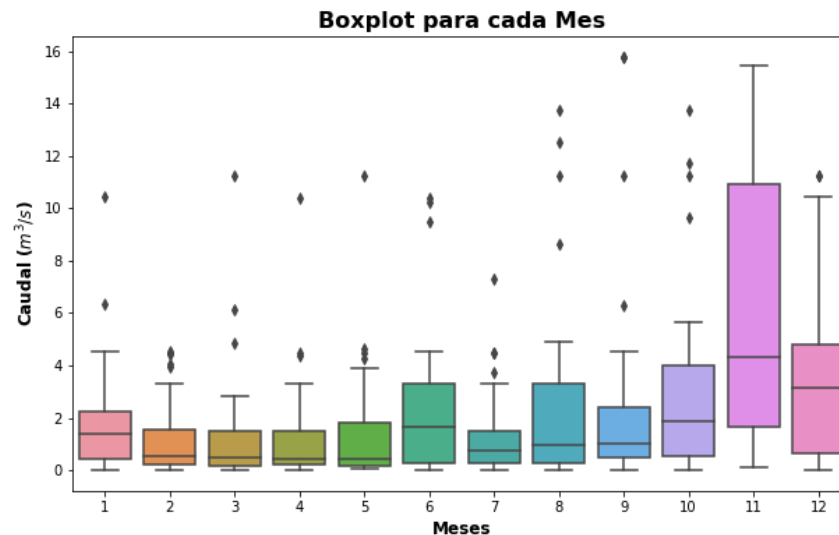


Figura 5-102 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-102, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-102 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Kanéhuakan

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,912	0,017
Distribución Gumbel	Gumbel	0,855	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,191	0,197
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,855	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,799	0,000

Fuente: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-103 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	8,027
5	12,248
10	14,778
15	15,570
25	17,731
50	19,781
100	21,724
500	27,962

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-104 Percentiles mensuales Arroyo Kanéhuakan

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,927	0,23	0,12	0,07	0,03
2	0,692	0,23	0,12	0,07	0,03
3	0,54	0,19	0,1	0,07	0,03
4	0,502	0,17	0,09	0,05	0,03
5	0,61	0,16	0,09	0,05	0,03
6	0,66	0,16	0,07	0,03	0,03
7	0,66	0,17	0,09	0,03	0,02
8	0,71	0,14	0,07	0,03	0,029
9	0,71	0,23	0,09	0,03	0,03
10	0,8	0,23	0,1	0,03	0,029
11	1,63	0,28	0,12	0,09	0,05
12	1,47	0,24	0,1	0,07	0,03

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

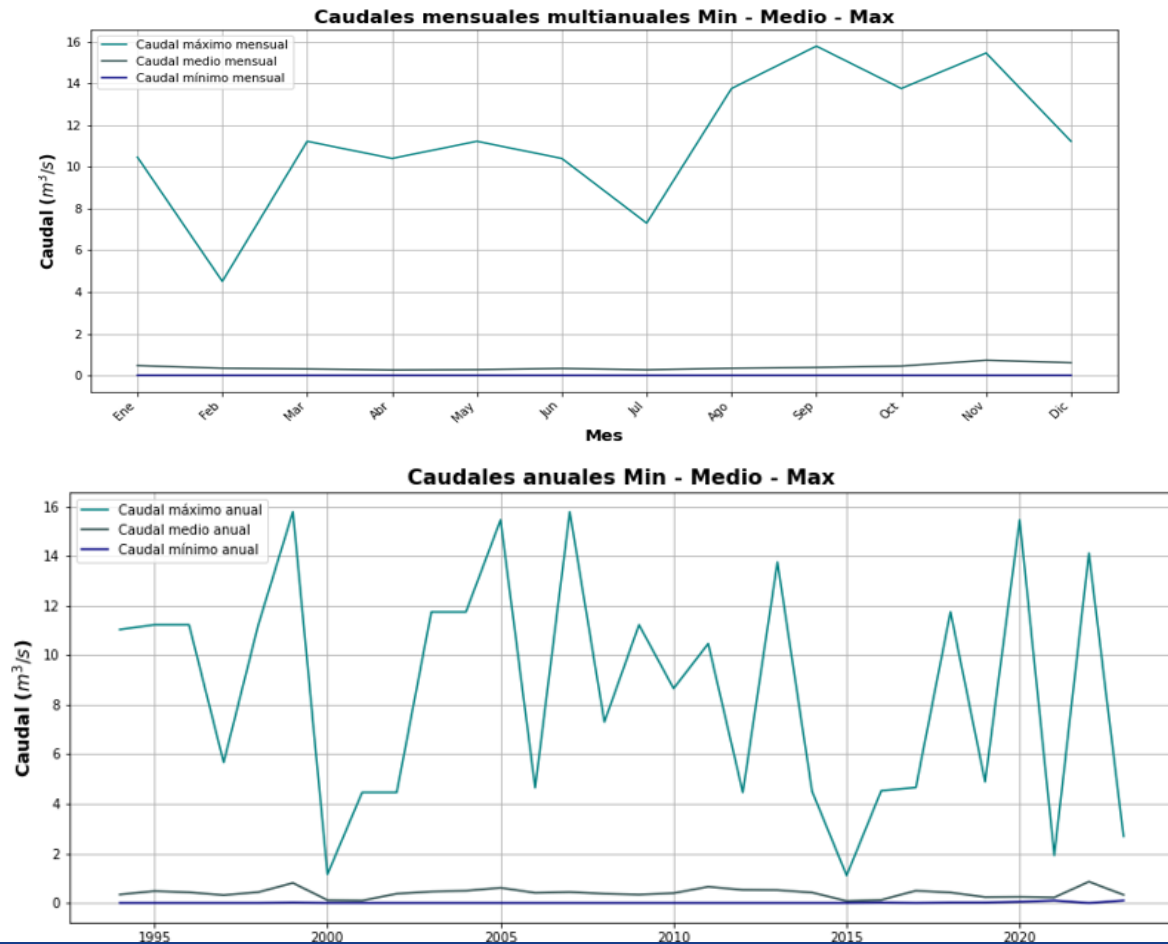


Figura 5-103 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Kanéhuakan.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-105 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Kanéhuakan.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m ³ /s	10,456	4,508	11,219	10,404	11,219	10,404	7,300	13,750	15,779	13,750	15,450	11,219
Qmed m ³ /s	0,475	0,349	0,315	0,266	0,281	0,339	0,275	0,346	0,387	0,453	0,733	0,617
Qmin m ³ /s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.11 Arroyo Makúrirap.

A continuación, en la Figura 5-101, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

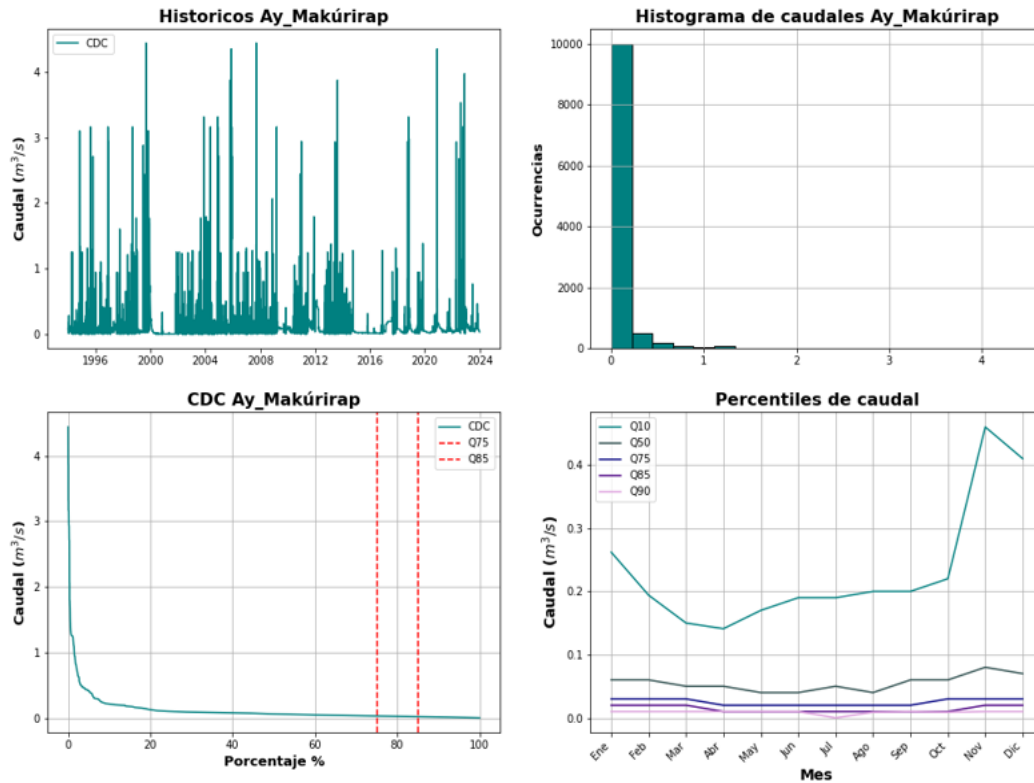


Figura 5-104 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

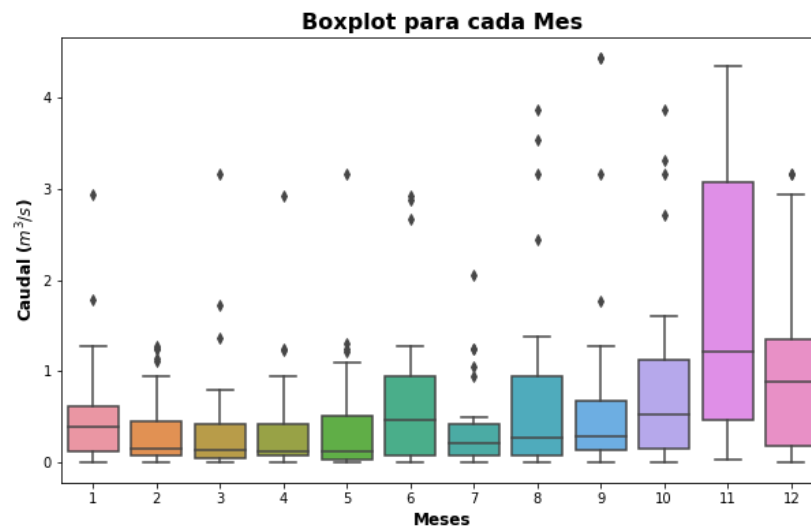


Figura 5-105 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-102, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-106 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Makúrirap

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,913	0,017
Distribución Gumbel	Gumbel	0,618	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,190	0,203
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,644	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,455	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-107 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	2,26
5	3,45
10	4,16
15	4,15
25	4,99
50	5,57
100	6,12
500	9,87

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-108 Percentiles mensuales Arroyo Makúrirap

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,262	0,06	0,03	0,02	0,01
2	0,194	0,06	0,03	0,02	0,01
3	0,15	0,05	0,03	0,02	0,01
4	0,141	0,05	0,02	0,01	0,01
5	0,17	0,04	0,02	0,01	0,01
6	0,19	0,04	0,02	0,01	0,01
7	0,19	0,05	0,02	0,01	0
8	0,2	0,04	0,02	0,01	0,009
9	0,2	0,06	0,02	0,01	0,01
10	0,22	0,06	0,03	0,01	0,009
11	0,46	0,08	0,03	0,02	0,01
12	0,41	0,07	0,03	0,02	0,01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

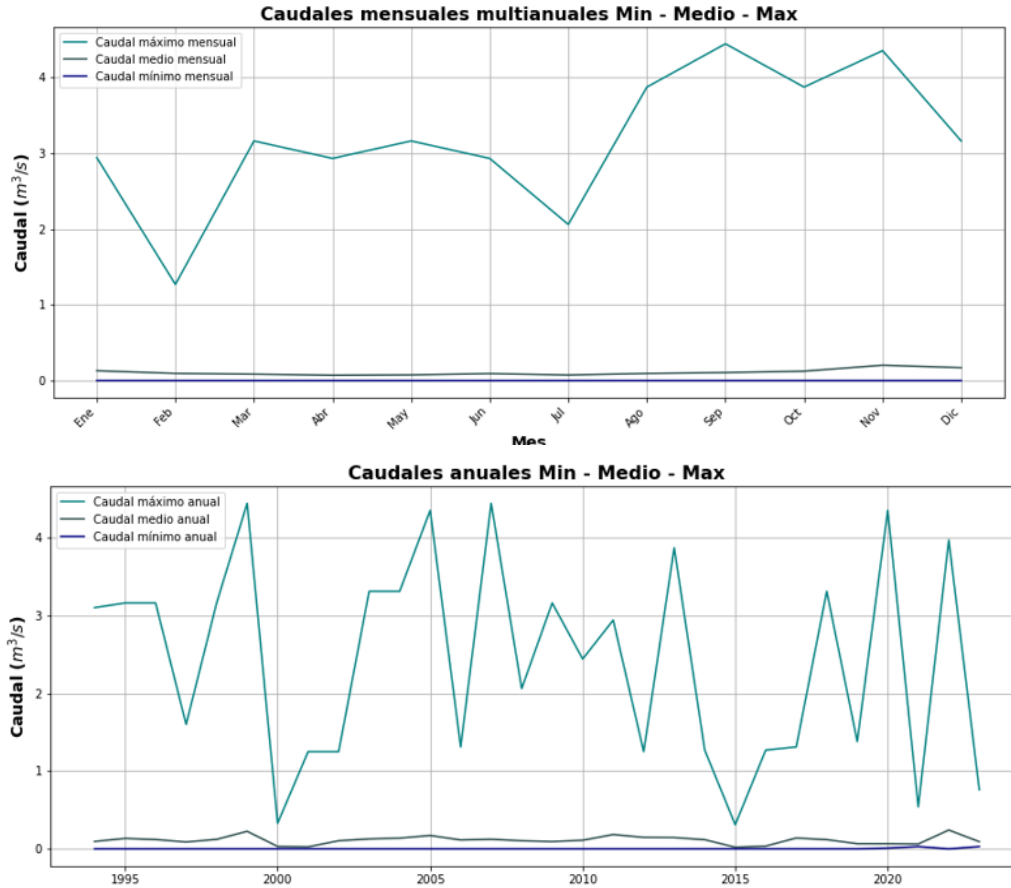


Figura 5-106 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Makúrip.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-109 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Makúrip

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m3/s	2,944	1,269	3,159	2,929	3,159	2,929	2,055	3,871	4,443	3,871	4,350	3,159
Qmed m3/s	0,134	0,098	0,089	0,075	0,079	0,095	0,077	0,098	0,109	0,127	0,206	0,174
Qmin m3/s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.12 Arroyo Caño Hondo

A continuación, en la Figura 5-101, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

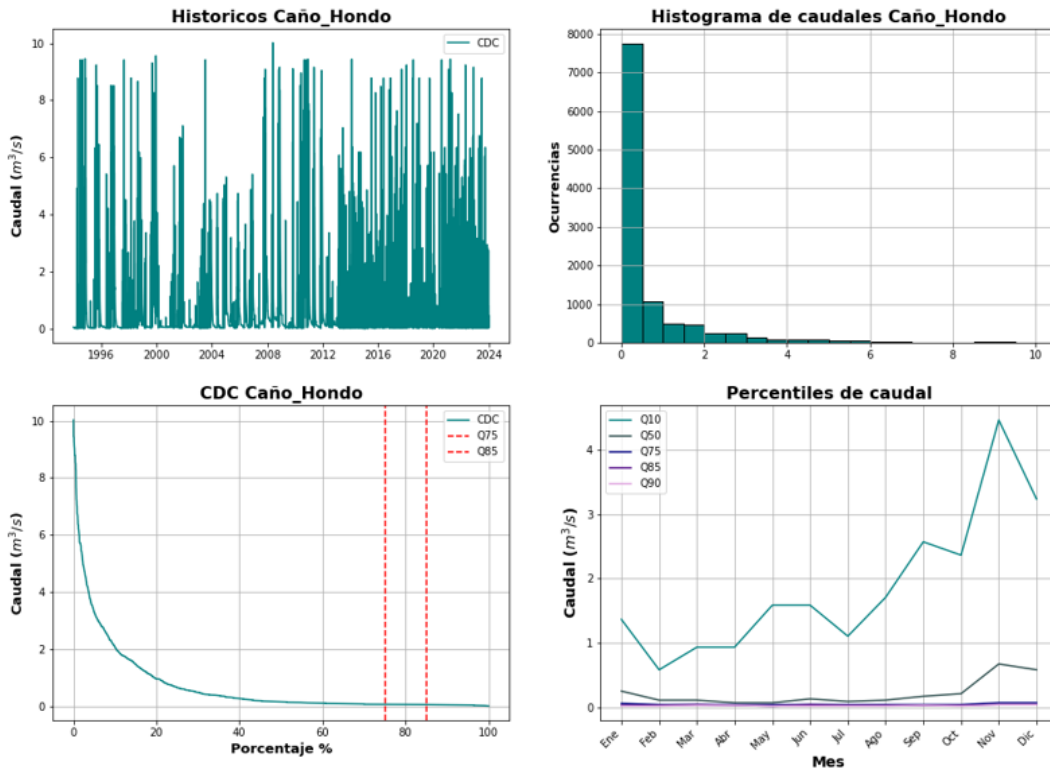


Figura 5-107 Análisis de caudales.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

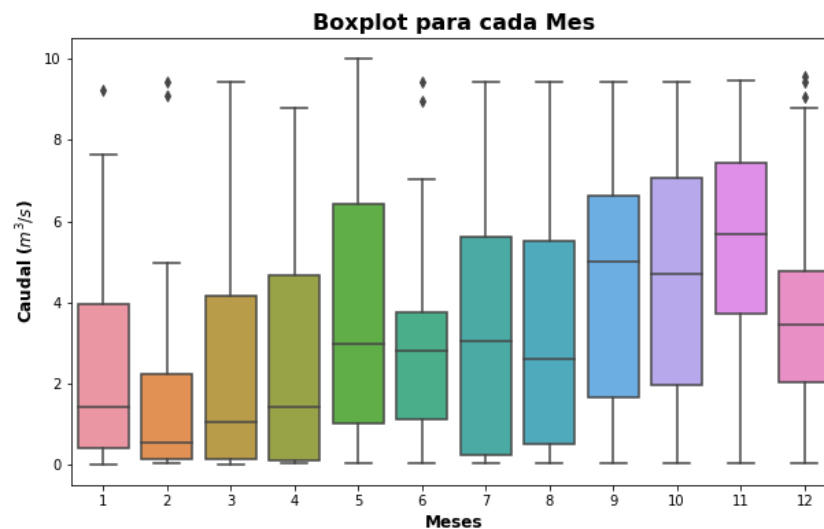


Figura 5-108 Análisis de cajas y bigotes.
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-102, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad.

Tabla 5-110 Resultados distribuciones de probabilidad Caño Hondo

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,728	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,933	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,208	0,128
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,933	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,854	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-111 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	7,799
5	9,729
10	10,886
15	11,248
25	12,237
50	13,174
100	14,063
500	16,916

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-112 Percentiles mensuales Caño Hondo

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	1,37	0,26	0,07	0,04	0,03
2	0,59	0,12	0,05	0,04	0,03
3	0,94	0,12	0,05	0,05	0,04
4	0,94	0,08	0,05	0,04	0,04
5	1,59	0,08	0,05	0,03	0,03
6	1,59	0,14	0,05	0,05	0,03
7	1,11	0,1	0,05	0,04	0,03
8	1,71	0,12	0,05	0,04	0,03
9	2,57	0,18	0,05	0,04	0,04
10	2,364	0,22	0,05	0,04	0,03
11	4,454	0,68	0,08	0,05	0,05
12	3,232	0,59	0,08	0,05	0,05

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

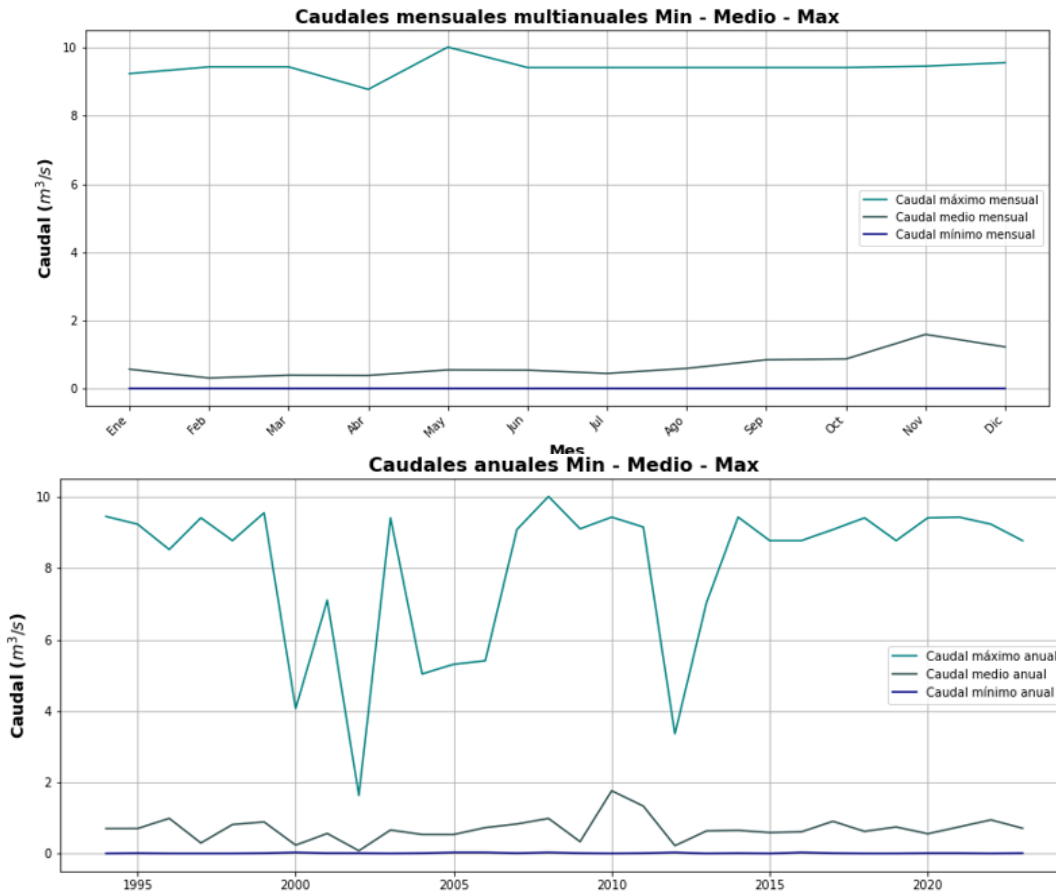


Figura 5-109 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Caño Hondo.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-113 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Caño Hondo

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m ³ /s	9,243	9,435	9,435	8,778	10,024	9,421	9,421	9,421	9,421	9,421	9,463	9,558
Qmed m ³ /s	0,569	0,312	0,396	0,390	0,549	0,542	0,447	0,593	0,846	0,870	1,591	1,225
Qmin m ³ /s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.13 Arroyo Santana.

A continuación, en la Figura 5-101, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

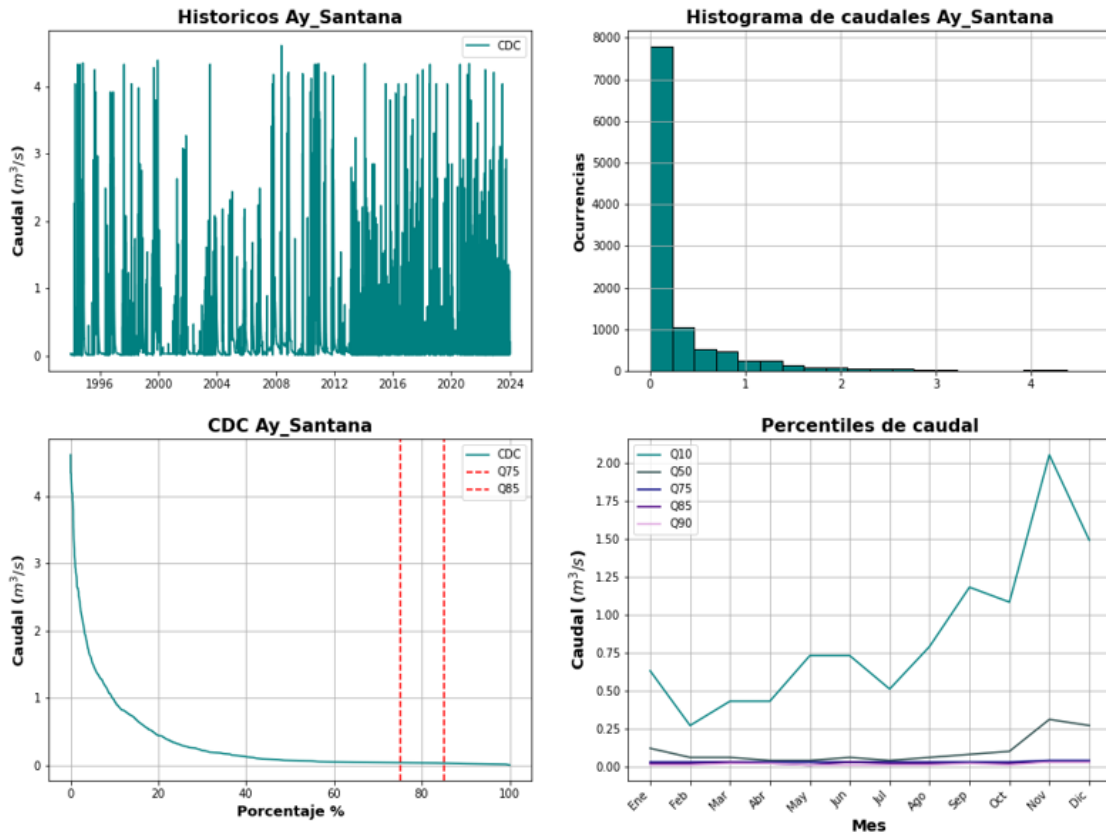


Figura 5-110 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

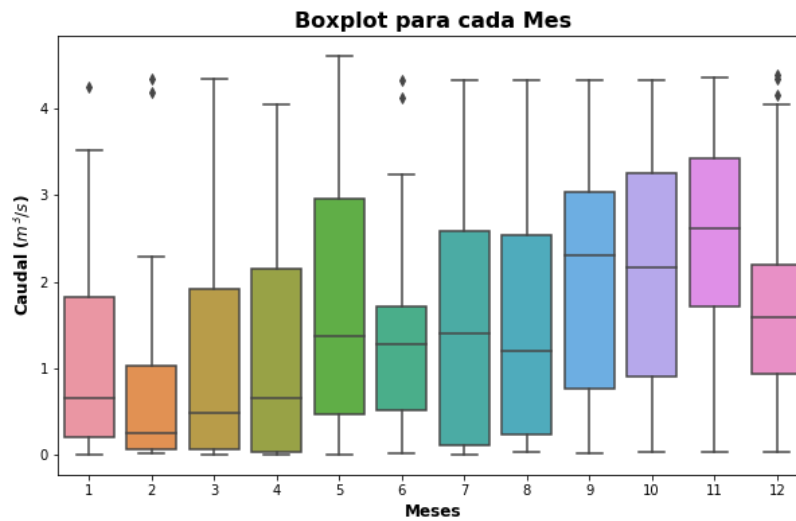


Figura 5-111 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-102, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-114 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Santana

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,727	0,000
Distribución Gumbel	Gumbel	0,806	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,211	0,120
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,811	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,700	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-115 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	3,586
5	4,474
10	5,006
15	5,172
25	5,627
50	6,058
100	6,467
500	7,779

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-116 Percentiles mensuales Arroyo Santana

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	0,63	0,12	0,03	0,02	0,01
2	0,27	0,06	0,03	0,02	0,01
3	0,43	0,06	0,03	0,03	0,02
4	0,43	0,04	0,03	0,02	0,02
5	0,73	0,04	0,03	0,01	0,01
6	0,73	0,06	0,03	0,03	0,01
7	0,51	0,04	0,03	0,02	0,01
8	0,79	0,06	0,03	0,02	0,01
9	1,18	0,08	0,03	0,02	0,02
10	1,082	0,1	0,03	0,02	0,01
11	2,051	0,31	0,04	0,03	0,03
12	1,49	0,27	0,04	0,03	0,03

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

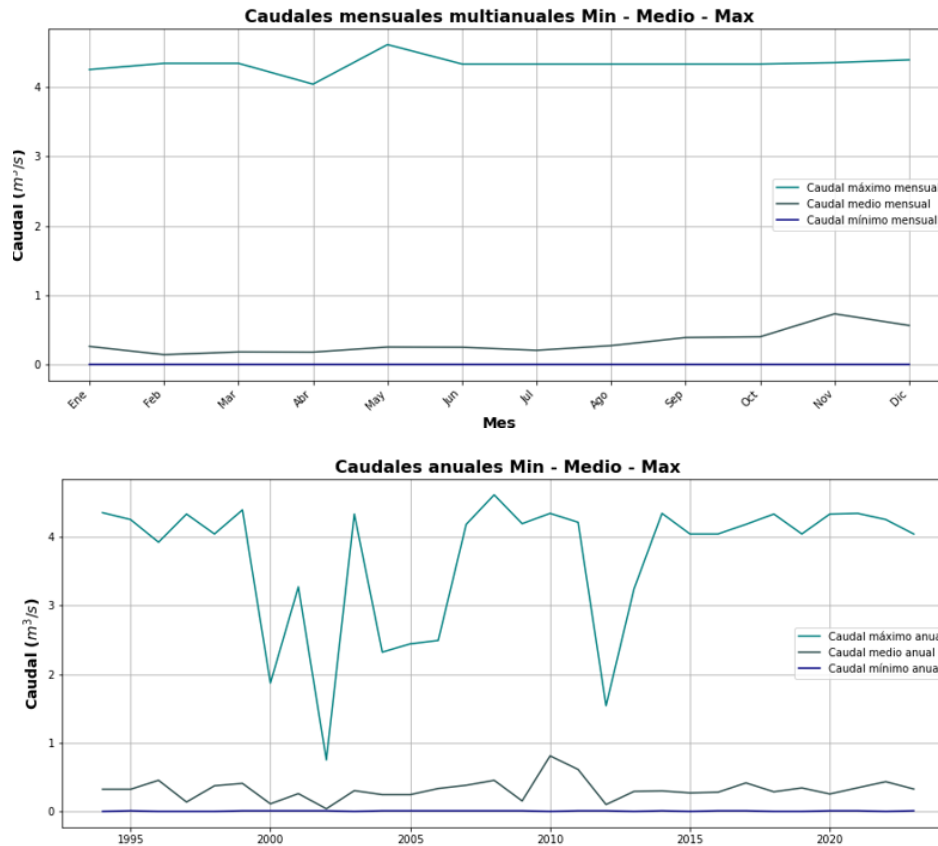


Figura 5-112 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Santana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-117 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Santana

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m³/s	4,249	4,337	4,337	4,035	4,608	4,331	4,331	4,331	4,331	4,331	4,350	4,394
Qmed m³/s	0,262	0,143	0,182	0,179	0,252	0,249	0,205	0,273	0,389	0,400	0,731	0,563
Qmin m³/s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.4.6.14 Arroyo Yuma (Guayumana)

A continuación, en la Figura 5-101, se muestran los datos históricos, el histograma, la CDC y los percentiles 10, 50, 75, 85 y 90 del punto en análisis.

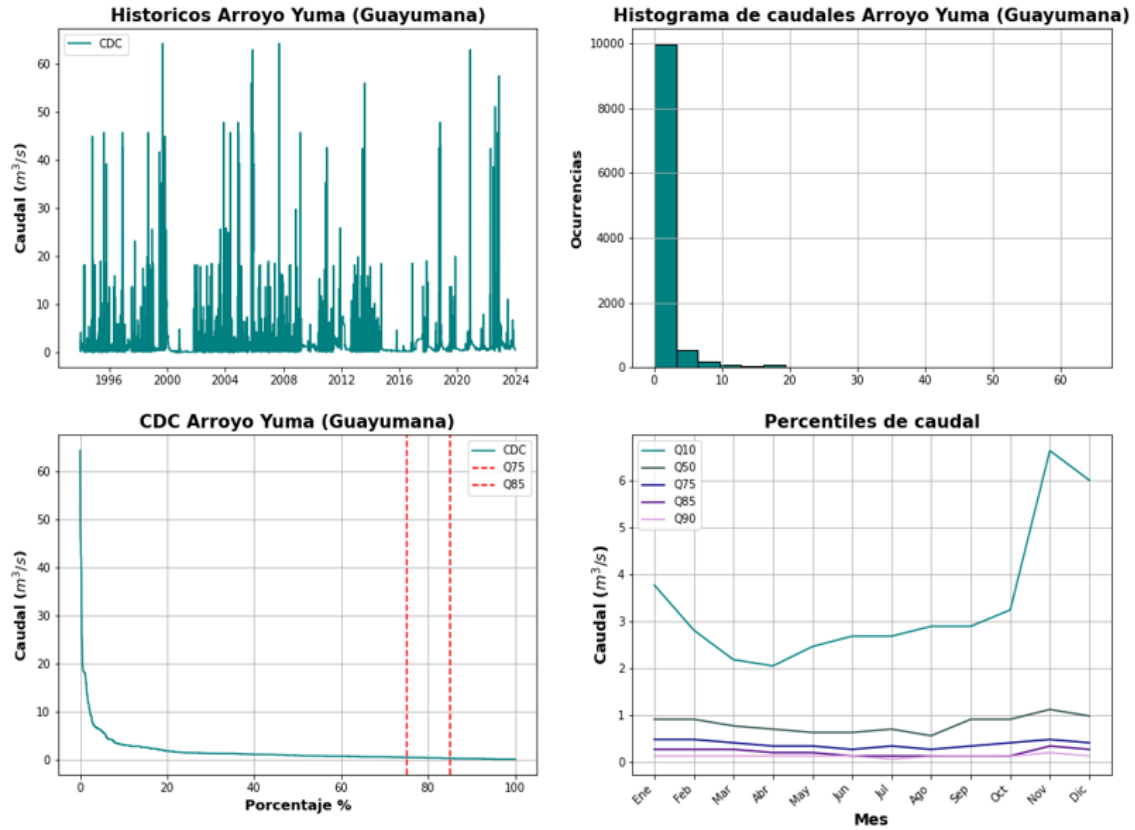


Figura 5-113 Análisis de caudales.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la siguiente figura se presenta el análisis de cajas y bigotes o boxplot.

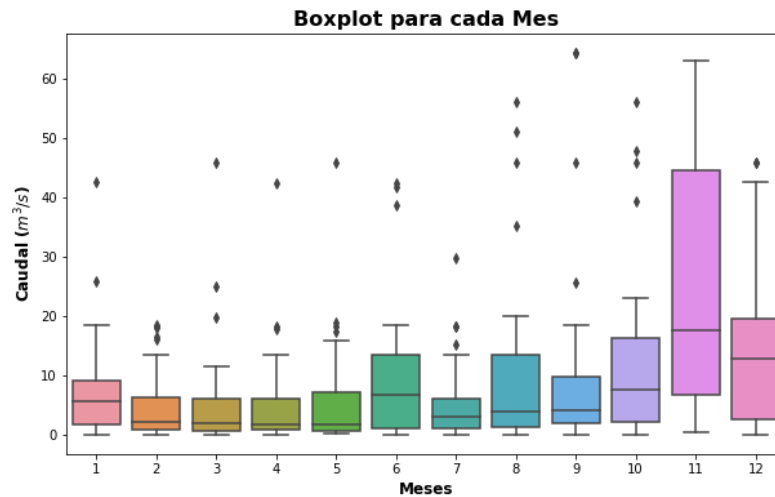


Figura 5-114 Análisis de cajas y bigotes.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En la Tabla 5-102, se muestran los resultados de los análisis de ajuste a cinco (5) diferentes distribuciones de probabilidad

Tabla 5-118 Resultados distribuciones de probabilidad Arroyo Yuma (Guayumana)

ESTADÍSTICO	Pueba	Estadístico Ks	Valor p
Distribución normal	Shapiro-Wilk	0,912	0,017
Distribución Gumbel	Gumbel	0,989	0,000
Distribución Pearson Tipo III	Pearson III	0,191	0,197
Distribución Log-Pearson Tipo III	Logistic	0,989	0,000
Distribución Log-normal	Lognorm	0,934	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según los resultados, se escogió la distribución Pearson tipo III para el cálculo de los diferentes caudales para cada periodo de retorno.

Tabla 5-119 Caudales para diferentes periodos de retorno.

Tr	Caudal (m³/s)
2,33	32,72
5	49,92
10	60,24
15	63,47
25	72,28
50	80,63
100	88,55
500	113,98

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-120 Percentiles mensuales Arroyo Yuma (Guayumana)

MES	Q10 (m³/s)	Q50 (m³/s)	Q75 (m³/s)	Q85 (m³/s)	Q90 (m³/s)
1	3,778	0,92	0,49	0,28	0,14
2	2,816	0,92	0,49	0,28	0,14
3	2,19	0,78	0,42	0,28	0,14
4	2,057	0,71	0,35	0,21	0,14
5	2,47	0,64	0,35	0,21	0,14
6	2,69	0,64	0,28	0,14	0,14
7	2,69	0,71	0,35	0,14	0,07
8	2,9	0,57	0,28	0,14	0,133
9	2,9	0,92	0,35	0,14	0,14
10	3,25	0,92	0,42	0,14	0,133
11	6,64	1,13	0,49	0,35	0,21
12	6,01	0,99	0,42	0,28	0,14

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

➤ Caudales máximos, medios y mínimos mensuales

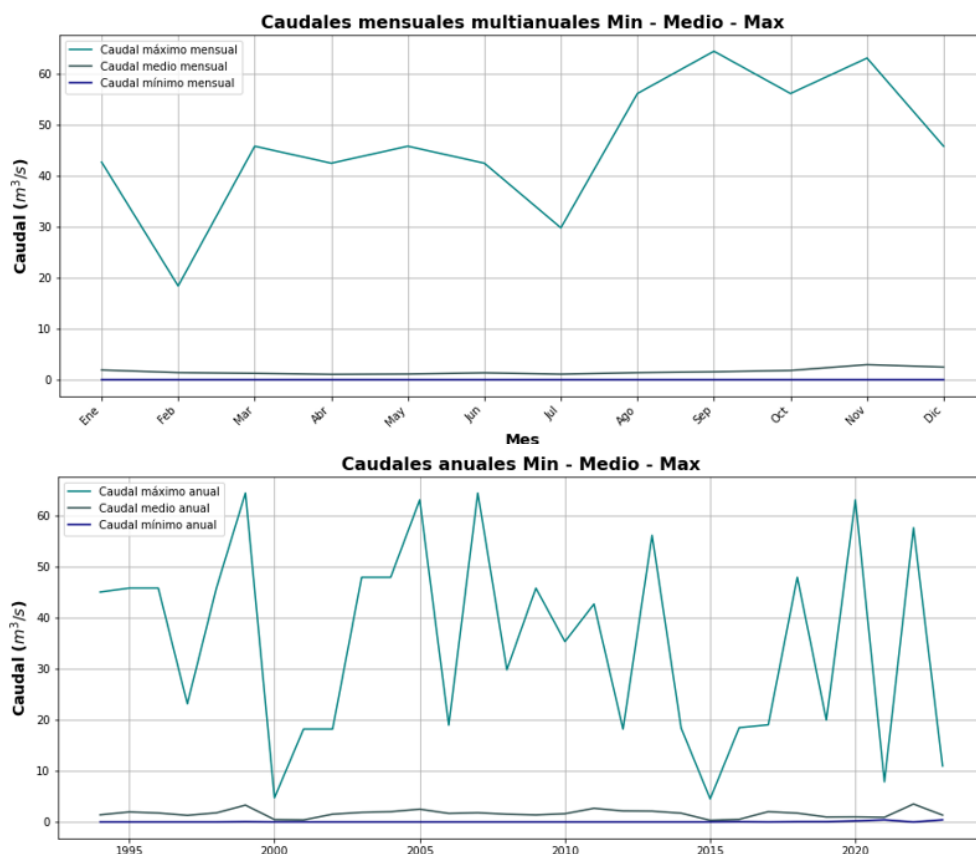


Figura 5-115 Distribución anual y mensual de caudales Arroyo Mocucutao

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Tabla 5-121 Caudales máximos, medios y mínimos mensuales Arroyo Yuma (Guayumana)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Qmax m ³ /s	42,623	18,378	45,733	42,410	45,733	42,410	29,758	56,053	64,323	56,053	62,980	45,733
Qmed m ³ /s	1,935	1,422	1,284	1,085	1,145	1,381	1,120	1,412	1,579	1,845	2,989	2,516
Qmin m ³ /s	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.5 Indicadores hidroclimatológicos

Se calculó una variedad de indicadores hidroclimatológicos que permiten reconocer el estado del recurso hídrico superficial de manera rápida y sintetizada. Los indicadores evaluados fueron: índice de aridez (IA), índice de retención y regulación hídrica (IRH). A continuación, se describen y calculan cada uno de ellos.

5.1.6.5.1 Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

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 morfométricas de la cuenca. Este regulador permite

evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. De acuerdo con el Estudio Nacional del agua-ENA.²²

El cálculo se realizó mediante la metodología establecida por el IDEAM, a partir de las curvas de duración de caudal medio diario obtenidos 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:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

Donde,

IRH= Índice de Retención y Regulación Hídrica (Adimensional)

Vp= Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios (m³)

Vt= Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (m³)

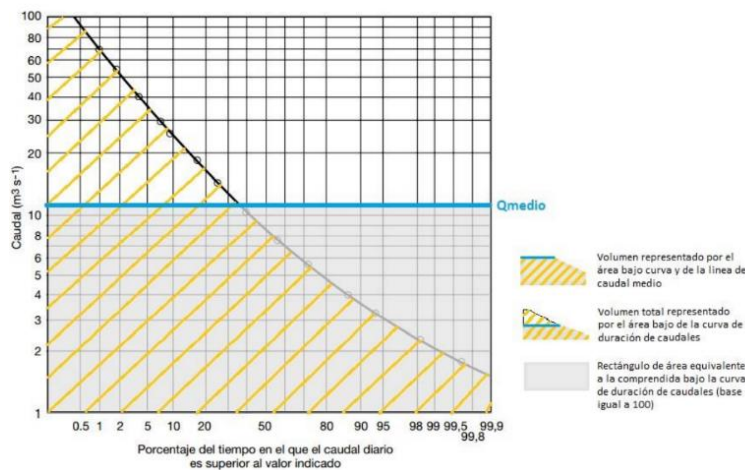


Figura 5-116 Obtención del Índice de Retención y Regulación Hídrica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

El volumen total equivale al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios (V_t), se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_t = \Delta P_{exc} \times \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i + Q_{i+1})}{2}$$

$$\Delta P_{exc} = P_{exc i+1} - P_{exc i}$$

La probabilidad de excedencia P_{exc} se obtiene de acuerdo a la fórmula de California²³

$$P_{exc} = \frac{m}{n}$$

²² Ibid.

²³ CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., & MAYS, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa fe de Bogotá: McGraw Hill.

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

Donde,

V_t = Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m^3)

Q_i = Caudal medio diario en la posición i , de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_{i+1} = Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

$P_{exc\ i+1}$ = Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición $i + 1$ (%)

$P_{exc\ i}$ = Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario en la posición i (%)

ΔP_{exc} = Es la diferencia entre probabilidades de excedencia, este delta es constante (%)

n = Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie

m = Es el índice de orden del caudal i en la serie ordenada Siempre $Q_{i+1} < Q_i, P_i < P_{exc\ i+1}$

El volumen parcial equivale al área bajo la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales medios diarios (V_p), se obtiene de la siguiente fórmula:

$$V_p = \sum (V_{p1} + V_{p2})$$

Donde,

$$\begin{cases} V_{p1} = (P_{exc\ med} \times Q_{medio}) & Si\ P_{exc\ i} < P_{exc\ medio} \\ V_{p2} = \left(\sum_{i=m\ medio}^n \Delta P_{exc} \times \left(\frac{(Q_i + Q_{i+1})}{2} \right) \right) & Si\ P_{exc\ i} \geq P_{exc\ medio} \end{cases}$$

$$P_{exc\ med} = P_{exc\ m} + \frac{(P_{exc\ m+1} - P_{exc\ m}) \times (Q_{medio} - Q_m)}{(Q_m - Q_{m+1})}$$

Donde,

V_p = Volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales (m^3)

Q_{medio} = Caudal promedio de la serie de datos de caudal (m^3/s)

$P_{exc\ med}$ = Es la probabilidad de excedencia del caudal promedio de la serie de caudales (%)

$P_{exc\ m}$ = Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio (%)

$P_{exc\ m+1}$ = Es la probabilidad de excedencia del caudal medio diario inmediatamente mayor al caudal promedio (%)

ΔP_{exc} = Es la diferencia entre probabilidades de excedencia (%)

Q_i = Caudal medio diario en la posición i , de la serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_{i+1} = Caudal medio diario en la posición $i + 1$, de una serie ordenada de caudales de mayor a menor (m^3/s)

Q_m = Caudal medio diario inmediatamente menor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m^3/s)

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

Q_{m+1} = Caudal medio diario o mensual inmediatamente mayor al caudal promedio de la serie ordenada de caudales (m^3/s)

n = Es el número de datos de la serie de caudal o longitud de la serie (-)

m_{medio} = Es el índice de orden del caudal inmediatamente mayor al caudal promedio en la serie ordenada (-) Siempre $Q_{medio} < Q_m$, $Q_{m+1} < Q_{medio}$, $Q_{m+1} < Q$

Los resultados obtenidos de la estimación de este índice se agrupan en rangos los cuales se pueden observar en la Tabla 5-122.

Tabla 5-122 Rangos de clasificación del índice de retención y regulación hídrica (IRH).

Rangos de valores del indicador	Calificación	Descripción
$IRH > 0,85$	Muy Alta	Muy alta retención y regulación de humedad
$0,75 < IRH < 0,85$	Alta	Alta retención y regulación de humedad
$0,65 < IRH < 0,75$	Moderada	Media retención y regulación de humedad
$0,50 < IRH < 0,65$	Baja	Baja retención y regulación de humedad
$IRH < 0,50$	Muy Baja	Muy Baja retención y regulación de humedad

Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2019)

Para su cálculo se utilizó la curva de duración de caudales presentada en el ítem de régimen hidrológico para identificar el volumen del área bajo la curva y el volumen del área de la línea del caudal medio a través de la siguiente ecuación:

$$Vol_{tot} = \frac{(Y_2 + Y_1) \times (X_2 - X_1)}{2}$$

Donde,

X: Corresponde al porcentaje de excedencia.

Y: Corresponde al caudal medio diario.

Los resultados se presentan en la la Tabla 5-123, se presenta el cálculo del IRH para las unidades hidrográficas delimitadas en el proyecto.

Tabla 5-123 Índice de retención y regulación hídrica de las unidades hidrográficas del área de influencia.

Unidad hidrográfica	IRH	Descripción
Subzona hidrográfica R. Ranchería (1506)		
Río Ranchería	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Porciosa	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Bruno	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo El Salado	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Subzona hidrográfica. Directos Caribe desde R. Ranchería hasta Ay. Sharimahana (1507).		
Caño Hondo	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Amaripa	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Shishipech Taikal	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Talamastol	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad

Unidad hidrográfica	IRH	Descripción
Arroyo Mocucutao	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Kashirain	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Irruain	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Joumana	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Wachuari		Muy Baja retención y regulación de humedad
subzona hidrográfica. Directos Caribe desde Ay. Sharimahana aprox. hasta (loc.) El Salado (1508)		
Arroyo Santana	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Kanéhuakan	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Makuirap	0.3	Muy Baja retención y regulación de humedad
Arroyo Yuma (Guayumana)	0.3	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En términos generales, las cuencas hidrográficas muestran un índice de retención y regulación clasificado como muy Muy Baja retención y regulación de humedad. Este comportamiento es evidente al observar la curva de duración de caudales, donde los caudales máximos se registran en un período de tiempo corto, mientras que los caudales muy bajos son predominantes la mayor parte del tiempo.

5.1.6.5.2 Índice de aridez (IA)

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 índice²⁴. 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:

$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

IA: Índice de aridez (-)

ETP: Evapotranspiración potencial anual multianual de Hargreaves (mm)

ETR: Evapotranspiración real potencial anual multianual de Budyko (mm)

Figura 5-117 Obtención del Índice de Aridez de acuerdo con el estudio nacional del agua 2018.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Los rangos de clasificación del IA se presentan en la Tabla 5-126.

Tabla 5-124 Rangos de clasificación del índice de aridez (IA)

Rangos de valores del indicador	Calificación
0,0 – 0,15	Altos Excedentes
0,15 – 0,20	Excedentes
0,20 – 0,30	Moderado a excedentes
0,30 – 0,40	Moderado
0,40 – 0,50	Moderado a Deficitario
0,50 – 0,60	Deficitario
0,60 – 1,00	Altamente deficitario

Fuente: (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2019)

²⁴ IDEAM (2014). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.

El Índice de Aridez fue realizado mediante a partir de la información de la ETP Evapotranspiración potencial anual multianual calculada por el método de Hargreaves (mm) para el área de estudio y la ETR: Evapotranspiración real potencial anual multianual calculada por el método de Budyko (mm), ver Tabla 5-125.

Tabla 5-125 Índice de aridez área de estudio.

ETP (promedio)	ETR (Promedio)	Índice de aridez (IA)
1526,08	589,89	0,61

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

De acuerdo con el análisis, para el área de estudio el Índice de aridez (IA) = 0.61 el cual e clasifica Altamente deficitario. Este escenario muestra que no existe buena disponibilidad de agua para el proceso de evapotranspiración, la cual es aportada por las precipitaciones. Sin embargo, al ser tan alto el potencial de evapotranspiración, las pérdidas hidrológicas son muy altas y no se tiene disponibilidad de agua en la mayoría de los cuerpos de agua del área de influencia.

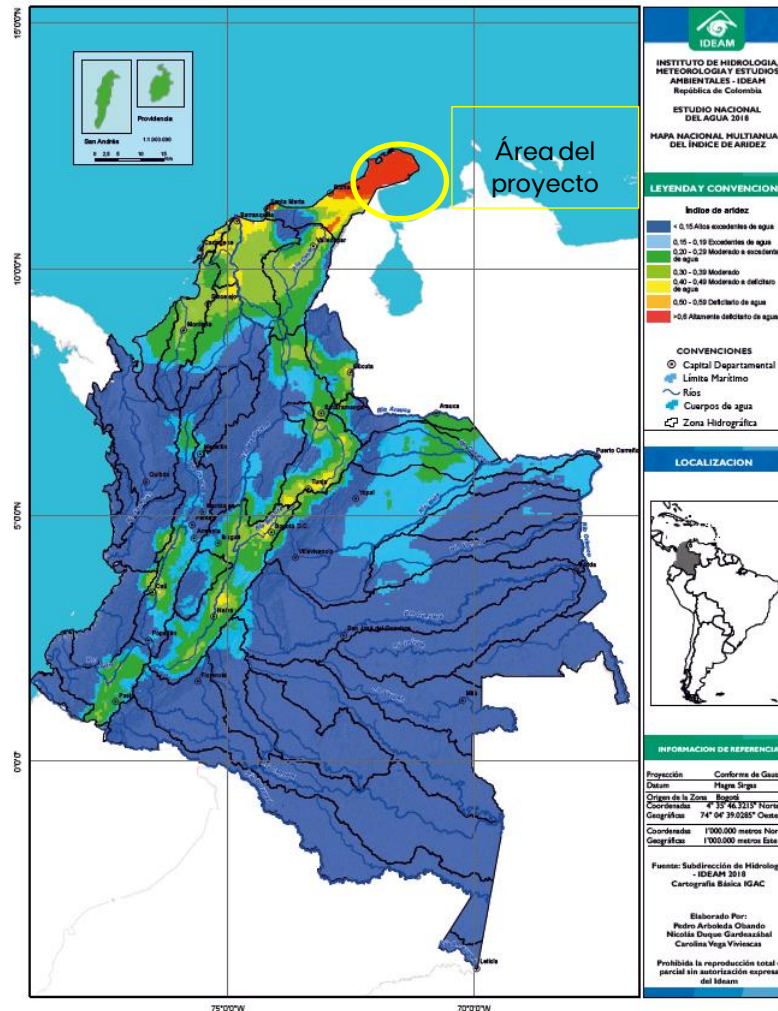


Figura 5-118 Índice de aridez (IA) Estudio nacional del agua.

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 de 2024	

5.1.6.6 Análisis de la 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.

Los cuerpos de agua lóticos, que se encuentran localizados en el área de influencia del proyecto, corresponden en la zona norte a arroyos de llanura y en la zona sur a quebradas, arroyos y ríos en terrenos ondulados o escarpados, estos en general son cursos de agua que fluyen a través de áreas escarpadas, caracterizadas por terrenos empinados y cambios bruscos en la altitud. La dinámica y las características de estos arroyos son influenciadas por una variedad de factores geológicos, climáticos y biológicos como:

- Flujo variable, donde experimentan fluctuaciones en su caudal debido a la variabilidad climática. Las lluvias intensas pueden generar crecidas repentinas, mientras que en la época seca no existe flujo en la gran mayoría de estos.
- Erosión: La pendiente pronunciada y las rápidas corrientes hacen que los cursos de montaña sean agentes poderosos de erosión. Arrastran sedimentos, rocas y materiales orgánicos a medida que fluyen, creando características geológicas distintivas en el paisaje.
- Sedimentación: A medida que el flujo disminuye en áreas más llanas o amplias, los arroyos de montaña depositan los sedimentos que llevan consigo. Estos depósitos pueden formar bancos de grava y lechos de arena en los tramos más bajos del arroyo.

Por otra parte, los cuerpos de agua de la zona norte del área de influencia se caracterizan por transcurrir en valles bastante anchos con laderas muy suaves; el fondo del cauce generalmente es aluvial y en los aluviones labra su propio canal. El cauce es la parte del valle a lo largo del cual se transporta el flujo y la mayor parte de los sedimentos en los periodos de aguas bajas. La parte del valle que se inunda durante crecientes se llama banca. Las bancas pueden ser bilaterales o unilaterales. En el primer caso el cauce puede pasar de una margen a la otra indistintamente y en el segundo se ubica sólo en una de las orillas.

Los cursos de planicie generalmente presentan meandros debido a las bajas velocidades del agua y su cauce se forma por arenas y finos (principalmente por arenas); los meandros corresponden a curvaturas u ondulaciones más o menos regulares, desviando el cauce de un alineamiento rectilíneo. El Talweg o vaguada, es la línea que delimita la parte más profunda del valle, marcando el camino por donde discurren las aguas, adicionalmente corresponde a la línea que une los puntos de menor altura en el valle y donde se presenta la mayor velocidad, este cambia transversalmente e inicia la formación de curvas. En un río, se presenta un cambio continuo entre las barras alternadas; cuando la corriente se dirige hacia una orilla, ella se erosiona en el área de impacto y la corriente se refleja y hace impacto sobre la orilla opuesta aguas abajo del sitio anterior.

En la formación de las curvaturas, se desarrollan fosas profundas cerca de la orilla cóncava donde se conforma el meandro, las velocidades se incrementan erosionando lateralmente la banca, arrastrando sedimentos aguas abajo; debido a que las velocidades son más bajas en la orilla opuesta o interna del meandro, allí se depositan los sedimentos transportados desde los meandros aguas arriba conformando barras laterales de forma alargada.

Para identificar la dinámica fluvial de las corrientes más representativas del área de influencia del proyecto, incluyendo drenajes dobles y aquellos donde se realizará el aprovechamiento de recursos naturales (ocupaciones de cauce) se realizó la fotointerpretación de imágenes multitemporales del servicio Google Earth, ArcGis Online, ortofoto adquirida para el EIA y visita de campo.

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

También se debe señalar que las problemáticas ambientales para el componente físico están reflejadas básicamente en dos aspectos: la contaminación de aguas principalmente por aguas residuales como es el caso de las aguas residuales provenientes de la ciudad de Maicao que son vertidas al arroyo Huyuschipamana; y la alteración de las condiciones hidrodinámicas por la construcción de reservorios artificiales para el almacenamiento de agua. Estos dos aspectos son los de mayor incidencia en componente hidrológico en la zona de estudio.

Teniendo en cuenta que algunos drenajes sencillos no cuentan con la resolución suficiente para realizar el correspondiente análisis mediante imágenes satelitales, la dinámica fluvial se presenta en los principales drenajes.

5.1.6.6.1 Dinámica

A continuación, se destacan cuatro ideas acerca de la dinámica de la zona que pudieron ser observadas en campo:

- Según el régimen de precipitaciones, la zona de estudio se caracteriza por difíciles condiciones climatológicas que se observan en la mayor parte de las cuencas, con lluvias anuales del orden de los 875 mm frente a evapotranspiraciones potenciales del orden de los 1077 mm/año, esto muestra un déficit hídrico en la zona, el cual fue evidenciado durante la visita de campo.
- Debido a estas condiciones, existen obras de carácter antrópico que permiten afrontar esta situación (escasez). De esta forma, se identificaron múltiples reservorios de carácter artificial, con grandes tamaños en la zona norte y tamaños más pequeños en la zona sur.
- La mayor cantidad de cuerpos lénticos se encuentra en la zona sur, debido a la mayor disponibilidad hídrica, proveniente de mayores precipitaciones y menores temperaturas. Adicionalmente, la topografía más irregular ayuda la formación de lagunas, zonas pantanosas entre otros cuerpos de agua lénticos.
- Los suelos de la zona norte están conformados en gran medida por areniscas y baja densidad de vegetación, razón por la cual se evidencia mayores grados y frecuencia en procesos de erosión, principalmente en los drenajes de esta zona. Se observan canales de tipo efímero con bastante frecuencia.

5.1.6.6.2 Revisión continuidad de drenajes

Como se evidencia en la Tabla 5-126, existen múltiples casos de drenajes que son interrumpidos para abastecer reservorios (jagueyes), es decir, que, en dichas secciones, los drenajes no presentan continuidad respecto al recorrido del flujo. Este fenómeno se evidencia a través de toda la zona de estudio.

Tabla 5-126 Interrupción de drenajes por la construcción de reservorios o Jagueyes.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Estas interrupciones en los drenajes se evidenciaron tanto en campo, como en imágenes satelitales y modelo de elevación digital – DEM.

Las principales consecuencias de interrumpir un curso con la construcción de reservorios, carreteras o demás estructuras de origen antrópico es la alteración del régimen de flujo natural del sistema. Esta interrupción puede tener varios impactos significativos como:

- Captura de sedimentos que de otro modo fluirían aguas abajo. Esto puede provocar alteraciones en el régimen sedimentológico de las corrientes provocando procesos de sedimentación y erosión. Además, se altera el flujo de la materia orgánica que sustenta las comunidades de flora y fauna vinculadas con el drenaje.
- Alteración del régimen de flujo natural, lo que lleva a cambios en la época y la magnitud de los caudales altos y bajos. Estos cambios pueden afectar los ecosistemas aguas abajo, la calidad del agua y el transporte de sedimentos.
- Impactos sociales y económicos en las comunidades locales, incluidos cambios en el uso de la tierra, desplazamiento de comunidades y cambios en las oportunidades recreativas.

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

5.1.6.6.3 Inundaciones y desbordamientos

El comportamiento general del clima obedece claramente a la modulación que impone el paso de la zona de convergencia de los vientos alisios (ZCIT) en sus dos tránsitos por el ecuador climático, junto con la ocurrencia de las ondas del Este y la presencia de frentes fríos del hemisferio Norte. En las zonas costeras, los desplazamientos de la ZCIT mueven masas de aire húmedas marinas y continentales y genera condiciones de clima de tipo ciclónico alternas (lluvia – seco – nubosidad), siendo el principal regulador del clima en la región (Hazen & Sawyer, 1998, en Neotrópicos, 1999)

A pesar de ser una zona árida y las corrientes en general ser de carácter intermitente, al ser suelos que permanecen secos la mayoría del tiempo, al momento de presentarse lluvias con intensidades considerables, la tasa de infiltración de los suelos es muy baja por lo cual el agua tiende a convertirse en gran medida en escorrentía, siendo frecuentes los eventos de inundación en la zona norte del área de estudio.

Dada la anterior razón, es evidente por que al momento de investigar se han reportado inundaciones en la zona todos los años en medios locales por ejemplo: Guajira News, (21 oct 2020) “Se inundan trochas en la alta guajira tras fuertes lluvias en los últimos días”, Malteser International (20 abr 2021) “Comunidades costeras de La Guajira y Magdalena azotadas por el invierno”, Alcaldía de Riohacha, (7 oct 2022) “La tormenta tropical "Julia" a su paso por el departamento de La Guajira, ha traído consigo fuertes lluvias, ocasionando emergencias”, El Tiempo (7 nov 2023), “En La Guajira más de 10 mil familias siguen bajo el agua y en emergencias por lluvias”.

5.1.6.6.4 Análisis multitemporal de cuerpos lóticos

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.

5.1.6.6.4.1 Río Ranchería

A continuación, en la Figura 5-119, se presenta el análisis multitemporal realizado para el río Ranchería.

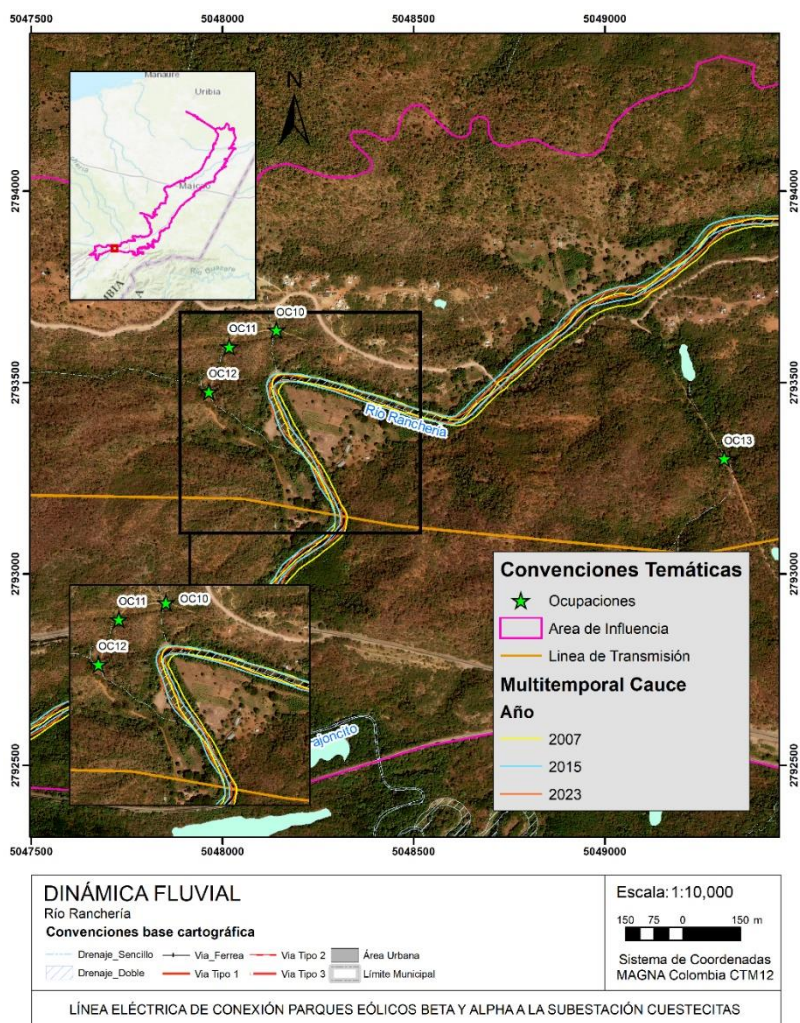


Figura 5-119 Variación del cauce río Ranchería

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que el río se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.2 Cañada Naunnau

A continuación, en la Figura 5-120, se presenta el multitemporal realizado para la cañada Naunnau.

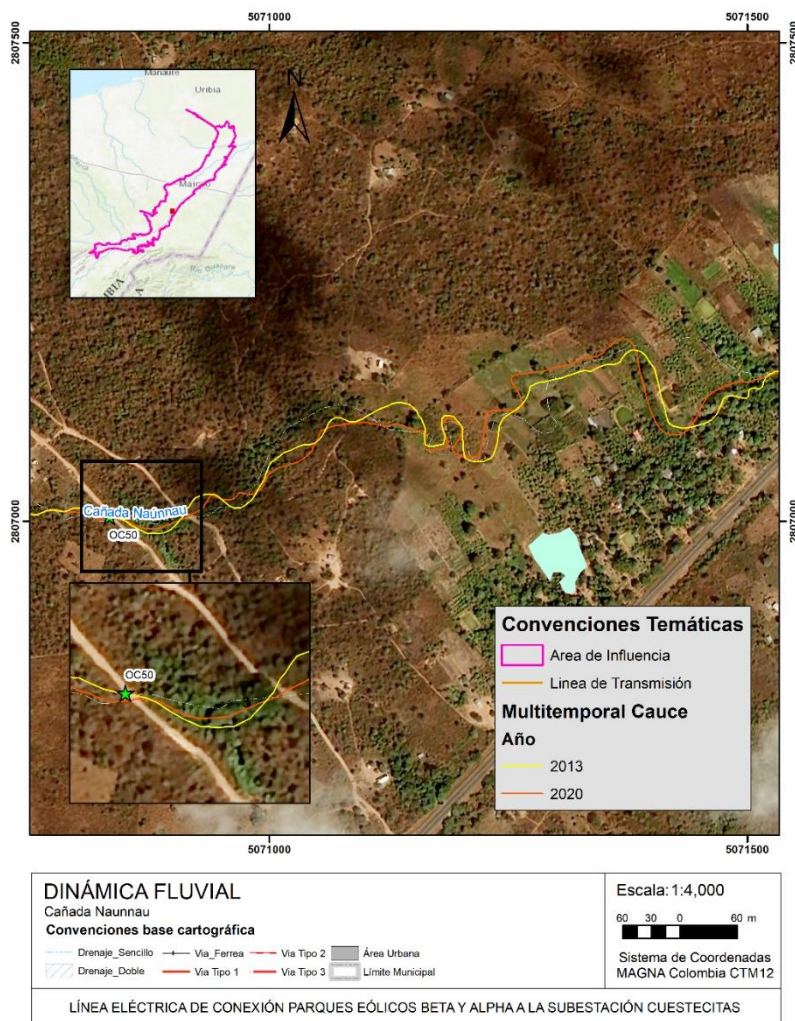


Figura 5-120 Variación del cauce cañada Naunnau

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que la cañada Naunnau ha presentado algunas variaciones considerables en el trazado de su cauce, donde ha perdido sinuosidad. Esto puede deberse a intervenciones antrópicas dentro del cuerpo de agua.

5.1.6.6.4.3 Arroyo Purpurema

A continuación, en la Figura 5-121, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Purpurema.

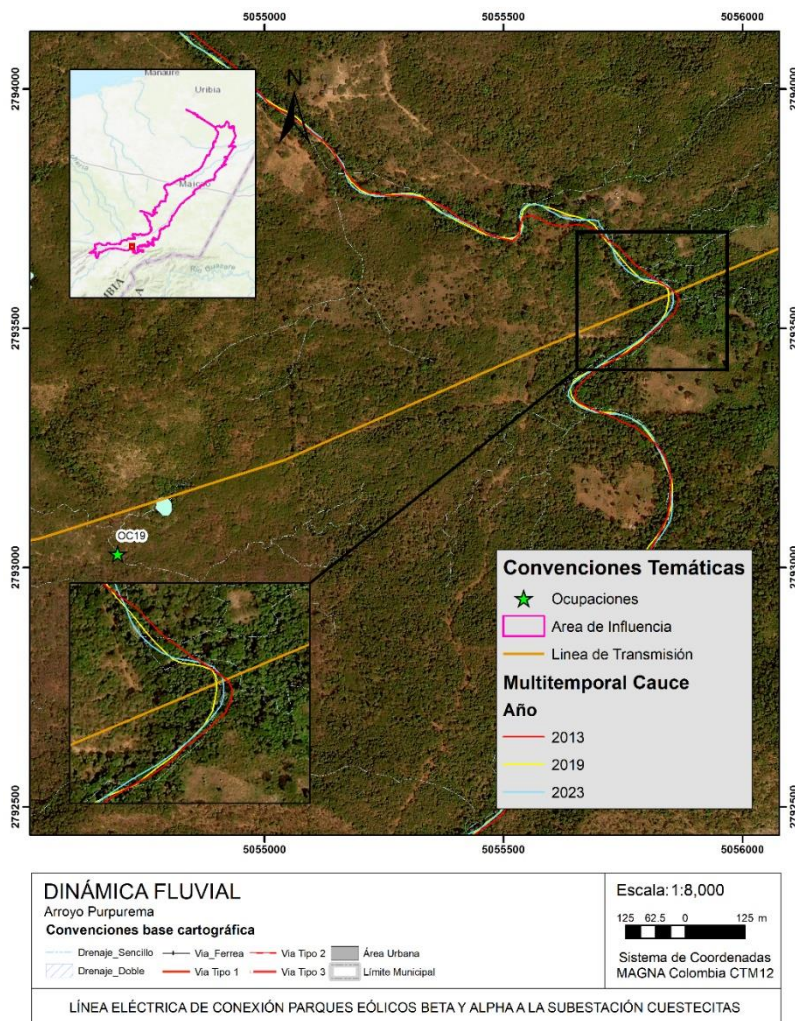


Figura 5-121 Variación del cauce arroyo Purpurema

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.4 Arroyo Porciosa

A continuación, en la Figura 5-122, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Porciosa

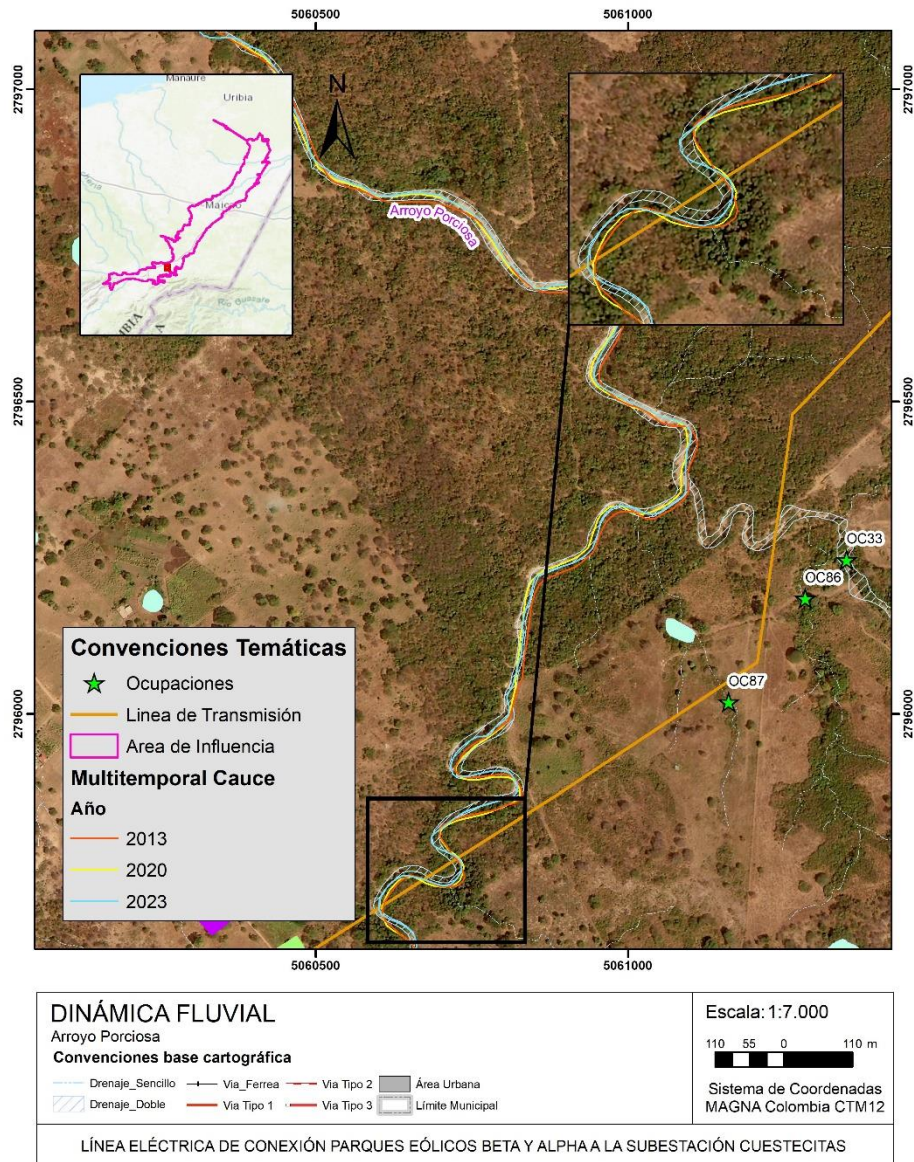


Figura 5-122 Variación del cauce arroyo Porciosa

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.5 Arroyo Mocucutao

A continuación, en la Figura 5-123, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Mocucutao.

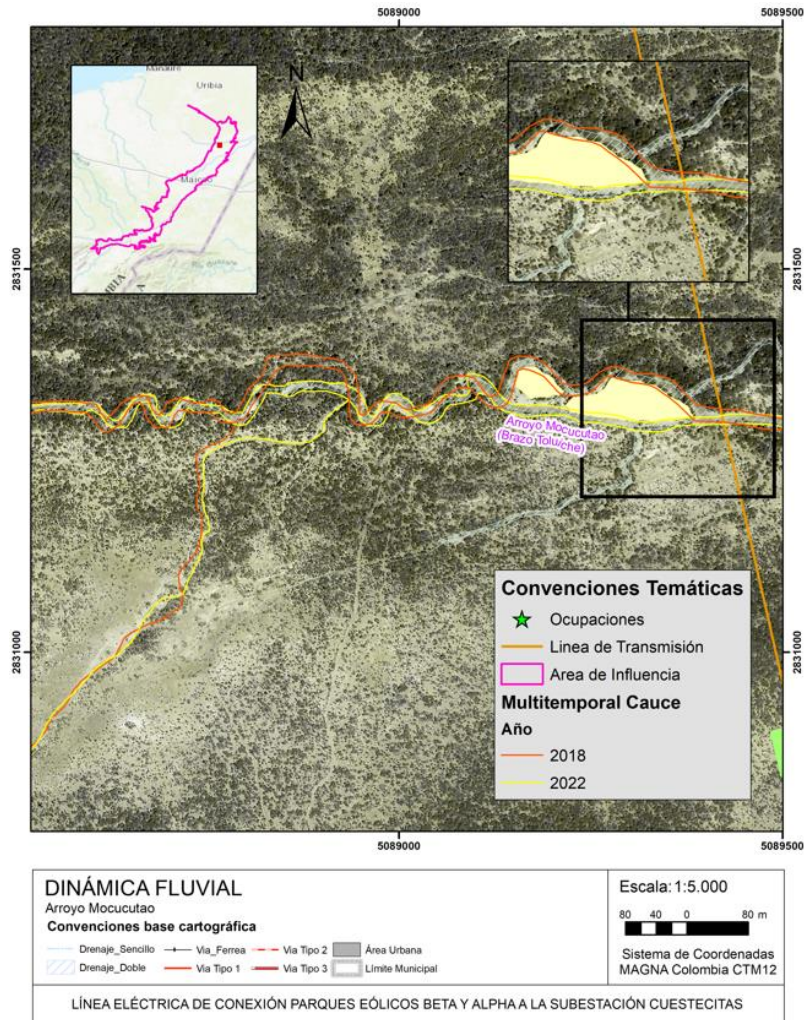


Figura 5-123 Variación del cauce arroyo Mocucutao

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según el análisis multitemporal llevado a cabo, se puede observar que el trazado del arroyo ha presentado cambios considerables esto se debe principalmente a la composición de los suelos de la zona, los cuales son fácilmente erodables, reflejándose en un periodo de 4 años entre los dos análisis.

5.1.6.6.4.6 Arroyo Meeratus

A continuación, en la Figura 5-124, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Meeratus.

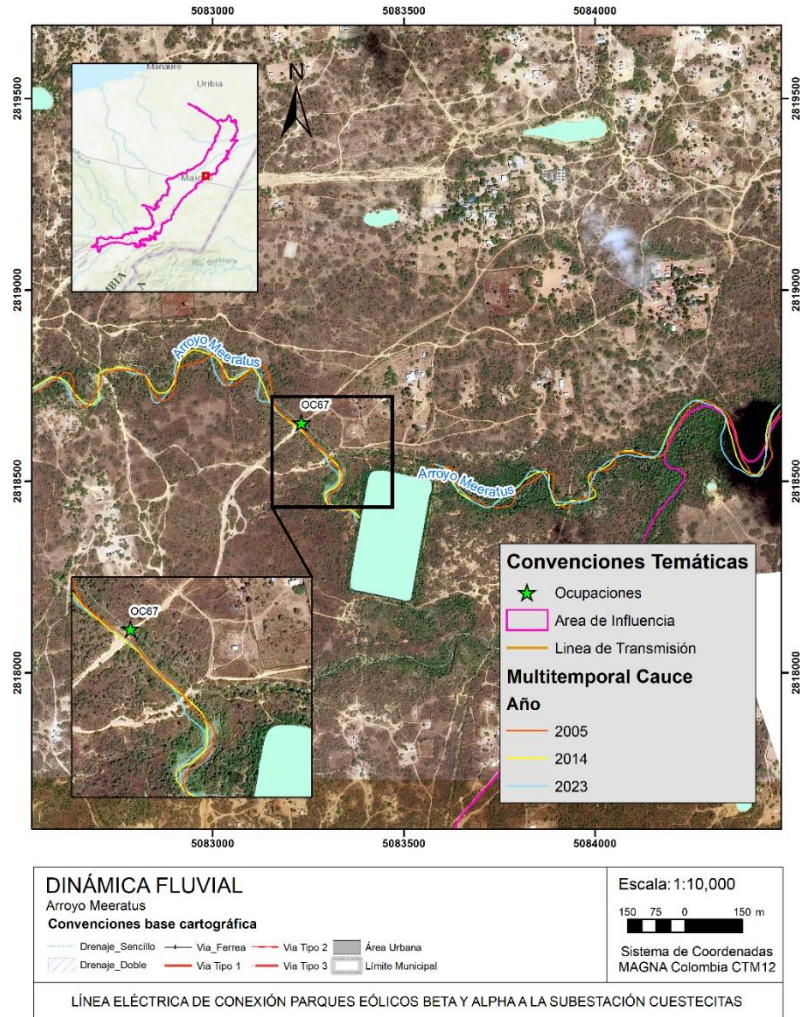


Figura 5-124 Variación del cauce arroyo Meeratus

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión. Cabe resaltar la contaminación que presenta esta corriente debido a la laguna de oxidación.

5.1.6.6.4.7 Arroyo La Mediana

A continuación, en la Figura 5-125, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo La Mediana.

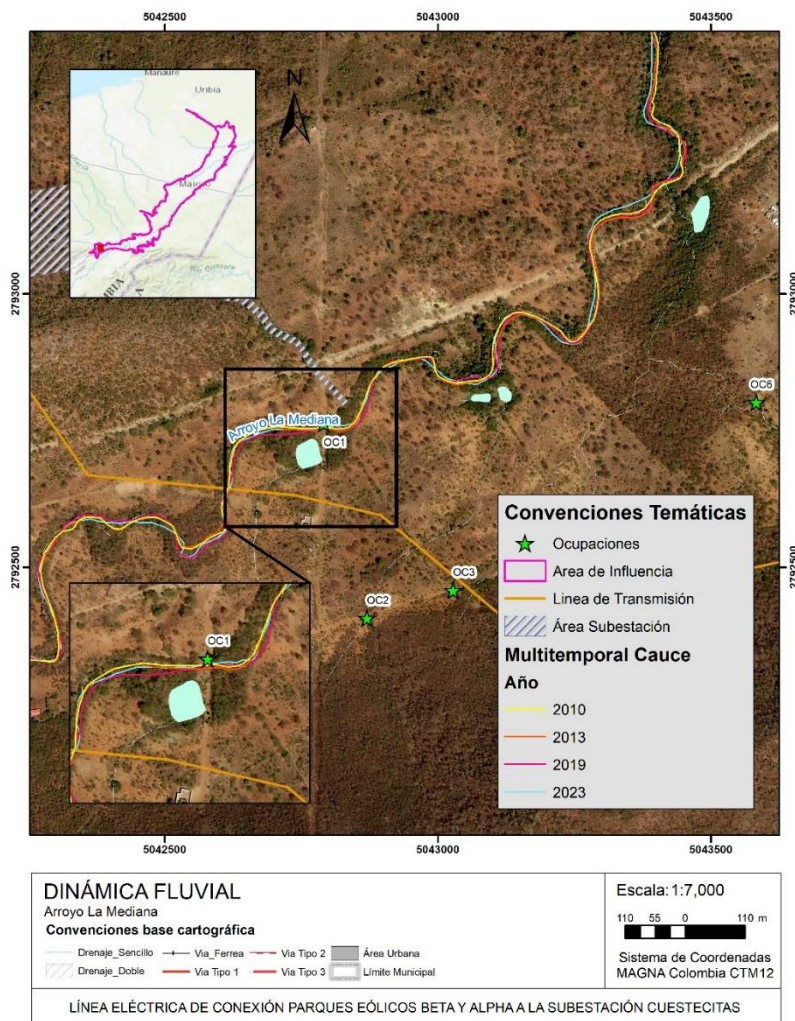


Figura 5-125 Variación del cauce arroyo La Mediana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.8 Arroyo Jashreshi

A continuación, desde la Figura 5-126 a la Figura 5-128 se puede observar varios tramos del arroyo Jashreshi, debido a que el arroyo posee múltiples ocupaciones de cauce por el desarrollo del proyecto, se decidió realizar el ejercicio en varios tramos de este.

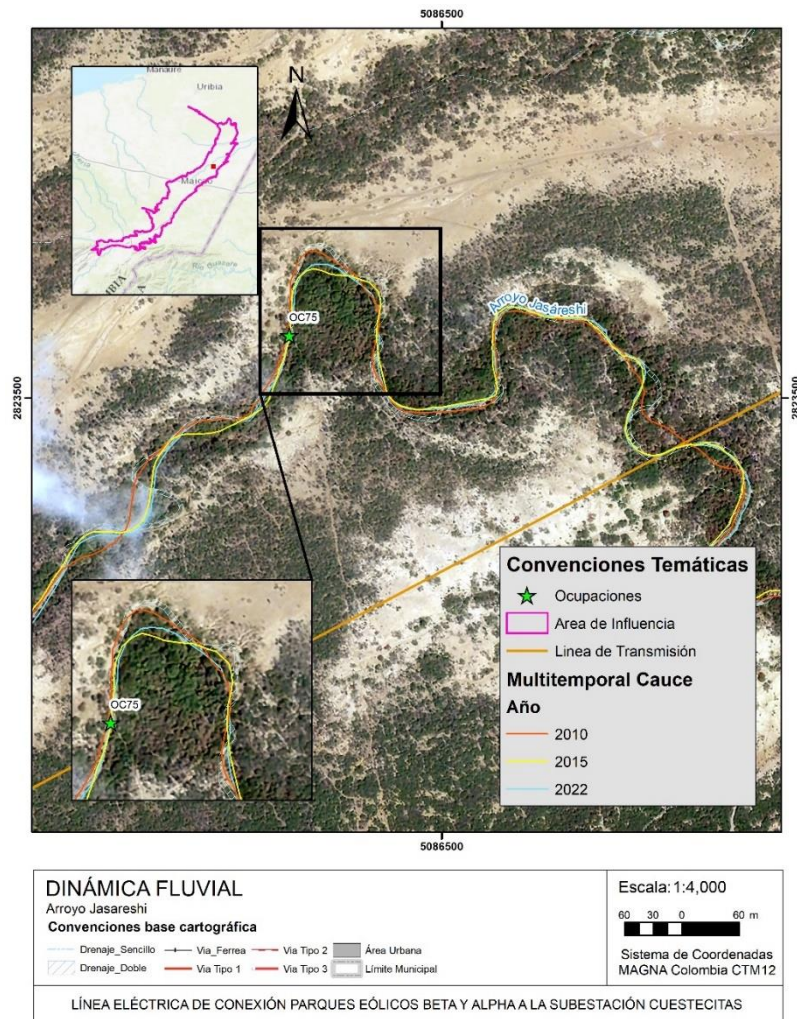


Figura 5-126 Variación del cauce arroyo Jasareshi alrededor de la OC75.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según la Figura 5-126 puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión. También se observa bastante vegetación riparia, agente que contribuye a la estabilidad de los taludes y la pérdida de suelo.

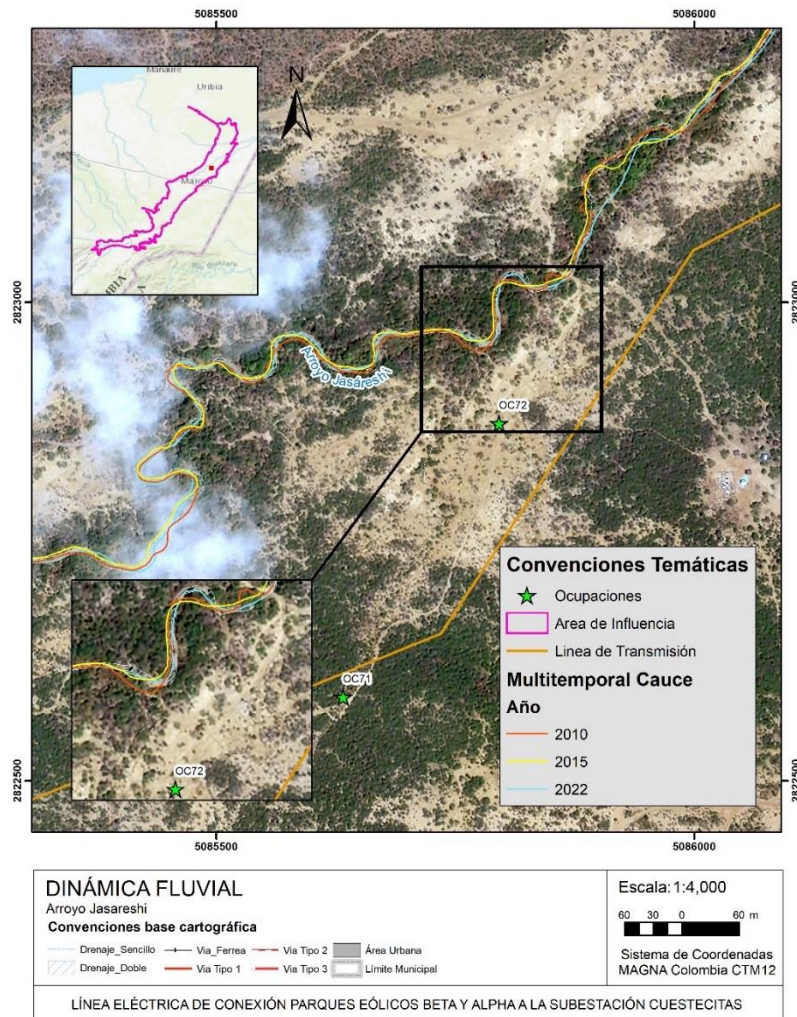


Figura 5-127 Variación del cauce arroyo Jsareshi alrededor de las OC71 y OC72

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

De igual forma el tramo de la Figura 5-127, presenta variaciones muy ligeras indicando que la corriente se encuentra en una fase estable.

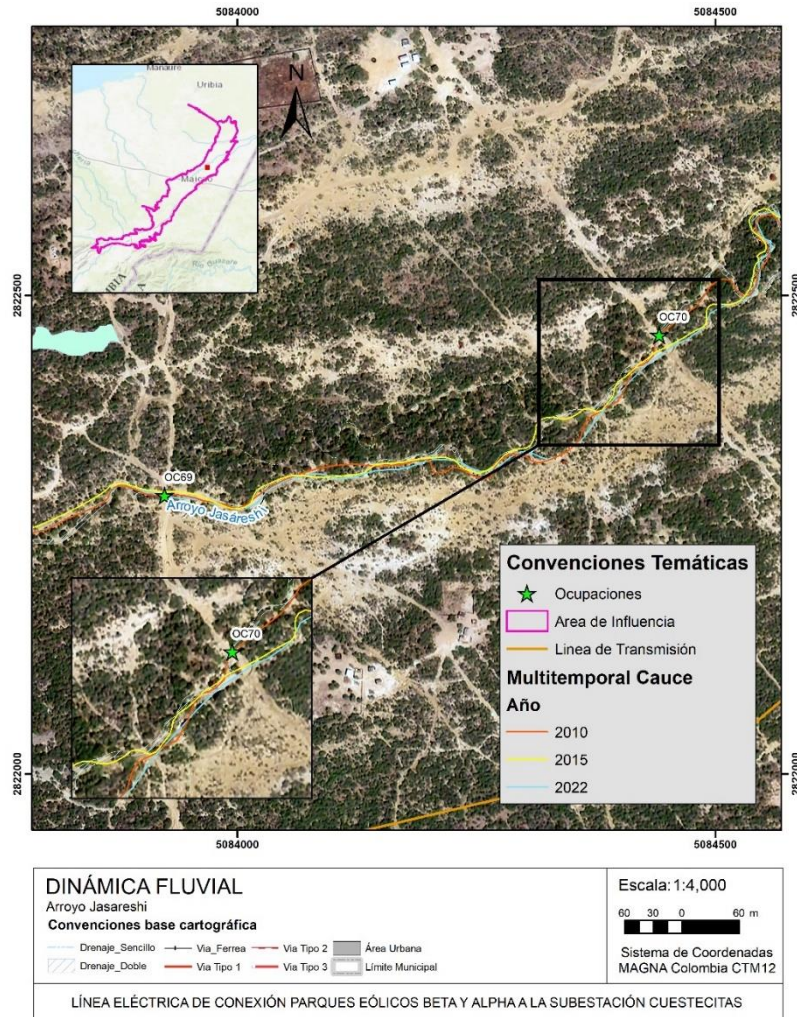


Figura 5-128 Variación del cauce arroyo Jsareshi alrededor de las OC69 y OC70

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Respecto a los otros dos tramos, el tramo de Figura 5-128, es el que presenta una mayor variación, sin embargo, sigue indicando que la corriente está en estado estable.

5.1.6.6.4.9 Arroyo El Salado

A continuación, en la Figura 5-129, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo El Salado.

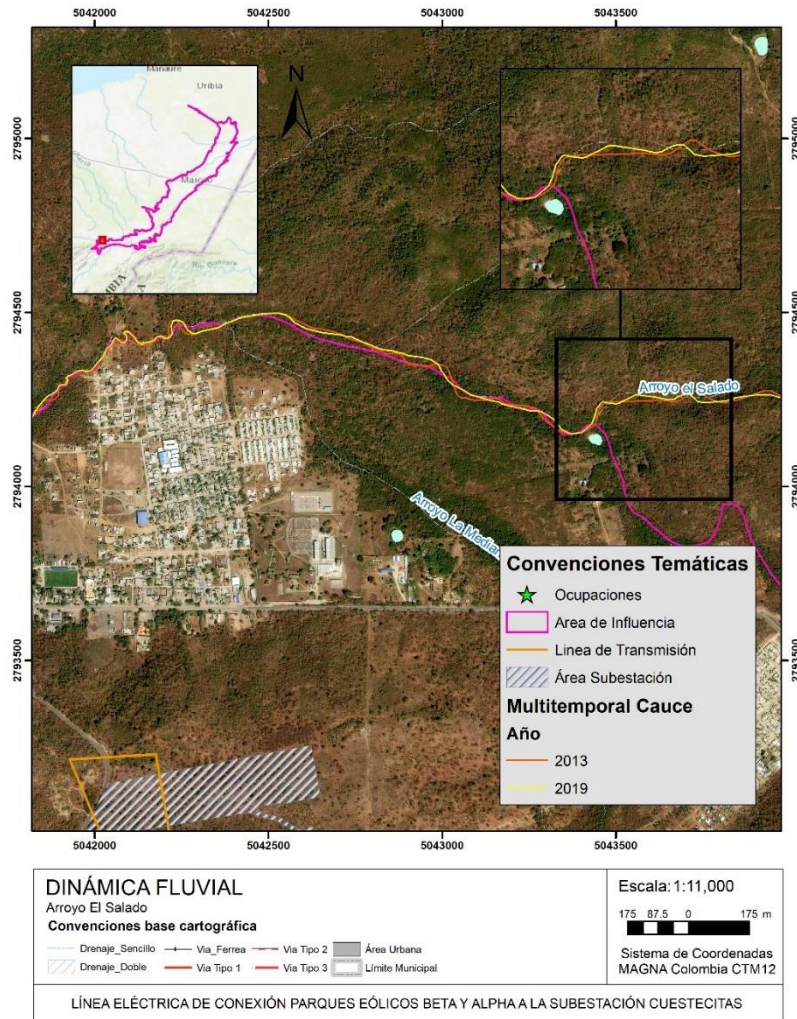


Figura 5-129 Variación del cauce arroyo El Salado

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.10 Arroyo Amaripa

A continuación, en la Figura 5-130, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Amaripa.

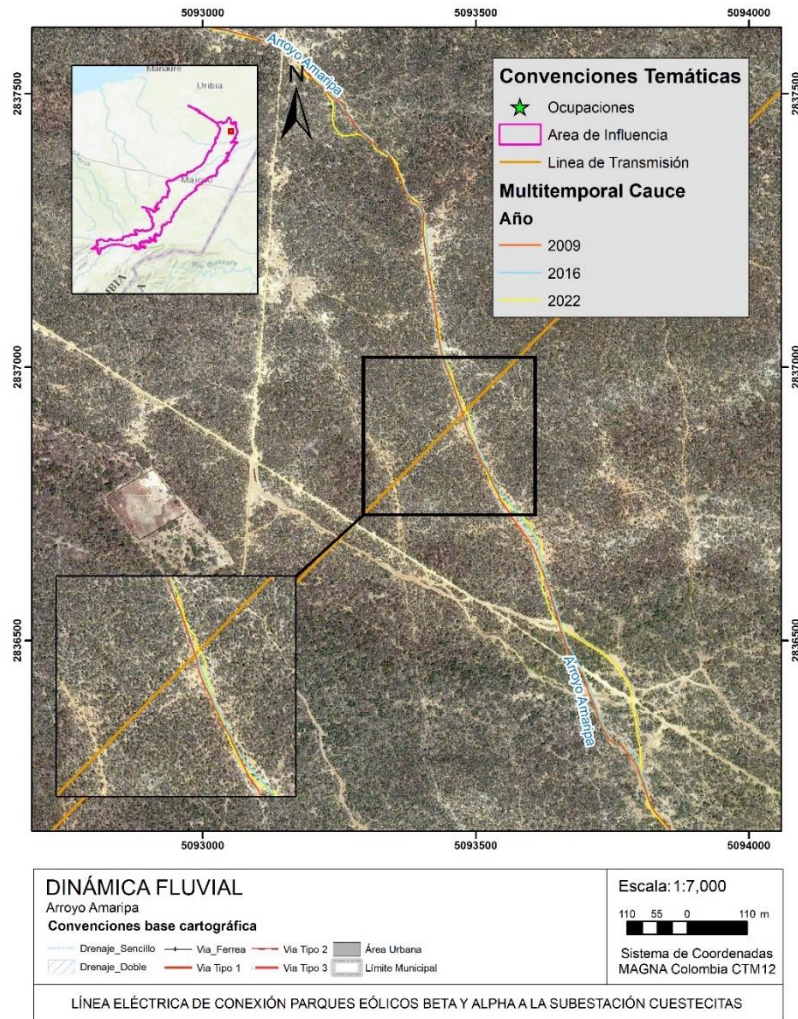


Figura 5-130 Variación del cauce arroyo Amaripa

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

5.1.6.6.4.11 Arroyo Irruaín

A continuación, en la Figura 5-131, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Irruaín.

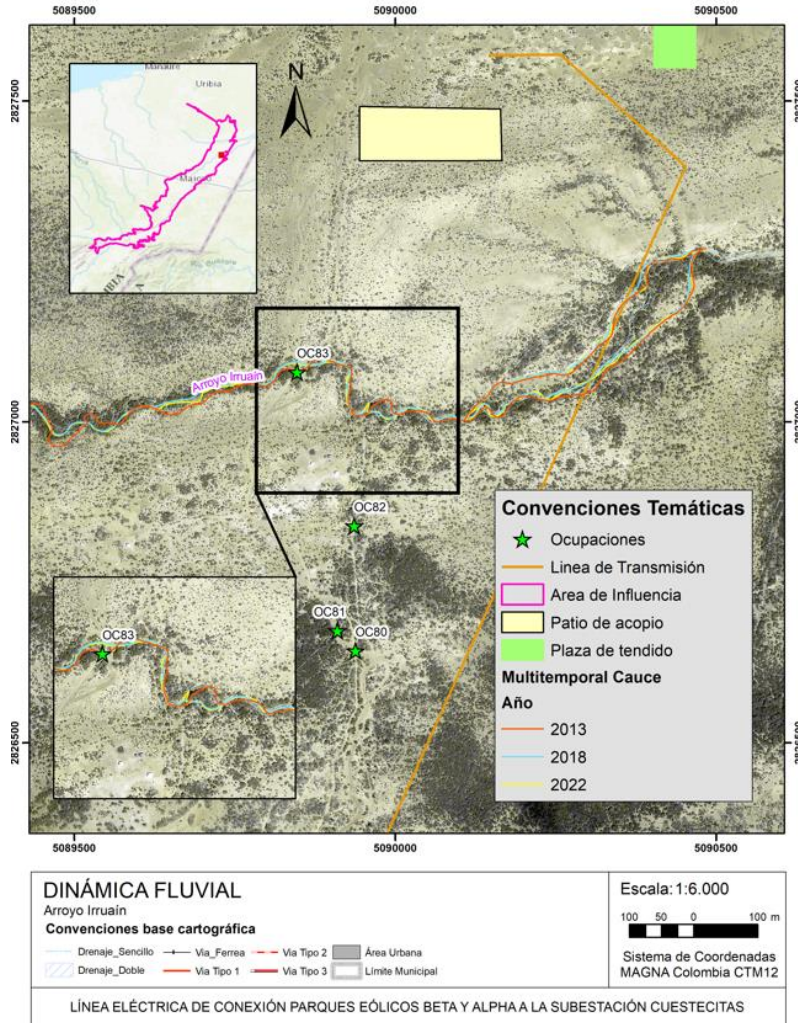


Figura 5-131 Variación del cauce arroyo Irruaín

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Según el análisis multitemporal llevado a cabo, se puede observar que el trazado del arroyo ha presentado cambios considerables esto se debe principalmente a la composición de los suelos de la zona, los cuales son fácilmente erodables.

5.1.6.6.4.12 Arroyo Kasucho

A continuación, en la Figura 5-132, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Kasucho.

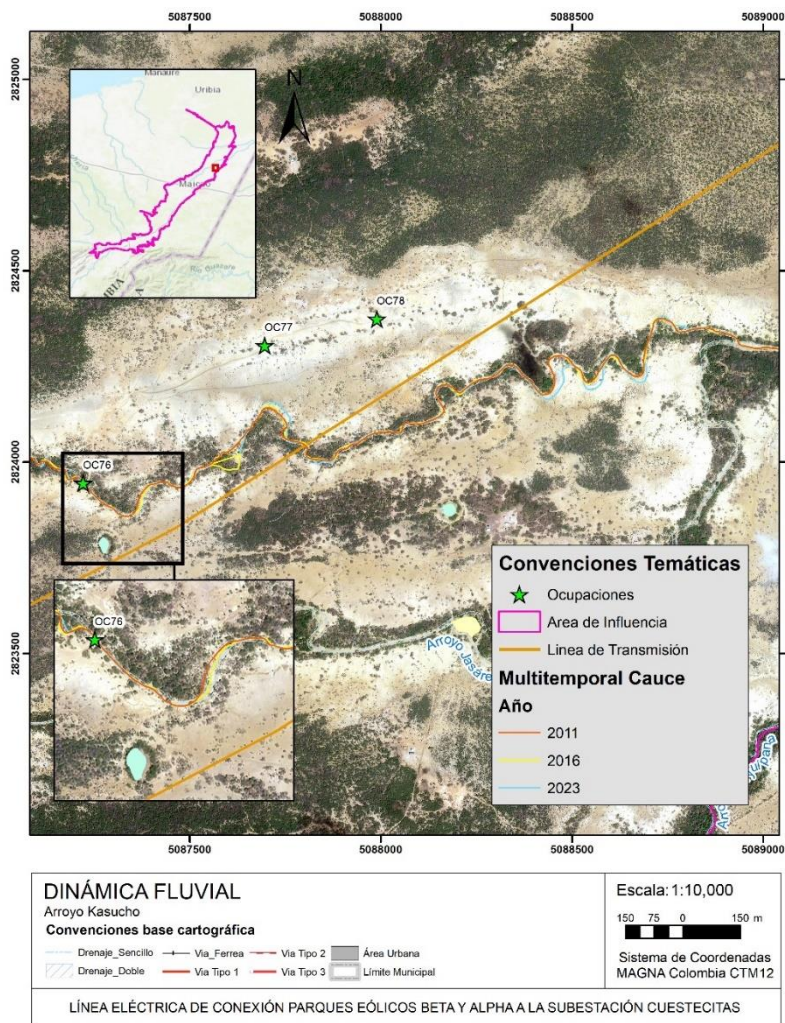
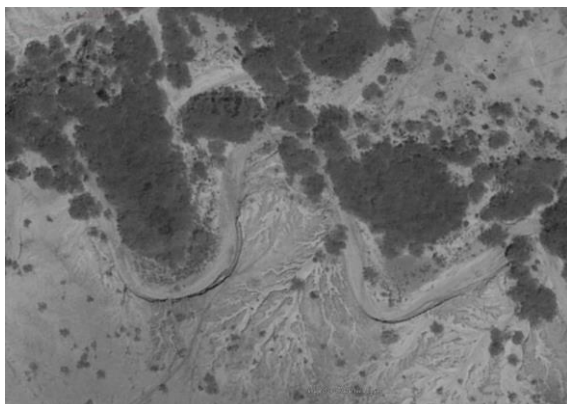


Figura 5-132 Variación del cauce arroyo Kasucho

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Debido al ancho del arroyo Kasucho y que se pudo percibir su dinámica con claridad se decidió hacer un análisis más detallado a uno de sus meandros.



2011



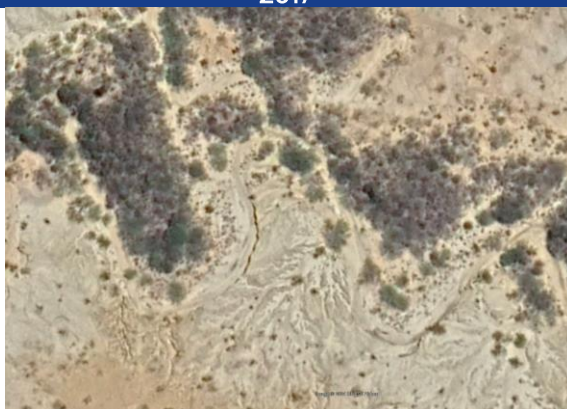
2013



2017



2018



2020



2021



COMPARACIÓN LÍMITE SUR ARROYO
Figura 5-133 Meandro arroyo Kasucho ejemplo
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

La dinámica del arroyo en la zona desértica mayoritariamente compuesta por suelos de texturas arenosas y arcillosas, con poca vegetación, se caracteriza por su rápida variabilidad. La Figura 5-133 muestra claramente cómo el cauce del arroyo ha experimentado desplazamientos significativos de hasta 60 m y ha abandonado antiguos cauces, como se evidencia en el año 2021.

Este arroyo exhibe una dinámica acelerada, donde los antiguos cauces abandonados son rápidamente sedimentados, especialmente debido a la presencia predominante de areniscas en la zona. Esta composición geológica también hace que la zona sea propensa a cambios frecuentes en el trazado de los cursos de agua. La combinación de estas condiciones geológicas y la escasez de vegetación contribuyen a una dinámica fluida y cambiante en el arroyo.

5.1.6.6.4.13 Arroyo Kanéhuakan

A continuación, en la Figura 5-134, se presenta el análisis multitemporal realizado para el arroyo Kanéhuakan.

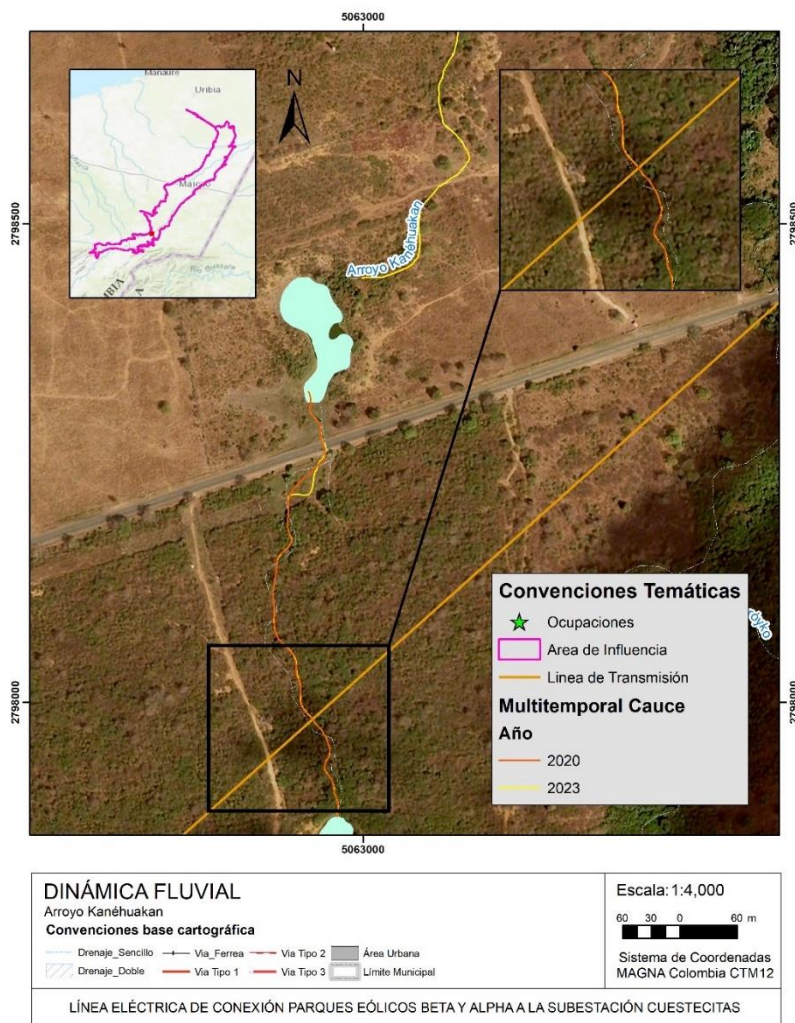


Figura 5-134 Variación del cauce arroyo Kanéhuakan

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Se puede observar que el tramo que se encuentra dentro de la zona de estudio presenta variaciones muy ligeras, casi imperceptibles, indicando que la corriente se encuentra en este tramo en una fase estable respecto a los procesos de sedimentación y erosión.

La dinámica fluvial de la zona de estudio muestra una clara diferenciación entre dos comportamientos distintos. En la zona sur, caracterizada por condiciones estables, se observan pocas variaciones en los cursos de agua debido a la alta densidad de vegetación y la composición geológica de los lechos fluviales. Por otro lado, en la zona norte, se evidencia una dinámica fluvial más cambiante y acelerada. Esta diferencia se atribuye a la baja densidad de vegetación y a la composición geológica de la zona, que favorecen los cambios rápidos en los cuerpos de agua.

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

La vegetación actúa como un estabilizador natural en la zona sur, reduciendo la erosión y manteniendo la estabilidad de los cursos de agua. En contraste, la falta de vegetación en la zona norte permite que los cursos de agua cambien de forma más dinámica, siendo más susceptibles a los efectos de la erosión y otros procesos geomorfológicos.

A continuación, se presenta el análisis de variación temporal de 6 lagunas mediante la digitalización en diferentes años del periodo 2005–2023; se consideraron 7 tramos localizados en su mayoría en la zona central y sur del área de influencia.

5.1.6.6.5 Análisis multitemporal de cuerpos lénticos

Dentro del área de influencia del proyecto se encontraron mediante la revisión de información secundaria e información primaria recopilada en campo 17 lagunas, las cuales en su mayoría se encuentran al sur del área de estudio gracias a la topografía más escarpada. Algunos de estos cuerpos de agua al momento de la vista se encontraron sin espejo de agua, sin embargo, se logra evidenciar presencia de humedad en el suelo y una geoforma asociada a lagunas.

5.1.6.6.5.1 Laguna Washington

Este cuerpo de agua en inmediaciones del casco urbano de Maicao no presenta grandes cambios en su extensión entre los años 2005 y 2023. Además, se puede notar que el espejo de agua en la laguna es cada vez es menor, de tal forma que aparecen y desaparecen a lo largo del tramo, ver Figura 5-135; actualmente son visibles cuerpos de agua hacia el extremo Este de la laguna.

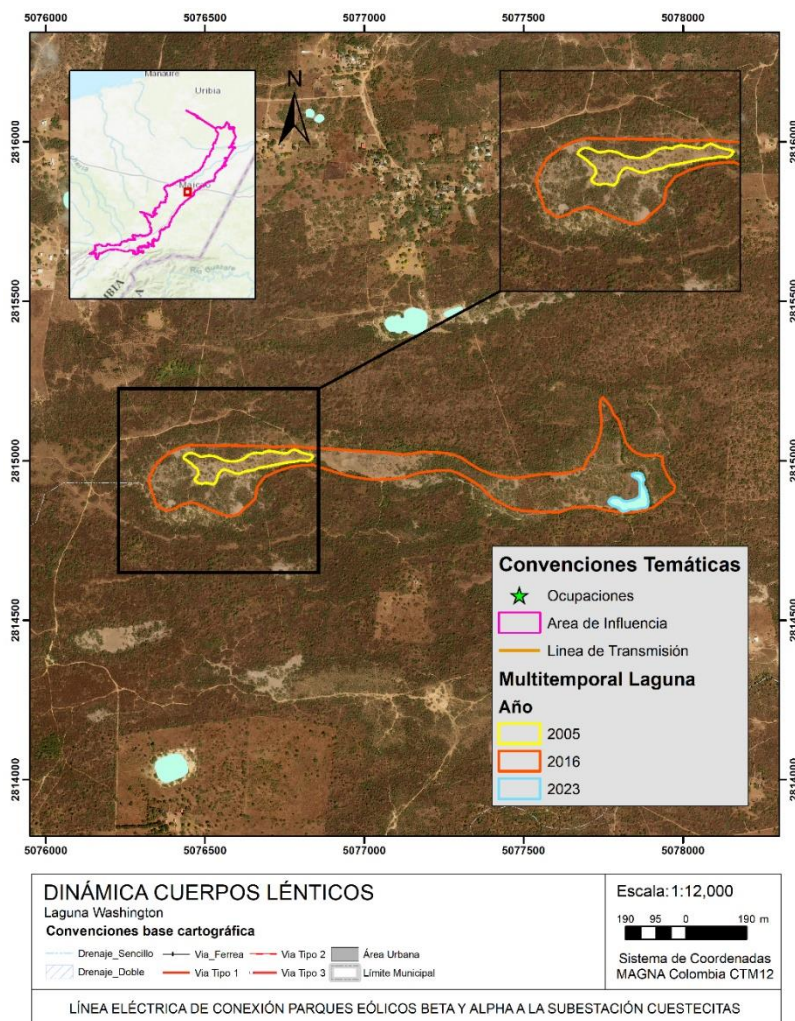


Figura 5-135 Variación de la laguna Washington

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.5.2 Laguna Arrariajuy

Laguna cercana al casco urbano de Maicao con una extensión de 86.000 m² aproximadamente. En esta laguna se analizaron dos tramos (tramo superior al norte de área de influencia de la laguna y tramo inferior al sur del área de influencia de la laguna) entre 2005 y 2023, donde se pudo observar que en el tramo superior tuvo muy poca variación en comparación con el tramo inferior. Esta laguna es en su mayoría seca, pero se pueden observar algunos pequeños cuerpos de agua, por ejemplo, en el último registro fotográfico del 2023, ver Figura 5-136.

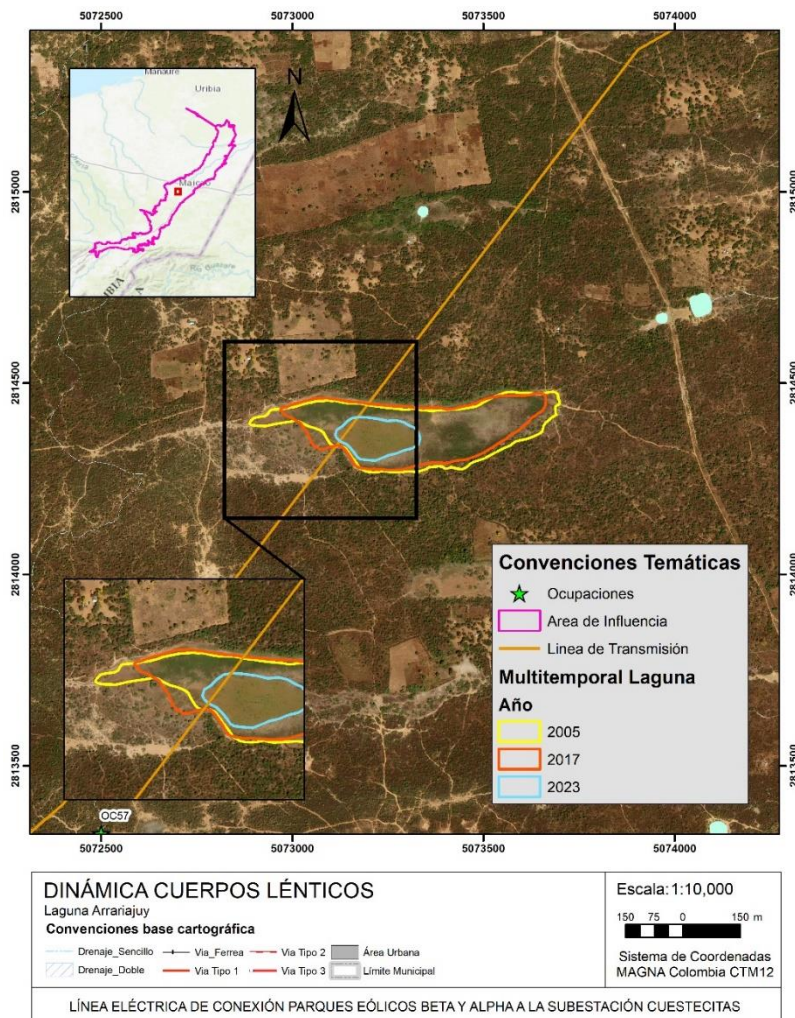


Figura 5-136 Variación de la laguna Arrariajuy

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.5.3 Zona pantanosa del territorio Marañamana

Esta zona pantanosa ubicada dentro del territorio Marañamana con una extensión de 1700 m² aproximadamente, se analizó en un periodo entre 2020 y 2023, en el cual se puede evidenciar el cambio de acuerdo con los periodos de sequía y lluvia, de forma tal que para el 2023 tiene más vegetación, ver Figura 5-137.

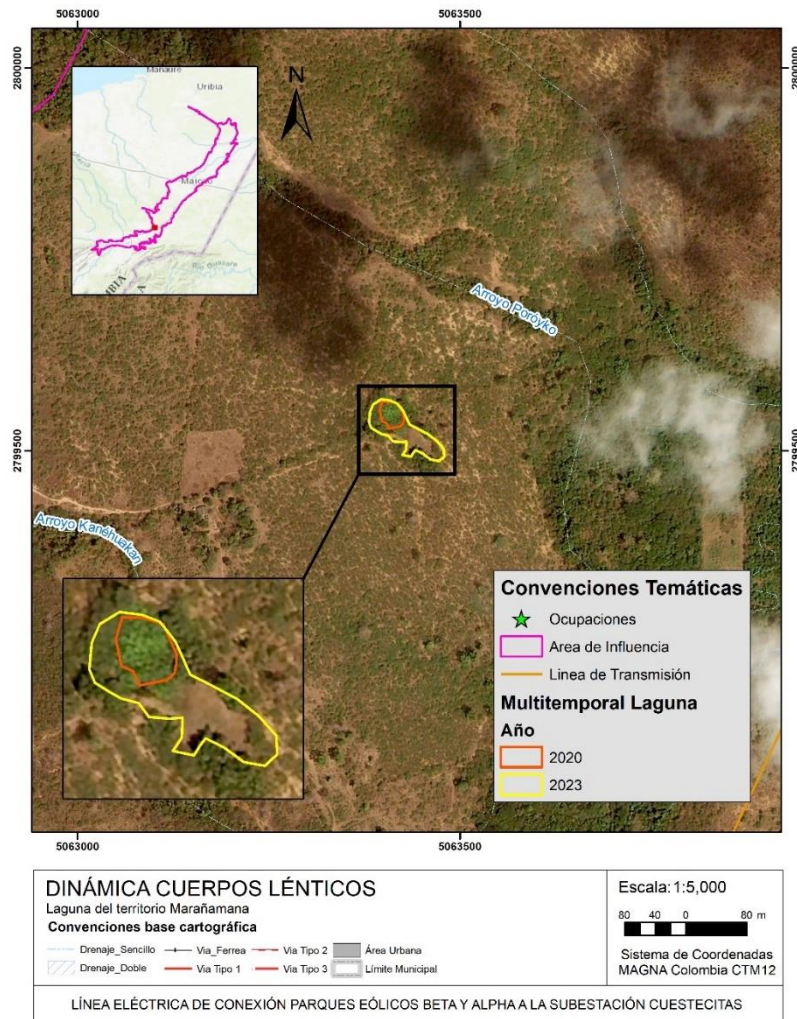


Figura 5-137 Variación de la zona pantanosa del territorio Marañamana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.5.4 Laguna dentro de los predios del Cerrejón

Al sur del área de estudio, se puede observar el desarrollo de la laguna ubicada dentro del predio del Cerrejón entre los años 2007 y 2019, periodo en el cual se evidencian grandes cambios que, de acuerdo con el medio en el que se encuentra, puede deberse a la actividad antrópica, ver Figura 5-138.

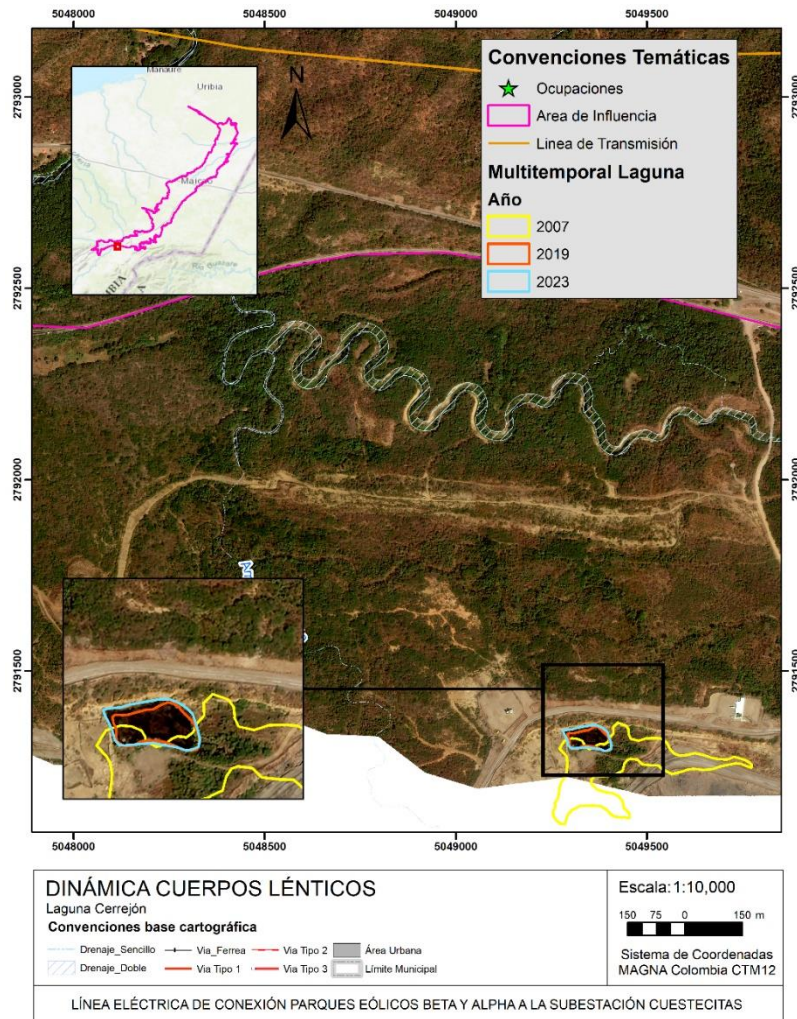


Figura 5-138 Variación de la laguna dentro de los predios del Cerrejón

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.5.5 Laguna Kurit

En esta laguna ubicada en inmediaciones del casco urbano de Maicao con una extensión de 30.000 m² aproximadamente, se pueden observar grandes cambios en la densidad del cuerpo de agua analizado entre los años 2013 y 2024, de la forma que actualmente solo se logran identificar dos “remanentes” de esta laguna consecuentes a las épocas de sequía en la zona, ver Figura 5-139. Así como también en épocas de lluvia se puede ver este cuerpo de agua en su totalidad dentro su extensión total.

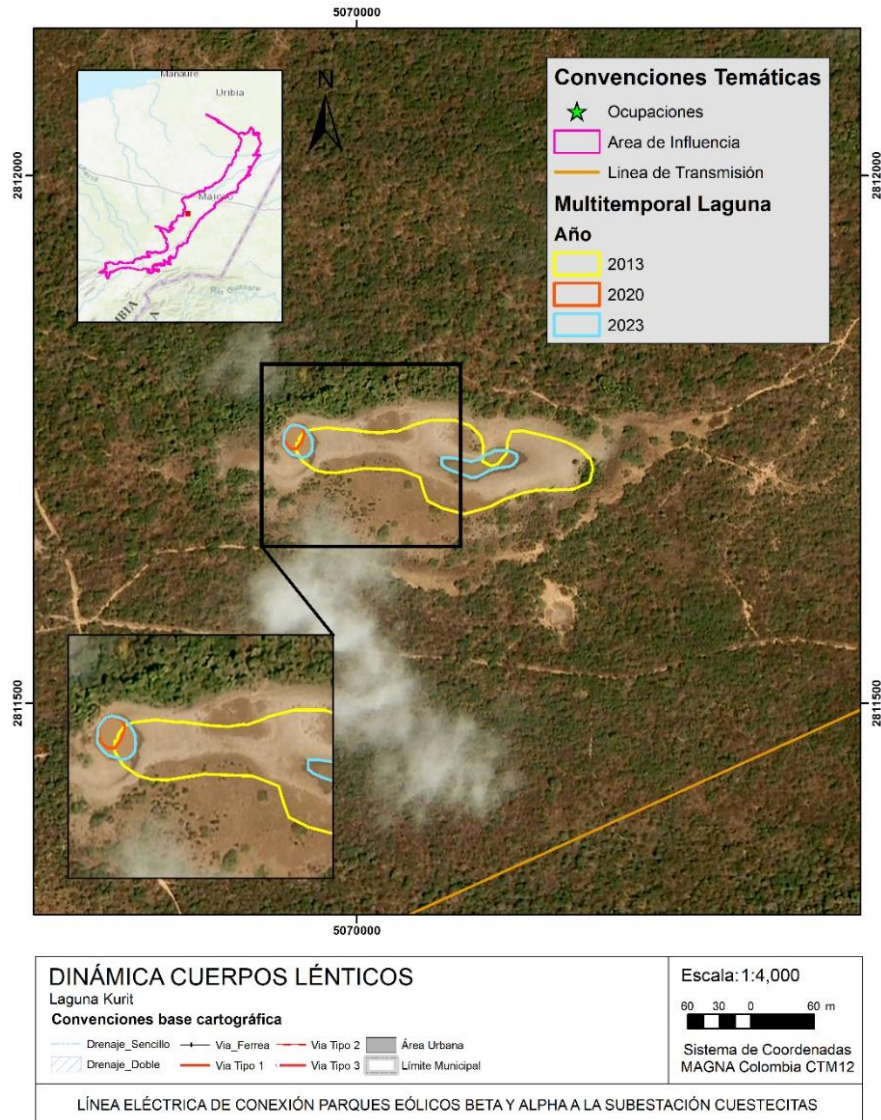


Figura 5-139 Variación de la laguna Kurit

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.5.6 Laguna en inmediaciones del corregimiento Cuestecitas

Hacia el sur del área de estudio, en inmediaciones del casco urbano del corregimiento Cuestecitas, se analizó esta laguna entre los años 2007 y 2019, ver Figura 5-140. Las variaciones de este cuerpo permiten evidenciar cambios muy leves en la densidad y la extensión del espejo del agua.

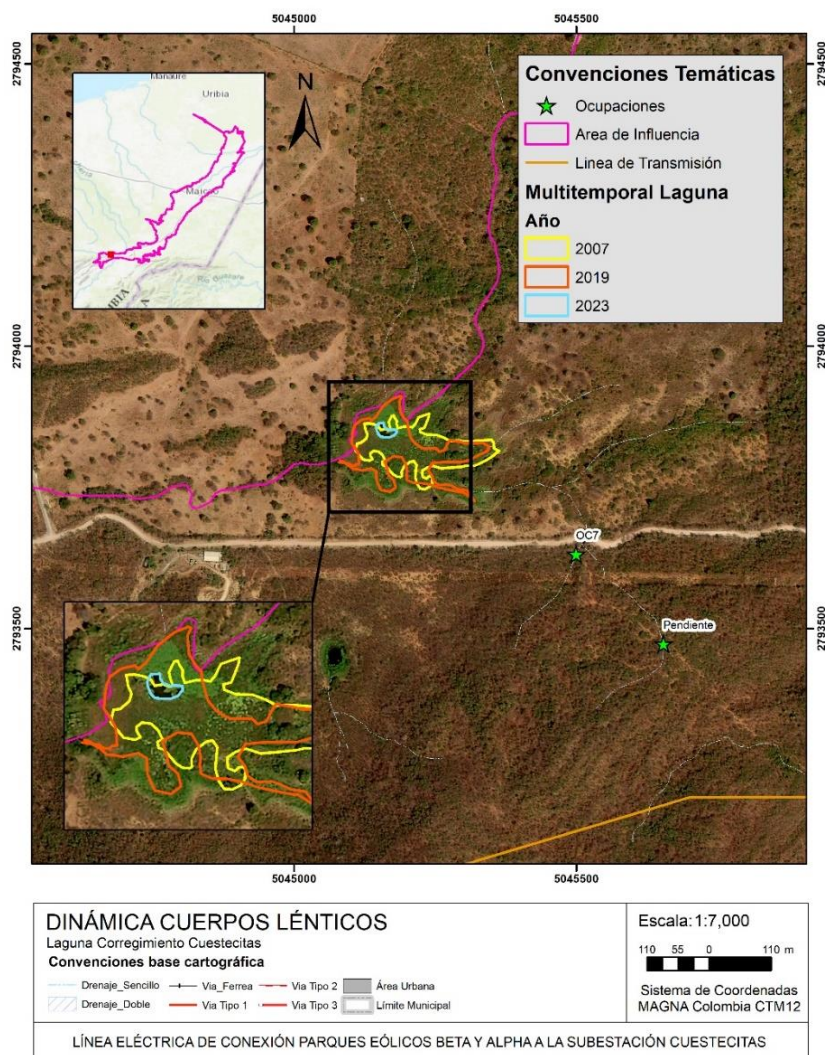


Figura 5-140 Variación de la laguna en inmediaciones del corregimiento Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.6 Relación espacio temporal de las inundaciones.

Las inundaciones son eventos hidrológicos recurrentes que pueden resultar extremadamente destructivos y forman parte de la dinámica natural de la evolución de un cuerpo de agua. Estos eventos suelen ser desencadenados por lluvias persistentes y generalizadas, lo que provoca un aumento gradual del nivel del agua dentro de un cauce. Cuando este nivel supera la altura de las

orillas, se produce un desbordamiento y la dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y áreas circundantes que normalmente no están bajo el agua.

En una clasificación básica, se pueden distinguir dos tipos principales de inundaciones. Las inundaciones lentas ocurren típicamente en zonas planas de ríos con amplios valles aluviales. Durante estos eventos, los aumentos diarios en el nivel del agua son relativamente pequeños, del orden de centímetros, pero afectan vastas extensiones de tierra. Esta descripción refleja la naturaleza gradual y extendida de las inundaciones lentas, que pueden tener consecuencias significativas en términos de daños a la propiedad y alteraciones en los ecosistemas locales.

5.1.6.6.1 Relación espacial de las inundaciones.

El IDEAM, en colaboración con otras entidades estatales como el IGAC y el DANE, llevó a cabo la evaluación, análisis y monitoreo de las afectaciones por inundaciones asociadas al fenómeno de La Niña entre 2010 y 2011. En este informe se incluye una representación temática de las zonas susceptibles a inundaciones a una escala de 1:500.000, utilizando como base el mapa de sistemas morfogénicos. Esta información se obtuvo a partir de la evaluación de los impactos y la determinación de las áreas afectadas por las inundaciones durante dicho periodo.

El IDEAM también identificó las áreas afectadas por inundaciones durante los eventos de La Niña en los periodos de 2010–2011 a una escala de 1:100.000, mediante la interpretación de imágenes de radar y ópticas. Las áreas afectadas se pueden observar en ver Figura 5–141.

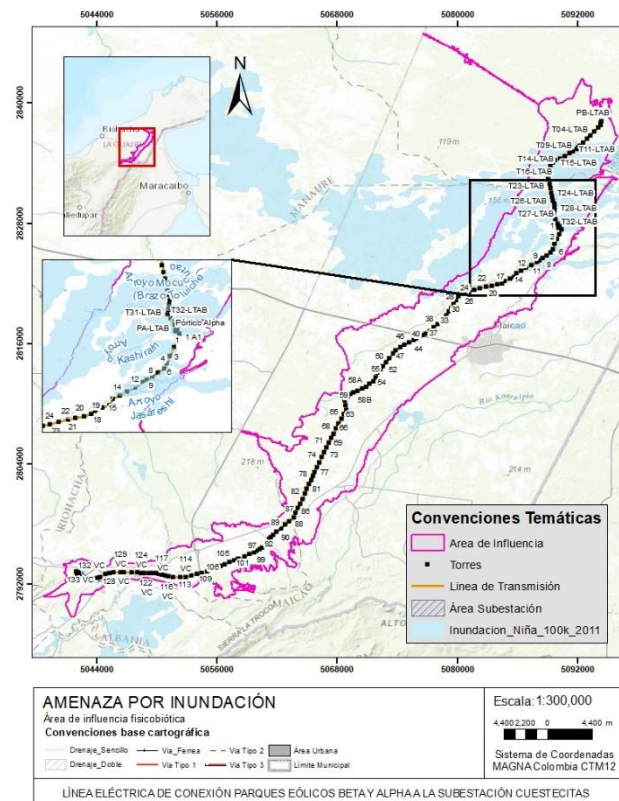


Figura 5–141 Mapa de susceptibilidad a la inundación (IDEAM – 2011) a escala 1:100.000 en el área de influencia.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En el año 2011, se observaron desbordamientos de la capacidad hidráulica de los Arroyo Talmasol, Arroyo Mocucutao, Arroyo Kashirain, Arroyo Irruaín, Arroyo Shishipec Tailkat, y parte baja de la cuenca Arroyo Amaripa.

5.1.6.6.2 Análisis Susceptibilidad a inundaciones.

De acuerdo con la Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación – IDEAM, 2017, el mapa de susceptibilidad a la inundación (lenta o súbita) y los límites externos para un evento extremo elaborado por la superposición de áreas potencialmente inundables y los usos del suelo y otros parámetros que representen daño potencial. Pr tanto, la zona afectada es una superposición de más topográficos, imágenes satelitales y mapas temáticos con el fin de establecer las condiciones de inundación predominantes.

Para el proyecto, se emplearon insumos de geomorfología y coberturas terrestres, además de datos hidrológicos obtenidos durante la verificación en campo de los sucesos extremos reportados por la comunidad durante una visita a la zona y la red hídrica local. Utilizando esta información a la escala del proyecto, se identificaron las zonas con susceptibilidad a la inundación. Este análisis se llevó a cabo mediante la reclasificación de las capas pertinentes utilizando el programa ARCGIS y su librería ARC TOOL BOX. Este proceso permitió establecer las zonas de susceptibilidad e implementar la ponderación de los rangos de susceptibilidad. cómo se observa en la Tabla 5-127

Tabla 5-127 Categorías de susceptibilidad a las inundaciones

NIVEL	SUSCEPTIBILIDAD
5	Muy Alta
4	Alta
3	Media
2	Baja
1	Muy Baja

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

A continuación, se relaciona la reclasificación de las unidades de los mapas temáticos para la definición de la susceptibilidad a la inundación en el área de influencia del proyecto.

5.1.6.6.2.1 Susceptibilidad por inundaciones en función de las unidades geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas desempeñan un papel fundamental en la ocurrencia de inundaciones, ya que afectan la forma en que el agua fluye sobre la superficie del terreno y se acumula. Las zonas bajas, caracterizadas por pendientes menores, tienden a facilitar la acumulación del agua de desborde de los ríos, ya que están limitadas por las geoformas elevadas. En el área de influencia del proyecto, las geoformas predominantes se desarrollan en ambientes eólicos y denudacionales

Los ambientes denudacionales y estructurales, presentan elevaciones mayores que limitan la ocurrencia de inundaciones, pero favorecen los procesos de escurrimiento del agua hacia ambientes eólicos y aluviales.

Los ambientes eólicos, plana y árida, y los materiales son en su mayoría de origen eólico se encuentran en zonas de planicie y áridas, evidencia algunos rasgos de erosión en los arroyos estacionales circundantes, también la ahí presencia leve de algunos materiales de gravas finas a medianamente gruesas, muy cementadas y subredondeadas, depositadas por la influencia de inundaciones que ocurren cada vez que se presentan lluvias

Por otro lado, los ambientes Antropogenicos y fluvial predominan a lo largo de toda la red hídrica, son zonas que tiene la mayor susceptibilidad a inundarse.

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

A partir del mapa de geomorfología se generó una reclasificación y posterior calificación con base en la categoría de amenaza asociada a cada una de las unidades geomorfológicas presentes en el área de influencia, como se presenta en la Tabla 5-128.

Tabla 5-128 Sectores susceptibles a la inundación a partir del componente y/o elemento geomorfológico.

OBSERV	SUSCEP
Cortes y llenos antrópicos	1
Dunas antiguas	3
Campo de dunas remontantes	4
Cerro de falla	1
Cerro estructural	1
Cerro residual	1
Colina estructural	1
Cuerpos de agua artificiales	5
Dunas	4
Jaguey	5
Ladera abrupta ondulada colinada	1
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	1
Ladera denudada muy escarpada	1
Ladera erosiva	1
Ladera erosiva muy escarpada	1
Ladera escarpada ondulada	1
Ladera estructural de sierra sinclinal	1
Ladera inclinada ondulada	1
Ladera muy abrupta	1
Ladera muy escarpada	1
Ladera muy inclinada	1
Ladera ondulada	1
Ladera ondulada muy abrupta	1
Llanura aluvial de inundación	4
Loma denudada	1
Loma residual	1
Lomeríos disectados	1
Lomeríos muy disectados	1
Lomeríos poco disectados	2
Lomo de falla	1
Lomo denudado bajo de longitud larga	1
Mantos de arena eólica	3
Montículo y ondulaciones denudacionales	2
Planicie colinada denudada	2
Planicie eólica	3
Planicie muy colinada	2
Planicie poco colinada	3
Plano aluvial confinado	4
Relleno sanitario	1
Ríos	5
Superficie de erosión o aplanamiento	2
Terraza de acumulación antigua	2
Tierras desnudas y degradadas	2
Zonas pantanosas	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

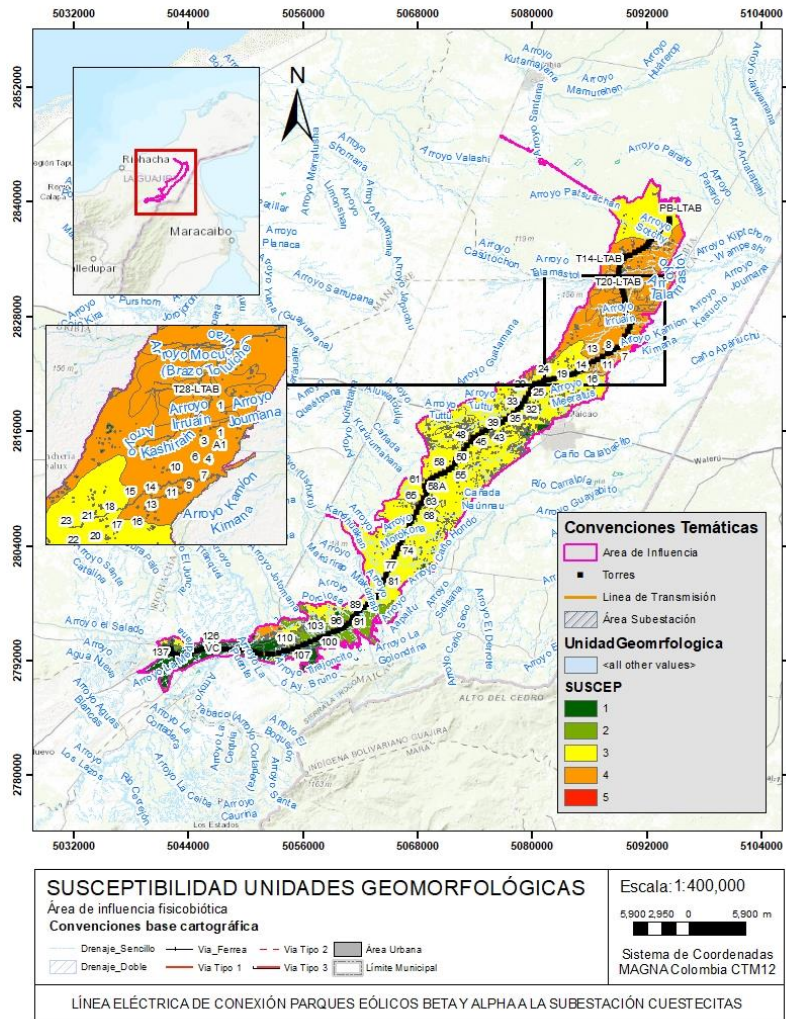


Figura 5-142 Mapa de susceptibilidad a la inundación a partir de la geomorfología.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Las unidades asociadas con la mayor susceptibilidad a la inundación están asociadas a Los ambientes eólicos, ubicados en las cuencas de los Arroyo Talmasol, Arroyo Mocucutao, Arroyo Kashirain, Arroyo Irruaín, Arroyo Shishipeck Tailkat, y parte baja de la cuenca Arroyo Amaripa.

○ Susceptibilidad por inundaciones en función de las coberturas de la tierra

Las coberturas vegetales desempeñan un papel fundamental en la ocurrencia de inundaciones debido a su influencia en los procesos hidrológicos y su capacidad para retener agua en los ecosistemas. Las plantas y la vegetación boscosa contribuyen a mejorar la capacidad de infiltración del suelo, lo que reduce la fuerza de la lluvia y, por lo tanto, la erosión del suelo. Además, actúan como una esponja natural al absorber y retener agua en el suelo. Esta capacidad de retención del agua permite regular los flujos hídricos liberando gradualmente el agua almacenada después de los eventos de lluvia, lo que ayuda a regular los caudales y reduce el riesgo de

inundaciones. Considerando esto, a continuación, se presenta la categorización de las unidades de coberturas vegetales. Ver Tabla 5-129.

Tabla 5-129 Susceptibilidad a la Inundación a partir de la cobertura de la tierra.

OBSERV	SUSCEP_C
Arbustal abierto	2
Arbustal denso	2
Áreas turísticas	1
Bosque de galería y ripario	4
Cuerpos de agua artificiales	5
Herbazal abierto arenoso	3
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5
Melon	1
Otros cultivos permanentes arbóreos	1
Otros cultivos transitorios	2
Pastos arbolados	2
Pastos enmalezados	2
Pastos limpios	2
Red ferroviaria y terrenos asociados	1
Red vial y territorios asociados	2
Relleno sanitario	1
Ríos (50 m)	5
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	2
Tierras desnudas y degradadas	3
Vegetación secundaria alta	2
Vegetación secundaria baja	2
yuca	1
Zonas industriales	1
Zonas pantanosas	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Las coberturas vegetales que mayores calificaciones tienen son los cuerpos de agua tanto naturales como artificiales y los bosques de galería, mientras que, los más bajos corresponden a plantaciones y zonas urbanas. La susceptibilidad a la inundación por coberturas vegetales dentro del área de influencia del proyecto. A partir de la calificación de las coberturas de la tierra en función de la susceptibilidad a la inundación se encontró los siguientes resultados.

Tabla 5-130 Porcentaje del área de influencia bajo categoría de susceptibilidad.

Susceptibilidad	Área (ha)	Área (%)
Muy Alta	237,42	0,52%
Alta	46,48	0,10%
Media	12449,38	27,40%
Baja	32406,57	71,31%
Muy Baja	303,13	0,54%

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

Susceptibilidad Baja Predominante: La mayor parte del área de influencia del componente hidrológico–evaluada muestra una susceptibilidad baja (71,31%). Esto sugiere que, en términos generales, Estas áreas son menos críticas en términos de susceptibilidad, lo que puede influir en decisiones sobre su uso y desarrollo.

Susceptibilidad Media: El 27,40% del área de influencia del componente hidrológico–evaluada muestra una susceptibilidad media, esto sugiere que, en términos generales, la zona podría enfrentar ciertos riesgos o amenazas, pero no se considera extremadamente vulnerable ni completamente segura.

Significativa Susceptibilidad Alta y Muy alta: Un muy bajo porcentaje del área de influencia del componente hidrológico presenta una susceptibilidad Alta y Muy (0,10% y 0,52% respectivamente). Estas áreas, aunque escasas tienen una mayor propensión a enfrentar riesgos, lo cual es importante tener en cuenta al considerar el uso y desarrollo de estas zonas, con especial atención en cualquier análisis o planificación futura.

En resumen, el análisis de susceptibilidad del área de influencia del componente hidrológico revela que, aunque la mayoría del área presenta susceptibilidad baja, existen escasas zonas con alta y muy alta susceptibilidad que son relevantes para cualquier consideración futura sobre el uso y desarrollo de estas áreas. Las zonas con baja y muy baja susceptibilidad presentan menores desafíos en este contexto.

La Figura 5-144 presenta el mapa de susceptibilidad por inundación calculado para el área de influencia del componente hidrológico.

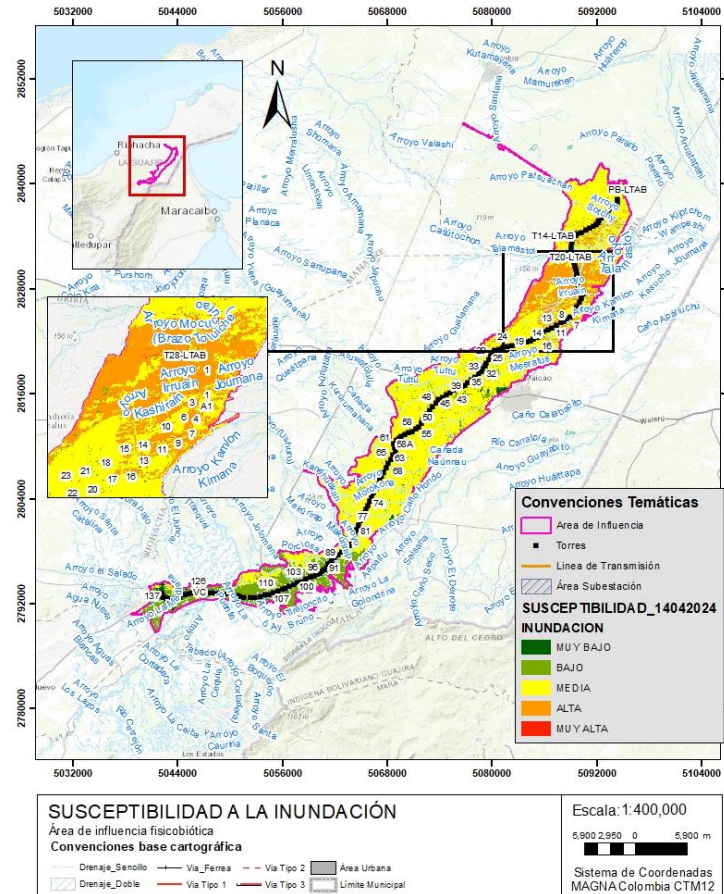


Figura 5-144 Susceptibilidad a la inundación

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

La Figura 5-144 expone la vulnerabilidad a inundaciones del área de estudio, una evaluación que se corresponde fielmente con las observaciones realizadas en terreno. Se identificaron diversas áreas en la zona norte altamente susceptibles a inundaciones, incluyendo zonas a las que no fue posible acceder debido a su estado de anegamiento. Se observó una presencia significativa de cuerpos de agua lénticos en las áreas clasificadas como de alta o muy alta susceptibilidad a la inundación. De manera general, la mayor parte del área de estudio presenta una susceptibilidad media, lo que se alinea con la geomorfología característica de la zona. Además, es importante destacar que las zonas de alta susceptibilidad coinciden con las áreas que fueron inundadas durante el evento climático de La Niña en el año 2011. La comprensión detallada de estas dinámicas es crucial para la planificación urbana y la gestión de riesgos, permitiendo desarrollar estrategias más efectivas para proteger a las comunidades vulnerables y minimizar los impactos económicos y ambientales de futuras inundaciones.

5.1.6.6.7 Metodología para obtener amenaza por inundaciones

Para la generación de mapas de amenaza por inundaciones se requiere de registros de ocurrencias y de variables detonantes, que en conjunto con la susceptibilidad permiten 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. A continuación, se presenta el análisis de amenaza por inundación para el área de influencia fisicobiótica del presente estudio.

5.1.6.6.7.1 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, en la Tabla 5–131 se detalla el número de eventos de inundación por fecha y municipio.

Tabla 5–131 Eventos de inundación reportados en el área de estudio

Fecha	Municipio	No Eventos
23/4/2012	MAICAO	1
9/9/2013	MAICAO	2
10/11/2013	MAICAO	
20/9/2014	-	0
1/1/2015	-	0
30/9/2016	-	0
9/9/2017	-	0
2/1/2018	ALBANIA	3
4/10/2018	ALBANIA	
4/10/2018	MAICAO	
28/08/2019	MAICAO	1
26/8/2020	MAICAO	2
4/11/2020	MAICAO	
6/9/2021	MAICAO	2
27/7/2021	MAICAO	
4/11/2022	ALBANIA	3
8/11/2022	MAICAO	
8/11/2022	MAICAO	
31/5/2023	ALBANIA	7
10/9/2023	ALBANIA	
21/10/2023	MAICAO	
2/11/2023	MAICAO	
6/11/2023	ALBANIA	
11/11/2023	ALBANIA	
28/11/2023	MAICAO	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Cabe resaltar que los eventos se seleccionaron en función a su cercanía al área de influencia fisicobiótica del proyecto de acuerdo con el reporte que proporciona el consolidado de emergencia de los municipios de Albania y Maicao. A partir de estos registros, se procedió a calificar la recurrencia de las inundaciones.

➤ Factor de recurrencia (Finun)

Mediante este factor se determina el promedio de ocurrencia de las inundaciones por año en un periodo de tiempo determinado. En este caso el periodo corresponde a 2012–2023.

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. Donde n_{Min} es el menor número de inundaciones registrados dentro del periodo y n_{Max} el mayor número de inundaciones.

El factor de recurrencia normalizado por inundación en el periodo 2012–2023 es de 0,25, lo que permite categorizar al área de estudio con una amenaza baja en función del factor de recurrencia de eventos, ver Tabla 5–132 y Figura 5–145.

Tabla 5–132 Categorización del inventario de eventos

Frecuencia de eventos normalizada	Amenaza	
	Categoría	Calificación
0 – 0,2	MUY BAJA	1
0,2 – 0,4	BAJA	2
0,4 – 0,6	MEDIA	3
0,6 – 0,8	ALTA	4
> 0,8	MUY ALTA	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

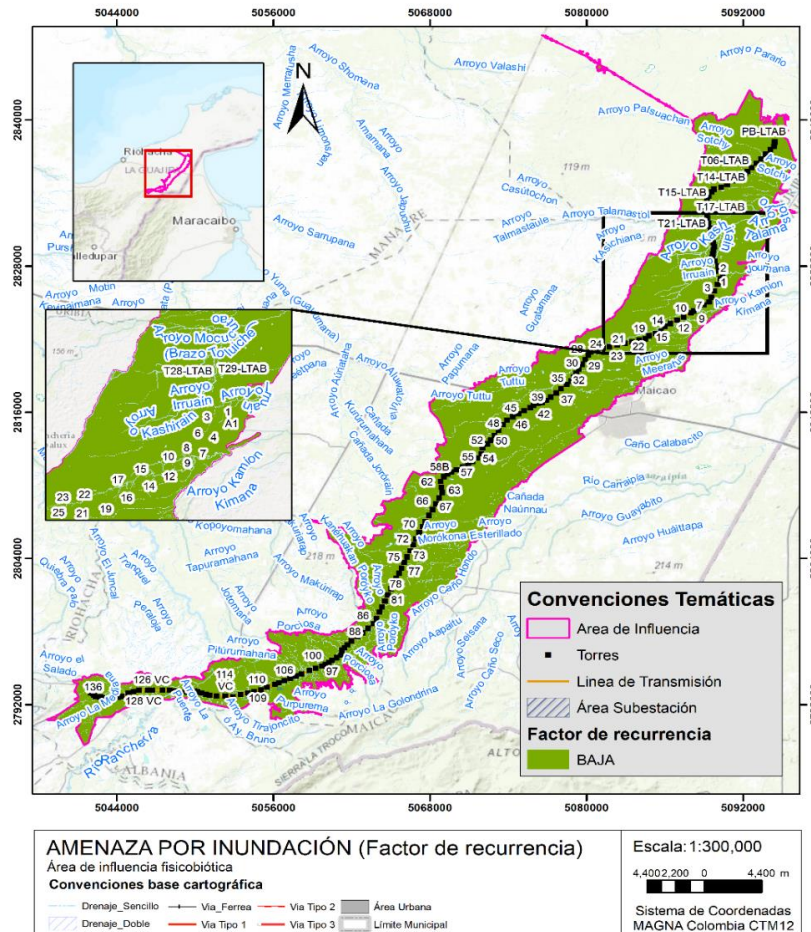


Figura 5–145 Recurrencia de inundaciones.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.7.2 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. Por esta razón, se definieron los intervalos mostrados en la Tabla 5-133.

Tabla 5-133 Categorización de la precipitación media

Precipitación (mm)	Amenaza	
	Categoría	Calificación
0 - 1000	MUY BAJA	1
1000 - 1500	BAJA	2
1500 - 2000	MEDIA	3
2000 - 2500	ALTA	4
> 2500	MUY ALTA	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

En el área de influencia fisicobiótica se estimó una precipitación media de 852,08 a partir de los datos de precipitación analizados en el capítulo 5.1.6.2.1 del presente informe, lo que permite definirla como una zona con precipitaciones muy bajas. En la Figura 5-146 se presenta la categorización por esta variable.

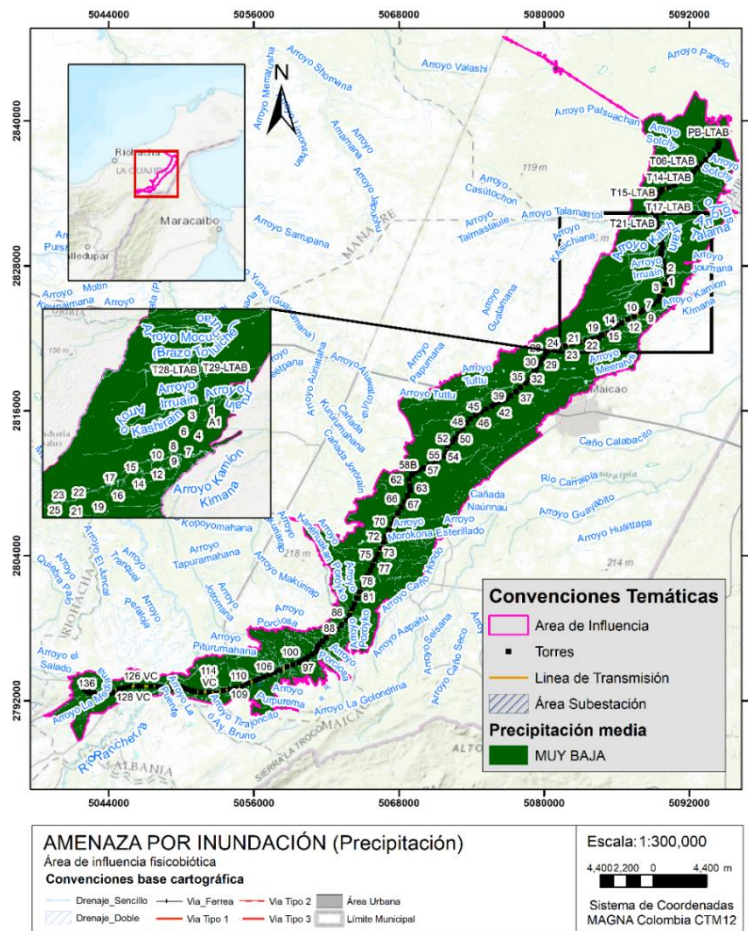


Figura 5-146 Precipitación media.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

5.1.6.6.7.3 Zonificación de amenaza por inundación.

Considerando la susceptibilidad, el inventario de eventos y la precipitación se estimó la amenaza por inundación (ver Figura 5-147), a partir de la siguiente ponderación.

$$\text{AmenInun} = (\text{Susceplnun} * 0,5) + (\text{FactorRec} * 0,25) + (\text{Precip} * 0,25)$$

Donde

- AmenInun: amenaza por inundación,
- Susceplnun: calificación de la susceptibilidad por inundación,
- FactorRec: calificación del factor de recurrencia y
- Precip: calificación de la precipitación media del área de influencia fisicobiótica.

Se pudo encontrar que la amenaza predominantemente es baja en 39631,05 hectáreas, lo que representan cerca del 87,19% del área de estudio (ver Tabla 5-134 y Figura 5-148).

Tabla 5-134 Resultados amenaza por inundación

Amenaza	Área	
	ha	%
MUY BAJA	242,58	0,53
BAJA	39631,05	87,19
MEDIA	5579,55	12,27

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

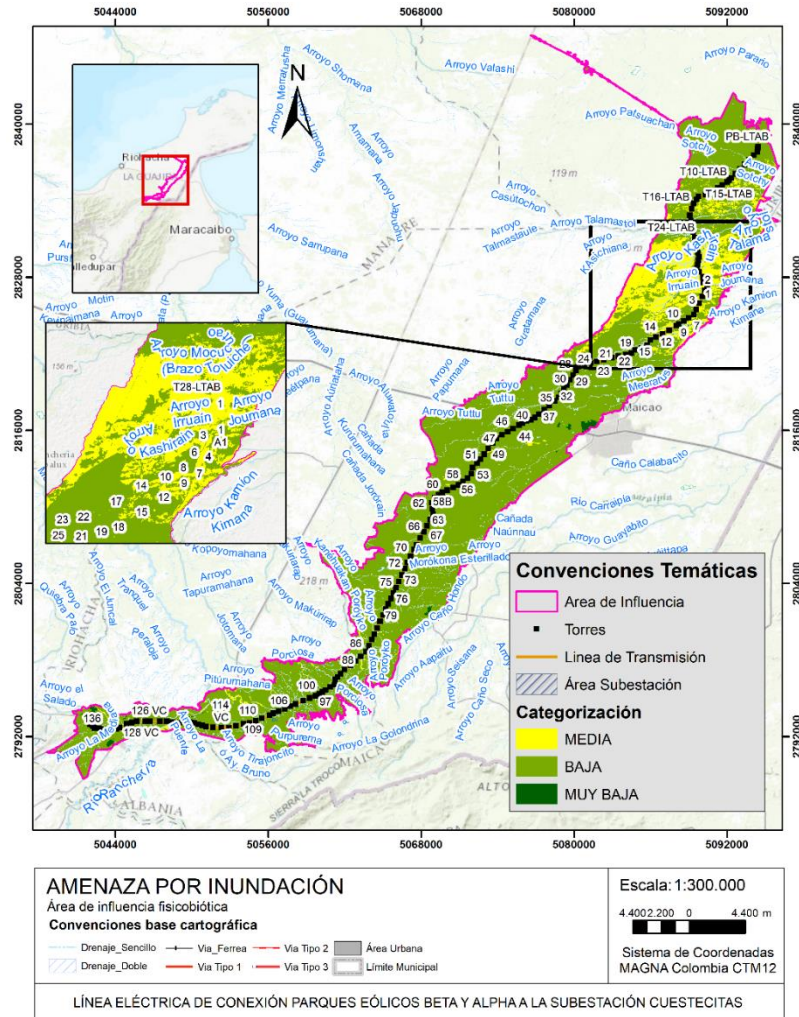


Figura 5-147 Amenaza por inundación

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

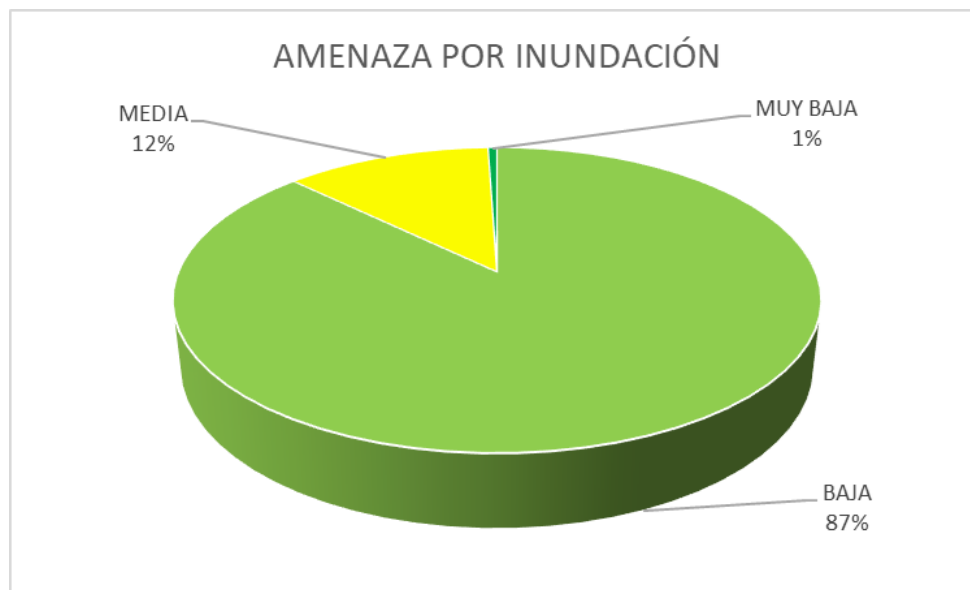


Figura 5-148 Porcentaje del área de influencia con amenaza por inundación.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024.

En general, las zonas de amenaza media abarcan aproximadamente 5579.55ha (12.27%) asociadas sobre todo a la influencia de la susceptibilidad alta a muy alta. Adicionalmente, zonas donde no hay registros históricos de inundaciones, donde el cuerpo hídrico asociado tiene una menor incidencia o donde hay un aumento en el índice de relieve, son catalogadas como zonas de amenaza muy baja con 242,58 ha (0.53%) que están principalmente relacionadas con crestones y lomas del paisaje morfogenético de montaña y lomerío al occidente y centro de la cuenca.

Aunque la dinámica fluvial predominante de la cuenca está orientada a fenómenos torrenciales es importante tener en cuenta esta zonificación, sobre todo asociada a eventos causados por variabilidad climática que permita que se superen las cotas máximas de inundación en los cauces y causen desbordamientos en los mismos.

Si bien conceptualmente es claro que los fenómenos de inundación están estrechamente asociados a los cuerpos de agua, es importante conservar una zonificación para toda el área de la cuenca para siguientes evaluaciones principalmente aquellas que implican el riesgo por este tipo de amenaza, razón por la cual en los anexos cartográficos (mapas) se incluyen ambas zonificaciones para que puedan ser usadas dependiendo del tipo de análisis asociados a inundaciones (véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.6 Hidrología).



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

CAPITULO 5.1.7. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA CALIDAD DEL AGUA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.7	Calidad del agua	1
5.1.7.1	Ubicación de los puntos de monitoreo Época Húmeda	3
5.1.7.2	Marco Normativo y Condiciones de Referencia	4
5.1.7.3	Monitoreos Época Húmeda	19
5.1.7.4	Resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales Época Húmeda	19
5.1.7.5	Análisis de resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales Época Húmeda	22
5.1.7.6	Índice de calidad de agua (ICA) Época Húmeda	26
5.1.7.7	Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	28
5.1.7.8	Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)	28
5.1.7.9	Índice de Contaminación por Trófica – ICOTRO	28
5.1.7.10	Índice de Contaminación por pH (ICOpH)	28
5.1.7.11	Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo Época Seca.....	30
5.1.7.12	Marco Normativo y Condiciones de Referencia	31
5.1.7.13	Monitoreo Época Seca	32
5.1.7.14	Resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales Época Seca...32	
5.1.7.15	Análisis de resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales, época seca.	34
5.1.7.16	Índice de calidad de agua (ICA) Época Seca	36
5.1.7.17	Índices de Contaminación (ICOMO), (ICOSUS)(ICOTRO), (ICOpH)	37
5.1.7.18	Análisis Multitemporal o comparativo de Agua Superficial 2023–2024	38
5.1.7.19	Índices de Calidad de agua	50
5.1.7.20	Índice de Contaminación del agua	50
5.1.7.21	Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)	52
5.1.7.22	Conclusiones	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Correlación de ID	2
Tabla 5-2	Marco Normativo aplicable al análisis de Calidad de agua	5
Tabla 5-3	IDs monitoreos eliminados por actualización base cartográfica	6
Tabla 5-4	Resultados de campo vs Decreto 1076 de 2015	6
Tabla 5-5	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 – I	8
Tabla 5-6	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 II	9
Tabla 5-7	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 III	10
Tabla 5-8	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 IV	11
Tabla 5-9	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 V	12
Tabla 5-10	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VI	13
Tabla 5-11	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VII	14
Tabla 5-12	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VIII	15
Tabla 5-13	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 IX	16
Tabla 5-14	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 X	17
Tabla 5-15	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 XI	18
Tabla 5-16	Resultados de campo – Muestreo simple.....	19
Tabla 5-17	Resultados de campo– Muestreo integrado LEN4.....	20
Tabla 5-18	Resultados de campo– Muestreo integrado– LEN14	21
Tabla 5-19	Resultados de campo– Muestreo integrado– LEN29.....	21
Tabla 5-20	Resultados de campo – Muestreo integrado– LEN30	21
Tabla 5-21	Resultados de campo – Muestreo integrado– LEN31_1C	21
Tabla 5-22	Clasificación ICA.....	26
Tabla 5-23	Valor obtenido para cada variable (índice).....	26
Tabla 5-24	Significancia de los índices de contaminación (ICOs).	29
Tabla 5-25	Resultado final de la determinación de ICOMO/ICOSUS/ICOTRO/ICOpH para la primera campaña.....	29
Tabla 5-26	Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015.....	31
Tabla 5-27	Resultados de campo campaña 2 – Muestreo simple.	33
Tabla 5-28	Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN4.	33
Tabla 5-29	Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN14.	33
Tabla 5-30	Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN29.....	34
Tabla 5-31	Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN30.....	34
Tabla 5-32	Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DBO ₅	35
Tabla 5-33	Valores de ICA, para cada punto de monitoreo	36
Tabla 5-34	Resultado final de la determinación de ICOMO/ICOSUS/ICOTRO/ICOpH para la segunda campaña.....	37
Tabla 5-35	Resultados de laboratorio Campaña 1– I.....	42
Tabla 5-36	Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DBO ₅	45
Tabla 5-37	Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DQO.....	46
Tabla 5-38	Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en los SST.....	47
Tabla 5-39	Concentraciones estándares de dureza.....	48
Tabla 5-40	Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables	50
Tabla 5-41	Categorías del índice de alteración potencial de la calidad del agua.	54
Tabla 5-42	Índice de Alteración del potencial de la Calidad del Agua (IACAL).	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Ubicación puntos de monitoreo de agua superficial (Campaña 1. Época Húmeda)	4
Figura 5-2	Calidad de agua superficial en relación a DBO ₅	23
Figura 5-3	Calidad de agua superficial en relación a DQO	24
Figura 5-4	Calidad de agua superficial en relación a SST	25
Figura 5-5	Ubicación puntos de monitoreo de agua superficial	31
Figura 5-6	Índices de Contaminación del agua	38
Figura 5-7	Número de puntos monitoreados.	38
Figura 5-8	Resultados de campo campaña 1 vs Decreto 1076 de 2015	39
Figura 5-9	Resultados de campo campaña 2 vs Decreto 1076 de 2015	40
Figura 5-10	Cumplimiento del pH – Campaña 1.....	40
Figura 5-11	Cumplimiento del pH – Campaña 2.....	41
Figura 5-12	Cumplimiento de la Turbiedad Campaña 1.....	48
Figura 5-13	Cumplimiento de la Turbiedad Campaña 2	49
Figura 5-14	distribución en porcentaje del Índice de calidad del agua.....	50
Figura 5-15	distribución en porcentaje del Índices de contaminación del agua – Época Húmeda (Campaña 1)	51
Figura 5-16	Distribución en porcentaje del Índices de contaminación del agua – Época Seca (Campaña 2)	52
Figura 5-17	Procedimiento metodológico para la evaluación de la calidad del agua y presiones por contaminación.....	54
Figura 5-18	Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL, para condiciones hidrobiológicas de año medio.	55
Figura 5-19	Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL, para condiciones hidrobiológicas de año seco.....	56

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.7 Calidad del agua

La calidad del agua es un factor que en gran medida limita la disponibilidad del recurso hídrico restringiendo el rango y amplitud de su uso. Los ríos colombianos reciben y transportan cargas de aguas utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas directamente a los cuerpos de agua sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre.

El estado ambiental en que se encuentra el recurso hídrico, en cuanto a sus condiciones fisicoquímicas, bacteriológicas e hidrobiológicas, permite establecer el tipo de uso que se le puede dar a este bajo ciertos estándares de calidad que pueden ser alterados de diferente forma, tanto directa como indirectamente, por aporte de diferentes agentes provenientes de la dinámica natural del entorno (aportes de materia orgánica, arrastre de sedimentos, etc.), o por actividades antrópicas que modifican las condiciones normales del recurso.

De acuerdo con los términos de Referencia TdR-17, este numeral tiene por objeto conocer las características propias de los cuerpos de agua superficiales localizados en el área del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.

Es importante mencionar que, de acuerdo a las características constructivas y operativas del proyecto no se contempla la intervención de ninguna fuente hídrica para captación, ni vertimiento de agua, puesto que la demanda hídrica se suplirá mediante la compra de agua a empresas que cuenten con los respectivos permisos por parte de la autoridad ambiental competente para el suministro del recurso, para uso tanto doméstico como industrial, y será transportada a medida que avance la construcción de la obra desde las empresas autorizadas.

Por otro lado, se considera que, durante el proceso constructivo de las líneas de transmisión, este proyecto plantea la solicitud de 92 puntos de ocupaciones de cauce, asociados a los accesos de sitios de torre, plazas de tendido y patios de almacenamiento.

Para conocer el estado actual de la calidad del agua en el área de influencia del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas; se realizaron dos (2) campañas de monitoreos de evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial así: La primera campaña se llevó a cabo en época húmeda o lluviosa desde el 29 de septiembre hasta el 28 de diciembre del año 2023. Y la segunda campaña se realizó en época seca del 1 al 25 de febrero del año 2024. (Ver 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.7 Calidad del agua).

Finalmente, hay que decir también que se encontraron diversas dificultades para obtener datos debido a conflictos internos en las comunidades, disputas de representatividad y obstáculos en el proceso de relacionamiento; 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, no se logró contar con los permisos de ingreso respectivos en 14 puntos proyectados con ocupación de cauce que hacen parte del área de influencia directa del proyecto (Ver 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.3 Medio socioeconómico).

En el resumen de análisis multitemporal de la calidad de agua superficial se presenta el resultado de doscientos dieciocho (218) puntos para la primera campaña (Época húmeda) y doscientos doce (212) puntos de monitoreo para la segunda campaña, (Época Seca) ubicados en los municipios de Maicao, Uribia y Albania, en el departamento de La Guajira. Cabe resaltar que en la primera campaña (año 2023) ciento sesenta y seis (166) puntos se encontraron secos, y se realizó toma de muestras en cincuenta y dos (52) puntos, mientras que en la segunda campaña (año 2024) ciento setenta y nueve (179) puntos se encontraron secos y trece (13) puntos no se obtuvo el permiso para ingresar a la comunidad, por lo tanto, se tomó muestra de 20 puntos.

Así mismo, es de vital importancia informar que en la campaña 1(Época húmeda), la elaboración el EIA se encontraba en fase de caracterización de línea base de área de influencia preliminar, por lo tanto, para identificar (ID Viejo) los puntos de muestreo relacionados con ocupaciones de cauce se utilizó los Sufijos N_POC y POC (Preliminar Ocupación de Cauce); mientras que la campaña 2 (Época seca) ya se tenía área de influencia definitiva, por consiguiente el número definitivo de ocupaciones de cauce necesarias para el proyecto; en consecuencia se unificó el (ID nuevo) utilizando el prefijo OC. Hecha esta salvedad, a continuación en la **Tabla 5-1** se muestra la correlación de ID o identificadores de muestro para ocupaciones de cauce.

Tabla 5-1 Correlación de ID

ITEM	ID Viejo	ID NUEVO	ITEM	ID Viejo	ID NUEVO	ITEM	ID Viejo	ID NUEVO
1	POC-5	OC1	32	POC-74	OC32	63	POC-117	OC63
2	POC-6	OC2	33	POC-75	OC33	64	POC-120	OC64
3	POC-7	OC3	34	POC-76	OC34	65	POC-121	OC65
4	POC-8	OC4	35	POC-77	OC35	66	POC-122	OC66
5	POC-9	OC5	36	POC-78	OC36	67	POC-123	OC67
6	POC-10	OC6	37	N_POC48	OC37	68	POC-124	OC 68
7	N_POC44	OC7	38	POC-83	OC38	69	POC-125	OC69
8	POC-15	OC8	39	POC-84	OC39	70	POC-126	OC70
9	POC-17	OC9	40	POC-87	OC40	71	POC-127	OC71
10	N_POC27	OC10	41	POC-88	OC41	72	POC-128	OC72
11	N_POC46	OC11	42	POC-89	OC42	73	N_POC8	OC73
12	POC-21	OC12	43	POC-90	OC43	74	POC-129	OC74
13	POC-22	OC13	44	POC-90A	OC44	75	POC-131	OC75
14	POC-23	OC14	45	POC-90B	OC45	76	POC-133	OC76
15	POC-24	OC15	46	POC-92	OC46	77	POC-134	OC77
16	POC-26	OC16	47	N_POC360	OC47	78	POC-136	OC78
17	POC-27	OC17	48	N_POC400	OC48	79	POC-141	OC 80
18	POC-32	OC18	49	POC-93	OC49	80	POC-142	OC81
19	POC-33	OC19	50	POC-94	OC 50	81	POC-143	OC 82
20	N_POC19	OC20	51	POC-95	OC51	82	POC-144	OC83
21	N_POC20	OC21	52	POC-96	OC52	83	AB_POC-2	OC84
22	N_POC21	OC22	53	POC-103	OC53	84	AB_POC-3	OC 85
23	N_POC22	OC23	54	POC-104	OC54	85		OC 86
24	POC-50	OC24	55	POC-105	OC55	86		OC 87
25	POC-60	OC25	56	POC-106	OC56	87		OC 88
26	POC-61	OC 26	57	POC-107	OC57	88		OC 89
27	POC-62	OC27	58	POC-110	OC58	89		OC 90
28	N_POC394	OC28	59	POC-111	OC59	90	POC-13	OC 91
29	POC-68	OC29	60	POC-112	OC60	91		OC 93
30	POC-69	OC30	61	POC-113	OC 61	92		OC 94
31	POC-70	OC31	62	POC-115	OC62			

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	

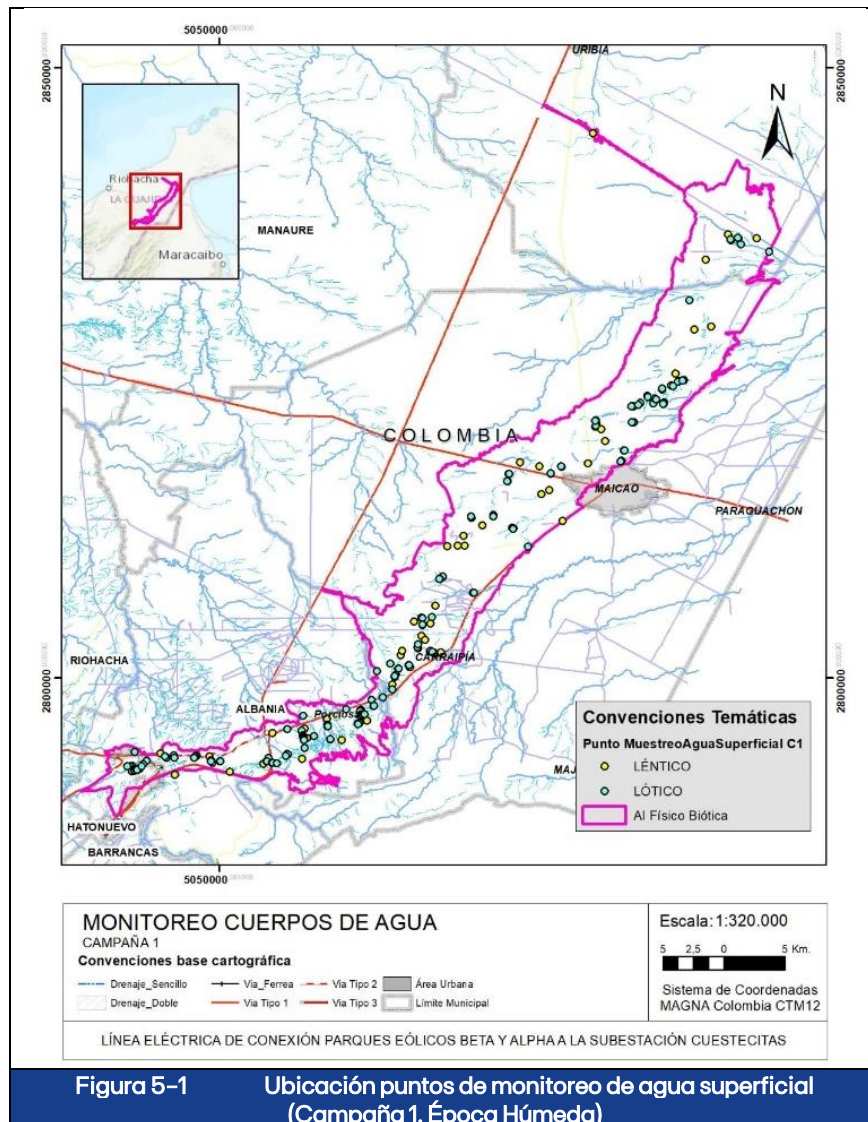
5.1.7.1 Ubicación de los puntos de monitoreo época húmeda

La selección de los cuerpos de agua se realizó con base en su importancia desde el punto de vista socioambiental (presencia de ecosistemas estratégicos o condiciones especiales de interés ambiental), su dinámica fluvial (Cuerpos de agua no estacionarios, representatividad de las cuencas que enmarcan el área de influencia del proyecto, sitios identificados con necesidad de ocupación de cauce) y los usos que se dan actualmente (importancia a nivel local o regional); esto con el fin de tener una caracterización general del recurso.

Así mismo, teniendo en cuenta el área de influencia del proyecto, las actividades desarrolladas actualmente y del proyecto y, por último, la importancia del recurso hídrico para el desarrollo de cualquier actividad, de las comunidades humanas y biológicas se realizó la caracterización del agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos de monitoreo en época húmeda, ubicados en los municipios de Maicao, Uribia y Albania.

El análisis de calidad de agua se realizó a partir de los resultados obtenidos en la toma de muestras a cargo del laboratorio Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. – SERAMBIENTE S.A.S acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, a través de la Resolución 2577 de 2022 quién desarrolló una campaña en temporada lluviosa 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. El informe técnico del laboratorio y sus anexos se encuentran en el (3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.7 Calidad del agua\Anexo 5.1.7-1 Campaña 1 Epoca Humeda).

En la **Figura 5-1** se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo de agua superficial



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.7.2 Marco normativo y condiciones de referencia

Desde el punto de vista normativo las características fisicoquímicas y microbiológicas del Agua superficial se comparan con los valores regulados en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015: (Ver **Tabla 5-2**).

- **Artículo 2.2.3.3.9.3:** Transitorio. Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional.
- **Artículo 2.2.3.3.9.4:** Transitorio. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere sólo desinfección.

- **Artículo 2.2.3.3.9.5:** Transitorio. Criterios de calidad para uso agrícola. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola.
- **Artículo 2.2.3.3.9.6:** Transitorio. Criterios de calidad para uso pecuario. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso pecuario.

Tabla 5-2 Marco Normativo aplicable al análisis de Calidad de agua

PARÁMETRO	DECRETO 1076 DE 2015, CAPÍTULO 3, SECCION 9, DISPOSICIONES TRANSITORIAS.			
	Artículo 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional y criterios para consumo humano y doméstico	Artículo 2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	Artículo 2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola	Artículo 2.2.3.3.9.6. Criterios de calidad para uso pecuario.
Temperatura ambiente	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Temperatura de la muestra	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Ph	5,0 – 9,0	6,5 – 8,5	4,5 – 9,0	N.E.
Conductividad	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Oxígeno disuelto	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
DBO5	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Fósforo total	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Nitrógeno amoniacal	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.
Sólidos suspendidos totales	N.E.	N.E.	N.E.	N.E.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

El presente informe compara los resultados obtenidos en campo con los estándares establecidos en el Decreto 1076 de 2015. Este decreto regula, entre otros aspectos, la gestión ambiental en Colombia, estableciendo criterios y parámetros específicos para diversas actividades económicas y su impacto en el medio ambiente. Las tablas a continuación presentan una comparación detallada, resaltando las principales discrepancias y conformidades, así como las conclusiones más relevantes derivadas de esta comparación, correspondiente a los resultados de las mediciones de calidad del agua realizadas en diversas fuentes; Se incluyen parámetros como el pH, la turbidez, la demanda química de oxígeno (DQO), y los niveles de metales pesados entre otros.

Es importante resaltar que, de los 218 puntos seleccionados para la primera campaña de monitoreo, 166 se encontraban secos y/o con dificultad de ingreso a causa de ausencia de permisos sociales, mientras que 52 puntos fueron monitoreados y analizados.

Adicionalmente, en la verificación realizada en campo para la atención de la información adicional del actual estudio, según lo requerido por la autoridad Ambiental se generó la actualización relacionada con la identificación de cuerpos lénticos y lóticos en el AI del proyecto. En el marco de esta actualización, se redefinieron algunos cuerpos de agua, a partir de lo evaluado por un equipo técnico multidisciplinario. Para tal fin y abordando las condiciones particulares del departamento de la Guajira se procedió a actualizar la cartografía base del estudio, considerando específicamente para la red hídrica características tales como: la geoforma del terreno, interpretación multitemporal, coberturas vegetales asociadas, ausencia de caudal o encharcamientos, análisis de sedimentos y continuidad del cauce.

Lo anterior dio lugar a determinar cuáles drenajes previamente identificados como tal, no corresponden a un cuerpo de agua, o su cauce fue redelimitado. En la siguiente tabla se listan los **Id** de los puntos de monitoreo que fueron descartados de la capa **PuntoMuestreoAguaSuper** en el Modelo de Almacenamiento Geográfico del Proyecto; adicionalmente, los mismos no presentaron valores de las variables para analizar toda vez que no correspondieran a cuerpos de agua.

Tabla 5-3 IDs monitoreos eliminados por actualización base cartográfica

IDs monitoreos eliminados por actualización base cartográfica	
Nº	ID
1	OC84_A_ABAJO
2	OC84
3	OC84_A_ARRIBA
4	OC59_A_ABAJO
5	OC59
6	OC59_A_ARRIBA
7	OC48_A_ABAJO
8	OC48
9	OC48_A_ARRIBA
10	OC47_A_ABAJO
11	OC47
12	OC47_A_ARRIBA
13	OC43_A_ABAJO
14	OC43
15	OC43_A_ARRIBA
16	OC45_A_ABAJO
17	OC45
18	OC45_A_ARRIBA
19	OC24
20	OC24_A_ABAJO
21	OC7_A_ARRIBA
22	OC7
23	OC7_A_ABAJO
24	LOT27

Sin embargo, los puntos se mantienen en las cadenas de custodia, y los formatos de campo presentados en los Anexos del estudio ambiental, para no alterar la rigurosidad y la información tácita que fue entregada por el Laboratorio acreditado, y que, por temas de calidad, control interno y aseguramiento, no deben incurrir en modificaciones. A continuación, se presentan los resultados de los análisis de los monitoreos de calidad de agua efectuados para la primera campaña de monitoreo:

Tabla 5-4 Resultados de campo vs Decreto 1076 de 2015

Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	NE
LEN23_1C	8,83	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN35	7,99	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC65_A_ABAJO	7,95	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28_1_1C	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN36_1_1C	9,09	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN37_1_1C	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN38_1_1C	8,79	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN69_1C	8,17	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN68_1C	7,88	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN58_1C	8,38	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN8_1C	8,87	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN119_1C	8,44	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN61_1C	8,97	Cumple	No cumple	Cumple	NA

Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		5,0–9,0	6,5–8,5	4,5–9,0	NE
OC49_A_ARRIBA	7,87	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC49_A_ABAJO	7,85	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN63_1C	7,91	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN64_1C	8,22	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN99_1C	7,34	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN12	7,92	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN41	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN101_1C	7,44	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN102_1C	6,96	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN100_1C	6,99	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN40	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
OC64_A_ARRIBA	7,87	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC64_A_ABAJO	7,86	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN37_2	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN17	8,5	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN38_2	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN10	9,13	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN16	8,5	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28_2	8,52	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN2	7,92	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN15	9,83	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LOT18	8,2	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN36_2	9,36	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN0	7,64	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN1	8,05	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC67_A_ARRIBA	8,36	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC67_A_ABAJO	8,35	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN5	8,63	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN6	9,13	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN7	9,09	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN8_1C	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN34	7,39	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN32	8,6	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN39	8,64	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN4	7,84	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN14	7,85	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN29	7,85	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN30	7,87	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN31_1C	9,71	No cumple	No cumple	No cumple	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-5 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 – I

Parámetros	Unidades	LEN23_1C	OC65_A_ABAJO	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		29/09/2023	3/10/2023	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		9:25 208914	8:30 208918								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	46,6	15,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	118	35	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	61,1	63,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,52	0,21	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	1,3	2,3	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	2,5	11		NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	92	44	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	830,5	44,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	> 750	40,4	NE	190	NE	NE	NA	No cumple ID 208914	NA	NA
Microbiológicos											
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	78	45	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	490	790	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple ID 208917	Cumplen	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-6 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 II

Parámetros	Unidades	LEN35	LEN28_1.1C	LEN36_1.1C	LEN37_1.1C	LEN38_1.1C	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		3/10/2023	4/10/2023	5/10/2023		6/10/2023	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo	Artículo
		9:30	10:30	7:25	10:45	9:00	2.2.3.3.9.3	2.2.3.3.9.4	2.2.3.3.9.5	2.2.3.3.9.6	2.2.3.3.9.3	2.2.3.3.9.4	2.2.3.3.9.5	2.2.3.3.9.6
		208919	208920	208921	208922	208923								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	11,1	3,2	34,3	< 2,0	76,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	26	< 10	82	< 10	190	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	71,7	39,1	46,0	119,1	73,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,68	0,42	0,12	0,11	0,21	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	764,8	1,8	1,3	1,3	3,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	1124,7	4,3	10,8	11,8	14,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	118	48	906	212	244	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	435,1	300,0	238,1	170,9	13,9	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	667	> 750	640	668	47,6	NE	190	NE	NE	NA	Cumple ID 208923	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	220	68	220	460	320	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumple	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	3500	1300	1300	1400	2200	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumplen	Cumple	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-7 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 III

Parámetros	Unidades	LEN4	LEN69_1C	LEN68	LEN58_1C	LEN8_1C	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		9/10/2023		12:00	10/10/2023		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		8:00	10:15		9:55	8:50								
		208924	208925		208927	208928								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	6,4	5,7	4,2	55,2	12,5	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	16	13	11	138	33	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	56,4	44,9	69,9	30,6	51,4	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,06	0,06	0,05	0,47	0,06	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	<1	<1	<1	<1	<1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	0,6	1,3	0,7	1,3	1,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	10,0	21,7	14,0	2,8	17,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	39	39	73	76	57	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	6,9	< 5,0	5,1	82,0	12,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)	NTU	9,52	7,28	21,4	127	7,95	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	170	270	78	340	110	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumple	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	790	3500	330	5400	490	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumplen 208925 y 208927	No cumple 208927	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-8 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 IV

Parámetros	Unidades	LEN119_1C	LEN61.1C	OC49_A_ARRIBA	OC49_A_ABAJO	LEN63.1C	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		12/10/2023	13/10/2023				Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		8:30	7:00	9:00	11:00	12:15	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumple	Cumple	NA	NA
		208929	208930	208931	208932	208933								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	34,4	22,0	23,9	13,8	8,7	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	85	53	61	36	20	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	62,2	45,5	51,8	51,3	47,6	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,18	0,15	0,27	0,31	0,05	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	<1	<1	<1	<1	<1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumple	Cumple	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	1,7	1,4	0,9	1,4	0,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	9,4	9,3	3,2	4,5	**	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	708	60	58	60	56	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	83,1	16,0	141,6	112,6	36,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	425	20,2	174	149	13,8	NE	190	NE	NE	NA	No cumple 208929	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	140	110	1700	680	1300	2000	NE	1000	NE	Cumple	NA	No cumple 208931 y 208933	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	3500	1300	22000	17000	9200	20000	1000	5000	NE	No cumple 208931	No cumplen	No cumple 208931, 208932 y 208933	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-9 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 V

Parámetros	Unidades	LEN64_1C	LEN99_1C	LEN12	LEN101_1C	LEN102_1C	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		13/10/2023	6/12/2023		7/12/2023		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		13:30	9:30	14:00	11:15	12:30								
		208934	208935	208936	208939	208940								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	18,8	6,9	16,2	9,1	6,4	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	45	17	40	23	17	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	50,1	315,0	130,0	38,6	32,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,08	< 0,05	0,09	0,14	0,15	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	<1	<1	<1	<1	<1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	10,0	**	8,9	5,7	5,3	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	52	101	99	102	104	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	7,0	< 5,0	29,0	8,1	< 5,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	4,36	8,78	48,2	3,71	5,53	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	45	110	78	170	220	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	340	140	130	330	270	20000	1000	5000	NE	Cumplen	Cumplen	Cumplen	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-10 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VI

Parámetros	Unidades	LEN41	LEN100_1C	LEN28_2	LEN16	LEN2	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		7/12/2023		12/12/2023			Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		8:25	10:00	7:00	8:00	9:00								
		208941	208942	208937	208938	208943								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2,1	7,7	4,2	13,0	11,8	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	21	20	10	32	29	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	33,8	30,6	142,8	125,3	133,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,15	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	4,7	4,0	**	**	**	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	100	103	128	129	129	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	5,9	< 5,0	26,0	20,9	51,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	11,1	7,46	24,7	23,4	30,2	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	340	790	230	330	230	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	400	2400	230	400	490	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple ID 208942	Cumplen	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-11 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VII

Parámetros	Unidades	LEN10	LEN38 -2	LEN17	LEN15	LOT18	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		12/12/2023					Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		10:00	11:00	12:00	13:00	7:05								
		208944	208946	208947	208948	208949								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	12,3	16,2	3,3	10,5	2,5	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	30	41	< 10	26	< 10	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	136,3	135,6	85,3	229,9	223,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,05	1,02	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	1,1	0,7	1,0	1,8	3,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	22,0	**	20,0	1,7	3,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	131	128	56	547	547	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	< 5,0	52,9	38,0	6,9	10,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	10,9	24,9	10,00	3,69	5,07	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	45	1300	78	140	330	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	45	5400	230	490	940	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple ID 208946	No cumple ID 208946	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-12 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 VIII

Parámetros	Unidades	LEN37_2	LEN14	OC64 _A_ARRIBA	OC64 _A_ABAJO	LEN40	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		12/12/2023					Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		8:05	9:05	10:15	12:15	14:30								
		208950	208960	208961	208962	208963								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	11,4	10,2	9,7	5,8	13,4	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	29	25	24	14	33	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	103,0	106,3	163,3	159,4	360,1	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,20	0,18	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	<1	<1	<1	<1	<1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	0,7	0,7	0,7	0,7	3,2	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	3,5	3,9	**	**	**	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	145	138	139	138	183	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	1,80	1,65	1,76	1,01	1,00	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	790	45	40	45	320	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	3500	78	68	45	5400	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple 208950 y 208963	No cumple ID 208963	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-13 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 IX

Parámetros	Unidades	OC67 _A_ARRIBA	OC67 _A_ABAJO	LEN36_2	LEN1	LEN30	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		14/12/2023					Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		6:30	7:30	8:40	9:45	10:50								
		208945	208951	208952	208953	208954								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	109,7	44,4	2,6	4,5	11,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	281	116	< 10	10	27	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	97,0	94,9	69,1	158,8	120,2	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,25	0,29	<0,05	<0,05	0,47	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	<1	<1	<1	<1	<1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	2,6	2,7	1,1	<0,5	2,3	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	10,4	**	22,0	**	4,9	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	118	122	40	116	125	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	86,0	144,0	24,0	< 5,0	192,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	33,4	34,9	1,00	1,32	64,8	NE	190	NE	NE	NA	Cumplen	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	490	93	220	220	130	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	1700	140	490	220	130	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple 208945	Cumplen	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-14 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 X

Parámetros	Unidades	LEN29	LEN0	LEN5	LEN6	LEN7	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		14/12/2023		18/12/2023			Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		12:30	14:05	12:30	9:46	8:40								
		208955	208956	208957	208958	208959								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2,5	7,5	13,8	8,2	23,5	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	18	34	21	59	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	147,7	116,0	91,9	70,0	84,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,05	1,22	0,89	0,15	< 0,05	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	<0,5	2,7	1,9	1,3	1,3	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	0,0	2,2	2,1	8,7	**	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	114	122	79	75	76	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	< 5,0	226,1	< 5,0	429,8	195,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	2,59	72,5	1,00	258	180	NE	190	NE	NE	NA	No cumple ID 208958	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	130	140	93	45	< 1,8	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	230	5400	1300	78	< 1,8	20000	1000	5000	NE	Cumplen	No cumple ID 208956 y 208957	No cumple ID 208956	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-15 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015 XI

Parámetros	Unidades	LEN31_1C	LEN8_1C	LEN34	LEN32	LEN39	Decreto 1076 de 2015				Cumplimiento			
		18/12/2023		28/12/2023			Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6	Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		14:05	10:50	6:00	14:00	16:00								
		208964	208965	208966	208967	208968								
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	21,4	7,9	3,2	2,2	2,3	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	53	20	< 10	< 10	< 10	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	73,0	71,6	83,7	88,5	241,4	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	mg P/L	0,14	0,15	0,14	0,82	< 0,05	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Grasas Y Aceites ²	mg G&A/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	Ausencia	Ausencia	NE	NE	Cumplen	Cumplen	NA	NA
Nitrógeno total	mg N/L	1,3	1,2	2,2	2,5	2,5	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Relación Nitrógeno Total/Fósforo Total	Adimensional	9,3	8,0	15,7	3,0	**	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	76	75	87	88	121	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	378,1	144,0	38,1	51,9	34,0	NE	NE	NE	NE	NA	NA	NA	NA
Turbidez (Turbiedad)*	NTU	216	167	10,0	11,0	11,8	NE	190	NE	NE	NA	No cumple ID 208964	NA	NA
Microbiológicos														
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	< 1,8	7,8	78	110	40	2000	NE	1000	NE	Cumplen	NA	Cumplen	NA
Coliformes totales	NMP/100 mL	< 1,8	23	330	330	68	20000	1000	5000	NE	Cumplen	Cumplen	Cumplen	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

5.1.7.3 Monitoreos época húmeda

Durante esta temporada, la región puede experimentar un aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, aunque siguen siendo moderadas en comparación con otras regiones del país. Las lluvias pueden ser esporádicas y de corta duración, pero son vitales para recargar acuíferos y abastecer los sistemas de almacenamiento de agua de las comunidades locales. Generalmente, de abril a junio y De septiembre a noviembre.

5.1.7.4 Resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales época húmeda

En las actividades de campo se realizó la medición de aquellos parámetros que son desde el punto de vista de análisis, dependientes de las condiciones del entorno y modificables al momento de realizar la toma de una muestra. Estos parámetros son: Temperatura del agua, pH, conductividad, y oxígeno disuelto.

En la Tabla 5-16 se presentan los resultados del muestreo simple, realizado en los puntos indicados de la zona de estudio, y en las Tabla 5-17, FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-18, FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-19, Tabla 5-20 y FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-21 se muestran los resultados de muestreo integrado.

Tabla 5-16 Resultados de campo – Muestreo simple.									
Características del monitoreo				Parámetros					
Puntos de monitoreo	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo	ID	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
LEN23_1C	29/09/2023	9:25	208914	8,83	7,20	201,2	30,4	<0,1	N.M
LEN35	3/10/2023	9:30	208919	7,99	2,80	275,0	31,1	<0,1	N.M
OC65_A_ABAJO	3/10/2023	8:30	208918	7,95	2,81	275,1	31,1	<0,1	N.M
LEN28_1_1C	4/10/2023	10:30	208920	8,58	3,20	202,9	29,7	<0,1	N.M
LEN36_1_1C	5/10/2023	7:25	208921	9,09	5,00	201,0	28,3	<0,1	N.M
LEN37_1_1C-1	5/10/2023	10:45	208922	8,53	8,20	508,0	33,6	<0,1	N.M
LEN38_1_1C-1	6/10/2023	9:00	208923	8,79	6,50	563,0	29,2	<0,1	N.M
LEN69_1C	9/10/2023	10:15	208925	8,17	2,30	166,4	30,9	<0,1	N.M
LEN68_1C	9/10/2023	12:00	208926	7,88	2,20	243,2	28,8	<0,1	N.M
LEN58_1C	10/10/2023	9:55	208927	8,38	2,10	117,8	31,9	<0,1	N.M
LEN8_1C	11/10/2023	8:50	208928	8,87	2,10	165,3	31,4	<0,1	N.M
LEN119_1C	12/10/2023	8:30	208929	8,44	2,30	153,7	27,1	<0,1	N.M
LEN61_1C	13/10/2023	7:00	208930	8,97	4,20	172,0	34,8	<0,1	N.M
OC49_A_ARRIBA	13/10/2023	9:00	208931	7,87	2,70	133,8	28,9	<0,1	N.M
OC49_A_ABAJO	13/10/2023	11:00	208932	7,85	2,50	132,4	29,1	<0,1	N.M
LEN63_1C	13/10/2023	12:15	208933	7,91	7,80	126,8	33,9	<0,1	N.M

Características del monitoreo				Parámetros					
Puntos de monitoreo	Fecha de monitoreo	Hora de monitoreo	ID	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
LEN64_1C	13/10/2023	13:30	208934	8,22	3,40	117,2	34,8	<0,1	N.M
LEN99_1C	6/12/2023	9:30	208935	7,34	6,90	475,0	28,4	<0,1	N.M
LEN12	6/12/2023	14:00	208936	7,92	11,40	258,0	27,1	<0,1	N.M
LEN41	7/12/2023	8:25	208941	8,53	0,80	119,3	27,3	<0,1	N.M
LEN101_1C	7/12/2023	11:15	208939	7,44	2,30	105,2	26,8	<0,1	N.M
LEN102_1C	7/12/2023	12:30	208940	6,96	4,10	108,5	28,4	<0,1	N.M
LEN100_1C	7/12/2023	10:00	208942	6,99	3,40	170,4	29,7	<0,1	N.M
LEN40	12/12/2023	14:30	208963	8,58	1,00	413,0	26,4	<0,1	N.M
OC64_A_ARRIBA	12/12/2023	10:15	208961	7,87	2,70	133,8	28,9	<0,1	N.M
OC64_A_ABAJO	12/12/2023	12:15	208962	7,86	2,50	133,8	29,1	<0,1	N.M
LEN37_2	12/12/2023	8:05	208950	8,53	11,80	119,3	27,3	<0,1	N.M
LEN17	12/12/2023	12:00	208947	8,50	10,30	223,1	27,7	<0,1	N.M
LEN38_2	12/12/2023	11:00	208946	8,53	11,80	119,3	27,3	<0,1	N.M
LEN10	12/12/2023	10:00	208944	9,13	5,80	410,0	28,5	<0,1	N.M
LEN16	12/12/2023	8:00	208938	8,50	10,30	385,3	27,7	<0,1	N.M
LEN28_2	12/12/2023	7:00	208937	8,52	10,20	297,4	27,6	<0,1	N.M
LEN2	12/12/2023	9:00	208943	7,92	11,40	258,0	27,1	<0,1	N.M
LEN15	12/12/2023	13:00	208948	9,83	6,30	421,2	28,1	<0,1	N.M
LOT18	12/12/2023	7:05	208949	8,20	4,20	182,2	29,2	<0,1	N.M
LEN36_2	14/12/2023	8:40	208952	9,36	5,50	324,4	26,9	<0,1	N.M
LEN0	14/12/2023	14:05	208956	7,64	8,50	196,2	31,9	<0,1	N.M
LEN1	14/12/2023	9:45	208953	8,05	8,50	292,0	27,5	<0,1	N.M
OC67_A_ARRIBA	14/12/2023	6:30	208945	8,36	1,21	225,2	28,7	<0,1	N.M
OC67_A_ABAJO	14/12/2023	7:30	208951	8,35	1,20	225,4	28,6	<0,1	N.M
LEN5	18/12/2023	12:30	208957	8,63	10,60	160,6	25,8	<0,1	N.M
LEN6	18/12/2023	9:46	208958	9,13	5,80	410,0	28,5	<0,1	N.M
LEN7	18/12/2023	8:40	208959	9,09	6,50	408,0	28,4	<0,1	N.M
LEN8_1C	18/12/2023	10:50	208965	8,58	5,80	158,4	27,8	<0,1	N.M
LEN34	28/12/2023	6:00	208966	7,39	6,90	475,0	28,4	<0,1	N.M
LEN32	28/12/2023	14:00	208967	8,60	0,80	173,4	28,1	<0,1	N.M
LEN39	28/12/2023	16:00	208968	8,64	9,38	253,0	30,1	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-17 Resultados de campo- Muestreo integrado LEN4

LEN4		Parámetros de monitoreo					
ID: 208924		9/10/2023					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto(mg/L)	Conductividad (µS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	7:50	7,88	2,2	143,5	28,8	<0,1	N.M
Medio	7:55	7,84	1,9	146,2	28,4	<0,1	N.M
Fondo	7:57	7,81	1,91	145,3	28,1	<0,1	N.M
Rangos	Máximo	7,88	2,2	146,2	28,8	<0,1	N.M
	Mínimo	7,81	1,9	143,5	28,1	<0,1	N.M
Promedio		7,84	2	145	28,4	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

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

Tabla 5-18 Resultados de campo- Muestreo integrado- LEN14

LEN14 ID: 208960		Parámetros de monitoreo 12/10/2023					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto(mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	8:55	7,88	2,2	132,3	28,8	<0,1	N.M
Medio	8:59	7,82	2,1	134,3	28,3	<0,1	N.M
Fondo	9:01	7,85	1,92	133,5	28,5	<0,1	N.M
Rangos	Máximo	7,88	2,2	134,3	28,8	<0,1	N.M
	Mínimo	7,82	1,92	132,3	28,3	<0,1	N.M
Promedio		7,85	2,07	133,4	28,5	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-19 Resultados de campo- Muestreo integrado- LEN29

LEN29 ID: 208955		Parámetros de monitoreo 14/10/2023					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto(mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	12:20	7,88	2,2	132,7	28,8	<0,1	N.M
Medio	12:33	7,82	2,1	142,2	28,3	<0,1	N.M
Fondo	12:28	7,86	2,1	133,7	28,3	<0,1	N.M
Rangos	Máximo	7,88	2,2	142,2	28,8	<0,1	N.M
	Mínimo	7,82	2,1	132,7	28,3	<0,1	N.M
Promedio		7,85	2,13	136,2	28,5	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-20 Resultados de campo - Muestreo integrado- LEN30

LEN30 ID: 208954		Parámetros de monitoreo 14/12/2023					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto(mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	10:40	7,88	2,2	121,32	28,8	<0,1	N.M
Medio	10:45	7,91	2,12	121,23	28,1	<0,1	N.M
Fondo	10:48	7,81	2,12	121,67	28,3	<0,1	N.M
Rangos	Máximo	7,91	2,2	121,67	28,8	<0,1	N.M
	Mínimo	7,81	2,12	121,23	28,1	<0,1	N.M
Promedio		7,87	2,15	121,41	28,4	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

Tabla 5-21 Resultados de campo - Muestreo integrado- LEN31_1C

LEN31_1C ID: 208964		Parámetros de monitoreo 18/12/2023					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto(mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	12:20	9,69	7,3	15400	28,4	<0,1	N.M
Medio	12:33	9,72	7,36	15500	28,1	<0,1	N.M
Fondo	12:28	9,73	7,21	15900	28	<0,1	N.M
Rangos	Máximo	9,73	7,36	15900	28,4	<0,1	N.M
	Mínimo	9,69	7,21	15400	28	<0,1	N.M
Promedio		9,7	7,29	15600	28,2	<0,1	N.M

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

5.1.7.5 Análisis de resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales época húmeda

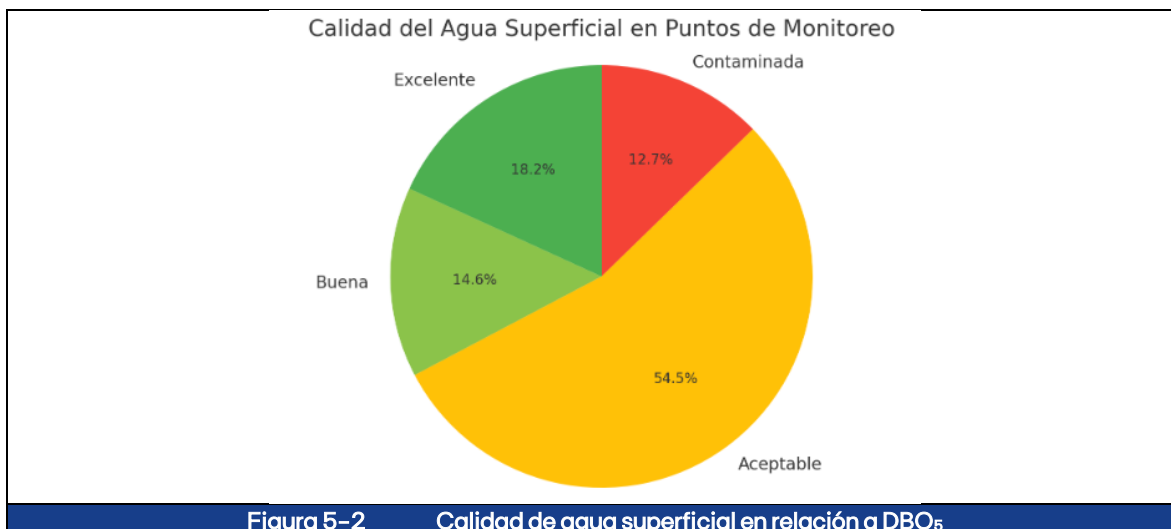
La siguiente sección presenta un análisis de la calidad del agua superficial en diferentes puntos de monitoreo, evaluada con base en la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5). La DBO5 es un indicador de la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua, y su análisis permite inferir el grado de contaminación y la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua.

El análisis de la DBO5 es crucial para entender la salud de los cuerpos de agua y su capacidad para soportar vida acuática. Valores bajos de DBO5 indican baja contaminación y alta calidad del agua, mientras que valores altos sugieren la presencia de contaminantes orgánicos que pueden afectar negativamente los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua para uso humano.

- Calidad Excelente (18,18% de los puntos de monitoreo), Aguas sin indicios de contaminación. Estas aguas son aptas para la mayoría de los usos sin necesidad de tratamiento previo, lo que indica una excelente calidad ambiental en esos puntos de monitoreo.
- Buena Calidad (14,55% de los puntos de monitoreo), Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable. Estas aguas presentan un bajo riesgo de contaminación orgánica, lo que sugiere que son adecuadas para usos recreativos y pueden requerir un tratamiento mínimo para otros usos.
- Calidad Aceptable (54,55% de los puntos de monitoreo) Aguas con indicio de contaminación y con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Aunque estas aguas muestran signos de contaminación, poseen una capacidad natural para reducir los niveles de contaminantes orgánicos. Esto puede implicar la presencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales eficaces en la zona, aunque aún hay margen para mejorar la calidad del agua.
- Aguas Contaminadas (12,72% de los puntos de monitoreo), Aguas que posiblemente han sufrido descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal. Estos puntos muestran una alta DBO5, indicando una significativa carga de materia orgánica que puede derivarse de aguas residuales no tratadas. Estas condiciones representan un riesgo para la salud pública y los ecosistemas acuáticos, y requieren medidas inmediatas de mitigación y tratamiento.

El análisis de la calidad del agua superficial en los puntos de monitoreo revela que la mayoría de las aguas presentan una calidad aceptable, lo que sugiere que, aunque existen indicios de contaminación, las aguas tienen cierta capacidad de autodepuración o han recibido algún nivel de tratamiento biológico. No obstante, hay un porcentaje considerable de aguas contaminadas que requieren atención urgente para evitar efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas. Las aguas de calidad excelente y buena demuestran que en ciertos puntos las condiciones ambientales son óptimas, pero es esencial trabajar en la mejora de las aguas con calidad aceptable y contaminada para alcanzar un estándar ambiental más elevado en toda la región.

En la siguiente **Figura 5-2** se visualiza claramente la distribución porcentual de la calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo, destacando que la mayoría de las aguas se encuentran en una condición aceptable, aunque con indicios de contaminación



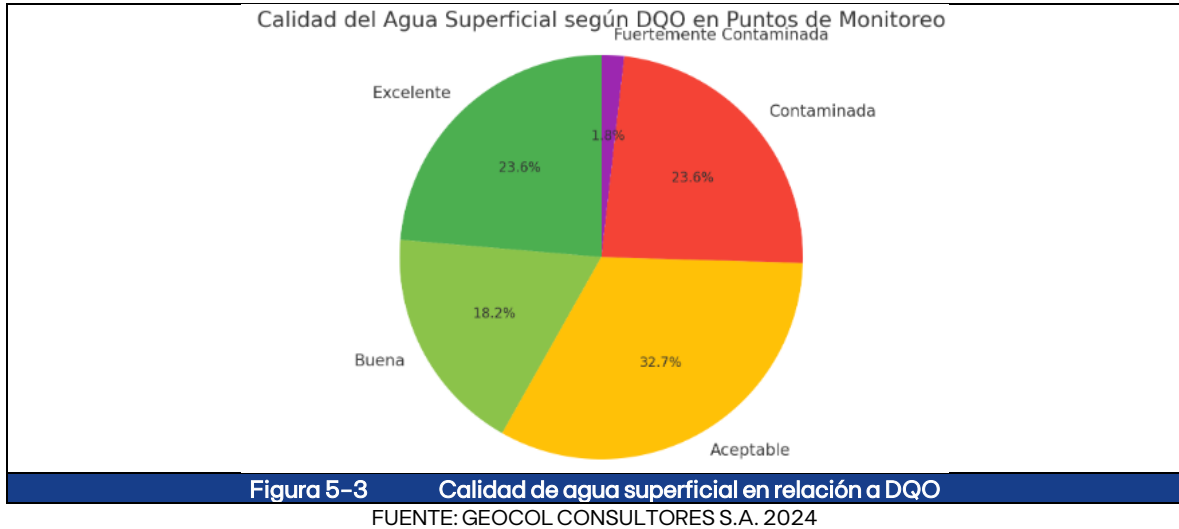
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

La siguiente sección presenta los resultados del monitoreo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en diferentes puntos de monitoreo. La DQO mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente tanto la materia orgánica como la inorgánica presente en el agua. Este parámetro suele ser superior a la DBO₅ porque incluye sustancias que pueden oxidarse químicamente pero no biológicamente (CONAGUA, 2015).

La DQO es un indicador clave de la calidad del agua, proporcionando información sobre la carga total de contaminantes químicos presentes. Valores elevados de DQO pueden señalar la presencia de altos niveles de contaminantes orgánicos e inorgánicos, indicando posibles problemas de contaminación industrial o urbana.

- Calidad Excelente (23,64% de los puntos de monitoreo), Aguas con bajas concentraciones de DQO, indicando poca materia orgánica e inorgánica. Estos puntos muestran una calidad del agua muy alta, adecuada para la mayoría de los usos sin necesidad de tratamiento significativo.
- Buena Calidad (18,18% de los puntos de monitoreo), Aguas con bajo contenido de materia orgánica, reflejado en bajas concentraciones de DQO. Aunque no tan limpias como las de calidad excelente, estas aguas todavía presentan un bajo riesgo de contaminación orgánica e inorgánica.
- Calidad Aceptable (32,72% de los puntos de monitoreo), Aguas con niveles moderados de DQO, indicando presencia de cierta cantidad de contaminantes, pero con capacidad de autodepuración. Estas aguas muestran señales de contaminación, pero aún poseen la capacidad para reducir naturalmente los niveles de contaminantes, posiblemente gracias a procesos de tratamiento biológico.
- Aguas Contaminadas (23,64% de los puntos de monitoreo), Aguas con concentraciones de DQO entre 40 mg O₂/L y 200 mg O₂/L. Estos puntos reflejan una alta carga de materia orgánica e inorgánica, probablemente debido a descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.
- Aguas Fuertemente Contaminadas (1 punto de monitoreo específico) El punto OC67_A_ARRIBA mostró una DQO de 281 mg O₂/L. Este punto evidencia una contaminación muy alta, posiblemente debido a un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. Este nivel de contaminación requiere atención inmediata y medidas de mitigación.

El análisis de la DQO en los puntos de monitoreo indica que una proporción significativa de las aguas monitoreadas presenta niveles de contaminación preocupantes. Mientras que un buen porcentaje de las aguas muestra una calidad excelente o buena, hay una notable porción con calidad aceptable y contaminada, **Figura 5-3** señalando la necesidad de mejorar las prácticas de tratamiento de aguas residuales y la gestión ambiental en esas áreas. Especial atención debe ser prestada al punto OC67, donde la alta DQO indica una fuerte contaminación que podría tener serios impactos ecológicos y de salud pública.



A continuación, se presentan los resultados del monitoreo de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en diferentes puntos de monitoreo. Los SST representan la cantidad de partículas en suspensión presentes en el agua, tanto de origen orgánico como inorgánico. Su análisis es crucial para determinar la calidad del agua, ya que altos niveles de SST pueden indicar contaminación y afectar negativamente los ecosistemas acuáticos.

Los SST son un indicador importante de la calidad del agua porque las partículas en suspensión pueden transportar contaminantes, reducir la penetración de luz y afectar negativamente a los organismos acuáticos. Además, altos niveles de SST pueden interferir con el uso del agua para actividades recreativas y agrícolas.

- Calidad Excelente (52,72% de los puntos de monitoreo), Aguas con bajas concentraciones de sólidos suspendidos. Estas aguas son adecuadas para la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola sin restricciones, indicando un ambiente saludable y poco impactado por actividades humanas.
- Buena Calidad (16,36% de los puntos de monitoreo), Aguas con bajo contenido de sólidos suspendidos. Estas aguas presentan condiciones naturales favorables para los ecosistemas acuáticos y pueden ser utilizadas para riego agrícola con pocas restricciones.
- Calidad Aceptable (12,73% de los puntos de monitoreo), Aguas con indicios de contaminación por sólidos suspendidos. Estas aguas presentan una calidad aceptable, lo que sugiere la presencia de descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Son adecuadas para peces y riego agrícola restringido, pero requieren cierta gestión para evitar deterioro adicional.

- Aguas Contaminadas (12,73% de los puntos de monitoreo), Descripción: Aguas con alto contenido de sólidos suspendidos. Estas aguas presentan una alta carga de material suspendido, indicando un impacto significativo de descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal. Esto afecta negativamente a los ecosistemas y limita su uso para actividades recreativas y agrícolas.
- Aguas Fuertemente Contaminadas (puntos específicos LEN23_1C, LEN35 y LEN6), Aguas con una fuerte contaminación por SST. Estos puntos muestran una contaminación muy alta, indicando un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales. Estos niveles de contaminación requieren atención inmediata para mitigar los efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública.

El análisis de SST revela que más de la mitad de los puntos de monitoreo presentan una calidad excelente, lo cual es positivo para la conservación de los ecosistemas acuáticos y el uso agrícola. Sin embargo, existe una porción significativa de puntos con calidad aceptable y contaminada, lo que indica la necesidad de mejorar las prácticas de manejo de aguas residuales. **Figura 5-4** Los puntos con fuerte contaminación requieren acciones urgentes para reducir las cargas contaminantes y proteger los recursos hídricos.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de grasas y aceites, se presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio, siendo este de <1 mg/L para todos los puntos analizados. Cabe mencionar, que en el parágrafo del artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 se establece que no se aceptará película visible de grasas y aceites y de acuerdo con la apariencia de la muestra y al valor reportado, se presenta cumplimiento en todos los puntos analizados.

Para fósforo total se obtuvo que el 27,27% de los puntos presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica empleada por laboratorio siendo este de < 0,05 mg P/L; asimismo, para el resto de los puntos se presentaron concentraciones bajas o muy cercanas al límite antes descrito, a excepción de los puntos LENO, LEN15 y LOT18 los cuales arrojaron concentraciones entre 1,02 mg P/L a 1,22 mg P/L

Para el presente monitoreo, se presentaron concentraciones de Nitrógeno total entre < 0,50 mg N/L (LEN1 y LEN29) hasta 764,8 mg N/L (LEN35), cabe mencionar que la gran parte de los valores

reportados estuvieron bajos y algunos cercanos al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio. En cuanto a dureza se hace referencia, se evidencia que el 45,46% de los puntos analizados presentan características blandas; mientras que el 40,00% reporta valores acordes a características moderadamente duras. Por otro lado, el 7,27 % de los puntos de monitoreo evidencia condiciones duras; por último, los puntos restantes arrojaron concentraciones >300 mg CaCO₃/L por lo cual posee características muy duras.

Para el presente monitoreo se obtuvieron valores entre 1,00 NTU (LEN5) hasta > 750 NTU (LEN23_1C y LEN28_1_1C), las concentraciones reportadas se encuentran acorde con la apariencia de las muestras analizadas. De acuerdo con lo anterior, se presenta cumplimiento del 84,62% de los puntos analizados, con respecto al límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015.

Por último, en Coliformes Fecales y Totales, los puntos de monitoreo reportaron concentraciones para coliformes totales entre <1,8 NMP/100mL (LEN7 y LEN31_1C) a 22000 NMP/100mL (OC49_A_ARRIBA); mientras que para el parámetro de coliformes termotolerantes, el valor más elevado fue de 1700 NMP/100mL en el punto OC49_A_ARRIBA. De acuerdo con lo antes mencionado, se obtiene un cumplimiento del 100% para coliformes termotolerantes y del 98,08% para coliformes totales con respecto al límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3. Por otro lado, el 63,46% de los puntos analizados presentan cumplimiento para coliformes totales con relación al artículo 2.2.3.3.9.4, cabe mencionar, que para coliformes termotolerantes no se especifica el límite máximo permisible en el artículo antes mencionado. Por último, el 96,16% y 86,54% del total de puntos reportan valores por debajo de los límites establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 para coliformes termotolerantes y totales respectivamente.

5.1.7.6 Índice de calidad de agua (ICA) época húmeda

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 en el tiempo t.

En la **Tabla 5-22** se presenta la clasificación establecida por el IDEAM para la clasificación del ICA.

Tabla 5-22 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

Tabla 5-23 Valor obtenido para cada variable (índice).

Puntos de monitoreo	Fecha	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
LEN23_1C	29/09/2023	0,39
OC65_A_ABAJO	3/10/2023	0,55 ¹
LEN35		0,32

Puntos de monitoreo	Fecha	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n w_i * I_{ikjt} \right)$
LEN28_1_1C	4/10/2023	0,47 ²
LEN36_1_1C		0,42
LEN37_1_1C-1	5/10/2023	0,61 ²
LEN38_1_1C-1	6/10/2023	0,53
LEN4		0,67
LEN69_1C	9/10/2023	0,62 ¹
LEN68_1C		0,65
LEN58_1C	10/10/2023	0,50
LEN80_1C	11/10/2023	0,61
LEN119_1C	12/10/2023	0,47
LEN61_1C		0,54
OC49_A_ARRIBA	13/10/2023	0,52
OC49_A_ABAJO		0,57
LEN63_1C		0,86
LEN64_1C		0,60
LEN99_1C	6/12/2023	0,76 ¹
LEN12		0,57
LEN101_1C		0,67
LEN102_1C	7/12/2023	0,74 ¹
LEN41		0,59
LEN100_1C		0,69 ¹
LEN28_2		0,66 ³
LEN16	12/12/2023	0,59 ³
LEN2		0,60 ³
LEN10		0,49 ³
LEN38_2		0,61 ³
LEN17		0,72 ³
LEN15		0,51
LOT18		0,68 ²
LEN37_2		0,64 ¹
LEN14		0,65 ¹
OC64_A_ARRIBA		0,70 ¹
OC64_A_ABAJO		0,73 ¹
LEN40		0,41 ¹
OC67_A_ARRIBA	14/12/2023	0,44
OC67_A_ABAJO		0,37
LEN36_2		0,53 ²
LEN1		0,69 ¹
LEN30		0,53
LEN29		0,68 ¹
LEN0	18/12/2023	0,63
LEN5		0,63 ¹
LEN6		0,39
LEN7		0,40
LEN31_1C		0,32
LEN8_1C	28/12/2023	0,64
LEN34		0,74 ²
LEN32		0,56 ²
LEN39		0,59 ²

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2023-IDEAM, 2011

De acuerdo con el Índice de Calidad de Agua (ICA) para 6 variables, se evidencia que el 13,46% de los puntos de monitoreo presentan una calidad aceptable, lo que indica condiciones propicias la vida acuática y el crecimiento de plantas. Por otro lado, para el 61,54% de los puntos reportan una calidad regular, de igual forma, el 25,00 % poseen una calidad mala.

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

5.1.7.7 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 remplazar la ecuación por:

$$I_{Oxígeno} = 0,01\ Oxígeno\% - 1$$

5.1.7.8 Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)

El Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) refleja la concentración de sólidos suspendidos en mg/L.

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003\ Sólidos\ suspendidos\ (mg/L)$$

$$Sólidos\ Suspendidos > a\ 340\ mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS = 1$$

$$Sólidos\ Suspendidos < a\ 10\ mg/L\ tienen\ un\ ICOSUS = 0$$

5.1.7.9 Índice de contaminación por trófica – ICOTRO

Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo total en mg/L.

$$\text{Oligotrofia: } < 0,01$$

$$\text{Mesotrofia: } 0,01 - 0,02$$

$$\text{Eutrofia: } 0,02 - 1,00$$

$$\text{Hipertrofia: } > 1,00$$

5.1.7.10 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 5-24 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)

Tabla 5-25 Resultado final de la determinación de ICOMO/ICOSUS/ICOTRO/ICOpH para la primera campaña

ID Punto de monitoreo	Nombre	Índices de contaminación			
		ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO
LEN23_1C	LEN23	0,355	1,000	0,351	Eutrófico
OC65_A_ABAJO	OC65 Aguas abajo	0,531	0,112	0,025	Eutrófico
LEN35	LEN35	0,621	1,000	0,029	Eutrófico
LEN28_1_1C	LEN 28-1	0,400	0,880	0,186	Eutrófico
LEN36_1_1C	LEN 36-1	0,559	0,694	0,570	Eutrófico
LEN37_1_1C	LEN 37-1	0,161	0,493	0,161	Eutrófico
LEN38_1_1C	LEN 38-1	0,534	0,022	0,320	Eutrófico
LEN4	LEN4	0,483	0,000	0,018	Eutrófico
LEN69_1C	LEN 69	0,576	0,000	0,052	Eutrófico
LEN68_1C	LEN 68	0,371	0,000	0,020	Eutrófico
LEN58_1C	LEN 58	0,792	0,226	0,103	Eutrófico
LEN80_1C	LEN 80	0,482	0,016	0,383	Eutrófico
LEN119_1C	LEN 119	0,755	0,229	0,123	Eutrófico
LEN61_1C	LEN 61	0,537	0,028	0,467	Eutrófico
OC49_A_ARRIBA	OC49 Aguas arriba	0,859	0,405	0,019	Eutrófico
OC49_A_ABAJO	OC49 Aguas abajo	0,788	0,318	0,018	Eutrófico
LEN63_1C	LEN 63	0,462	0,088	0,022	Eutrófico
LEN64_1C	LEN 64	0,458	0,000	0,062	Eutrófico
LEN99_1C	LEN99	0,223	0,000	0,003	Eutrófico
LEN12	LEN12	0,266	0,067	0,023	Eutrófico
LEN101_1C	LEN101	0,448	0,000	0,004	Eutrófico
LEN102_1C	LEN102	0,334	0,000	0,001	Eutrófico
LEN41	LEN41	0,361	0,000	0,161	Eutrófico
LEN100_1C	LEN100	0,530	0,000	0,001	Eutrófico
LEN28_2	LEN 28	0,129	0,058	0,156	Eutrófico
LEN16	LEN16	0,243	0,043	0,147	Eutrófico
LEN2	LEN2	0,233	0,133	0,023	Eutrófico
LEN10	LEN10	0,327	0,000	0,603	Eutrófico
LEN38_2	LEN38-2	0,482	0,139	0,161	Eutrófico
LEN17	LEN17	0,104	0,094	0,147	Eutrófico
LEN15	LEN15	0,292	0,000	0,944	Hipertrófico
LOT18	LOT18	0,307	0,010	0,058	Hipertrófico
LEN37_2	LEN 37-2	0,412	0,000	0,161	Eutrófico
LEN14	LEN14	0,467	0,000	0,018	Eutrófico
OC64_A_ARRIBA	OC64 Aguas arriba	0,434	0,000	0,019	Eutrófico
OC64_A_ABAJO	OC64 Aguas abajo	0,390	0,000	0,019	Eutrófico
LEN40	LEN40	0,758	0,000	0,186	Eutrófico
OC67_A_ARRIBA	OC67 Aguas arriba	0,741	0,238	0,096	Eutrófico
OC67_A_ABAJO	OC67 Aguas abajo	0,618	0,412	0,093	Eutrófico
LEN36_2	LEN 36-2	0,189	0,052	0,771	Eutrófico

ID Punto de monitoreo	Nombre	Índices de contaminación			
		ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO
LEN1	LEN1	0,136	0,000	0,035	Eutrófico
LEN30	LEN30	0,471	0,556	0,019	Eutrófico
LEN29	LEN29	0,322	0,000	0,018	Eutrófico
LEN0	LEN0	0,404	0,658	0,009	Hipertrófico
LEN5	LEN5	0,351	0,000	0,213	Eutrófico
LEN6	LEN6	0,286	1,000	0,603	Eutrófico
LEN7	LEN7	0,364	0,565	0,570	Eutrófico
LEN31_1C	LEN31	0,322	1,000	0,919	Eutrófico
LEN8_1C	LEN8	0,285	0,412	0,186	Eutrófico
LEN34	LEN34	0,145	0,094	0,004	Eutrófico
LEN32	LEN32	0,366	0,136	0,196	Eutrófico
LEN39	LEN39	0,068	0,082	0,219	Eutrófico
Indicación		Baja contaminación (cercano a 0)			
		Alta contaminación (cercano a 1)			

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

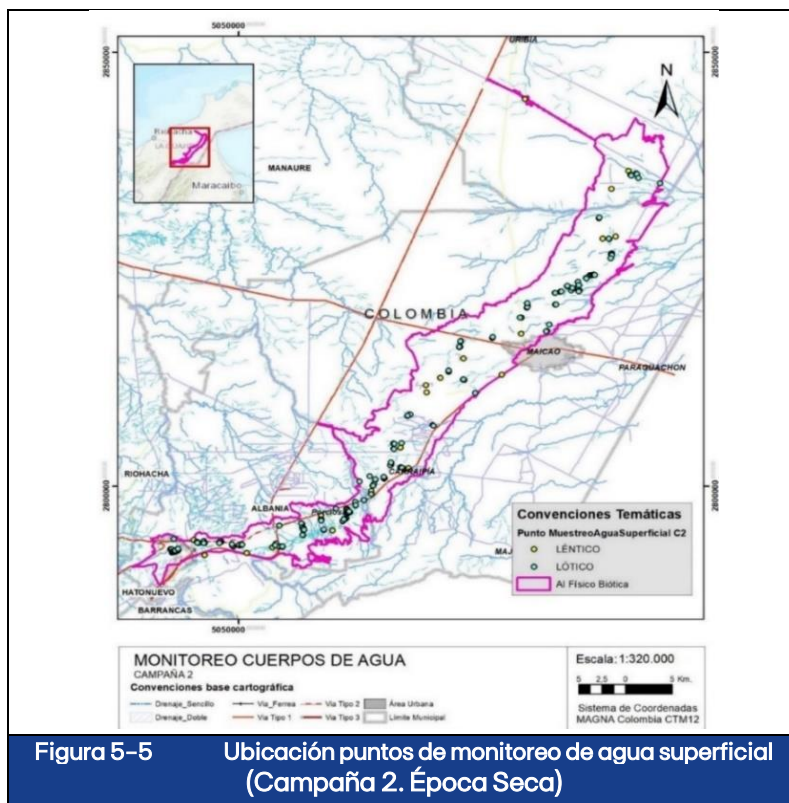
Cómo se puede observar en los puntos de monitoreo, a partir del cálculo del índice ICOMO se obtuvo que 13,46% de los puntos de monitoreo no presentan ningún grado de contaminación; mientras que el 38,46% reporta un nivel de contaminación bajo, por otro lado, el 32,69% de los puntos presentan un grado de polución medio, así mismo, el 13,46% evidencian un nivel de contaminación alto y el 1,92% un grado muy alto. En lo que respecta al índice de contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST) – ICOSUS no se presentó ningún grado de contaminación para el 67,31% de los puntos, mientras que el 7,69% reporta un nivel bajo de contaminación, asimismo, para el 11,54% se obtuvo un grado medio de contaminación, sin embargo, el 3,85% evidenció un nivel alto de polución y el 9,62 % un grado muy alto.

Por otra parte, para el índice de contaminación por pH el 75,00% de los puntos analizados no presentan ningún grado de contaminación, mientras que el 9,62% reporta nivel de contaminación bajo, de igual forma, el 5,77% evidencian un grado de polución medio y alto, por último, el 3,85% presenta un grado muy alto de contaminación. En términos generales las muestras de agua presentan un estado eutrófico en el 94,23% de los puntos, reflejando condiciones regulares, lo cual permite desarrollo de especies no sensibles de flora y fauna presente en la zona; mientras que el 5,77% presentan un estado hipertrófico.

5.1.7.11 Ubicación y descripción de los puntos de monitoreo época seca

Los monitoreos de época seca se realizaron desde 1 al 25 de febrero de 2024, El análisis de calidad de agua se realizó a partir de los resultados obtenidos en la toma de muestras a cargo del laboratorio Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. – SERAMBIENTE S.A.S acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM, a través de la Resolución 2577 de 2022. Es importante mencionar que para esta fecha ya se tenía establecida área influencia definitiva, en el avance de la elaboración del EIA del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas; Por lo tanto la campaña 2 o monitoreo de época seca se proyectó realizar la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial en doscientos doce (212) puntos de monitoreo, correspondientes a 92 Ocupaciones de cauce con dos (2) puntos de muestreo (Aguas arriba y aguas abajo) y 28 puntos lénticos; ubicados en los municipios de Maicao, Uribia y Albania, en el departamento de La Guajira, dentro del Área de influencia definitiva, con la finalidad de conocer la

calidad del agua. A continuación, en la **Figura 5-5** se muestra la ubicación de puntos de los monitoreos realizados en época seca.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.7.12 Marco normativo y condiciones de referencia

Desde el punto de vista normativo las características fisicoquímicas y microbiológicas del Agua superficial se comparan con los valores regulados en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015.

Tabla 5-26 Resultados de laboratorio vs Decreto 1076/2015
Campaña 2 (2024)

ID Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	NE
LEN14	8,66	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN5	8,75	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN38_2	9,91	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN10	9,45	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN15	9,2	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN40	8,83	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN35	10,26	No cumple	No cumple	No cumple	NA

Campaña 2 (2024)					
ID Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		5,0–9,0	6,5–8,5	4,5–9,0	NE
LEN41	8,68	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN37_2	8,85	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN4	9,33	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN33	7,39	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN12	9,63	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN16	9,7	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN17	9,32	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN34	8,24	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN1	10,49	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN29	8,13	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN30	7,81	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28_2	9,06	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN39	9,8	No cumple	No cumple	No cumple	NA

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

De acuerdo con lo anterior, se evidenció que los valores de pH presentaron diferentes comportamientos, destacando que respecto al artículo 2.2.3.3.9.3. se presentó cumplimiento en 9 de los 20 puntos monitoreados; para el caso del artículo 2.2.3.3.9.4. se presentó cumplimiento en 4 de los 20 puntos; finalmente para el caso del artículo 2.2.3.3.9.5. se evidencio cumplimiento en 9 de los 20 puntos monitoreados. Los resultados indican que la mayoría de los puntos de monitoreo presentan características alcalinas, con una menor proporción de puntos neutros. A pesar de la predominancia de valores alcalinos, un porcentaje significativo de puntos cumple con los límites establecidos por el Decreto 1076 de 2015, asegurando así que una parte considerable de los cuerpos de agua monitoreados mantiene una calidad adecuada en términos de pH.

5.1.7.13 Monitoreo época seca

Cabe resaltar que ciento setenta y nueve (179) puntos se encontraron secos y trece (13) puntos, no se obtuvo el permiso para ingresar a la comunidad., así las cosas, solo fue posible muestrear 20 puntos. Si bien, se encontraron la mayoría de los puntos secos y no fue posible obtener muestra de agua, se presenta el soporte fotográfico del debido trabajo de campo ejecutado. (3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.7 Calidad del agua\Anexo 5.1.7-2 Campaña 2 Epoca Seca).

5.1.7.14 Resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales época seca

En las siguientes tablas se muestra los parámetros medidos in situ, muestreo simple y muestreo integrado.

Tabla 5-27 Resultados de campo campaña 2 – Muestreo simple.

Campaña 2 (2024)						
Características del monitoreo	Parámetros					
Puntos de monitoreo	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
LEN14	8,66	2,5	94,7	27,5	<0,1	NM
LEN5	8,75	9,3	223	28,5	<0,1	NM
LEN38_2	9,91	7,6	316	30,3	<0,1	NM
LEN10	9,45	5,8	364	28,9	<0,1	NM
LEN15	9,2	3,1	85,8	28,9	<0,1	NM
LEN40	8,83	3,8	418	28,2	<0,1	NM
LEN35	10,26	5,5	100,6	27,6	<0,1	NM
LEN41	8,68	7	184,2	26,9	<0,1	NM
LEN37_2	8,85	6	274	27,9	<0,1	NM
LEN4	9,33	2,5	95	27,5	<0,1	NM
LEN33	7,39	6,9	302	26,6	<0,1	NM
LEN12	9,63	6,4	297	28,9	<0,1	NM
LEN16	9,7	8,6	317	30,3	<0,1	NM
LEN17	9,32	5,8	170,3	27,6	<0,1	NM
LEN34	8,24	5,5	408	29,6	<0,1	NM
LEN1	10,49	7,6	93	27,3	<0,1	NM
LEN29	8,13	2,4	483,3	25,8	<0,1	NM
LEN30	7,81	2,1	1508	27,2	<0,1	NM
LEN28_2	9,06	8,8	274	30,1	<0,1	NM
LEN39	9,8	6,8	271	28,1	<0,1	NM

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

Tabla 5-28 Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN4.

LEN4		Parámetros de monitoreo					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	16:50	8,67	2,5	94,6	27,3	<0,1	NM
Medio	16:55	8,65	2,7	94,9	27,7	<0,1	NM
Fondo	16:58	10,67	2,4	95,6	27,4	<0,1	NM
Rangos	Máximo	8,65	2,4	94,6	27,3	<0,1	NM
	Mínimo	10,67	2,7	95,6	27,7	<0,1	NM
Promedio		9,33	2,5	95	27,5	<0,1	NM

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

Tabla 5-29 Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN14.

LEN14		Parámetros de monitoreo					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	6:50	8,68	2,4	94,9	27,8	<0,1	NM
Medio	6:54	8,67	2,5	94,6	27,3	<0,1	NM

LEN14		Parámetros de monitoreo					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Fondo	6:57	8,64	2,7	94,7	27,5	<0,1	NM
Rangos	Máximo	8,64	2,4	94,6	27,3	<0,1	NM
	Mínimo	8,68	2,7	94,9	27,8	<0,1	NM
Promedio		8,66	2,5	94,7	27,5	<0,1	NM

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

Tabla 5-30 Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN29

LEN29		Parámetros de monitoreo					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	9:50	8,12	2,4	483	25,9	<0,1	NM
Medio	9:53	8,14	2,3	484	25,8	<0,1	NM
Fondo	9:57	8,13	2,6	483	25,7	<0,1	NM
Rangos	Máximo	8,12	2,3	483	25,7	<0,1	NM
	Mínimo	8,14	2,6	484	25,9	<0,1	NM
Promedio		8,13	2,4	483,3	25,8	<0,1	NM

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

Tabla 5-31 Resultados de campo campaña 2 – Muestreo Integrado LEN30

LEN30		Parámetros de monitoreo					
Alícuotas	Hora	pH (unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Temperatura (°C)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Caudal (L/s)
Superficial	10:48	7,82	2,1	1509	27,3	<0,1	NM
Medio	10:52	7,8	2,2	1507	27,1	<0,1	NM
Fondo	10:55	7,81	2	1508	27,2	<0,1	NM
Rangos	Máximo	7,8	2	1507	27,1	<0,1	NM
	Mínimo	7,82	2,2	1509	27,3	<0,1	NM
Promedio		7,81	2,1	1508	27,2	<0,1	NM

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S. & DAPHNIA LTDA, 2024.

5.1.7.15 Análisis de resultados monitoreo fisicoquímico y microbiológico de las aguas superficiales, época seca.

De acuerdo con lo anterior, se evidenció que los valores de pH presentaron diferentes comportamientos en los puntos obtenidos, en donde el 10% reporto características neutras en un intervalo de 7,39 unidades de pH (LEN33) a 7,81 unidades de pH (LEN30). Por otro lado, el 90% arrojó valores alcalinos los cuales se encontraron en un rango de 8,13 unidades de pH (LEN29) a 10,49 unidades de pH (LEN1), de acuerdo con lo anterior, se evidencia cumplimiento del 45% con respecto a los límites máximos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5, mientras que el 20% de puntos de monitoreo cumplen con el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015

Los resultados obtenidos muestran que las temperaturas del agua en los puntos de monitoreo varían entre 25.8 °C y 30.3 °C, valores que se consideran normales para las condiciones climáticas de la zona de estudio. Esto sugiere que no hay anomalías térmicas significativas que puedan afectar negativamente los ecosistemas acuáticos locales.

Por otro lado, los sólidos sedimentables se encuentran por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos de monitoreo, lo que indica una baja concentración de partículas en suspensión que pueden sedimentar. Este resultado es positivo para la calidad del agua, ya que menores cantidades de sólidos sedimentables suelen correlacionarse con menos turbidez y un menor impacto negativo en los hábitats acuáticos.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) son parámetros críticos para evaluar el consumo de oxígeno en el agua por parte de microorganismos. Estos indicadores son fundamentales para reconocer la influencia de la actividad humana sobre el recurso hídrico. La DBO₅, en particular, mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. Una mayor concentración de DBO₅ indica un mayor nivel de contaminación.

Distribución de la Calidad del Agua según DBO₅:

- Calidad Excelente (10% de los puntos), Aguas no contaminadas,
- Buena Calidad (10% de los puntos), Aguas con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.
- Calidad Aceptable (65% de los puntos), Aguas con indicio de contaminación y capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.
- Calidad Contaminada (15% de los puntos), Aguas que han sufrido descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.

Estos resultados se basan en la escala de clasificación de la calidad del agua superficial según la DBO₅.

Criterio (mgO ₂ /L)	Descripción	Clasificación
DBO ₅ ≤ 3	No contaminada	Excelente
3 < DBO ₅ ≤ 6	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Buena calidad
6 < DBO ₅ ≤ 30	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Aceptable
30 < DBO ₅ ≤ 120	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Contaminada
DBO ₅ > 120	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Fuertemente contaminada

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesario para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua. A diferencia de la DBO₅, la DQO incluye compuestos que pueden ser oxidados químicamente pero no biológicamente, generalmente resultando en valores de DQO superiores a los de DBO₅. Este parámetro es esencial para evaluar el nivel de contaminación del agua y la influencia de la actividad humana sobre los recursos hídricos.

Distribución de la Calidad del Agua según DQO:

- Calidad Excelente (10% de los puntos), Aguas sin indicios de contaminación.
- Buena Calidad (5% de los puntos), Aguas con bajo contenido de materia orgánica.
- Calidad Aceptable (30% de los puntos), Aguas con indicio de contaminación, pero con capacidad de autodepuración.
- Calidad Contaminada (40% de los puntos), Aguas con concentraciones de DQO entre 40 mg O₂/L y 200 mg O₂/L.
- Fuertemente Contaminada (15% de los puntos), Aguas con concentraciones superiores a 200 mg O₂/L, con ejemplos específicos de los puntos LEN33 (232 mg O₂/L) y LEN12 (230 mg O₂/L), indicando una fuerte contaminación y una alta carga de descargas de aguas residuales crudas.

El análisis de la DQO revela que solo el 15% de los puntos de monitoreo tienen una calidad de agua excelente o buena, lo que indica que estas aguas tienen bajo contenido de materia orgánica. El 30% de los puntos presentan una calidad aceptable, sugiriendo presencia de contaminación, pero con una capacidad de autodepuración. Sin embargo, el 40% de los puntos están clasificados como contaminados, y el 15% son fuertemente contaminados, lo cual refleja un impacto significativo de descargas de aguas residuales crudas, tanto municipales como no municipales. Estos datos subrayan la necesidad de mejorar las prácticas de gestión de aguas residuales para proteger los recursos hídricos.

5.1.7.16 Índice de calidad de agua (ICA) época seca

De acuerdo con el Índice de Calidad de Agua (ICA) para 6 variables, se evidencia que el 50% de los puntos de monitoreo presentan una calidad regular y el otro 50% poseen una calidad mala, reportando señales de color amarillo y naranja, respectivamente. El índice de calidad de agua (ICA) superficial obtenido en el monitoreo de época seca, se muestra en la **Tabla 5-33**.

Tabla 5-33 Valores de ICA, para cada punto de monitoreo

Puntos de monitoreo		$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
LEN14	16/02/2024	0,56
LEN5		0,61
LEN38_2		0,38
LEN10		0,45
LEN15		0,63
LEN40		0,41
LEN35		0,56
LEN41*	15/02/2024	0,67
LEN37_2*		0,55
LEN4	16/02/2024	0,64
LEN33	17/02/2024	0,57
LEN12	21/02/2024	0,47
LEN16		0,59
LEN17		0,5
LEN34	23/02/2024	0,44
LEN1	20/02/2024	0,5
LEN29		0,42
LEN30		0,44
LEN28_2		0,46

Puntos de monitoreo		$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
LEN39	23/02/2024	0,58

*: Se realiza de manera indicativa ya que presentan valores por debajo del límite de cuantificación del método de análisis para los parámetros DQO, Nitrógeno total y Fósforo total.

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

De acuerdo con el Índice de Calidad de Agua (ICA) para 6 variables, se evidencia que el 50% de los puntos de monitoreo presentan una calidad regular y el otro 50% poseen una calidad mala, reportando señales de color amarillo y naranja, respectivamente.

5.1.7.17 Índices de contaminación (ICOMO), (ICOSUS)(ICOTRO), (ICOpH)

A continuación, se presentan los resultados de los índices de contaminación, en época seca **Tabla 5-34**.

Tabla 5-34 Resultado final de la determinación de ICOMO/ICOSUS/ICOTRO/ICOpH para la segunda campaña

ID Punto de Monitoreo	Nombre	Índices de contaminación			
		ICOMO	ICOSUS	ICOpH	ICOTRO
LEN14	LEN14	0,620	0,013	0,233	Eutrófico
LEN5	LEN5	0,186	0,328	0,291	Eutrófico
LEN38_2	LEN38-2	0,324	0,463	0,957	Eutrófico
LEN10	LEN10	0,392	0,13	0,821	Eutrófico
LEN15	LEN15	0,453	0,031	0,659	Eutrófico
LEN40	LEN40	0,428	0,682	0,351	Eutrófico
LEN35	LEN35	0,402	0	0,987	Eutrófico
LEN41	LEN41	0,11	0,175	0,243	Eutrófico
LEN37_2	LEN37-2	0,179	0,355	0,366	Eutrófico
LEN4	LEN4	0,361	0	0,752	Eutrófico
LEN33	LEN33	0,386	0,094	0,004	Eutrófico
LEN12	LEN12	0,396	0,178	0,895	Eutrófico
LEN16	LEN16	0,258	0,064	0,916	Eutrófico
LEN17	LEN17	0,305	1	0,745	Eutrófico
LEN34	LEN34	0,493	1	0,066	Eutrófico
LEN1	LEN1	0,325	0,64	0,994	Eutrófico
LEN29	LEN29	0,511	0,508	0,046	Eutrófico
LEN30	LEN30	0,582	0,448	0,016	Eutrófico
LEN28_2	LEN28-2	0,303	0,064	0,544	Eutrófico
LEN39	LEN39	0,16	0,109	0,939	Eutrófico
Indicación		Baja contaminación (cercano a 0)			
		Alta contaminación (cercano a 1)			

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024.

A partir del cálculo del índice ICOMO se obtuvo que 20% de los puntos de monitoreo no presentan ningún grado de contaminación; mientras que el 45% reporta un nivel de contaminación bajo, por otro lado, el 30% de los puntos presentan un grado de contaminación medio y el 5% presenta un grado alto de contaminación.

En lo que respecta al índice de contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST) - ICOSUS no se presentó ningún grado de contaminación para el 55% de los puntos, mientras que el 10% reporta un nivel bajo de contaminación, asimismo, para el 15% se obtuvo un grado medio de contaminación, sin embargo, el 10% evidenció un nivel alto de contaminación y el 10% restante un grado muy alto.

Por otra parte, para el índice de contaminación por pH el 20% de los puntos analizados no presentan ningún grado de contaminación, mientras que el 25% reporta nivel de contaminación bajo, de igual forma, el 5% evidencian un grado de polución medio, el 15% reportó un grado de contaminación y el 35% restante presenta un grado muy alto de contaminación. **Figura 5-6**

En términos generales las muestras de agua presentan un estado eutrófico en el 100% de los puntos, reflejando condiciones regulares, lo cual permite desarrollo de especies no sensibles de flora y fauna presente en la zona

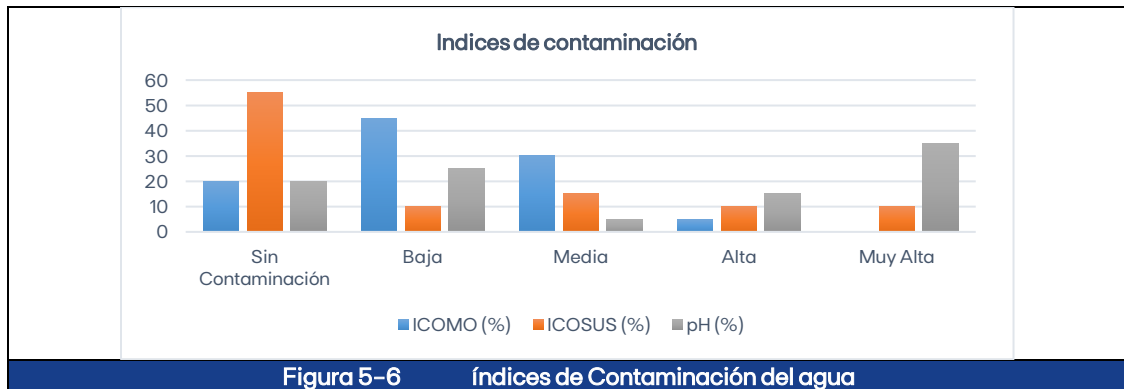


Figura 5-6 Índices de Contaminación del agua

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.7.18 Análisis multitemporal o comparativo de agua superficial 2023-2024

Los métodos empleados para la caracterización fisicoquímica y microbiológica del área de estudio se encuentran fundamentados en los textos del Standard Methods Edición 23.2017. Además de la norma técnica colombiana NTC-ISO 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración (ICONTEC.2005) A continuación, se presenta un resumen comparativo de los resultados, de los monitoreos de aguas superficiales en marco del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas. En la siguiente figura se muestra el número de puntos monitoreados por cada época o campaña.

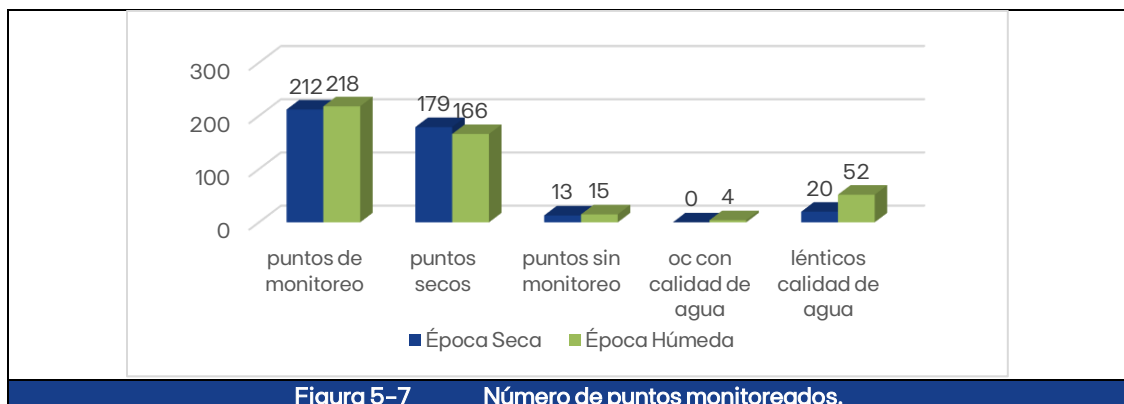


Figura 5-7 Número de puntos monitoreados.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Los cuerpos de agua de naturaleza lenticos corresponden principalmente a (Jaguey) los cuales son utilizados como suministros de agua para la comunidad y por los animales de la zona (Cerdos y chivos), lo loticos correspondieron a cauces con necesidad de ocupación.

Teniendo en cuenta normativa aplicable, se muestra el resumen con los resultados de cada época de muestreo. En la que se evidenció que los valores de pH presentaron diferentes comportamientos, destacando que respecto al artículo 2.2.3.3.9.3. se presentó cumplimiento en 44 de los 52 puntos analizados en la primera campaña y para la segunda campaña se presentó cumplimiento en 9 de los 20 puntos monitoreados; para el caso del artículo 2.2.3.3.9.4. se presentó cumplimiento en 30 de los 52 puntos analizados y en la segunda campaña se presentó cumplimiento en 4 de los 20 puntos; finalmente para el caso del artículo 2.2.3.3.9.5. se evidencio cumplimiento den 45 de los 52 puntos en la primera campaña, mientras que para la segunda campaña se evidencio cumplimiento en 9 de los 20 puntos monitoreados. El anterior comportamiento se evidencia en las **Figura 5-10** y la **Figura 5-11**.

- Resultados de campo

Campaña 1 (2023)					
Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3	Artículo 2.2.3.3.9.4	Artículo 2.2.3.3.9.5	Artículo 2.2.3.3.9.6
		5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	NE
LEN23	8,83	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN35	7,99	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC65 Aguas abajo	7,95	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN36	9,09	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN 37	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN 38	8,79	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN 69	8,17	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 68	7,88	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 58	8,38	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 80	8,87	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN 119	8,44	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 61	8,97	Cumple	No cumple	Cumple	NA
OC49 Aguas arriba	7,87	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC49 Aguas abajo	7,85	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 63	7,91	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 64	8,22	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN99	7,34	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN12	7,92	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN41	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN101	7,44	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN102	6,96	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN100	6,99	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN40	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
OC64 Aguas arriba	7,87	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC64 Aguas abajo	7,86	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN37	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN17	8,5	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN38	8,53	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN10	9,13	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN16	8,5	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28	8,52	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN2	7,92	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN15	9,83	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LOT18	8,2	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN36	9,36	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN 0	7,64	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN 1	8,05	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC67 Aguas arriba	8,36	Cumple	Cumple	Cumple	NA
OC67 Aguas abajo	8,35	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN5	8,63	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN6	9,13	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN7	9,09	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN8	8,58	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN34	7,39	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN32	8,6	Cumple	No cumple	Cumple	NA

Figura 5-8 Resultados de campo campaña 1 vs Decreto 1076 de 2015

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

Campaña 2 (2024)					
Punto de muestreo	pH (Unidades)	Decreto 1076 de 2015			
		Artículo 2.2.3.3.9.3 5,0-9,0	Artículo 2.2.3.3.9.4 6,5-8,5	Artículo 2.2.3.3.9.5 4,5-9,0	Artículo 2.2.3.3.9.6 NE
LEN14	8,66	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN5	8,75	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN38	9,91	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN10	9,45	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN15	9,2	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN40	8,83	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN35	10,26	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN41	8,68	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN37	8,85	Cumple	No cumple	Cumple	NA
LEN4	9,33	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN33	7,39	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN12	9,63	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN16	9,7	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN17	9,32	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN34	8,24	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN1	10,49	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN29	8,13	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN30	7,81	Cumple	Cumple	Cumple	NA
LEN28	9,06	No cumple	No cumple	No cumple	NA
LEN39	9,8	No cumple	No cumple	No cumple	NA

Figura 5-9 Resultados de campo campaña 2 vs Decreto 1076 de 2015

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

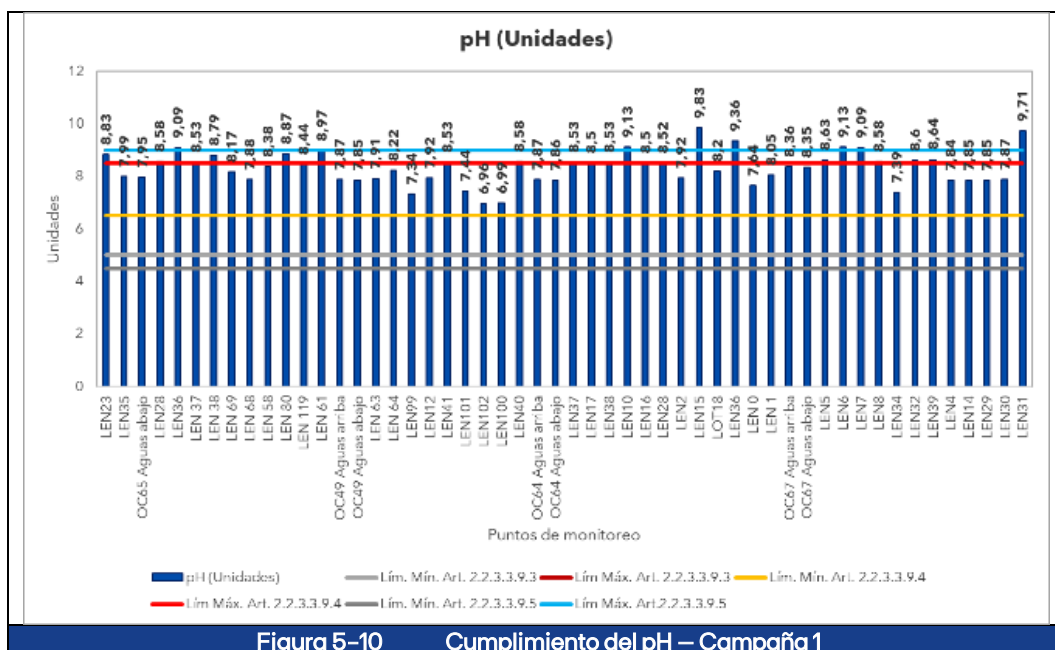


Figura 5-10 Cumplimiento del pH – Campaña 1

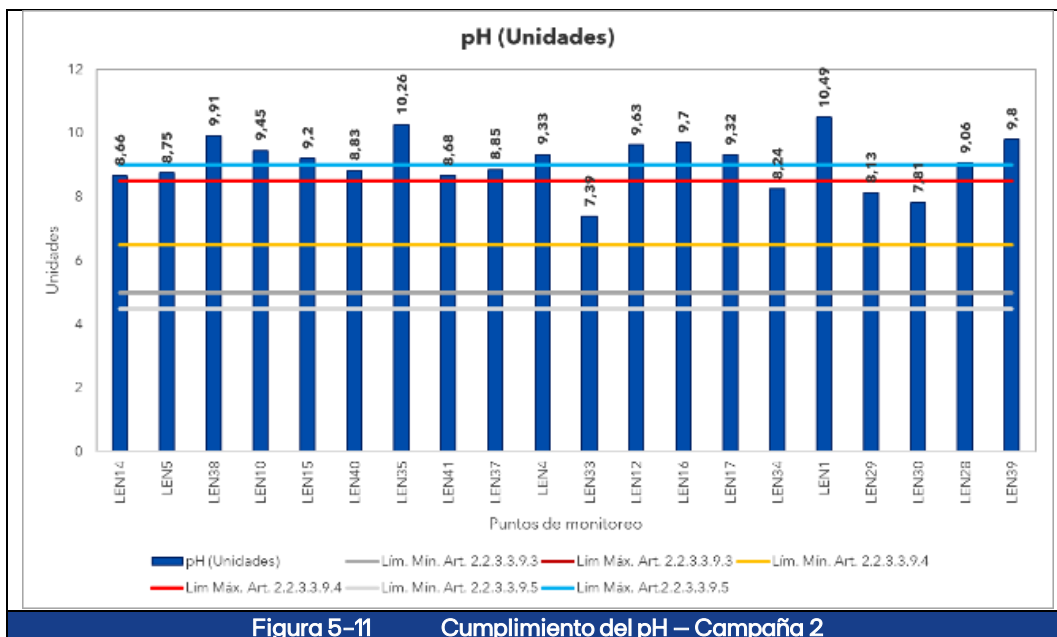


Figura 5-11 Cumplimiento del pH – Campaña 2

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2024

- Resultados de laboratorio

A continuación, en la **Tabla 5–35** se presenta la comparación con el Decreto 1076 de 2015 de los parámetros que cuenta con límite normativo en los artículos 2.2.3.3.9.3., 2.2.3.3.9.5. y 2.2.3.3.9.6.

Tabla 5–35 Resultados de laboratorio Campaña 1– I

ID_punto de monitoreo	Grasas Y Aceites ²	Turbidez (Turbiedad)*	Coliformes termotolerantes ¹	Coliformes totales ³	Cumplimiento						
	mg G&A/L	NTU	NMP/100 mL	NMP/100 mL	Grasas Y Aceites ² (Ausencia)	Turbidez (Turbiedad)* (190)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.3 (2000)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.5 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.3 (20000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.4 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.5 (5000)
Campaña 1											
LEN23_1C	<1	> 750	78	490	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
OC65_A_ABAJO	<1	40,4	45	790	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN35	<1	667	220	3500	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN28	<1	> 750	68	1300	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN36	<1	640	220	1300	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN37_1_1C	<1	668	460	1400	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN38_1_1C	<1	47,6	320	2200	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN4	<1	9,52	170	790	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN69_1C	<1	7,28	270	3500	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN68_1C	<1	21,4	78	330	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN58_1C	<1	127	340	5400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
LEN80_1C	<1	7,95	110	490	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN119_1C	<1	425	140	3500	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN61_1C	<1	20,2	110	1300	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
OC49_A_ARRIBA	<1	174	1700	22000	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
OC49_A_ABAJO	<1	149	680	17000	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
LEN63_1C	<1	13,8	1300	9200	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
LEN64_1C	<1	4,36	45	340	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN99_1C	<1	8,78	110	140	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN12	<1	48,2	78	130	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN101_1C	<1	3,71	170	330	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN102_1C	<1	5,53	220	270	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN41	<1	11,1	340	400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN100_1C	<1	7,46	790	2400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN28	<1	24,7	230	230	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN16	<1	23,4	330	400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN2	<1	30,2	230	490	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

ID_punto de monitoreo	Grasas Y Aceites ²	Turbidez (Turbiedad)*	Coliformes termotolerantes ¹	Coliformes totales ³	Cumplimiento						
	mg G&A/L	NTU	NMP/100 mL	NMP/100 mL	Grasas Y Aceites ² (Ausencia)	Turbidez (Turbiedad)* (190)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.3 (2000)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.5 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.3 (20000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.4 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.5 (5000)
LEN10	<1	10,9	45	45	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN38	<1	24,9	1300	5400	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
LEN17	<1	10	78	230	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN15	<1	3,69	140	490	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LOT18	<1	5,07	330	940	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN37	<1	1,8	790	3500	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN14	<1	1,65	45	78	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
OC64_A_ARRIBA	<1	1,76	40	68	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
OC64_A_ABAJO	<1	1,01	45	45	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN40	<1	1	320	5400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
OC67_A_ARRIBA	<1	33,4	490	1700	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
OC67_A_ABAJO	<1	34,9	93	140	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN36	<1	1	220	490	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN1	<1	1,32	220	220	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN30	<1	64,8	130	130	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN29	<1	2,59	130	230	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN0	<1	72,5	140	5400	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple
LEN5	<1	1	93	1300	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN6	<1	258	45	78	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN7	<1	180	<1,8	<1,8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN31_1C	<1	216	<1,8	<1,8	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN8_1C	<1	167	7,8	23	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN34	<1	10	78	330	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN32	<1	11	110	330	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN39	<1	11,8	40	68	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Campaña 2 (2024)											
LEN14	<1	10,2	220	1100	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN5	<1	>750	78	230	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN38	<1	197	<1,8	<1,8	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN10	<1	55,5	<1,8	<1,8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN15	<1	23,6	45	230	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN40	<1	>750	110	700	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN35	<1	7,56	<1,8	<1,8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN41	<1	157	20	20	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

ID_punto de monitoreo	Grasas Y Aceites ²	Turbidez (Turbiedad)*	Coliformes termotolerantes ¹	Coliformes totales ³	Cumplimiento						
	mg G&A/L	NTU	NMP/100 mL	NMP/100 mL	Grasas Y Aceites ² (Ausencia)	Turbidez (Turbiedad)* (190)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.3 (2000)	Coliformes termotolerantes ¹ Artículo 2.2.3.3.9.5 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.3 (20000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.4 (1000)	Coliformes totales ³ Artículo 2.2.3.3.9.5 (5000)
LEN37	<1	131	<1,8	<1,8	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN4	<1	2,29	20	45	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN33	<1	11,8	45	78	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN12	<1	101	20	68	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN16	<1	52,8	20	110	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN17	<1	>750	68	330	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN34	<1	>750	260	2800	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
LEN1	<1	2,43	4,5	4,5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN29	<1	45,1	110	490	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN30	<1	77,4	40	220	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN28	<1	22,3	45	130	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
LEN39	<1	35,7	20	20	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S. & DAPHNIA LTDA, 2024

En la primera campaña se destaca que el 18,18% de los puntos de monitoreo presentaron una calidad de agua excelente, es decir aguas sin indicios de contaminación; así mismo, el 14,55% reportó características de buena calidad, de lo cual se puede inferir que son aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable, mientras que el 54,55% de los puntos presentaron una calidad aceptable, de lo cual se infiere que son aguas con indicio de contaminación y con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente; mientras que el 12,72% demostraron ser aguas contaminadas, las cuales posiblemente han sufrido descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.

Por otra parte, en la segunda campaña, se evidencio que el 10% de los puntos monitoreados presentó una calidad excelente siendo aguas no contaminadas, en cuanto a las aguas de buena calidad se logra identificar que el 10% de los puntos se encuentran en esta clasificación. Por otra parte, el 65% de los puntos presentaron una calidad aceptable, de lo cual se infiere que son aguas con indicio de contaminación y con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente; mientras que el 15% de los puntos demostraron ser aguas contaminadas, las cuales posiblemente han sufrido descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal, lo anterior según la escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DBO₅, lo anterior según la escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DBO₅, tal como se muestra en la **Tabla 5-36**

Tabla 5-36 Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DBO₅.

Criterio (mgO ₂ /L)	Descripción	Clasificación
DBO ₅ ≤ 3	No contaminada	Excelente
3 < DBO ₅ ≤ 6	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Buena calidad
6 < DBO ₅ ≤ 30	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Aceptable
30 < DBO ₅ ≤ 120	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Contaminada
DBO ₅ > 120	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Fuertemente contaminada

FUENTE: Tomado y adaptado de (CONAGUA, 2015).

Con respecto a la DQO en el primer monitoreo (2023) se observó que el 23,64% de los puntos de monitoreo presentan una excelente calidad, de igual forma, 18,18% reporta una clasificación de buena calidad, es decir, aguas con bajo contenido de materia orgánica. Por otro lado, se presentó una calidad aceptable para el 32,72% de los puntos monitoreados, mientras que el 23,64% reportó concentraciones entre 40 mg O₂/L a 200 mg O₂/L, lo cual le otorga una clasificación de aguas contaminadas, asimismo, el punto OC67_A_ARRIBA evidenció un resultado de 281mg O₂/L, lo cual indica que es un cuerpo de agua fuertemente contaminado, el cual puede ser susceptible a un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.

En la segunda campaña (2024) se observó que el 10% de los puntos de monitoreo presentan una excelente calidad, de igual forma, 5% reporta una clasificación de buena calidad, es decir, aguas con bajo contenido de materia orgánica. Por otro lado, se presentó una calidad aceptable para el

30% de los puntos monitoreados, mientras que el 40% reportó concentraciones entre 40 mg O₂/L a 200 mg O₂/L, lo cual le otorga una clasificación de aguas contaminadas, asimismo, los puntos LEN33 y LEN12 evidenciaron resultados de 232 mg O₂/L y 230 mg O₂/L, respectivamente, lo cual indica que son cuerpos de agua fuertemente contaminadas, lo cual puede ser susceptible a un fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales, lo mencionado anteriormente se realizó según lo reflejado en la **Tabla 5-37**.

Tabla 5-37 **Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en la DQO.**

Criterio (mgO ₂ /L)	Descripción	Clasificación
DQO ≤ 10	No contaminada	Excelente
10 < DQO ≤ 20	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable	Buena calidad
20 < DQO ≤ 40	Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Aceptable
40 < DQO ≤ 200	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Contaminada
DQO > 200	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Fuertemente contaminada

FUENTE: Tomado y adaptado de (CONAGUA, 2015)

Las concentraciones obtenidas de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la primera campaña (2023) reportaron una clasificación de excelente calidad para el 52,72% de los puntos monitoreados, asimismo, el 16,36% presentan una clasificación de buena calidad, de lo cual se puede inferir que son aguas con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales, mientras que el 12,73% de los puntos evidencia una calidad aceptable, lo cual trae como consecuencia aguas superficiales con indicio de contaminación, las cuales poseen descargas de aguas residuales tratadas biológicamente y presentan una condición regular para peces, así como, riego agrícola restringido; y se reportó una clasificación de aguas con una calidad contaminada por SST para el 12,73%, de lo cual se infiere que son aguas con alto contenido de material suspendido. Por último, los puntos LEN23_1C, LEN35 y LEN6 presentaron una fuerte contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST), de lo cual se intuye que son aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante, lo cual propicia una mala condición para peces.

Para el caso de la campaña 2 (2024) las concentraciones obtenidas de Sólidos Suspendidos Totales (SST) reportaron una clasificación de excelente calidad para el 20% de los puntos monitoreados, así mismo, el 35% presentan una clasificación de buena calidad, de lo cual se puede inferir que son aguas con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales, lo cual favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto. No obstante, se logró observar que el 20% de los puntos evidencia una calidad aceptable, lo cual trae como consecuencia aguas superficiales con indicio de contaminación, las cuales poseen descargas de aguas residuales tratadas biológicamente y presentan una condición regular para peces, así como, riego agrícola restringido; mientras que se reportó una clasificación de aguas con una calidad contaminada por SST para el 25%, de lo cual se infiere que son aguas con alto contenido de material suspendido. Por último, los puntos LEN17 y LEN34 presentaron una fuerte contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST), de lo cual se intuye que son aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no

municipales con alta carga contaminante, lo cual propicia una mala condición para peces; lo anteriormente descrito es en base a lo presentado en la **Tabla 5-38**.

Tabla 5-38 Escala de clasificación de calidad de agua superficial con base en los SST.

Criterio (mgO ₂ /L)	Descripción	Clasificación
SST ≤ 25	Clase de excepción, muy buena calidad	Excelente
25 < SST ≤ 75	Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto	Buena calidad
75 < SST ≤ 150	Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	Aceptable
150 < SST ≤ 400	Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Aguas con alto contenido de material suspendido	Contaminada
SST > 400	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces	Fuertemente contaminada

FUENTE: Tomado y adaptado de (CONAGUA, 2015)

Por otro lado, para el parámetro de grasas y aceites se presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio, siendo este de <1 mg/L para todos los puntos analizados en la campaña 1 (2023) y campaña 2 (2024). Cabe mencionar, que en el parágrafo del artículo 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4 se establece que no se aceptará película visible de grasas y aceites y de acuerdo con la apariencia de la muestra y al valor reportado, se presenta cumplimiento en todos los puntos analizados para las dos campañas de monitoreo.

Para el parámetro fósforo total en la primera campaña (2023) se obtuvo que el 27,27% de los puntos presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación de la técnica empleada por laboratorio siendo este de < 0,05 mg P/L; así mismo, para el resto de los puntos se presentaron concentraciones bajas o muy cercanas al límite antes descrito, a excepción de los puntos LEN0, LEN15 y LOT18 los cuales arrojaron concentraciones entre 1,02 mg P/L a 1,22 mg P/L. Por su parte, para la segunda campaña (2024), se obtuvo que los puntos LEN41 y LEN37 presentaron concentraciones por debajo del límite de cuantificación y para el resto de los puntos se presentaron concentraciones bajas o muy cercanas al límite antes descrito.

En la primera campaña de monitoreo (2023) se presentaron concentraciones de Nitrógeno total entre <0,50 mg N/L (LEN1 y LEN29) hasta 764,8 mg N/L (LEN35), mientras que la segunda campaña (2024) se presentaron concentraciones d entre <0,5 mg N/L (LEN 41 y LEN37) hasta 5,2 mg N/L (LEN33), cabe mencionar que para las dos campañas gran parte de los valores reportados estuvieron bajos y algunos cercanos al límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio.

De acuerdo a los resultados del parámetro Dureza total, para la campaña 1 (2023) se evidencia que el 45,46% de los puntos analizados presentan características blandas; mientras que el 40,00% reporta valores acordes a características moderadamente duras. Por otro lado, el 7,27 % de los puntos de monitoreo evidencia condiciones duras; por último, los puntos restantes arrojaron concentraciones >300 mg CaCO₃/L por lo cual posee características muy duras, mientras que para la campaña 2 (2024) se evidencia que el 55% de los puntos analizados presentan características blandas; el 35% reporta valores acordes a características moderadamente duras. Por otro lado, el 5% de los puntos de monitoreo evidencia condiciones duras; y el 5% restante arrojó

una concentración >300 mg CaCO_3/L por lo cual posee características muy duras; lo anterior según la clasificación obtenida en la Tabla 5-39, (Romero, 2009).

Tabla 5-39 Concentraciones estándares de dureza.

Concentraciones (mg CaCO_3/L)	Características
0 – 75	Blanda
75 -200	Moderadamente dura
200 – 300	Dura
>300	Muy dura

FUENTE: (JAIRO, 2002).

Para el parámetro de turbiedad para la primera campaña de monitoreo (2023) se presentaron valores entre 1,00 NTU (LEN5) hasta > 750 NTU (LEN23_1C y LEN28), las concentraciones, lo cual indica que se presentó cumplimiento del 84,62% de los puntos analizados, con respecto al límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015; por su parte, para la segunda campaña de monitoreo, se presentaron valores entre 2,29 NTU (LEN4) hasta >750 NTU (LEN5, LEN40, LEN17 y LEN34), las concentraciones reportadas se encuentran acorde con la apariencia de las muestras analizadas, lo cual indica que se presentó cumplimiento del 75% de los puntos analizados, con respecto al límite mencionado. Este comportamiento se evidencia en la Figura 5-12 y Figura 5-13.

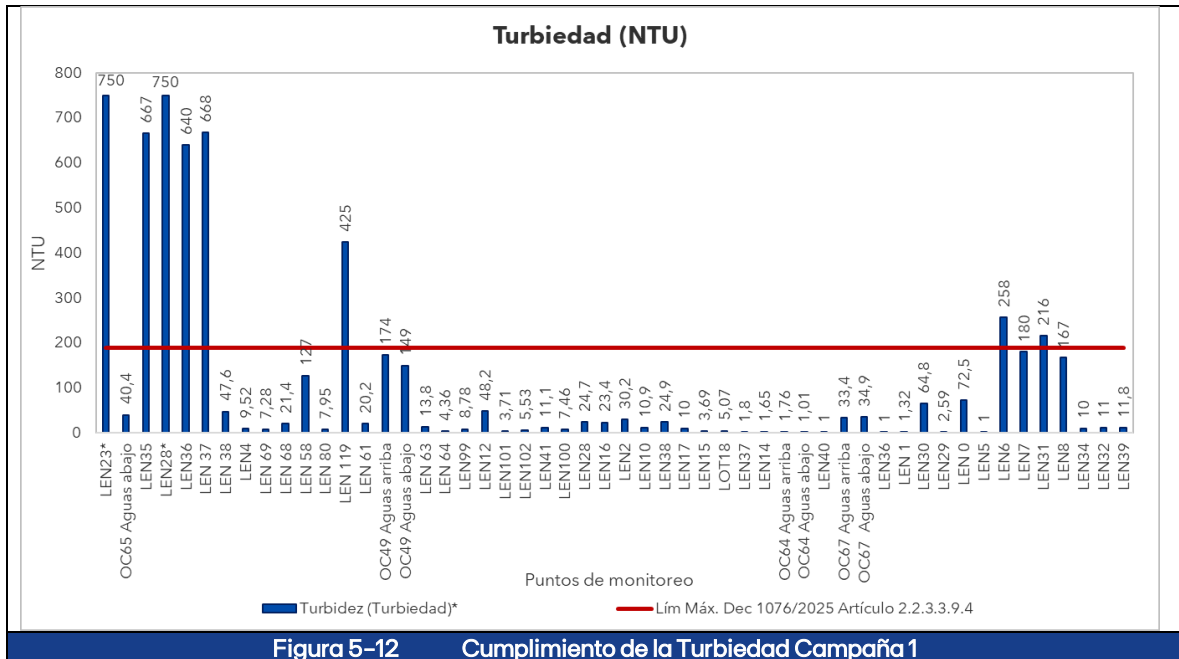
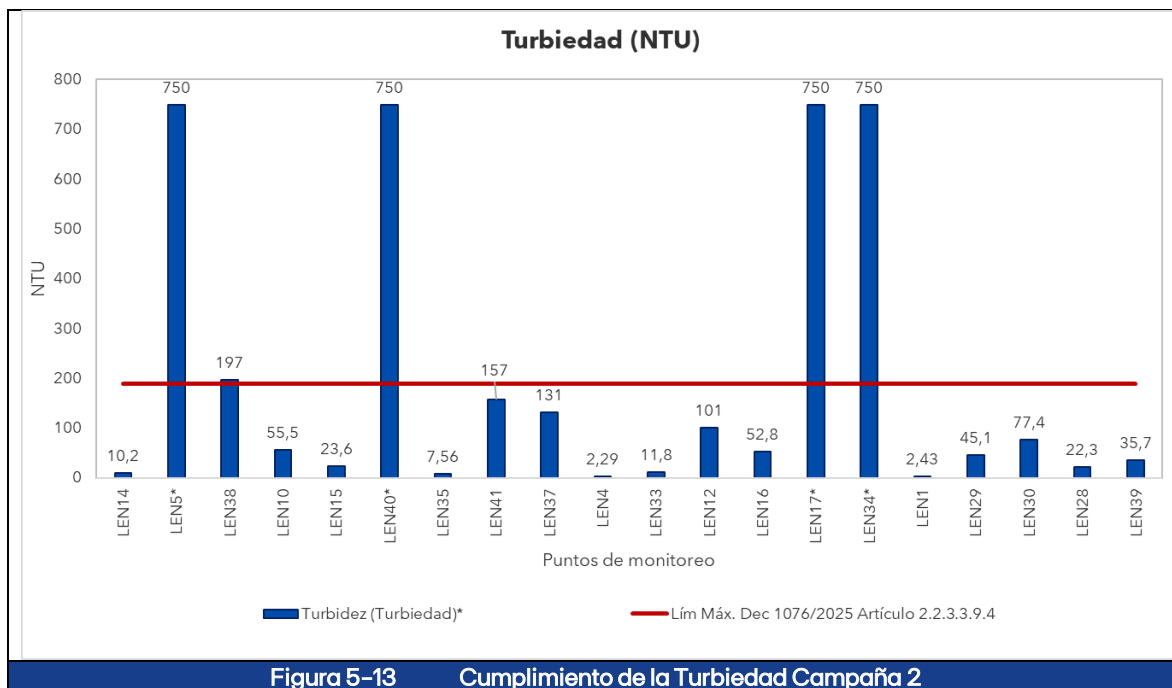


Figura 5-12 Cumplimiento de la Turbiedad Campaña 1

FUENTE: SERAMBIENTE S.A.S., 2024



Para la primera campaña (2023) los puntos de monitoreo reportaron concentraciones para coliformes totales entre <1,8 NMP/100mL (LEN7 y LEN31_1C) a 22000 NMP/100mL (OC49_A_ARRIBA); mientras que para el parámetro de coliformes termotolerantes, el valor más elevado fue de 1700 NMP/100mL en el punto OC49_A_ARRIBA. De acuerdo con lo antes mencionado, se obtiene un cumplimiento del 100% para coliformes termotolerantes y del 98,08% para coliformes totales con respecto al límite establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3. Por otro lado, el 63,46% de los puntos analizados presentan cumplimiento para coliformes totales con relación al artículo 2.2.3.3.9.4, cabe mencionar, que para coliformes termotolerantes no se especifica el límite máximo permisible en el artículo antes mencionado, mientras que el 96,16% y 86,54% del total de puntos reportaron valores por debajo de los límites establecidos en el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 para coliformes termotolerantes y totales respectivamente.

En la segunda campaña (2024) para los coliformes totales se observó cumplimiento en el 100% de los puntos con respecto a los artículos 2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.5 y en el caso del artículo 2.2.3.3.9.4. se presentó cumplimiento en el 90% de los puntos, ya que, arrojaron resultados entre <1,8 NMP/100 mL (LEN38, LEN10, LEN35 y LEN37) a 2800 NMP/100 MI (LEN34). En cuanto a los Coliformes termotolerantes se evidencia un 100% de cumplimiento con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5., demostrando valores entre <1,8 NMP/100 mL (LEN38, LEN10, LEN35 y LEN37) a 260 NMP/100 MI (LEN34).

5.1.7.19 Índices de calidad de agua

De acuerdo con el Índice de Calidad de Agua (ICA) para 6 variables, (**Tabla 5-40**) se evidenció que en la primera campaña (2023) el 13,46% de los puntos de monitoreo presentan una calidad aceptable, lo que indica condiciones propicias la vida acuática y el crecimiento de plantas. Por otro lado, para el 61,54% de los puntos reportan una calidad regular, de igual forma, el 25,00 % poseen una calidad mala; mientras que para la segunda campaña (2024) se evidenció que el 50% de los puntos de monitoreo presentan una calidad regular y el otro 50% poseen una calidad mala. **Figura 5-14**

Tabla 5-40 Variables y ponderaciones para el caso de 6 variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD	% Saturación	0,17
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/L	0,17
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0,17
Conductividad Eléctrica	μS/cm	0,17
Nitrógeno total / fósforo total	mg/L	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

FUENTE: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM., 2011.

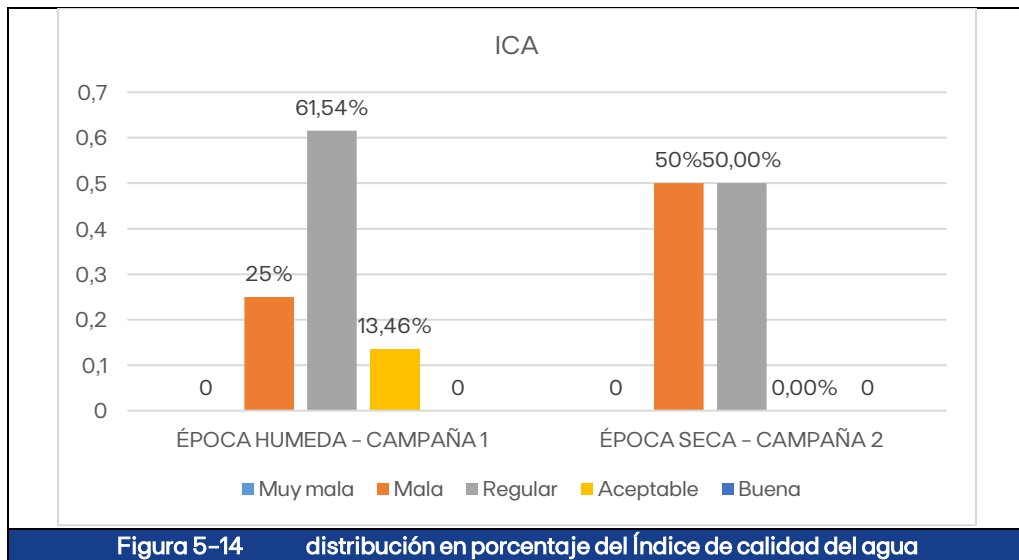


Figura 5-14 distribución en porcentaje del Índice de calidad del agua

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.7.20 Índice de contaminación del agua

A continuación, se presentan los resultados de los índices de contaminación: ICOMO/ICOSUS/ICOTRO/ICOpH. Para la primera campaña (2023) se obtuvo que 13,46% de los puntos de monitoreo no presentan ningún grado de contaminación; mientras que el 38,46% reporta un nivel de contaminación bajo, por otro lado, el 32,69% de los puntos presentan un grado de polución medio, así mismo, el 13,46% evidencian un nivel de contaminación alto y el 1,92% un grado

muy alto. En lo que respecta al índice de contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST) – ICOSUS no se presentó ningún grado de contaminación para el 67,31% de los puntos, mientras que el 7,69% reporta un nivel bajo de contaminación, asimismo, para el 11,54% se obtuvo un grado medio de contaminación, sin embargo, el 3,85% evidenció un nivel alto de contaminación y el 9,62 % un grado muy alto. Por otra parte, para el índice de contaminación por pH el 75,00% de los puntos analizados no presentan ningún grado de contaminación, mientras que el 9,62% reporta nivel de contaminación bajo, de igual forma, el 5,77% evidencian un grado de contaminación medio y alto, por último, el 3,85% presenta un grado muy alto de contaminación. En términos generales las muestras de agua presentan un estado eutrófico en el 94,23% de los puntos, reflejando condiciones regulares, lo cual permite desarrollo de especies no sensibles de flora y fauna presente en la zona; mientras que el 5,77% presentan un estado hipertrófico.

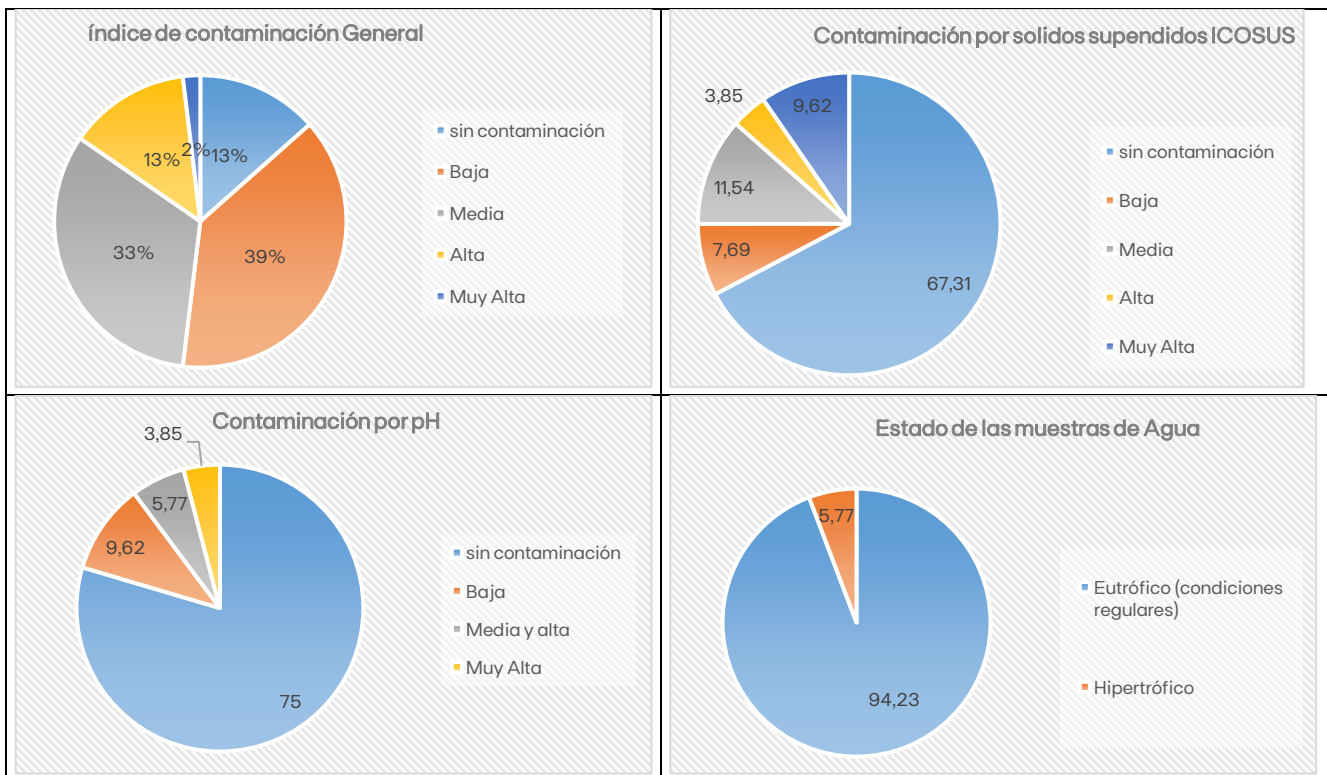


Figura 5-15 distribución en porcentaje del Índices de contaminación del agua – Época Húmeda (Campaña 1)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

Para la segunda campaña (2024) a partir del cálculo del índice ICOMO se obtuvo que 20% de los puntos de monitoreo no presentan ningún grado de contaminación; mientras que el 45% reporta un nivel de contaminación bajo, por otro lado, el 30% de los puntos presentan un grado de contaminación medio y el 5% presenta un grado alto de contaminación. En lo que respecta al índice de contaminación por Sólidos Suspendidos Totales (SST) – ICOSUS no se presentó ningún grado de contaminación para el 55% de los puntos, mientras que el 10% reporta un nivel bajo de contaminación, asimismo, para el 15% se obtuvo un grado medio de contaminación, sin embargo, el

10% evidenció un nivel alto de polución y el 10% restante un grado muy alto. Por otra parte, para el índice de contaminación por pH el 20% de los puntos analizados no presentan ningún grado de contaminación, mientras que el 25% reporta nivel de contaminación bajo, de igual forma, el 5% evidencian un grado de polución medio, el 15% reportó un grado de contaminación y el 35% restante presenta un grado muy alto de contaminación.

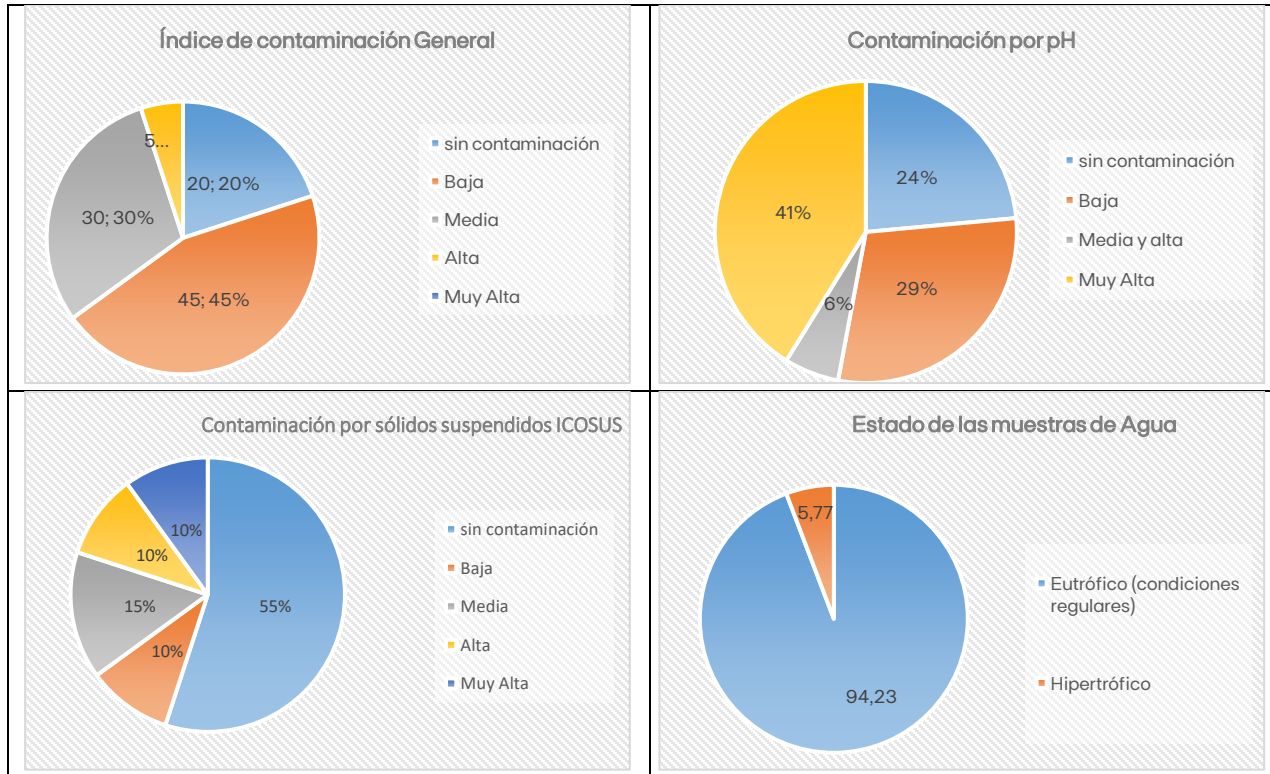


Figura 5-16 Distribución en porcentaje del Índices de contaminación del agua – Época Seca (Campaña 2)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A. 2024

5.1.7.21 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 (ver **Tabla 5-42**), la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica j en un período de tiempo t y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica estimada a partir de una serie de tiempo.

El indicador refleja la alteración potencial de la calidad de los sistemas hídricos superficiales en una subzona hidrográfica dada. Permite reconocer zonas susceptibles a los tipos de contaminación estimada en la medida que la categoría de amenaza es calificada como alta y muy alta en un intervalo de tiempo específico. El Índice se puede generar a escala municipal en centros urbanos y agregar para unidades hidrográficas de análisis de acuerdo con la zonificación en las regiones.

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

Para año medio:

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

Donde:

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

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

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

Para año seco:

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

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

Catiacal_{ijt-añosec}: Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año seco. Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

En el esquema de la **Figura 5-17**, se muestra el procedimiento metodológico para la evaluación de la calidad del agua y presiones por contaminación elaborado para el *Estudio Nacional del Agua 2022* (ENA), incluyendo las modificaciones en función de la información disponible y mejoras en las metodologías.

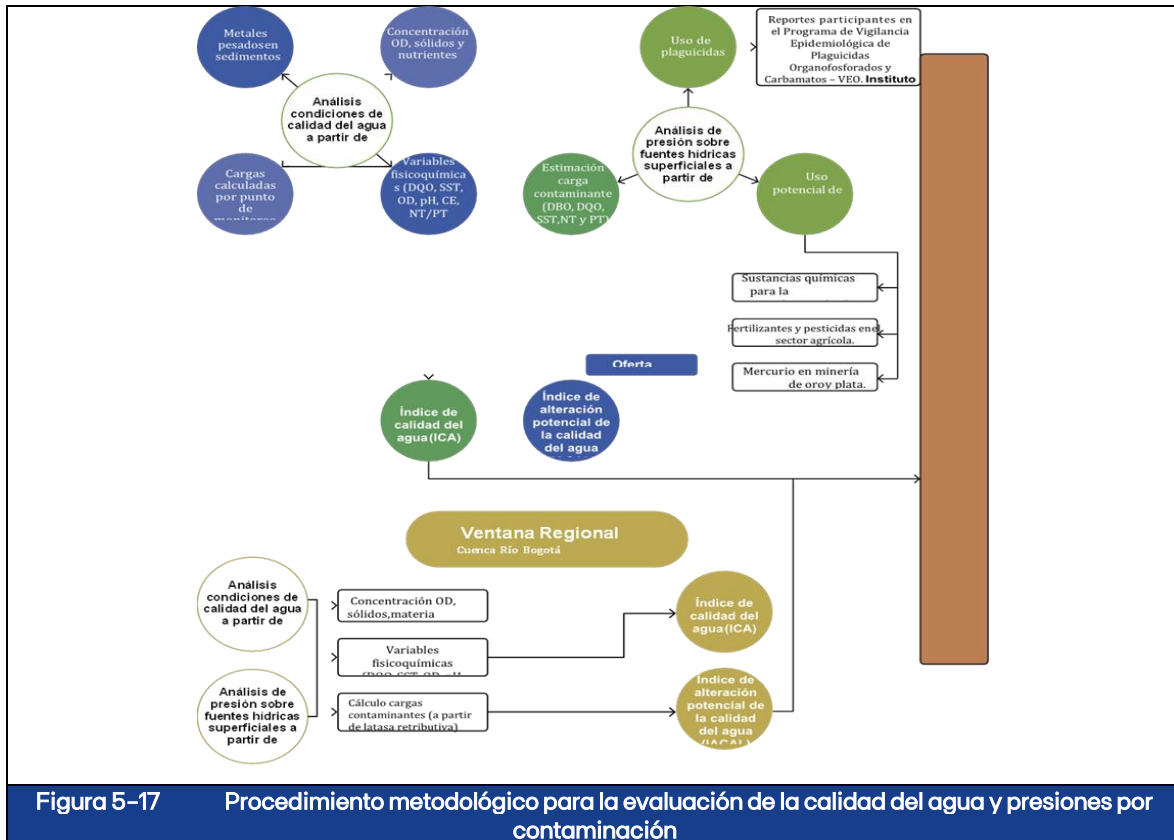


Figura 5-17 Procedimiento metodológico para la evaluación de la calidad del agua y presiones por contaminación

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA, 2022.

La metodología para estimación de cargas vertidas, se mantienen las categorías y los rangos asociados para la especialización por subzona hidrográfica, como se relaciona en el *Estudio Nacional de agua 2022* (ENA).

Tabla 5-41 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: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA, 2022.

En este estudio se estima el IACAL para condiciones hidrológicas promedio y secas. En los mapas de la **Figura 5-18** y de la **Figura 5-19** se presentan los resultados de este indicador de presión potencial por cargas contaminantes a la calidad del agua por subzona hidrográficas para condiciones hidrológicas medias y secas a nivel nacional. Por otra parte, de acuerdo con el estudio de *Zonificación y Codificación de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia* (IDEAM) para este informe se evalúan dicho componente más específicamente en la zona hidrográfica (ZH) Caribe – Guajira, en las subzonas hidrográficas (SZH) de Río Ranchería, Directos Caribe – Ay.

Sharimahana Alta Guajira y Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo, como se relaciona en **Tabla 5-42**.

Tabla 5-42 Índice de Alteración del potencial de la Calidad del Agua (IACAL).

Zonificación hidrográfica	Índice de Alteración potencial de la Calidad del Agua (IACAL)	
SZH	Año medio	Año seco
Río Ranchería	Muy alta	Muy alta
Directos Caribe - Ay. Sharimahana Alta Guajira	Muy alta	Muy alta
Río Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	Muy alta	Muy alta

FUENTE: Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), año seco y año húmedo, según subzona hidrográfica del IDEAM, 2022.

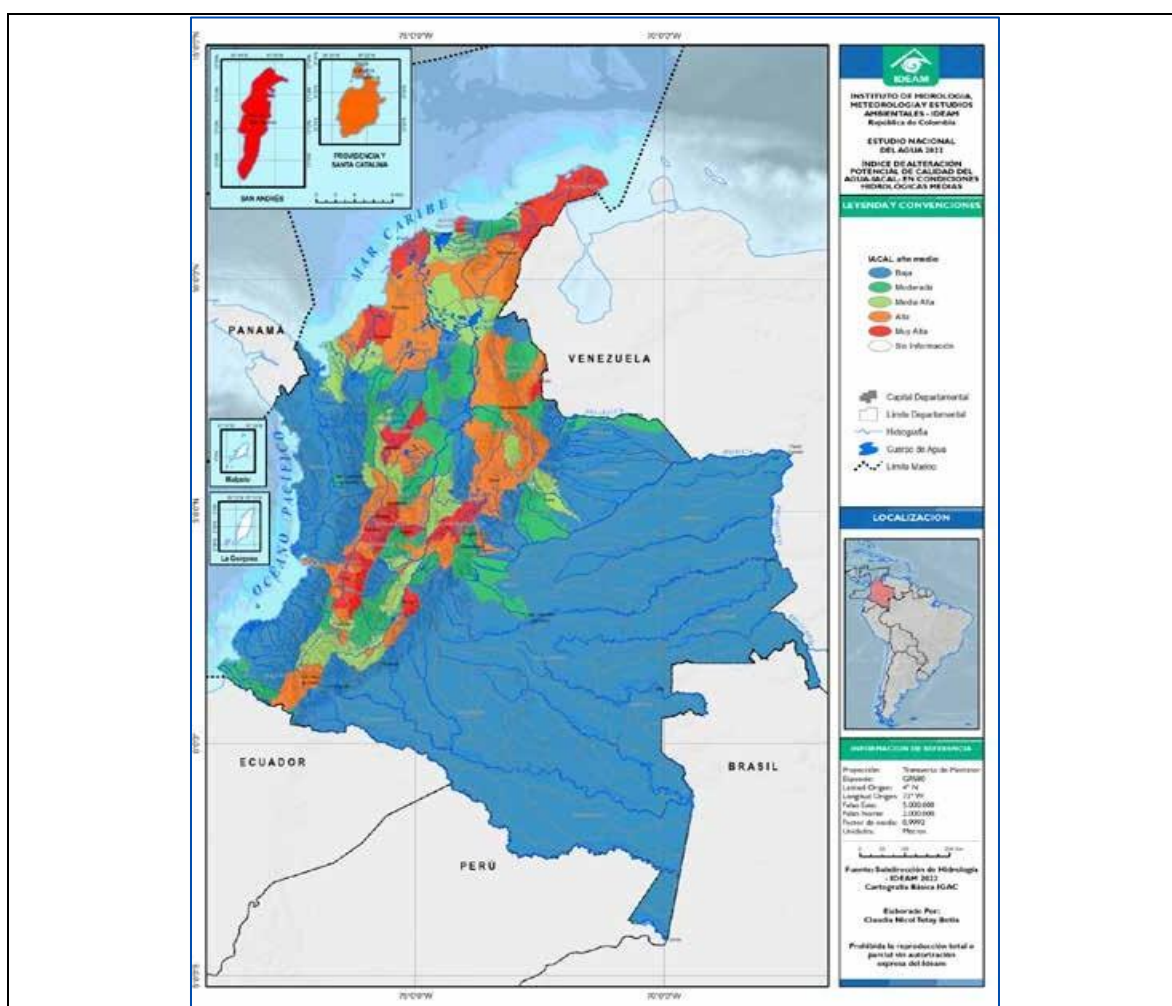
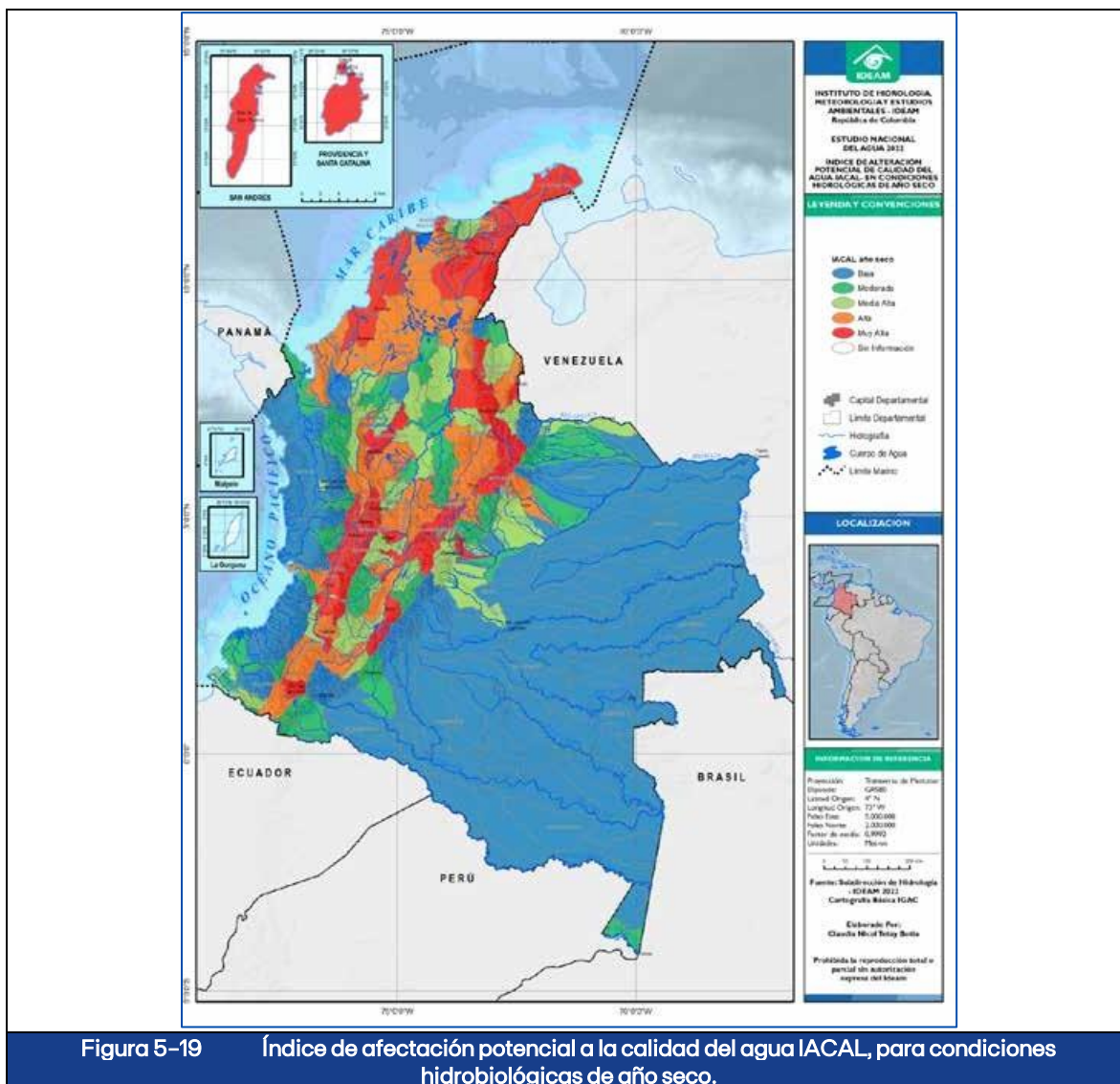


Figura 5-18 Índice de afectación potencial a la calidad del agua IACAL, para condiciones hidrobiológicas de año medio.

FUENTE: ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA, 2022.



5.1.7.22 Conclusiones

Las muestras de pH analizadas presentaron características ácidas, neutras y alcalinas, en donde, para la primera campaña se evidenció cumplimiento del 86,54% de los puntos de monitoreo con respecto a los límites máximos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5, por su parte el 57,69% de puntos de monitoreo cumplen con el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015. Para la segunda campaña se evidenció cumplimiento del 45% de los puntos con respecto a los límites máximos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5, mientras que el 20% de puntos de monitoreo cumplen con el artículo 2.2.3.3.9.4. de la normativa mencionada.

En relación con los parámetros de laboratorio que presentan límite normativo, se presentó cumplimiento para el parámetro grasas y aceites en todos los puntos monitoreados en las dos

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

campañas. Por su parte, para el parámetro turbiedad en la primera campaña se obtuvo cumplimiento 84,62% de los puntos analizados, con respecto al límite máximo permisible establecido en el artículo 2.2.3.3.9.4 del Decreto 1076 de 2015 y para la segunda campaña se presentó cumplimiento para el 75% de los puntos analizados, según la normativa mencionada.

Por otra parte, el artículo 2.2.3.3.9.3 del decreto antes mencionado fue el que reportó mayor porcentaje de cumplimiento para coliformes termo tolerantes con un 100% y coliformes totales con un 98,08% en la primera campaña, mientras que en la segunda campaña se reportó 100% de cumplimiento para los artículos los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5.

En lo concerniente al grado de contaminación para la primera campaña de monitoreo se evidencia que el 13,46% de los puntos de monitoreo presentan una calidad aceptable, el 61,54% de los puntos reportan una calidad regular, y el 25,00 % posee una mala calidad. Por su parte, para la segunda campaña se evidencio que el 50% de los puntos reportaron una calidad regular y el otro 50% una mala calidad.

En lo que respecta a los índices de contaminación analizados para el punto monitoreado, se observó, baja contaminación por factores como Sólidos Suspendidos Totales (SST) y pH en la gran mayoría de los puntos analizados ya que no se presentó algún grado de contaminación, sin embargo, se logró evidenciar grados medios, altos y muy altos de contaminación en un cierto porcentaje de las muestras analizadas para el ICOSUS e ICOpH. De igual forma parámetros como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Totales presentaron mayor relevancia dando como resultado un comportamiento variable en el ICOMO, en donde, se observó desde ningún grado de contaminación hasta un nivel muy alto del mismo, sin embargo, para este índice la mayor parte de los puntos se obtuvo un grado bajo de polución. Cabe mencionar, que respecto al Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) para las subzonas hidrográficas analizadas tanto para época húmeda como seca se presenta un nivel muy alto.



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

CAPITULO 5.1.8 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA USOS DEL AGUA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró		Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores		EDP Renewables	ISA Intercolombia

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

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	4
5.1	MEDIO ABIÓTICO.....	4
5.1.8	Usos del agua.....	4
5.1.8.1	Información secundaria de usos y usuarios	4
5.1.8.1.1	Información POMCA sobre usos y usuarios	4
5.1.8.1.2	Información CORPOGUAJIRA sobre usos y usuarios	7
5.1.8.2	Información primaria – levantamiento del Inventario de usos y usuarios en el área de influencia del proyecto	12
5.1.8.2.1	Consumo humano y doméstico	13
5.1.8.2.2	Preservación de flora y fauna.....	23
5.1.8.2.1	Uso agrícola	28
5.1.8.2.2	Uso pecuario	29
5.1.8.2.3	Uso Industrial	45
5.1.8.3	Usos y usuarios en las ocupaciones de cauce	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Información Usos y Usuarios POMCA Carraipía y Ranchería	5
Tabla 5-2	Concesiones de agua grandes usuarios	8
Tabla 5-3	Usos y usuarios concesión de aguas subterráneas	8
Tabla 5-4	Usos y usuarios concesión de aguas superficiales	10
Tabla 5-5	Usos y usuarios de vertimientos.....	10
Tabla 5-6	Relación de los usos identificados en el área de influencia con respecto al marco normativo vigente.....	12
Tabla 5-7	Aljibes y pozos de captación de agua subterránea para uso doméstico en el AI	13
Tabla 5-8	Registro fotográfico sistemas de captación de agua subterránea para uso doméstico	23
Tabla 5-9	Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas.....	24
Tabla 5-10	Cuerpos de agua artificial (Jaguey) en el AI del proyecto	30
Tabla 5-11	Registro fotográfico Jagüeyes en el AI.....	45
Tabla 5-12	Ocupaciones de cauce en el AI del proyecto LE BAC.....	46
Tabla 5-13	Registro fotográfico Ocupaciones de Cauce	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Área de influencia LE BAC y Cuencas hidrográficas Río Carraipía-Paraguachón y Río Ranchería.....	5
Figura 5-2	Tipos de permisos aprobados por Corpoguajira	11
Figura 5-3	Permisos vigentes y vencidos	11
Figura 5-4	Ubicación Aljibes y pozos de captación de agua subterránea para uso doméstico en el área de influencia.....	22
Figura 5-5	Ubicación ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas orden local	26
Figura 5-6	Ubicación ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas orden regional	27
Figura 5-7	Ubicación ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas orden nacional	28
Figura 5-8	Cuerpos de agua lénticos en el AI del proyecto.....	44
Figura 5-9	Localización ocupaciones de cauce	48

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Uso Agrícola (Melón)	29
Fotografía 5-2	Uso Agrícola (Melón)	26

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.8 Usos del agua

La caracterización de los usos y usuarios actuales y potenciales de los cuerpos de agua permite evaluar la oferta y demanda del recurso hídrico, los posibles conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad del recurso hídrico. Para la identificación de usos y usuarios en el área de influencia del EIA *Línea de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, se realizaron las siguientes actividades:

- Información secundaria con documentos de POMCA.
- Solicitud de información a través de oficio dirigido a CORPOGUAJIRA de los principales usos y usuarios para el área de influencia abiótica del proyecto, con relación a concesiones, captaciones y vertimientos.
- Levantamiento de información primaria: Inventario de usos y usuarios en el área de influencia del proyecto.

5.1.8.1 Información secundaria de usos y usuarios

A continuación, se presenta información de usos y usuarios teniendo en cuenta los POMCA de los Ríos Ranchería, Carraipía-Paraguachón e información entregada por Corpoguajira.

5.1.8.1.1 Información POMCA sobre usos y usuarios

En el departamento de La Guajira las cuencas de los ríos Carraipía-Paraguachón y Ranchería se encuentran instrumentadas con su respectivo Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográfica (POMCA) donde se presenta información sobre usos y usuarios de corrientes superficiales. En la **Figura 5-1** se presenta la ubicación del AI del proyecto respecto a las cuencas de los ríos Carraipía-Paraguachón y Ranchería.

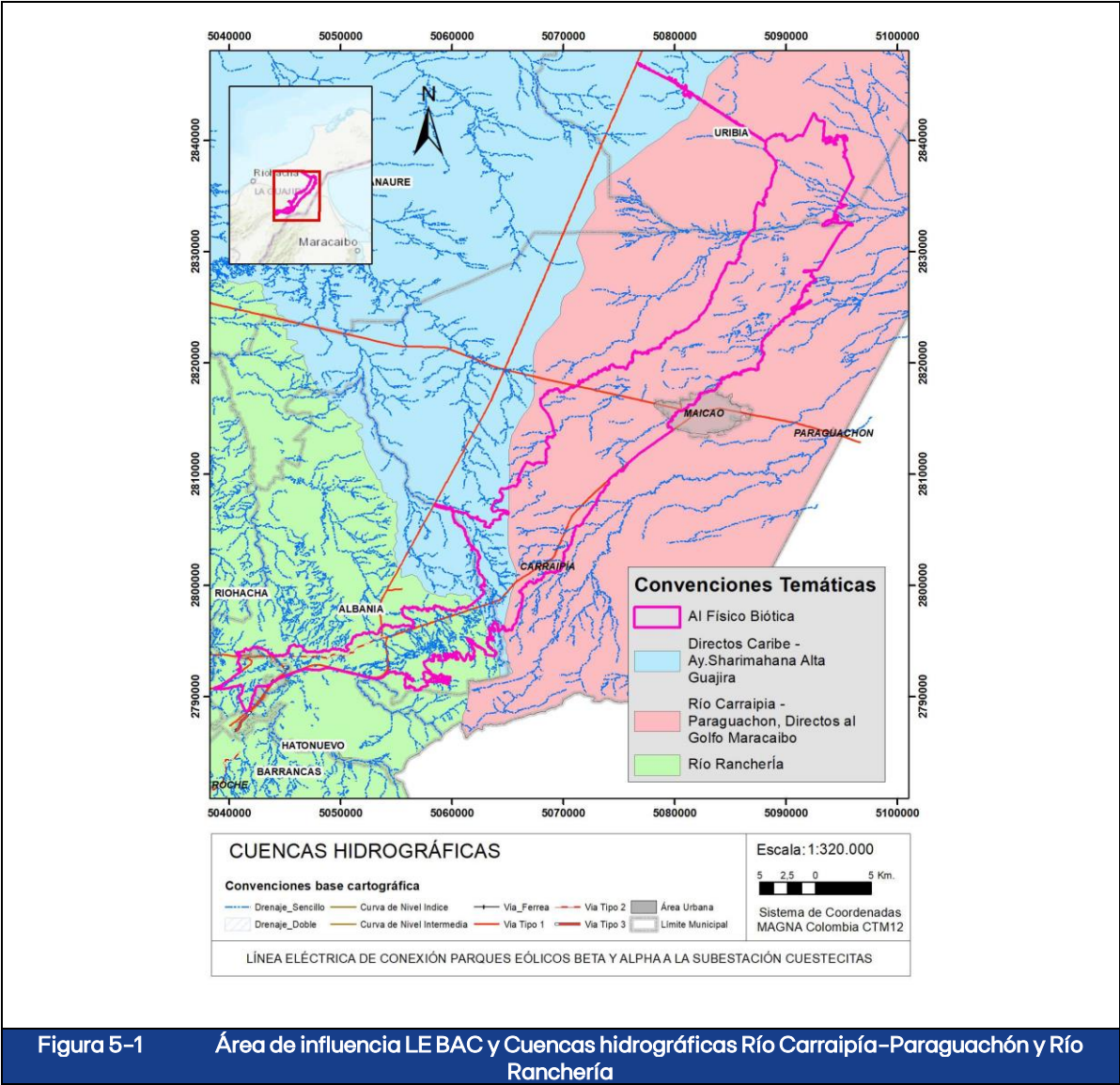


Figura 5-1 **Área de influencia LE BAC y Cuencas hidrográficas Río Carraipá–Paraguachón y Río Ranchería**

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-1 Información Usos y Usuarios POMCA Carraipía y Ranchería		
MUNICIPIO	FUENTE DE CAPTACIÓN	SISTEMA DE CAPTACIÓN
Albania	El acueducto municipal se compone de un pozo profundo (Pozo La Quinta), como fuente de captación, ubicado aproximadamente a 900 mt de la planta potabilizadora y no tiene legalizada su concesión de guas. El agua que se capta se potabiliza en una planta de tratamiento y consta de una torre de aireación, canaleta parshall con mezcladora, floculadores, sedimentadores, filtros de grava y arena, tanque de cloración y tanque de almacenamiento ubicada en cuestecitas y maneja un caudal de 20 lts. De allí se	

MUNICIPIO	FUENTE DE CAPTACIÓN	SISTEMA DE CAPTACIÓN
	distribuye a las viviendas a un total de 1600 usuarios. La planta trabaja las 24 horas y se entrega con una frecuencia de cada día por medio en cada sector. Zona Rural. Los abastecimientos de agua de las cabeceras corregimentales generalmente son para usos domésticos y no aptos para consumo humano. El casco corregimental de Los Remedios se abastece de agua del Arroyo Tabaco o Los Remedios, en el Paso de Chente, por gravedad, es enviada a la red domiciliaria, que cubre todo el casco, y a los usuarios sin ningún tratamiento. En el casco corregimental de Porciosa el acueducto capta sus aguas de un pozo profundo, extraído por un molino de viento, que envía las aguas a un tanque de almacenamiento y de allí se bombea a un tanque elevado que distribuye a la comunidad por bombeo (CORPOGUAJIRA, 2011).	 Estación de Bombeo Fuente: POMCA Rio Ranchería  Tanque Elevado. Fuente: POMCA Rio Ranchería.
Maicao	El municipio cuenta con un acueducto ubicado a 29 Kilómetros de distancia del casco urbano que se abastece del río Carraipía; consta de una bocatoma con capacidad para transportar 80 litros por segundo. Existe una planta de tratamiento la cual no se encuentra funcionando por lo cual no recibe ningún tipo de tratamiento y se pierde más del 76% del líquido a causa de conexiones fraudulentas de las fincas ubicadas dentro del recorrido de la tubería, las albercas clandestinas, los carros cisterna y la perforación de la línea de conducción. Las redes alcanzan una cobertura del 72.64% de la población y el servicio se presta durante 24 horas continuas semanales. El municipio de Maicao se abastece principalmente del agua que capta del río Carraipía en el sitio el Jordán el cual tiene una capacidad para caudal medio mensual de 1.31 m³/s. Sin embargo, la duración de los caudales no es constante ya que en época de pocas lluvias el caudal disminuye considerablemente por lo que el 50% del tiempo los caudales son menores a 450 lts/s y arriba de la localidad del Jordán el caudal promedio es de 150 lts/s, llegando a secarse completamente en algunas ocasiones el lecho del río y como fuentes complementarias están las aguas subterráneas de dos pozos construidos en las cercanías de la bocatoma principal.	 Punto de captación Acueducto Maicao “La estructura de captación consiste en una bocatoma de fondo en concreto reforzado, ubicada en un tramo recto del cauce normal de la fuente, y se encuentra anclada a la montaña”. Fuente: Geocol Consultores, 2024

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

MUNICIPIO	FUENTE DE CAPTACIÓN	SISTEMA DE CAPTACIÓN
	En el área Rural la zona de influencia de la Cuenca del Río Ranchería, el abastecimiento de agua es realizado a través de pozos profundos. El agua es tomada directamente sin ningún tipo de tratamiento. En la región se encuentran 25 nacedores bajan de la sierra y alimentan 7 arroyos principales que llegan al río Ranchería, entre estos están el Arroyo Porciosa, Shareo, La Alberca y el Poroyó. (CORPOGUAJIRA, 2011)	
Uribia	En la cabecera urbana la fuente de suministro de agua es un acuífero semiconfinado o pando, sobre el cual se tienen perforados y en operación cuatro (4) pozos no profundos con una producción media diaria de 10 l/s, caudal el cual es insuficiente para satisfacer la demanda actual, situación que se agrava por la intermitencia en el suministro de agua, que genera sobreconsumos, por lo cual el déficit es mayor y el servicio es deficiente, principalmente en los sectores de la periferia. El agua desalinizada (apta para consumo humano) se reparte en carro tanque y cuando el usuario lo necesita, va con sus recipientes y la recoge en las instalaciones del Acueducto Municipal. En los corregimientos, centros poblados caseríos o rancherías, la fuente de abastecimiento de agua proviene de jagüeyes, pozos o cacimbas, los cuales están ubicados estratégicamente cerca de estos, a lo largo de los arroyos y dentro de los canales paralelos a la vía carretable de Uribia. Al no contar con servicios públicos, el municipio se abastece también por carros cisterna. La mayoría de los molinos existentes se encuentran fuera de servicio (Alcaldía Municipal de Uribia, 2000).	 Fuente: Geocol Consultores, 2024

Fuente: Adaptado GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de información secundaria (CORPOGUAJIRA, 2011), (Alcaldía Municipal de Uribia, 2000).

5.1.8.1.2 Información CORPOGUAJIRA sobre usos y usuarios

Para la identificación de estos usos se realizó la consulta ante la Corporación Autónoma Regional de La Guajira CORPOGUAJIRA a través de un oficio (Radicado No. 202309113440059661 del 11 de septiembre de 2023), donde se solicitó información relacionada sobre concesiones de aguas superficiales, puntos de captación, y permisos de vertimientos otorgados por la corporación en los municipios de Uribia, Albania y Maicao

La Corporación se pronunció a través del oficio con número de radicación 202310303010045422 del 30 de octubre de 2023 (Véase 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.8 Usos y usuarios\Anexo 5.1.8-1 Oficios), además también se complementó con la información que tiene CORPOGUAJIRA en un enlace de google drive que relacionaba la información de usuarios del recurso hídrico, anexa asociada a los principales usos y usuarios con relación a concesiones, captaciones y vertimientos donde genera el listado de las concesiones y permisos de vertimientos otorgados a la fecha por esta autoridad (Véase 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.8 Usos y usuarios\Anexo 5.1.8-2 Informacion Adi) otorgados en el área del proyecto

(ver **Tabla 5-2** a **Tabla 5-5**), en la respuesta la autoridad no entrega coordenadas específicas de estos puntos.

Tabla 5-2 Concesiones de agua grandes usuarios

FUENTE	TIPO DE FUENTE	OBSERVACIÓN	MUNICIPIO	USUARIO	CAUDAL ENTREGADO (m³/s)	REGIMEN DE CAPTACIÓN EN (H/DIA)	USO
Río Carraipía	Superficial		Maicao	AGUAS DE LA PENINSULA S.A E.S.P.	0,140 periodo de sequía y 0,230 Periodo de lluvia	12	Doméstico
Río Ranchería	Pozo		Albania	MUNICIPIO DE ALBANIA	Tope concesionado	24	Domestico
Pozo	Subterránea	Pozo 6A y 6B	Maicao	AGUAS DE LA PENINSULA S.A E.S.P.	0,04 pozo 6A y de 0,050 para el Pozo 6B	12	Doméstico
Pozo	Subterránea	Barrios Las Mercedes, R Flor del Campo, Ranchería Petzuapa, planta principal, Barrio la Florida, Avenida La Marina, Avenida Hospital, Barrio Vivero, Escuela Juvasirain, Barrio San José y Barrio Fonseca Siosi	Uribia	EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE URIBIA S.A.S – E.S.P.	0,13	24	Doméstico

Fuente: Consolidado de concesiones CORPOGUAJIRA, 2023
(https://drive.google.com/drive/folders/1_7nZuvO_GTOxIBCA4Tt6jqlqOn2HP-b_)

Tabla 5-3 Usos y usuarios concesión de aguas subterráneas

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
Aguas de la Península S.A E.S.P.	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2469	18/09/2019	17/09/2024	Vigente
Aguas de la Península S.A E.S.P.	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	3121	14/11/2019	13/11/2024	Vigente
Aguas de la Península S.A E.S.P.	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	3122	14/11/2019	13/11/2024	Vigente
Biocombustible De la Guajira S.A.S	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2173	20/10/2018	20/11/2023	Vencido
Central de Sales MG. S.A.S	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	453	22/02/2019	22/02/2024	Vencido

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
Clenta Mapari Urariyu	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2794	10/10/2019	9/10/2024	Vigente
Francia Elena Bojcan Epinayu	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2795	10/10/2019	9/10/2024	Vigente
Inversiones La Frontera S.A.S	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	818	6/05/2022	6/05/2027	Vigente
Isabel Pushaina	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	1915	24/07/2019	24/07/2024	Vigente
Jairo Alfonso Solano	Albania	Concesión de Aguas Subterráneas	309	22/02/2021	23/12/2025	Vigente
José Agustín Ipuana	Albania	Concesión de Aguas Subterráneas	1273	17/05/2019	16/05/2024	Vigente
José Miguel Fernández	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	3215	21/11/2019	20/11/2024	Vigente
José Prodcencio Pushaina	Albania	Concesión de Aguas Subterráneas	1269	17/05/2019	16/05/2024	Vigente
Juan Pushaina	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	2798	10/10/2019	9/10/2024	Vigente
Luis Ángel Cambar	Albania	Concesión de Aguas Subterráneas	1366	27/05/2019	26/05/2024	Vigente
Luis Enrique Solano Redondo	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	2029	29/12/2020	10/09/2025	Vigente
Luis Mariano Gutierrez	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2409	13/09/2019	12/09/2024	Vigente
Mauricia Apsahana	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	3256	25/11/2019	24/11/2024	Vigente
Municipio de Albania	Albania	Concesión de Aguas Subterráneas	1886	10/11/2011	10/11/2031	Vigente
Municipio de Maicao	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	1124	4/07/2014	4/07/2024	Vigente
Municipio de Maicao	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	1125	4/07/2014	4/07/2024	Vigente
Municipio de Maicao	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	499	28/02/2019	27/02/2024	Vencido
Municipio de Maicao	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	2635	26/09/2019	25/09/2024	Vigente
Municipio de Uribia	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	1263	17/05/2019	16/05/2024	Vigente

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

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
Municipio de Uribia	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	1262	17/05/2019	16/05/2024	Vigente
Municipio de Uribia	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	1250	17/05/2019	16/05/2024	Vigente
Municipio de Uribia	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	1249	17/05/2019	16/05/2024	Vigente
Municipio de Uribia	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	2029	29/12/2019	28/12/2025	Vigente
Rafael Augusto Ramírez Ramírez	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	1365	27/05/2019	26/05/2024	Vigente
Ramon González Jusayu	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	2888	21/10/2019	20/10/2024	Vigente
Salvador Velasquez Pushaina	Uribia	Concesión de Aguas Subterráneas	958	25/06/2021	25/12/2021	Vencido
Yolanda Polanco Uriana	Maicao	Concesión de Aguas Subterráneas	3257	25/11/2019	24/11/2024	Vigente

Fuente: Oficio con número de radicado 202310303010045422, CORPOGUAJIRA 2023

Tabla 5-4 Usos y usuarios concesión de aguas superficiales

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCION	FECHA DE RESOLUCION	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
Aguas y Energía E.U	Maicao	Concesión de Aguas Superficiales	2663	7/11/2018	7/11/2023	Vencida
Municipio de Albania	Albania	Concesión de Aguas Superficiales	1725	2012	N/A	N/A

Fuente: Oficio con número de radicado 202310303010045422, CORPOGUAJIRA 2023

Tabla 5-5 Usos y usuarios de vertimientos

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
AGREGOM LTDA	Albania	Vertimientos	667	22/05/2018	22/05/2023	Vencido
Aguas Brix	Maicao	Vertimientos	2363	9/10/2018	9/10/2023	Vencido
Alfredo Epieyu	Uribia	Vertimientos	491	15/03/2017	8/03/2027	Vigente
Altamira Epinayu	Uribia	Vertimientos	414	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Anicia Pushaina	Uribia	Vertimientos	425	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Basilia Epinayu	Uribia	Vertimientos	424	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Beatriz Epinayu	Uribia	Vertimientos	417	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Carbones del Cerrejon Limited	Albania	Vertimientos	3342	28/11/2019	27/11/2024	Vigente
Carbones del Cerrejon Limited	Albania	Vertimientos	2745	15/11/2018	15/11/2023	Vencido
Chalo Epinayu	Uribia	Vertimientos	504	21/03/2017	8/03/2027	Vigente
Flor Eneida Perez	Uribia	Vertimientos	419	8/03/2017	8/03/2027	Vigente

USUARIO	MUNICIPIO DEL PERMISO	TIPO DE PERMISO	No. DE RESOLUCIÓN	FECHA DE RESOLUCIÓN	FECHA DE CADUCIDAD	ESTADO
José Manuel Epieyu	Uribia	Vertimientos	492	15/03/2017	8/03/2027	Vigente
Kella Pushaina	Uribia	Vertimientos	416	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Magdalena Epinayu	Uribia	Vertimientos	503	21/03/2017	8/03/2027	Vigente
Maribel Pushaina	Uribia	Vertimientos	423	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Mico Uriana	Uribia	Vertimientos	415	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Osiris Epieyu	Uribia	Vertimientos	422	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Petulia Epinayu	Uribia	Vertimientos	413	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Rebeca Epieyu	Uribia	Vertimientos	426	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Rubia Epieyu	Uribia	Vertimientos	418	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Virginia Uriana	Uribia	Vertimientos	421	8/03/2017	8/03/2027	Vigente
Zoraida Mejia	Uribia	Vertimientos	420	8/03/2017	8/03/2027	Vigente

Fuente: Oficio con número de radicado 202310303010045422, CORPOGUAJIRA 2023

Tal como se puede ver en la **Figura 5-2** y según la información recopilada de CORPOGUAJIRA, se tiene que, de los permisos otorgados el 57% son concesiones de agua subterránea, el 39% son vertimientos y el 4% son concesiones de agua superficial. Por otro lado, en la **Figura 5-3** se tiene que, del total de permisos otorgados el 14% se encuentran vencidos, el 84% vigentes, y el 2% corresponden a un permiso que no tiene fecha de vencimiento.

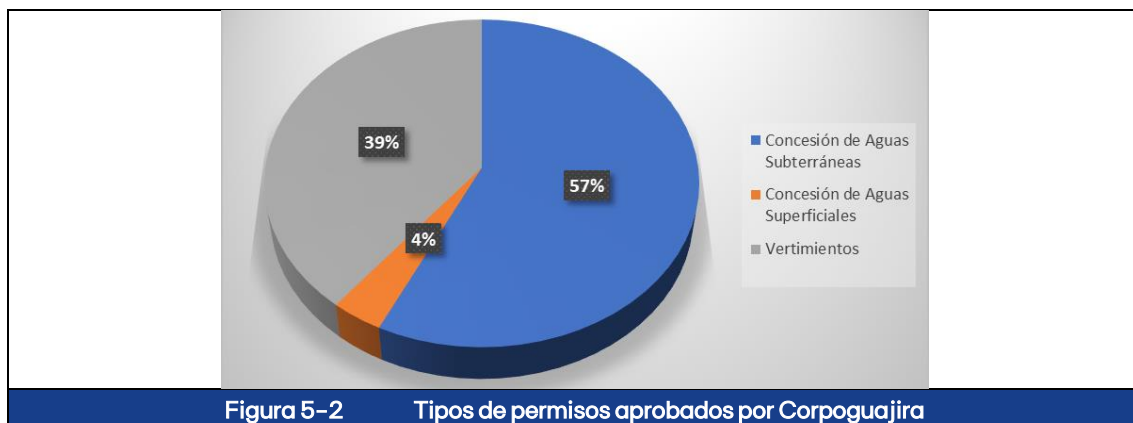


Figura 5-2 Tipos de permisos aprobados por Corpoguajira

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

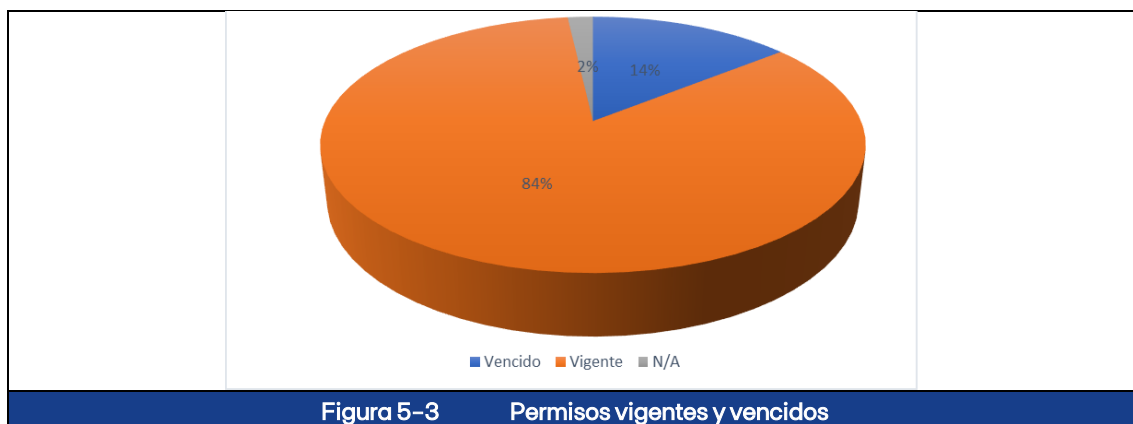


Figura 5-3 Permisos vigentes y vencidos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.8.2 Información primaria – levantamiento del inventario de usos y usuarios en el área de influencia del proyecto

Para el inventario de usos y usuarios en el área de influencia de la *Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas*, se tuvo en cuenta como primera instancia el levantamiento de información de campo realizada en el mes de septiembre de 2023, de acuerdo con los recorridos realizados se identificó que se cuenta con un potencial de recurso hídrico subterráneo y el aprovechamiento y recolección de aguas lluvias por escorrentías en grandes reservorios de agua como jagüeyes, el cual son aprovechados para el consumo doméstico y pecuario; de igual forma se evidenció que la mayoría de los drenajes integrados a la cuenca principal se encuentran secos sin un volumen de agua disponible para aprovechamiento; de lo anterior se concluye que para las comunidades la fuente de abastecimiento de agua proviene de jagüeyes o pozos profundos, que están ubicados estratégicamente cerca a las comunidades

La demanda de agua en general representa el volumen de agua expresado en metros cúbicos m³, utilizada para las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado, de manera que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales, el Decreto 3930 de 2010 en su Artículo 9 compilado en el ARTÍCULO 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015 establece los siguientes usos del agua descritos en la Tabla 5–6.

Tabla 5–6 Relación de los usos identificados en el área de influencia con respecto al marco normativo vigente

Ítem	Uso definido en el Artículo 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015	Observación
1	Consumo humano y doméstico	Evidenciado en el área de influencia del proyecto para subsistencia, labores asociadas a los asentamientos rurales, étnicos y/o en los centros poblados
2	Preservación de flora y fauna.	Evidenciado en el área de influencia del proyecto para los Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas
3	Agrícola.	Evidenciado en el área de influencia del proyecto principalmente para cultivos propios del territorio
4	Pecuario.	Evidenciado en el área de influencia del proyecto principalmente para Bovinos, Caprinos entre otras especies para cárnicos, lácteos o ceba.
5	Recreativo.	No se evidenciaron usos recreativos dada la misma dinámica hidrológica y la cultura del agua en el territorio
6	Industrial.	No se evidenciaron usos Industriales en el área de influencia
7	Estético.	No se evidenciaron usos en el área de influencia para desarrollo estético del entorno
8	Pesca, Maricultura y Acuicultura.	No se evidenciaron usos en el área de influencia para actividades asociadas a la pesca bien sea silvestre o por criaderos, en maricultura y/o Acuicultura
9	Navegación y Transporte Acuático.	No se evidenciaron usos para navegación y/o transporte Acuático

Fuente: Decreto 1076 del 2015 – MADS, adaptado por 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	

A continuación, se realiza una descripción de la información que corresponde a los puntos identificados como usos y usuarios sobre el proyecto, donde describen los principales usos sobre las fuentes hídricas identificadas dentro del área de influencia del proyecto.

Se destacan entre ellas el uso para consumo humano, doméstico y agropecuario, en relación con la disponibilidad y escasez del recurso hídrico, las cuales se encuentran expuestas a posibles impactos durante el desarrollo del proyecto, los demás usos definidos en el marco normativo tales como los usos recreativos, estético, pesca, navegación e industrial no se identificaron en el área de influencia, adicionalmente, no hacen parte de los usos que requerirá el proyecto para su desarrollo.

A continuación, se presenta cada uno de los usos respectivos expuestos en el Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

5.1.8.2.1 Consumo humano y doméstico

Se refiere al agua que es utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; para satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y para preparación de alimentos en general, y en especial, los destinados a su comercialización o distribución (Decreto 3930 de 2010).

Las comunidades del área de influencia del proyecto en el departamento de La Guajira en su mayoría se abastecen de agua para su consumo por medio de pozos y aljibes en casi su totalidad y se hace mediante el uso de motobombas o bombas que les permiten conducir el líquido a través de mangueras o tuberías hacia tanques de almacenamiento o canecas. También la de consumo humano es transportada en carrotanque por la empresa de acueducto del municipio, ya que la utilización del agua es extremadamente cuidadosa y restringido su consumo, evitando todo desperdicio. Cabe resaltar que los cuerpos de agua artificial como jagüeyes son también utilizados para satisfacer algunas necesidades básicas de las comunidades de uso doméstico, resaltando que, de acuerdo con las características de la zona, las fuentes superficiales son de carácter estacionario o intermitentes, por ende, el aprovechamiento sólo se presenta en épocas de altas precipitaciones.

El agua no recibe ningún tipo de tratamiento y generalmente el líquido que se usa para bebida y preparación de alimentos en corregimientos y veredas es de fuentes de abastecimiento de sistemas lénticos y lóticos.

En la **Tabla 5-7** y **Figura 5-4** se presenta el inventario de usuarios en cuanto aprovechamiento del recurso de agua subterránea para actividades domésticas, cabe resaltar que los cuerpos de agua artificial como jagüeyes son utilizados para satisfacer algunas necesidades básicas de las comunidades de uso pecuario. En época seca también se entrega agua por medio de Carrotanque a las comunidades del AI del proyecto.

Tabla 5-7 Puntos hidrogeológicos de captación de agua subterránea para uso doméstico en el AI

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
AL_005	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Aljibe	5079930	2818178	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_007	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Aljibe	5070971	2815636	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_009	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5076993	2818444	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_017	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5076395	2817283	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_018	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5076410	2817466	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_019	Uso Doméstico	Público	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5077184	2815923	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_021	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5077670	2816604	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_015	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Aljibe	5053543	2795026	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_017	Uso Doméstico	Público	Wareware	Aljibe	5053360	2795202	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_020	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Aljibe	5051663	2794424	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_029	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Albania	Pozo de agua o pozo profundo	5048365	2793365	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_036	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Pozo de agua o pozo profundo	5051819	2794458	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_039	Uso Doméstico	Público	Wareware	Pozo de agua o pozo profundo	5053447	2795408	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_014	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Albania	Aljibe	5053613	2794475	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_021	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Aljibe	5055743	2796056	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_025	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Aljibe	5059998	2797254	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_024	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061462	2797717	Utilización para necesidades domésticas individuales

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_025	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060417	2795804	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_032	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5056378	2795654	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_034	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5056083	2795619	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_035	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5056404	2795086	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_041	Uso Doméstico	Público	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5057403	2797548	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_042	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5057467	2796231	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_043	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5057753	2795816	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_044	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060064	2795926	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_045	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060986	2795297	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_046	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060974	2795087	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_047	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060951	2794987	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_050	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061305	2794263	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_051	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061363	2794538	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_052	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060223	2796094	Utilización para necesidades domésticas individuales

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_053	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059964	2796308	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_054	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059874	2796574	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_055	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059352	2796429	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_056	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059402	2797021	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_058	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5058981	2796725	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_059	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059756	2797322	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_060	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059238	2797527	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_066	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5054377	2794799	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_067	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5054772	2795664	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_068	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5055467	2795913	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_069	Uso Doméstico	Público	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5054226	2795446	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_077	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5056542	2796189	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_084	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059320	2795442	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_085	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5058539	2796224	Utilización para necesidades domésticas individuales

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_088	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060486	2797594	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_089	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061193	2797827	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_009	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5071621	2812530	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_010	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5070782	2812451	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_011	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Aljibe	5074720	2811951	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_018	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Aljibe	5070699	2811882	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_019	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Aljibe	5070677	2812802	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_022	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5074720	2811204	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_023	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Pozo de agua o pozo profundo	5068894	2810927	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_078	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5063197	2798465	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_006	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Aljibe	5072307	2815733	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_008	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Aljibe	5072183	2815643	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_020	Uso Doméstico	Privado	Cuatro Vías	Pozo de agua o pozo profundo	5072207	2815538	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_004	Uso Doméstico	Privado	Oasmastal	Pozo de agua o pozo profundo	5080859	2844347	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
AL_016	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Albania	Aljibe	5053846	2794359	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
MA_002	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Manantial o Nacedero	5054199	2792570	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_031	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Albania	Pozo de agua o pozo profundo	5053985	2794360	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_013	Uso Doméstico	Público	Cabecera municipal de Albania	Aljibe	5048209	2793216	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_028	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Albania	Pozo de agua o pozo profundo	5047970	2793493	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_033	Uso Doméstico	Público	Cabecera municipal de Albania	Pozo de agua o pozo profundo	5041711	2792523	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_002	Uso Doméstico	Público	Orapa	Aljibe	5081818	2845518	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_003	Uso Doméstico	Público	Jourupipana	Aljibe	5078952	2847754	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_012	Uso Doméstico	Público	Porciosa	Aljibe	5054661	2792021	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_023	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Aljibe	5061460	2793183	Utilización para necesidades domésticas individuales
MA_001	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Manantial o Nacedero	5053337	2796395	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_001	Uso Doméstico	Público	Jourupipana	Pozo de agua o pozo profundo	5077681	2847488	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_005	Uso Doméstico	Público	Oasmastal	Pozo de agua o pozo profundo	5083521	2840478	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_006	Uso Doméstico	Público	Orapa	Pozo de agua o pozo profundo	5079504	2845851	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_007	Uso Doméstico	Público	Orapa	Pozo de agua o pozo profundo	5080962	2846585	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

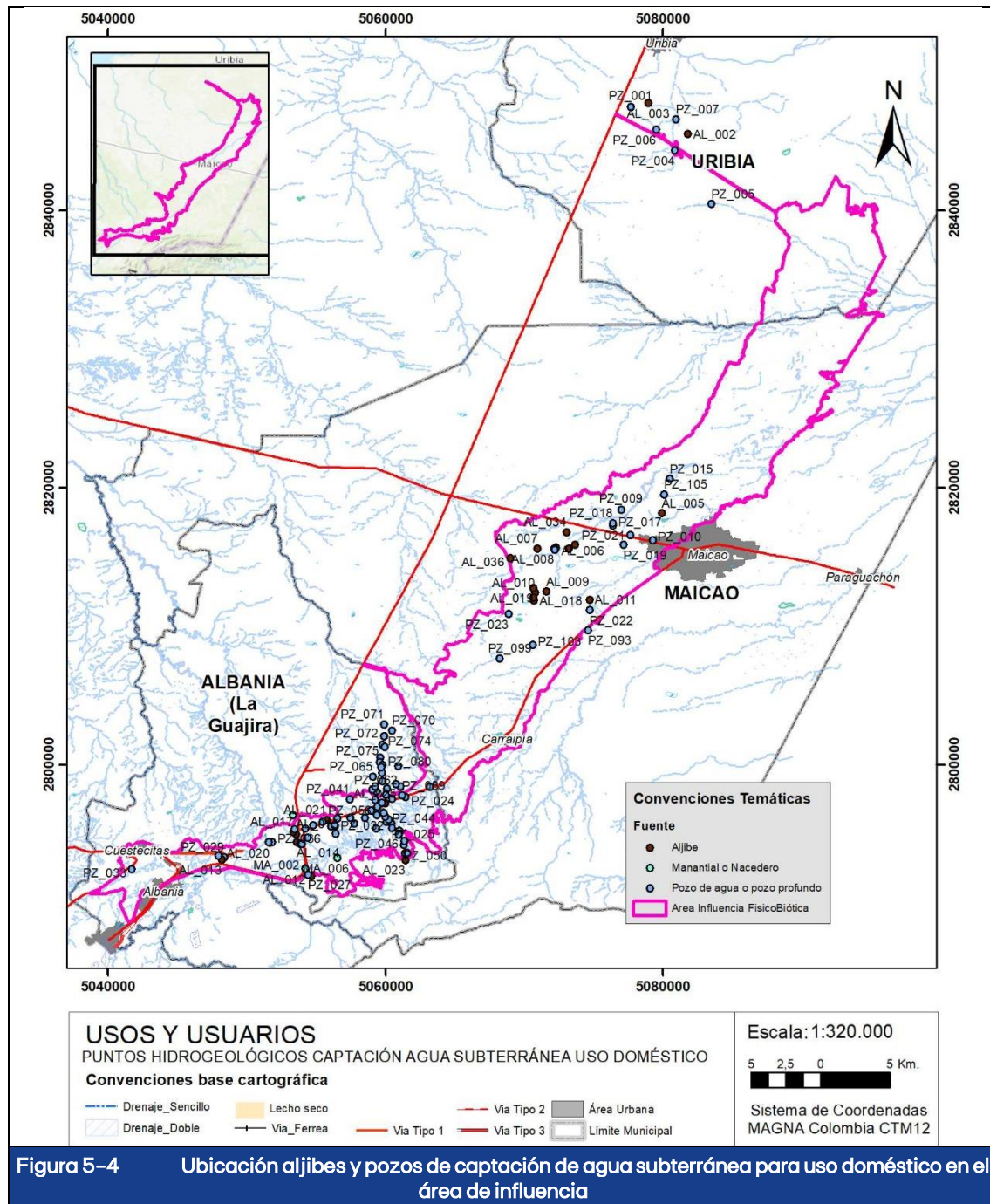
ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_027	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5054409	2792124	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_048	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061395	2793672	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_049	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061561	2793705	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_062	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059329	2798128	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_063	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059042	2798241	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_064	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059230	2798472	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_065	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059076	2799186	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_070	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060474	2802521	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_071	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059905	2802954	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_072	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059907	2802085	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_074	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059775	2801499	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_075	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059930	2801333	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_076	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059611	2800560	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_079	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059577	2800220	Utilización para necesidades domésticas individuales

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

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
PZ_080	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059794	2800023	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_082	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059745	2799450	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_083	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059759	2798867	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_086	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060088	2798313	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_087	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060009	2797864	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_090	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5061072	2798481	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_091	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060749	2798669	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_092	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060914	2799931	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_093	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5074614	2809757	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_010	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5079264	2816244	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_015	Uso Doméstico	Privado	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5080509	2820658	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_026	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5060454	2795486	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_081	Uso Doméstico	Privado	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5059702	2799868	Utilización para necesidades domésticas individuales
AL_031	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5073233	2815624	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_032	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5073681	2815936	Utilización para el consumo humano,

ID	Uso / Usuario	Propiedad	Comunidad	Fuente	Coordenadas		Observación
					Este	Norte	
							colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_034	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5073075	2816822	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_035	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5070673	2812082	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
AL_036	Uso Doméstico	Público	Cuatro Vías	Aljibe	5068985	2814921	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
MA_006	Uso Doméstico	Público	Porciosa	Manantial o Nacedero	5056543	2793320	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_095	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Pozo de agua o pozo profundo	5051811	2794468	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_096	Uso Doméstico	Privado	Wareware	Pozo de agua o pozo profundo	5051561	2794447	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_097	Uso Doméstico	Público	Cabecera municipal de Albania	Pozo de agua o pozo profundo	5047970	2793492	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_099	Uso Doméstico	Privado	Carraipia	Pozo de agua o pozo profundo	5068240	2807712	Utilización para necesidades domésticas individuales
PZ_101	Uso Doméstico	Público	Porciosa	Pozo de agua o pozo profundo	5056345	2795685	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_103	Uso Doméstico	Público	Carraipia	Pozo de agua o pozo profundo	5070611	2808680	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural
PZ_105	Uso Doméstico	Público	Cabecera municipal de Maicao	Pozo de agua o pozo profundo	5080100	2819524	Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



En la **Tabla 5-8** se presenta el registro fotográfico de algunos sistemas de captación de agua subterránea para uso doméstico en el área de influencia del proyecto.

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

Tabla 5-8 Registro fotográfico sistemas de captación de agua subterránea para uso doméstico

SISTEMAS DE CAPATACION DE AGUA SUBTERRANEA PARA USO DOMESTICO	
 1 sep. 2023 9:34:52 a. m. 11.66774528N 72.78696282W Altitud: 36.3m	 3 sep. 2023 9:53:30 a. m. 11.65322023N 72.27029703W Altitud: 29.8m
 4 sep. 2023 1:27:31 p. m. Altitud: 35.2m	 2 sep. 2023 10:36:09 a. m. 11.63969097N 72.25788283W Altitud: 26.4m
 16 sep. 2023 9:46:26 a. m. 11.29377122N 72.37691488W Maicao La Guajira Altitud: 99.0m Número de índice: 105	 21/09/23 N 11.261702° W

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.8.2.2 Preservación de flora y fauna

Según el Decreto 3930 de 2010 “Artículo 11. *Uso para la preservación de flora y fauna.* Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos”.

En el área de influencia del proyecto se identificaron ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas que cumplen una serie de servicios ecosistémicos y presentan características especiales de manejo dentro de los proyectos. Cabe resaltar que estos ecosistemas sirven de corredores biológicos, sitios de anidación, hábitat para pequeñas especies y puntos de hospedaje para las especies migratorias y locales. Por lo tanto, son una fuente de flujo energético, de materia e información ecosistémica, así como también propician las dinámicas ecosistémicas

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

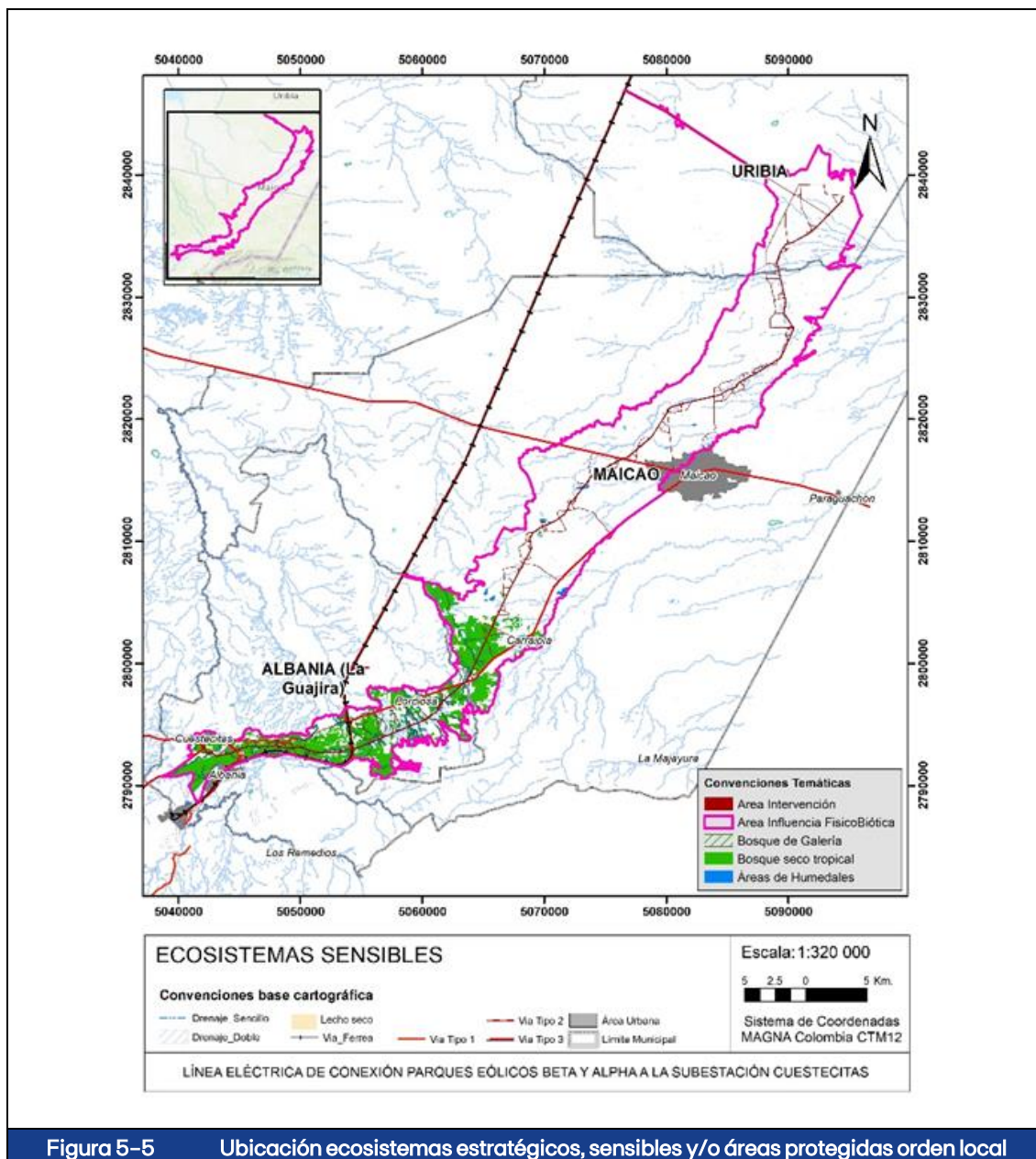
espaciotemporalmente. En la **Tabla 5-9** y **Figura 5-5** a la **Figura 5-7** se presentan los ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas.

Tabla 5-9 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Áreas Protegidas SINAP	Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) Aguas Blancas – Santa Helena y Mushaisa	Tiene una extensión total de 1.884,05 hectáreas en jurisdicción de los municipios de Hatonuevo y Albania en el departamento de La Guajira. Se divide en zona de conservación (1.834,4972 ha), zona de amortiguación y manejo especial (41,2429 ha) y zona de uso intensivo e infraestructura (8,3057 ha). La RNSC Aguas Blancas – Santa Helena y Mushaisa se intercepta con el área de influencia fisicobiótica en un área de 282,33 hectáreas que representa el 0,62%. Dentro de la zona de reserva, 281,14 hectáreas se encontraron en zonas de conservación y 1,59 hectáreas en zona de amortiguación y manejo especial
	Reserva Forestal Protectora Regional Montes de Oca	Categorizada por el SINAP como Reserva Forestal Protectora Regional y por la UICN en categoría VI Área protegida con uso sostenible de los recursos naturales, declarada mediante Acto Administrativo 000017 del 27 de diciembre de 2007 como una Reserva Forestal Protectora en los Montes de Oca y modificada mediante el Acuerdo 022 del 19 de diciembre de 2014 donde se anexa una superficie de aproximada de 3.800 hectáreas de manera que comprende una superficie total de 12.294,15 hectáreas en jurisdicción de los municipios de Maicao, Albania y Hatonuevo en el Departamento de la Guajira. Para el área de influencia del proyecto se encontró una superposición con la Reserva Forestal Protectora Regional Montes de Oca en una extensión de 25,75 ha que representan el 0,06% del total del área. Por su parte, el área de intervención no presenta traslape con dicha área.
Áreas Protegidas Regionales	Distrito de Manejo Integrado (DMI) Cuenca baja del Río Ranchería	Tiene una extensión de 32.443,13 hectáreas y se distribuye entre los municipios de Riohacha Manaure, Maicao y Albania en el departamento de La Guajira. Para el área de influencia fisicobiótica este DRMI se encuentra en un total de 702,39 hectáreas, de las cuales 133,91 ha se encuentran dentro de la zonificación de uso sostenible y 568,49 ha se encuentran con destino a la restauración para la preservación. El DRMI Cuenca Baja del Río Ranchería representa el 1,55% dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto. Por otra parte, para el área de intervención del proyecto el cruce con este DRMI se presenta en 0,01 ha dentro de la categoría de Restauración para la Preservación y representa el 0,002% del área total
Ecosistemas Estratégicos	Bosque Seco Tropical (Bs-ST)	El área asociada al bosque seco tropical dentro del área de influencia fisicobiótica presenta una extensión de 7.478,20 hectáreas.
	Áreas de Humedales	El área de influencia fisicobiótica presenta traslape con las áreas de humedales definidas en el Mapa Nacional de Humedales Versión 3 (2020) en un total de 308,24 hectáreas, mientras que para el área de intervención el traslape se presenta en 6,72 hectáreas de humedales Nivel 1 y 25,36 hectáreas de humedales Nivel 2
	Cobertura de Bosque de Galería y/o Ripario	Los bosques de galería y/o riparios para el área de influencia fisicobiótica del proyecto se encuentran en su mayoría asociados a dos grandes cuencas (Cuenca del río Ranchería y Cuenca del río Carraipía). Dentro del área de influencia fisicobiótica los bosques de galería y/o ripario se encuentran en 1.032,10 ha con una representatividad del 2,27% .
Unidades y áreas de	Para el área de influencia fisicobiótica del proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas" se encontraron 15.567,47 hectáreas dentro de las áreas de alta insuficiencia sin urgencia asociadas con Arbustales del Zonobioma seco tropical del Caribe	

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
manejo CONPES 3680		(13.800,22 ha) y Herbazales del Zonobioma seco tropical del Caribe (1.767,25 ha). También se encontraron 1.504,37 hectáreas dentro de la clasificación de baja insuficiencia y sin urgencia asociada con los Arbustales del Helobioma Magdalena y Caribe en 85,05 hectáreas y con Arbustales del Orobioma Bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira en 1.435,63 ha. Relacionado con el área de intervención se encontraron 811,18 hectáreas en la categoría de alta insuficiencia sin urgencia distribuidas en Arbustales del Zonobioma seco tropical del Caribe y Herbazales del Zonobioma seco tropical del Caribe. Adicionalmente, se encontraron áreas con baja insuficiencia y sin urgencia asociada con los Arbustales del Orobioma Bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira en 132,51 hectáreas.
Áreas prioritarias de conservación		En el área de influencia fisicobiótica, se encontraron zonas estratégicas propuestas en el Sistema Regional de Áreas Protegidas – SIRAP Caribe, las cuales se constituyen como áreas de alto valor ecosistémico para el cumplimiento de las metas de conservación a nivel regional. En la parte noroccidental la presencia del Complejo de Arbustales de la Media Guajira con una extensión de 4.823,40 hectáreas dentro del área de influencia fisicobiótica y de 633,12 ha dentro del área de intervención del proyecto. En la parte suroccidental se encuentra el área de Bosques y Arbustales de la Serranía de Bañaderos con una extensión de 737,53 hectáreas dentro del área de influencia fisicobiótica. Hacia el norte, sobresalen los ecosistemas de Arbustales y Herbazales de la Alta Guajira en un área de 4.671,04 ha dentro del área de influencia fisicobiótica y de 202,04 ha dentro del área de intervención del proyecto. El área de influencia fisicobiótica del proyecto también presentó traslape con los Arbustales de Carraipia en una extensión de 1.192,30 ha, mientras que para el área de intervención el traslape se presentó en 0,24 ha. Estos arbustales son de importancia para la región Caribe ya que su conservación garantiza cerca del 24% del hábitat potencial de la especie Crax daubentoni (Pavón moquiamarillo). Finalmente, el área de influencia del proyecto presentó traslape con el Complejo Ribereño del Río Ranchería en una extensión de 268,51 hectáreas que representan el 0,59% del área. Por su parte, el área de intervención del proyecto presenta superposición con este complejo en 0,22.
Instrumentos de ordenación territorial	Zonificación POMCA del Río Ranchería	De acuerdo con el Plan de Ordenamiento de la Cuenca del río Ranchería, la cuenca está localizada en la parte baja de la Guajira. se identificó dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto, dos (2) grandes categorías asociadas con áreas de conservación (6.649,17 ha) y áreas de desarrollo socioeconómico (1.617,63 ha). Dentro del área de influencia fisicobiótica se presenta en 8266,80 hectáreas.
	Zonificación POMCA del Río Carraipía- Paraguachón	De acuerdo con la zonificación presentada en el mencionado POMCA, el área de influencia fisicobiótica del proyecto presenta una intercepción con áreas de uso de conservación en un total de 4.771,12 hectáreas.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



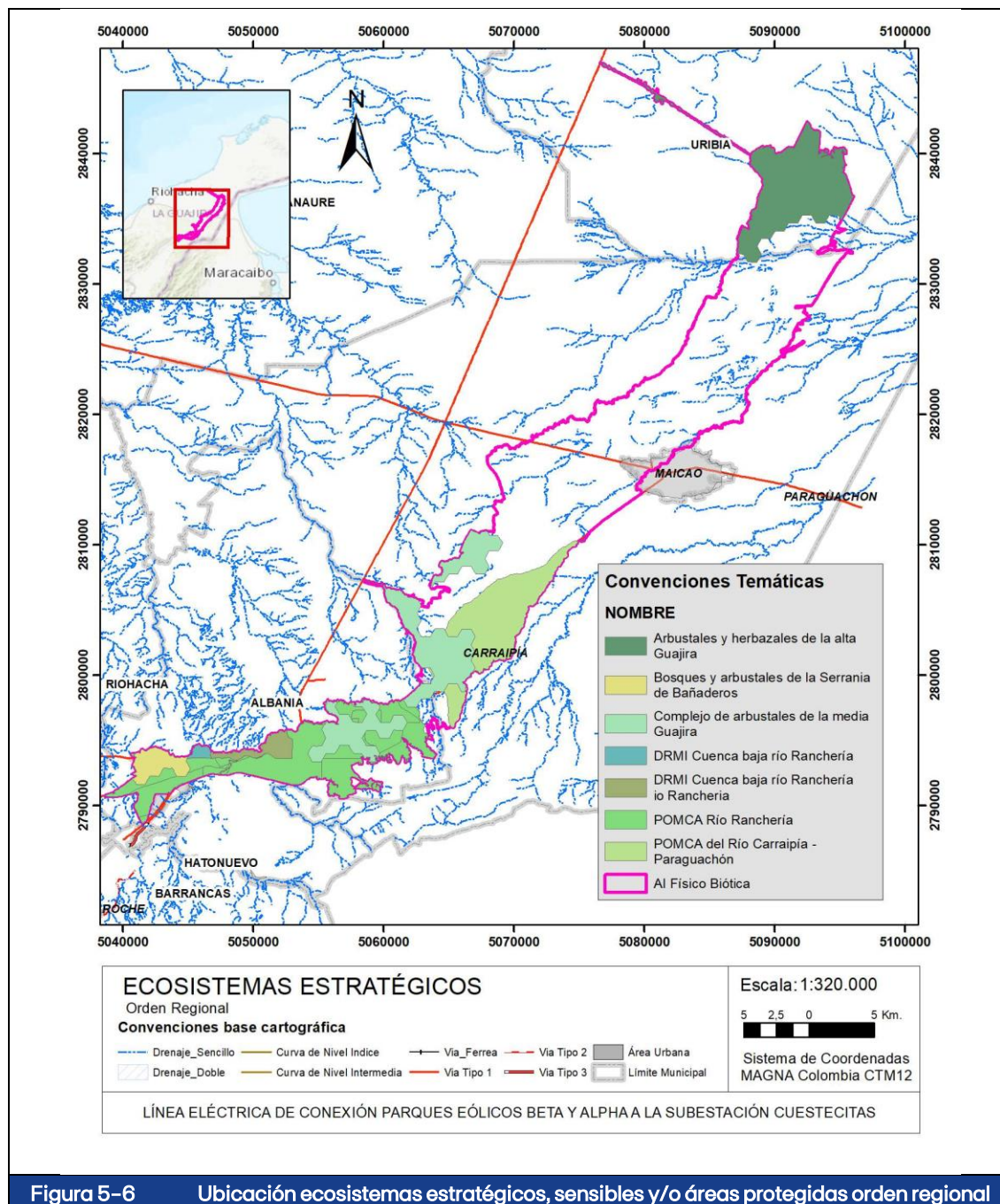


Figura 5-6 Ubicación ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas orden regional

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

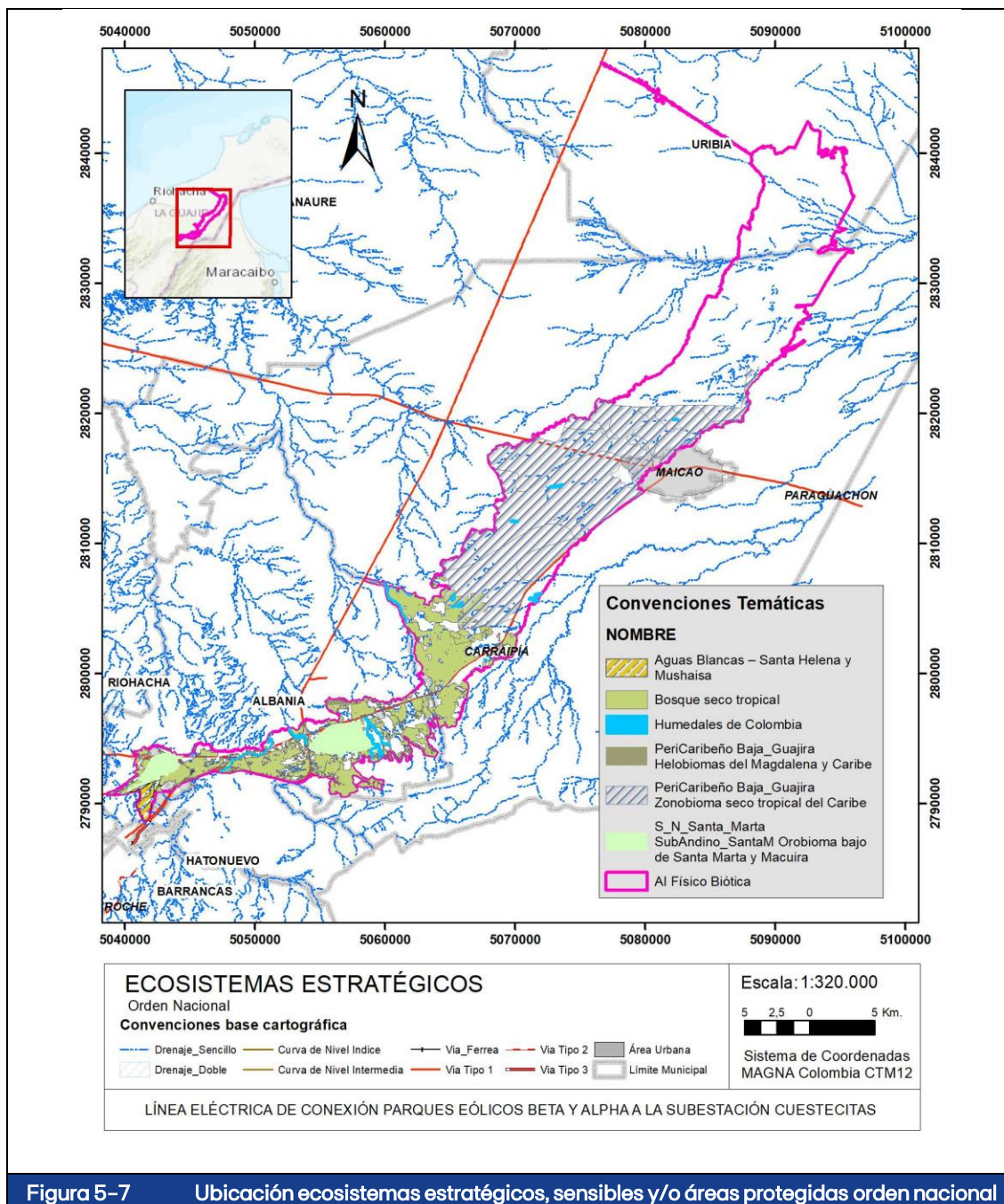


Figura 5-7 Ubicación ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas orden nacional

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.8.2.1 Uso agrícola

La agricultura no es una actividad sobresaliente en el resguardo de la Media y Alta Guajira, el clima seco, la falta de corrientes con caudales permanentes y las características de los suelos, no permiten desarrollar una agricultura a gran escala.

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

En los predios, donde se levantó información de usos y usuarios; se identificó la práctica agrícola de la tierra, siendo una actividad para subsistencia y no comercialización, predominando cosecha de cultivos tradicionales como maikü (maíz), pitchüsha (frijol), ay (yuca), wiirü (ahuyama), meruna (melón), kalapaasü (patilla); Adicionalmente, La mayoría de estos cultivos no requieren aprovechamiento de agua superficial para riego y en la época de verano se realizan captaciones del Río Ranchería o algunos arroyos para el riego de estos. Finalmente, no se evidenciaron derivaciones de los cuerpos de agua, ni distritos de riego con fines agrícolas en el área de influencia.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.8.2.2 Uso pecuario

Se entiende por uso consuntivo pecuario, la aplicación de aguas para engorde de ganado, aves de corral y otros animales. Los factores que afectan los requerimientos de agua (consumo potencial) pueden ser agrupados en tres tipos principales; relativos al ambiente: temperatura ambiente, variación diaria de temperatura, humedad relativa, lluvia y viento; relativos a la dieta: principalmente el contenido de humedad, nitrógeno, fibra y sal del alimento; relativos al animal: peso vivo, estado fisiológico, nivel productivo, consumo diario de materia seca, el uso consuntivo del recurso hídrico superficial está representado en el área de influencia por la Ganadería caprina y ovina, la avicultura, la piscicultura, entre otros (Beretta, Bruni, & Simeone, s.f.).

➤ Descripción del aprovisionamiento de agua por medio de jagüey

El jagüey es un reservorio de agua, de construcción natural o artificial, utilizado para el aprovechamiento humano o animal y cuya fuente principal es el agua de lluvia. Desde el punto de vista del origen, el agua que se encuentra embalsada en los jagüeyes se considera como agua superficial. Esta agua, básicamente se han originado por una combinación de procedencias como: 1) escorrentías superficiales debido a la lluvia que ha caído sobre el terreno y que fluye directamente sobre la superficie hacia la masa de agua; 2) precipitación directa, que corresponde a la lluvia que cae directamente en la masa de agua; 3) manto intermedio, que hace referencia al exceso de humedad en el suelo que está continuamente drenando en la masa de agua (Doria, Daza, Deluque, López, & Serna).

En la zona de influencia del proyecto, los habitantes consideran que es importante tener fuentes de agua permanentes para uso doméstico y para sus animales. Sin embargo, las condiciones del medio y las características geográficas de esta parte del departamento sólo permiten la provisión

temporal de arroyos durante las épocas de lluvias. Debido a la inestabilidad de sus cauces, los wayuu optaron desde hace mucho tiempo por recolectar en jagüeyes la mayor cantidad de agua lluvia; estas depresiones pueden ser naturales o construidas por los mismos indígenas y se espera que el preciado líquido almacenado allí dure hasta la siguiente temporada de lluvias.

En la **Tabla 5-10** y **Figura 5-8** se presentan los cuerpos de agua artificial como jagüeyes que son utilizados para satisfacer algunas necesidades básicas de las comunidades de uso pecuario principalmente, de acuerdo con las características de la zona, las fuentes superficiales son de carácter estacionario o intermitentes, por ende, el aprovechamiento sólo se presenta en épocas de altas precipitaciones. De acuerdo con el levantamiento de información se identifican 493 jagüeyes dentro del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-10 Cuerpos de agua artificial (Jagüey) en el AI del proyecto

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_101	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,78328	5092299,16	2830224,91
Jagüey_102	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,379169	5092852,84	2831551,89
Jagüey_103	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,765551	5089374,21	2837765,77
Jagüey_104	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,67128	5089178,73	2838019,51
Jagüey_105	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,042938	5093072,70	2840592,57
Jagüey_106	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,342141	5085132,84	2826803,11
Jagüey_107	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,26967	5084097,61	2826425,61
Jagüey_108	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,068449	5090544,24	2836035,20
Jagüey_109	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	2,770218	5091819,85	2836341,04
Jagüey_110	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,659384	5087433,49	2824877,59
Jagüey_111	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,324436	5087152,96	2825621,81
Jagüey_112	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,204841	5089332,18	2826603,60
Jagüey_113	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,595524	5090339,63	2828778,97
Jagüey_114	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,360724	5090595,59	2829962,12
Jagüey_115	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,498787	5091501,14	2830259,93
Jagüey_116	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,442056	5090161,08	2833386,36
Jagüey_117	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,588173	5089431,97	2834796,74
Jagüey_118	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,328002	5095016,10	2834887,38
Jagüey_119	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,427922	5094586,52	2834902,25
Jagüey_120	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,284069	5095222,75	2835617,58
Jagüey_121	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,429216	5091540,90	2838073,29
Jagüey_122	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,222179	5092466,23	2841605,56
Jagüey_123	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,308386	5092121,45	2827597,34
Jagüey_124	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,071358	5087280,85	2823782,92
Jagüey_125	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,161552	5088180,36	2823875,29
Jagüey_126	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,312139	5088996,26	2828590,02
Jagüey_127	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,971607	5090455,23	2834198,56
Jagüey_128	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,009522	5092631,37	2835483,11
Jagüey_129	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,086607	5089338,16	2829075,07
Jagüey_130	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,199526	5090286,55	2828644,71
Jagüey_131	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,171247	5090233,28	2828740,48
Jagüey_132	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,023313	5095370,36	2835510,97
Jagüey_133	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,045898	5090041,97	2828684,03
Jagüey_134	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,028389	5089563,42	2829003,54
Jagüey_135	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,076025	5091926,84	2835801,74
Jagüey_136	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,157165	5090360,70	2836203,48
Jagüey_137	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,588126	5089344,07	2834061,87
Jagüey_138	Cuerpos de agua artificiales	Oasmastal	0,089988	5087897,12	2832989,91
Jagüey_139	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,057947	5088184,33	2827740,95
Jagüey_140	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,011137	5091923,40	2829902,36

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_141	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,043968	5082494,43	2823772,32
Jagüey_142	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,06167	5083902,77	2826442,27
Jagüey_143	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,055296	5085993,79	2827184,95
Jagüey_144	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	1,119882	5091084,36	2831092,66
Jagüey_145	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,111916	5088853,16	2832535,56
Jagüey_154	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,12978	5085124,95	2826546,70
Jagüey_155	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,22185	5089154,19	2824235,72
Jagüey_156	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	1,64046	5094125,83	2835994,52
Jagüey_159	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,184398	5084560,69	2827912,72
Jagüey_167	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,037505	5089017,74	2839804,98
Jagüey_169	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,017311	5092836,87	2835472,93
Jagüey_170	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,02845	5093055,31	2835541,06
Jagüey_171	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,214116	5093271,26	2835482,65
Jagüey_172	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,060496	5093316,65	2835288,00
Jagüey_173	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,146149	5094515,20	2835055,76
Jagüey_175	Cuerpos de agua artificiales	Oasmastal	0,005987	5088137,97	2833237,08
Jagüey_176	Cuerpos de agua artificiales	Oasmastal	0,009424	5088050,01	2832958,04
Jagüey_177	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,006243	5090442,89	2835540,87
Jagüey_178	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,036626	5088851,72	2836897,38
Jagüey_179	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,098088	5088836,74	2832466,34
Jagüey_180	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,053547	5088755,18	2832512,39
Jagüey_315	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,097855	5072073,22	2806499,73
Jagüey_316	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,217281	5077877,40	2812958,13
Jagüey_317	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,207961	5067586,22	2808652,57
Jagüey_318	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,050656	5066870,42	2809538,26
Jagüey_319	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,079167	5068367,24	2809758,78
Jagüey_320	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,132864	5072337,16	2811061,03
Jagüey_321	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,11124	5069561,31	2811668,33
Jagüey_322	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,195782	5074114,52	2813329,73
Jagüey_323	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,053619	5075201,71	2816980,19
Jagüey_324	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,092475	5076330,88	2817358,02
Jagüey_325	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,221155	5076256,29	2817364,32
Jagüey_326	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,078805	5076109,93	2817700,32
Jagüey_327	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,583203	5086969,35	2822550,37
Jagüey_328	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,765063	5086604,30	2822581,85
Jagüey_329	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,127461	5066179,61	2807375,76
Jagüey_330	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,071253	5069117,37	2808009,03
Jagüey_331	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,086715	5070283,33	2808429,83
Jagüey_332	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,125807	5067700,96	2808656,53
Jagüey_333	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,240621	5066147,39	2808771,83
Jagüey_334	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,188326	5072670,52	2809087,14
Jagüey_335	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,100628	5072802,21	2809328,52
Jagüey_336	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,069042	5068698,66	2810828,33
Jagüey_337	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,169545	5073514,35	2812098,06
Jagüey_338	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,10595	5074309,50	2812563,89

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_339	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,114376	5075831,68	2814645,46
Jagüey_340	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,734294	5077165,08	2815436,86
Jagüey_341	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,296808	5076086,56	2815819,45
Jagüey_342	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,560313	5072052,13	2815829,48
Jagüey_343	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,063371	5076829,77	2816089,31
Jagüey_344	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,293808	5072749,89	2816421,60
Jagüey_345	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,131559	5079200,13	2816440,39
Jagüey_346	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,182653	5073587,45	2816559,40
Jagüey_347	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,14414	5079065,97	2816663,92
Jagüey_348	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,116027	5074828,85	2817062,44
Jagüey_349	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,281065	5074310,65	2817055,19
Jagüey_350	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,101447	5080032,05	2817210,30
Jagüey_351	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,033063	5080087,47	2817279,65
Jagüey_352	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,01243	5080480,12	2817556,22
Jagüey_353	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,7462	5074658,15	2817604,85
Jagüey_354	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,790816	5080248,66	2817617,44
Jagüey_355	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,043784	5076663,25	2817730,88
Jagüey_356	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,436911	5075997,86	2818439,67
Jagüey_357	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,330597	5078317,43	2819085,13
Jagüey_358	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,290415	5083446,85	2819186,98
Jagüey_359	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,400073	5076672,34	2819317,89
Jagüey_360	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,189618	5079660,71	2819408,36
Jagüey_361	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,787748	5083924,46	2819411,12

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA _HA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
				Este	Norte
Jagüey_362	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	1,248928	5081707,14	2819447,44
Jagüey_363	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	2,846286	5082393,00	2819484,46
Jagüey_364	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,481009	5084241,52	2819871,20
Jagüey_365	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,513165	5085579,92	2819908,27
Jagüey_366	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,789386	5081315,74	2820355,54
Jagüey_367	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,261857	5078687,89	2820403,29
Jagüey_368	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,09921	5082079,55	2820436,38
Jagüey_369	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,368017	5079110,19	2820573,68
Jagüey_370	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,262388	5087118,60	2820911,16
Jagüey_371	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,042107	5084454,26	2820956,32
Jagüey_372	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,283319	5084873,91	2821184,87
Jagüey_373	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,259317	5080199,96	2821817,46
Jagüey_374	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,176556	5082503,66	2818029,36
Jagüey_375	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,026225	5081232,43	2817612,32
Jagüey_376	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,097052	5078870,73	2815070,03
Jagüey_377	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,274702	5079417,68	2814947,16
Jagüey_378	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,071826	5078935,88	2813892,16
Jagüey_379	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,200907	5078110,57	2813675,78
Jagüey_380	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,162692	5078225,41	2813330,58

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA _HA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
				Este	Norte
Jagüey_381	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,127606	5078059,03	2813455,72
Jagüey_382	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,315491	5076412,04	2812153,24
Jagüey_383	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,139559	5076276,04	2812606,34
Jagüey_384	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,366831	5076574,10	2812755,12
Jagüey_385	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,124736	5076274,40	2813305,97
Jagüey_386	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,090161	5076609,36	2813649,56
Jagüey_387	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,692994	5076394,69	2814037,34
Jagüey_388	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,201518	5076216,37	2811839,96
Jagüey_389	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,153464	5075544,20	2811556,99
Jagüey_390	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,062638	5073979,64	2810195,18
Jagüey_391	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,312057	5074600,59	2810186,98
Jagüey_392	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,23746	5074336,98	2810472,46
Jagüey_393	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,05871	5074789,62	2810467,66
Jagüey_394	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,144095	5074124,68	2809677,06
Jagüey_395	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,032976	5072901,28	2809349,30
Jagüey_396	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,103056	5073451,07	2809043,59
Jagüey_397	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,037021	5073233,25	2808898,42
Jagüey_398	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,013375	5073807,33	2809338,88
Jagüey_399	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,179814	5072790,82	2807715,59
Jagüey_400	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,173673	5070260,61	2816157,16
Jagüey_401	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,089172	5072671,70	2818040,39
Jagüey_402	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,075784	5073144,34	2818050,81
Jagüey_403	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,054534	5073097,61	2818515,62
Jagüey_404	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,015018	5072714,29	2818507,22
Jagüey_405	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,555082	5073698,74	2818552,88
Jagüey_406	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,214472	5073821,93	2818682,89
Jagüey_407	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,179693	5073452,96	2818061,88
Jagüey_408	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,064418	5074730,91	2818497,17
Jagüey_409	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,078217	5074842,36	2818896,31
Jagüey_410	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,242944	5076008,14	2819084,98

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_411	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,14406	5066971,62	2807266,85
Jagüey_412	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,188197	5068196,30	2807416,79
Jagüey_413	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,630649	5070128,08	2810872,31
Jagüey_414	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,071724	5070191,02	2811583,41
Jagüey_415	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,074654	5073340,13	2814944,76
Jagüey_416	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,355537	5073869,20	2815461,51
Jagüey_418	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,034923	5076346,54	2816931,28
Jagüey_419	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,062911	5072199,39	2812806,09
Jagüey_420	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,111303	5077278,90	2815466,49
Jagüey_421	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,057736	5068455,76	2807477,84
Jagüey_422	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,031525	5069222,64	2807304,37
Jagüey_423	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,039918	5068095,75	2807808,96
Jagüey_424	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,015801	5068619,79	2809320,21
Jagüey_425	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,013214	5068630,79	2809333,97
Jagüey_426	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,050072	5070582,67	2808644,41
Jagüey_427	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,223779	5086535,19	2819940,43
Jagüey_428	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,070295	5071590,19	2812521,68
Jagüey_429	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,179663	5080143,29	2819412,08
Jagüey_430	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,118577	5083063,08	2820010,48
Jagüey_431	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,03076	5084976,22	2820465,45
Jagüey_432	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,218551	5086301,23	2821969,75
Jagüey_433	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,090784	5084664,90	2819428,61
Jagüey_434	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,02252	5084789,85	2822083,91
Jagüey_435	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,006368	5084420,72	2821757,61
Jagüey_436	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,033592	5079990,88	2820315,12
Jagüey_437	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,497953	5080444,61	2819404,87
Jagüey_438	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,734912	5077353,93	2819306,06
Jagüey_439	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,061122	5073544,08	2808479,68
Jagüey_441	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,069151	5066063,39	2809318,87

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA _HA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
				Este	Norte
Jagüey_442	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,042247	5075373,19	2810565,97
Jagüey_443	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,056703	5076859,11	2816072,88
Jagüey_444	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,149859	5071334,36	2817350,19
Jagüey_445	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,038683	5075017,89	2818859,98
Jagüey_446	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,290498	5076675,76	2819208,32
Jagüey_447	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,352758	5085289,22	2819312,41
Jagüey_448	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,32255	5083796,57	2822452,78
Jagüey_449	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,916883	5081002,71	2820829,85
Jagüey_450	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,062023	5077610,46	2816641,57
Jagüey_451	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,020763	5068105,16	2808776,71
Jagüey_453	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,003554	5072135,26	2813104,15
Jagüey_454	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,00634	5071876,65	2813162,14
Jagüey_470	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,110352	5072776,48	2816573,52
Jagüey_471	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,054954	5071721,19	2807622,12
Jagüey_472	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,057858	5071982,70	2807581,50
Jagüey_473	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,055081	5072316,86	2807605,74
Jagüey_474	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,008496	5073799,67	2811022,35
Jagüey_475	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,00737	5082607,27	2818251,21
Jagüey_476	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,020646	5085537,77	2819761,34
Jagüey_477	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,038879	5084397,17	2818707,18
Jagüey_478	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,011948	5071191,97	2806823,71
Jagüey_479	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,06848	5078224,88	2816433,42
Jagüey_480	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,009405	5070750,52	2808726,11
Jagüey_481	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,003903	5070853,29	2808736,19
Jagüey_482	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,019082	5078064,66	2816673,98
Jagüey_483	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,007314	5070867,76	2808372,19
Jagüey_484	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,050323	5070906,52	2808410,18
Jagüey_485	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,004979	5070747,84	2807610,63

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_486	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,159088	5085462,59	2820724,62
Jagüey_487	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,248973	5070508,37	2808194,87
Jagüey_506	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,044759	5070890,44	2810083,34
Jagüey_512	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,043134	5071113,56	2811883,38
Jagüey_535	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,022592	5078137,22	2816398,63
Jagüey_541	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,02384	5080018,19	2817587,47
Jagüey_543	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,091174	5079764,69	2817723,32
Jagüey_549	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,056995	5079786,00	2821210,08
Jagüey_553	Cuerpos de agua artificiales	Jotojoroy	0,071667	5087361,12	2822177,07
Jagüey_554	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,133884	5087407,77	2822136,24
Jagüey_555	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,013035	5072775,36	2808536,22
Jagüey_556	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,123579	5072851,72	2808476,29
Jagüey_558	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,027493	5071370,66	2807109,88
Jagüey_559	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,024548	5071419,04	2807128,66
Jagüey_560	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,022532	5071458,00	2807222,90
Jagüey_561	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,02145	5071377,22	2806980,80
Jagüey_562	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,01622	5071210,02	2806895,01
Jagüey_563	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,025002	5071655,62	2807290,60
Jagüey_564	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,01486	5071641,72	2807380,37
Jagüey_567	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,035381	5073287,31	2808719,05
Jagüey_568	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,12242	5073176,38	2809331,28
Jagüey_569	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,109186	5072943,98	2808563,72
Jagüey_570	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,270295	5072654,10	2808498,39
Jagüey_572	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,101014	5074070,57	2814704,67
Jagüey_573	Cuerpos de agua artificiales	Cuatro Vías	0,015174	5073967,58	2814668,91
Jagüey_640	Cuerpos de agua artificiales	Wareware	0,693485	5053541,20	2796324,73
Jagüey_697	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,126186	5065115,03	2796050,60
Jagüey_765	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,245985	5070758,07	2803928,84
Jagüey_768	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,136013	5054405,09	2795959,29
Jagüey_769	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,15109	5054570,28	2796051,29
Jagüey_770	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,166066	5054896,03	2796298,26
Jagüey_771	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,160543	5058964,71	2797904,73
Jagüey_772	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,280524	5043641,10	2793767,73
Jagüey_773	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,103673	5042867,71	2793860,75
Jagüey_774	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,087306	5043434,54	2794140,31
Jagüey_775	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,130199	5041572,99	2794194,87
Jagüey_776	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,07827	5041529,67	2794216,69
Jagüey_777	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,139206	5045800,24	2794694,65
Jagüey_778	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,194413	5054126,84	2796072,64

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_779	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,262041	5057745,81	2797004,60
Jagüey_780	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,075543	5059180,44	2797559,35
Jagüey_781	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,108608	5058896,01	2797635,62
Jagüey_782	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,032039	5039878,27	2791176,17
Jagüey_783	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,359117	5050918,59	2792303,24
Jagüey_784	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,198269	5058638,98	2794044,26
Jagüey_785	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,103173	5061347,10	2795613,16
Jagüey_786	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,052362	5062112,52	2796534,62
Jagüey_787	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,394039	5063222,92	2800344,44
Jagüey_788	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,030417	5063014,11	2802169,64
Jagüey_789	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,105221	5065011,95	2802265,59
Jagüey_790	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,06395	5066972,63	2804093,84
Jagüey_791	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,702389	5067361,61	2804483,86
Jagüey_792	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,089233	5065967,09	2804628,35
Jagüey_793	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,106646	5039432,24	2790999,79
Jagüey_794	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,115477	5042118,42	2792527,99
Jagüey_795	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,205767	5056805,56	2793342,17
Jagüey_796	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,250994	5051652,91	2794204,71
Jagüey_797	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,218738	5052521,75	2794358,22
Jagüey_798	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,243084	5062536,08	2794688,38
Jagüey_799	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,168648	5058508,69	2794921,60
Jagüey_800	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,214257	5057253,32	2795117,22
Jagüey_801	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,42589	5056774,40	2795574,67
Jagüey_802	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,258389	5054714,69	2795655,09
Jagüey_803	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,128891	5054870,43	2795792,93
Jagüey_804	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,444869	5057065,63	2795804,29
Jagüey_805	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,237475	5056460,30	2795826,97
Jagüey_806	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,102531	5055602,37	2796048,93
Jagüey_807	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,210562	5057851,97	2796062,31
Jagüey_808	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,07492	5059907,58	2796098,25
Jagüey_809	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,618654	5058382,61	2796057,45
Jagüey_810	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,096893	5062151,66	2796144,05
Jagüey_811	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,034157	5060038,80	2796287,75
Jagüey_812	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,140284	5059745,85	2796320,37
Jagüey_813	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,428901	5057663,75	2796355,02
Jagüey_814	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,241627	5063028,11	2796477,97
Jagüey_815	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,125046	5058819,91	2796671,54
Jagüey_816	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,213009	5063075,26	2796915,00
Jagüey_817	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,059947	5064366,97	2797672,64
Jagüey_818	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,32673	5060845,17	2797823,82
Jagüey_819	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,119092	5063510,95	2797853,02
Jagüey_820	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,568901	5064091,37	2798021,96
Jagüey_821	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,149119	5062013,40	2798207,15

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_822	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,077658	5064910,29	2798467,74
Jagüey_823	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,224045	5064941,14	2799060,94
Jagüey_824	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,404533	5066417,43	2800331,59
Jagüey_825	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,206169	5066145,61	2800921,12
Jagüey_826	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,156181	5067682,03	2801668,37
Jagüey_827	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,104627	5066453,72	2801838,65
Jagüey_828	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,355946	5067134,14	2802106,41
Jagüey_829	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,256784	5068724,84	2802282,90
Jagüey_830	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,266394	5066709,82	2802429,17
Jagüey_831	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,067036	5068749,50	2802546,24
Jagüey_832	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,053325	5064013,04	2802576,61
Jagüey_833	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,112226	5066845,01	2802818,56
Jagüey_834	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,082594	5068055,17	2803061,56
Jagüey_835	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,303799	5066872,75	2803149,41
Jagüey_836	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,182493	5069105,69	2803377,65
Jagüey_837	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,375801	5064926,92	2803354,86
Jagüey_838	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,102735	5063110,71	2803388,84
Jagüey_839	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,255442	5068226,89	2803479,19
Jagüey_840	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,343241	5067519,29	2803817,31
Jagüey_841	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,477589	5063561,77	2803908,68
Jagüey_842	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,278307	5063122,49	2804272,99
Jagüey_843	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,131177	5069240,81	2804430,76
Jagüey_844	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,287727	5064119,87	2804734,69
Jagüey_845	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,23099	5067941,70	2804854,20
Jagüey_846	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,097704	5070168,63	2805084,10
Jagüey_847	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,167626	5063052,59	2805115,04
Jagüey_848	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,842841	5069895,28	2805199,69
Jagüey_849	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,127697	5070291,19	2805285,75
Jagüey_850	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,219388	5062627,95	2805292,16
Jagüey_851	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,099283	5069930,13	2805547,21
Jagüey_852	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,853256	5070156,86	2805686,46
Jagüey_853	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,542217	5069207,72	2806002,19
Jagüey_854	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,089201	5070693,94	2806198,57
Jagüey_855	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,201235	5065611,51	2806392,59
Jagüey_856	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,202554	5068322,35	2806511,45
Jagüey_857	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,360633	5069596,03	2806526,83
Jagüey_858	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,049772	5070979,83	2805572,93
Jagüey_859	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,114895	5070569,97	2805323,95
Jagüey_860	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,296991	5070241,13	2803982,55
Jagüey_861	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,044452	5068983,00	2801706,11
Jagüey_862	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,110533	5069222,97	2801751,80
Jagüey_863	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,863796	5067686,47	2801137,17
Jagüey_864	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,210629	5065967,11	2798779,59
Jagüey_865	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,130468	5065915,56	2798603,43
Jagüey_866	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,070351	5066001,51	2797989,15
Jagüey_867	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,222055	5065834,12	2797758,82
Jagüey_868	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,131663	5065742,58	2797922,04
Jagüey_869	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,069808	5065911,70	2797272,86
Jagüey_870	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,040506	5065587,02	2796799,85
Jagüey_871	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,054373	5065622,11	2796602,10
Jagüey_872	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,41584	5057680,36	2796470,92
Jagüey_873	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,256347	5057669,64	2795393,21
Jagüey_874	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,05336	5068160,47	2802372,25
Jagüey_875	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,059603	5068179,80	2802527,52
Jagüey_876	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,038702	5068216,45	2802555,83

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_877	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,069724	5068066,81	2802782,27
Jagüey_878	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,030765	5069878,60	2805332,25
Jagüey_879	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,111441	5064605,36	2798342,60
Jagüey_880	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,076371	5061135,35	2794547,72
Jagüey_881	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,07421	5060971,80	2795034,68
Jagüey_882	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,087314	5060663,85	2795316,52
Jagüey_883	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,153272	5060987,64	2794677,60
Jagüey_884	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,6159	5043686,84	2791183,15
Jagüey_885	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,424926	5043989,94	2791528,82
Jagüey_886	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,400892	5044792,56	2791934,71
Jagüey_887	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,421133	5044622,41	2791981,29
Jagüey_888	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,111436	5043473,16	2792552,90
Jagüey_889	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,108451	5043057,24	2792811,65
Jagüey_890	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,102785	5043118,59	2792816,84
Jagüey_891	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,118597	5043476,59	2793151,93
Jagüey_892	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,26017	5046095,78	2793419,53
Jagüey_893	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,318681	5057187,23	2793658,46
Jagüey_894	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,071868	5057539,73	2794296,86
Jagüey_895	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,090545	5057558,56	2794734,56
Jagüey_896	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,1195	5060030,23	2794907,53
Jagüey_897	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,268778	5059363,99	2794956,60
Jagüey_898	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,11844	5061083,73	2796135,91
Jagüey_899	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,087105	5060232,15	2796186,64
Jagüey_900	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,153582	5061703,00	2797300,42
Jagüey_901	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,122632	5063828,43	2797725,45
Jagüey_902	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,228501	5062956,42	2797843,37
Jagüey_903	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,345986	5063858,71	2797922,78
Jagüey_904	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,447051	5062953,40	2798383,32
Jagüey_905	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,107215	5064058,69	2798765,43
Jagüey_906	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,199769	5063607,55	2798782,92
Jagüey_907	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,930244	5064297,42	2799451,71
Jagüey_908	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,180768	5065287,85	2800180,93
Jagüey_909	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,093481	5064869,92	2801874,18
Jagüey_910	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,091762	5065003,15	2802818,53
Jagüey_911	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,125762	5066601,71	2803471,60
Jagüey_912	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,065689	5066098,40	2803511,02
Jagüey_913	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,200335	5067731,60	2805939,49
Jagüey_914	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,047776	5058786,83	2794572,73

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA _HA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
				Este	Norte
Jagüey_915	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,044065	5056736,12	2794222,39
Jagüey_916	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,188023	5060129,07	2796743,72
Jagüey_917	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,069575	5060926,87	2797831,89
Jagüey_918	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,104904	5057603,35	2794453,39
Jagüey_919	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,065424	5065788,55	2801281,00
Jagüey_920	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,069835	5057824,54	2794986,26
Jagüey_921	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,150019	5046707,79	2793412,44
Jagüey_922	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,136178	5053307,70	2792067,58
Jagüey_923	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,257597	5051225,04	2792248,35
Jagüey_924	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,073672	5054786,97	2793131,69
Jagüey_925	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,084618	5054494,15	2793600,06
Jagüey_926	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,049436	5045173,94	2792230,63
Jagüey_927	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,67338	5047810,32	2792453,06
Jagüey_928	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,478611	5048262,10	2792536,24
Jagüey_929	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,116844	5050604,91	2792357,61
Jagüey_930	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,188767	5049214,61	2793550,29
Jagüey_931	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,061146	5049448,82	2793051,14
Jagüey_932	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,014	5044675,73	2793476,17
Jagüey_933	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,016463	5044737,65	2793615,53
Jagüey_934	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,064314	5054905,28	2792322,00
Jagüey_935	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,085426	5054007,34	2792577,26
Jagüey_936	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,028687	5053341,88	2792749,60
Jagüey_937	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,053316	5054693,96	2792847,77
Jagüey_938	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,173808	5059176,68	2796830,90
Jagüey_939	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,046675	5059418,89	2796686,88
Jagüey_940	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,232407	5059448,49	2797187,55
Jagüey_941	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,026569	5060334,07	2797472,80
Jagüey_942	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,476769	5044892,05	2791975,73
Jagüey_943	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,048686	5044024,30	2793574,27
Jagüey_944	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,103712	5057675,25	2795696,38

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_945	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,103223	5065735,23	2798293,25
Jagüey_946	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,038872	5065657,55	2798270,90
Jagüey_947	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,128031	5042761,24	2792709,47
Jagüey_948	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,034747	5043764,75	2792929,13
Jagüey_949	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,118717	5044670,31	2791970,23
Jagüey_950	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,172081	5045079,33	2792048,30
Jagüey_951	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,064874	5048021,57	2793875,81
Jagüey_952	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,024232	5057455,83	2795840,70
Jagüey_953	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,175862	5058018,50	2794278,97
Jagüey_954	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,018043	5057877,91	2794475,20
Jagüey_955	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,10066	5058468,74	2794511,95
Jagüey_956	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,302889	5045072,35	2793443,38
Jagüey_957	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,104762	5058834,69	2795810,85
Jagüey_958	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,071249	5059235,68	2795808,59
Jagüey_959	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,280853	5065337,60	2799583,38
Jagüey_960	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,176329	5065058,95	2799342,63
Jagüey_961	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,156129	5063409,33	2799546,45
Jagüey_962	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,163907	5065549,46	2801770,19
Jagüey_963	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,049623	5066043,54	2801726,56
Jagüey_964	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,018412	5066079,52	2801729,49
Jagüey_965	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,071546	5068340,99	2804417,19
Jagüey_966	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,017784	5063237,57	2804410,92
Jagüey_967	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,062346	5064207,74	2803740,11
Jagüey_968	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,029587	5069155,84	2805214,52
Jagüey_969	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,029824	5069188,79	2805402,57
Jagüey_970	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,037404	5069335,99	2805286,45
Jagüey_971	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,01203	5069481,19	2805173,29
Jagüey_972	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,015625	5069446,23	2805015,78
Jagüey_973	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,009932	5069501,22	2805079,03
Jagüey_974	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,008381	5069513,49	2805081,60
Jagüey_975	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,123832	5070174,15	2804603,14
Jagüey_976	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,019596	5069641,49	2804421,48
Jagüey_977	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,0148	5070138,69	2805787,45
Jagüey_978	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,059606	5070913,78	2805990,63
Jagüey_979	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,148944	5070921,70	2806135,35
Jagüey_980	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,034862	5071085,22	2806201,90
Jagüey_981	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,067241	5053515,01	2792745,65
Jagüey_982	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,045136	5058012,86	2793947,21
Jagüey_983	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,056549	5061400,56	2794297,68
Jagüey_984	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,067695	5061225,77	2794215,01
Jagüey_985	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,114684	5061719,36	2794033,38
Jagüey_986	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,127828	5066391,04	2802730,63
Jagüey_987	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,060343	5065207,15	2802146,57

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
			_HA	Este	Norte
Jagüey_988	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,073337	5065694,98	2800223,34
Jagüey_989	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,24397	5061626,91	2797700,10
Jagüey_990	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,175972	5061095,72	2797604,04
Jagüey_991	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,058007	5060333,21	2795543,17
Jagüey_992	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,055247	5056881,25	2795978,16
Jagüey_993	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,087078	5041806,95	2792518,13
Jagüey_994	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,051292	5048568,32	2793706,49
Jagüey_995	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,093116	5054484,62	2794249,04
Jagüey_996	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,073088	5054227,90	2795493,81
Jagüey_997	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,517874	5053821,67	2795545,28
Jagüey_998	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,10979	5063383,69	2795849,26
Jagüey_999	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,039988	5055538,82	2795939,19
Jagüey_1000	Cuerpos de agua artificiales	Wareware	0,067313	5053487,35	2795993,70
Jagüey_1001	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,09287	5058995,28	2796423,98
Jagüey_1002	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,028073	5058302,94	2796886,65
Jagüey_1003	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,092854	5057222,85	2796910,51
Jagüey_1004	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,082251	5068424,43	2801270,92
Jagüey_1005	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,070128	5069071,21	2803038,77
Jagüey_1006	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,063578	5067595,81	2803190,44
Jagüey_1007	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,04814	5069819,70	2803862,99
Jagüey_1008	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,02297	5069793,27	2803873,63
Jagüey_1009	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,025739	5069830,09	2803885,86
Jagüey_1010	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,0196	5069924,97	2803899,23
Jagüey_1011	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,036859	5068468,37	2803970,32
Jagüey_1012	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,032109	5068800,15	2804022,91
Jagüey_1013	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,042222	5067984,34	2805482,00
Jagüey_1014	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,230322	5053615,11	2792993,72
Jagüey_1016	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,076278	5062110,08	2796852,89
Jagüey_1017	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,210722	5053151,56	2793306,36
Jagüey_1029	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,303691	5056868,75	2794376,62
Jagüey_1030	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,074376	5047334,83	2793737,84
Jagüey_1032	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,016521	5061200,18	2794991,60
Jagüey_1034	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,046026	5065758,05	2796964,38
Jagüey_1035	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,281944	5056461,85	2796828,77
Jagüey_1036	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,099134	5065933,71	2798077,10
Jagüey_1037	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,150272	5053546,24	2794646,62
Jagüey_1038	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,099472	5067232,64	2802397,06
Jagüey_1039	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Albania	0,072712	5053429,32	2793294,61
Jagüey_1040	Cuerpos de agua artificiales	Cuestecitas	0,035413	5048071,29	2793731,65
Jagüey_1041	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,034457	5064729,69	2803853,39
Jagüey_1042	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,124716	5059051,43	2796950,57
Jagüey_1043	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,107889	5064474,37	2803398,42
Jagüey_1077	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,008516	5069493,78	2805172,84
Jagüey_1079	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,156275	5067999,50	2801961,56
Jagüey_1080	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,077458	5068190,30	2802111,28

ID_ COBERT	Cuerpo de agua	Unidad territorial	AREA _HA	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Único Nacional	
Jagüey_1081	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,017707	5069733,17	2805342,69
Jagüey_1082	Cuerpos de agua artificiales	Porciosa	0,05184	5057758,21	2796469,68
Jagüey_1083	Cuerpos de agua artificiales	Carraipia	0,066553	5064080,55	2797771,88
Jagüey_1094	Cuerpos de agua artificiales	Wimpeshi	0,029382	5095311,18	2839190,05
Jagüey_1095	Cuerpos de agua artificiales	Cabecera municipal de Maicao	0,045493	5078843,20	2813378,68

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

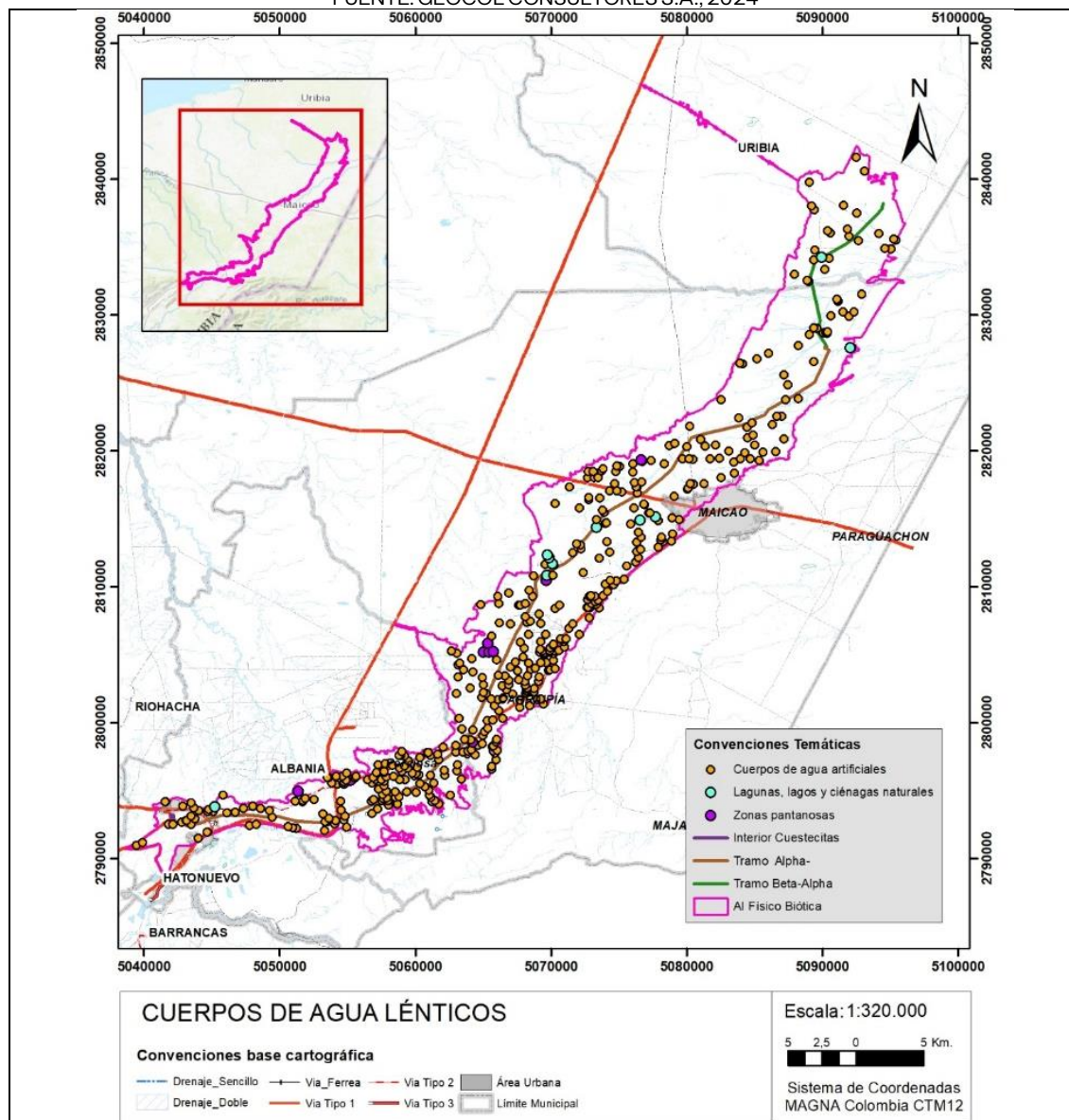


Figura 5-8 Cuerpos de agua lénticos en el AI del proyecto

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	

Tabla 5-11 Registro fotográfico Jagueyes en el AI
JAGUEYES EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

 11 sep. 2023 1:22:29 p. m. Altitud: 27.0m Número de índice: 2	 12 sep. 2023 10:21:55 a. m. 11.42726853N 72.25776674W Vía sin nombre Maicao La Guajira Altitud: 34.8m Número de índice: 14
 5 sep. 2023 11:08:16 a. m. 11.58199275N 72.15958303W Altitud: 14.3m	 4 sep. 2023 10:57:55 a. m. 11.58053264N 72.18041367W Altitud: 18.6m
 8 sep. 2023 11:47:09 a. m. Altitud: 15.8m	 5 sep. 2023 9:12:04 a. m. 11.56587659N 72.15801819W Altitud: 17.6m

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.8.2.3 Uso Industrial

El proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas no utilizará agua directamente de fuentes hídricas para su construcción, ni para su operación, por lo tanto, no requerirá concesiones de agua.

5.1.8.3 Usos y usuarios en las ocupaciones de cauce

El proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas contempla 90 ocupaciones, clasificadas como: ocupaciones de cauce en vías existentes, ocupaciones de cauce en vías proyectadas y ocupaciones en rondas hídricas. Dadas las condiciones hidrológicas de la zona, la mayoría de los cuerpos de agua se encuentran secos

durante la mayor parte de año, y no se evidencia ni captaciones ni vertimientos. En la **Tabla 5-12** y **Figura 5-9** se presentan las ocupaciones de cauce OC del proyecto.

Tabla 5-12 Ocupaciones de cauce en el AI del proyecto LE BAC

ID	TEMPORALIDAD	COORDENADAS	
		X	Y
OC 1	TEMPORAL	5042794,76	2792755,75
OC 2	TEMPORAL	5042870,28	2792407,16
OC 3	TEMPORAL	5043067,14	2792466,96
OC 4	TEMPORAL	5043183,27	2792497,50
OC 5	TEMPORAL	5043274,05	2792522,19
OC 6	TEMPORAL	5043582,42	2792800,57
OC 8	TEMPORAL	5046267,60	2793629,62
OC 9	TEMPORAL	5046302,51	2793443,51
OC 10	TEMPORAL	5048132,07	2793636,18
OC 11	TEMPORAL	5048025,92	2793613,25
OC 12	TEMPORAL	5047961,80	2793467,42
OC 13	TEMPORAL	5049339,02	2793245,25
OC 14	TEMPORAL	5050052,22	2793188,55
OC 15	TEMPORAL	5050389,77	2793279,13
OC 16	TEMPORAL	5054050,31	2793417,00
OC 17	TEMPORAL	5053888,52	2793170,34
OC 18	TEMPORAL	5054342,20	2793065,49
OC 19	TEMPORAL	5054695,13	2793029,53
OC 20	TEMPORAL	5056765,60	2795695,9
OC 21	TEMPORAL	5056824,49	2795299,13
OC 22	TEMPORAL	5056933,53	2795100,12
OC 23	TEMPORAL	5056987,61	2794975,56
OC 25	TEMPORAL	5058866,98	2796168,14
OC 26	TEMPORAL	5058872,13	2796078,38
OC 27	TEMPORAL	5059131,27	2794962,14
OC 28	TEMPORAL	5061605,72	2797382,00
OC 29	TEMPORAL	5061620,15	2797272,05
OC 30	TEMPORAL	5061620,61	2797045,31
OC 31	TEMPORAL	5061614,36	2796866,69
OC 32	TEMPORAL	5061521,99	2796320,78
OC 33	TEMPORAL	5061349,99	2796246,63
OC 34	TEMPORAL	5061779,45	2796972,3
OC 35	TEMPORAL	5061885,32	2797044,48
OC 36	TEMPORAL	5062652,24	2797736,54
OC 37	TEMPORAL	5064206,78	2799048,55
OC 38	TEMPORAL	5065609,09	2800912,30
OC 39	TEMPORAL	5065537,95	2801074,51
OC 40	TEMPORAL	5064705,10	2800791,50
OC 41	TEMPORAL	5064461,60	2800270,14
OC 42	TEMPORAL	5064382,65	2800098,46
OC 43	TEMPORAL	5067335,82	2802201,00
OC 46	TEMPORAL	5066303,98	2802457,59
OC 47	TEMPORAL	5066375,88	2802670,32
OC 49	TEMPORAL	5066637,01	2804954,11
OC 50	TEMPORAL	5070836,43	2807003,38
OC 51	TEMPORAL	5068338,03	2808273,73
OC 52	TEMPORAL	5068102,13	2808131,53
OC 53	TEMPORAL	5075329,43	2810768,07
OC 54	TEMPORAL	5074131,73	2812251,41
OC 55	TEMPORAL	5074081,50	2812328,41
OC 56	TEMPORAL	5072492,40	2813248,69
OC 57	TEMPORAL	5072499,62	2813322,88

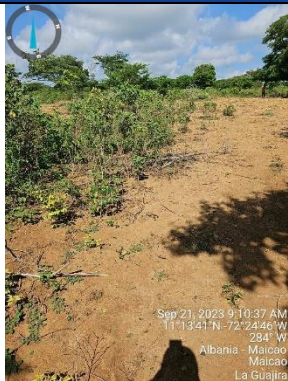
ID	TEMPORALIDAD	COORDENADAS	
		X	Y
OC 58	TEMPORAL	5073688,94	2816036,35
OC 60	TEMPORAL	5073774,69	2816686,97
OC 61	TEMPORAL	5073778,44	2816740,94
OC 62	TEMPORAL	5077183,71	2817178,06
OC 64	TEMPORAL	5080878,27	2820640,45
OC 66	TEMPORAL	5082999,04	2817854,88
OC 67	TEMPORAL	5083230,44	2818653,54
OC 68	TEMPORAL	5083931,73	2820965,51
OC 69	TEMPORAL	5083924,95	2822293,35
OC 70	TEMPORAL	5084440,42	2822458,49
OC 71	TEMPORAL	5085630,38	2822582,50
OC 72	TEMPORAL	5085796,26	2822873,52
OC 73	TEMPORAL	5086404,3	2822456,92
OC 74	TEMPORAL	5085227,11	2823128,65
OC 75	TEMPORAL	5086339,89	2823564,62
OC 76	TEMPORAL	5087221,15	2823948,50
OC 77	TEMPORAL	5087699,24	2824303,71
OC 78	TEMPORAL	5087990,25	2824372,21
OC 80	TEMPORAL	5089940,16	2826642,25
OC 81	TEMPORAL	5089910,03	2826674,66
OC 82	TEMPORAL	5089936,29	2826838,24
OC 83	TEMPORAL	5089847,19	2827077,77
OC 85	TEMPORAL	5091988,86	2835883,03
OC 86	TEMPORAL	5061283,92	2796184,53
OC 87	TEMPORAL	5061161,1	2796018,75
OC 88	TEMPORAL	5086432,19	2823212,14
OC 89	TEMPORAL	5088073,73	2824381,87
OC 90	TEMPORAL	5089637,70	2828531,49
OC 91	TEMPORAL	5045652,53	2793478,16
OC 93	TEMPORAL	5066734,38	2807266,15
OC 94	TEMPORAL	5067617,15	2807922,63
OC 95	TEMPORAL	5087360,84	2824181,38
OC 96	TEMPORAL	5048982,55	2793410,71
OC 97	TEMPORAL	5086331,16	2823648,59
OC 98	TEMPORAL	5089293,25	2828667,84
OC 99	TEMPORAL	5042882,47	2792411,44
OC 100	TEMPORAL	5043566,07	2792699,36
OC 101	TEMPORAL	5080398,92	2817777,72

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-13 Registro fotográfico de algunas Ocupaciones de Cauce

OCUPACIONES DE CAUCE		
 Sep 21, 2023 1:27:23 AM 11°14'29"N - 72°24'33"W 276' W	 Sep 21, 2023 9:10:37 AM 11°13'41"N - 72°24'46"W 284' W Albania - Maicao Maicao La Guajira	 Sep 21, 2023 9:10:37 AM 11°13'41"N - 72°24'46"W 284' W Albania - Maicao Maicao La Guajira
 Sep 22, 2023 9:55:31 AM 11°11'45"N - 72°26'56"W 282' NW Karatodemaahana Maicao La Guajira	 Sep 21, 2023 12:11:41 PM 11°14'45"N - 72°24'25"W 290' W	 Sep 22, 2023 12:22:08 PM 11°11'22"N - 72°28'4"W 358' N

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



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

CAPITULO 5.1.9 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA HIDROGEOLOGÍA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

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

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.9	Hidrogeología	1
5.1.9.1	Modelo hidrogeológico conceptual.....	1
5.1.9.1.1	Evaluación geológica	1
5.1.9.1.2	Evaluación geofísica	2
5.1.9.1.3	Inventario de puntos de agua subterránea.....	20
5.1.9.1.4	Evaluación hidráulica	27
5.1.9.1.5	Evaluación hidrogeoquímica	43
5.1.9.1.6	Evaluación de la recarga de unidades acuíferas	48
5.1.9.1.7	Representación tridimensional del modelo hidrogeológico conceptual	51
5.1.9.1.8	Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.....	57

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

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Clasificación general de las unidades hidrogeológicas	1
Tabla 5-2	Comportamiento hidrogeológico de las diferentes unidades geológicas que hacen parte del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	2
Tabla 5-3	Coordenadas de los SEV realizados para la caracterización geométrica de la unidad Hidrogeológica aflorante en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	4
Tabla 5-4	Principales características de los pozos de agua subterránea inventariados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	21
Tabla 5-5	Principales características de los aljibes inventariados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	24
Tabla 5-6	Principales características de los manantiales inventariados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	25
Tabla 5-7	Superficies de predicción piezométrica para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	27
Tabla 5-8	Almacenamiento para diferentes tipos de unidades acuíferas	31
Tabla 5-9	Coordenadas de las pruebas de bombeo realizadas en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	31
Tabla 5-10	Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 01	32
Tabla 5-11	Características en el desarrollo de la PB 01	33
Tabla 5-12	Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 01	33
Tabla 5-13	Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 01	34
Tabla 5-14	Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 1 a diferentes tiempos de bombeo	34
Tabla 5-15	Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 02	34
Tabla 5-16	Características en el desarrollo de la PB 02	35
Tabla 5-17	Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 02	35
Tabla 5-18	Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 02	36
Tabla 5-19	Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 2 a diferentes tiempos de bombeo	36
Tabla 5-20	Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 03	36
Tabla 5-21	Características en el desarrollo de la PB 03	37
Tabla 5-22	Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 03	37
Tabla 5-23	Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 03	38

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

Tabla 5-24	Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 3 a diferentes tiempos de bombeo	38
Tabla 5-25	Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 04	38
Tabla 5-26	Características en el desarrollo de la PB 04	39
Tabla 5-27	Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 04	39
Tabla 5-28	Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 04	40
Tabla 5-29	Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 4 a diferentes tiempos de bombeo	40
Tabla 5-30	Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 05	40
Tabla 5-31	Características en el desarrollo de la PB 05.....	41
Tabla 5-32	Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 05	41
Tabla 5-33	Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 05	41
Tabla 5-34	Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 5 a diferentes tiempos de bombeo	42
Tabla 5-35	Resumen de las características de las pruebas de bombeo y parámetros calculados	42
Tabla 5-36	Resumen de las simulaciones numéricas de los radios de influencia asociados a los bombeos desarrollados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	43
Tabla 5-37	Coordenadas de los puntos hidrogeológicos monitoreados químicamente en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	45
Tabla 5-38	Balance iónico a muestras de agua subterráneas dentro del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	46
Tabla 5-39	Caracterización de los tipos de agua subterránea caracterizados dentro del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	47
Tabla 5-40	Recarga potencia del acuífero en la unidad de suelo Arcillosa	49
Tabla 5-41	Recarga potencia del acuífero en la unidad de suelo Franco Arcillosa	49
Tabla 5-42	Recarga potencia del acuífero en la unidad de suelo Franco Arenosa	50
Tabla 5-43	Potencial de recarga hidrogeológica.....	50
Tabla 5-44	Factores de ponderación metodología de DRASTIC	58
Tabla 5-45	Valores Dr establecidos por la metodología	58
Tabla 5-46	Profundidades promedio de agua y factor Dr x Dw	58
Tabla 5-47	Valores Rr establecidos por la metodología	59
Tabla 5-48	Valor de recarga neta y factor Rr x Rw	60
Tabla 5-49	Valores Ar establecidos por la metodología	61
Tabla 5-50	Valores de Ar para las formaciones geológicas y factor Ar x Aw	61
Tabla 5-51	Valores Sr establecidos por la metodología	62
Tabla 5-52	Sr para tipo de suelo y factor Sr x Sw	63
Tabla 5-53	Valores Tr establecidos por la metodología	64
Tabla 5-54	Valores de Tr para las pendientes del AI y factor Tr x Tw.....	64
Tabla 5-55	Valores Ir establecidos por la metodología	65
Tabla 5-56	Valor de Ir para zona no saturada y factor Ir x lw	65
Tabla 5-57	Valores Cr establecidos por la metodología	66

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

<i>Tabla 5-58</i>	<i>Valor Cr para la conductividad hidráulica y factor Cr x Cw</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 5-59</i>	<i>Rangos y grado de vulnerabilidad</i>	<i>68</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 5-1</i>	<i>Ley de Ohm.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 5-2</i>	<i>Variación de la profundidad de investigación de un SEV en función de la abertura AB</i>	<i>3</i>
<i>Figura 5-3</i>	<i>Localización de los SEV realizados para la caracterización geométrica de los depósitos no consolidados aflorantes en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”</i>	<i>5</i>
<i>Figura 5-4</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 01, 02 y 03.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5-5</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 04, 05 y 06.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5-6</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 07, 08 y 09</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5-7</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 10, 11 y 12</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5-8</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 13, 14 y 15</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5-9</i>	<i>Columnas geoeléctricas de los SEV 16, 17 y 18</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5-10</i>	<i>Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (1)</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5-11</i>	<i>Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (2).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5-12</i>	<i>Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (3).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5-13</i>	<i>Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (4).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5-14</i>	<i>Localización de los pozos y aljibes inventariados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5-15</i>	<i>Superficie de predicción piezométrica de la unidad hidrogeológica A4 localizada en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5-16</i>	<i>Localización de las pruebas de bombeo realizadas en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5-17</i>	<i>Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 1.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5-18</i>	<i>Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 2</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5-19</i>	<i>Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 3</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5-20</i>	<i>Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 4</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5-21</i>	<i>Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 5</i>	<i>41</i>
<i>Figura 5-22</i>	<i>Diagrama de Piper.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 5-23</i>	<i>Localización de los monitoreos de aguas subterráneas realizados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”</i>	<i>46</i>

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

Figura 5-24	Diagrama de Piper en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	47
Figura 5-25	Zonificación de la susceptibilidad a la recarga de las unidades acuíferas aflorantes el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”	51
Figura 5-26	Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (1)	53
Figura 5-27	Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (2)	54
Figura 5-28	Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (3)	55
Figura 5-29	Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (4)	56
Figura 5-30	Metodología DRASTIC	57
Figura 5-31	Mapa de factor $D_r \times D_w$	59
Figura 5-32	Mapa de factor $R_r \times R_w$	60
Figura 5-33	Mapa de factor $A_r \times A_w$	62
Figura 5-34	Mapa de factor $S_r \times S_w$	63
Figura 5-35	Mapa de factor $T_r \times T_w$	64
Figura 5-36	Mapa de factor $I_r \times I_w$	66
Figura 5-37	Mapa de factor $C_r \times C_w$	67
Figura 5-38	Mapa de vulnerabilidad metodología Drastic	68

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Pozo con ID PZ_086	21
Fotografía 5-2	Pozo con ID PZ_070	21
Fotografía 5-3	Aljibe con ID AL_023	24
Fotografía 5-4	Aljibe con ID AL_013	24
Fotografía 5-5	Manantial con ID MA_004	25
Fotografía 5-6	Manantial con ID MA_002	25

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.9 Hidrogeología

La caracterización hidrogeológica del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” expuesta en el presente numeral, establece la línea base para el monitoreo del recurso hidrogeológico en términos de calidad y cantidad. A nivel regional se exponen las características de la provincia hidrogeológica de la Guajira sobre la cual se encuentra emplazada el área de estudio. A nivel local es presentado un modelo hidrogeológico conceptual.

5.1.9.1 Modelo hidrogeológico conceptual

El modelo hidrogeológico conceptual expuesto en el presente numeral es el resultado del análisis e integración de la información geológica, geofísica, hidrológica, hidroquímica e hidráulica del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”. En los siguientes numerales se identifican y caracterizan los sistemas acuíferos y las unidades impermeables o con limitadas posibilidades de flujo subterráneo.

5.1.9.1.1 Evaluación geológica

5.1.9.1.1.1 *Marco conceptual*

La evaluación geológica presentada en este numeral correlaciona las unidades estratigráficas presentadas en el Capítulo de Geología con unidades hidrogeológicas en términos de:

- A. Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular.
- B. Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas).
- C. Sedimentos y rocas con limitado a ningún recurso de aguas subterráneas.

En el marco del presente estudio fue 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 5-1**).

Tabla 5-1 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 semi consolidadas, 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 50 m ² /día.	Pozos con capacidad específica entre 0.09 a 1,1 L/S/m

TONALIDAD	UNIDAD	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO (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 diaclasamiento de muy baja productividad.	

Fuente: SGC., 2023.

De conformidad con los criterios de correlación de unidades hidrogeológicas expuestos en el numeral anterior, la **Tabla 5-2** presenta el comportamiento hidrogeológico de las unidades geológicas inmersas en la construcción del modelo hidrogeológico.

Tabla 5-2 Comportamiento hidrogeológico de las diferentes unidades geológicas que hacen parte del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

NOMBRE	LITOLOGÍA PREDOMINANTE	CLASIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA
Depósitos Aluviales	Depósito no consolidado	Unidad Hidrogeológica A3
Depósitos de Dunas de Arena	Depósito no consolidado	Unidad Hidrogeológica A4
Depósitos Eólicos	Depósito no consolidado	Unidad Hidrogeológica A4
Formación Colón	Calizas	Unidad Hidrogeológica B2
Formación Hato Nuevo	Calizas	Unidad Hidrogeológica B2
Formación La Quinta	Areniscas	Unidad Hidrogeológica C1
Formación Molino	Shale	Unidad Hidrogeológica B2
Formación Monguí	Gravas – Arcillas	Unidad Hidrogeológica A4
Grupo Cogollo	Calizas	Unidad Hidrogeológica B2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.9.1.2 Evaluación geofísica

Con la finalidad de conocer la geometría de las unidades hidrogeológicas más superficiales del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” fueron realizados diecinueve (19) sondeos eléctricos verticales (SEV). Fue seleccionado el método de los SEV, toda vez que la unidad hidrogeológica a caracterizar presenta una distribución subhorizontal. Los siguientes numerales presentan el marco conceptual del método, los resultados y las conclusiones de dicha caracterización.

5.1.9.1.2.1 Marco conceptual

Los métodos eléctricos estudian la respuesta del terreno cuando se propagan a través del mismo, corrientes eléctricas continuas (DC). El método de resistividad eléctrica consiste fundamentalmente en estudiar las variaciones en el subsuelo de la propiedad física conocida como resistividad, propiedad que poseen los diferentes tipos de materiales, artificiales o naturales, de oponerse al flujo de la corriente eléctrica en presencia de un campo eléctrico en cualquiera de las direcciones X, Y, o Z. A través de los contrastes de los valores obtenidos, es posible diferenciar distintas clases de materiales existentes en el subsuelo y calcular sus espesores y profundidades (Auge, 2008).

El flujo de una corriente eléctrica a través de las rocas o los sedimentos puede explicarse mediante la Ley de Ohm que establece que la caída de potencial ΔV entre 2 puntos por los que circula una

corriente eléctrica de intensidad I , es proporcional a ésta y a la resistencia R que ofrece el medio al pasaje de la corriente.

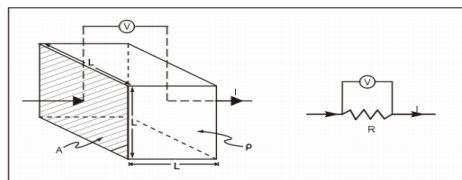


Figura 5-1 Ley de Ohm.

Según la ley de Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Para un medio homogéneo, la resistividad (ρ) se obtiene al multiplicar la resistencia (R) por un coeficiente geométrico (K).

$$\rho = KR$$

Básicamente, existen dos estrategias para deducir la estructura del subsuelo con una serie de medidas sucesivas ρ_a . Si mantenemos el punto (O) y vamos abriendo sucesivamente la distancia AB, la corriente eléctrica atravesará cada vez a mayor profundidad. Los sucesivos valores de ρ_a que vamos obteniendo corresponden a profundidades cada vez mayores, por lo que decimos que estamos realizando un sondeo eléctrico vertical. En la **Figura 5-2** se aprecia que la profundidad de investigación va aumentando según pasamos de AB a A'B' y A''B''.

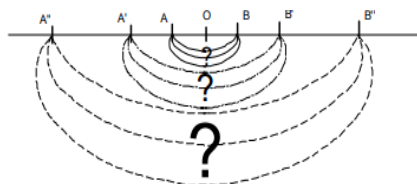


Figura 5-2 Variación de la profundidad de investigación de un SEV en función de la abertura AB

Fuente: Suárez, J., & Zúñiga, H. (2013) (Suárez & Zúñiga, 2013). GEOCOL CONSULTORES S.A., 2021.

En el marco de la caracterización ambiental del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, fueron realizados diecinueve (19) sondeos eléctricos verticales con el equipo ABEM Terrameter LS.

5.1.9.1.2.2 Resultados

Los sondeos han sido localizados geológicamente sobre el Depósitos Cuaternarios y la Formación Monguí. Las coordenadas de los SEV se encuentran en la **Tabla 5-3** y en la **Figura 5-3** presenta la ubicación espacial de los mismos.

Se resalta que el AB/2 predominante en los SEV es de 250 metros. 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.

Tabla 5-3 Coordenadas de los SEV realizados para la caracterización geométrica de la unidad Hidrogeológica aflorante en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID SEV	ESTE	NORTE	COTA	AB/2
SEV No 01	5080971.00	2844180.00	18	250
SEV No 02	5077152.00	2846676.00	24	250
SEV No 03	5089689.00	2838910.00	10	250
SEV No 04	5093490.00	2836582.00	1	250
SEV No 05	5098317.00	2838237.00	1	250
SEV No 06	5091860.00	2833681.00	-3	250
SEV No 07	5090034.00	2828172.00	18	250
SEV No 08	5084133.00	2822824.00	20	250
SEV No 09	5077422.00	2818069.00	35	250
SEV No 10	5079972.00	2821863.00	31	250
SEV No 11	5074423.89	2815866.73	47	250
SEV No 12	5071601.00	2812500.00	57	250
SEV No 13	5074966.00	2811262.00	54	250
SEV No 14	5066817.00	2803946.00	96	250
SEV No 15	5065512.00	2801418.00	107	250
SEV No 16	5059503.00	2797137.00	94	250
SEV No 17	5054346.00	2792880.00	96	250
SEV No 18	5052584.00	2794865.00	68	250
SEV No 19	5041766.00	2792611.00	135	250

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

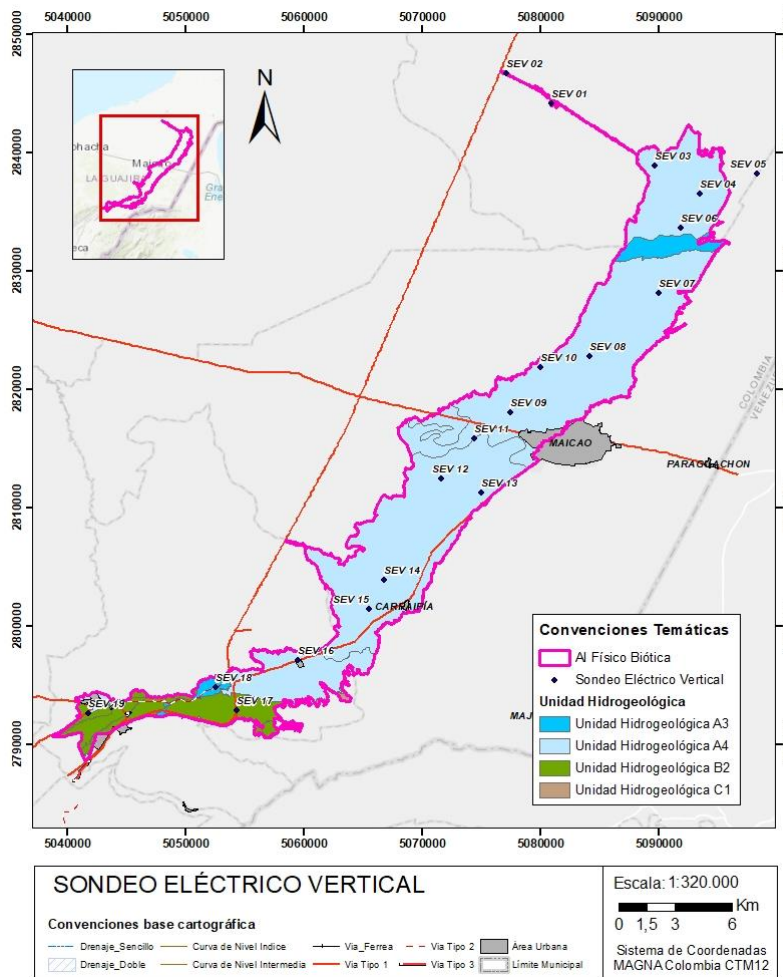


Figura 5-3 Localización de los SEV realizados para la caracterización geométrica de los depósitos no consolidados aflorantes en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

En la ruta 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología se encuentran las interpretaciones litológicas y modelos matemáticos de la totalidad de los sondeos eléctricos verticales desarrollados. Los siguientes numerales presentan la descripción litológica y columnas geoelectricas de la totalidad de los sondeos.

- **SEV1**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,86 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 20,2 Ohm-metro. Le siguen arcillas que llegan a una profundidad de 2,71 metros y tienen valores de resistividad de 4,75 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 28,6 metros de profundidad y está compuesta por arcillas limosas arenosas, con una resistividad aparente de 12,4 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas Limosas que llegan a una profundidad de 62,8 metros y tiene una resistividad aparente de 5,95 Ohm-metro. Por último, se encuentran Limos Arenosos, con resistividad aparente de 13,1 Ohm-metro.

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

- **SEV 2**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,74 metros está compuesta por Regolito de Carretera Seco, con valores de resistividad aparente de 12,2 Ohm-metro. Le siguen Arcillas que llegan a una profundidad de 2,47 metros y tienen valores de resistividad de 4,38 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 26,8 metros de profundidad y está compuesta por Arcillas Limosas, con una resistividad aparente de 10,7 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas que llegan a una profundidad de 62,8 metros y tiene una resistividad aparente de 100 Ohm-metro. Por último, se encuentra Limo Arenoso, con resistividad aparente de 2,64 Ohm-metro.

- **SEV 3**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 2,44 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 1,46 Ohm-metro. Le siguen arenas intercaladas con arcillas que llegan a una profundidad de 4,94 metros y tienen valores de resistividad de 28,1 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 24,4 metros de profundidad y está compuesta por arcillas secas, con una resistividad aparente de 3,1 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de arcillas saturadas que llegan a una profundidad de 58,7 metros y tiene una resistividad aparente de 1,34 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas Limosas Arenosas, con resistividad aparente de 9,36 Ohm-metro.

- **SEV 4**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cuatro (4) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,71 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 43,8 Ohm-metro. Le siguen arcillas que llegan a una profundidad de 14 metros y tienen valores de resistividad de 2,78 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 51,5 metros de profundidad y está compuesta por arcillas Limosas Arenosas, con una resistividad aparente de 7,81 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas, con resistividad aparente de 101 Ohm-metro.

- **SEV 5**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,04 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 80,3 Ohm-metro. Le siguen Arcillas que llegan a una profundidad de 8,9 metros y tienen valores de resistividad de 19,9 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 19,5 metros de profundidad y está compuesta por limos arenosos, con una resistividad aparente de 6,28 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de arcillas saturadas que llegan a una profundidad de 52,8 metros y tiene una resistividad aparente de 10,4 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas intercaladas con arcillas, con resistividad aparente de 2,64 Ohm-metro.

- **SEV 6**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,09 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 26,4 Ohm-metro. Le siguen Arcillas secas que llegan a una profundidad de 19,2 metros y tienen valores de resistividad de 7,37 Ohm-metro. La tercera capa

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

llega hasta los 32,8 metros de profundidad y está compuesta por arcillas saturadas, con una resistividad aparente de 2,01 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de arcillas Limosas Arenosas saturadas que llegan a una profundidad de 61,5 metros y tiene una resistividad aparente de 18,7 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas, con resistividad aparente de 2,15 Ohm-metro.

- **SEV 7**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,04 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 9,11 Ohm-metro. Le siguen Arcillas Limosas secas que llegan a una profundidad de 7,66 metros y tienen valores de resistividad de 3,02 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 29,8 metros de profundidad y está compuesta por arcillas saturadas, con una resistividad aparente de 1,24 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de arcillas Limosas Arenosas saturadas que llegan a una profundidad de 60,3 metros y tiene una resistividad aparente de 7,27 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas, con resistividad aparente de 2,71 Ohm-metro.

- **SEV 8**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,11 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 72,6 Ohm-metro. Le siguen Arcillas Limosas Arenosas secas que llegan a una profundidad de 2,71 metros y tienen valores de resistividad de 12,4 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 13,6 metros de profundidad y está compuesta por Arenas Intercaladas con Arcillas secas, con una resistividad aparente de 26,4 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas saturadas que llegan a una profundidad de 57,9 metros y tiene una resistividad aparente de 2,86 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas Limosas Arenosas, con resistividad aparente de 6,28 Ohm-metro.

- **SEV 9**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,24 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 48,7 Ohm-metro. Le siguen Arcillas secas que llegan a una profundidad de 2,94 metros y tienen valores de resistividad de 3,31 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 15,3 metros de profundidad y está compuesta por Arcilla Limosas secas, con una resistividad aparente de 12,7 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas Limosas saturadas que llegan a una profundidad de 68 metros y tiene una resistividad aparente de 8,19 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas, con resistividad aparente de 7,07 Ohm-metro.

- **SEV 10**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,26 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 71,8 Ohm-metro. Le siguen Arcillas secas que llegan a una profundidad de 2,4 metros y tienen valores de resistividad de 2,41 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 30,8 metros de profundidad y está compuesta por Limos Arenosos secos, con una resistividad aparente de 8,38 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas saturadas que llegan a una profundidad de 60,3 metros y tiene una resistividad aparente de 3,82 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas limosas, con resistividad aparente de 4,07 Ohm-metro.

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

- **SEV11**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,95 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 3,94 Ohm-metro. Le siguen Arcillas secas que llegan a una profundidad de 1,66 metros y tienen valores de resistividad de 1,08 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 27,9 metros de profundidad y está compuesta por Limos Arenosos secos, con una resistividad aparente de 9,87 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Limos Arenosos saturadas que llegan a una profundidad de 54,2 metros y tiene una resistividad aparente de 6,89 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arenas Intercaladas con Arcillas, con resistividad aparente de 134 Ohm-metro.

- **SEV12**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,82 metros está compuesta por regolito de carretera arenoso seco, con valores de resistividad aparente de 136 Ohm-metro. Le siguen Arenas intercaladas con arcillas que llegan a una profundidad de 2,94 metros y tienen valores de resistividad de 41,5 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 23,8 metros de profundidad y está compuesta por arenas, con una resistividad aparente de 290 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de arenas saturadas a una profundidad de 59,5 metros y tiene una resistividad aparente de 141 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arenas Intercaladas con Arcillas, con resistividad aparente de 93,6 Ohm-metro.

- **SEV13**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,11 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 11,1 Ohm-metro. Le siguen Arcillas que llegan a una profundidad de 2,71 metros y tienen valores de resistividad de 2,47 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 11 metros de profundidad y está compuesta por Arenas, con una resistividad aparente de 271 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas Limosas Arenosas, que llegan a una profundidad de 52,1 metros y tiene una resistividad aparente de 15,3 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arenas saturadas, con resistividad aparente de 294 Ohm-metro.

- **SEV14**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cuatro (4) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,6 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 85,2 Ohm-metro. Le siguen Arcillas secas que llegan a una profundidad de 20,8 metros y tienen valores de resistividad de 5,79 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 56,4 metros de profundidad y está compuesta por Arcillas Saturadas, con una resistividad aparente de 3,45 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas Limosas con resistividad aparente de 7,46 Ohm-metro.

- **SEV15**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250m, interpretándose cinco (5) capas geoelectricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,63 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 23,1 Ohm-metro. Le siguen Arcillas que llegan a una profundidad de 1,34 metros y tienen valores de resistividad de 3,73 Ohm-metro. La tercera capa

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

llega hasta los 5,01 metros de profundidad y está compuesta por Arcillas Limosas Arenosas, con una resistividad aparente de 16,1 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillas, que llegan a una profundidad de 26,4 metros y tiene una resistividad aparente de 9,61 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillas Limosas Arenosas saturadas, con resistividad aparente de 15,9 Ohm-metro.

- **SEV16**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoeléctricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 0,63 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 23,1 Ohm-metro. Le siguen Arcillolitas que llegan a una profundidad de 1,34 metros y tienen valores de resistividad de 3,73 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 5,01 metros de profundidad y está compuesta por Arcillolitas Arenosas, con una resistividad aparente de 16,1 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arcillolitas, que llegan a una profundidad de 26,4 metros y tiene una resistividad aparente de 9,61 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillolitas saturadas, con resistividad aparente de 15,9 Ohm-metro.

- **SEV17**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cuatro (4) capas geoeléctricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 2,13 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 33,9 Ohm-metro. Le siguen Arcillolitas de la formación Monguí que llegan a una profundidad de 34,6 metros y tienen valores de resistividad de 3,53 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 74,3 metros de profundidad y está compuesta por Arcillolitas Arenosas, con una resistividad aparente de 20,8 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arenitas Conglomeráticas con resistividad aparente de 385 Ohm-metro.

- **SEV18**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cinco (5) capas geoeléctricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 2,76 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 23,6 Ohm-metro. Le siguen Arenas Intercaladas con Arcillas que llegan a una profundidad de 4,96 metros y tienen valores de resistividad de 108 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 7,61 metros de profundidad y está compuesta por Arcillas, con una resistividad aparente de 2,76 Ohm-metro, la cuarta capa se compone de Arenas Intercaladas con Arcillas que llegan a una profundidad de 24,6 metros y tiene una resistividad aparente de 87,3 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arcillolitas Arenosas, con resistividad aparente de 5,68 Ohm-metro.

- **SEV19**

Este sondeo se realizó con una apertura AB/2 de 250 m, interpretándose cuatro (4) capas geoeléctricas, mediante la relación entre la litología de la zona y las diferentes resistividades encontradas. La primera capa de 1,49 metros está compuesta por regolito de carretera seco, con valores de resistividad aparente de 124 Ohm-metro. Le siguen Arenitas Conglomeráticas de la formación Molino que llegan a una profundidad de 5,35 metros y tienen valores de resistividad de 438 Ohm-metro. La tercera capa llega hasta los 37,8 metros de profundidad y está compuesta por Arenitas Conglomeráticas, con una resistividad aparente de 96,1 Ohm-metro. Por último, se encuentran Arenitas, con resistividad aparente de 79,8 Ohm-metro.

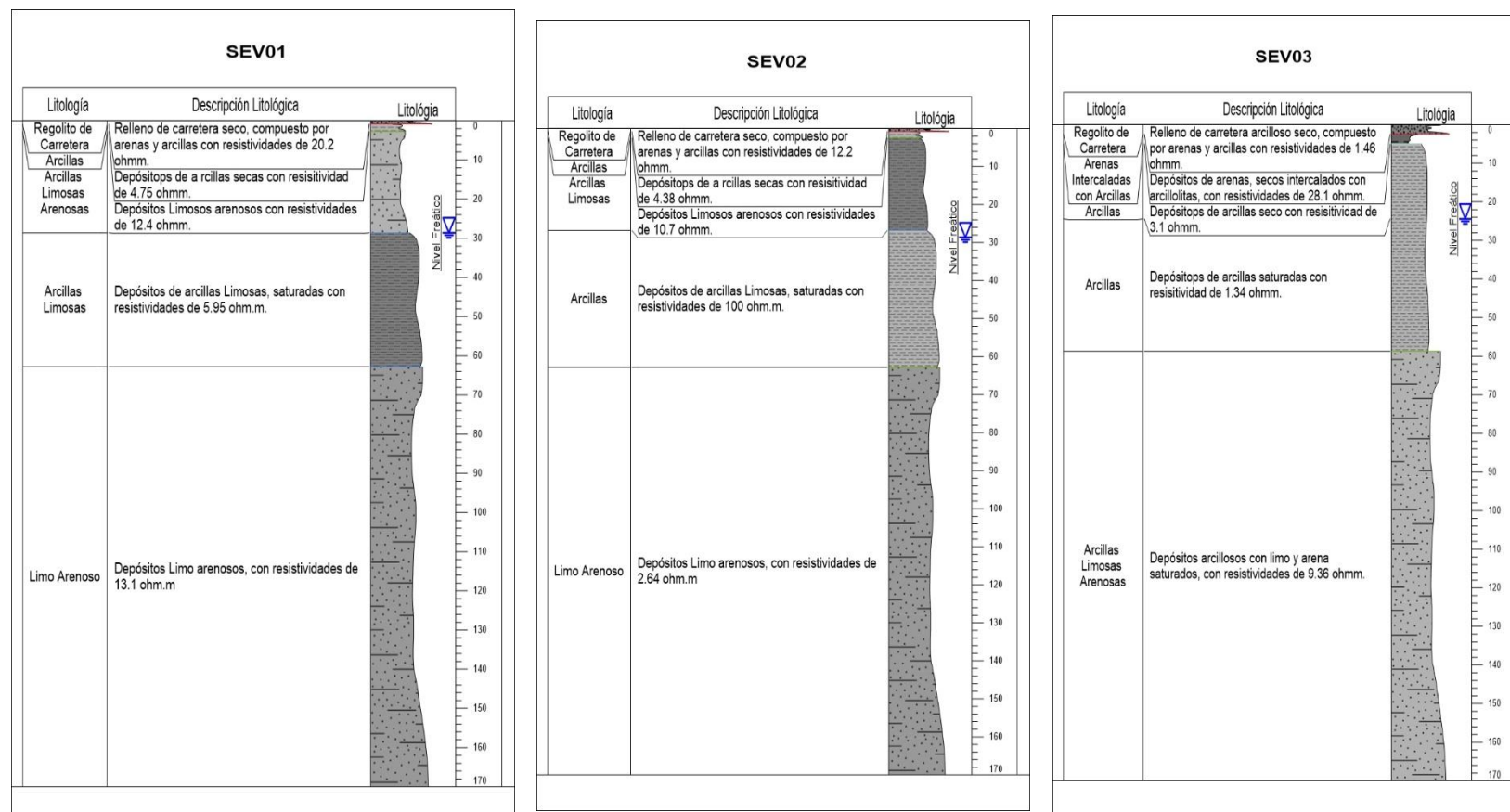


Figura 5-4 Columnas geoelectricas de los SEV 01, 02 y 03

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

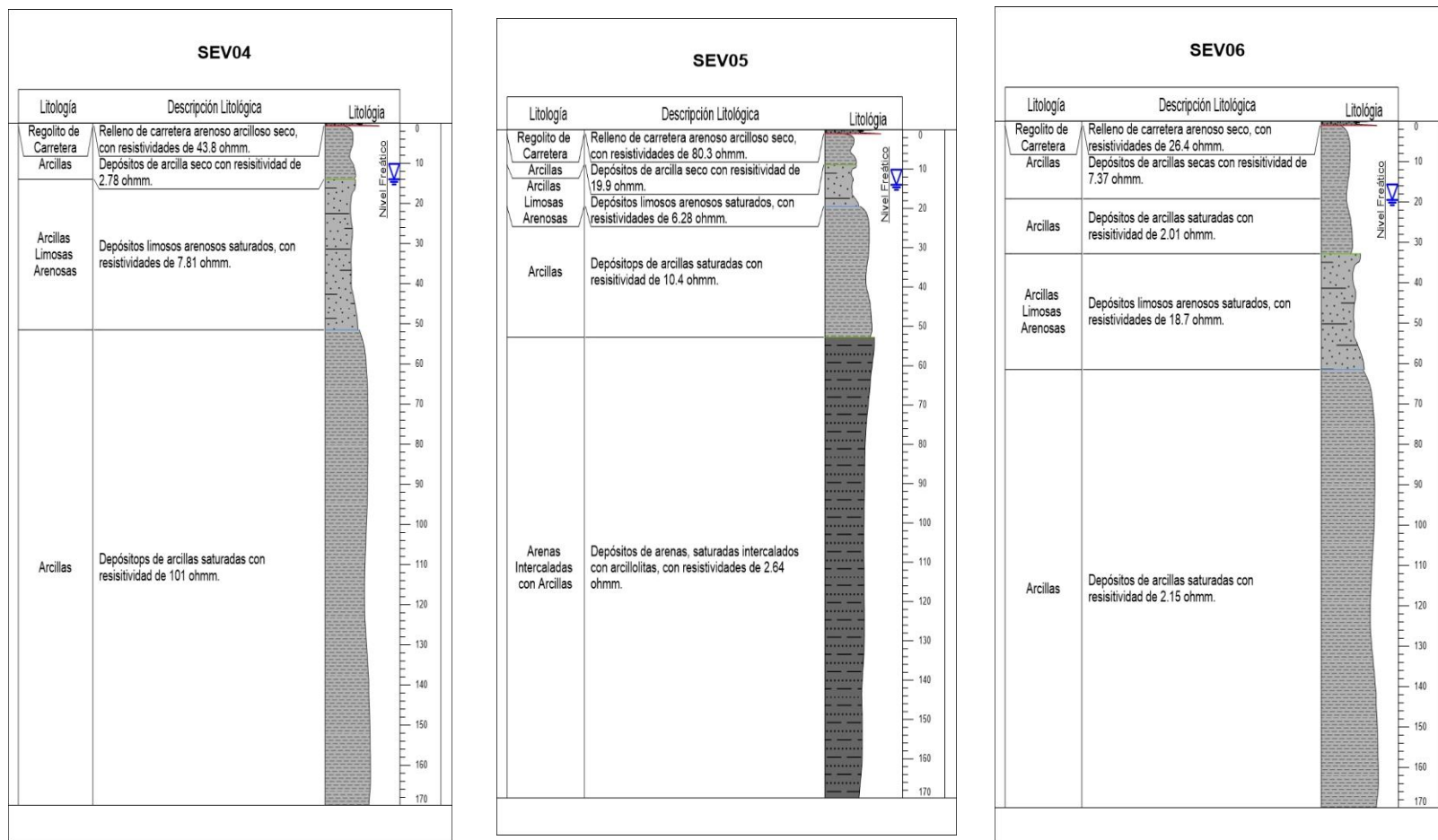


Figura 5-5 Columnas geoelectricas de los SEV 04, 05 y 06

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

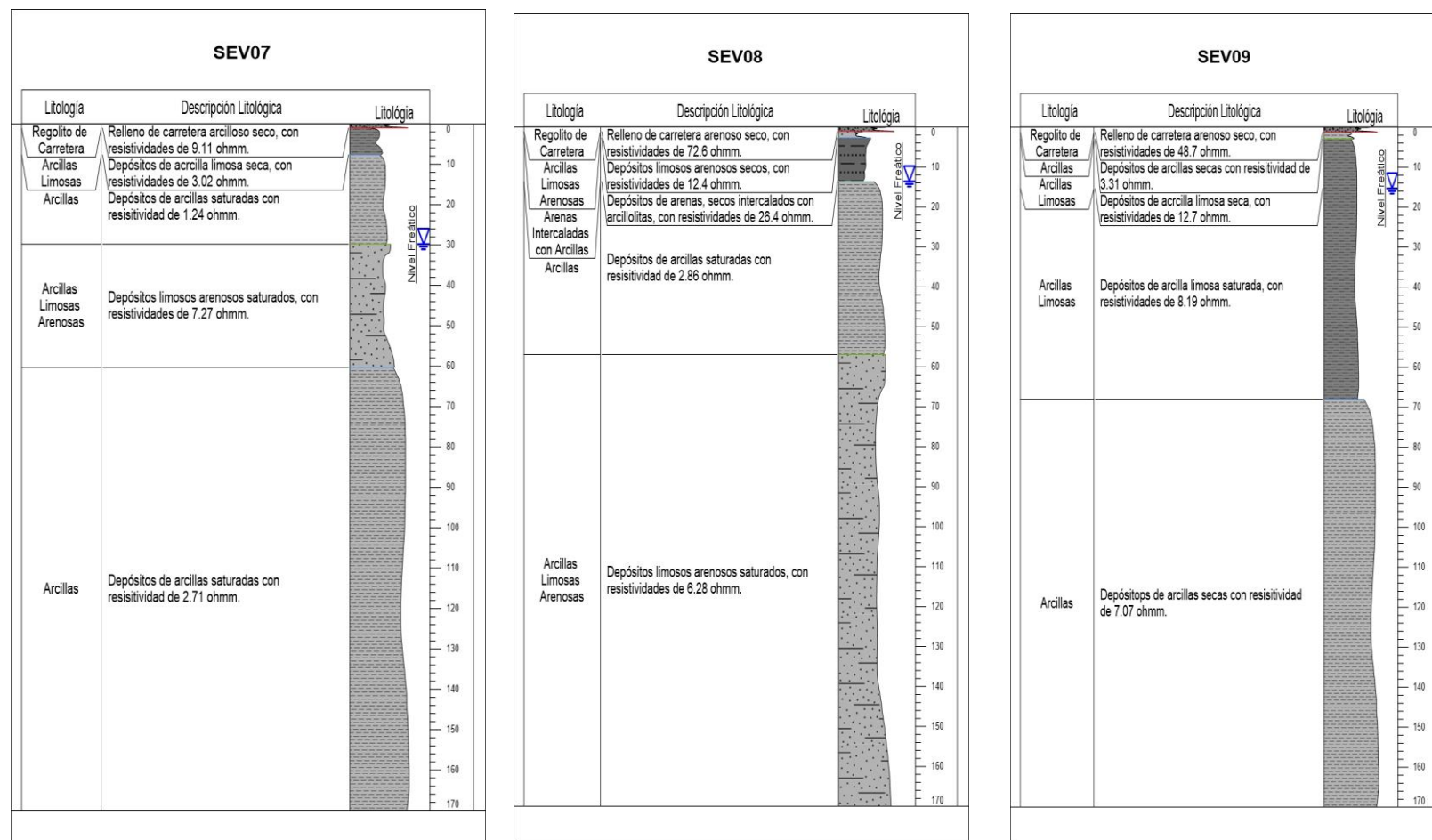


Figura 5-6 Columnas geoelectricas de los SEV 07, 08 y 09

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

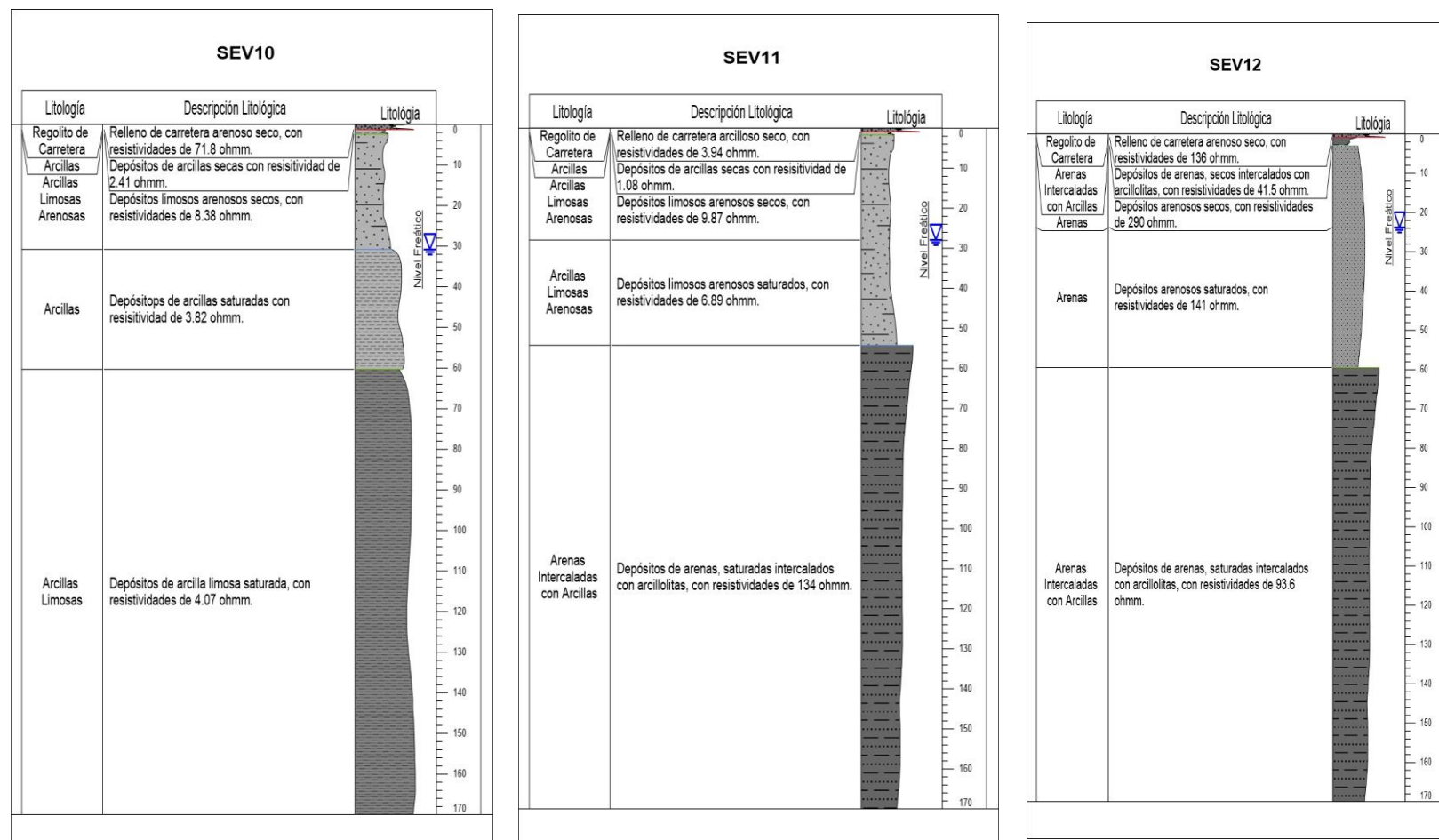


Figura 5-7 Columnas geoelectricas de los SEV 10, 11 y 12

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

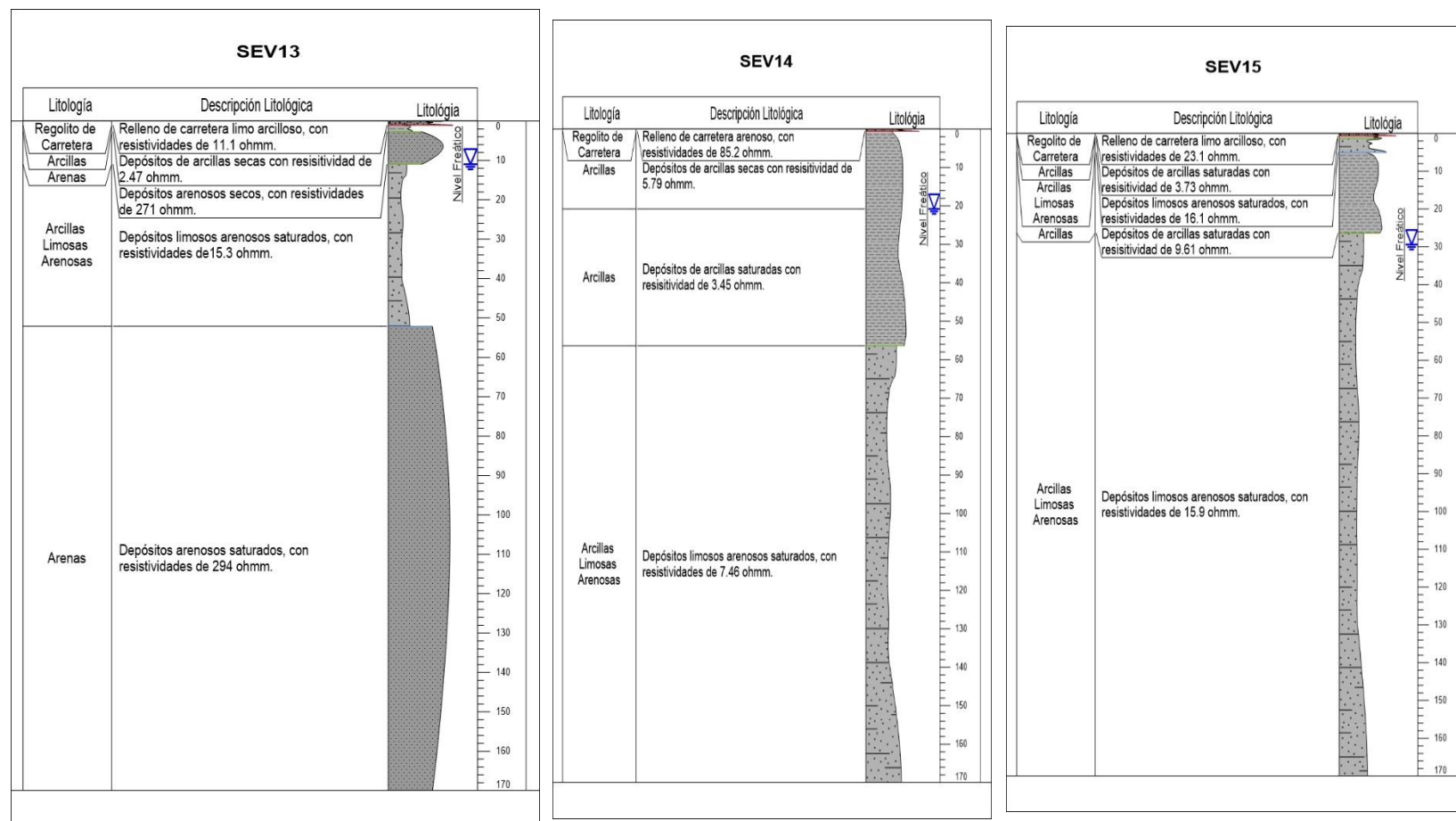


Figura 5-8 Columnas geoelectricas de los SEV 13, 14 y 15

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

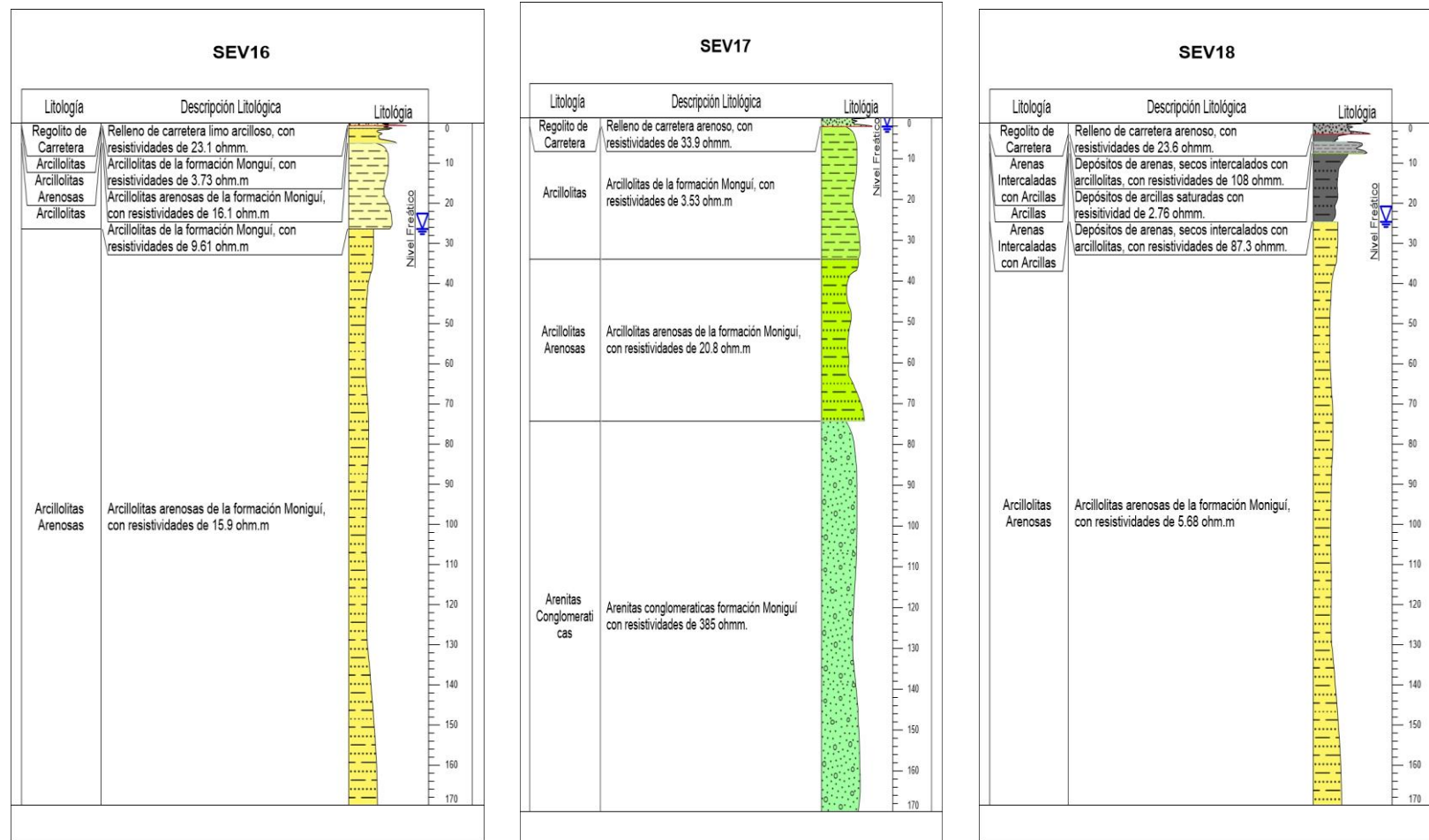


Figura 5-9 Columnas geoelectricas de los SEV 16, 17 y 18

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

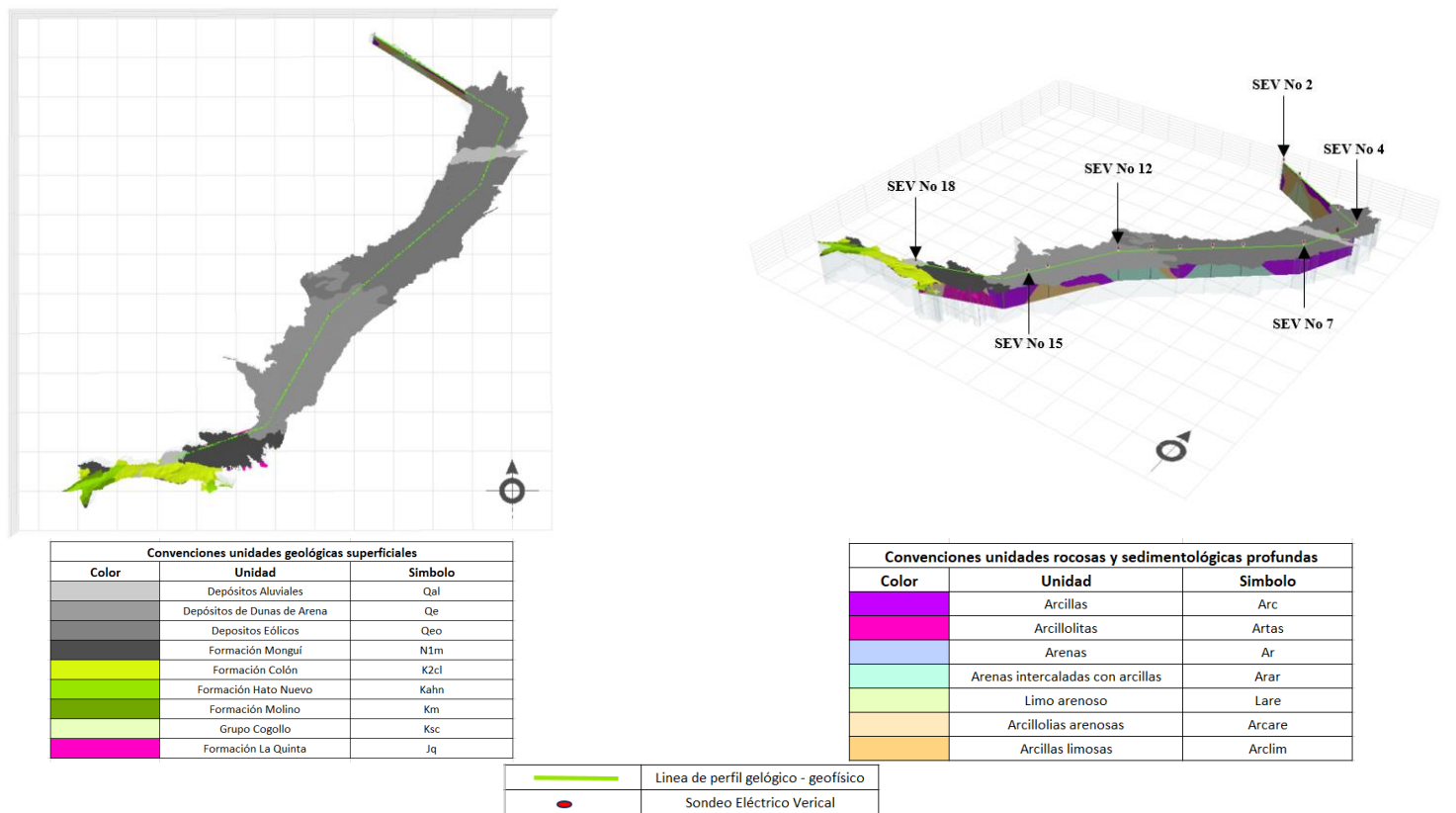


Figura 5-10 Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (1)

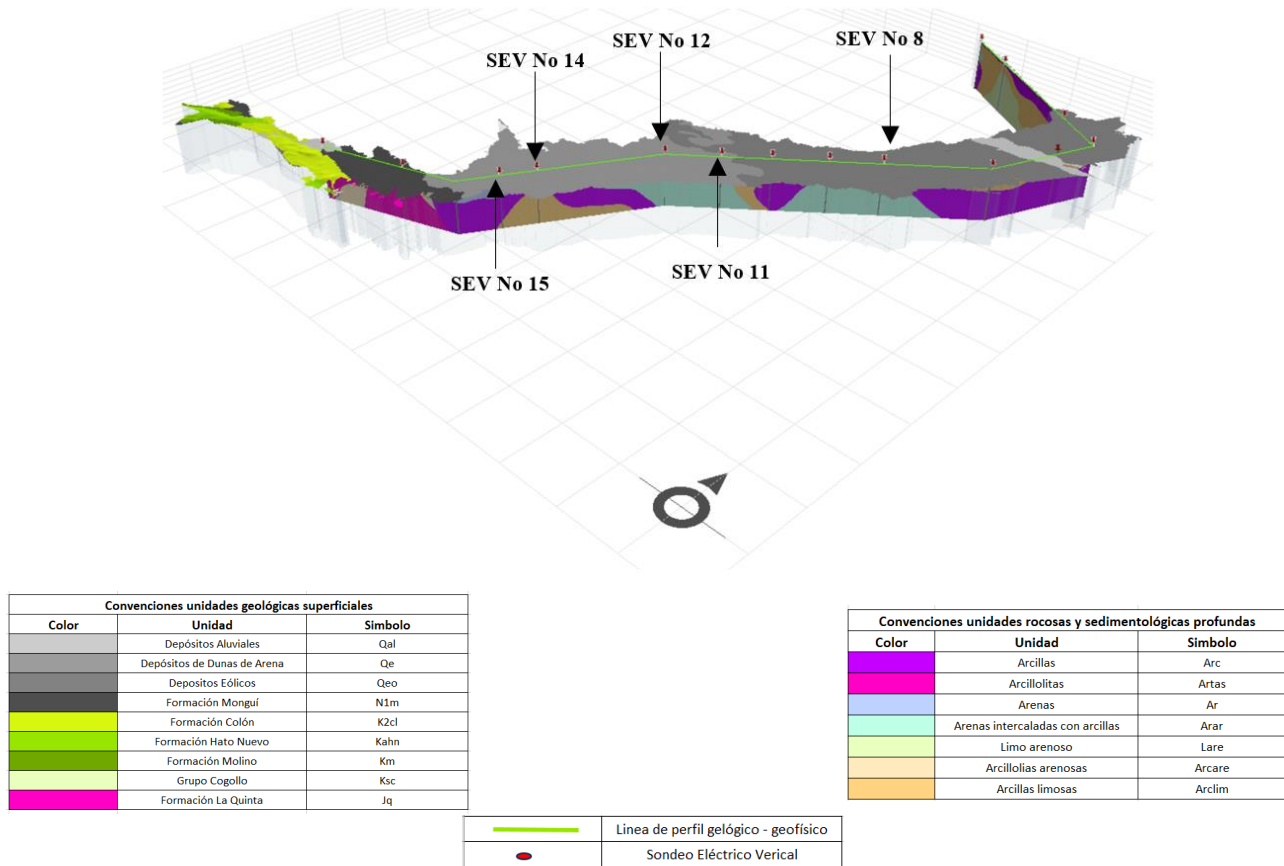


Figura 5-11 Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (2)

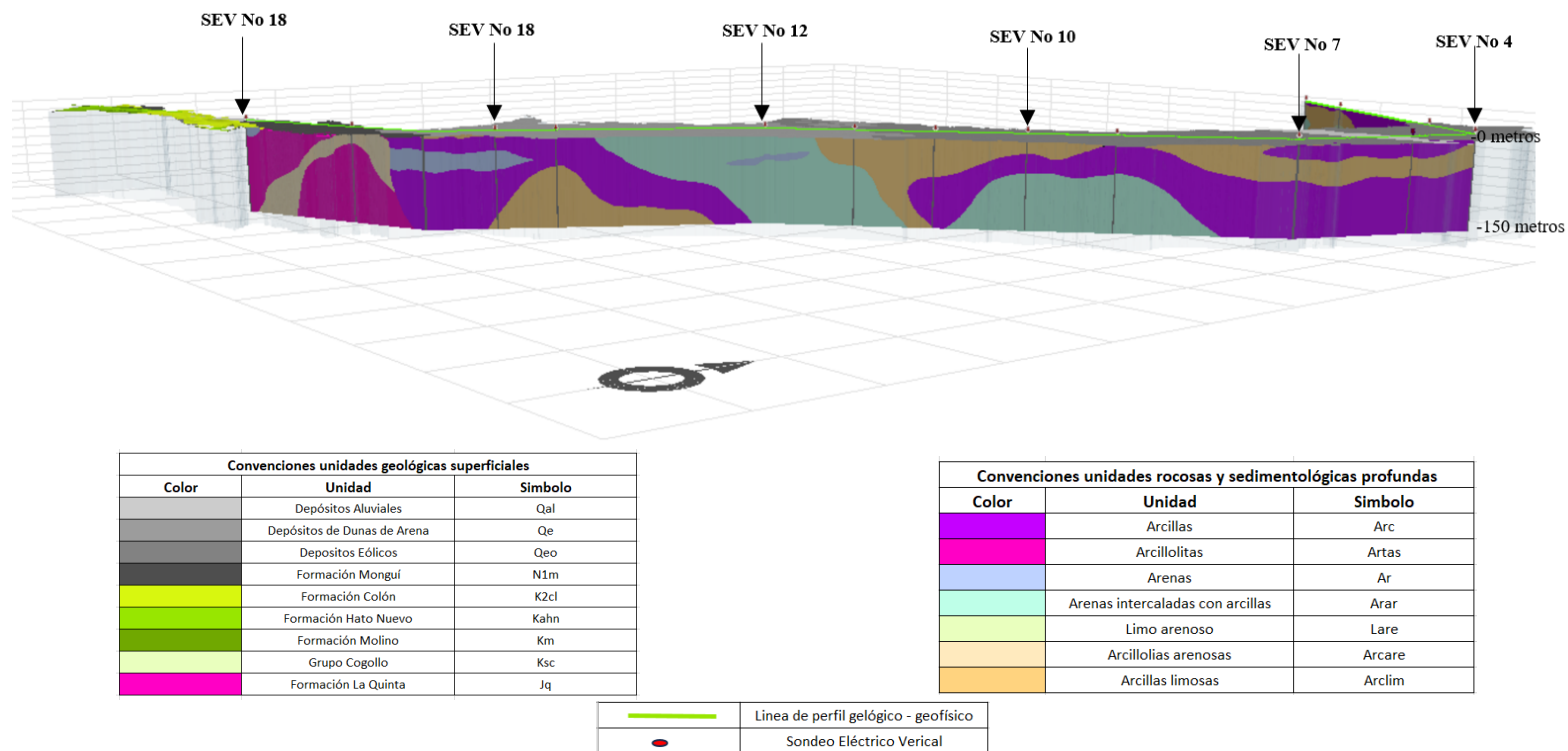
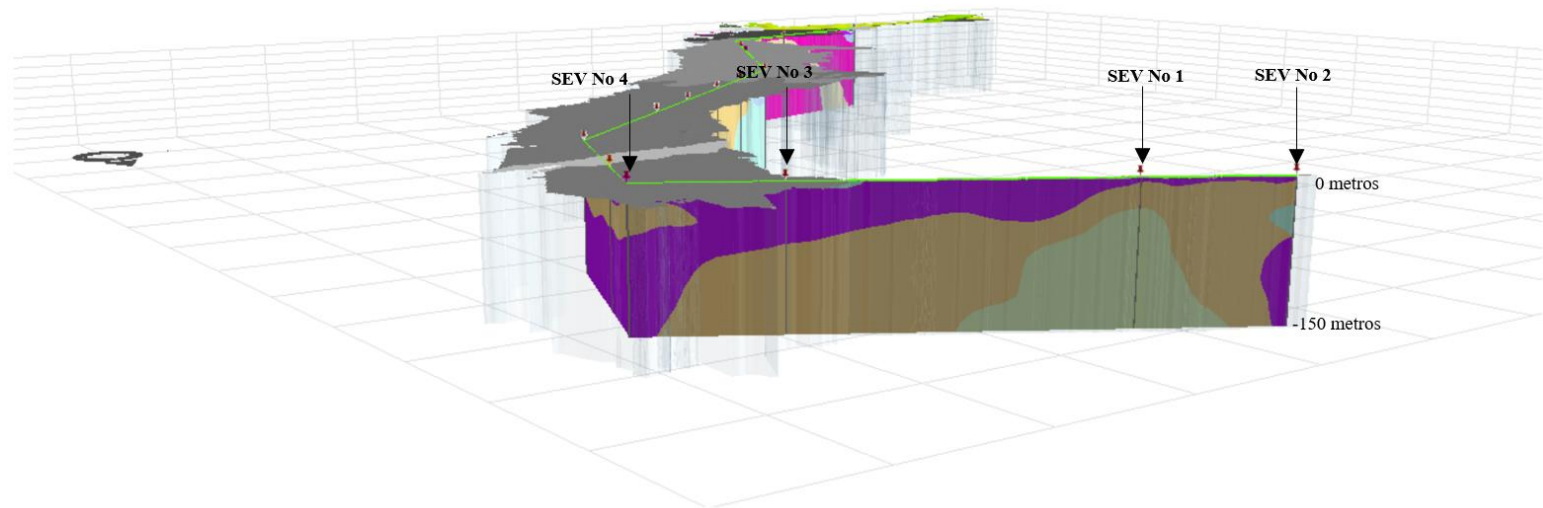


Figura 5-12 Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (3)



Convenciones unidades geológicas superficiales		
Color	Unidad	Símbolo
	Depósitos Aluviales	Qal
	Depósitos de Dunas de Arena	Qe
	Depositos Eólicos	Qeo
	Formación Monguí	N1m
	Formación Colón	K2cl
	Formación Hato Nuevo	Kahn
	Formación Molino	Km
	Grupo Cogollo	Ksc
	Formación La Quinta	Jq

Convenciones unidades rocosas y sedimentológicas profundas		
Color	Unidad	Símbolo
	Arcillas	Arc
	Arcillolitas	Artas
	Arenas	Ar
	Arenas intercaladas con arcillas	Arar
	Limo arenoso	Lare
	Arcillolias arenosas	Arcare
	Arcillas limosas	Arclim

	Línea de perfil geológico - geofísico
	Sondeo Eléctrico Vertical

Figura 5-13 Modelo geológico – geofísico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (4)

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

5.1.9.1.3 Inventario de puntos de agua subterránea

El inventario de puntos de agua subterránea del del proyecto, ha sido construido a partir de información secundaria y del trabajo de campo realizado en el mes de septiembre del 2023 y octubre 2024 (En atención al requerimiento 10 de información adicional). El inventario tuvo el objeto de recolectar, ordenar, almacenar y analizar la información básica de las captaciones de agua subterránea que servirán como insumo en la construcción del modelo hidrogeológico conceptual. La información fue capturada siguiendo los lineamientos del Formulario Único Nacional de Inventarios de Aguas Subterráneas (FUNIAS). Los siguientes numerales presentan el marco conceptual, los resultados y las conclusiones obtenidas del inventario de puntos de agua subterránea.

5.1.9.1.3.1 Marco conceptual

Los pozos de agua subterránea y los aljibes fueron entendidos conceptualmente bajo los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA como:

- **Pozo:** Excavación o perforación en el terreno realizada mecánicamente que alcanza las aguas subterráneas.
- **Aljibe o pozo artesano:** son pozos excavados manualmente, con diámetro grande aproximadamente superior a 0,80 metros y poca profundidad, generalmente menor a 50 metros.
- **Manantiales:** Punto de descarga natural de un acuífero.

5.1.9.1.3.2 Resultados

Los siguientes numerales presentan las principales características de los 147 puntos de agua subterránea inventariados en septiembre del año 2023 y octubre 2024. Fue utilizada como nomenclatura de identificación de los diferentes puntos de agua subterránea las siglas: para pozos PZ-, MN para manantiales y AL- para Aljibes seguidas de un número consecutivo. Los FUNIAS pueden ser consultados en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología.

○ Pozos

Dentro del área de influencia del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” fueron inventariados 105 pozos de agua subterránea, de los cuales 81 están en uso, 10 se encuentran abandonados, 11 son inactivos, 2 se encuentran en reserva y 1 sellado. Dichos pozos están localizados predominantemente sobre la unidad hidrogeológica A4. Los niveles estáticos fueron encontrados a profundidades que varían entre 0,1 y 48,15 metros y se identificó que el agua subterránea es aprovechada a través de bombas sumergibles en 72 pozos, con bomba de superficie 3, 18 con molino y 3 con bomba manual, y 9 no cuentan con bomba debido a la condición de los puntos (inactivos o abandonados).

Respecto a los usos dados por la comunidad al agua subterránea extraída de los pozos inventariados en la zona, se encuentra que el 31,43 % de los pozos son utilizados para el consumo humano colectivo o comunitario, el 49,52 % se usan para satisfacer necesidades domésticas individuales, el 1,90 % de los pozos son utilizados para fines industriales o manufactureros y el 17,14 % restante no registra un uso como tal, ya sea por falta de información en la toma de los datos o por el estado de los pozos como tal (abandonados, inactivos, entre otros).

En la Fotografía 5-1 y Fotografía 5-2 se presentan el registro fotográfico de dos (2) pozos inventariados en el área de influencia del proyecto.



Fotografía 5-1 Pozo con ID PZ_086



Fotografía 5-2 Pozo con ID PZ_070

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

A continuación, en la **Tabla 5-4** se presentan las principales características de los pozos de agua subterránea inventariados en el área de influencia del proyecto:

Con la finalidad de aumentar el conocimiento hidrogeológico del área del proyecto, en el mes de octubre del 2024, fue realizada una verificación de doce pozos de agua subterránea (ya incluidos en los análisis anteriores), cuyos formatos FUNIAS son presentados en el 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología. La numeración de los doce nuevos puntos hidrogeológicos va de la del PZ_094 al PZ_105.

Tabla 5-4 Principales características de los pozos de agua subterránea inventariados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	CONDICIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		COTA (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD CAPTACIÓN (m)	PROFUNDIDAD AD NE (m)
			Este	Norte			
PZ_001	Pozo	En uso	5077681	2847488	46	80	2,62
PZ_002	Pozo	Inactivo	5077125	2843984	38	142,00	7
PZ_003	Pozo	Abandonado	5089790	2828673	23	27	7
PZ_004	Pozo	En uso	5080859	2844347	36	45,00	7,00
PZ_005	Pozo	En uso	5083521	2840478	33	160,00	26,32
PZ_006	Pozo	En uso	5079504	2845851	34	100	18,32
PZ_007	Pozo	En uso	5080962	2846585	30	60	18,25
PZ_008	Pozo	Inactivo	5080430	2846514	31	150	18
PZ_009	Pozo	En uso	5076993	2818444	51	120	11,41
PZ_010	Pozo	Abandonado	5079264	2816244	53	65	16,22
PZ_011	Pozo	Abandonado	5079444	2816138	55	100	12,32
PZ_012	Pozo	En uso	5078376	2816216	51	86	18
PZ_013	Pozo	Inactivo	5080004	2821901	42	100	19,505
PZ_014	Pozo	Abandonado	5080152	2821942	40	100	19,04
PZ_015	Pozo	En uso	5080509	2820658	43	140	26
PZ_016	Pozo	Inactivo	5076586	2817103	52	220	20
PZ_017	Pozo	En uso	5076395	2817283	54	42	19,35
PZ_018	Pozo	En uso	5076410	2817466	53	150	20,00
PZ_019	Pozo	En uso	5077184	2815923	58	40	8
PZ_020	Pozo	En uso	5072207	2815538	58	71	35,82
PZ_021	Pozo	En uso	5077670	2816604	54	67	25,47
PZ_022	Pozo	En uso	5074720	2811204	68	120	15
PZ_023	Pozo	En uso	5068894	2810927	79	180	40,00
PZ_024	Pozo	En uso	5061462	2797717	123	70	48,15
PZ_025	Pozo	En uso	5060417	2795804	125	120	40
PZ_026	Pozo	En uso	5060454	2795486	130	120	44,32
PZ_027	Pozo	En uso	5054409	2792124	129	70	45,00

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	CONDICIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		COTA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD CAPTACIÓN (m)	PROFUNDID AD NE (m)
			Este	Norte			
PZ_028	Pozo	En uso	5047970	2793493	92	130	40
PZ_029	Pozo	En uso	5048365	2793365	87	20,00	40
PZ_030	Pozo	Abandonado	5053749	2794804	95	65	34,92
PZ_031	Pozo	Reserva	5053985	2794360	96	120,00	33,18
PZ_032	Pozo	Abandonado	5056378	2795654	108	30	S.l.
PZ_033	Pozo	En uso	5041711	2792523	136	110	27,12
PZ_034	Pozo	Inactivo	5056083	2795619	108	42	27,12
PZ_035	Pozo	Inactivo	5056404	2795086	113	42,00	30
PZ_036	Pozo	En uso	5051819	2794458	80	187	30
PZ_037	Pozo	Reserva	5051810	2794469	80	150	25
PZ_038	Pozo	Abandonado	5054176	2793182	108	105	12
PZ_039	Pozo	En uso	5053447	2795408	82	75	25
PZ_040	Pozo	Abandonado	5057448	2796550	98	60,00	25
PZ_041	Pozo	En uso	5057403	2797548	95	100	18
PZ_042	Pozo	En uso	5057467	2796231	104	118	18
PZ_043	Pozo	En uso	5057753	2795816	106	20	18
PZ_044	Pozo	En uso	5060064	2795926	122	60	30
PZ_045	Pozo	En uso	5060986	2795297	131	120	30
PZ_046	Pozo	En uso	5060974	2795087	136	60	25
PZ_047	Pozo	En uso	5060951	2794987	136	100	2,62
PZ_048	Pozo	En uso	5061395	2793672	173	100	7
PZ_049	Pozo	En uso	5061561	2793705	168	120	7
PZ_050	Pozo	En uso	5061305	2794263	155	120	7,00
PZ_051	Pozo	En uso	5061363	2794538	148	120,0	26,32
PZ_052	Pozo	En uso	5060223	2796094	118	50	18,32
PZ_053	Pozo	En uso	5059964	2796308	116	80	18,25
PZ_054	Pozo	En uso	5059874	2796574	113	155	18
PZ_055	Pozo	En uso	5059352	2796429	109	120	11,41
PZ_056	Pozo	En uso	5059402	2797021	107	60	16,22
PZ_057	Pozo	Abandonado	5059382	2797057	107	30	12,32
PZ_058	Pozo	En uso	5058981	2796725	103	80	18
PZ_059	Pozo	En uso	5059756	2797322	108	120	19,51
PZ_060	Pozo	En uso	5059238	2797527	105	120	19,04
PZ_061	Pozo	Inactivo	5059371	2797861	105	30	26
PZ_062	Pozo	En uso	5059329	2798128	112	120	20
PZ_063	Pozo	En uso	5059042	2798241	105	120	19,35
PZ_064	Pozo	En uso	5059230	2798472	113	120,00	20,00
PZ_065	Pozo	En uso	5059076	2799186	118	120,00	8
PZ_066	Pozo	En uso	5054377	2794799	98	30	35,82
PZ_067	Pozo	En uso	5054772	2795664	86	95	25,47
PZ_068	Pozo	En uso	5055467	2795913	91	160	15
PZ_069	Pozo	En uso	5054226	2795446	91	92	40,00
PZ_070	Pozo	En uso	5060474	2802521	115	120,00	48,15
PZ_071	Pozo	En uso	5059905	2802954	113	120,00	40
PZ_072	Pozo	En uso	5059907	2802085	114	120	44,32
PZ_073	Pozo	Inactivo	5059891	2801650	112	60,00	45,00
PZ_074	Pozo	En uso	5059775	2801499	110	120	40
PZ_075	Pozo	En uso	5059930	2801333	111	120	40
PZ_076	Pozo	En uso	5059611	2800560	117	120	34,92
PZ_077	Pozo	En uso	5056542	2796189	110	80	33,18
PZ_078	Pozo	Inactivo	5063197	2798465	124	135	S.l.
PZ_079	Pozo	En uso	5059577	2800220	121	120	27,12
PZ_080	Pozo	En uso	5059794	2800023	121	120	27,12
PZ_081	Pozo	En uso	5059702	2799868	122	60	30
PZ_082	Pozo	En uso	5059745	2799450	121	100	30
PZ_083	Pozo	En uso	5059759	2798867	120	120	25

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	CONDICIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		COTA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD CAPTACIÓN (m)	PROFUNDID AD NE (m)
			Este	Norte			
PZ_084	Pozo	En uso	5059320	2795442	118	110	12
PZ_085	Pozo	En uso	5058539	2796224	109	100	25
PZ_086	Pozo	En uso	5060088	2798313	110	120	25
PZ_087	Pozo	En uso	5060009	2797864	104	120	18
PZ_088	Pozo	En uso	5060486	2797594	107	120	18
PZ_089	Pozo	En uso	5061193	2797827	116	120	18
PZ_090	Pozo	En uso	5061072	2798481	115	120	30
PZ_091	Pozo	En uso	5060749	2798669	116	120	30
PZ_092	Pozo	En uso	5060914	2799931	122	120	25
PZ_093	Pozo	En uso	5074614	2809757	78	130	2,62
PZ_094	Pozo	Abandonado	5053734	2794803	94	95	28,85
PZ_095	Pozo	En uso	5051811	2794468	80	63	18,67
PZ_096	Pozo	En uso	5051561	2794447	83	80	22,14
PZ_097	Pozo	En uso	5047970	2793492	92	120	23,05
PZ_098	Pozo	En construcción	5064622	2803757	109	S.I.	S.I.
PZ_099	Pozo	En uso	5068240	2807712	102	60	20,52
PZ_100	Pozo	Inactivo	5067990	2806083	99	66	42,67
PZ_101	Pozo	En uso	5056345	2795685	107	24	S.I.
PZ_102	Pozo	Inactivo	5049360	2793597	99	120	6,36
PZ_103	Pozo	En uso	5070611	2808680	88	48	S.I.
PZ_104	Pozo	Sellado	5069899	2807921	93	S.I.	S.I.
PZ_105	Pozo	En uso	5080100	2819524	44	42	26

S.I.= sin información.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ Aljibes

Dentro del área de influencia del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, fueron registrados bajo el FUNIAS **36 aljibes** pertenecientes a la comunidad, de los cuales **24** se encuentran en uso, **6** se encuentran inactivos, **4** abandonados y **2** en reserva. La totalidad de los aljibes están localizados sobre la unidad hidrogeológica A4 y tienen una profundidad que varía entre 3,15 y 35,2 metros y, se identificó que para la extracción del recurso en **24** se implementan métodos manuales como el baldeo, 2 cuentan con bomba de superficie, 1 con bomba sumergible y en **9** no fue posible registrar esta información.

Respecto al uso principal dado por la comunidad al agua subterránea aprovechada del acuífero a través de los aljibes inventariados en la zona, se encuentra que el **13,89 %** se usan para satisfacer necesidades domésticas individuales, el **58,33 %** la utilizan para el consumo humano, colectivo o comunitario urbano o rural y el **27,78 %** no cuenta con información. No obstante, **30,56%** de los aljibes inventariados presentan como uso secundario las actividades agropecuarias. En la **Fotografía 5-3** y **Fotografía 5-4** se presentan dos aljibes registrados en el área de influencia del proyecto.



Fotografía 5-3 Aljibe con ID AL_023



Fotografía 5-4 Aljibe con ID AL_013

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

A continuación, en la **Tabla 5-5** se presentan las principales características de los aljibes de agua subterránea inventariados en el área de influencia del proyecto. **Con la finalidad de aumentar el conocimiento hidrogeológico del área del proyecto, en el mes de octubre del 2024, fue realizada una verificación de siete aljibes (ya incluidos en el análisis), cuyos formatos FUNIAS son presentados en el 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología. La numeración de los doce nuevos puntos hidrogeológicos va de la del AL_030 al AL_036.**

Tabla 5-5 Principales características de los aljibes inventariados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	CONDICIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		COTA (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD CAPTACIÓN (metros)	PROFUNDIDAD NE
			Este	Norte			
AL_001	Aljibe	Inactivo	5077467	2844258	43	40	35,2
AL_002	Aljibe	En uso	5081818	2845518	31	33	31,1
AL_003	Aljibe	En uso	5078952	2847754	37	40	34,72
AL_004	Aljibe	Reserva	5092166	2842734	27	27	22,15
AL_005	Aljibe	En uso	5079930	2818178	48	23	15,92
AL_006	Aljibe	En uso	5072307	2815733	63	20	18,51
AL_007	Aljibe	En uso	5070971	2815636	62	25	18,39
AL_008	Aljibe	En uso	5072183	2815643	63	20	17,59
AL_009	Aljibe	En uso	5077467	2844258	71	25	22,41
AL_010	Aljibe	En uso	5081818	2845518	71	28	23,74
AL_011	Aljibe	En uso	5078952	2847754	67	20	17,74
AL_012	Aljibe	Inactivo	5092166	2842734	132	14	6,42
AL_013	Aljibe	Inactivo	5079930	2818178	84	14	6,22
AL_014	Aljibe	En uso	5072307	2815733	93	12	6,22
AL_015	Aljibe	En uso	5070971	2815636	85	20	9,01
AL_016	Aljibe	En uso	5072183	2815643	98	8	5,64
AL_017	Aljibe	En uso	5071621	2812530	82	15	6,77
AL_018	Aljibe	Reserva	5070782	2812451	75	26	25,28
AL_019	Aljibe	En uso	5074720	2811951	67	28	27,54
AL_020	Aljibe	En uso	5054661	2792021	83	23	9,12
AL_021	Aljibe	En uso	5048209	2793216	95	20	13,32
AL_022	Aljibe	Inactivo	5053613	2794475	133	10	8,32
AL_023	Aljibe	En uso	5053543	2795026	202	10	3,15
AL_024	Aljibe	En uso	5053846	2794359	179	15	5,25
AL_025	Aljibe	En uso	5053360	2795202	106	15	11,6
AL_026	Aljibe	Inactivo	5070699	2811882	104	15	8,52
AL_027	Aljibe	Abandonado	5070677	2812802	106	35	seco
AL_028	Aljibe	Abandonado	5051663	2794424	111	25	20

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	CONDICIÓN DEL PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		COTA (m s.n.m.)	PROFUNDIDAD CAPTACIÓN (metros)	PROFUNDIDAD NE
			Este	Norte			
AL_029	Aljibe	Abandonado	5055743	2796056	116	20	19,12
AL_030	Aljibe	Abandonado	5081204	2820192	40	21	18,47
AL_031	Aljibe	En uso	5073233	2815624	57	25	14,1
AL_032	Aljibe	En uso	5073681	2815936	55	25	12
AL_033	Aljibe	Inactivo	5072826	2816847	61	32	16,67
AL_034	Aljibe	En uso	5073075	2816822	57	18	15,78
AL_035	Aljibe	En uso	5070673	2812082	76	31	27,47
AL_036	Aljibe	En uso	5068985	2814921	66	20	18,68

S.I. = sin información.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ Manantiales

Dentro del área de influencia del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”, fueron registrados bajo el FUNIAS **seis (6) manantiales**, los cuales en su mayoría son utilizados por la comunidad para necesidades domésticas y fines pecuarios. En la **Fotografía 5-5** y **Fotografía 5-6** se presentan dos manantiales registrados en el área de influencia del proyecto.



Fotografía 5-5 Manantial con ID MA_004

Fotografía 5-6 Manantial con ID MA_002

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

A continuación, en la **Tabla 5-6** se presentan las principales características de los aljibes de agua subterránea inventariados en el área de influencia del proyecto.

Con la finalidad de aumentar el conocimiento hidrogeológico del área del proyecto, en el mes de octubre del 2024, fue realizada una verificación de un manantial, cuyo formato FUNIAS es presentados en el 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología. La numeración del nuevo manantial es MA_006

Tabla 5-6 Principales características de los manantiales inventariados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID FUNIAS	TIPO DE PUNTO	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO COLOMBIA		
		Este	Norte	Cota
MA_001	Manantial	5053337	2796395	83
MA_002	Manantial	5054199	2792570	113
MA_003	Manantial	5061713	2792193	376
MA_004	Manantial	5062114	2793140	207
MA_005	Manantial	5056550	2793310	147
MA_006	Manantial	5056543	2793320	151

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

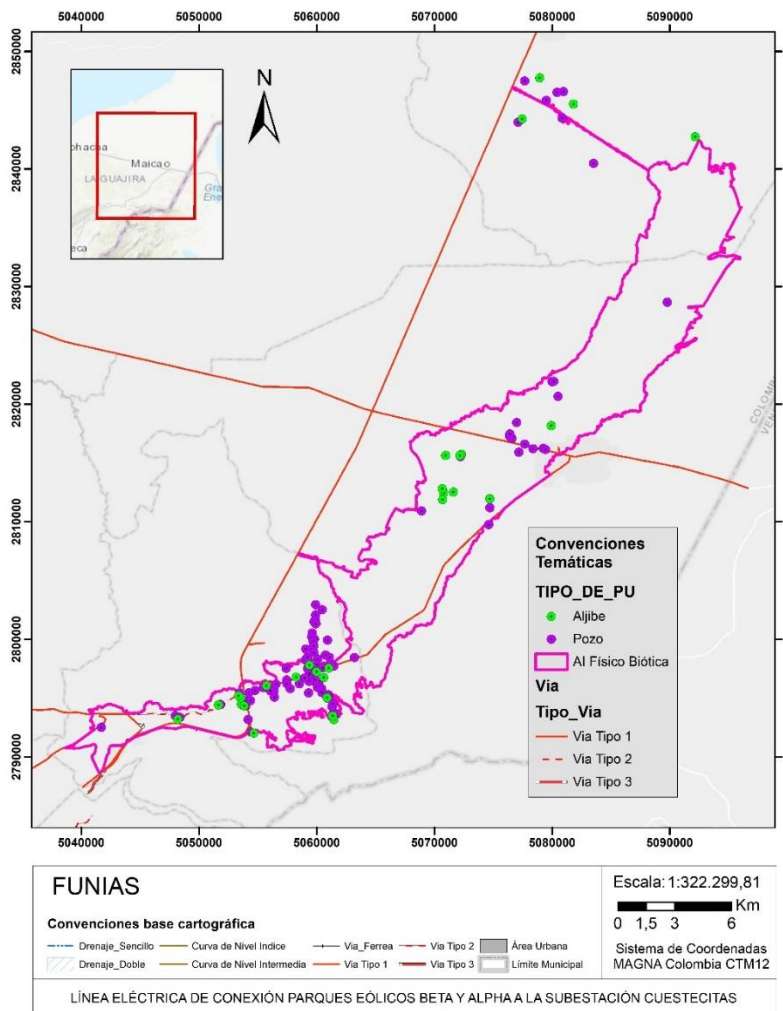


Figura 5-14 Localización de los pozos y aljibes inventariados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Determinación de direcciones de flujo en las unidades hidrogeológicas

Con la finalidad de determinar la dirección del flujo del agua subterránea en la unidad hidrogeológica A4, fue construida 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.

Las superficies de predicción piezométrica fueron construidas para sectores de las unidades hidrogeológicas A1 y A2, evitando así la construcción de una superficie que interpolara niveles piezométricos de diferentes unidades hidrogeológicas. Las superficies de generadas son las presentadas en la **Tabla 5-7**.

Tabla 5-7 Superficies de predicción piezométrica para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID	SUPERFICIE DE PREDICCIÓN PIEZOMÉTRICA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ASOCIADA
1	A4	A4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La superficie de predicción piezométrica y las direcciones de flujo son las presentadas en la **Figura 5-15**. Se puede concluir que el agua subterránea se mueve desde el sur hasta el noreste siguiendo una clara tendencia hacia la costa.

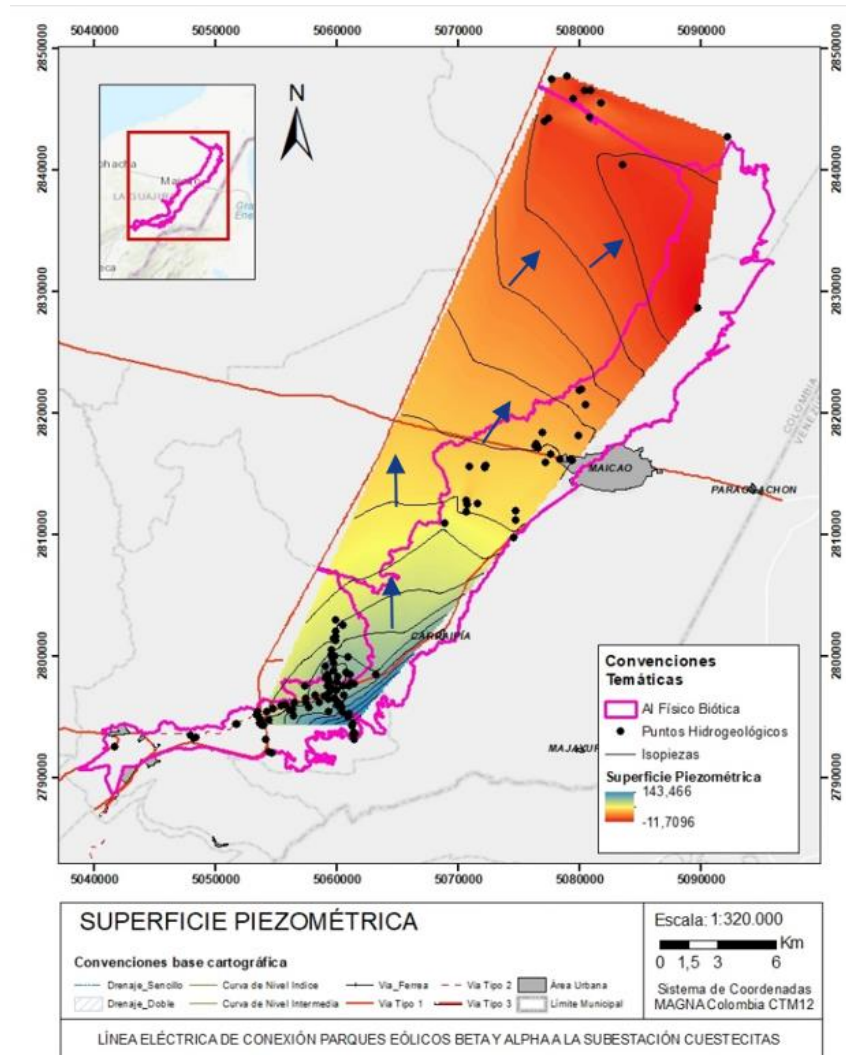


Figura 5-15 Superficie de predicción piezométrica de la unidad hidrogeológica A4 localizada en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

5.1.9.1.4 Evaluación hidráulica

En este numeral se presenta la caracterización hidráulica de la unidad hidrogeológica más superficial para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a

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

Subestación Cuestecitas", a través del cálculo de parámetros hidráulicos como transmisividad, coeficiente de almacenamiento y conductividad hidráulica. Los datos obtenidos para el cálculo de dichos parámetros hidráulicos fueron conseguidos a través del desarrollo cinco (5) pruebas de bombeo y recuperación sobre pozos de la comunidad.

Las unidades hidrogeológicas ensayadas corresponden geológicamente a A3 y A4 los cuales están constituidos por Depósitos Cuaternarios de origen aluvial y eólico. El cálculo de los parámetros hidráulicos para dicho acuífero fue realizado utilizando el método de Theis de conformidad con los lineamientos de (Sánchez San Román, 2017). Los siguientes numerales detallan el método puntualizando la aplicabilidad del mismo, suposiciones y limitaciones de las pruebas desarrolladas.

• Método de Theis

La primera expresión matemática que refleja la forma del cono de descenso en régimen variable para un acuífero confinado se debe a Theis, que en 1937 la elaboró a partir de la similitud entre el flujo del agua y el flujo del calor. La expresión es la siguiente:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} w(u) \text{ donde } u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

Q	Caudal de bombeo l/s (metros ³ /día)
T	Transmisividad, (metros ² /día)
t	Tiempo de bombeo, (día)
r	Distancia a la que se produce el descenso s , (metros)
S	Coeficiente de almacenamiento
s	Descenso (metros)

Como una simplificación a la fórmula de Theis, Jacob propuso la siguiente expresión:

$$s = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

○ Suposiciones del método de Theis

Las suposiciones de la fórmula de Theis que expresan la forma del cono de descensos producido por el bombeo de un pozo de agua subterránea son las expuestas a continuación:

- Acuífero confinado perfecto.
- Acuífero de espesor constante, isótropo y homogéneo.
- Acuífero infinito (sin límites en el ámbito alcanzado por el cono de descensos).
- Superficie piezométrica inicial horizontal.
- Caudal de bombeo constante.

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

- Sondeo vertical con diámetro infinitamente pequeño (=agua almacenada en su interior es despreciable).
- Captación completa (= atraviese el acuífero en todo su espesor).

De conformidad con la aplicabilidad del método seleccionado para la interpretación de las pruebas de bombeo, las suposiciones y limitaciones, fue utilizado el programa el Acuífer Test como herramienta computacional óptima para el procesamiento de los datos obtenidos en las pruebas. Los datos de ingreso fueron los correspondientes a los descensos del nivel del agua en los diferentes pozos cuando éstos fueron sometidos a condiciones de descarga de un caudal y cuando dicha descarga fue suspendida. Las características geométricas de las captaciones asociadas a los espesores de los filtros fueron 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 fue suplida en el Acuífer Test asumiendo que la distancia entre el piezómetro de observación y el pozo de bombeo es casi la misma.

5.1.9.1.4.1 *Marco conceptual*

Los parámetros hidráulicos calculados para las unidades hidrogeológicas sobre las cuales fueron desarrolladas las pruebas de bombeo se definen conceptualmente a continuación.

○ **Porosidad**

La porosidad de un material viene expresada por la relación entre el volumen de su parte vacía u ocupada por aire y/o agua y su volumen total.

$$n = \frac{V_v}{V_T}$$

La porosidad eficaz de un material viene dada por la relación del volumen de agua contenido en una roca, liberada por acción de la gravedad, V_e (volumen de agua libre) y el volumen total (V_T).

$$n_e = \frac{V_e}{V_T} * 100$$

○ **Conductividad hidráulica**

Es la medida de la capacidad de un medio poroso para permitir el flujo de un fluido específico. Análíticamente la conductividad hidráulica se relaciona, en la ecuación de Darcy, con el coeficiente de proporcionalidad entre el caudal y el gradiente hidráulico.

Darcy descubrió la ley que regula el movimiento de las aguas subterráneas, midiendo el caudal Q en función de la permeabilidad y observó que éste equivalía a:

$$Q = K * A * \frac{h}{l}$$

Siendo k el coeficiente de permeabilidad, A el área de la sección transversal a través de la cual se produce el flujo del agua, h la diferencia de carga entre la entrada y la salida, y l el recorrido que debe realizar el agua.

Si se tiene en cuenta que:

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

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

Siendo v, la velocidad media, resulta:

$$\frac{Q}{A} = V = K \frac{h}{l}$$

Llamando el gradiente hidráulico $i = h/l$, resulta:

$$V = K * i$$

Donde $k = v/i$

El coeficiente de permeabilidad (k), tiene las dimensiones de una velocidad, ya que la ecuación dimensional es:

$$(k) = (L^3/T) / (L/L) L^2 = L/T$$

En términos generales, se puede decir que la conductividad hidráulica depende de la permeabilidad intrínseca del medio poroso, del peso específico y la viscosidad del fluido. La conductividad hidráulica puede ser isotrópica o anisotrópica, dependiendo de si existen variaciones de importancia de conductividad, en diferentes direcciones.

○ **Transmisividad**

Es el volumen de agua (a la viscosidad cinemática existente), que fluye por unidad de tiempo (caudal), bajo un gradiente unitario, a través de un ancho unitario de acuífero, en todo su espesor.

La Ley de Darcy se expresa como $Q = k * A * i$. Si la sección A es igual a la del acuífero, tiene una longitud L y una altura b, se tiene:

$$A = b * L$$

Entonces la Ley de Darcy se puede escribir como:

$$Q = K * b * L * i$$

Al producto $K * b$, se le llama Transmisividad y se designa por T, quedando la Ley de Darcy:

$$Q = T * L * i$$

Sus dimensiones son las de una velocidad por una longitud:

$$(T) = [L]^2 \cdot [T]^{-1}$$

○ **Coeficiente de almacenamiento**

Es el volumen de agua que un acuífero puede dar o recibir en almacenamiento, por unidad de área y por unidad de cambio en la cabeza hidráulica. En acuíferos confinados, el coeficiente de almacenamiento es igual al producto del almacenamiento específico por el espesor del acuífero. En

acuíferos libres es aproximadamente igual a la porosidad eficaz. El tipo de acuífero depende del grado exponencial del Coeficiente de Almacenamiento.

Tabla 5-8 Almacenamiento para diferentes tipos de unidades acuíferas

ACUÍFERO	EXPONENCIAL (VALOR DE S)
Libre	<10 ⁻³
Semiconfinado	10 ⁻² – 10 ⁻³
Confinado	>10 ⁻⁴

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ Capacidad específica

La capacidad específica expresada en l/s/m, se define como la producción del pozo por unidad de abatimiento (Q/s) de la ecuación de producción.

$$Q/s = \frac{1}{0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2S} + CQ^2}$$

A partir de la resolución de esta ecuación, se obtiene el caudal generado por metro de descenso.

○ Radio de influencia del Pozo

En radio de influencia es dimensionado como la distancia radial a partir de la cual el descenso generado por un bombeo es igual a cero. Para acuíferos confinados dicha distancia radial se consigue a partir de la resolución de la siguiente ecuación.

$$0 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2S}$$

5.1.9.1.4.2 Resultados

En los siguientes numerales se presentan los valores de conductividad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento del acuífero Depósito Cuaternario, calculados con los datos obtenidos en las veinte (20) pruebas de bombeo. Se presentan adicionalmente simulaciones numéricas que predicen la evolución del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempo de bombeo en cada uno de los pozos y los radios de influencia de los mismos.

Las coordenadas de los pozos sobre los cuales fueron desarrolladas las pruebas de bombeo y la representación cartográfica de dichas coordenadas se presentan en la **Tabla 5-9**.

Tabla 5-9 Coordenadas de las pruebas de bombeo realizadas en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID PRUEBA	ID FUNIAS	ESTE	NORTE
PB 01	PZ_012	5078376	2816216
PB 02	PZ_041	5057403	2797548
PB 03	PZ_039	5053447	2795408
PB 04	PZ_042	5057467	2796231
PB 05	PZ_060	5059238	2797527

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

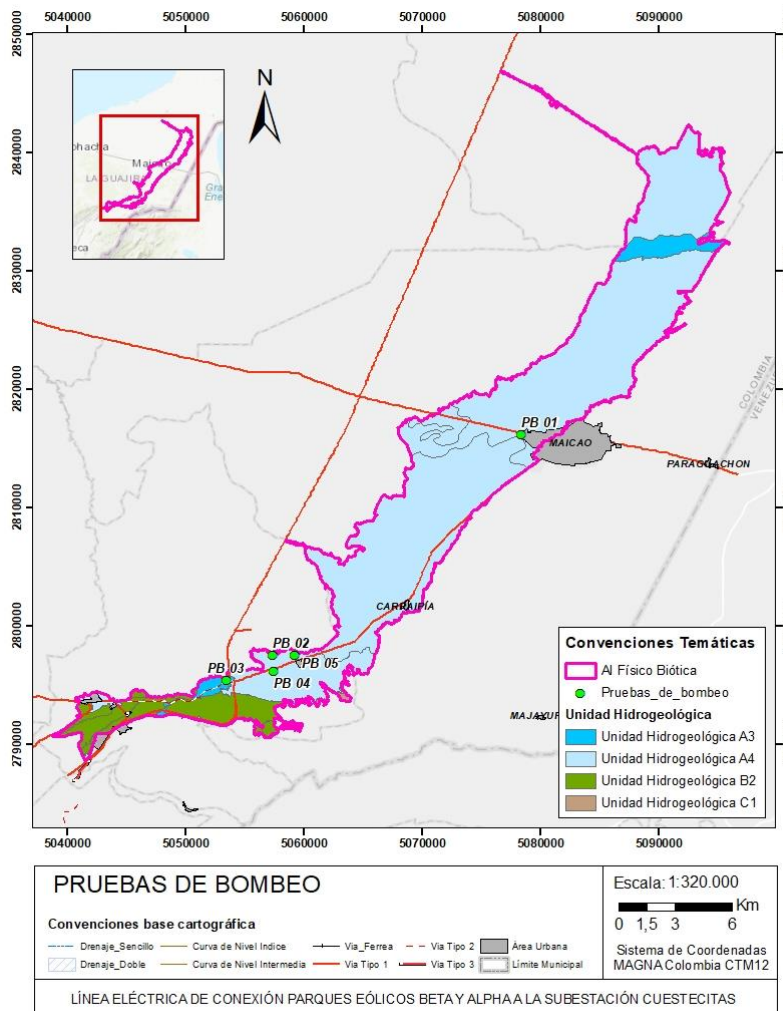


Figura 5-16 Localización de las pruebas de bombeo realizadas en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ Prueba de bombeo Número 1 (PB 01)

La prueba de bombeo número 1 (PB 01) se realizó en el pozo identificado en el “Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea FUNIAS” con el nombre PZ_012. El pozo está localizado en el municipio de Maicao y sus características geométricas son las presentadas en la **Tabla 5-10**.

Tabla 5-10 Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 01

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
COORDENADA ESTE*	5078376
COORDENADA NORTE*	2816216
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0,152
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0,058
PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	86

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
TIPO DE BOMBA	Sumergible

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las características en el desarrollo de la prueba y la evolución del nivel dinámico durante el desarrollo de la misma se encuentran en la **Tabla 5-11** y la **Figura 5-17**.

Tabla 5-11 Características en el desarrollo de la PB 01

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE BOMBEO (MINUTOS)	240
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN (MINUTOS)	80
CAUDAL PROMEDIO DURANTE EL BOMBEO (Q) (LITROS POR SEGUNDO)	1,082
NIVEL ESTÁTICO (NE) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	13,080
NIVEL DINÁMICO ALCANZADO (ND) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	16,732

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

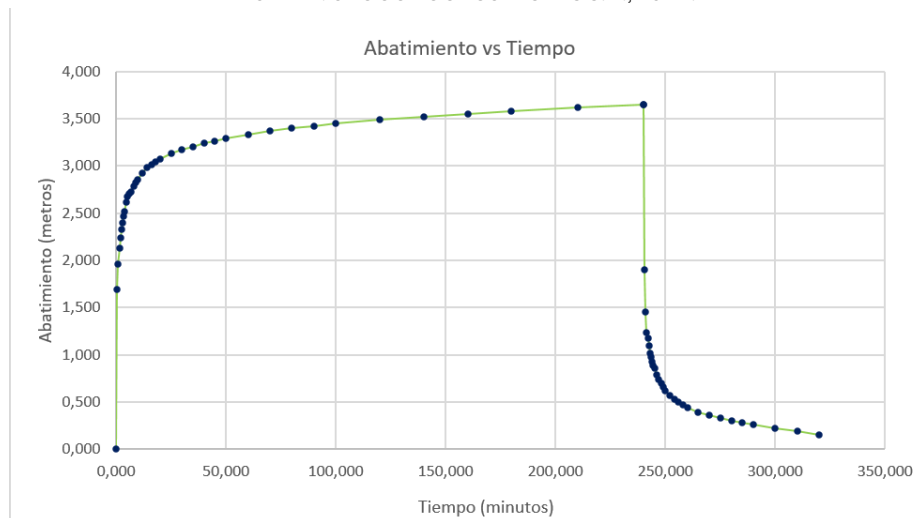


Figura 5-17 Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Cálculo de parámetros hidráulicos PB 01

Los parámetros hidráulicos de la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 01, fueron calculados a través del método de Theis para acuíferos confinados. Las interpretaciones hidráulicas se encuentran en *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología*. La **Tabla 5-12** presenta los valores de transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 5-12 Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 01

ETAPA DE LA PRUEBA	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN	TRANSMISIVIDAD [m ² /d]	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA [m/d]	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)
Bombeo	Theis	24,6	5,72E-1	1,85E-3

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Simulación numérica de capacidad de producción del pozo PB 01

La **Tabla 5-13** contiene la simulación numérica de la evolución del nivel dinámico del pozo ensayado en la PB 01 cuando este es sometido a diferentes caudales y tiempos de bombeo.

Tabla 5-13 Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 01

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,1	13,503	13,534	13,542
0,2	13,927	13,988	14,004
0,3	14,350	14,442	14,466
0,4	14,774	14,896	14,929
0,5	15,197	15,351	15,391
0,6	15,621	15,805	15,853
0,7	16,045	16,259	16,315
0,8	16,468	16,714	16,778
0,9	16,892	17,168	17,240
1	17,316	17,622	17,703
2	21,555	22,168	22,329
3	25,798	26,718	26,959
4	30,045	31,271	31,593
5	34,295	35,829	36,230
6	38,550	40,390	40,871
7	42,808	44,954	45,516
8	47,069	49,523	50,165
9	51,335	54,095	54,817
10	55,604	58,671	59,474

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de radio de influencia PB 01**

La **Tabla 5-14** presenta los radios de influencia de la PB 01 a diferentes tiempos de bombeo calculados a partir de la siguiente expresión:

$$0 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Tabla 5-14 Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 1 a diferentes tiempos de bombeo

Q (l/s)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 6 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 8 HORAS
X	49,932	86,485	99,865

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ **Prueba de bombeo Número 2 (PB 02)**

La prueba de bombeo número 2 (PB 02) se realizó en el pozo identificado en el “Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea FUNIAS” con el nombre PZ_041. El pozo está localizado en el municipio de Albania y sus características geométricas son las presentadas en la **Tabla 5-15**.

Tabla 5-15 Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 02

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
COORDENADA ESTE*	5057403
COORDENADA NORTE*	2797548
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0,152
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0,04
PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	100
TIPO DE BOMBA	Sumergible

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las características en el desarrollo de la prueba y la evolución del nivel dinámico durante el desarrollo de la misma se encuentran en la **Tabla 5-16** y la **Figura 5-18**.

Tabla 5-16 Características en el desarrollo de la PB 02

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE BOMBEO (MINUTOS)	240
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN (MINUTOS)	20
CAUDAL PROMEDIO DURANTE EL BOMBEO (Q) (LITROS POR SEGUNDO)	1,8484
NIVEL ESTÁTICO (NE) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	16,505
NIVEL DINÁMICO ALCANZADO (ND) (METROS BAJO DEL NIVEL DEL TERRENO)	19,985

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

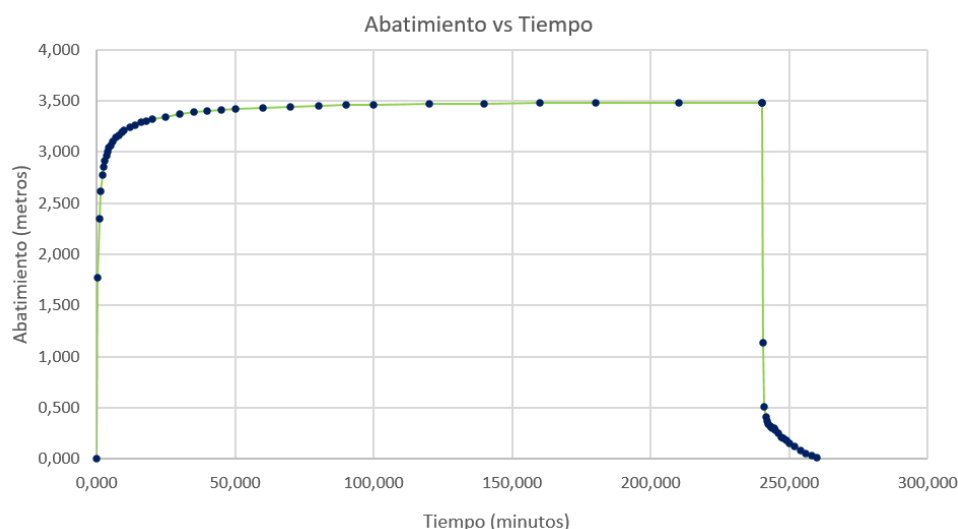


Figura 5-18 Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Cálculo de parámetros hidráulicos PB 02

Los parámetros hidráulicos de la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 02, fueron calculados a través del método de Theis para acuíferos confinados. Las interpretaciones hidráulicas se encuentran en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología*. La **Tabla 5-17** presenta los valores de transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 5-17 Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 02

ETAPA DE LA PRUEBA	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN	TRANSMISIVIDAD [m ² /d]	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA [m/d]	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)
Bombeo	Theis	53	1,06	1,19 E-4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Simulación numérica de capacidad de producción del pozo PB 02

La **Tabla 5-18** contiene la simulación numérica de la evolución del nivel dinámico del pozo ensayado en la PB 02 cuando este es sometido a diferentes caudales y tiempos de bombeo.

Tabla 5-18 Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 02

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,1	16,719	16,733	16,737
0,2	16,932	16,961	16,968
0,3	17,146	17,189	17,200
0,4	17,360	17,417	17,432
0,5	17,573	17,645	17,663
0,6	17,787	17,873	17,895
0,7	18,001	18,101	18,127
0,8	18,215	18,329	18,359
0,9	18,429	18,557	18,591
1	18,643	18,785	18,823
2	20,785	21,069	21,144
3	22,930	23,357	23,469
4	25,079	25,648	25,797
5	27,232	27,944	28,130
6	29,388	30,242	30,466
7	31,549	32,545	32,806
8	33,713	34,851	35,150
9	35,880	37,162	37,497
10	38,052	39,475	39,848

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de radio de influencia PB 02**

La **Tabla 5-19** presenta los radios de influencia de la PB 02 a diferentes tiempos de bombeo calculados a partir de la siguiente expresión:

$$0 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Tabla 5-19 Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 2 a diferentes tiempos de bombeo

Q (l/s)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 6 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 8 HORAS
X	288,978	500,525	577,956

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ **Prueba de bombeo Número 3 (PB 03)**

La prueba de bombeo número 3 (PB 03) se realizó en el pozo identificado en el “Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea FUNIAS” con el nombre PZ_039. El pozo está localizado en el municipio de Albania y sus características geométricas son las presentadas en la **Tabla 5-20**.

Tabla 5-20 Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 03

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A3
COORDENADA ESTE*	5053447
COORDENADA NORTE*	2795408
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0,203
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0,05
PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	75
TIPO DE BOMBA	Sumergible

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las características en el desarrollo de la prueba y la evolución del nivel dinámico durante el desarrollo de la misma se encuentran en la **Tabla 5-21** y la **Figura 5-19**.

Tabla 5-21 Características en el desarrollo de la PB 03

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A3
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE BOMBEO (MINUTOS)	240
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN (MINUTOS)	25
CAUDAL PROMEDIO DURANTE EL BOMBEO (Q) (LITROS POR SEGUNDO)	1,5516
NIVEL ESTÁTICO (NE) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	9,141
NIVEL DINÁMICO ALCANZADO (ND) (METROS BAJO DEL NIVEL DEL TERRENO)	15,85

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

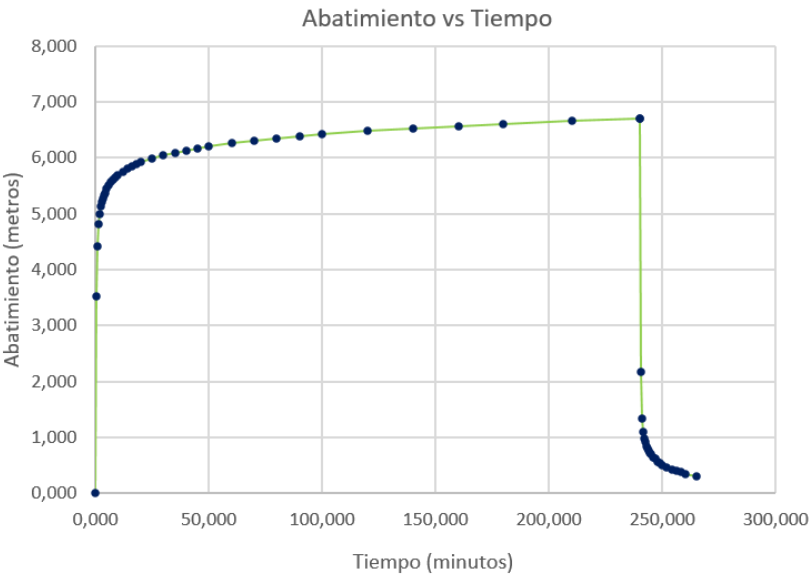


Figura 5-19 Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 3

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Cálculo de parámetros hidráulicos PB 03**

Los parámetros hidráulicos de la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 03, fueron calculados a través del método de Theis para acuíferos confinados. Las interpretaciones hidráulicas se encuentran en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología*. La **Tabla 5-22** presenta los valores de transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 5-22 Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 03

ETAPA DE LA PRUEBA	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN	TRANSMISIVIDAD [m ² /d]	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA [m/d]	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)
Bombeo	Theis	26,7	5,35E-1	1,76E-5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de capacidad de producción del pozo PB 03**

La **Tabla 5-23** contiene la simulación numérica de la evolución del nivel dinámico del pozo ensayado en la PB 03 cuando este es sometido a diferentes caudales y tiempos de bombeo.

Tabla 5-23 Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 03

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,1	9,597	9,625	9,632
0,2	10,052	10,109	10,123
0,3	10,508	10,593	10,615
0,4	10,963	11,076	11,106
0,5	11,419	11,560	11,597
0,6	11,875	12,044	12,089
0,7	12,331	12,528	12,580
0,8	12,786	13,012	13,072
0,9	13,242	13,497	13,563
1	13,698	13,981	14,055
2	18,259	18,824	18,972
3	22,824	23,671	23,893
4	27,392	28,522	28,818
5	31,964	33,377	33,747
6	36,540	38,235	38,679
7	41,119	43,097	43,615
8	45,703	47,963	48,555
9	50,290	52,832	53,498
10	54,880	57,706	58,446

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de radio de influencia PB 03**

La **Tabla 5-24** presenta los radios de influencia de la PB 03 a diferentes tiempos de bombeo calculados a partir de la siguiente expresión:

$$0 = 0,183 \frac{Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Tabla 5-24 Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 3 a diferentes tiempos de bombeo

Q (l/s)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 6 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 8 HORAS
X	533,335	923,763	1066,669

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ **Prueba de bombeo Número 4 (PB 04)**

La prueba de bombeo número 4 (PB 04) se realizó en el pozo identificado en el “Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea FUNIAS” con el nombre PZ_042. El pozo está localizado en el municipio de Albania y sus características geométricas son las presentadas en la **Tabla 5-25**.

Tabla 5-25 Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 04

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
COORDENADA ESTE*	5057467
COORDENADA NORTE*	2796231
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0,152
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0,05
PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	118
TIPO DE BOMBA	Sumergible

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las características en el desarrollo de la prueba y la evolución del nivel dinámico durante el desarrollo de la misma se encuentran en la **Tabla 5-26** y la **Figura 5-20**.

Tabla 5-26 Características en el desarrollo de la PB 04

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE BOMBEO (MINUTOS)	240
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN (MINUTOS)	60
CAUDAL PROMEDIO DURANTE EL BOMBEO (Q) (LITROS POR SEGUNDO)	1,6393
NIVEL ESTÁTICO (NE) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	19,370
NIVEL DINÁMICO ALCANZADO (ND) (METROS BAJO DEL NIVEL DEL TERRENO)	27,698

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

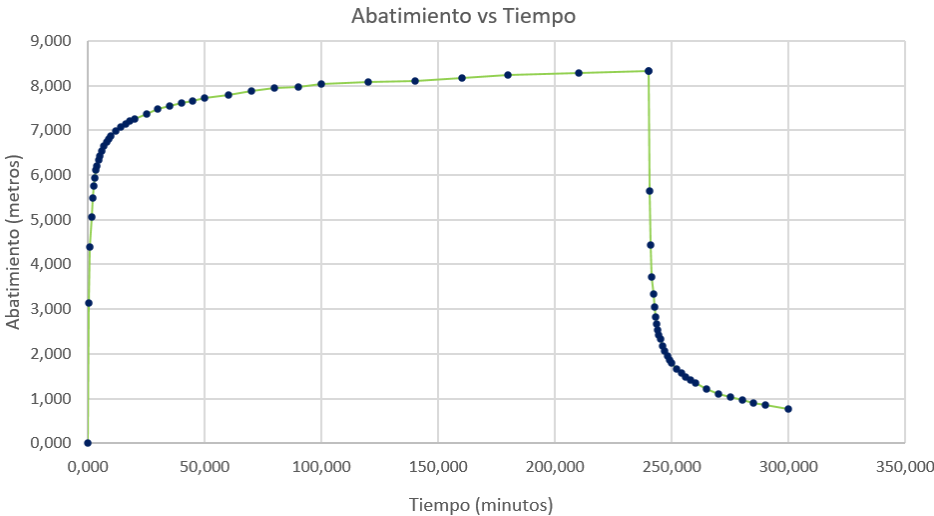


Figura 5-20 Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Cálculo de parámetros hidráulicos PB 04**

Los parámetros hidráulicos de la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 04, fueron calculados a través del método de Theis para acuíferos confinados. Las interpretaciones hidráulicas se encuentran en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología*. La **Tabla 5-27** presenta los valores de transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 5-27 Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 04

ETAPA DE LA PRUEBA	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN	TRANSMISIVIDAD [m ² /d]	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA [m/d]	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)
Bombeo	Theis	16,7	2,78E-1	7,43E-4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de capacidad de producción del pozo PB 04**

La **Tabla 5-28** contiene la simulación numérica de la evolución del nivel dinámico del pozo ensayado en la PB 04 cuando este es sometido a diferentes caudales y tiempos de bombeo.

Tabla 5–28 Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 04

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,1	19,958	20,003	20,015
0,2	20,546	20,636	20,660
0,3	21,134	21,269	21,305
0,4	21,722	21,903	21,950
0,5	22,310	22,536	22,595
0,6	22,898	23,169	23,240
0,7	23,486	23,802	23,885
0,8	24,074	24,436	24,530
0,9	24,663	25,069	25,176
1	25,251	25,703	25,821
2	31,136	32,039	32,276
3	37,024	38,379	38,734
4	42,916	44,723	45,196
5	48,812	51,071	51,662
6	54,712	57,422	58,132
7	60,615	63,777	64,605
8	66,522	70,136	71,082
9	72,433	76,499	77,563
10	78,348	82,865	84,048

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ **Simulación numérica de radio de influencia PB 04**

La **Tabla 5–29** presenta los radios de influencia de la PB 04 a diferentes tiempos de bombeo calculados a partir de la siguiente expresión:

$$0 = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

Tabla 5–29 Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 4 a diferentes tiempos de bombeo

Q (l/s)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 6 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 8 HORAS
X	64,918	112,441	129,836

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

○ **Prueba de bombeo Número 5 (PB 05)**

La prueba de bombeo número 5 (PB 05) se realizó en el pozo identificado en el “Formato Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea FUNIAS” con el nombre PZ_060. El pozo está localizado en el municipio de Albania y sus características geométricas son las presentadas en la **Tabla 5–30**.

Tabla 5–30 Características geométricas del pozo sobre el cual fue realizada la PB 05

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
COORDENADA ESTE*	5059238
COORDENADA NORTE*	2797527
DIÁMETRO EXTERIOR (m)	0,203
DIÁMETRO INTERIOR (m)	0,05
PROFUNDIDAD DEL POZO (m)	120
TIPO DE BOMBA	Sumergible

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las características en el desarrollo de la prueba y la evolución del nivel dinámico durante el desarrollo de la misma se encuentran en la **Tabla 5-31** y la **Figura 5-21**.

Tabla 5-31 Características en el desarrollo de la PB 05

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA CAPTADA	Unidad hidrogeológica A4
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE BOMBEO (MINUTOS)	240
DURACIÓN DE LA PRUEBA DE RECUPERACIÓN (MINUTOS)	140
CAUDAL PROMEDIO DURANTE EL BOMBEO (Q) (LITROS POR SEGUNDO)	1,3996
NIVEL ESTÁTICO (NE) (METROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO)	19,505
NIVEL DINÁMICO ALCANZADO (ND) (METROS BAJO DEL NIVEL DEL TERRENO)	31,675

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

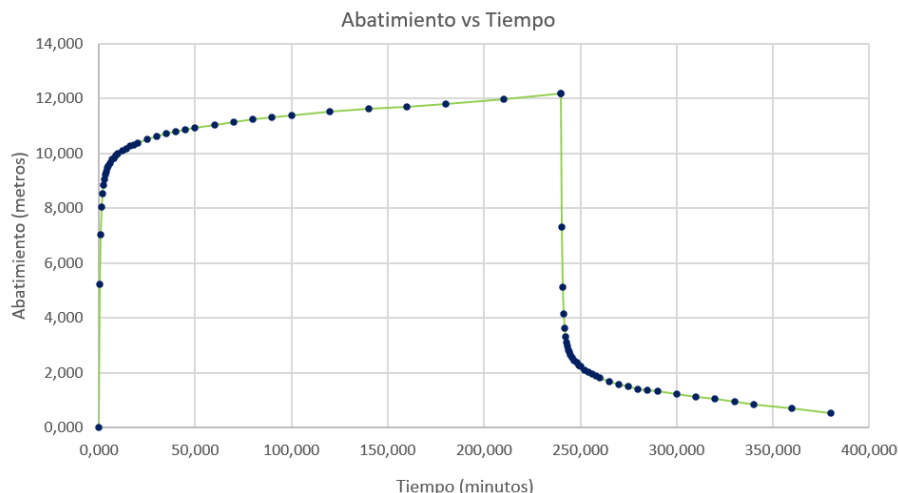


Figura 5-21 Variación de la profundidad del nivel dinámico durante el desarrollo de la prueba de bombeo y recuperación número 5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Cálculo de parámetros hidráulicos PB 05

Los parámetros hidráulicos de la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 05, fueron calculados a través del método de Theis para acuíferos confinados. Las interpretaciones hidráulicas se encuentran en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología*. La **Tabla 5-32** presenta los valores de transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento.

Tabla 5-32 Parámetros hidráulicos calculados para la unidad hidrogeológica ensayada en la PB 05

ETAPA DE LA PRUEBA	MÉTODO DE INTERPRETACIÓN	TRANSMISIVIDAD [m ² /d]	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA [m/d]	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (S)
Bombeo	Theis	11,3	1,88E-1	6,2E-5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Simulación numérica de capacidad de producción del pozo PB 05

La **Tabla 5-33** contiene la simulación numérica de la evolución del nivel dinámico del pozo ensayado en la PB 05 cuando este es sometido a diferentes caudales y tiempos de bombeo.

Tabla 5-33 Simulación numérica de la variación del nivel dinámico a diferentes caudales y tiempos de bombeo para el pozo ensayado en la PB 05

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,1	20,501	20,568	20,585

Q (l/s)	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 2 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 6 HORAS	NIVEL DINÁMICO ALCANZADO EN 8 HORAS
0,2	21,497	21,631	21,666
0,3	22,493	22,694	22,746
0,4	23,489	23,757	23,826
0,5	24,486	24,819	24,907
0,6	25,482	25,882	25,987
0,7	26,478	26,946	27,068
0,8	27,475	28,009	28,148
0,9	28,471	29,072	29,229
1	29,467	30,135	30,310
2	39,433	40,769	41,118
3	49,403	51,406	51,930
4	59,377	62,047	62,746
5	69,354	72,692	73,566
6	79,335	83,340	84,389
7	89,319	93,993	95,216
8	99,308	104,649	106,047
9	109,300	115,308	116,882
10	119,296	125,972	127,720

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

▪ Simulación numérica de radio de influencia PB 05

La **Tabla 5-34** presenta los radios de influencia de la PB 05 a diferentes tiempos de bombeo calculados a partir de la siguiente expresión:

$$0 = 0.183 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2S}$$

Tabla 5-34 Radio de influencia del pozo ensayado en la prueba de bombeo número 5 a diferentes tiempos de bombeo

Q (l/s)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 6 HORAS	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS 8 HORAS
X	184,860	320,188	369,721

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.9.1.4.3 Conclusiones

De conformidad con los resultados de las pruebas de bombeo desarrolladas en el marco del presente proceso de licenciamiento ambiental (ver resumen en la **Tabla 5-35**) se puede concluir que:

- El parámetro hidráulico transmisividad (T) calculado para las unidades hidrogeológicas ensayadas en las pruebas de bombeo No 1, 2, 3, 4 y 5 de conformidad con los lineamientos de (Villanueva e Iglesias, 1984) se asocian a pozos con posibilidad de explotación de 10 litros por segundo con una depresión teórica de 10 metros.
- El parámetro hidráulico coeficiente de almacenamiento (S) calculado para las unidades hidrogeológicas ensayadas en la totalidad de las pruebas de bombeo tienen un comportamiento hidráulico de carácter confinado.

Tabla 5-35 Resumen de las características de las pruebas de bombeo y parámetros calculados

ID PRUEBA	ID POZO	PROFUNDIDAD POZO (Metros)	CAUDAL DE BOMBEO (l/s)	TIEMPO DE BOMBEO (Minutos)	NIVEL ESTÁTICO (Metros)	NIVEL DINÁMICO (Metros)	T (m ² /d)	K (m/d)	S	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ENSAYADA
PB 01	PZ_012	86	1,082	240	13,080	16,732	24,6	5,72E-1	1,85E-3	A4

ID PRUEBA	ID POZO	PROFUNDIDAD POZO (Metros)	CAUDAL DE BOMBEO (l/s)	TIEMPO DE BOMBEO (Minutos)	NIVEL ESTÁTICO (Metros)	NIVEL DINÁMICO (Metros)	T (m ² /d)	K (m/d)	S	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA ENSAYADA
PB 02	PZ_041	100	1,8484	240	16,505	19,985	53	1,06	1,19E-4	A4
PB 03	PZ_039	75	1,5516	240	9,141	15,85	26,7	5,35E-1	1,76E-5	A3
PB 04	PZ_042	118	1,6393	240	19,370	27,698	16,7	2,78E-1	7,43E-4	A4
PB 05	PZ_060	120	1,3996	240	19,505	31,675	11,3	1,88E-1	6,2E-5	A4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Fueron desarrolladas simulaciones numéricas para la determinación de radios de influencia de los pozos ensayados hidráulicamente. Los resultados de las simulaciones pueden ser consultados en la **Tabla 5-36**.

Tabla 5-36 Resumen de las simulaciones numéricas de los radios de influencia asociados a los bombeos desarrollados para el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID PRUEBA	ID POZO	PROFUNDIDAD POZO	CAUDAL DE BOMBEO	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 2 HORAS (METROS)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 6 HORAS (METROS)	RADIO DE INFLUENCIA EN METROS A 8 HORAS (METROS)
		(Metros)	(l/s)			
PB 01	PZ_012	86	1,082	49,932	86,485	99,865
PB 02	PZ_041	100	1,8484	288,978	500,525	577,956
PB 03	PZ_039	75	1,5516	533,335	923,763	1066,669
PB 04	PZ_042	118	1,6393	64,918	112,441	129,836
PB 05	PZ_060	120	1,3996	184,860	320,188	369,721

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.9.1.5 Evaluación hidrogeoquímica

En este numeral se presenta la caracterización hidrogeoquímica de diecinueve (19) puntos de agua subterránea localizados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” y censados en el marco del inventario de puntos de agua subterránea. La unidad hidrogeológica monitoreada corresponde a de manera predominante a la A4.

5.1.9.1.5.1 Marco conceptual

Las características químicas del agua subterránea están condicionadas o controladas por la litología y mineralogía de los sedimentos y rocas por las que circula. Esta interacción imprime una “marca” o “huella” al agua subterránea, que permite validar un sistema preliminar de flujo y determinar zonas de recarga, a través de análisis de iones principales y trazas, y de los llamados trazadores físicos como la temperatura, el pH y la conductividad.

Según Foster e Hirata 1988, 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.

Los muestreos de calidad en el área de estudio fueron realizados de conformidad con los protocolos para el monitoreo y seguimiento establecidos por el IDEAM en el 2004 y pueden ser consultados en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.9 Hidrogeología.

○ Error de balance

Previamente a la clasificación y determinación de la calidad del agua subterránea, fue verificada 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%.

○ Diagramas hidroquímicos

Las diferentes herramientas computacionales (DIAGRAMERS) que se usan para el análisis con modelos de aguas emplean diversos diagramas hidroquímicos para la correcta caracterización. La representación gráfica de los datos hidroquímicos constituye una herramienta de trabajo muy eficiente en la interpretación de las propiedades de un agua, así como para hacer comparaciones o correlaciones. También permite ver con facilidad el comportamiento y evolución de un agua en un territorio determinado y a través del tiempo, así como la conectividad superficie-subsuperficie.

○ Diagramas de Piper

Está formado por dos triángulos equiláteros, donde se representan los cationes y aniones mayoritarios. En éstos, los triángulos de aniones y cationes ocupan los ángulos inferiores izquierdo y derecho con sus bases alineadas. Los vértices del triángulo de cationes son Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^{+} más K^{+} . Los vértices del triángulo de aniones son SO_4^{2-} , Cl^{-} y HCO_3^{-} . Los datos de los diagramas triangulares se proyectan en un rombo central en el que se representa la composición del agua deducida a partir de aniones y cationes. El diagrama de Piper permite representar un gran número de muestras en un sólo gráfico. Para interpretar el diagrama con más detalle, debe considerarse que para su construcción es necesario que los iones estén reducidos a porcentaje de miliequivalentes por litro (meq/l). A cada vértice de un triángulo le corresponde el 100 % de un catión o un anión.

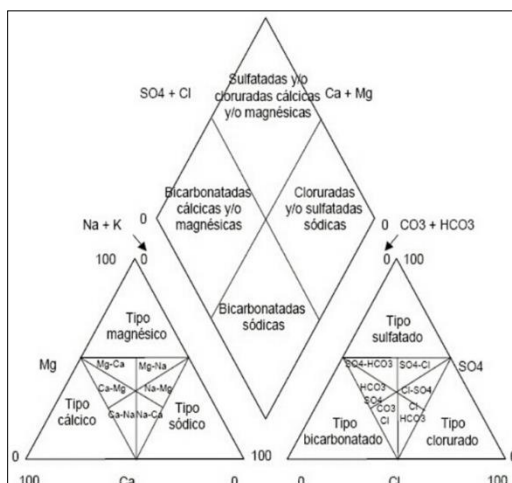


Figura 5-22 Diagrama de Piper.

Fuente: IDEAM. 2015.

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

En estos diagramas la agrupación de puntos define familias de aguas con características químicas semejantes en cuanto al contenido iónico.

El diagrama de Piper muestra principalmente cuatro familias de aguas:

- I. Aguas del tipo bicarbonatada cálcica y/o magnésica.
- II. Aguas del tipo Sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas.
- III. Aguas del tipo cloruradas y/o sulfatadas sódicas.
- IV. Aguas del tipo bicarbonatadas sódicas.

Las aguas del tipo bicarbonatadas (Numerales I y IV) corresponden a una zona con flujo activo superficial, generalmente de recorridos cortos influenciada por la precipitación (tránsito local), con una menor solubilidad de minerales y la permanencia podría ser de pocos años. El agua de recarga de estos flujos proviene normalmente de la lluvia (el agua meteórica tiene baja concentración iónica) que atraviesa la zona no saturada en tiempos cortos. Estas aguas tienen una temperatura muy poco variable y son muy similares a la temperatura atmosférica. Con respecto a la composición catiónica tiene una evolución esperada donde predomina el ion calcio seguido por el magnesio.

Las aguas del tipo sulfatadas (Numerales II y III), tendrían un mayor tiempo de circulación de acuerdo a la secuencia de Chevotarev o esta composición podría estar influenciada por la descomposición de minerales ricos en sulfuros como la pirita (FeS_2) presente en algunas formaciones aflorantes en el piedemonte, también en esquistos piritosos o magnesianos y del lavado de terrenos formados en ambientes marinos. Estas aguas tendrían recorridos menos activos, recorridos más largos y mayores tiempos de permanencia.

5.1.9.1.5.2 Resultados

A continuación, se presenta el resultado de la caracterización hidrogeoquímica realizada en las dieciséis (16) muestras de agua subterránea distribuidas espacialmente en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”. Fue calculado, antes de la interpretación hidrogeoquímica, el porcentaje de error del balance iónico para la totalidad de las muestras y cuando el resultado arrojó valores inferiores al 10 % fueron realizados y analizados diagramas de Piper. La **Tabla 5-37** presentan las coordenadas de los diferentes monitoreos y la **Figura 5-23**.

Tabla 5-37 Coordenadas de los puntos hidrogeológicos monitoreados químicamente en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

ID FUNIAS	ID LABORATORIO	TIPO DE PUNTO DE MONITOREO	ESTE	NORTE	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA
PZ_001	HGQ 02	Hidrogeoquímica	5077681	2847488	A4
PZ_004	HGQ 03	Hidrogeoquímica	5080859	2844347	A4
PZ_005	HGQ 04	Hidrogeoquímica	5083521	2840478	A4
PZ_015	HGQ 07	Hidrogeoquímica	5080509	2820658	A4
PZ_012	HGQ 08	Hidrogeoquímica	5078376	2816216	A4
AL_011	HGQ 09	Hidrogeoquímica	5074720	2811951	A4
PZ_023	HGQ 10	Hidrogeoquímica	5068894	2810927	A4
PZ_037	HGQ 13	Hidrogeoquímica	5051810	2794469	A3
PZ_068	HGQ 14	Hidrogeoquímica	5055467	2795913	A4
MA_003	HGQ 15	Hidrogeoquímica	5061713	2792193	A4
PZ_055	HGQ 16	Hidrogeoquímica	5059352	2796429	A4
PZ_024	HGQ 17	Hidrogeoquímica	5061462	2797717	A4
PZ_051	HGQ 18	Hidrogeoquímica	5061363	2794538	A4
PZ_045	HGQ 19	Hidrogeoquímica	5060986	2795297	A4
MA_005	HGQ 20	Hidrogeoquímica	5056550	2793310	B2
AL_005	HGQ 21	Hidrogeoquímica	5079930	2818178	A4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

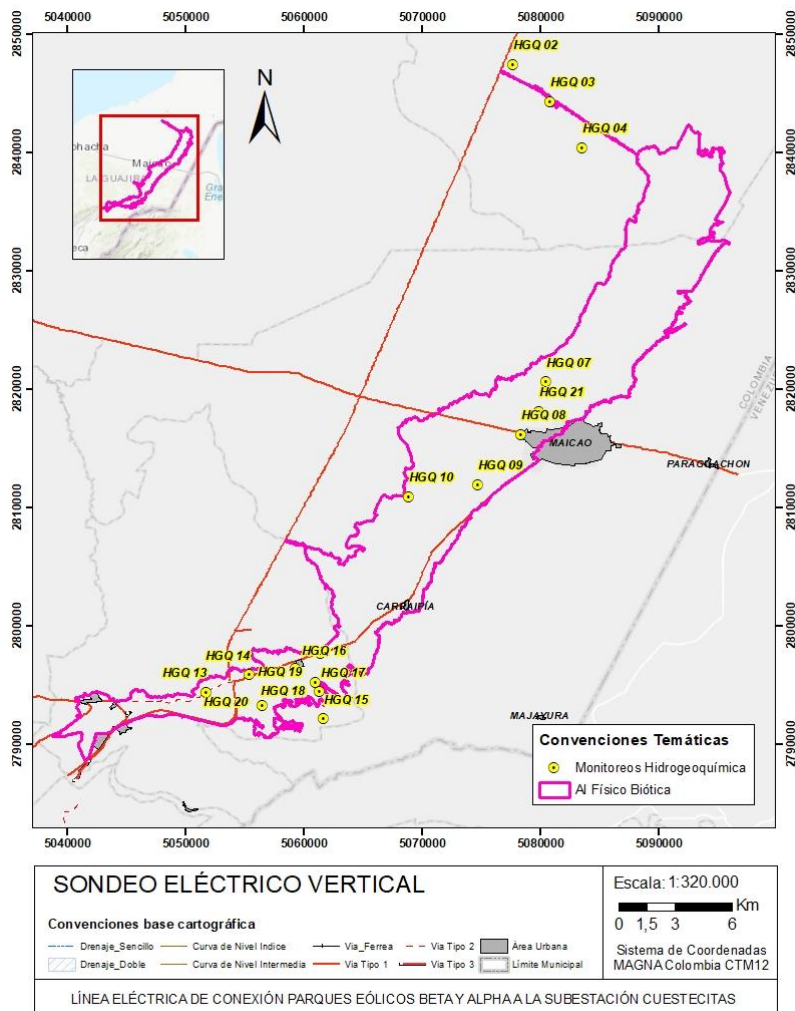


Figura 5-23 Localización de los monitoreos de aguas subterráneas realizados en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Tabla 5-38 Balance iónico a muestras de agua subterráneas dentro del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

NOMBRE	BALANCE IÓNICO REPORTADO POR EL LABORATORIO
HGQ 02	9,23
HGQ 03	8,21
HGQ 04	9,96
HGQ 07	6,09
HGQ 08	9,94
HGQ 09	9,72
HGQ 10	9,54
HGQ 13	9,51
HGQ 14	9,35
HGQ 15	9,52
HGQ 16	6,84

NOMBRE	BALANCE IÓNICO REPORTADO POR EL LABORATORIO
HGQ 17	8,10
HGQ 18	2,83
HGQ 19	9,35
HGQ 20	9,97
HGQ 21	9,08

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

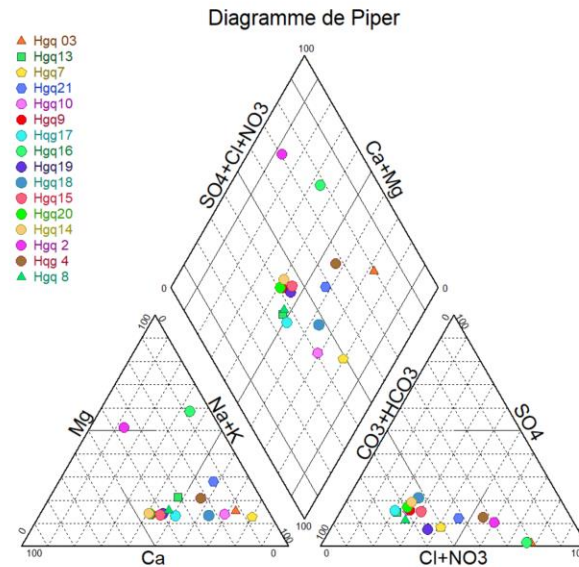


Figura 5-24 Diagrama de Piper en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Las aguas del tipo bicarbonatadas (Numerales I y IV) corresponden a una zona con flujo activo superficial, generalmente de recorridos cortos influenciada por la precipitación (tránsito local), con una menor solubilidad de minerales y la permanencia podría ser de pocos años. El agua de recarga de estos flujos proviene normalmente de la lluvia (el agua meteórica tiene baja concentración iónica) que atraviesa la zona no saturada en tiempos cortos. Estas aguas tienen una temperatura muy poco variable y son muy similares a la temperatura atmosférica.

Las aguas del tipo Cloruradas y sulfatadas sódicas tendrían un mayor tiempo de circulación de acuerdo a la secuencia de Chevotarev o esta composición podría estar influenciada por la descomposición de minerales ricos en sulfuros como la pirita (FeS_2) presente en algunas formaciones aflorantes en el piedemonte, también en esquistos piritosos o magnesianos y del lavado de terrenos formados en ambientes marinos. Estas aguas tendrían recorridos menos activos, recorridos más largos y mayores tiempos de permanencia.

Tabla 5-39 Caracterización de los tipos de agua subterránea caracterizados dentro del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas”

NOMBRE	CLASIFICACIÓN HIDRO GEOQUÍMICA
HGQ 02	Sulfatadas y o cloruradas cálcicas y o magnésicas
HGQ 03	Clorudadas y o sulfatadas sódicas
HGQ 04	Clorudadas y o sulfatadas sódicas
HGQ 07	Bicarbonatadas sódicas
HGQ 08	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas

NOMBRE	CLASIFICACIÓN HIDRO GEOQUÍMICA
HGQ 09	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 10	Bicarbonatadas sódicas
HGQ 13	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 14	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 15	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 16	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 17	Bicarbonatadas sódicas
HGQ 18	Bicarbonatadas sódicas
HGQ 19	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 20	Bicarbonatadas cálcicas y o magnésicas
HGQ 21	Clorudadas y o sulfatadas sódicas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.9.1.6 Evaluación de la recarga de unidades acuíferas

La necesidad de conocer la recarga potencia de la unidad hidrogeológica sobre la cual será solicitado el permiso de exploración de pozos de agua subterránea en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas” conllevó a estimar la recarga de los acuíferos mediante un balance de suelos siguiendo la metodología de (Schosinsky, 2006) y a representar cartográficamente la susceptibilidad a la recarga del acuífero de conformidad con los lineamientos de (Matus, 2009).

El cálculo de la recarga de acuíferos mediante un balance de suelos involucró entre otras las siguientes variables: la precipitación mensual, la retención pluvial, la capacidad de infiltración de los suelos y sus características, la cobertura vegetal, profundidad de raíces, evapotranspiración real, uso del suelo y pendiente del terreno.

La zonificación de la susceptibilidad a la recarga involucro factores como: clima, suelos, topografía, geología, y cobertura vegetal.

5.1.9.1.6.1 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.

$$R_p = P_i + H_{Si} - H_{Sf} - ETR$$

Donde:

R_p = Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i = Precipitación que infiltra en mm/mes.

H_{Sf} = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes

○ Resultados

Como resultado del cálculo de la recarga potencial de unidades acuíferas a través de un balance hídrico de suelos, fueron desarrolladas las simulaciones numéricas para las siguientes unidades de suelo por su textura Arcillosa, Franco Arenosa y Franco Arcillosa. Fueron utilizados los valores de precipitación media mensual y evapotranspiración potencial consignados en el capítulo de

hidrología del presente estudio. Las características de las unidades de suelo Arcillosa, Franco Arenosa y Franco Arcillosa en cuanto a la densidad, capacidad de infiltración, capacidad de campo y punto de marchitez fueron utilizadas de acuerdo con lo consignado en el Capítulo de Suelos y uso de tierras. La **Tabla 5-40** a la **Tabla 5-42** presentan el cálculo numérico de la recarga de acuíferos.

Tabla 5-40 Recarga potencia del acuífero en la unidad de suelo Arcillosa

	Símbolo																
Capacidad de infiltración (mm/día)	fc	120															
Factor por pendiente	Kp	0,2															
Factor por vegetación	Kv	0,18															
Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Kfc	0,53678															
Coefficiente de infiltración	Ci	0,91678															
Densidad del suelo (gr/cm3)	DS	1,2															
Profundidad de las raíces (mm)	PR	750															
Humedad del suelo inicial	Hsi	135															
Mes de inicio de humedad con CC																	
Cfo		0,12															

Concepto	Sigla	Fuente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación media mensual (mm)	P	IDEAM	10,7	3,2	13,1	53,8	100,9	51,3	36,1	87,4	135,5	164,6	132,1	43,8	832,5
Retención de lluvia	Ret		5,0	3,2	5,0	6,5	12,1	6,2	5,0	10,5	16,3	19,7	15,8	5,3	
Precipitación que infiltra (mm)	PI		5,2	0,0	7,5	43,4	81,4	41,4	28,5	70,5	109,3	132,8	106,6	35,4	
Escurrentía superficial (mm)	ESC		0,5	0,0	0,7	3,9	7,4	3,8	2,6	6,4	9,9	12,1	9,7	3,2	
Evapotranspiración potencial (mm)	ETP		73,3	77,3	96,9	100,9	102,9	99,2	107,3	111,7	98,2	84,3	66,9	65,8	1084,8
Humedad del suelo inicial (mm)	Hsi		135	135	135	139	161	193	189	179	195	231	279	279	
Factor de ETP antes de ETR	C1		0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	0,7	0,6	0,8	1,0	1,0	1,00	1,00	
Factor de ETP después de ETR	C2		0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,5	1,0	1,0	0,8	
Humedad disponible	HD		5	0	7	48	107	99	83	115	170	229	251	179	
Evapotranspiración real (mm)	ETR		2	0	3	22	49	45	39	54	73	84	67	59	
Humedad del suelo final (mm)	HSf		135	135	139	161	193	189	179	195	231	279	279	255	
Recarga potencial (mm)	Rp		3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	39,6	0,0	43,5
Déficit de capacidad de campo (mm)	DCC		144	144	140	118	86	90	100	84	48	0	0	24	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Tabla 5-41 Recarga potencia del acuífero en la unidad de suelo Franco Arcillosa

	Símbolo																
Capacidad de infiltración (mm/día)	fc	240															
Factor por pendiente	Kp	0,2															
Factor por vegetación	Kv	0,18															
Factor estimado con base a la prueba de infiltración	Kfc	0,703371															
Coefficiente de infiltración	Ci	1															
Densidad del suelo (gr/cm3)	DS	1,3															
Profundidad de las raíces (mm)	PR	750															
Humedad del suelo inicial	Hsi	107,25															
Mes de inicio de humedad con CC																	
Cfo		0,12															

Concepto	Sigla	Fuente	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total
Precipitación media mensual (mm)	P	IDEAM	10,7	3,2	13,1	53,8	100,9	51,3	36,1	87,4	135,5	164,6	132,1	43,8	832,5
Retención de lluvia	Ret		5,0	3,2	5,0	6,5	12,1	6,2	5,0	10,5	16,3	19,7	15,8	5,3	
Precipitación que infiltra (mm)	PI		5,7	0,0	8,1	47,4	88,8	45,1	31,1	76,9	119,3	144,8	116,2	38,6	
Escurrentía superficial (mm)	ESC		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Evapotranspiración potencial (mm)	ETP	IDEAM	73,3	77,3	96,9	100,9	102,9	99,2	107,3	111,7	98,2	84,3	66,9	65,8	1084,8
Humedad del suelo inicial (mm)	Hsi		107	107	107	111	134	166	160	150	167	203	224	224	
Factor de ETP antes de ETR	C1		0,0	0,0	0,1	0,4	1,0	0,9	0,7	1,0	1,0	1,0	1,00	1,00	
Factor de ETP después de ETR	C2		0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	1,0	1,0	0,8	
Humedad disponible	HD		6	0	8	52	115	103	84	119	179	241	233	156	
Evapotranspiración real (mm)	ETR		2	0	4	25	57	51	42	59	83	84	67	58	
Humedad del suelo final (mm)	HSf		107	107	111	134	166	160	150	167	203	224	224	205	
Recarga potencial (mm)	Rp		3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	49,3	0,0	92,1
Déficit de capacidad de campo (mm)	DCC		117	117	113	91	59	64	75	57	21	0	0	20	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

que el 68,09% (30916,41ha) del área de influencia tiene una susceptibilidad a la recarga moderada, mientras que el 22,43% baja (10185,05 ha) y el 5,15% (2338,23 ha) es muy baja. El restante 0,09% (39,92 ha) del área de influencia tiene una susceptibilidad a la recarga alta.

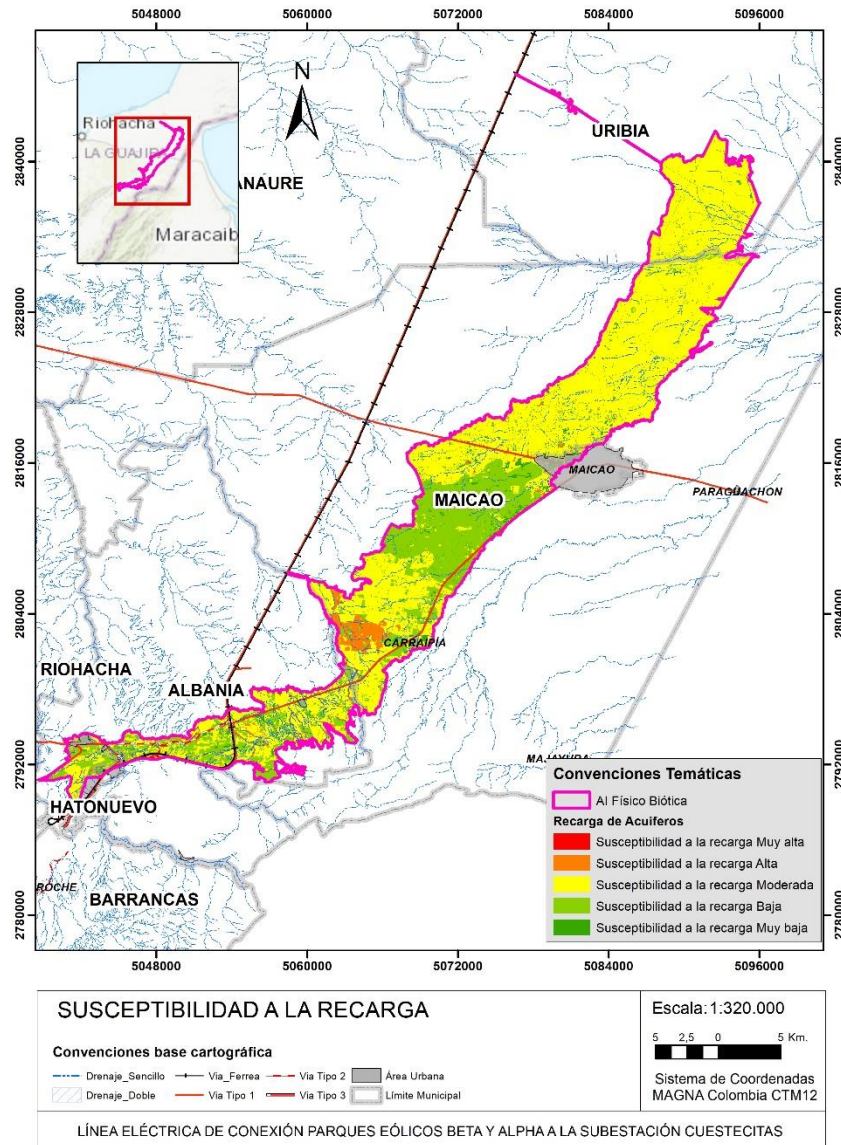


Figura 5-25 Zonificación de la susceptibilidad a la recarga de las unidades acuíferas aflorantes el proyecto "Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas"

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

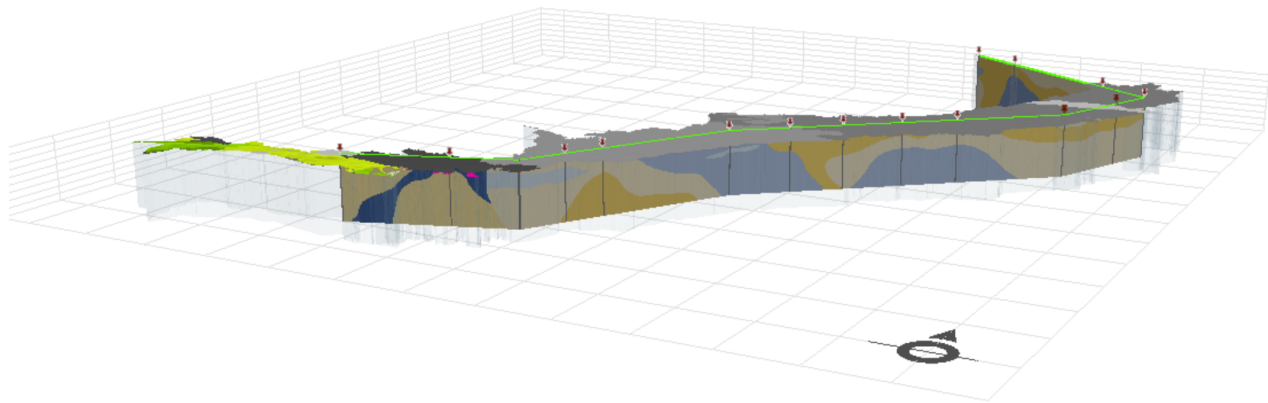
5.1.9.1.7 Representación tridimensional del modelo hidrogeológico conceptual

En el área de influencia físico – biótica Estudio De Impacto Ambiental Línea Eléctrica De Conexión Parques Eólicos Beta Y Alpha A Subestación Cuestecitas, se evidencia un predominio de unidades

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

hidrogeológicas de tipo A4, caracterizada constituidas por sedimentos o rocas con flujo esencialmente intergranular.

El agua subterránea es aprovechada de manera predominante a través de pozos de agua subterránea cuya agua tiene un comportamiento hidrogeoquímico predominante bicarbonatado, el cual deriva el agua de corto tránsito. Dentro de las características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas ensayadas, se infiere un carácter de acuíferos de tipo confinados, situación que engrana con los resultados de la caracterización geofísica en donde se evidencia una presencia de capas confinantes con un predominio sedimentológico de arcillas. Las direcciones del flujo del agua subterránea no fueron encontradas convergentes hacia los cuerpos de agua superficial, situación que redundo en una ausencia de conexión hidráulica con las mismas. Las direcciones de flujo fueron encontradas desde el sur hasta el noreste siguiendo una clara tendencia hacia la costa. Las siguientes figuras representan el comportamiento geométrico de las unidades sedimentarias que conforman el área de influencia.

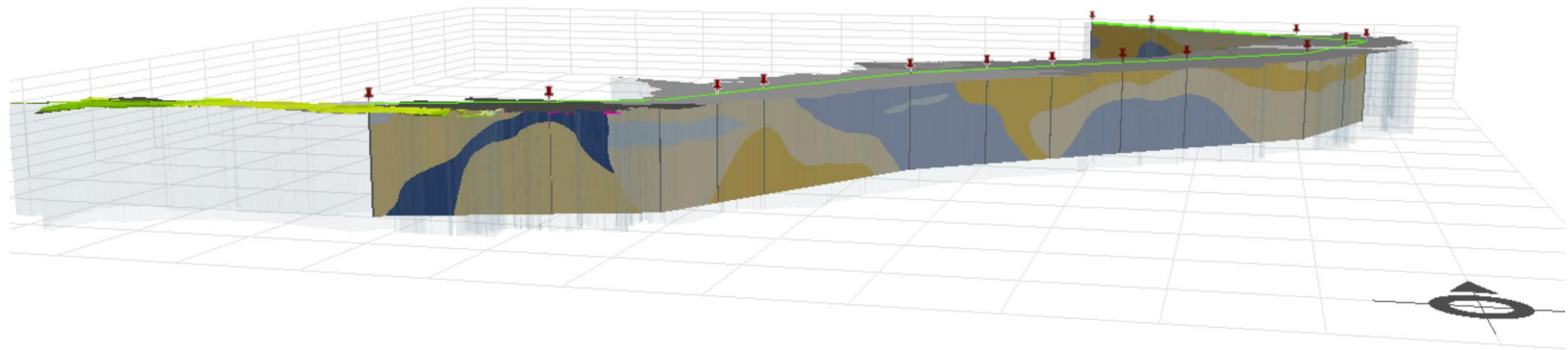


Convenciones unidades rocosas y sedimentológicas profundas			
Color	Unidad	Comportamiento hidrogeológico	Símbolo
	Arcillas	Acuitardo	Aq 1
	Arcillolitas	Acuitardo	Aq 2
	Arenas	Acuífero	Af 1
	Arenas intercaladas con arcillas	Acuífero	Af 2
	Limo arenoso	Acuífero	Af 3
	Arcillolias arenosas	Acuífero	Af 4
	Arcillas limosas	Acuitardo	Aq 3

	Línea de perfil geológico - geofísico
	Sondeo Eléctrico Vertical

Figura 5-26 Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (1)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

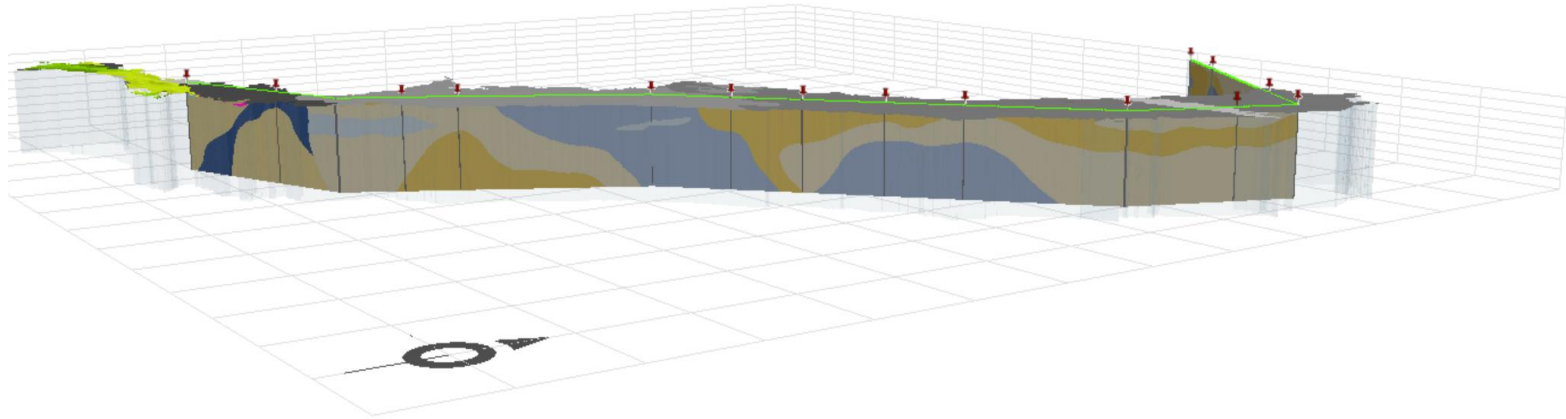


Convenciones unidades rocosas y sedimentológicas profundas			
Color	Unidad	Comportamiento hidrogeológico	Símbolo
	Arcillas	Acuitardo	Aq 1
	Arcillolitas	Acuitardo	Aq 2
	Arenas	Acuífero	Af 1
	Arenas intercaladas con arcillas	Acuífero	Af 2
	Limo arenoso	Acuífero	Af 3
	Arcillolias arenosas	Acuífero	Af 4
	Arcillas limosas	Acuitardo	Aq 3

	Línea de perfil geológico - geofísico
	Sondeo Eléctrico Vertical

Figura 5-27 Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (2)

Fuente: Geocol Consultores S.A., 20

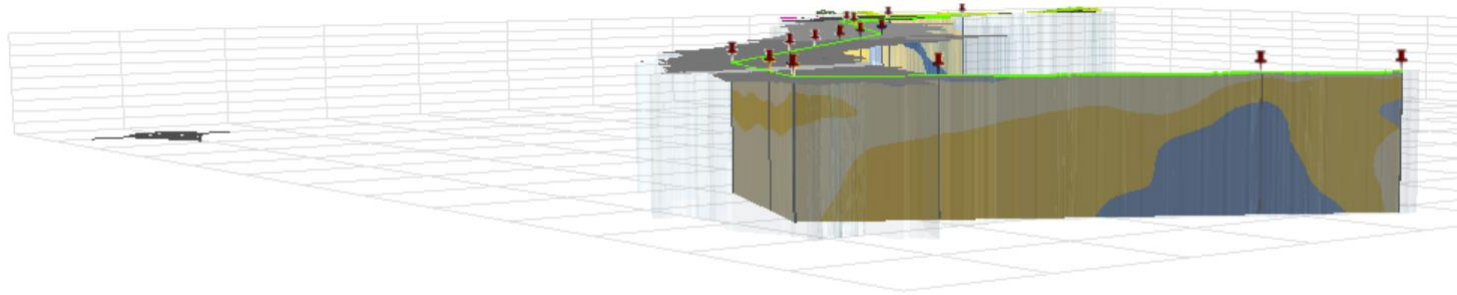


Convenciones unidades rocosas y sedimentológicas profundas			
Color	Unidad	Comportamiento hidrogeológico	Símbolo
	Arcillas	Acuitardo	Aq 1
	Arcillolitas	Acuitardo	Aq 2
	Arenas	Acuífero	Af 1
	Arenas intercaladas con arcillas	Acuífero	Af 2
	Limo arenoso	Acuífero	Af 3
	Arcillolias arenosas	Acuífero	Af 4
	Arcillas limosas	Acuitardo	Aq 3

	Línea de perfil geológico - geofísico
	Sondeo Eléctrico Vertical

Figura 5-28 Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (3)

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024



Convenciones unidades rocosas y sedimentológicas profundas			
Color	Unidad	Comportamiento hidrogeológico	Símbolo
	Arcillas	Acuitardo	Aq 1
	Arcillolitas	Acuitardo	Aq 2
	Arenas	Acuífero	Af 1
	Arenas intercaladas con arcillas	Acuífero	Af 2
	Limo arenoso	Acuífero	Af 3
	Arcillolias arenosas	Acuífero	Af 4
	Arcillas limosas	Acuitardo	Aq 3

	Línea de perfil geológico - geofísico
	Sondeo Eléctrico Vertical

Figura 5–29 Modelo hidrogeológico del área de influencia construido a partir de información geofísica de los Sondeos Eléctricos Verticales (4)

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024

5.1.9.1.8 Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

5.1.9.1.8.1 Método DRASTIC

El método DRASTIC desarrollado por (Aller et al., 1987) para la United States Environmental 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 5-30**), 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.

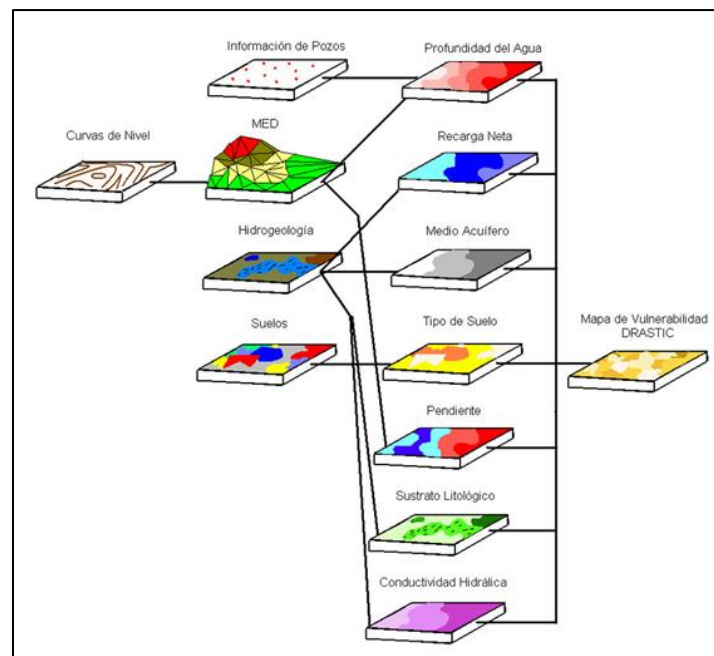


Figura 5-30 Metodología DRASTIC

Fuente: Análisis de vulnerabilidad. Agüero Valverde Rosendo Pujol Mesalle

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

Los pesos utilizados para cada variable se presentan a continuación:

Tabla 5-44 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.

- D – Profundidad del agua**

Con base en el inventario de puntos de agua subterránea se determinó para cada unidad geológica, un valor promedio de los niveles medidos en campo. A mayor profundidad en los niveles de agua, es menos probable que sea afectado por sustancias en superficie.

A continuación, se presentan los valores (Dr) establecidos por la metodología junto con el factor (Dr x Dw).

Tabla 5-45 Valores Dr establecidos por la metodología

D (PROFUNDIDAD m)	DR	DR x DW
0 – 1,5	10	50
1,5 – 4,6	9	45
4,6 – 9,1	7	35
9,1 – 15,2	5	25
15,2 – 22,9	3	15
22,9 – 30,5	2	10
> 30,5	1	5

Fuente: MAVD 2010 y Geocol Consultores S.A., 2023.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5-46 Profundidades promedio de agua y factor Dr x Dw

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	PROFUNDIDAD PROMEDIO (m)	VALOR DR x DW
A3	16	15
A4	20	15
B2	21	15
C1	> 30,5	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

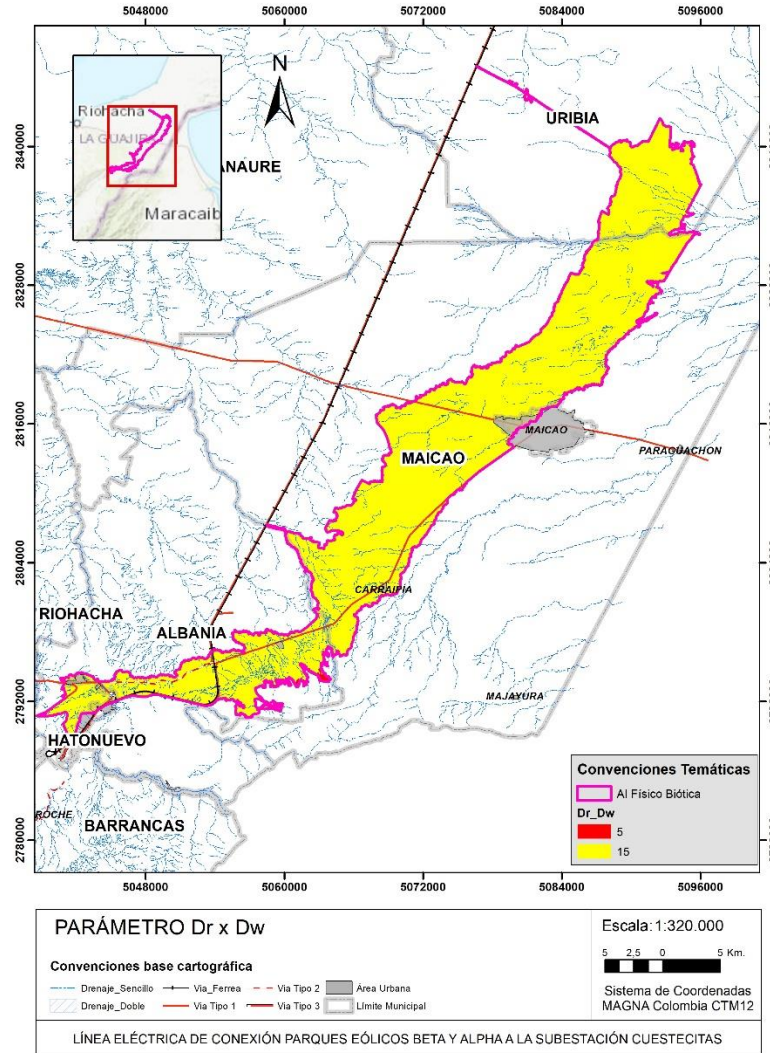


Figura 5-31 Mapa de factor Dr x Dw

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

- **R – Recarga Neta**

La recarga neta se refiere al volumen de agua que alimenta el acuífero en promedio por año, un dato que se deriva del balance hídrico de la zona.

El valor de la recarga ha sido calculado por cada unidad textural de suelo.

A continuación, se presentan los valores (Rr) establecidos por la metodología junto con el factor (Rr x Rw).

Tabla 5-47 **Valores Rr establecidos por la metodología**

R (RECARGA MM/AÑO)	Rr	Rr x Rw
0 – 50	1	4
50 – 103	3	12
103 – 178	6	24
178 – 254	8	32

R (RECARGA MM/AÑO)	Rr	Rr x Rw
> 254	9	36

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5–48 Valor de recarga neta y factor Rr x Rw

TEXTURA DE SUELO	VALOR DE RECARGA (mm/año)	VALOR RR x RW
Arcillosa	44	4
Franco Arcillosa	92	12
Franco Arenosa	112	12

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

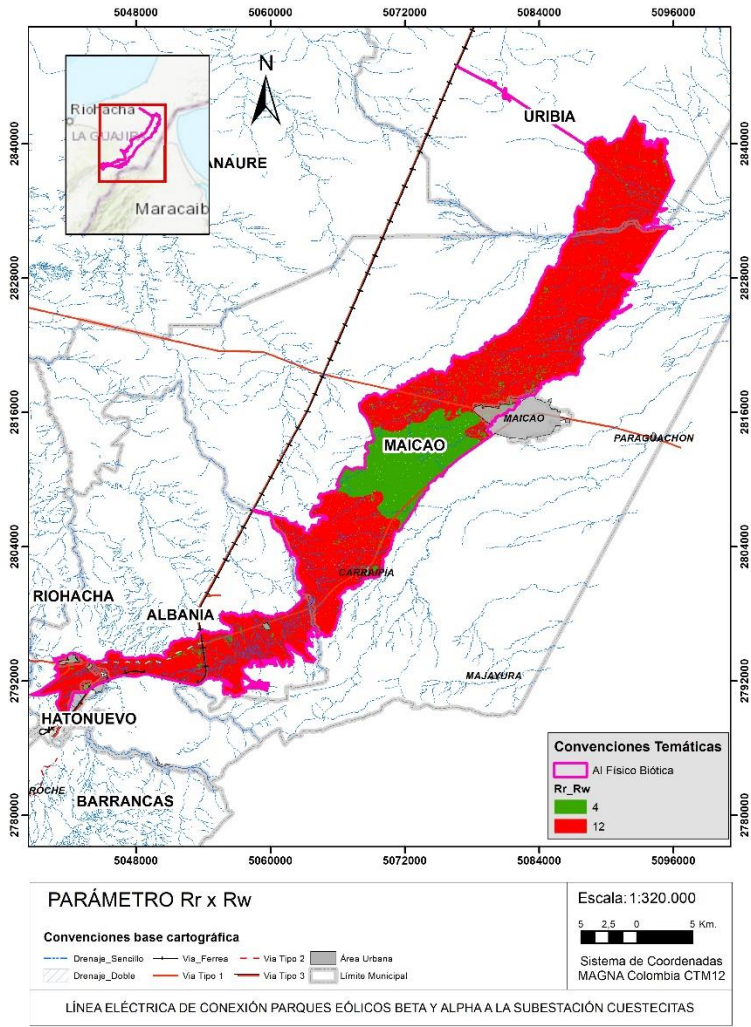


Figura 5–32 Mapa de factor Rr x Rw

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

• **A (litología del acuífero)**

Con base en la caracterización geológica e hidrogeológica se determinaron las diferentes litologías para el área de influencia. Rocas o sedimentos finos tendrán valores bajos debido que no tienen una

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

buena conductividad hidráulica, por el contrario, acuíferos con altos valores de permeabilidad, como arenas, gravas y rocas con grandes fracturas tendrán valores más altos.

A continuación, se presentan los valores (A_r) establecidos por la metodología junto con el factor ($A_r \times A_w$).

Tabla 5-49 Valores A_r establecidos por la metodología

A (LITOLOGÍA DEL ACUÍFERO)	A_r	$A_r \times A_w$
Lutita masiva	(1-3) = 1	3
Metamórfica/Ígnea	(2-5) = 2	6
Metamórfica/Ígnea meteorizada	(3-5) = 4	12
Arenas y gravas de origen glacial	(4-6) = 5	15
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	(5-9) = 5	18
Arenisca masiva	(4-9) = 5	15
Caliza masiva	(4-9) = 4	12
Arena o grava	(4-9) = 8	24
Basaltos	(2-10) = 2	6
Caliza kárstica	(9-10) = 10	30

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5-50 Valores de A_r para las formaciones geológicas y factor $A_r \times A_w$

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA - FORMACIÓN GEOLÓGICA	VALOR A_r	VALOR $A_r \times A_w$
Depósitos Aluviales	8	24
Depósitos de Dunas de Arena	8	24
Depósitos Eólicos	8	24
Formación Colón	4	12
Formación Hato Nuevo	4	12
Formación La Quinta	5	18
Formación Molino	1	3
Formación Monguí	5	15
Grupo Cogollo	4	12

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

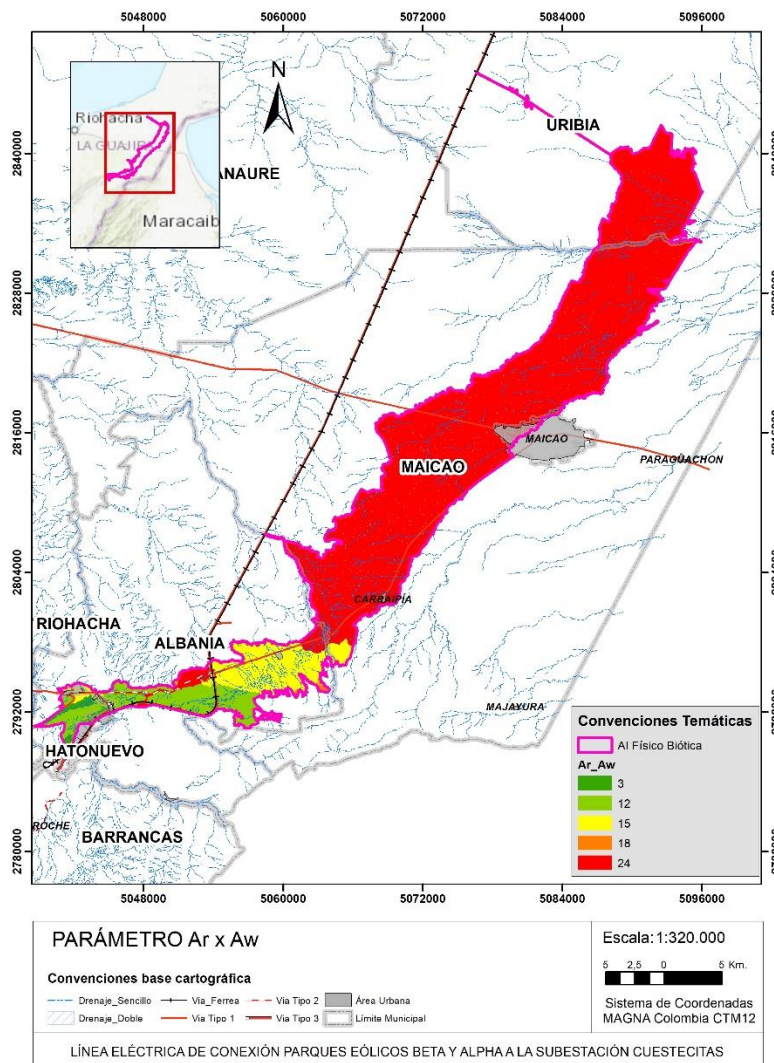


Figura 5-33 Mapa de factor Ar x Aw

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

- S (tipo de textura de suelo)**

Con base en la cartografía de suelos realizada para el área de influencia, se estableció el tipo de suelo predominante en relación con la textura. Suelos texturas arenosas son más propensos a transmitir contaminantes al acuífero.

A continuación, se presentan los valores (Sr) establecidos por la metodología junto con el factor (Sr x Sw).

Tabla 5-51 Valores Sr establecidos por la metodología

S (TIPO DE SUELO)	Sr	Sr x Sw
Delgado o ausente	10	20
Grava	10	20
Arena	9	18
Agregado arcilloso o compactado	7	14
Arenisca margosa	6	12

S (TIPO DE SUELO)	Sr	Sr x Sw
Marga	5	10
Limo margoso	4	8
Arcilla margosa	3	6
Estiércol-cieno	2	4
Arcilla no compactada y no agregada	1	2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5-52 Sr para tipo de suelo y factor Sr x Sw

TIPO DE SUELO	Sr	VALOR Sr x Sw
Arcillosa	1	2
Franco Arcillosa	3	6
Franco Arenosa	4	8

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

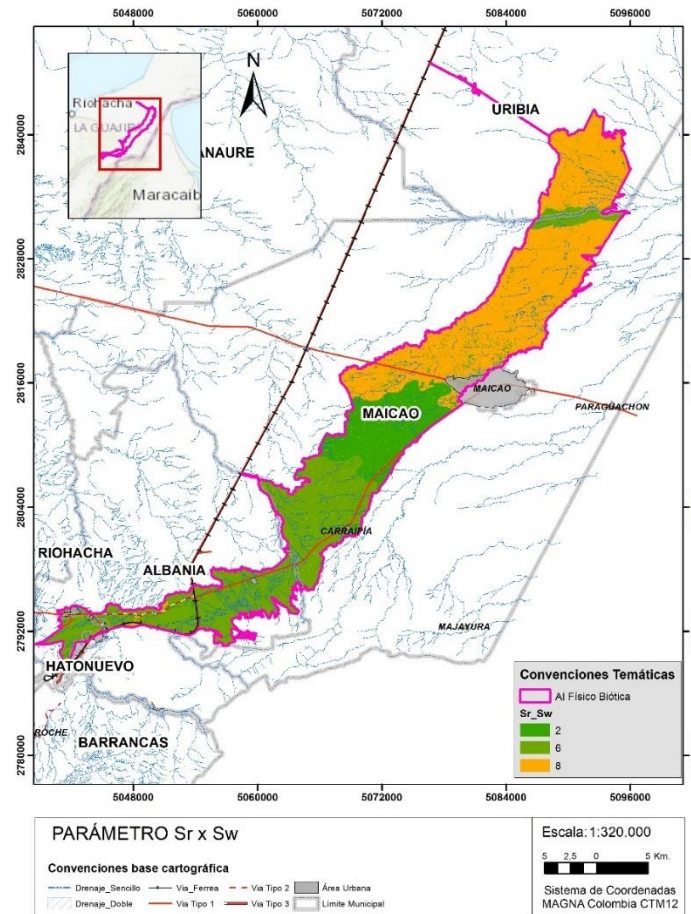


Figura 5-34 Mapa de factor Sr x Sw

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

- T (pendiente del terreno)**

Con base en el modelo de elevación digital, se establecieron diferentes rangos de pendientes para el área de influencia. Altas pendientes disminuyen la probabilidad de infiltración de fluidos en el suelo y producen aumento escorrentías.

A continuación, se presentan los valores (Tr) establecidos por la metodología junto con el factor (Tr x Tw).

Tabla 5-53 Valores Tr establecidos por la metodología

T (PENDIENTE %)	Tr	TrxTw
0 – 2	10	10
2 – 6	9	9
6 – 12	5	5
12 – 18	3	3
> 18	1	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5-54 Valores de Tr para las pendientes del AI y factor Tr x Tw

PENDIENTE	Tr	VALOR Tr x Tw
A nivel, 0-1%	10	10
Ligeramente plana, 1-3%	10	10
Ligeramente inclinada, 3-7%	9	9
Moderadamente inclinada, 7-12%	5	5
Fuertemente inclinada, 12-25%	3	3
Mayores a 25%	1	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

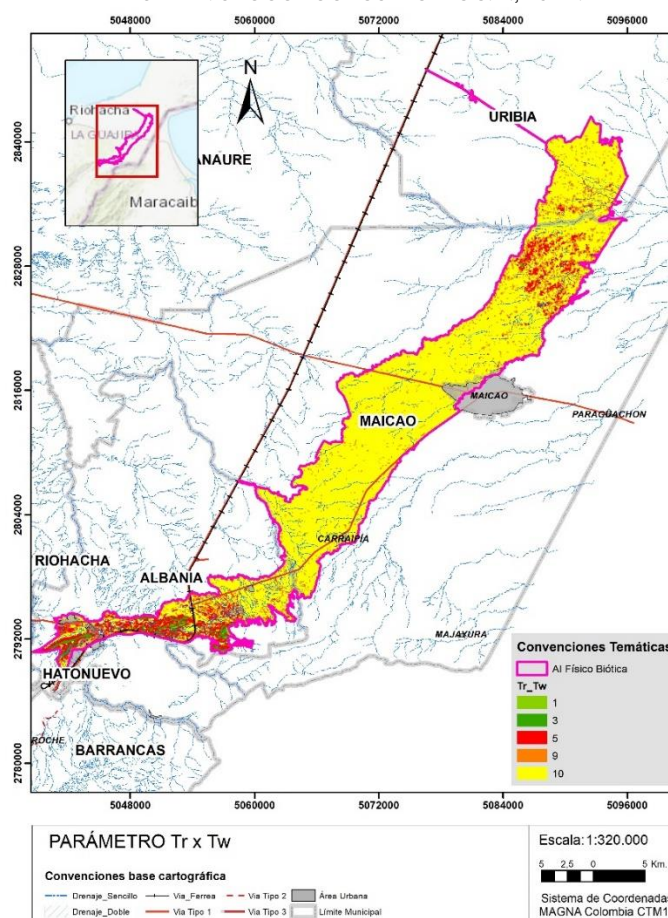


Figura 5-35 Mapa de factor Tr x Tw

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	

- **I (naturaleza de la zona no saturada)**

Con base en los SEVs y la cartografía geológica se determinó la litología de la zona no saturada, área por donde potencialmente un fluido contaminante deberá atravesar hasta llegar a los niveles de agua.

A continuación, se presentan los valores (Ir) establecidos por la metodología junto con el factor (Ir x lw).

Tabla 5-55 Valores Ir establecidos por la metodología

I (NATURALEZA DE LA ZONA NO SATURADA)	Ir	Ir x lw
Capa confinante	1	5
Cieno-arcilla	3	15
Lutita	3	15
Caliza	6	30
Arenisca	6	30
Secuencias de arenisca, caliza y lutita	4	20
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo	6	30
Metamórfica/Ígnea	4	20
Grava y arena	8	40
Basalto	9	45
Caliza kárstica	10	50

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5-56 Valor de Ir para zona no saturada y factor Ir x lw

TEXTURA DE LA ZONA NO SATURADA – FORMACIÓN GEOLÓGICA	Ir	VALOR Ir x lw
Arcillosa	3	15
Franco Arcillosa	4	20
Franco Arenosa	6	30

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.



las unidades A 3 y C1, a pesar de no contar con parámetros hidráulicos calculados a partir de pruebas de bombeo, se asumen el valor de $Cr * Cw$ de 3, toda vez que no son unidades hidrogeológicas de gran importancia o aprovechamiento en el área de estudio. Dada la anterior situación los valores asociados son los siguientes:

Tabla 5-58 Valor Cr para la conductividad hidráulica y factor $Cr * Cw$

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA - FORMACIÓN GEOLÓGICA	Cr	Valor $Cr * Cw$
A3	1	3
A4	1	3
B2	1	3
C1	1	3

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

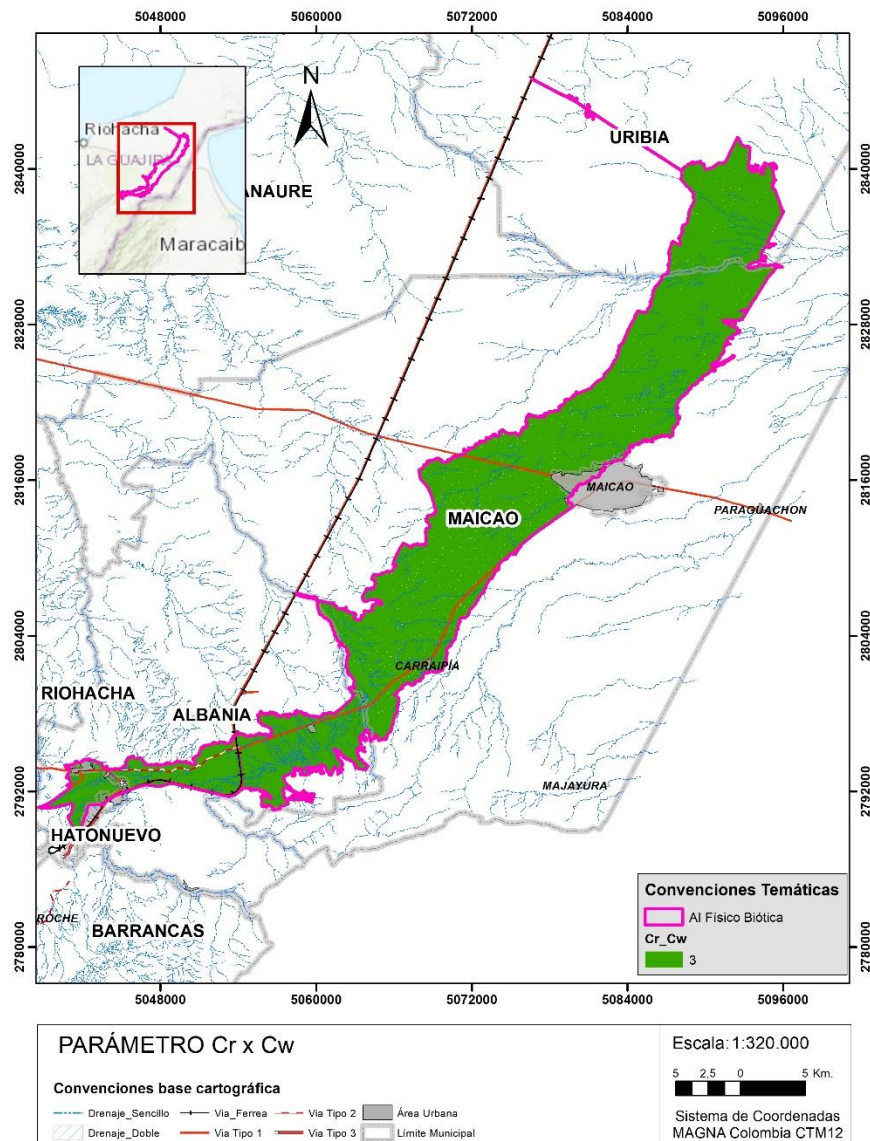


Figura 5-37 Mapa de factor $Cr * Cw$

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

- **Resultado de la evaluación**

A continuación, se presentan los valores establecidos según metodología que determinan el grado de vulnerabilidad:

Tabla 5-59 Rangos y grado de vulnerabilidad

VULNERABILIDAD	RANGO DE VALORES
Muy Bajo	23-64
Bajo	65-105
Moderado	106-146
Alto	147-187
Muy alto	188-230

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La calificación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos por la metodología de Drasctic, permite evidenciar que dentro del área de influencia físico - biótica del proyecto son predominantes los valores **susceptibilidad bajos (44890,53 ha) y muy bajos (511,72 ha)**.

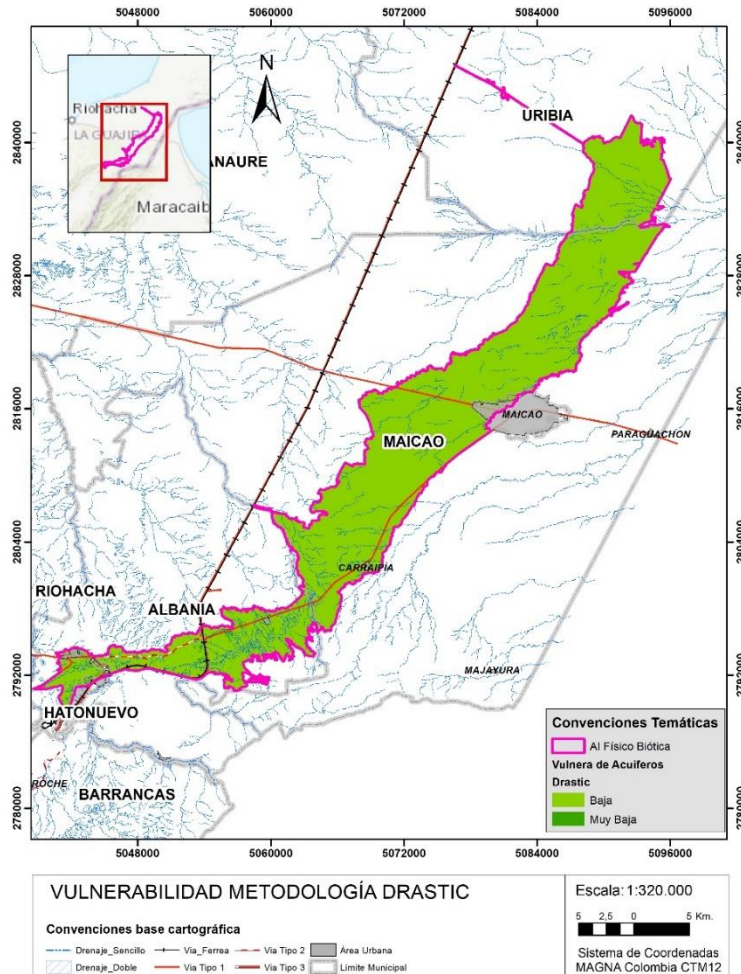


Figura 5-38 Mapa de vulnerabilidad metodología Drastic

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.



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

CAPITULO 5.1.10 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA GEOTÉCNIA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

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

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.10	Geotecnia.....	1
5.1.10.1	Factores de susceptibilidad	2
5.1.10.1.1	Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología – fracturamiento.....	2
5.1.10.1.2	Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología - unidad litológica	2
5.1.10.1.3	Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro – morfometría.....	3
5.1.10.1.4	Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro ambiente morfogenético.	4
5.1.10.1.5	Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro cobertura	5
5.1.10.2	Factores detonantes	6
5.1.10.2.1	Factor detonante por sismicidad.	6
5.1.10.2.2	Factor detonante por precipitación	8
5.1.10.3	Amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción en masa.....	8
5.1.10.3.1	Amenaza por factor detonante sismos	8
5.1.10.3.2	Amenaza por factor detonante lluvias	9
5.1.10.4	Estabilidad geotécnica.....	10
5.1.10.5	Estudio geotécnico.....	11

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

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Valoración cualitativa y cuantitativa de la estabilidad geotécnica	1
Tabla 5-2	Correlación entre los grados de amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción y de estabilidad geotécnica	1
Tabla 5-3	Descripción de los valores de amenaza y estabilidad geotécnica	2
Tabla 5-4	Valoración cuantitativa del parámetro geología – fracturamiento	2
Tabla 5-5	Valoración cuantitativa del parámetro geología – unidad litológica	2
Tabla 5-6	Valoración cuantitativa del parámetro morfometría	3
Tabla 5-7	Valoración cuantitativa del parámetro ambiente morfogenético	4
Tabla 5-8	Valoración cuantitativa del parámetro cobertura	5
Tabla 5-9	Valoración cuantitativa del factor detonante por sismicidad	7
Tabla 5-10	Valoración de la precipitación en milímetros	10
Tabla 5-11	Correlación entre los grados de amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción y de estabilidad geotécnica	11

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Representación gráfica de la valoración al parámetro geología – unidad litológica	3
Figura 5-2	Representación gráfica de la valoración al parámetro – morfometría	4
Figura 5-3	Representación gráfica de la valoración al parámetro ambiente morfogenético.	5
Figura 5-4	Representación gráfica de la valoración al parámetro cobertura	6
Figura 5-5	Representación de la valoración al parámetro detonante por sismicidad.	7
Figura 5-6	Representación del factor detonante por precipitación.	8
Figura 5-7	Representación de la amenaza por factor detonante de sismos.	9
Figura 5-8	Representación de la amenaza por factor detonante de lluvias	10
Figura 5-9	Representación gráfica de la estabilidad geotécnica	11

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

5 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.10 Geotecnia

La zonificación geotécnica desarrollada en el marco del presente estudio fue construida a partir de la “Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” publicada por el Servicio Geológico Colombiano en mayo del 2015. Esta metodología, dimensiona la amenaza relativa por los detonantes sísmico y de lluvias como la suma algebraica de los pesos de susceptibilidad y detonantes así:

$$AS = (SGf + SGul + SGMmm + SGMmg + SScu) + FS$$

$$AP = (SGf + SGul + SGMmm + SGMmg + SScu) + FP$$

Donde:

- AS = Amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción en masa por factor detonante sismos
- A = Amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción en masa por factor detonante 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 – morfometría.
- SGMmg= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro ambiente morfogenético.
- SScu= Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro cobertura
- FP = Factor detonante por precipitación.
- FS = Factor detonante por sismicidad.

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 5-1 Valoración cualitativa y cuantitativa de la estabilidad geotécnica

VALORACIÓN CUANTITATIVA	VALORACIÓN CUALITATIVA
1	Muy baja
2	Baja
3	Moderada
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2015

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 5-2 Correlación entre los grados de amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción y de estabilidad geotécnica

VALOR	AMENAZA A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
< 6	Muy baja	Muy alta
6_12	Baja	Alta
12_18	Moderada	Moderada
18_24	Alta	Baja

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

VALOR	AMENAZA A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
24_30	Muy alta	Muy baja

Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2015.

La descripción de los diferentes grados de amenaza a procesos de remoción en masa es presentada en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3 Descripción de los valores de amenaza y estabilidad geotécnica

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 las 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: Servicio Geológico Colombiano, 2015.

5.1.10.1 Factores de susceptibilidad

5.1.10.1.1 Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología – fracturamiento.

Durante la cartografía geológica realizada en el marco del Estudio De Impacto Ambiental Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, no fueron evidenciados ningún tipo de rasgo estructural que permitiera la identificación de fallas geológicas. En tal sentido, se valora el parámetro fracturamiento con un valor de 1.

Tabla 5-4 Valoración cuantitativa del parámetro geología – fracturamiento

FALLAS	VALORACIÓN
Zona sin evidencia de fallas aflorantes	1
Zona con fallas geológicas reportadas bibliográficamente	2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.1.2 Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro geología – unidad litológica

La valoración al parámetro geología – unidad litológica de la totalidad de las unidades rocosas y depósitos no consolidados sobre los cuales está localizada el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, es el presentado en la Tabla 5-5.

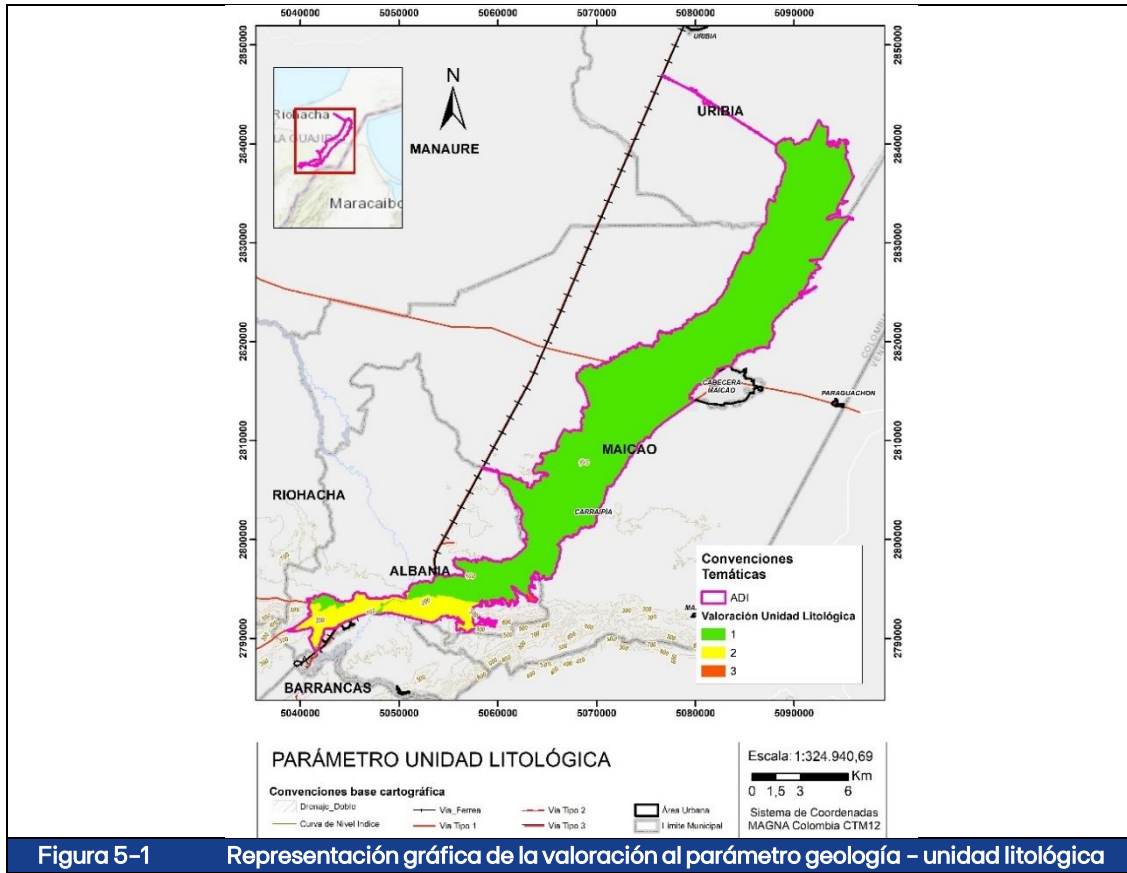
Tabla 5-5 Valoración cuantitativa del parámetro geología – unidad litológica

UNIDAD GEOLÓGICA	VALORACIÓN
Depósitos Aluviales	1
Depósitos de Dunas de Arena	1
Depósitos Eólicos	1
Formación Colón	2
Formación Hato Nuevo	2
Formación La Quinta	3

UNIDAD GEOLÓGICA	VALORACIÓN
Formación Molino	2
Formación Monguí	1
Grupo Cogollo	2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La Figura 5-1, representa gráficamente la valoración al parámetro geología – unidad litológica del área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.1.3 Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro – morfometría.

La valoración al parámetro morfometría de la totalidad de las pendientes topográficas sobre los cuales está localizada el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, es el presentado en la Tabla 5-5.

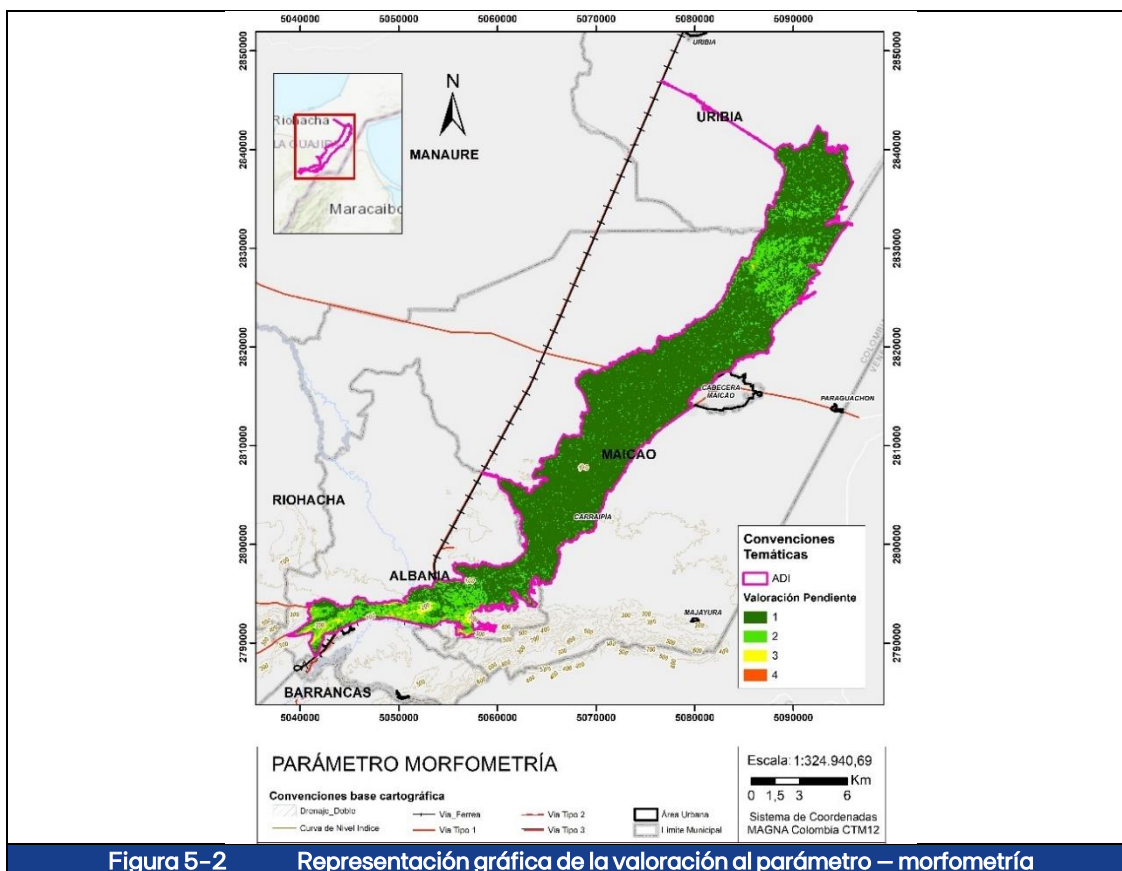
Tabla 5-6 Valoración cuantitativa del parámetro morfometría

PORCENTAJE DE PENDIENTE	VALORACIÓN
0 a 1 %	1
1 a 3 %	1
3 a 7 %	2
7 a 12 %	2
12 a 25 %	3

PORCENTAJE DE PENDIENTE	VALORACIÓN
25 a 50 %	3
50 a 75 %	4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La Figura 5-2, representa gráficamente la valoración al parámetro morfometría del área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.



5.1.10.1.4 Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro ambiente morfogenético.

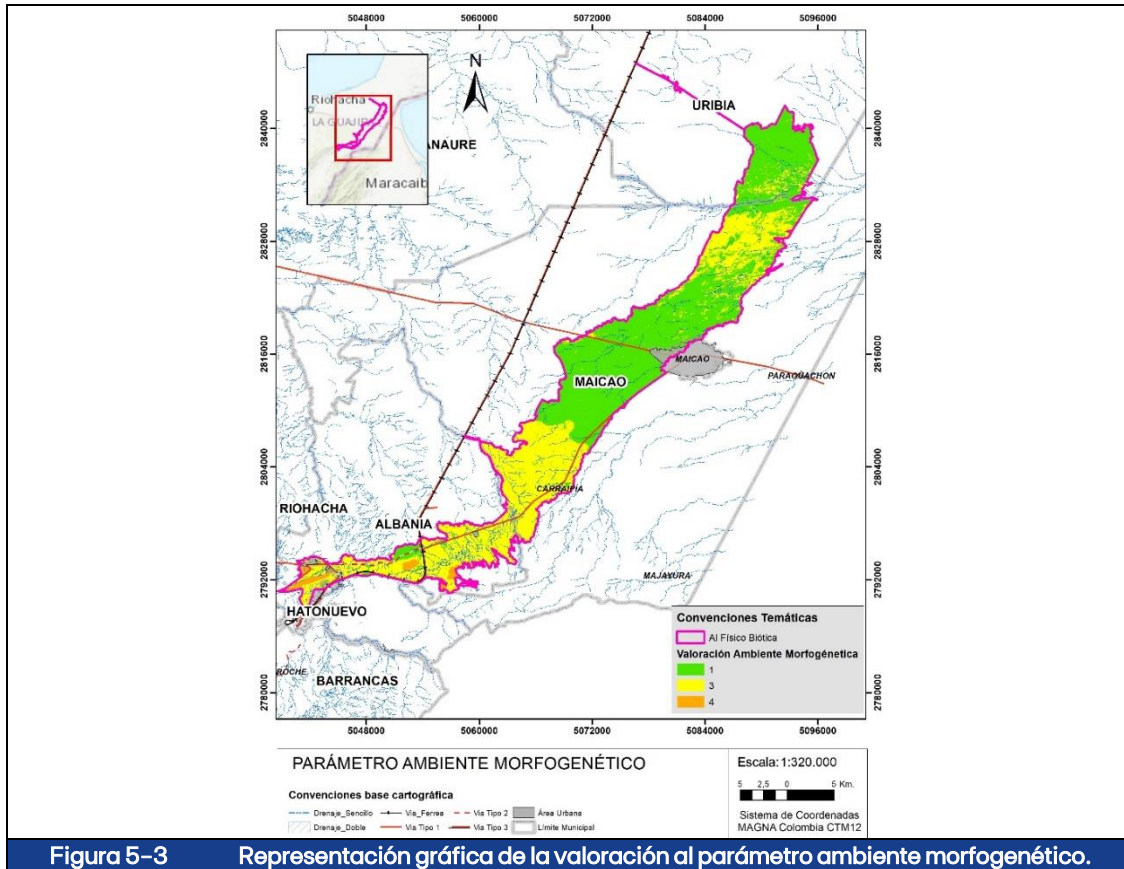
La valoración al parámetro ambiente morfogenético de la totalidad de unidades geomorfológicas sobre los cuales está localizada el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, es el presentado en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Valoración cuantitativa del parámetro ambiente morfogenético

AMBIENTE MORFOGENÉTICO	VALORACIÓN
Antrópico	1
Denudacional	3
Eólico	1
Fluvial	1
Estructural	4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La Figura 5-3 representa gráficamente la valoración al parámetro ambiente morfogenético del área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.



5.1.10.1.5 Susceptibilidad a movimientos en masa del parámetro cobertura

La valoración al parámetro cobertura de la totalidad de unidades de cobertura de la tierra sobre las cuales está localizada el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, es el presentado en la Tabla 5-8.

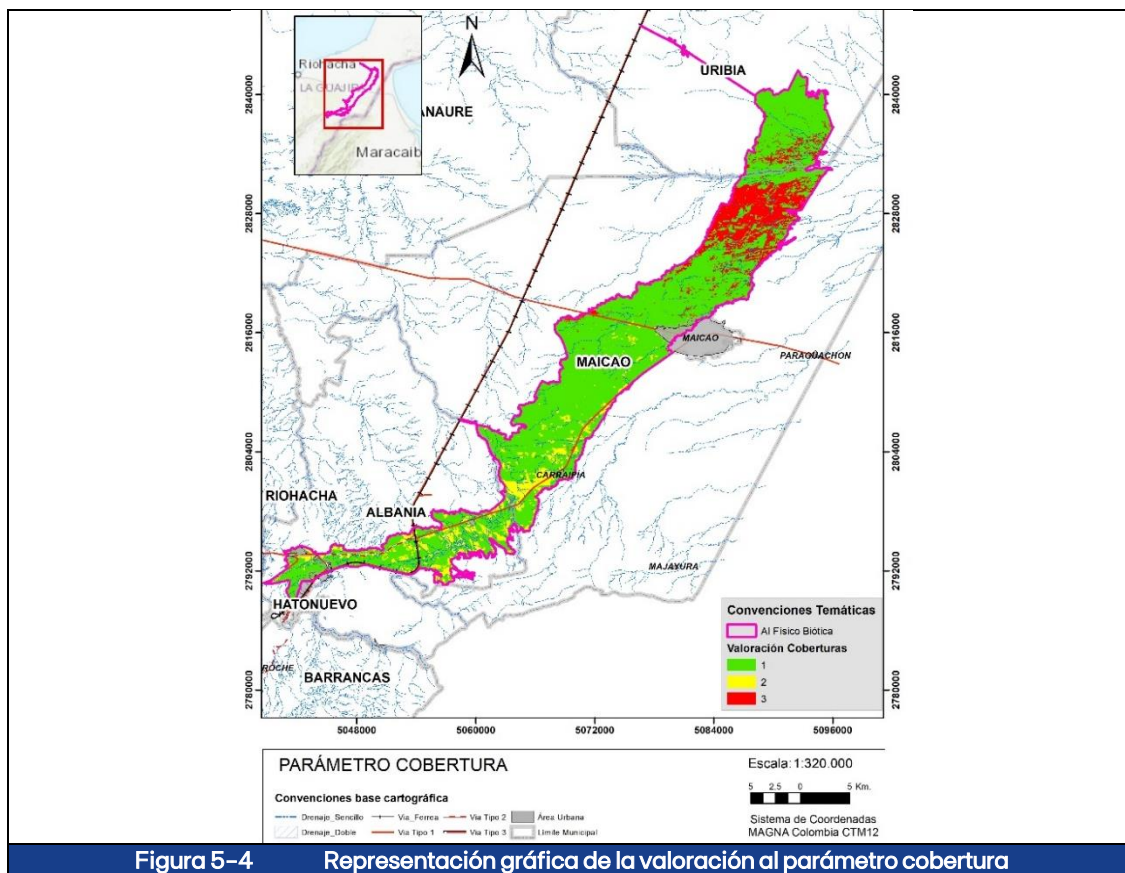
Tabla 5-8 Valoración cuantitativa del parámetro cobertura

COBERTURA	VALORACIÓN
Arbustal abierto	1
Arbustal denso	1
Áreas turísticas	1
Arroyo	1
Bosque de galería y ripario	1
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1
Cuerpos de agua artificial	1
Explotación de materiales de construcción	4
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1
Melón	1
Otras zonas industriales	1
Otros cultivos permanentes arbóreos	1
Otros cultivos transitorios	1
Pastos arbolados	1

COBERTURA	VALORACIÓN
Pastos enmalezados	1
Pastos limpios	2
Red eléctrica y territorios asociados	1
Red ferroviaria y terrenos asociados	1
Red vial y territorios asociados	1
Relleno sanitario	1
Ríos	1
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	1
Tierras desnudas y degradadas	3
Vegetación secundaria alta	1
Vegetación secundaria baja	2
Yuca	1
Zonas pantanosas	1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La Tabla 5-2 representa gráficamente la valoración al parámetro cobertura del área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.2 Factores detonantes

5.1.10.2.1 Factor detonante por sismicidad.

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 cm/s²). El valor del parámetro Aa 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).

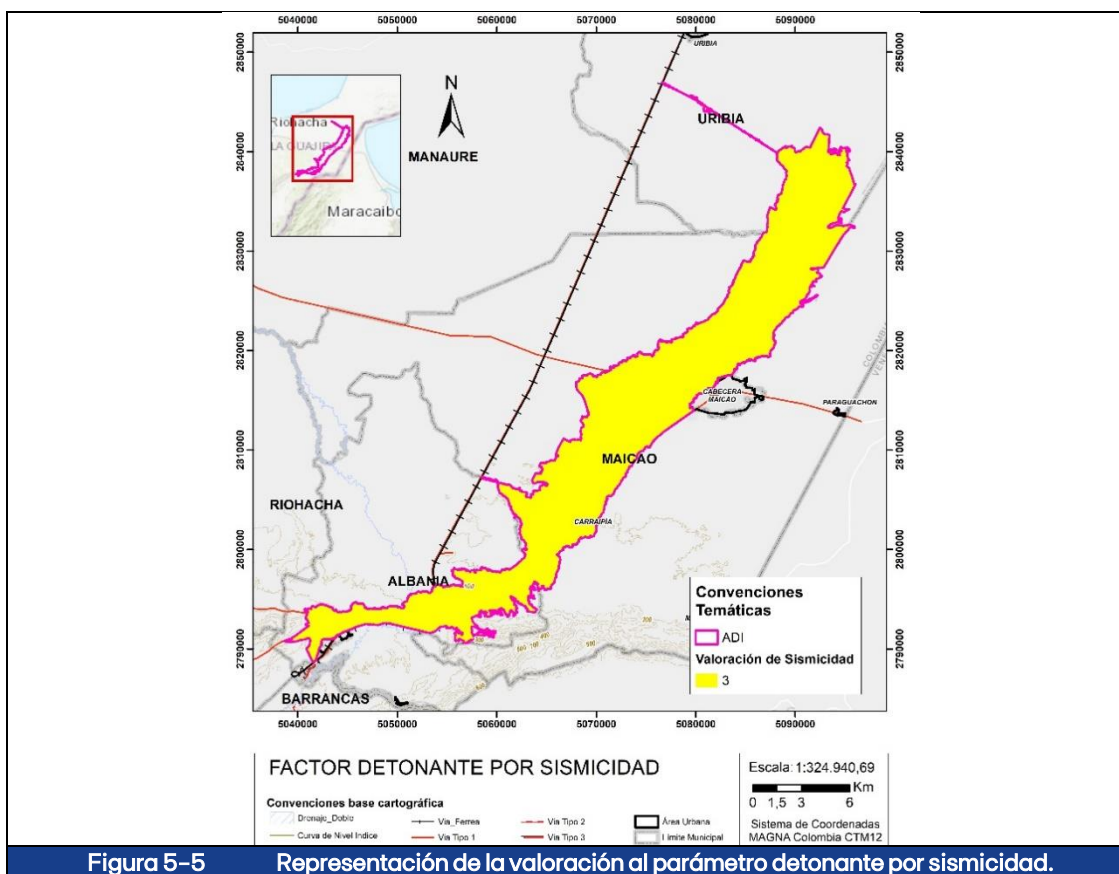
El área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, se ubica sobre un sector de media propagación de la energía en el terreno con amenaza media. El valor de aceleración máxima horizontal es en promedio de 150 cm/s², lo cual quiere decir que los sismos que ocurran en dicha zona pasan por un proceso de amortiguamiento cortical que disminuye progresivamente la energía que va en ascenso (Taboada et al., 1998).

Tabla 5–9 Valoración cuantitativa del factor detonante por sismicidad

FACTOR SISMOS	VALORACIÓN
Media	3

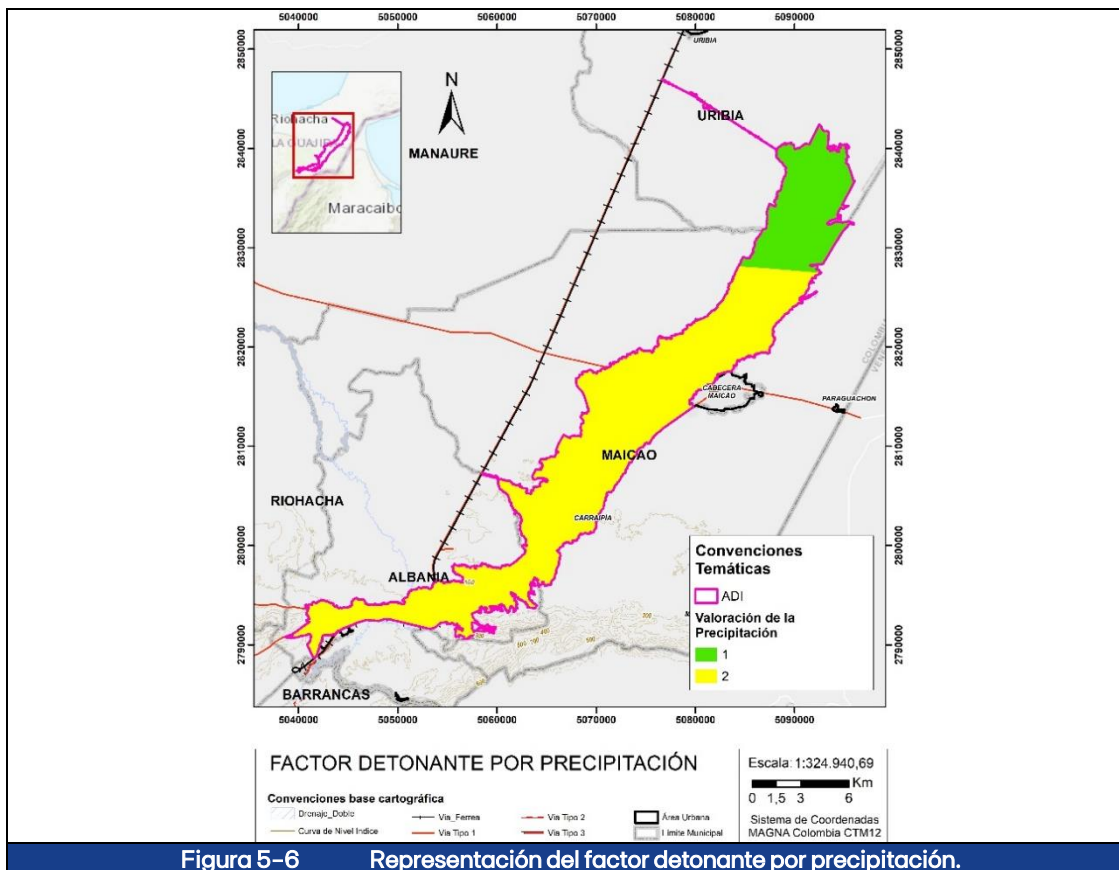
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

La **Figura 5–5** representa gráficamente la valoración de la amenaza sísmica del área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas.



5.1.10.2.2 Factor detonante por precipitación

El factor detonante por precipitación, es crucial para evaluar la respuesta del terreno ante lluvias intensas. Una alta pluviosidad puede saturar el suelo, disminuyendo su cohesión y estabilidad, afectando la integridad de la infraestructura. En el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas la valoración de la precipitación es 1 y 2, siendo 1 en los lugares con más bajas precipitaciones (**Figura 5-6**).



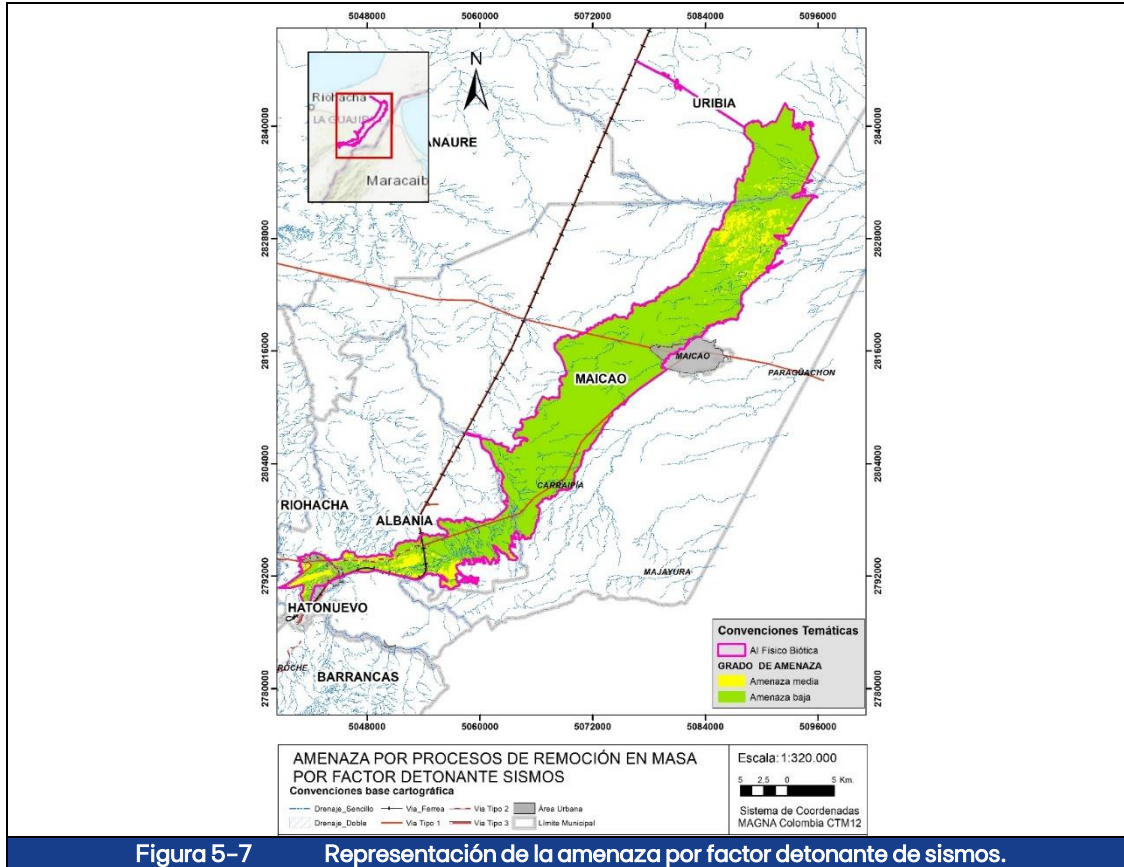
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.3 Amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción en masa

5.1.10.3.1 Amenaza por factor detonante sismos

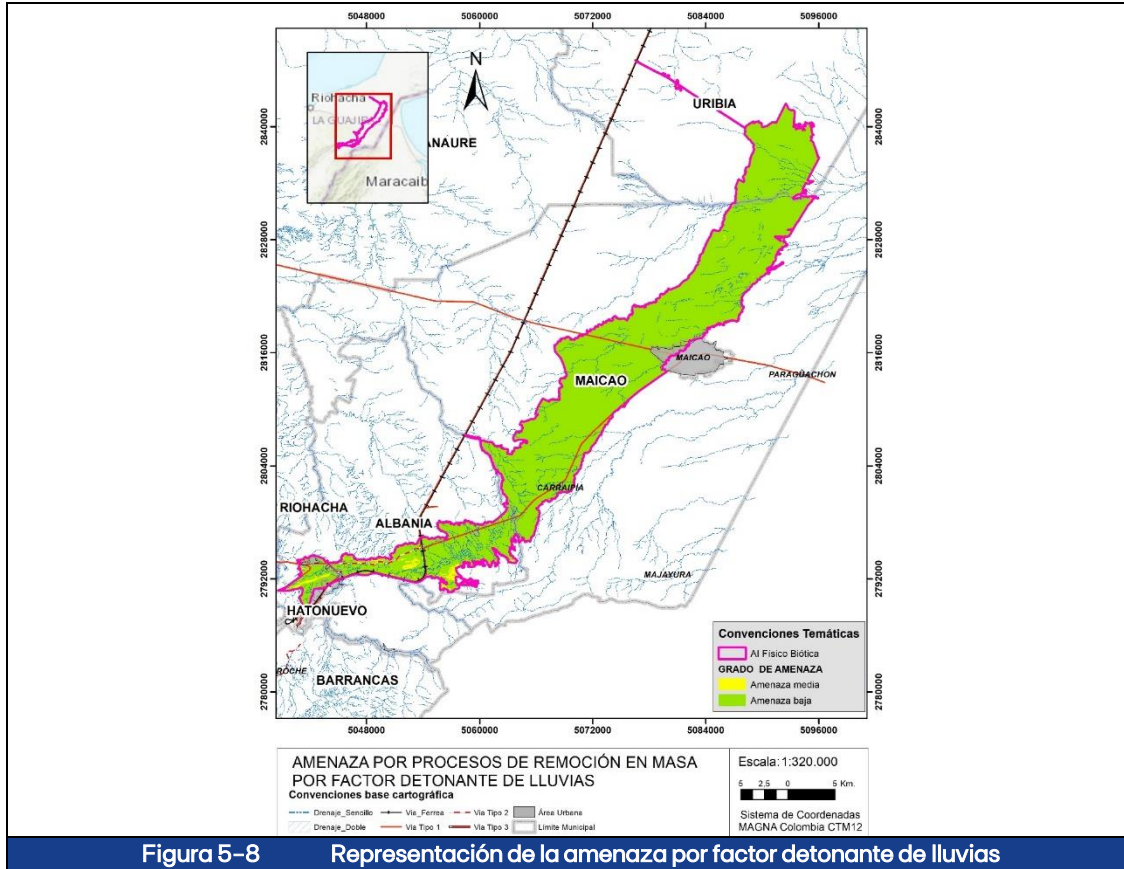
La evaluación de la amenaza sísmica demuestra áreas con distintos niveles de susceptibilidad a los efectos de los sismos, identificando zonas donde la amplificación sísmica, la licuefacción del suelo y la estabilidad de laderas pueden ser críticos. Estos resultados, permiten comprender cómo las características del subsuelo, combinadas con la intensidad y frecuencia de los eventos sísmicos, influyen en el comportamiento del terreno.

En el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, el grado de amenaza por sismos varía de baja a moderada, siendo baja la menor probabilidad de sufrir daños (**Figura 5-7**).



5.1.10.3.2 Amenaza por factor detonante lluvias

El análisis de la amenaza por lluvias, evidencia zonas con distintos niveles de susceptibilidad a los efectos de las precipitaciones intensas, en donde los resultados permiten comprender cómo las características del subsuelo, combinadas con la intensidad y frecuencia de las lluvias, influyen en el comportamiento del terreno, dando a lugar procesos de remoción en masa. En el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, el grado de amenaza por procesos de remoción en masa es baja y moderada, siendo baja la poca probabilidad de tener este tipo de procesos (Figura 5-8).



El área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, presenta valores de precipitación mínimos de 650 mm y máximos de 1001 mm anuales.

Tabla 5-10 Valoración de la precipitación en milímetros

PRECIPITACIÓN (MM)		VALORACIÓN
0	250	1
251	500	1
501	750	1
751	1000	2
1001	1250	2
1251	1500	3
1501	1750	3
1751	2000	4
2001	2250	4
2251	2500	5
2501	2700	5

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.4 Estabilidad geotécnica

La Figura 5-9 Representación gráfica de la estabilidad geotécnica, proporciona una representación visual de la distribución espacial de la estabilidad en el área, lo que facilita la identificación de zonas críticas. Esta fue construida a partir del proceso de álgebra de mapas, entre factores de susceptibilidad y factores detonantes.

La relación entre los grados de amenaza a procesos de remoción en masa y la estabilidad geotécnica usada son los presentados en la Tabla 5-11.

Tabla 5-11 Correlación entre los grados de amenaza a la ocurrencia de procesos de remoción y de estabilidad geotécnica

VALOR	AMENAZA A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
< 6	Muy baja	Muy alta
6_12	Baja	Alta
12_18	Moderada	Moderada
18_24	Alta	Baja
24_30	Muy alta	Muy baja

Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2015.

En el área de influencia Físico – Biótica de la Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas, se encuentra una estabilidad geotécnica entre Alta con 41316,55 ha y Moderada con 4085,70 ha, siendo alta en zonas con baja susceptibilidad a la ocurrencia de procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa.

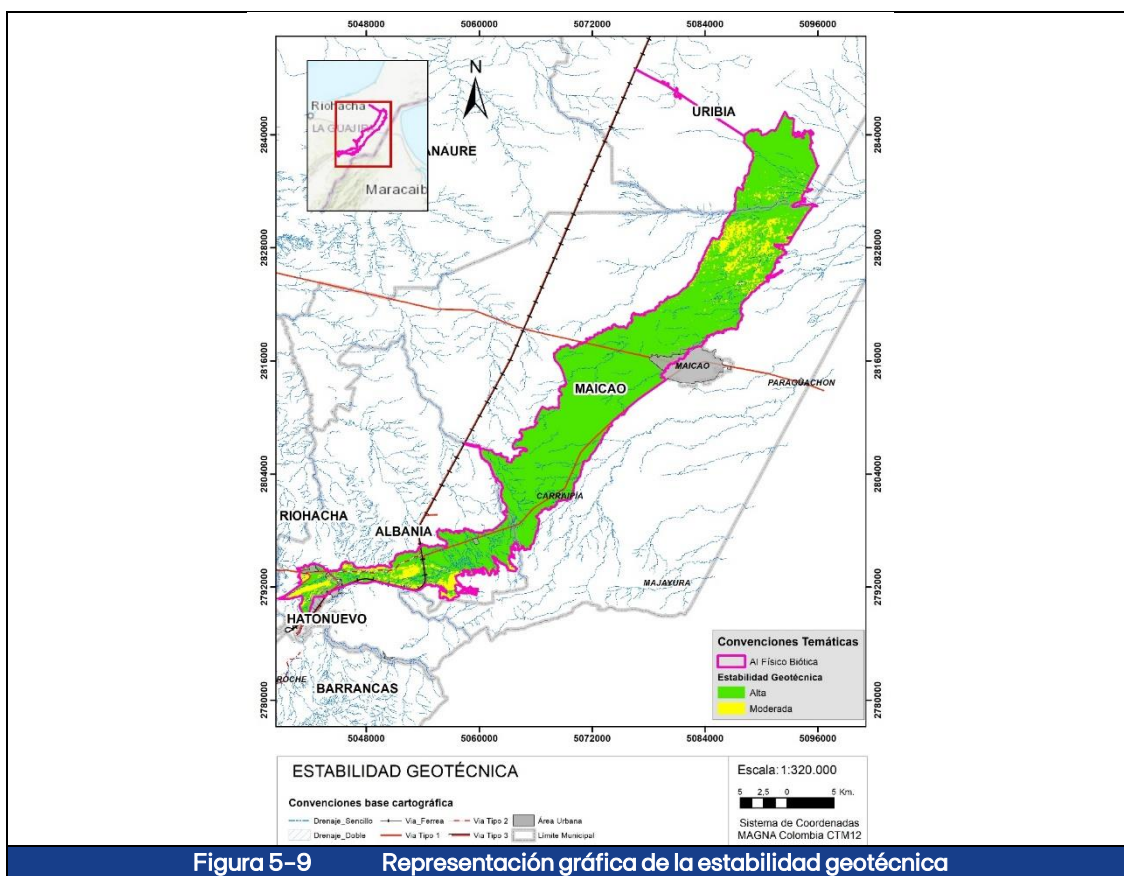


Figura 5-9 Representación gráfica de la estabilidad geotécnica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024.

5.1.10.5 Estudio geotécnico

Con la finalidad de caracterizar geotécnicamente la línea de transmisión fue realizado el “Estudio de Suelos para la Línea de Transmisión Alpha – Cuestecitas”, ubicada en los municipios de Albania y Maicao. En estudio en mención y sus diferentes anexos presentados en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.10 Geotécnica.



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

CAPITULO 5.1.11 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA ATMÓSFERA



NOVIEMBRE 2024

Elaboró	Revisó y Aprobó	
Geocol Consultores	EDP Renewables	ISA Intercolombia

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.11	Atmósfera	1
5.1.11.1	Clima	1
5.1.11.1.1	Selección de las estaciones meteorológicas	2
5.1.11.1.2	Análisis de precipitación	4
5.1.11.1.2.1	Identificación de datos anómalos (outliers)	7
5.1.11.1.2.2	Imputación de datos	10
5.1.11.1.2.3	Análisis de homogeneidad y tendencia	12
5.1.11.1.2.4	Descripción climática – Precipitación	17
5.1.11.1.3	Análisis de la temperatura	22
5.1.11.1.3.1	Identificación de datos anómalos (outliers)	23
5.1.11.1.3.2	Imputación de datos	24
5.1.11.1.3.3	Análisis de homogeneidad y tendencia	26
5.1.11.1.4	Temperatura	31
5.1.11.1.5	Evapotranspiración potencial	41
5.1.11.1.6	Evapotranspiración real	45
5.1.11.1.7	Fenómenos macro climáticos	47
5.1.11.1.7.1	Índice Oceánico (ONI)	49
5.1.11.1.7.2	Índice de Oscilación SOI	52
5.1.11.1.8	Descripción general de variables climatológicas	58
5.1.11.1.8.1	Humedad relativa	59
5.1.11.1.8.2	Nubosidad	65
5.1.11.1.8.3	Brillo Solar	67
5.1.11.1.8.4	Evaporación	69
5.1.11.1.8.5	Dirección y velocidad del viento	70
5.1.11.1.9	Radiación solar	76
5.1.11.1.10	Presión atmosférica	78
5.1.11.1.11	Balance hidroclimático	80
5.1.11.1.12	Zonificación Climática	83
5.1.11.2	Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas	84
5.1.11.2.1	Fuentes fijas	84
5.1.11.2.1.1	Fuentes fijas dispersas	85
5.1.11.2.1.2	Fuentes fijas lineales	104
5.1.11.2.2	Fuentes móviles	105
5.1.11.2.3	Fuentes de área	115
5.1.11.2.3.1	Minería	115
5.1.11.3	Factores de emisión	115
5.1.11.3.1	Cálculo de emisión para fuentes fijas dispersas	115
5.1.11.3.2	Calculo emisión fuentes móviles	118
5.1.11.4	Identificación de asentamientos poblaciones, viviendas, infraestructura social expuesta a contaminación atmosférica	120
5.1.11.5	Calidad del aire	127
5.1.11.5.1	Resultados y análisis de resultados	133
5.1.11.5.1.1	Concentraciones de PM ₁₀ vs norma	133
5.1.11.5.1.2	Concentraciones de PM _{2.5} vs norma	135
5.1.11.5.1.3	Concentraciones de SO ₂ vs norma	137
5.1.11.5.1.4	Concentraciones de NO ₂ vs norma	138
5.1.11.5.1.5	Concentraciones de CO vs norma	139

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

5.1.11.5.1.6	Concentraciones de O ₃ vs norma	141
5.1.11.5.1.7	Conclusiones de los monitoreos de calidad de aire	143
5.1.11.6	Ruido	144
5.1.11.6.1	Marco legal	144
5.1.11.6.2	Identificación de posibles generadores de ruido	145
5.1.11.6.3	Identificación de receptores de ruido	146
5.1.11.6.4	Monitoreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental)	147
5.1.11.6.5	Resultados del monitoreo de ruido	155
5.1.11.6.6	Análisis de correlación de datos en escenario base	161
5.1.11.6.7	Conclusiones de los monitoreos de ruido	167

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

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Estaciones seleccionadas	3
Tabla 5-2	Temporalidad de los registros / % de datos faltantes	5
Tabla 5-3	Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen.	7
Tabla 5-4	Resultados prueba de Grubbs	9
Tabla 5-5	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit.	13
Tabla 5-6	Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación	16
Tabla 5-7	Valores medios de precipitación mensual de las estaciones (mm)	18
Tabla 5-8	Valores mínimos de precipitación mensual de las unidades hidrográficas (mm)	18
Tabla 5-9	Valores máximos de precipitación mensual de las unidades hidrográficas (mm)	18
Tabla 5-10	Temporalidad de los registros / % de datos faltantes	22
Tabla 5-11	Resultados Test de Grubbs.	23
Tabla 5-12	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura media	27
Tabla 5-13	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura mínima	28
Tabla 5-14	Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura máxima	28
Tabla 5-15	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media	29
Tabla 5-16	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima	29
Tabla 5-17	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima	29
Tabla 5-18	Valores promedio de temperatura media °C	32
Tabla 5-19	Valores promedio de temperatura mínima	34
Tabla 5-20	Valores de temperatura Máxima.	37
Tabla 5-21	Valores de Temperatura (°C) utilizados para la determinación de las Isotermas	39
Tabla 5-22	Resultados Históricos de la ETP para la estación La Mina Cerrejón - AUT [15065501] ...	41
Tabla 5-23	Resultados históricos de la ETP para la estación Escuela Agrícola Carraipia - Aut [15085030]	42
Tabla 5-24	Resultados históricos de la ETP para la estación Manaure [15075030]	43
Tabla 5-25	Resultados históricos de la ETP para la estación Rancho Grande [15085040]	44
Tabla 5-26	Valores de Evapotranspiración real (m)	46
Tabla 5-27	Índice ONI reportado por la NOAA	49
Tabla 5-28	Correlación de residuos ONI y SOI	58
Tabla 5-29	Estaciones empleadas en el análisis de cada parámetro	58
Tabla 5-30	Temporalidad de los registros de las estaciones climatológicas	59
Tabla 5-31	Porcentaje de datos faltantes de las estaciones climatológicas de interés	59
Tabla 5-32	Humedad relativa (%) media mensual de las estaciones cercanas al área de estudio. ...	60
Tabla 5-33	Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual multianual	61
Tabla 5-34	Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual	62
Tabla 5-35	Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual	63
Tabla 5-36	Escala Utilizada Para Cifrar la Cantidad de Nubes (Octas)	65
Tabla 5-37	Nubosidad (Octas) registrada en las estaciones analizadas	65
Tabla 5-38	Escala Utilizada Para Cifrar la Cantidad de Nubes (Octas)	66
Tabla 5-39	Brillo solar (horas) media mensual de la estación La Mina Cerrejon.	67
Tabla 5-40	Brillo Solar (horas) mensual Multianual del área de influencia	68
Tabla 5-41	Evaporación media mensual multianual de la estación La Mina.	69
Tabla 5-42	Valores mensuales de velocidad de viento (m/s) de la estación analizada La Mina Cerrejon	70
Tabla 5-43	Clasificación del viento a partir del rango de velocidades	71
Tabla 5-44	Frecuencias de velocidad y dirección de vientos estación La Mina Cerrejón	72
Tabla 5-45	Rosas de vientos mensuales estación La Mina Cerrejón (2018 - 2022)	74
Tabla 5-46	Presión atmosférica mensual estimada para el área de influencia	79
Tabla 5-47	Balance hídrico: estación La Mina CERREJÓN (*)	80

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

Tabla 5-48	Balance hídrico: estación La Escuela AGRÍCOLA Carraipia	81
Tabla 5-49	Balance hídrico: estación Rancho Grande	82
Tabla 5-50	Denominación Termal	83
Tabla 5-51	Denominación de Precipitación	83
Tabla 5-52	Zonificación climática según la metodología Caldas Lang Modificado	83
Tabla 5-53	Inventario de fuentes fijas dispersas en el AI del proyecto	86
Tabla 5-54	Localización y descripción de los puntos de aforo	107
Tabla 5-55	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD1 El Entronque	109
Tabla 5-56	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD2 Vía antigua Maicao – Uribia	110
Tabla 5-57	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD3 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo pavimentado Maicao – Carraipía – Albania	110
Tabla 5-58	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD4 Vía privada Cerrejón Albania – Maicao	110
Tabla 5-59	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD5 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo destapado Maicao – Cuestecitas	110
Tabla 5-60	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD6 Vía salida glorieta Albania – Cuestecitas	111
Tabla 5-61	Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD7 Vía Nacional Ruta 9010 Maicao – Riohacha	111
Tabla 5-62	Fuentes de área – Minería	115
Tabla 5-63	Emisiones por cocinas de leña	117
Tabla 5-64	Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados públicos	117
Tabla 5-65	Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados	117
Tabla 5-66	FE de resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vía no pavimentada	118
Tabla 5-67	FE de resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vía pavimentada	118
Tabla 5-68	Emisiones móviles por resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vías pavimentadas y no pavimentadas	118
Tabla 5-69	Emisiones móviles	119
Tabla 5-70	Receptores expuestos a fuentes de contaminación	120
Tabla 5-71	Ecosistemas estratégicos expuestos a contaminación atmosférica	122
Tabla 5-72	Estaciones de monitoreo de la calidad de aire	129
Tabla 5-73	Referencia normativa para los análisis de calidad del aire en Colombia	132
Tabla 5-74	Puntos de corte del ICA	132
Tabla 5-75	Concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀) en las estaciones de Monitoreo	133
Tabla 5-76	ICA de PM ₁₀ en los puntos de monitoreo	134
Tabla 5-77	Concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	135
Tabla 5-78	ICA de PM _{2.5} en los puntos de monitoreo	136
Tabla 5-79	Concentraciones Dióxido de Azufre (SO ₂) en las estaciones de monitoreo	137
Tabla 5-80	Concentraciones Diarias Dióxidos de Nitrógeno NO ₂ en las estaciones de Monitoreo	138
Tabla 5-81	ICA de NO ₂ en los puntos de monitoreo	139
Tabla 5-82	Concentraciones Monóxido de Carbono (CO) en las estaciones de monitoreo	139
Tabla 5-83	ICA de CO en los puntos de monitoreo	141
Tabla 5-84	Concentraciones diarias promedio de O ₃ en las estaciones de monitoreo	141
Tabla 5-85	ICA de O ₃ en los puntos de monitoreo	142
Tabla 5-86	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB (A), según la Resolución 627 de 2006	144
Tabla 5-87	Posibles fuentes de emisión de ruido	145
Tabla 5-88	Receptores de ruido presentes en el área de influencia	146
Tabla 5-89	Descripción puntos de monitoreo de Ruido	149
Tabla 5-90	Resultados mediciones de ruido ambiental diurno – día hábil	156
Tabla 5-91	Resultados mediciones de ruido ambiental diurno – jornada no hábil	157
Tabla 5-92	Resultados mediciones de ruido ambiental nocturno – día hábil	159
Tabla 5-93	Resultados mediciones de ruido ambiental nocturno – día no hábil	160

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

Tabla 5-94	Conjunto de datos resultantes de las campañas de monitoreo de ruido ambiental en día hábil para periodo diurno	162
Tabla 5-95	Datos para análisis de correlación	163
Tabla 5-96	Objetivos de calidad para modelos de calidad del aire establecidos por la Unión Europea	166
Tabla 5-97	Resumen de resultados de los estadísticos de correlación para los resultados del modelo en línea base de correlación de datos escenario base modelado vs resultado de monitoreo, para todos los puntos evaluados	166

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Ubicación espacial de las estaciones	3
Figura 5-2	Polígonos de Thiessen	6
Figura 5-3	Análisis Box Plots	9
Figura 5-4	Datos imputados precipitación total diaria	12
Figura 5-5	Prueba de homogeneidad de Pettitt para precipitación total diaria	14
Figura 5-6	Prueba de tendencia por Mann Kendall para precipitación total diaria	17
Figura 5-7	Comportamiento precipitación en las diferentes estaciones	21
Figura 5-8	Distribución espacial de la precipitación total anual	21
Figura 5-9	Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura	22
Figura 5-10	Análisis Box Plots	23
Figura 5-11	Datos imputados temperatura media RANCHO GRANDE	25
Figura 5-12	Datos imputados temperatura mínima	25
Figura 5-13	Datos imputados temperatura máxima	26
Figura 5-14	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura media	27
Figura 5-15	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura mínima	27
Figura 5-16	Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura máxima	28
Figura 5-17	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media	30
Figura 5-18	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima	30
Figura 5-19	Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima	31
Figura 5-20	Análisis de comportamiento de la temperatura media	34
Figura 5-21	Análisis de comportamiento de la temperatura mínima en cada una de las estaciones ..	36
Figura 5-22	Análisis de comportamiento de la temperatura máxima	39
Figura 5-23	Distribución espacial de la temperatura	40
Figura 5-24	ETP (mm) - LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	42
Figura 5-25	ETP (mm) - ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	43
Figura 5-26	ETP (mm) - MANAURE [15075030]	44
Figura 5-27	ETP (mm) - RANCHO GRANDE [15085040]	45
Figura 5-28	Valores medios mensuales de Precipitación (p) Vs Evapotranspiración (ETP) Vs Evapotranspiración Real (ETR)	47
Figura 5-29	Valores del Índice del fenómenos de niño en el océano pacífico	49
Figura 5-30	CUESTECITA [15060020]	53
Figura 5-31	ESCUELA CEURA [15070160]	54
Figura 5-32	AGRICOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	55
Figura 5-33	OROCHON [15070240]	56
Figura 5-34	LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	57
Figura 5-35	Humedad relativa media mensual multianual (%)	60
Figura 5-36	Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación Escuela Agrícola Carraipia. 61	
Figura 5-37	Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación La Mina Cerrejón	63
Figura 5-38	Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación Rancho Grande	64

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

Figura 5-39	Octas de nubosidad promedio mensuales registrada en las estaciones cercanas al área de influencia	66
Figura 5-40	Distribución Temporal de la Nubosidad Media Mensual Multianual (Octas) de las estaciones	67
Figura 5-41	Brillo solar total promedio multianual de la estación de influencia	68
Figura 5-42	Distribución temporal de Brillo Solar para las estaciones de estudio	68
Figura 5-43	Distribución temporal de evaporación para la estación de estudio	69
Figura 5-44	Variación mensual de la velocidad de vientos estación La Mina (m/s)	70
Figura 5-45	Rosa de vientos modelo WRPLOT (2018 – 2022) – Desde	72
Figura 5-46	Rosa de vientos modelo WRPLOT (2018 – 2022) – hacia	72
Figura 5-47	Frecuencias de velocidad y dirección de vientos estación La Mina Cerrejón	73
Figura 5-48	Rosa de vientos diurna y nocturna modelo WRPLOT (2018 – 2022)	76
Figura 5-49	Mapa irradiación global horizontal medio diario anual	77
Figura 5-50	Promedio mensual de radiación global (wh/m ² /día) – Riohacha Guajira	78
Figura 5-51	Distribución espacial anual de la presión atmosférica (mbar)	79
Figura 5-52	Balance hídrico estación La Mina Cerrejón	81
Figura 5-53	Balance hídrico estación Escuela Agrícola Carraipia	82
Figura 5-54	Balance hídrico estación Rancho Grande	82
Figura 5-55	Zonificación climática del área de influencia	84
Figura 5-56	Vías de acceso de las fuentes fijas lineales	105
Figura 5-57	Clasificación por tipo de vehículos según el INVÍAS	106
Figura 5-58	Localización de los puntos de aforo	109
Figura 5-59	Distribución total vehicular TPD1 El Entronque	111
Figura 5-60	Distribución total vehicular TPD2 Vía antigua Maicao – Uribia	112
Figura 5-61	Distribución total vehicular TPD3 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo pavimentado Maicao – Carraipía – Albania	112
Figura 5-62	Distribución total vehicular TPD4 Vía TPD4 privada Cerrejón Albania – Maicao	113
Figura 5-63	Distribución total vehicular TPD5 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo destapado Maicao – Cuestecitas	113
Figura 5-64	Distribución total vehicular TPD6 Vía salida glorieta Albania – Cuestecitas	114
Figura 5-65	Distribución total vehicular TPD7 Vía Nacional Ruta 9010 Maicao – Riohacha	114
Figura 5-66	Factor de emisión para combustión de madera	116
Figura 5-67	Factor de emisión de fuentes móviles	119
Figura 5-68	Tejido urbano en el área de influencia expuestos a contaminación atmosférica	122
Figura 5-69	Ecosistemas estratégicos – Orden Local	125
Figura 5-70	Ecosistemas estratégicos – Orden Regional	126
Figura 5-71	Ecosistemas estratégicos – Orden Nacional	127
Figura 5-72	Puntos de monitoreo de calidad del aire	131
Figura 5-73	Concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM ₁₀)	134
Figura 5-74	Concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM _{2.5})	136
Figura 5-75	Concentraciones de Dióxido de Azufre (SO ₂)	137
Figura 5-76	Concentraciones promedio NO ₂ vs. Norma horaria	138
Figura 5-77	Concentraciones promedio CO vs. Norma 8 horas	140
Figura 5-78	Concentraciones promedio O ₃ vs. Norma 8 horas	142
Figura 5-79	Puntos de monitoreo de ruido ambiental	155
Figura 5-80	Presión sonora diurna día hábil (dB)	157
Figura 5-81	Presión sonora diurna día no hábil (dB)	158
Figura 5-82	Presión sonora nocturna día hábil (dB)	159
Figura 5-83	Presión sonora nocturna día no hábil (dB)	161
Figura 5-79	Resultados gráficos de correlación de datos de ruido simulados y datos de ruido obtenidos en campo durante las campañas de monitoreo	164

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

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 5-1</i>	<i>Vía Entronque que conduce a Beta</i>	104
<i>Fotografía 5-2</i>	<i>Vía La Cortica</i>	104
<i>Fotografía 5-3</i>	<i>Camino comunidad de Sukuluwuo</i>	104
<i>Fotografía 5-4</i>	<i>Vía comunidad Jotolimana</i>	104

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.11 Atmósfera

En el presente apartado se presenta la caracterización del componente atmosférico del área de influencia para el proyecto con el objetivo de determinar los potenciales efectos a la calidad del aire y ruido en el área de construyendo una la línea base que sirva de referencia para la evaluación del componente atmosférico a través del tiempo.

En concordancia con lo anterior, se efectúa una descripción detallada del entorno con respecto a la atmósfera que permite identificar las actividades principales que generan descargas de contaminantes a la atmósfera, medir niveles de inmisión y realizar un levantamiento de información meteorológica de la región y área de influencia del componente.

5.1.11.1 Clima

Clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por las evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, el cual está controlado por los denominados factores forzantes determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, hidrósfera, litósfera, criósfera, biósfera y antroposfera).

Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, este se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático¹.

Desde el punto de vista físico-biótico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos, el paisaje, las amenazas naturales y socioeconómicas y por su influencia en la decisión de utilización de las tierras para diferentes usos².

Los fenómenos generales que influyen en la variación espacial y temporal del clima en Colombia hacen que las condiciones climáticas de la Guajira estén determinadas por perturbaciones de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), Ondas del Este del Caribe y Ciclones Tropicales. La Zona de Confluencia Intertropical se mueve latitudinalmente, siguiendo el desplazamiento aparente del sol con respecto a la Tierra, con un retraso aproximado de dos (2) meses. Esto produce un régimen de precipitaciones que hacia la zona andina es de dos (2) periodos húmedos durante el año, el primer período se registra durante los meses de abril y mayo y el segundo durante los meses de octubre y noviembre y en la Amazonia y Orinoquia un (1) periodo húmedo.

Para efectos del presente EIA se analizarán los siguientes factores del clima:

- Precipitación (espacial y temporal) media mensual y anual.
- Temperatura (espacial y temporal) media, máxima y mínima mensual y anual.
- Presión atmosférica.
- Humedad Relativa media, máximos y mínimos mensuales y anual.

¹ IDEAM. (2005). *Tiempo y Clima*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

² Miller, R. (1964). *An Introduction of Ecology*. Ecology Ecological Society of America, 417-417

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

- Nubosidad.
- Evaporación.
- Viento.
- Radiación solar.
- Evapotranspiración real y potencial mensual y anual.
- Balance Hídrico.

5.1.11.1 Selección de las estaciones meteorológicas

En este numeral se presenta la información referente a la caracterización atmosférica de las diferentes variables climatológicas influyentes en el área de estudio. La selección de las estaciones obedeció principalmente a la relación del entorno fisiográfico e hidrográfico, la proximidad respecto al área de estudio y la disponibilidad de datos. Los registros fueron obtenidos de la red del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2022), entidad oficial en Colombia facultada para la gestión de información climática y el Sistema de Información del Recurso hídrico SIRH.

Para hacer la caracterización climática en el área del proyecto, se realizó una búsqueda de estaciones meteorológicas en la zona y se solicitó al IDEAM la información de estaciones meteorológicas categorías Pluviométrica, Climatológica Ordinaria y Climatológica Principal. A partir de los registros de las estaciones meteorológicas existentes en la zona, se caracterizaron los parámetros de precipitación, temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección de viento, brillo solar, evaporación y nubosidad.

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 **Figura 5-1** se presenta la ubicación espacial de las estaciones solicitadas.



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-1 Estaciones seleccionadas

Tabla 5-1 **Estaciones seleccionadas**

FID	CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	COTA	FECHA INSTALACIÓN	FECHA SUSPENSIÓN	Coordenadas Datum Magna	
							SIRGAS Origen Nacional	
							NORTE	ESTE
0	15065190	MONGUI - AUT [15065190]	CP	60	2011-11-22		2798613,422	5019571,162
1	15060090	GUACAMAYO [15060090]	PG	220	1987-08-15		2780557,644	5024379,828
2	15060280	CERREJÓN CARBOCOL	PM	150	1981-01-15	1983-08-15	2773562,582	5036400,234
3	15065110	CAURINA	ME	380	1985-12-15	1998-03-15	2775421,358	5049137,766
4	15065170	ESPINAL EL	ME	150	1991-04-15	1998-02-15	2780923,815	5029113,569
5	15060210	TAJO SUR	PG	95	1989-04-15		2782059,972	5035480,989
6	15065100	CRUZ LA HACIENDA	ME	155	1985-12-15		2786363,714	5031810,373
7	15060120	PALMAR EL HACIENDA	PG	105	1979-03-15	1987-06-15	2782773,271	5036389,971
8	15060160	PAJONALES HACIENDA	PG	116	1978-05-15	1996-02-15	2782782,225	5043668,066
9	15080100	PAN GRANDE	PM	250	1975-10-15	1993-11-15	2784650,518	5060040,594
10	15060200	ROCHE	PG	100	1987-10-14	2019-07-02	2781860,768	5038501,696
11	15060130	ESPERANZA LA HACIENDA	PG	87	1978-05-14	2019-07-02	2789281,646	5053649,654

FID	CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	COTA	FECHA INSTALACIÓN	FECHA SUSPENSIÓN	Coordenadas Datum Magna SIRGAS Origen Nacional	
							NORTE	ESTE
12	15060180	GLORIA LA	PM	680	1987-08-15		2788813,452	5031489,613
13	15060110	EJEMPLO EL	PM	116	1978-06-15	1996-02-15	2788308,701	5043660,633
14	15060270	ARENA LA	PM	120	1978-10-15		2794460,997	5029692,535
15	15065120	LAGUNA D OXIDACION	ME	89	1985-12-15	1996-02-15	2790153,371	5045477,267
16	15060140	SAN FRANCISCO	PG	115	1978-05-15	1996-02-15	2790161,506	5050934,645
17	15065030	ARENA LA	CO	120	1972-10-15	1978-10-15	2794460,997	5029692,535
18	15065060	BUENA FE LA	CO	50	1971-09-15	1972-03-15	2797495,044	5018186,624
19	15060020	CUESTECITA	PM	93	1959-05-15		2795387,037	5042362,73
20	15065501	LA MINA CERREJÓN - AUT	CP	80	2014-08-26		2788776,152	5041919,639
21	15080140	CARRAIPIA	PM	50	1966-05-15	1971-11-15	2803090,914	5069098,48
22	15070160	ESCUELA CEURA	PM	85	1971-06-15		2821978,946	5057792,785
23	15080150	MAICAO	PM	50	1937-08-15	1972-02-15	2816016,969	5081794,619
24	15085010	AEROPUERTO MAICAO	CP	53	1971-06-15	1996-06-15	2817859,268	5081789,856
25	15070170	ITACA	PM	85	1971-06-15	1980-10-15	2821475,961	5049067,353
26	15070230	GUAYABAL	PM	85	1980-10-15	2014-08-28	2822224,487	5048654,265
27	15070150	CARACAS HACIENDA	PM	80	1971-07-15		2826869,06	5048080,768
28	15080050	HUIMPECHT	PM	10	1971-07-15	1979-10-15	2843735,563	5108965,498
29	15075040	URIBIA	CO	18	1958-01-15	1978-09-15	2852858,557	5079882,438
30	15065140	TAJO SUR	CP	95	1988-07-15	1989-04-15	2782059,972	5035480,989
31	15065050	CAMP INTERCOR	CP	122	1978-06-15	2016-01-06	2789375,711	5052973,367
32	15060001	SANTA ISABEL	PM	207	2018-04-20		2788148,815	5056954,096
33	150600011	LA PUENTE	PM	109	2021-01-08		2788815,776	5049739,116
34	1506000168	MIRADOR OREGANAL	PM	145	2021-01-08		2771665,124	5028930,999
35	15075150	PAICI - AUT	AM	45	2004-10-14		2839387,546	5073478,159
36	15085030	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPIA - AUT	CO	118	1968-10-15		2797574,997	5069843,939
37	15070240	OROCHON	PM	100	1976-06-15		2863379,641	5088137,461
38	18087080	PARAGUACHON	LG	35	1989-02-15		2813488,762	5094623,672
39	15085040	RANCHO GRANDE	CO	50	1971-07-15		2849633,511	5127134,848
40	15075030	MANAURE	CP	1	1940-01-15		2859927,662	5058427,010

(CO, Climatológica Ordinaria; CP, Climatológica Principal; PM; Pluviométrica; PG; Pluviográfica)
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.

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 30%, respectivamente. Esta medida de rechazo se aplicó para asegurar la fiabilidad y representatividad de los datos utilizados en el análisis hidrológico.

5.1.11.1.2 Análisis de 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 20%, 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 herramientas en Python, como box plots y el estadístico de Grubbs, 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 inversa ponderada (IDW) para el cálculo de datos faltantes. Después se aplicó un test de completitud, considerando la longitud esperada y observada de la serie, con criterios que establecen un periodo efectivo no inferior a 15 años y todas las series con más del 20 % de datos faltantes fueron descartadas (en rojo se presentan aquellas estaciones). 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. Los resultados del análisis de completitud de datos para cada estación seleccionada se presentan en la **Tabla 5-2** se presentan los resultados del análisis de completitud de datos para cada una de las estaciones seleccionada, los datos totales esperados en el periodo definido y se calculó el porcentaje de datos faltantes por estación presentado donde 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 (en rojo se presentan aquellas estaciones).

Tabla 5-2 Temporalidad de los registros / % de datos faltantes

ESTACIÓN	NOMBRE	COTA	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN	TIPO DE REGISTRO	DATOS FALTANTES	DATOS TOTALES	DATOS FALTANTES (%)
15060020	CUESTECITA	93	1/01/1993–30/12/2022	Diario	69	10956	1%
15060090	GUACAMAYO	220	1/01/1993–30/12/2022	Diario	31	10956	0%
15060130	ESPERANZA LA HACIENDA	87	1/01/1993–30/12/2022	Diario	2622	10956	24%
15060180	GLORIA LA	680	1/01/1993–30/12/2022	Diario	71	10956	1%
15060200	ROCHE	100	1/01/1993–30/12/2022	Diario	4250	10956	39%
15060210	TAJO SUR	95	1/01/1993–30/12/2022	Diario	333	10956	3%
15060270	ARENA LA	120	1/01/1993–30/12/2022	Diario	10	10956	0%
15065050	CAMP INTERCOR	122	1/01/1993–30/12/2022	Diario	5392	10956	49%
15065100	CRUZ LA HACIENDA	155	1/01/1993–30/12/2022	Diario	284	10956	3%
15065501	LA MINA CERREJON	80	1/01/1993–30/12/2022	Diario	125	10956	1%

ESTACIÓN	NOMBRE	COTA	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN	TIPO DE REGISTRO	DATOS FALTANTES	DATOS TOTALES	DATOS FALTANTES (%)
15070150	CARACAS HACIENDA	80	1/01/1993-30/12/2022	Diario	2645	10956	24%
15070160	ESCUELA CEURA	85	1/01/1993-30/12/2022	Diario	66	10956	1%
15070230	GUAYABAL	85	1/01/1993-30/12/2022	Diario	4083	10956	37%
15070240	OROCHON	100	1/01/1993-30/12/2022	Diario	546	10956	5%
15075030	MANAURE	1	1/01/1993-30/12/2022	Diario	1006	10956	9%
15085030	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA	118	1/01/1993-30/12/2022	Diario	597	10956	5%
15085040	RANCHO GRANDE	50	1/01/1993-30/12/2022	Diario	167	10956	2%
15087080	PARAGUACHON	35	1/01/1993-30/12/2022	Diario	777	10956	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 influencia, particularmente en lo que concierne a la variable de precipitación total diaria. Para visualizar de manera más clara esta influencia, se presenta la **Figura 5-2**.

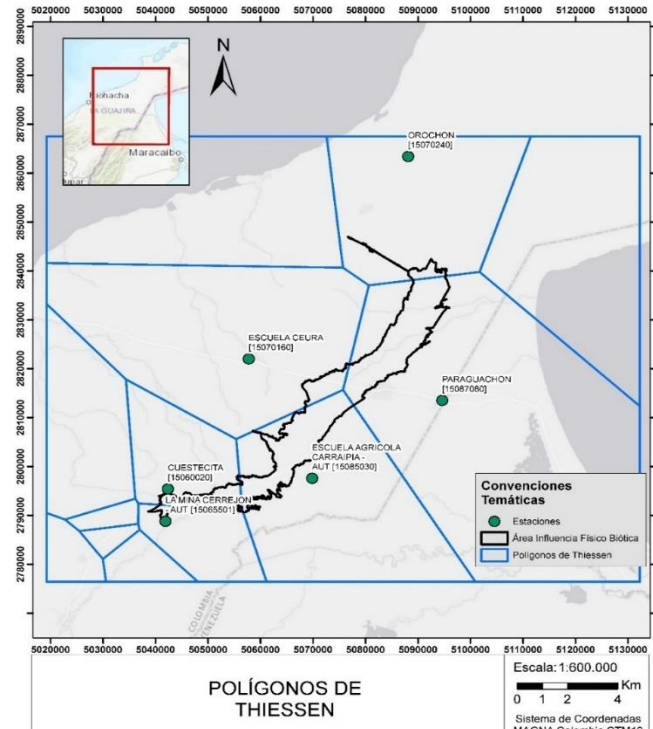


Figura 5-2 Polígonos de Thiessen

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En conclusión, el análisis de polígonos de Thiessen destaca las estaciones OROCHÓN [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHÓN [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], CUESTECITA [15060020] y LA MINA CERREJÓN [15065501] 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 5-3**, se presenta de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen y los registros de la información climatológica adquirida de las variables de precipitación a escala diaria donde se seleccionó como periodo de análisis entre el 1 de enero de 1993 y el 30 de diciembre del 2022.

Tabla 5-3 Representatividad de las estaciones con respecto al área de influencia físico/biótica por Polígonos de Thiessen.

Código	ESTACIÓN	COTA	REGISTRO DE PRECIPITACIÓN	ÁREA	% ÁREA
[15070240]	OROCHÓN	100	1/01/1993– 30/12/2022	66,68	12%
[15087080]	PARAGUACHÓN	35	1/01/1993– 30/12/2022	209,098	39%
[15070160]	ESCUELA CEURA	85	1/01/1993– 30/12/2022	36,28	7%
[15085030]	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT	118	1/01/1993– 30/12/2022	173,208	32%
[15060020]	CUESTECITA	93	1/01/1993– 30/12/2022	45,045	8%
[15065501]	LA MINA CERREJÓN – AUT	80	1/01/1993– 30/12/2022	9,5439	2%

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.2.1 Identificación de datos anómalos (outliers)

Luego de determinar el periodo efectivo de registro de la serie, se procedió a identificar y remover los valores atípicos de las series, tomando en cuenta que la información en la mayoría de los casos presenta discontinuidad temporal en sus registros, así como también ciertas inconstancias, estas últimas debidas posiblemente a fallas en los instrumentos de medición y/o a errores humanos en las mediciones y procesamiento.

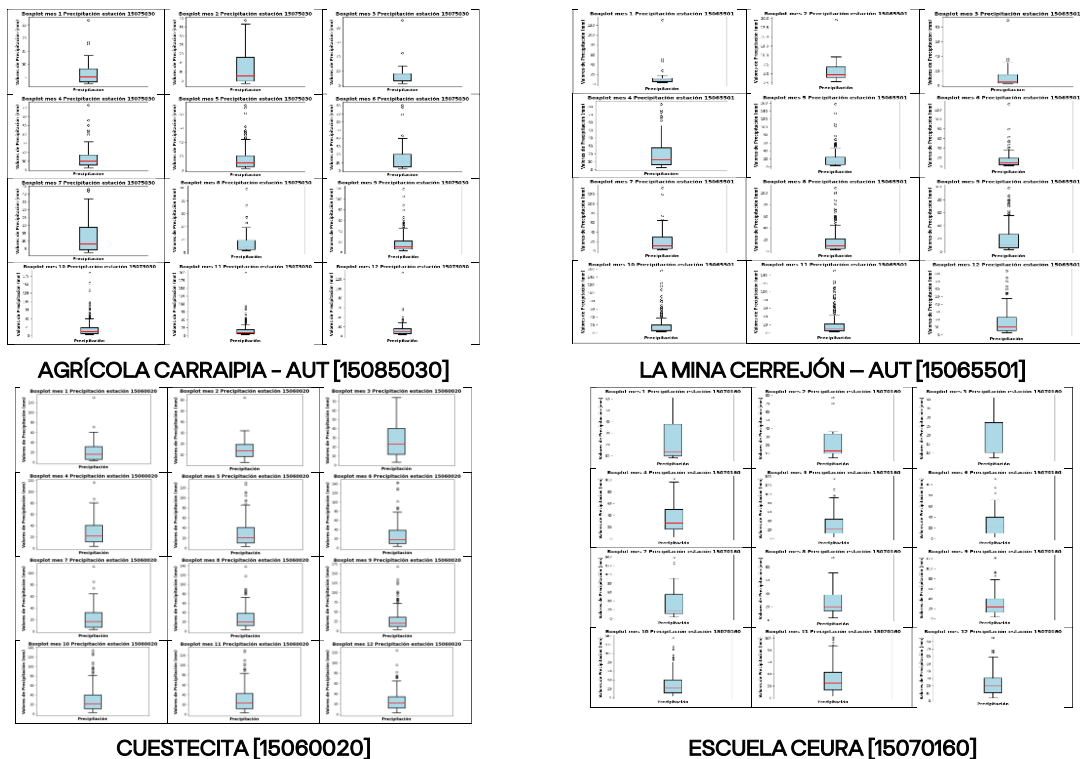
El análisis de datos anómalos se realizó con la herramienta Python. Se utilizaron los métodos de representación gráfica mediante box plots, una herramienta valiosa para visualizar la distribución de datos y señalar posibles valores atípicos. Además, se complementó este enfoque con el estadístico de Grubbs. Estas metodologías desempeñan un papel fundamental en la detección de valores atípicos en series temporales de datos meteorológicos.

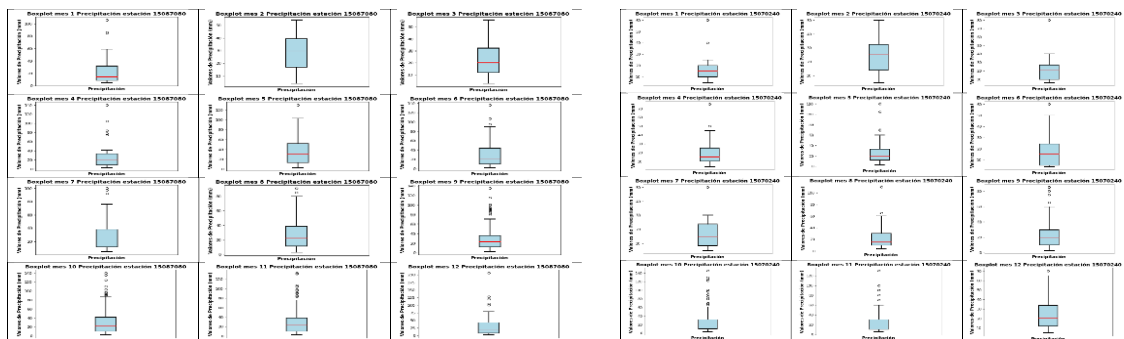
El Test de Grubbs para detección de valores atípicos se basa en la hipótesis nula de que no hay valores atípicos en la serie de datos, y la hipótesis alternativa es que hay al menos un valor atípico presente. El procedimiento para aplicar el Test de Grubbs es el siguiente:

- **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.
- **Decisión Estadística:**
 - Si el estadístico calculado es mayor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula, indicando la presencia de al menos un valor atípico.

En la **Figura 5-3** se presentan los box plots de las estaciones OROCHON [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], PARAGUACHON [15087080], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA – AUT [15085030], CUESTECITA [15060020] y LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501] teniendo en cuenta su representatividad para el área de estudio, la información desarrollada para las demás estaciones se presenta en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1 Clima\Anexo 5.11.1-2 Análisis – Unidades Hidrográficas.





PARAGUACHÓN [15087080]

OROCHÓN [15070240]

Figura 5-3 Análisis Box Plots

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-4** se presenta los resultados de la prueba de Grubbs para estación y cada uno de los meses del año.

Tabla 5-4 Resultados prueba de Grubbs

MES	ESTACIÓN	ESTADÍSTICO DE GRUBBS	P-VALOR	UMBRAL CRÍTICO	SIGNIFICATIVO A NIVEL DE 0,05	HIPÓTESIS DE LA PRUEBA
Ene	15060020	26,568	29,2	80,89	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15060020	29,107	47,27	77,25	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15060020	19,934	12,54	80,94	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15060020	12,121	3,97	79,62	False	No existen outliers en la serie,
May	15060020	8,87	1,98	81,65	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15060020	12,707	4,37	80,08	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15060020	16,173	7,39	81,67	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15060020	11,233	3,27	81,63	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15060020	10,941	3,14	80,32	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15060020	8,188	1,71	80,13	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15060020	8,526	1,91	78,14	False	No existen outliers en la serie,
Dic	15060020	14,286	5,68	80,2	False	No existen outliers en la serie,
Ene	15065501	24,672	20,6	85,31	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15065501	23,624	19,53	82,09	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15065501	35,273	91,6	83,72	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15065501	18,074	10,16	78,87	False	No existen outliers en la serie,
May	15065501	14,061	5,19	83,65	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15065501	17,275	8,56	82,26	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15065501	15,028	6,31	80,85	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15065501	19,428	11,43	82,33	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15065501	14,256	5,47	82,28	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15065501	14,877	5,67	86,36	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15065501	20,819	13,71	82,19	False	No existen outliers en la serie,
Dic	15065501	27,424	28,91	84,97	False	No existen outliers en la serie,
Ene	15070160	29,643	55,67	75,59	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15070160	24,985	29,75	73,66	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15070160	23,399	21,5	77,15	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15070160	12,215	4,22	76,68	False	No existen outliers en la serie,
May	15070160	11,185	3,41	77,94	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15070160	14,84	6,54	76,95	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15070160	18,641	11,03	78,68	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15070160	11,844	3,83	78,68	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15070160	9,083	2,22	76,9	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15070160	8,659	2	77,15	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15070160	7,952	1,7	75,92	False	No existen outliers en la serie,

MES	ESTACIÓN	ESTADÍSTICO DE GRUBBS	P-VALOR	UMBRAL CRÍTICO	SIGNIFICATIVO A NIVEL DE 0,05	HIPÓTESIS DE LA PRUEBA
Dic	15070160	15,529	7,57	74,82	False	No existen outliers en la serie,
Ene	15075030	24,672	20,6	85,31	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15075030	23,624	19,53	82,09	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15075030	35,273	91,6	83,72	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15075030	18,074	10,16	78,87	False	No existen outliers en la serie,
May	15075030	14,061	5,19	83,65	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15075030	17,275	8,56	82,26	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15075030	15,028	6,31	80,85	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15075030	19,428	11,43	82,33	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15075030	14,256	5,47	82,28	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15075030	14,877	5,67	86,36	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15075030	20,819	13,71	82,19	False	No existen outliers en la serie,
Dic	15075030	27,424	28,91	84,97	False	No existen outliers en la serie,
Ene	15087080	21,212	16,71	75,62	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15087080	22,669	21,47	73,69	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15087080	19,53	13,16	76,05	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15087080	20,775	16,23	74,39	False	No existen outliers en la serie,
May	15087080	12,071	4,26	74,57	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15087080	16,953	9,57	73,79	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15087080	16,955	9,36	74,93	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15087080	10,243	2,92	75,62	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15087080	9,663	2,63	74,36	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15087080	8,438	1,96	74,82	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15087080	9,848	2,77	73,61	False	No existen outliers en la serie,
Dic	15087080	19,916	14,03	75,56	False	No existen outliers en la serie,
Ene	15070240	19,751	14,5	73,19	False	No existen outliers en la serie,
Feb	15070240	24,659	33,74	69,11	False	No existen outliers en la serie,
Mar	15070240	25,903	34,59	73,22	False	No existen outliers en la serie,
Abr	15070240	17,433	10,67	72,03	False	No existen outliers en la serie,
May	15070240	14,824	7,09	72,4	False	No existen outliers en la serie,
Jun	15070240	18,992	13,39	72,03	False	No existen outliers en la serie,
Jul	15070240	21,1	17,49	73,22	False	No existen outliers en la serie,
Ago	15070240	16,305	8,79	73,19	False	No existen outliers en la serie,
Sep	15070240	8,319	1,98	72,03	False	No existen outliers en la serie,
Oct	15070240	10,374	3,12	73,19	False	No existen outliers en la serie,
Nov	15070240	12,616	4,91	72,03	False	No existen outliers en la serie,
Dic	15070240	11,637	4,07	72,4	False	No existen outliers en la serie,

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Para cada mes y estación, se aplicó la prueba de Grubbs para detectar posibles valores atípicos. Los resultados muestran que en ningún caso se encontraron valores atípicos significativos.

5.1.11.1.2.2 Imputación de datos

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

Para las series de precipitación se utilizó el 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:

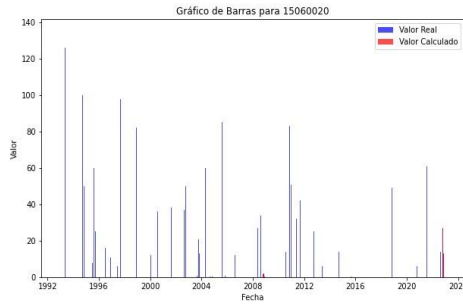
$$P_M(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i} * P_i(t)}{\sum_{i=1}^n \lambda_{M,i}}$$

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

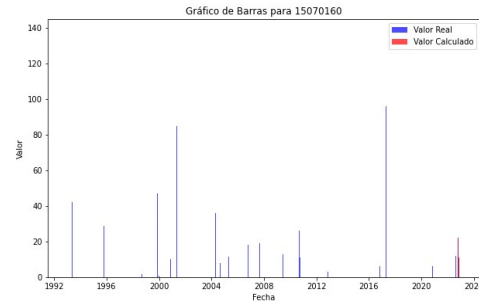
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL LÍNEA ELÉCTRICA DE CONEXIÓN PARQUES EÓLICOS BETA Y ALPHA A SUBESTACIÓN CUESTECITAS	
Versión 2	Noviembre 2024	

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

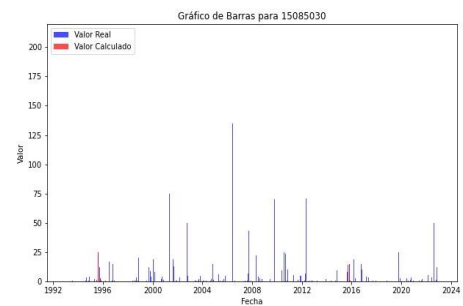
Donde $d_{M,i}$ es la distancia desde la estación M hasta la estación i y k referenciada como una distancia de fricción que se ubica en un intervalo que va de 1 a 6. Según García Reinoso (2015) el valor comúnmente usado para k es 2. A partir de las técnicas anteriores se generaron las series completas para todas las estaciones seleccionadas. En la **Figura 5-4** se presentan los datos imputados de precipitación, de las estaciones seleccionadas las gráficas se pueden visualizar con más detalle en *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.1 Clima\Anexo 5.11.1.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas*.



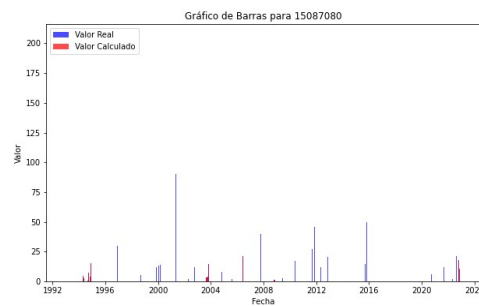
CUESTECITA [15060020]



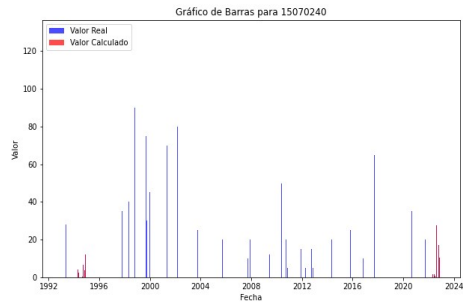
ESCUELA CEURA [15070160]



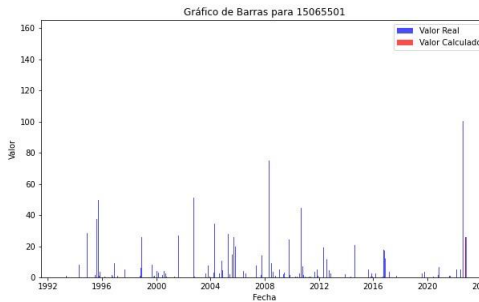
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT
[15085030]



PARAGUACHÓN [15087080]



OROCHÓN [15070240]



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

Figura 5-4 Datos imputados precipitación total diaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.2.3 Análisis de homogeneidad y tendencia

- Prueba de homogeneidad Pettitt

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 Alabama (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:

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

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.

Para esta prueba se utilizó la función `pettitt_test` de Python para realizar la prueba de homogeneidad de Pettit. Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.1 Clima\Anexo 5.11.1.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas. En la **Tabla 5-5** se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad.

Tabla 5-5 Resultados prueba de homogeneidad – Pettit.

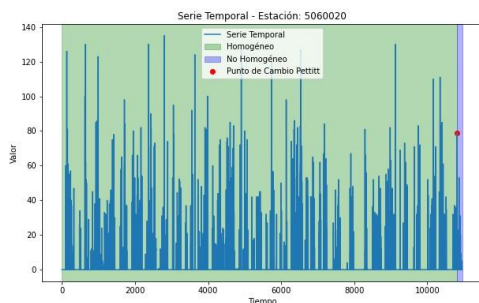
ESTACIÓN	PUNTO DE CAMBIO PETTITT	ESTADÍSTICA DE PRUEBA PETTITT	HOMOGENEIDAD PETTITT
15060020	10818	-520028	Homogéneo
15065501	10823	367620	Homogéneo
15070160	10870	481170	Homogéneo
15070240	10870	435382	Homogéneo
15085030	10870	-128634	Homogéneo
15087080	10771	-1523926	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

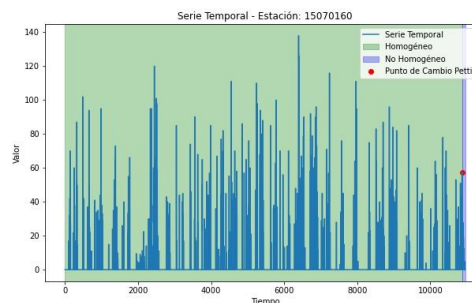
En la **Figura 5-5** se presentan los resultados gráficos de la prueba de homogeneidad de Pettitt para los datos de precipitación. Las gráficas muestran la serie temporal de cada estación junto con resultados visuales que indican la detección de un cambio estructural según la prueba de Pettitt. Aquí hay una descripción de la gráfica generada para cada estación:

- Serie Temporal: La línea principal de la gráfica representa la serie temporal de los valores de precipitación a lo largo del tiempo.
- Áreas Resaltadas: Se resaltan dos áreas en la gráfica:
 - ✓ Área Verde (Homogéneo): Representa la región en la que los datos se consideran homogéneos.
 - ✓ Área Azul o Roja (No Homogéneo): Representa la región en la que se detecta un cambio estructural. El color puede ser azul si los datos después del cambio son más bajos que antes, o rojo si son más altos.
- Punto de Cambio Pettitt: Se marca un punto en la gráfica que indica la posición del cambio estructural detectado por la prueba de Pettitt.

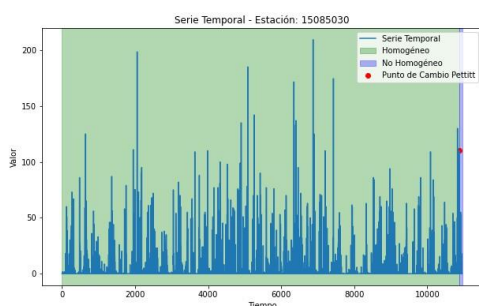
Estas visualizaciones permite observar de manera intuitiva los períodos en los que se detecta un cambio significativo en la serie temporal de precipitación para cada estación. Si las áreas homogéneas son grandes y no hay puntos de cambio marcados, indica que no se detectaron cambios significativos. Por otro lado, áreas no homogéneas indican períodos en los que se detectó un cambio estructural.



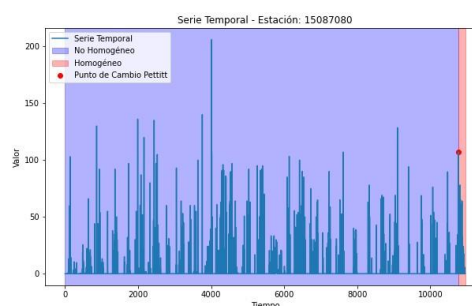
CUESTECITA [15060020]



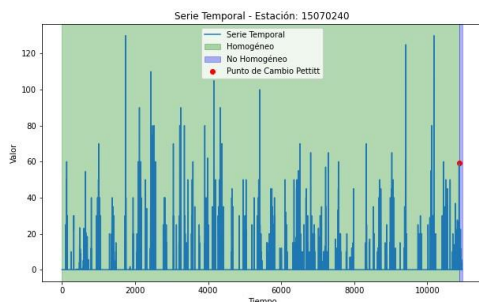
ESCUELA CEURA [15070160]



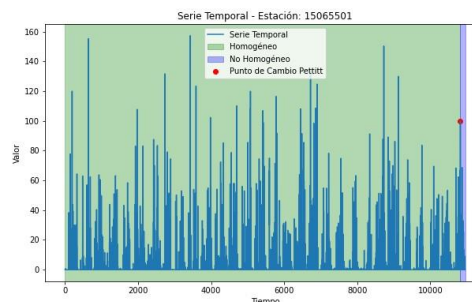
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA – AUT
[15085030]



PARAGUACHÓN [15087080]



OROCHÓN [15070240]



LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]

Figura 5-5 Prueba de homogeneidad de Pettitt para precipitación total diaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

○ Análisis de resultados prueba de Pettitt

- La mayoría de las estaciones, incluyendo OROCHÓN [15070240], ESCUELA CEURA [15070160], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA – AUT [15085030], y CUESTECITA [15060020] y LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501], son consideradas homogéneas según la prueba de Pettitt. Esto sugiere que no hay evidencia estadística de un cambio abrupto en la serie temporal de precipitación en esas estaciones durante el período evaluado.
- Las estaciones homogéneas son valiosas para realizar análisis climatológicos y pueden ser más confiables en la detección de tendencias a largo plazo. La estación 15087080 se destaca como no homogénea según la prueba de Pettitt, lo que indica que podría haber cambios significativos en la serie temporal en esta estación.

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

- La estación PARAGUACHÓN [15087080], presenta datos no homogéneos, de acuerdo con la prueba pettit, dado que es una prueba no paramétrica, en la cual no se requiere ninguna función sobre la distribución de los datos indica que la información de esta estación puede esta difusa, por lo tanto, podría excluirse en la síntesis de criterios de evaluación sobre el área de influencia.
- La prueba de Pettitt es una adaptación de la prueba de Mann-Whitney basada en rangos, que permite identificar el momento en que se produce el cambio.

• Prueba de tendencia Mann-Kendall

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

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.

3. 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.

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

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

5. 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.

Para esta prueba se utilizó el paquete pymanmkendall 1.4.1 de Python para la familia de pruebas de tendencias no paramétricas de Mann-Kendall. Los resultados de las pruebas de tendencia realizadas en Python se presentan en 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-2 Análisis - Unidades Hidrográficas.

En la **Tabla 5-6** se presentan los resultados de la prueba de tendencia de Mann-Kendall para la precipitación total diaria para cada una de las estaciones.

Tabla 5-6 Análisis Tendencia Mann-Kendall para precipitación

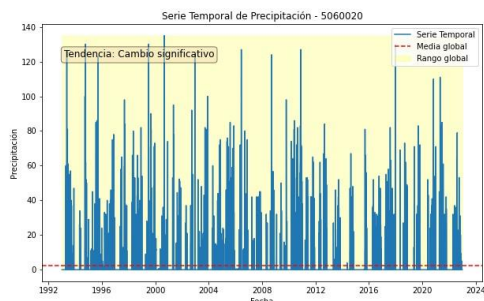
ESTACIÓN	TAU KENDALL	P-VALOR	TENDENCIA
15060020	-0,020281371	0,00775809	Cambio significativo
15065501	0,009159953	0,210587584	No hay cambio significativo
15070160	0,022096536	0,003967764	Cambio significativo
15070240	0,017613686	0,021048031	Cambio significativo
15085030	-0,002953569	0,682311375	No hay cambio significativo
15087080	-0,052777329	3,00153E-12	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

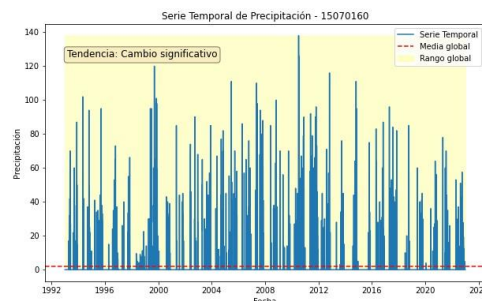
En la **Figura 5-6**, se presentan los resultados gráficos de la prueba de tendencia por Mann Kendall. La interpretación de los colores y elementos en las gráficas se detalla a continuación:

- Línea Azul (Serie Temporal): Representa la serie temporal real de los valores diarios de precipitación para la estación específica.
- Etiqueta de Texto para la Tendencia: Situada en la esquina superior izquierda de la gráfica, indica la tendencia detectada por la prueba de Kendall Tau. Puede expresar "Cambio significativo" o "No hay cambio significativo".
- Región Sombreada Amarilla: Aparece cuando se identifica un "Cambio significativo". Esta región resalta el rango entre los valores mínimos y máximos de precipitación, destacando la variabilidad durante el cambio significativo identificado.
- Línea Roja Discontinua: Se muestra en caso de un "Cambio significativo" y representa la media global de los valores de precipitación. Esta línea discontinua proporciona una referencia para entender cómo se comparan los valores de precipitación durante el cambio significativo con la media general.

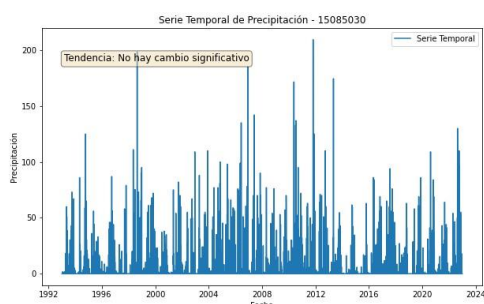
Esta representación gráfica facilita la comprensión visual de los resultados de la prueba de tendencia, permitiendo identificar patrones de cambio significativo en la serie temporal de precipitación para la estación analizada.



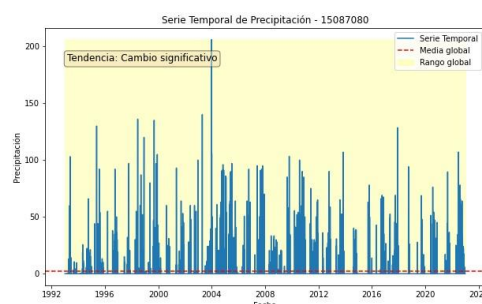
CUESTECITA [15060020]



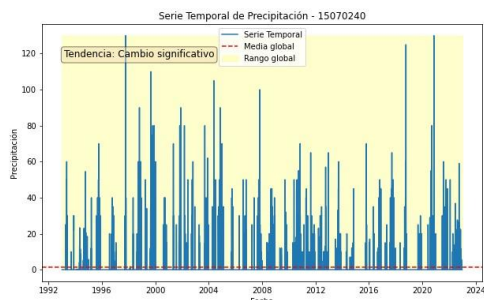
ESCUELA CEURA [15070160]



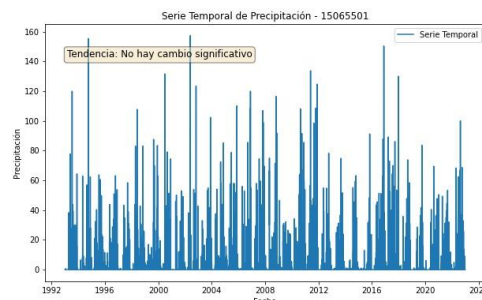
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT
[15085030]



PARAGUACHÓN [15087080]



OROCHÓN [15070240]



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

Figura 5-6 Prueba de tendencia por Mann Kendall para precipitación total diaria

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En resumen, las estaciones CUESTECITA, ESCUELA CEURA, OROCHÓN y PARAGUACHÓN experimentan cambios significativos en la cantidad de precipitación a lo largo del tiempo, mientras que ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA y la MINA CERREJÓN no muestra un cambio significativo. Estas conclusiones son cruciales para entender las variaciones climáticas en la región y pueden tener implicaciones importantes en la planificación y gestión de recursos.

5.1.11.2.4 Descripción climática - Precipitación

El análisis de la precipitación se realizó a partir de las series completas y homogéneas, donde se calcularon los valores medios mensuales multianuales de precipitación total para cada una de las estaciones. Los análisis están consignados en 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas. En la

Tabla 5-7, Tabla 5-8 y Tabla 5-9 se presentan los datos de precipitación media, mínima y máxima mensual multianual.

Tabla 5-7 Valores medios de precipitación mensual de las estaciones (mm)

ESTACIONES,	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
OROCHÓN [15070240]	8,97	4,19	8,87	18,92	43,90	12,83	10,42	54,60	98,50	150,32	101,79	33,72	547,020
ESCUELA CEURA [15070160]	2,30	3,10	3,90	44,40	83,60	37,90	37,90	64,00	114,20	159,50	118,00	17,80	686,600
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	20,40	6,30	22,70	58,30	142,10	71,20	45,90	107,60	164,30	216,30	211,10	95,70	1161,900
CUESTECITA [15060020]	13,50	2,80	9,50	53,10	114,60	61,70	30,00	106,20	167,10	167,10	140,20	51,10	916,900
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	15,00	4,00	14,00	65,00	112,00	59,00	51,00	108,00	142,00	156,00	163,00	54,00	943,000

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-8 Valores mínimos de precipitación mensual de las unidades hidrográficas (mm)

ESTACIONES,	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
OROCHÓN [15070240]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESCUELA CEURA [15070160]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.2	0	0	11.2
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	0	0	0	0	0.11	0	0.03	0.80	43.10	47	0	0	91.04
CUESTECITA [15060020]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	9
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	0	0	0	1.2	0	0	11	48.1	37.1	6.6	0	0	104

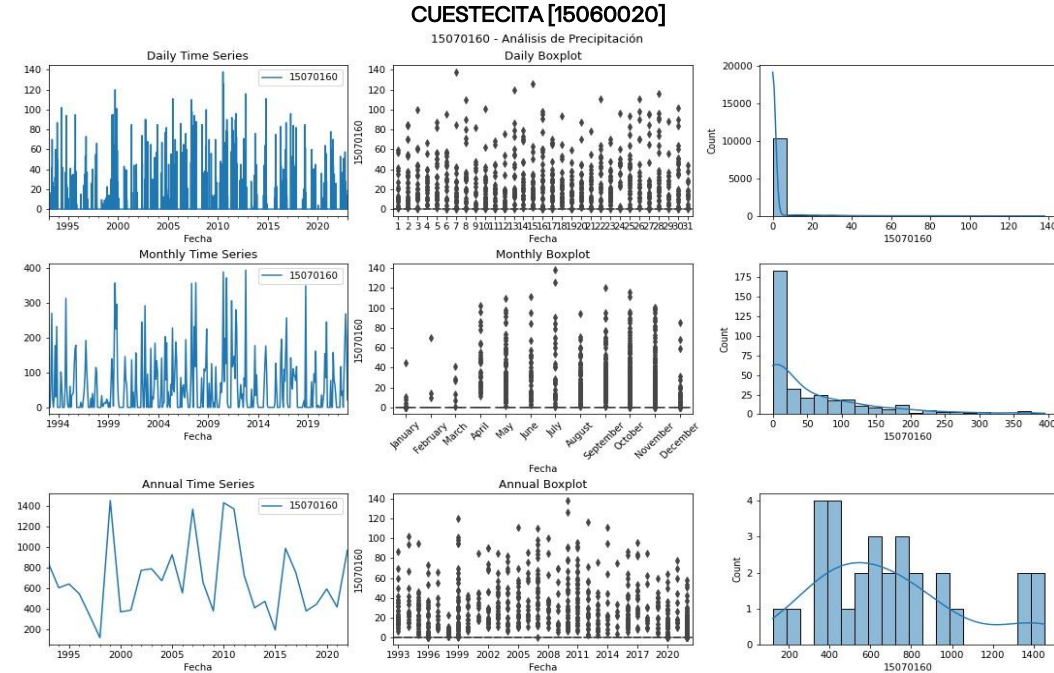
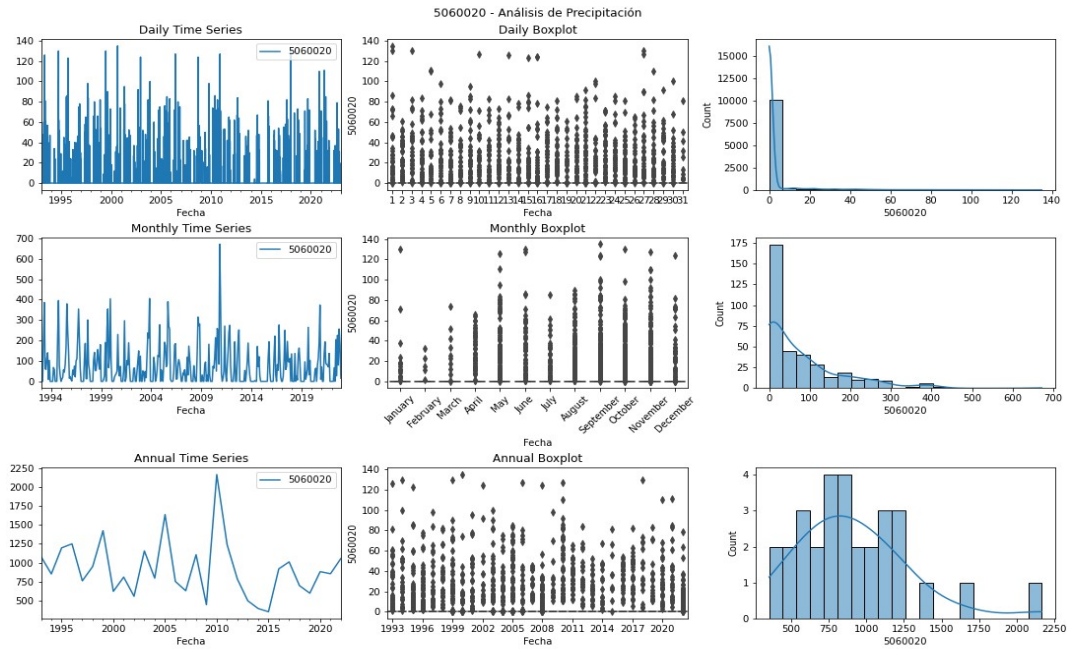
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

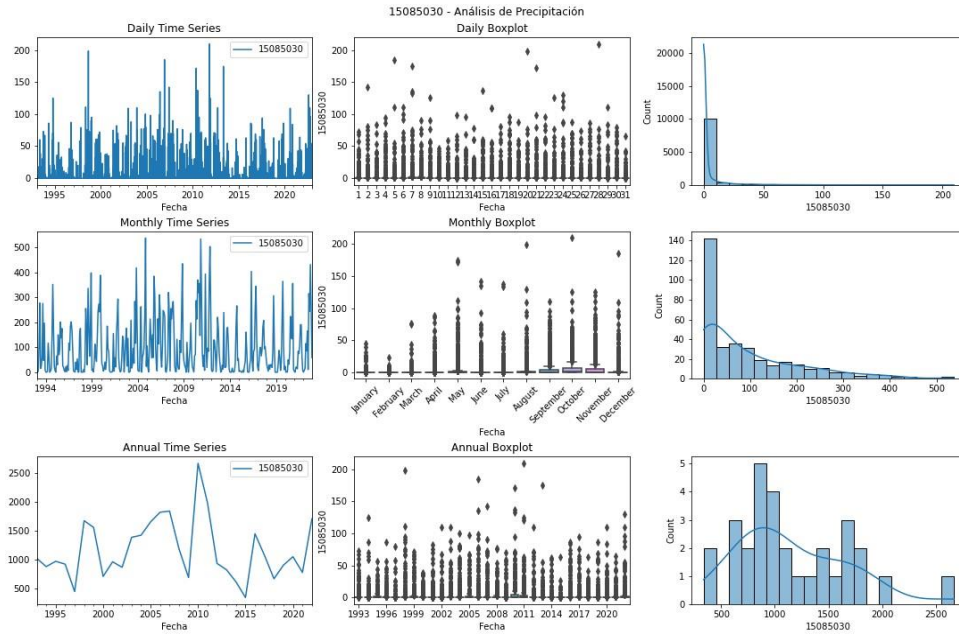
Tabla 5-9 Valores máximos de precipitación mensual de las unidades hidrográficas (mm)

ESTACIONES,	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
OROCHÓN [15070240]	142	50,00	130,00	105,000	215,00	143,51	108,00	217,23	200,00	472,00	295,00	169,00	2246,74
ESCUELA CEURA [15070160]	45,00	70,00	61,00	170,00	357,00	229,10	390,17	233,00	358,00	395,00	373,00	104,00	2785,27
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	161,70	34,30	213,70	208,30	403,40	243,68	368,90	335,40	355,20	430,80	537,00	397,47	3689,85
CUESTECITA [15060020]	135	38,00	74,00	208,00	386,00	214,00	165,00	380,00	390,00	396,00	671,60	404,50	3462,1
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	132,7	34,90	138,8	83,100	274,50	285,10	243,10	212,70	296,57	245,00	373,30	433,80	2753,57

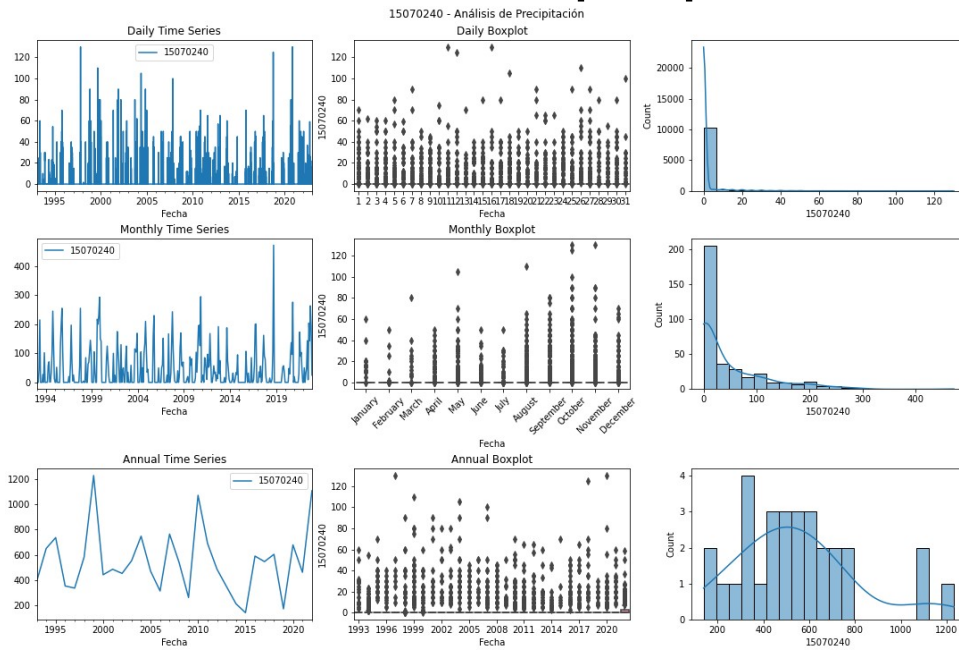
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Figura 5-7** se presentan los resultados y el comportamiento de la precipitación en cada una de las estaciones.

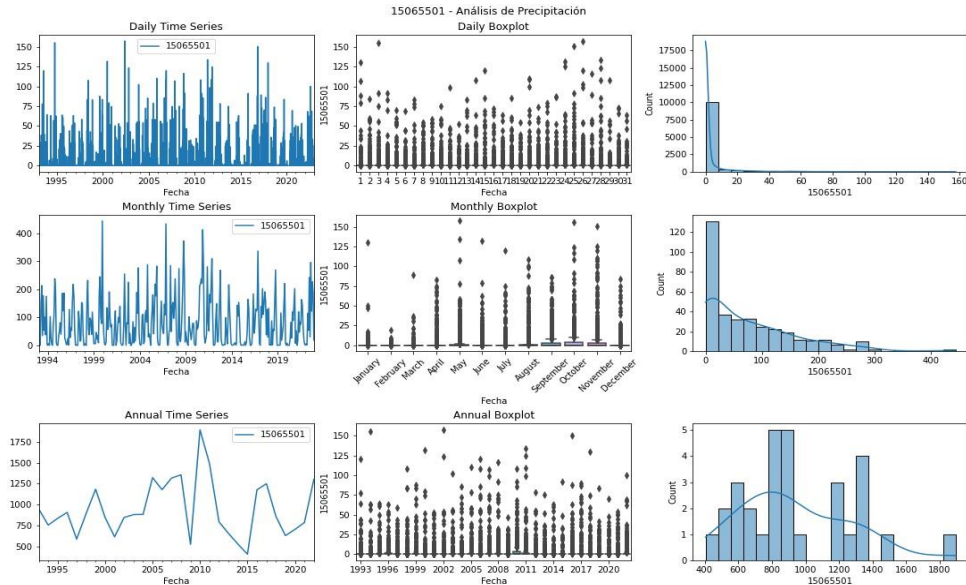




AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



OROCHÓN [15070240]



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

Figura 5-7 Comportamiento precipitación en las diferentes estaciones

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

- **Precipitación media del área en influencia.**

El método de los polígonos de Thiessen, también conocido como polígonos de Voronoi, se puede utilizar para estimar la precipitación media en un área de estudio a partir de estaciones de medición distribuidas.

- **Distribución espacial de la precipitación**

Se realizó la distribución espacial para las 6 estaciones seleccionadas de precipitación a nivel anual con el método de IDW en el software ArcGIS, la distribución espacial se presenta en la **Figura 5-8**.

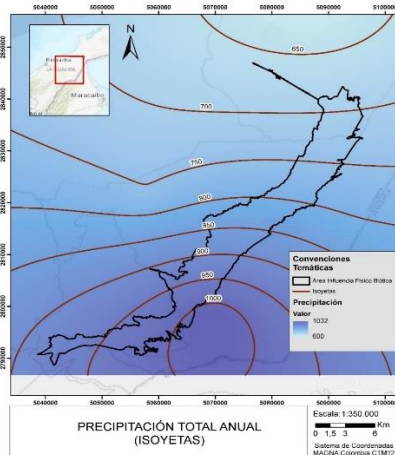


Figura 5-8 Distribución espacial de la precipitación total anual

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.3 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 5-10** 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 5-10 Temporalidad de los registros / % de datos faltantes

Código	NOMBRE	COTA	LONGITUD ESPERADA	% DATOS FALTANTES
15065501	LA MINA CERREJÓN	80	10955	6%
15085030	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA	118	10955	16%
15075030	MANAURE	1	10955	16%
15085040	RANCHO GRANDE	50	10955	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 5-9**.

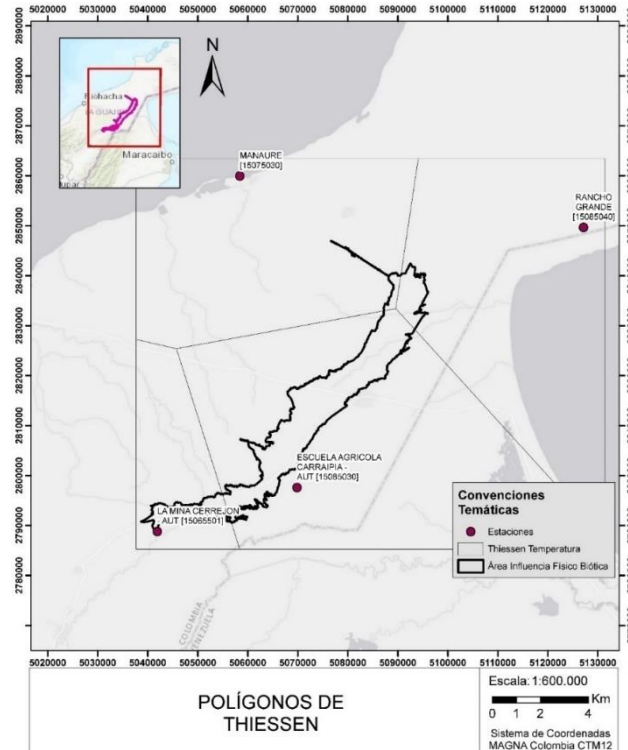


Figura 5-9 Polígonos de Thiessen Estaciones Temperatura

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 CARRAIPÍA - AUT [15085030], MANAURE [15075030], RANCHO GRANDE [15085040] son particularmente representativas para el estudio de las condiciones térmicas en la zona. Estas estaciones, al abarcar áreas de influencia más amplias, emergen como puntos estratégicos para la recopilación de datos térmicos, proporcionando una visión más completa y precisa de las variaciones de temperatura en el área de estudio.

5.1.11.3.1 Identificación de datos anómalos (outliers)

Luego de determinar el periodo efectivo de registro de la serie, se procedió a identificar y remover los valores atípicos de las series, tomando en cuenta que la información en la mayoría de los casos presenta discontinuidad temporal en sus registros, así como también ciertas inconstancias, estas últimas debidas posiblemente a fallas en los instrumentos de medición y/o a errores humanos en las mediciones. El análisis de datos anómalos se realizó con la herramienta de Python. Se utilizaron los métodos de representación gráfica mediante box plots, complementando este enfoque con el estadístico de Grubbs. Estas metodologías desempeñan un papel fundamental en la detección de valores atípicos en series temporales de datos hidrológicos. En la **Figura 5-10** se presentan los box plots de las estaciones LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501], ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPIA - AUT [15085030], MANAURE [15075030], RANCHO GRANDE [15085040] teniendo en cuenta su representatividad para el área de estudio, la información desarrollada para las demás estaciones se presenta en *3_AneXos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas*.

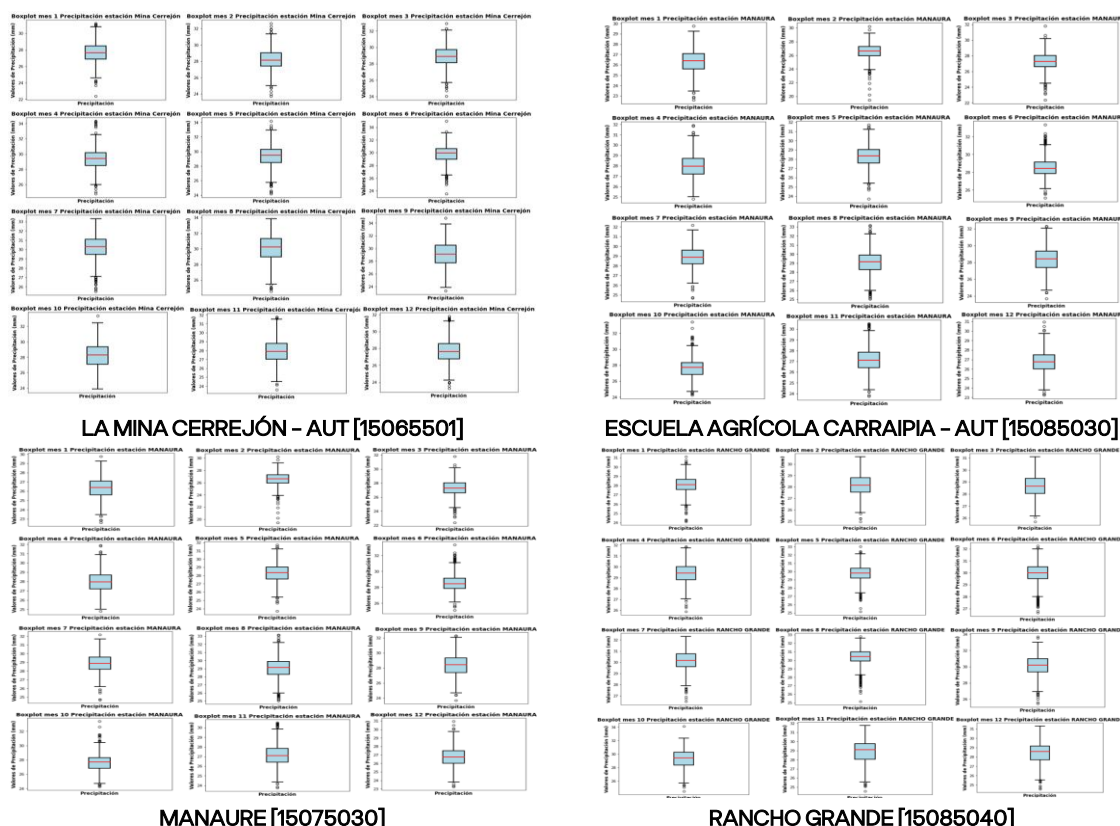


Figura 5-10 Análisis Box Plots

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-11** se presenta el resumen de los resultados de análisis de outliers por el test de Grubbs.

Tabla 5-11 Resultados Test de Grubbs.

MES	ESTACIÓN	ESTADÍSTICO DE GRUBBS	P-VALOR	UMBRAL CRÍTICO	HIPÓTESIS DE LA PRUEBA
Ene	15065501	26,568	29,2	80,89	No existen outliers en la serie,
Feb	15065501	29,107	47,27	77,25	No existen outliers en la serie,
Mar	15065501	19,934	12,54	80,94	No existen outliers en la serie,

MES	ESTACIÓN	ESTADÍSTICO DE GRUBBS	P-VALOR	UMBRAL CRÍTICO	HIPÓTESIS DE LA PRUEBA
Abr	15065501	12,121	3,97	79,62	No existen outliers en la serie,
May	15065501	8,87	1,98	81,65	No existen outliers en la serie,
Jun	15065501	12,707	4,37	80,08	No existen outliers en la serie,
Jul	15065501	16,173	7,39	81,67	No existen outliers en la serie,
Ago	15065501	11,233	3,27	81,63	No existen outliers en la serie,
Sep	15065501	10,941	3,14	80,32	No existen outliers en la serie,
Oct	15065501	8,188	1,71	80,13	No existen outliers en la serie,
Nov	15065501	8,526	1,91	78,14	No existen outliers en la serie,
Dic	15065501	14,286	5,68	80,2	No existen outliers en la serie,
Ene	15085030	29,643	55,67	75,59	No existen outliers en la serie,
Feb	15085030	24,985	29,75	73,66	No existen outliers en la serie,
Mar	15085030	23,399	21,5	77,15	No existen outliers en la serie,
Abr	15085030	12,215	4,22	76,68	No existen outliers en la serie,
May	15085030	11,185	3,41	77,94	No existen outliers en la serie,
Jun	15085030	14,84	6,54	76,95	No existen outliers en la serie,
Jul	15085030	18,641	11,03	78,68	No existen outliers en la serie,
Ago	15085030	11,844	3,83	78,68	No existen outliers en la serie,
Sep	15085030	9,083	2,22	76,9	No existen outliers en la serie,
Oct	15085030	8,659	2	77,15	No existen outliers en la serie,
Nov	15085030	7,952	1,7	75,92	No existen outliers en la serie,
Dic	15085030	15,529	7,57	74,82	No existen outliers en la serie,
Ene	15075030	24,672	20,6	85,31	No existen outliers en la serie,
Feb	15075030	23,624	19,53	82,09	No existen outliers en la serie,
Mar	15075030	35,273	91,6	83,72	No existen outliers en la serie,
Abr	15075030	18,074	10,16	78,87	No existen outliers en la serie,
May	15075030	14,061	5,19	83,65	No existen outliers en la serie,
Jun	15075030	17,275	8,56	82,26	No existen outliers en la serie,
Jul	15075030	15,028	6,31	80,85	No existen outliers en la serie,
Ago	15075030	19,428	11,43	82,33	No existen outliers en la serie,
Sep	15075030	14,256	5,47	82,28	No existen outliers en la serie,
Oct	15075030	14,877	5,67	86,36	No existen outliers en la serie,
Nov	15075030	20,819	13,71	82,19	No existen outliers en la serie,
Dic	15075030	27,424	28,91	84,97	No existen outliers en la serie,
Ene	15085040	21,212	16,71	75,62	No existen outliers en la serie,
Feb	15085040	22,669	21,47	73,69	No existen outliers en la serie,
Mar	15085040	19,53	13,16	76,05	No existen outliers en la serie,
Abr	15085040	20,775	16,23	74,39	No existen outliers en la serie,
May	15085040	12,071	4,26	74,57	No existen outliers en la serie,
Jun	15085040	16,953	9,57	73,79	No existen outliers en la serie,
Jul	15085040	16,955	9,36	74,93	No existen outliers en la serie,
Ago	15085040	10,243	2,92	75,62	No existen outliers en la serie,
Sep	15085040	9,663	2,63	74,36	No existen outliers en la serie,
Oct	15085040	8,438	1,96	74,82	No existen outliers en la serie,
Nov	15085040	9,848	2,77	73,61	No existen outliers en la serie,
Dic	15085040	19,916	14,03	75,56	No existen outliers en la serie,

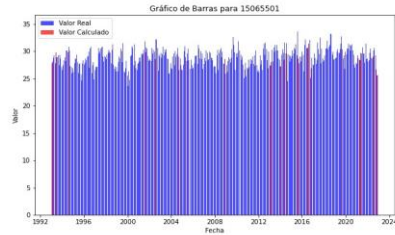
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Para cada mes y estación, se aplicó el test de Grubbs para detectar posibles valores atípicos. Los resultados muestran que en ningún caso se encontraron valores atípicos significativos.

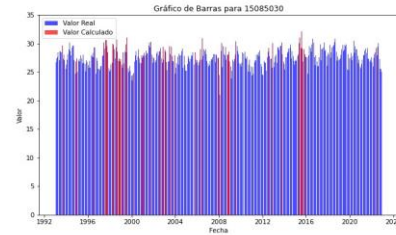
5.1.11.3.2 Imputación de datos

Para el cálculo de datos faltantes se utilizó el método de interpolación IDW. El método 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. En 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.1 Clima\Anexo 5.1.11.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas se presentan las series de datos imputados de temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima para cada una de las estaciones de análisis, donde se

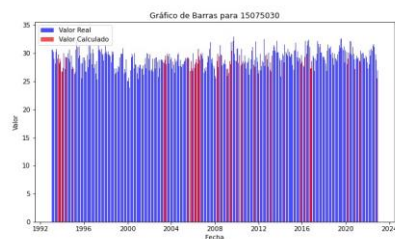
muestran los datos generados y que no representan datos atípicos. De la **Figura 5-11** a la **Figura 5-13** se presentan los datos calculados de temperatura.



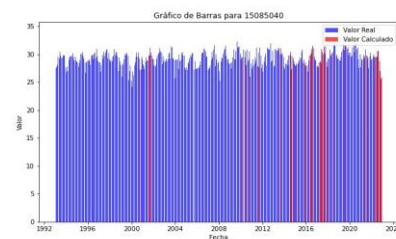
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



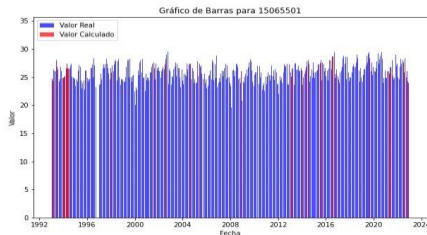
MANAURE [15075030]



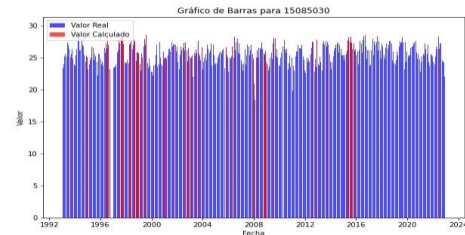
[15085040]

Figura 5-11 Datos imputados temperatura media RANCHO GRANDE

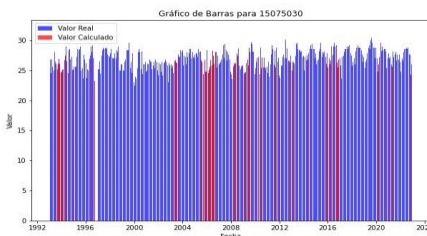
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



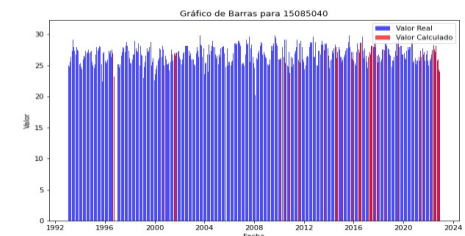
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



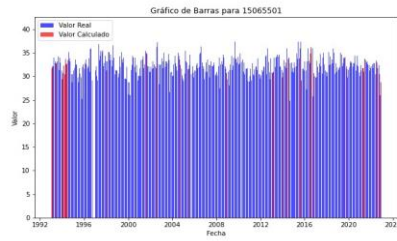
MANAURE [15075030]



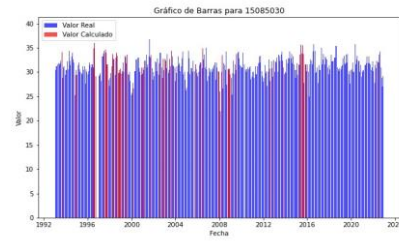
RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-12 Datos imputados temperatura mínima

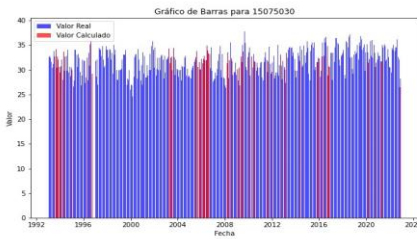
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



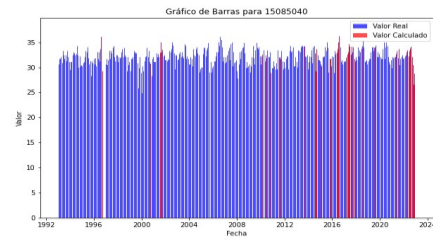
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

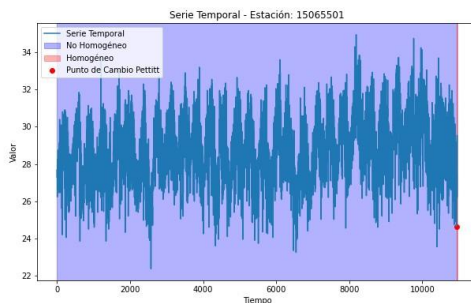
Figura 5-13 Datos imputados temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

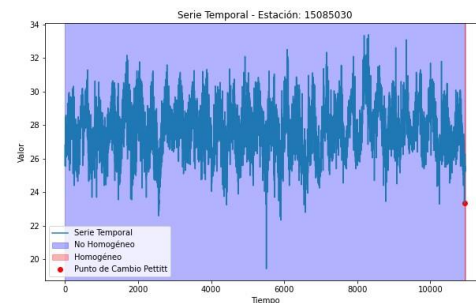
5.1.11.1.3.3 Análisis de homogeneidad y tendencia

- Prueba de Pettitt

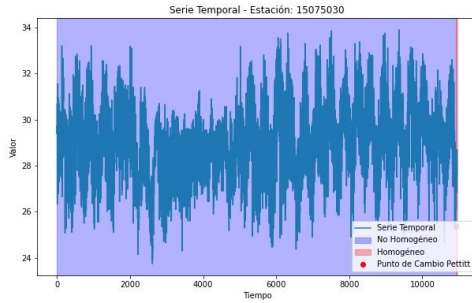
De la Figura 5-14 a la Figura 5-16, se presentan los resultados gráficos de la prueba de homogeneidad de Pettitt para los datos de temperatura en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.1 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-2 Analisis - Unidades Hidrográficas.



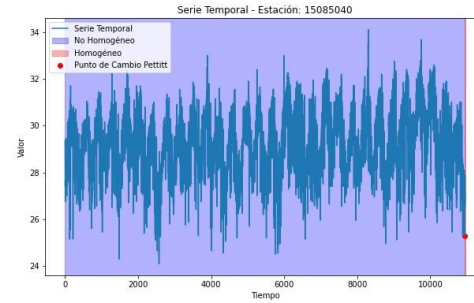
LA MINA CERREJÓN AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-14 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura media

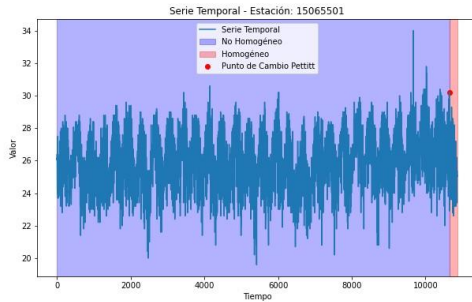
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-12** se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura media.

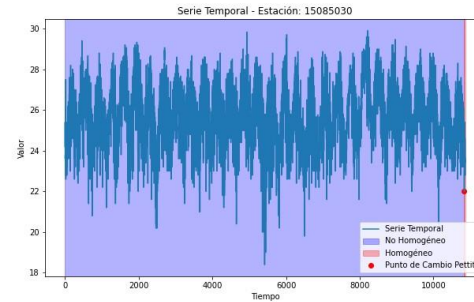
Tabla 5-12 Resultados prueba de homogeneidad – Pettitt temperatura media

ESTACIÓN	PUNTO DE CAMBIO PETTITT	ESTADÍSTICA DE PRUEBA PETTITT	HOMOGENEIDAD PETTITT
15065501	10934	8576695	No Homogéneo
15075030	10923	7503652	No Homogéneo
15085030	10933	3285583	No Homogéneo
15085040	10934	5422609	No Homogéneo

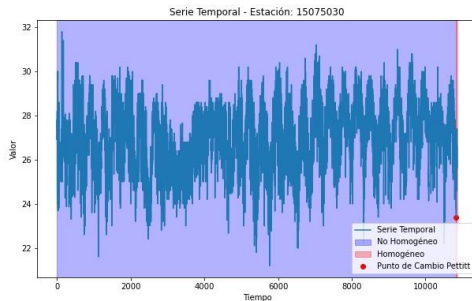
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



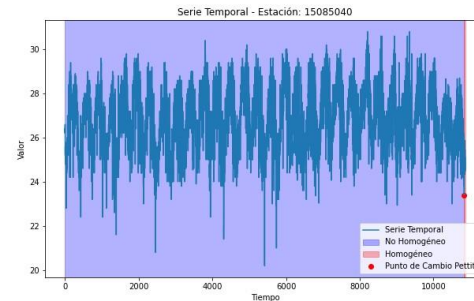
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-15 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura mínima

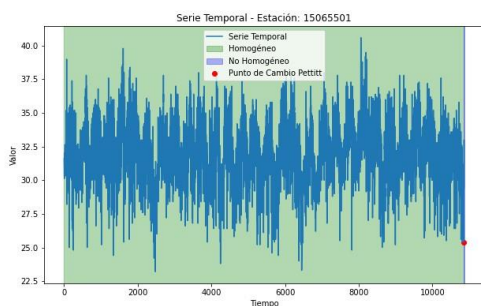
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-13** se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura mínima.

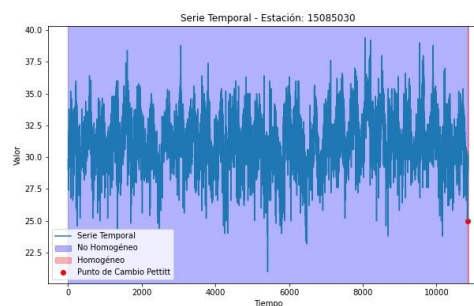
Tabla 5-13 Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura mínima

ESTACIÓN	PUNTO DE CAMBIO PETTITT	ESTADÍSTICA DE PRUEBA PETTITT	HOMOGENEIDAD PETTITT
15065501	10647	4968371	No Homogéneo
15075030	10837	9054618	No Homogéneo
15085030	10838	1973580	No Homogéneo
15085040	10837	2890402	No Homogéneo

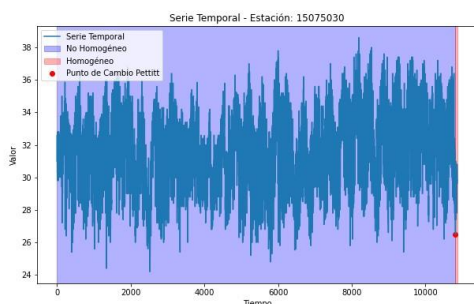
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



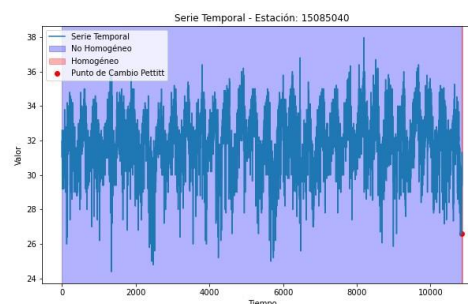
LA MINA CERREJÓN- AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-16 Prueba de homogeneidad de Pettitt para temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-14** se presenta los resultados de la prueba de homogeneidad para los datos de temperatura máxima.

Tabla 5-14 Resultados prueba de homogeneidad – Pettit temperatura máxima

ESTACIÓN	PUNTO DE CAMBIO PETTITT	ESTADÍSTICA DE PRUEBA PETTITT	HOMOGENEIDAD PETTITT
15065501	10843	122877	Homogéneo
15075030	10816	6504196	No Homogéneo
15085030	10841	2942488	No Homogéneo
15085040	10841	3644298	No Homogéneo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Los resultados de las pruebas de homogeneidad de Pettitt indican que las series temporales de temperatura media y mínima en todas las estaciones del sector de La Guajira muestran no homogeneidad, lo que sugiere cambios estructurales en los patrones climáticos a lo largo del tiempo. Para la temperatura máxima, la estación 15065501 es la única que muestra homogeneidad,

lo que implica una mayor consistencia en los datos a lo largo del tiempo en comparación con las otras estaciones.

- **Prueba de tendencia Mann-Kendall**

De la **Tabla 5-15** a la **Tabla 5-17** se presentan los resultados de la prueba de tendencia de Mann-Kendall para la temperatura media, mínima y máxima para cada una de las estaciones.

Tabla 5-15 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media

ESTACIÓN	TAU KENDALL	P-VALOR	TENDENCIA
15065501	0,143353732	1,6404E-111	Cambio significativo
15075030	0,125331158	8,32961E-86	Cambio significativo
15085030	0,054935067	8,2512E-18	Cambio significativo
15085040	0,090734578	1,09795E-45	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-16 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima

ESTACIÓN	TAU KENDALL	P-VALOR	TENDENCIA
15065501	0,085433959	1,30119E-39	Cambio significativo
15075030	0,155654272	2,6077E-127	Cambio significativo
15085030	0,033995578	1,67358E-07	Cambio significativo
15085040	0,049889506	1,80407E-14	Cambio significativo

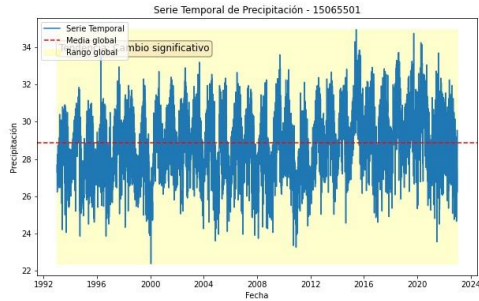
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-17 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima

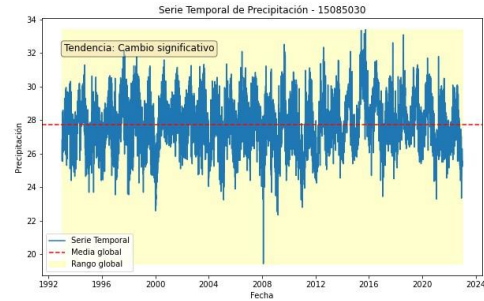
ESTACIÓN	TAU KENDALL	P-VALOR	TENDENCIA
15065501	0,002105	0,74468	No hay cambio significativo
15075030	0,111164	1,42E-66	Cambio significativo
15085030	0,050471	6,24E-15	Cambio significativo
15085040	0,062838	4,33E-22	Cambio significativo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

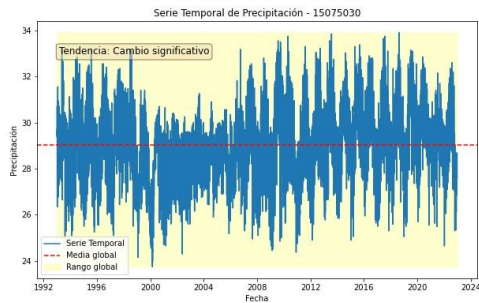
A partir de los resultados del análisis de Mann-Kendall para las diferentes estaciones (ver **Figura 5-17**, a la **Figura 5-19**), podemos hacer una conclusión general:



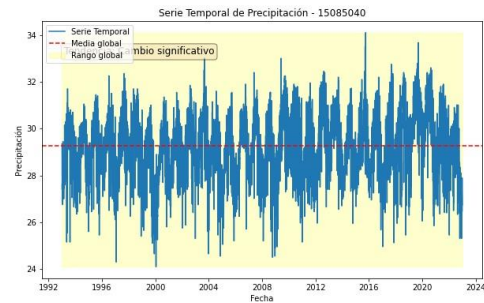
LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA – AUT [15085030]



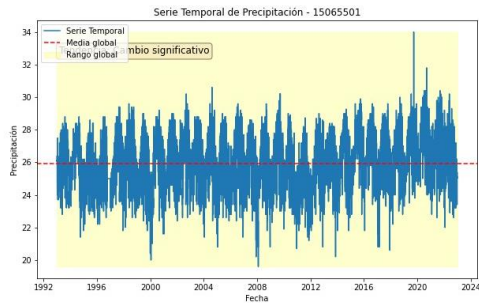
MANAURE [15075030]



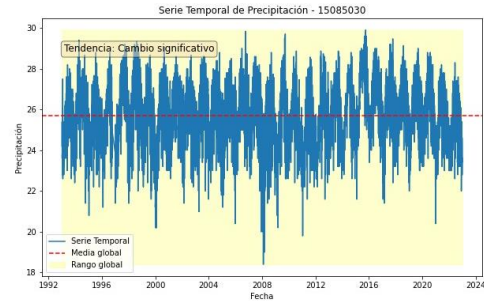
RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-17 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura media

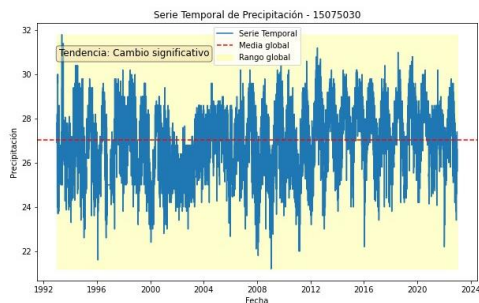
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



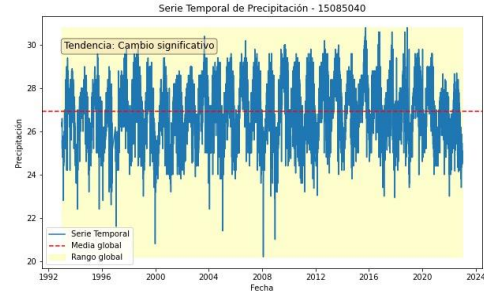
LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA – AUT [15085030]



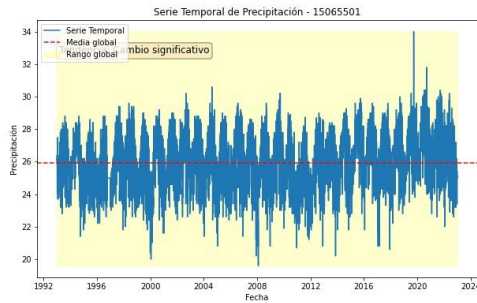
MANAURE [15075030]



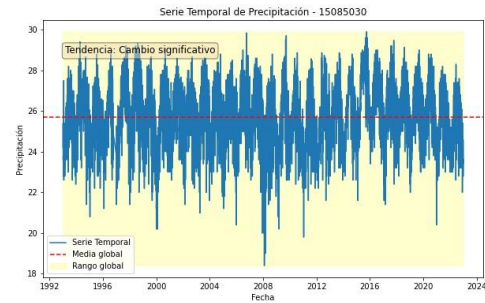
RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-18 Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura mínima

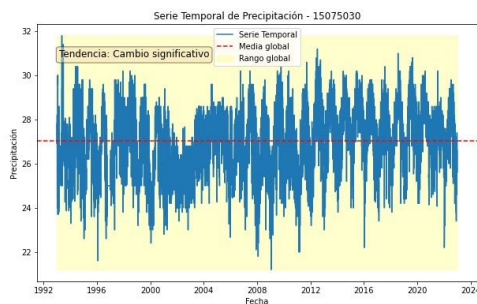
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



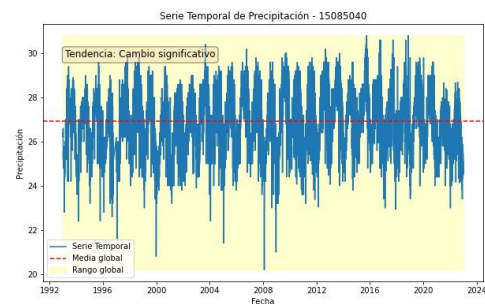
LA MINA CERREJÓN AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]



RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-19

Análisis Tendencia Mann-Kendall para temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

La detección de no homogeneidad en las series de temperatura media y mínima indica que ha habido cambios estructurales en los patrones climáticos a lo largo del tiempo en las estaciones analizadas. Estos cambios pueden deberse a una variedad de factores, como variaciones en la circulación atmosférica, cambios en la cubierta terrestre, alteraciones en los patrones de viento o influencias locales como la urbanización.

La presencia de tendencias significativas en estas temperaturas respalda la idea de que estos cambios no son aleatorios, sino que hay una dirección clara en la evolución de las condiciones climáticas. Por ejemplo, un aumento en la temperatura media o mínima podría indicar un calentamiento generalizado a lo largo del tiempo.

5.1.11.1.4 Temperatura

El análisis de la temperatura se realizó a partir de las series completas y homogéneas, donde se calcularon los valores medios mensuales multianuales para cada una de las estaciones. Los análisis están consignados en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.1 Clima\Anexo 5.1.11-2 Analisis - Unidades Hidrográficas. A continuación, se presentan los resultados del análisis de temperatura para las estaciones que hacen parte del área en estudio.

- Temperatura media

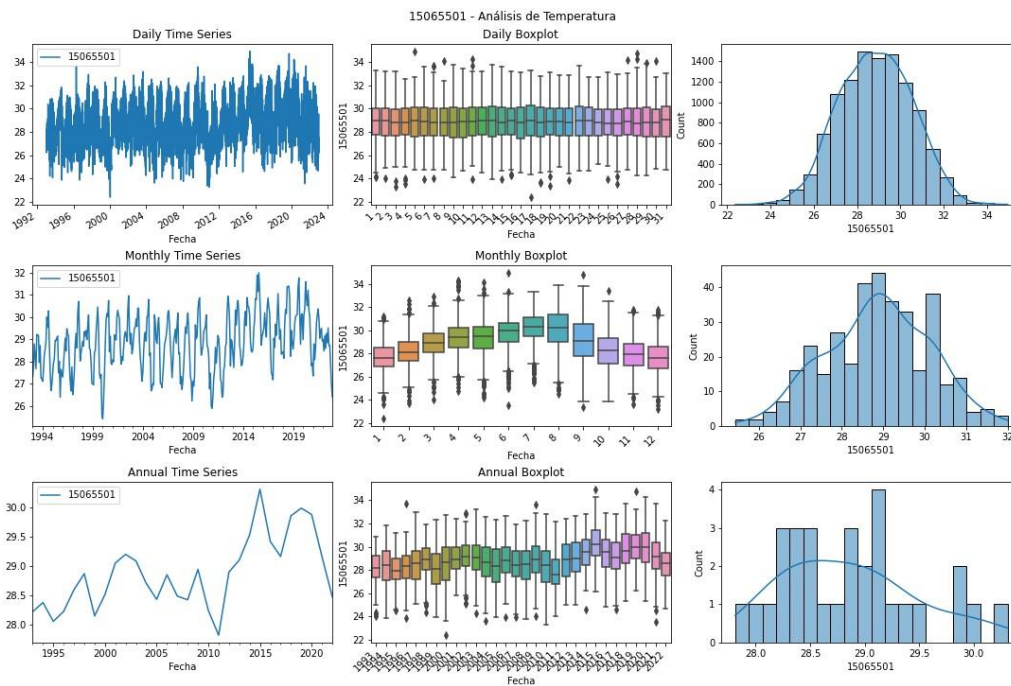
En la **Tabla 5-18** se presentan los valores promedios de la temperatura media para cada una de las estaciones.

Tabla 5-18 Valores promedio de temperatura media °C

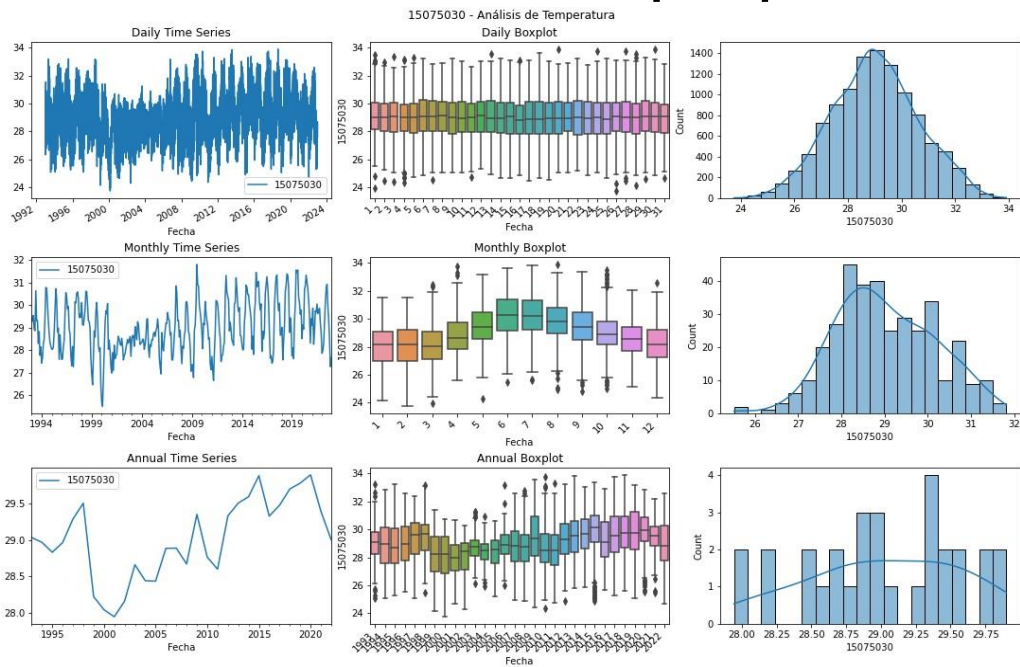
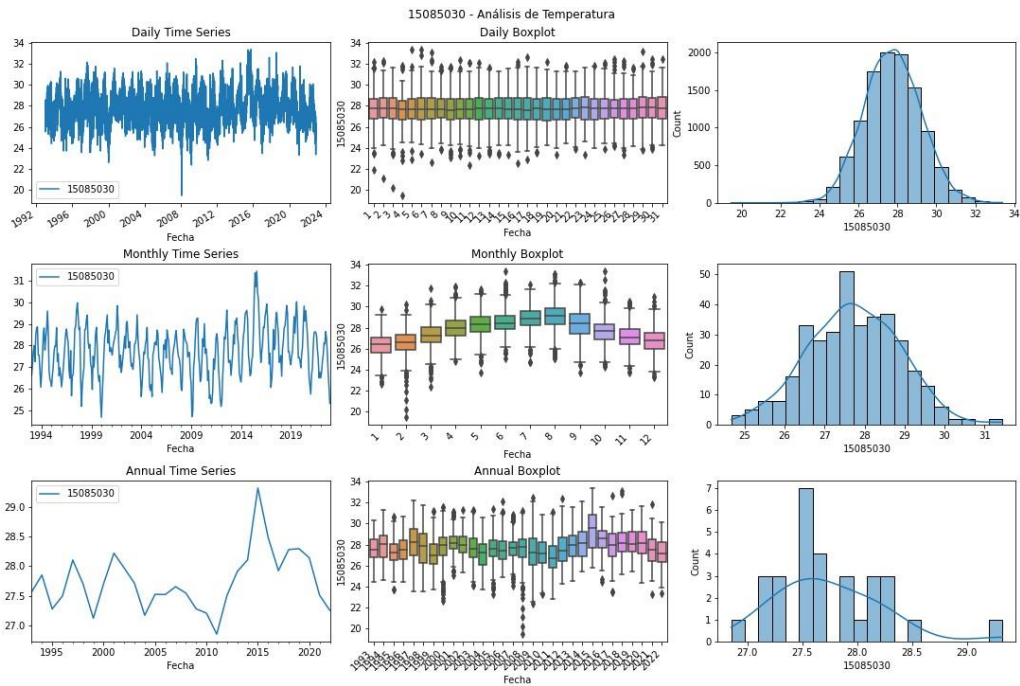
NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	27,707	28,198	28,902	29,380	29,310	29,767	30,194	30,037	29,077	28,237	27,873	27,641	28,86
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	28,043	28,063	28,084	28,843	29,493	30,216	30,209	29,933	29,467	28,964	28,599	26,280	29,02
MANAURE [15075030]	26,354	26,566	27,247	27,955	28,324	28,542	28,878	29,069	28,370	27,635	27,132	26,743	27,73
RANCHO GRANDE [15085040]	28,080	28,169	28,672	29,391	29,760	29,954	30,163	30,366	30,074	29,331	28,898	28,409	29,27

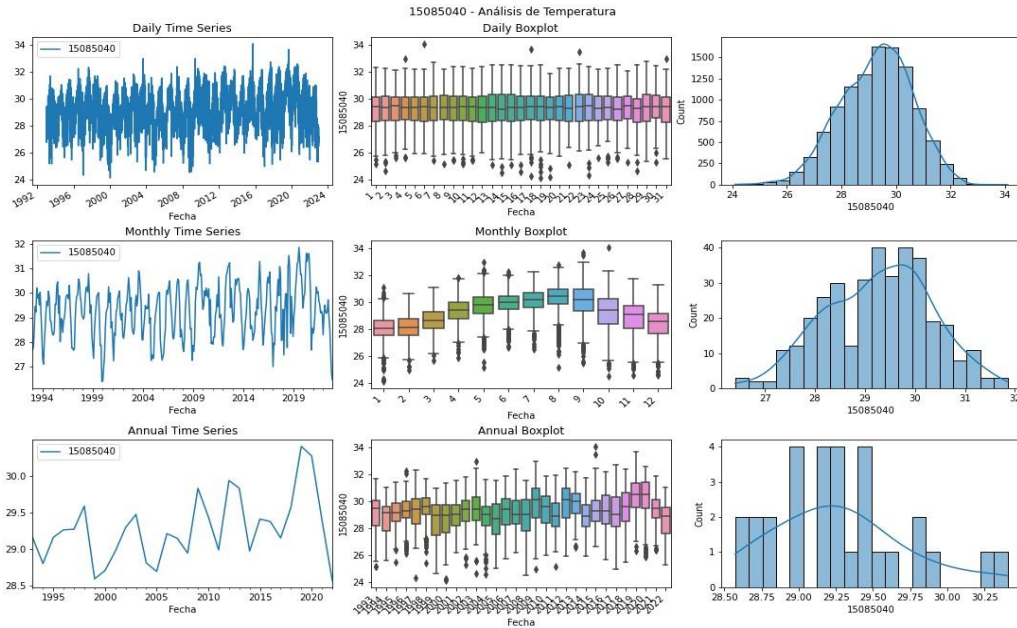
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Figura 5-20** se observa el comportamiento de la temperatura media de las estaciones que tiene influencia en el área de estudio.



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]





RANCHO GRANDE [15085040]

Figura 5-20 Análisis de comportamiento de la temperatura media

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

- Temperatura mínima

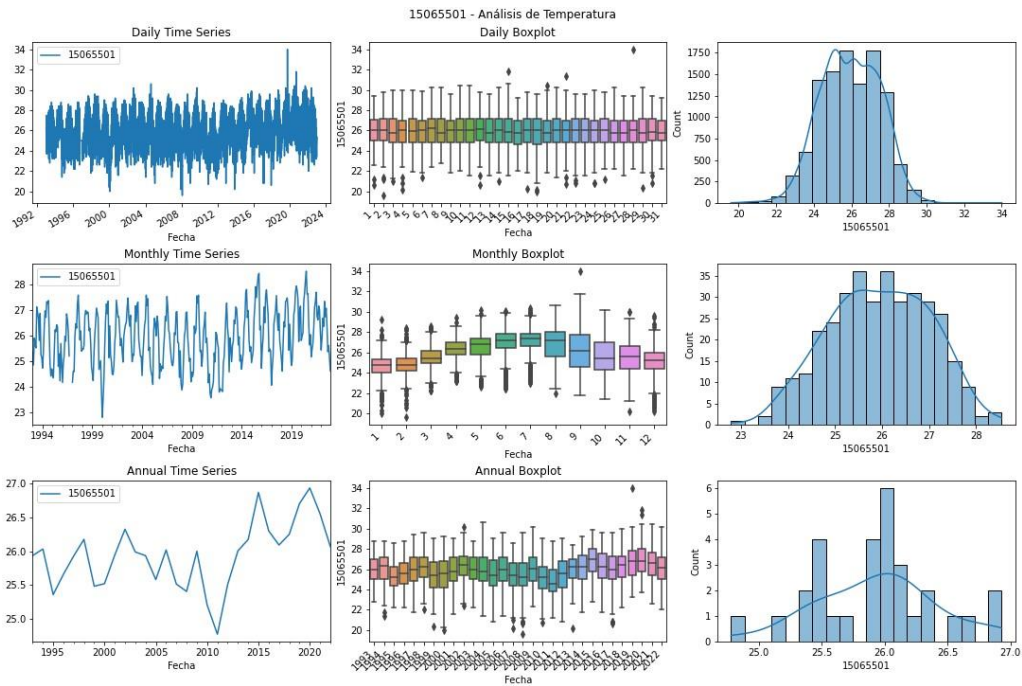
En la **Tabla 5-19** se presentan los valores de temperatura mínima para cada una de las estaciones.

Tabla 5-19 Valores promedio de temperatura mínima

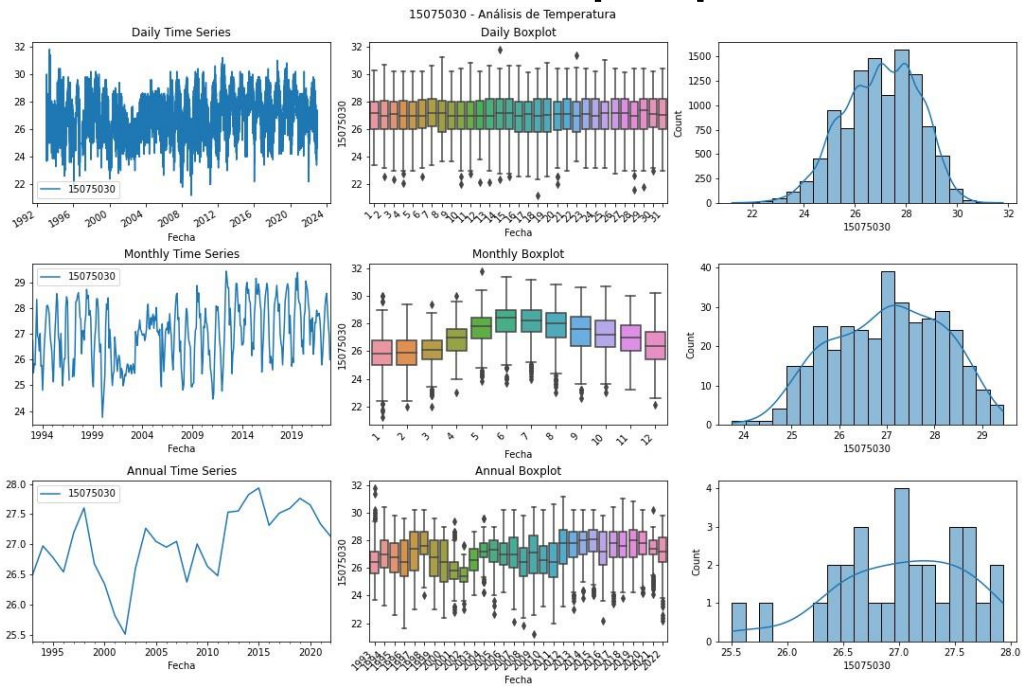
NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	20,00	19,60	22,20	23,20	22,60	22,40	23,00	22,00	21,80	21,40	20,20	20,20	21,55
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	19,80	18,40	19,00	21,00	21,40	22,40	21,60	22,20	21,60	21,40	22,00	20,00	20,90
MANAURE [15075030]	21,20	22,00	22,00	23,00	23,80	23,67	24,00	23,00	22,60	23,00	23,20	22,10	22,80
RANCHO GRANDE [15085040]	21,40	20,20	22,40	24,00	24,20	24,17	23,20	23,00	22,60	22,40	23,37	20,80	22,64

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

A continuación, se presenta el análisis de la temperatura mínima en cada una de las estaciones que hace parte del estudio ver **Figura 5-21**.



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]

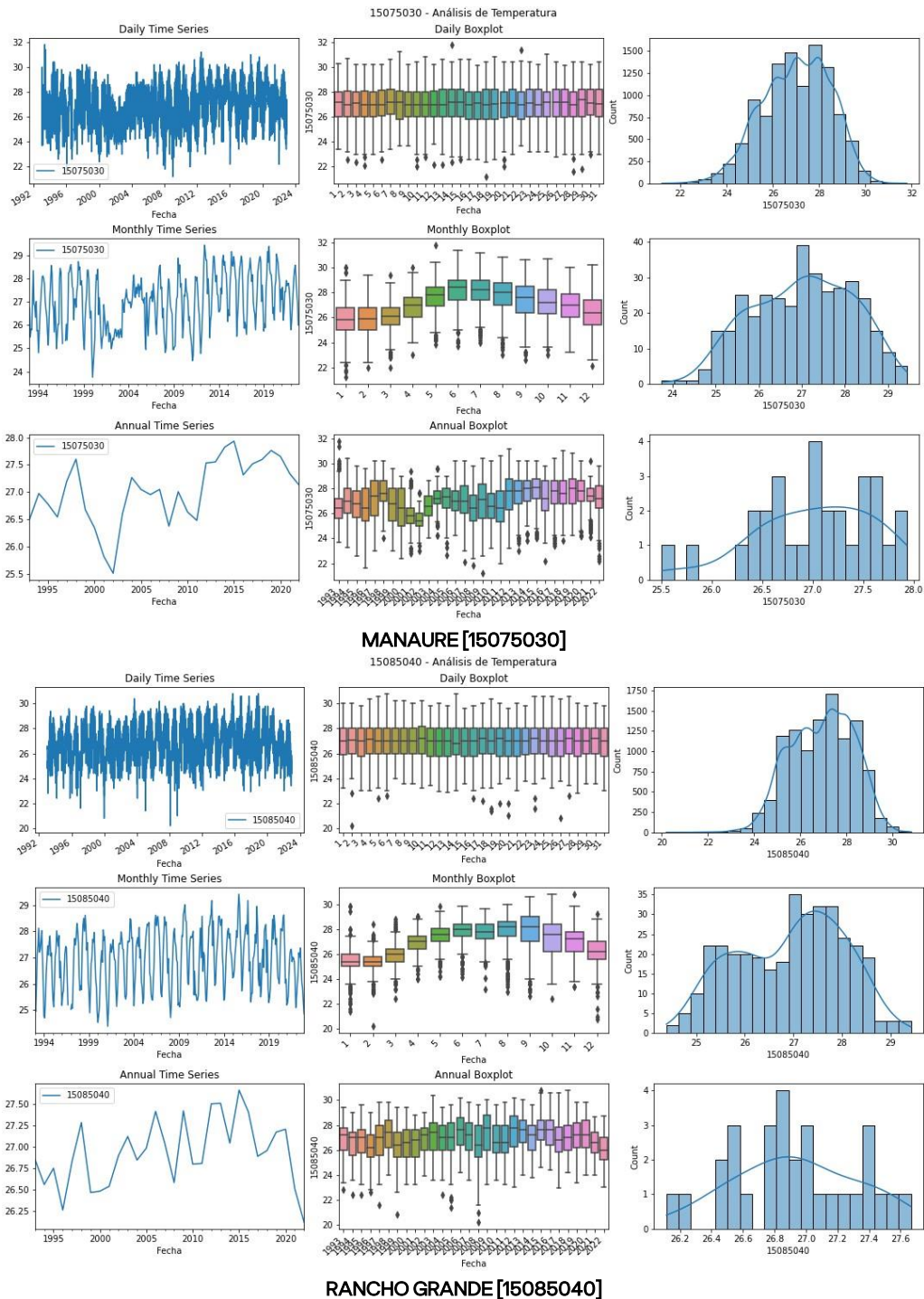


Figura 5-21 Análisis de comportamiento de la temperatura mínima en cada una de las estaciones

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

- **Temperatura máxima**

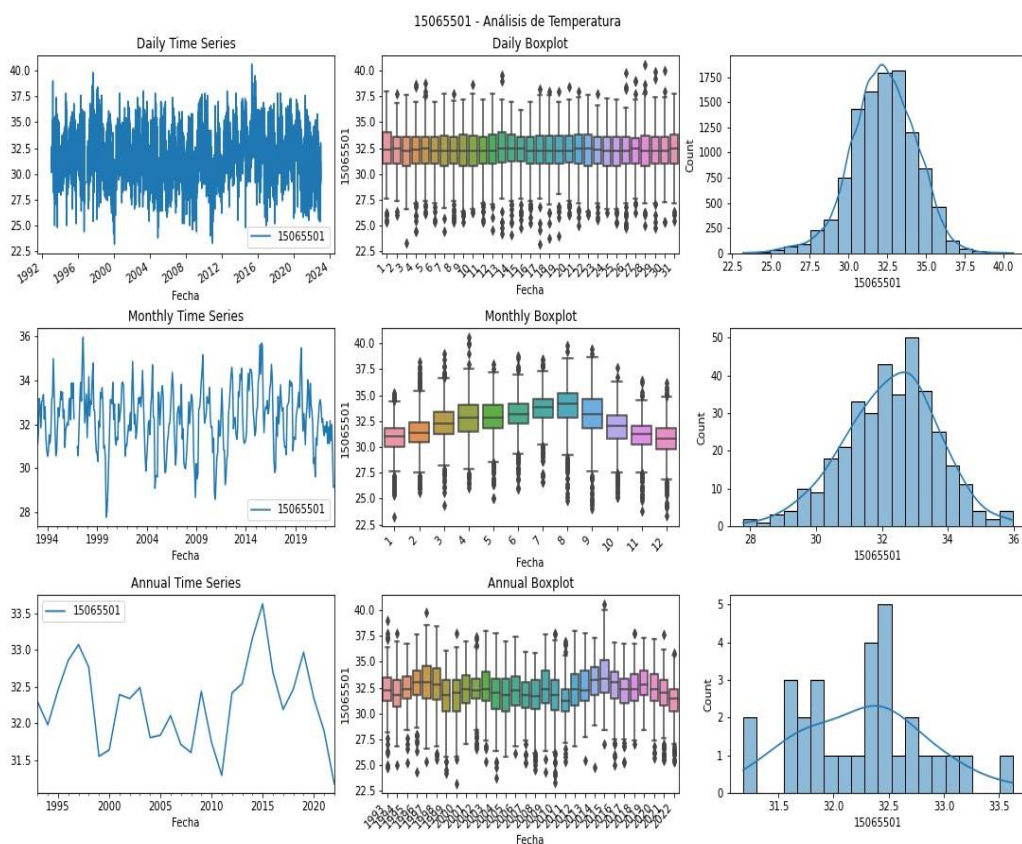
En la **Tabla 5-20** se presentan los valores de temperatura máxima para cada una de las estaciones.

Tabla 5-20 Valores de temperatura Máxima.

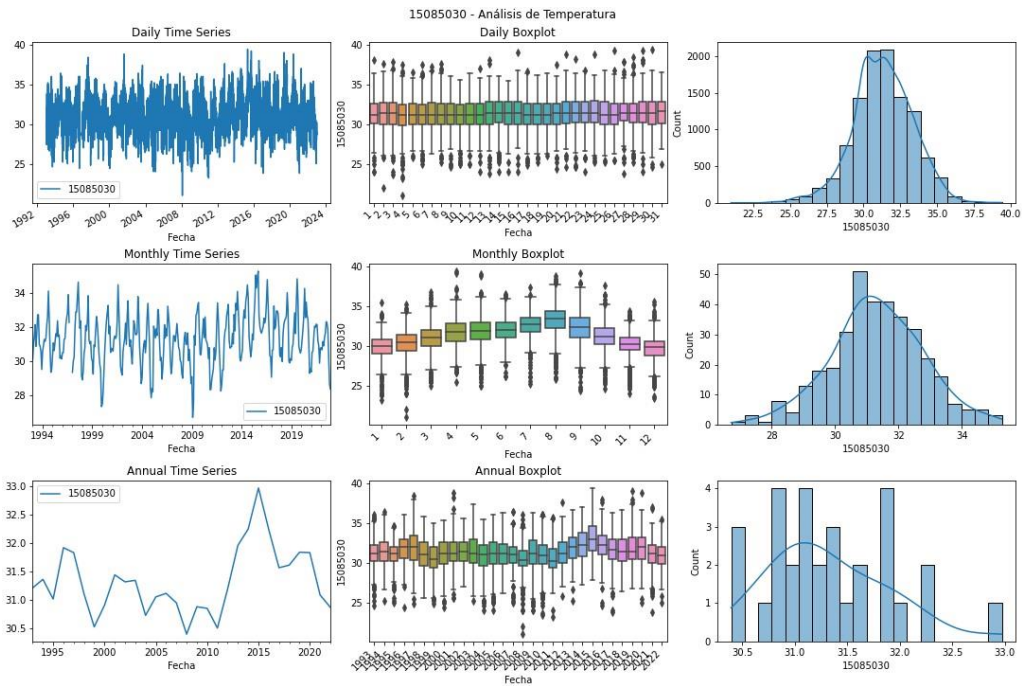
NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	30,90	31,45	32,22	32,67	32,71	33,04	33,58	33,87	32,98	31,81	30,99	30,70	32,24
ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]	30,70	30,61	30,42	31,38	32,22	33,17	33,48	33,04	32,26	31,28	30,83	30,74	31,68
MANAURE [15075030]	29,82	30,24	30,95	31,69	31,86	32,07	32,58	33,25	32,30	31,13	30,16	29,69	31,31
RANCHO GRANDE [15085040]	30,73	31,11	31,66	32,32	32,59	32,91	32,22	33,39	32,68	31,55	31,04	30,85	32,00

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

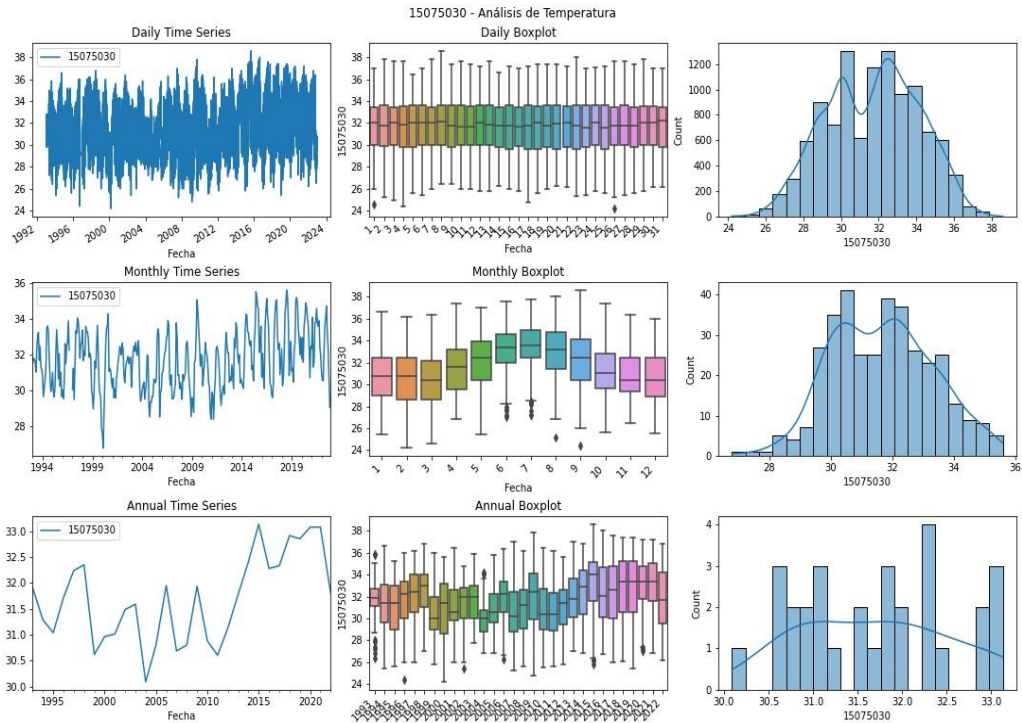
A continuación, se presenta la **Figura 5-22** donde se puede ver el análisis del comportamiento de la temperatura máxima en cada una de las estaciones.



LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]



ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]



MANAURE [15075030]

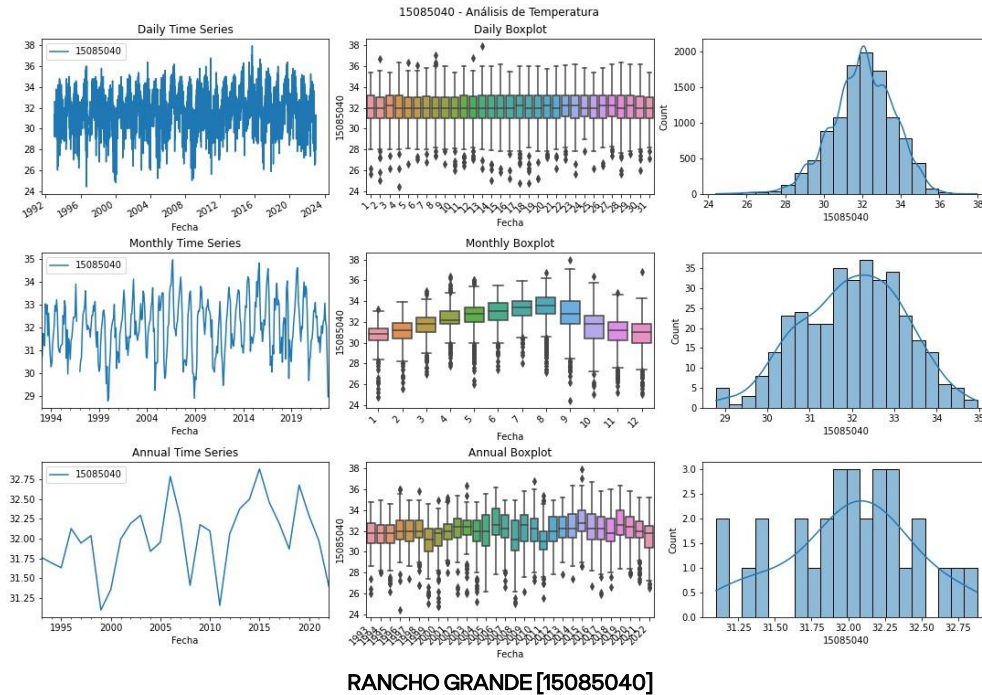


Figura 5-22 Análisis de comportamiento de la temperatura máxima

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

- Temperatura media del área en estudio**

El cálculo de la temperatura media del área en estudio mediante polígonos de Thiessen implica dividir el área en una serie de polígonos de Thiessen o polígonos de Voronoi. Cada punto de medición de la temperatura se convierte en un nodo central de un polígono, y el área dentro de cada polígono se asigna a ese nodo. Luego, se calcula la temperatura media ponderada por el área de cada polígono mediante la interpolación de datos y extrapolación de rangos de área mediante las herramientas ofimáticas de ArcView 3.x: ArcGIS usando los datos de las estaciones referenciadas en la Tabla 5-21.

Tabla 5-21 Valores de Temperatura (°C) utilizados para la determinación de las Isotermas

MES	Valores de Temperatura (°C)			
	LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPA - AUT [15085030]	MANAURE [15075030]	RANCHO GRANDE [15085040]
Enero	27,70	26,12	28,12	27,90
Febrero	28,19	26,40	28,09	28,00
Marzo	28,88	27,04	28,10	28,51
Abril	29,39	27,72	28,73	29,21
Mayo	29,31	28,10	29,53	29,62
Junio	29,76	28,33	30,46	29,85
Julio	30,16	28,65	30,44	30,01
Agosto	30,05	28,64	30,07	30,23
Septiembre	28,96	28,09	29,57	29,97
Octubre	28,08	27,29	29,07	29,17
Noviembre	27,82	26,75	28,88	28,89

MES	Valores de Temperatura (°C)			
	LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]	ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPIA – AUT [15085030]	MANAURE [15075030]	RANCHO GRANDE [15085040]
Diciembre	27,58	26,40	28,40	28,31
Promedio	28,85	27,48	29,11	29,12

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

• Distribución espacial de la temperatura

Es importante destacar que para la modelación se consideró entre otros factores el relieve y la elevación a la cual se ubica cada estación, en donde se referencia que la estación La Mina Cerrejón – aut [15065501] se encuentra ubicada a 80,0 msnm, la estación Escuela Agrícola Carraipia – AUT [15085030] está a 118,0 msnm, la Estación Manaure [15075030] a 1,0 msnm y La estación Rancho Grande [15085040] a 50,0 msnm, los resultados obtenidos para la temperatura, son coherentes con el entorno, dado que la menor temperatura anual promedio se obtuvo en la estación Escuela agrícola Carraipia con 27,48°C, seguido de la Estación La Mina Cerrejon con 28,85°C, indicando precisamente que estas estaciones están ligeramente más elevada con respecto las demás estaciones, en donde los registros de temperatura estuvieron por encima de los 29 °C. En la Figura 5-23 se puede observar la distribución espacial de la temperatura media anual, tomando el promedio histórico compilado mes a mes para cada una de las estaciones referenciadas en la Tabla 5-21, la cual varía de 27.48 a 29,11°C, lo cual indica una homogeneidad en el área de estudio.

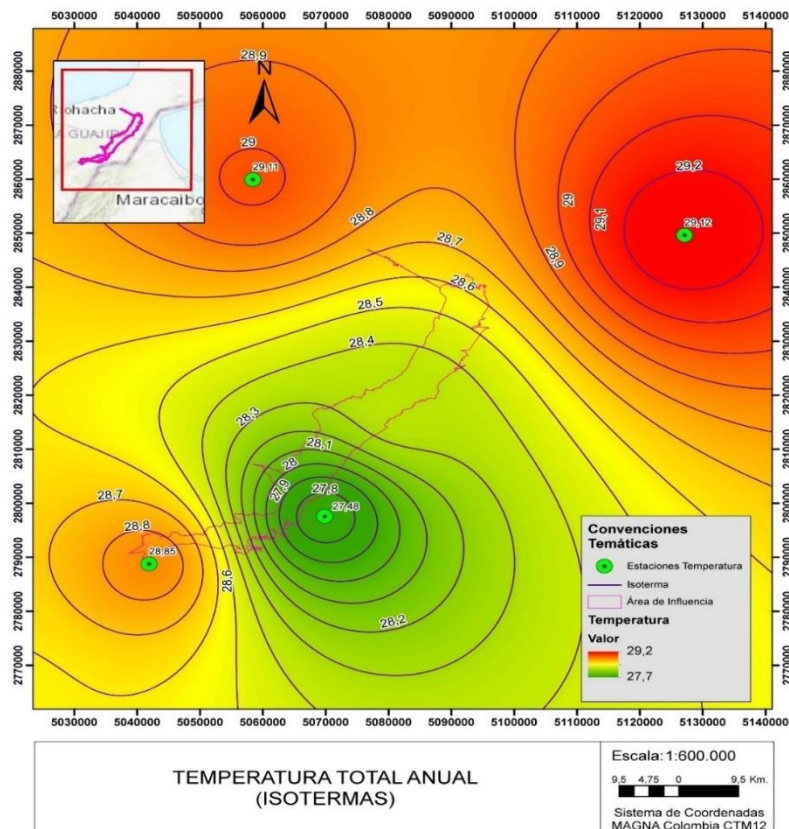


Figura 5-23 Distribución espacial de la temperatura

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.5 Evapotranspiración potencial

- **Método de Hargreaves**

La evapotranspiración a una escala temporal diaria fue calculada a partir de la fórmula de Hargreaves, el cual requiere los datos de temperatura media, máxima y mínima y de radiación solar diaria, para el desarrollo de este proceso se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$ET_0 = 0,0135(t_{med} + 17,78) * R_s$$

Donde ET_0 corresponde al valor calculado de evapotranspiración potencial diaria medida en mm/día, $(t_{max} + t_{min})/2$ y R_s corresponde a la radiación solar incidente.

La radiación solar incidente R_s se determina a partir de la radiación solar extraterrestre R_0 , la cual se obtiene de las tablas diseñadas en función de la latitud del centroide de la cuenca y del respectivo mes. La expresión para el cálculo de la R_s fue propuesta por (Samani, 2000) y se presenta a continuación:

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$

Para la determinación de la ETP se emplearon las series de tiempo completas y homogéneas de temperatura media de la estaciones La Mina Cerrejón - Aut [15065501], Escuela Agrícola Carraipia - Aut [15085030], Manaure [15075030] y Rancho Grande [15085040] la; Los cálculos se encuentran en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-3 Calculo Evapotranspiracion. A continuación se presentan los resultados para cada una de las estaciones utilizadas para la caracterización de la Evapotranspiración del área de influencia del proyecto.

Tabla 5-22 Resultados Históricos de la ETP para la estación La Mina Cerrejón - AUT [15065501]

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	133,25	130,83	161,05	148,27	134,02	124,98	134,72	144,90	140,64	143,74	132,75	129,79
1994	133,66	115,22	134,81	113,70	121,91	126,64	134,22	160,91	152,51	152,84	131,72	132,81
1995	150,18	145,80	157,66	145,61	149,50	132,24	143,56	150,58	151,67	145,00	133,36	144,77
1996	156,44	137,59	166,77	151,81	137,48	137,85	138,41	156,72	147,07			
1997	142,52	119,42	155,71	149,45	151,17	132,03	153,03	169,88	158,20	144,64	140,83	158,15
1998	140,46	136,54	177,24	133,93	137,11	123,23	144,63	162,01	143,69	146,95	129,71	132,61
1999	136,84	120,63	155,62	134,35	146,53	128,91	144,59	141,80	137,40	141,75	124,98	100,89
2000	120,64	116,71	141,80	138,20	143,53	127,82	135,34	150,82	150,39	151,84	133,26	135,87
2001	148,96	131,30	172,30	143,55	138,93	123,33	144,29	155,69	154,42	143,62	120,41	125,94
2002	134,13	130,15	147,43	133,20	136,04	116,28	139,38	160,58	147,35	139,41	133,12	132,73
2003	148,04	138,25	171,37	148,10	138,30	129,65	137,76	154,97	152,08	146,95	125,69	117,37
2004	135,62	126,66	150,85	136,48	122,00	120,12	135,30	158,53	147,47	152,22	107,35	121,08
2005	125,83	115,20	166,15	147,72	128,41	131,77	140,59	154,95	154,26	147,54	117,80	122,98
2006	130,96	127,88	146,33	138,32	126,57	129,14	136,53	156,61	158,89	145,04	128,75	121,01
2007	136,23	141,69	167,22	148,15	134,40	123,06	144,43	130,75	138,22	137,45	114,94	129,59
2008	141,90	137,50	157,60	151,62	133,65	124,81	140,08	153,81	146,78	131,72	114,77	111,19
2009	130,92	110,51	130,80	144,64	142,31	135,29	139,75	156,79	163,73	153,97	141,80	145,56
2010	157,99	145,87	158,65	146,28	146,46	125,52	129,82	142,95	138,94	151,23	116,65	115,18
2011	129,68	126,36	149,47	146,55	137,66	117,56	137,11	159,32	147,36	152,04	140,49	123,97
2012	131,22	132,70	140,82	151,08	145,72	137,22	148,01	168,32	165,57	155,65	140,49	145,75
2013	145,78	119,54	145,54	152,80	146,37	141,68	147,49	164,63	146,97	136,77	134,17	134,47
2014	145,70	131,68	177,59	164,47	146,60	139,77	144,00	160,91	152,05	153,82	142,62	135,81
2015	148,41	141,50	166,68	158,28	152,36	151,42	147,11	167,59	159,91	124,67	127,27	139,64

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	164,54	144,20	165,08	131,77	136,84	130,27	137,95	159,53	157,39	150,87	117,58	114,30
2017	133,85	141,20	149,20	149,72	127,54	125,76	140,52	142,34	142,44	143,91	128,56	130,11
2018	137,97	123,44	164,33	147,27	146,33	139,52	142,80	151,08	153,65	133,05	123,85	136,37
2019	145,29	139,55	160,58	142,56	142,70	116,87	145,17	166,16	143,57	143,55	133,75	128,24
2020	130,54	137,74	160,50	154,33	138,21	104,20	129,24	132,47	126,83	136,86	116,17	115,50
2021	115,58	123,11	135,99	131,78	128,59	124,12	127,39	141,48	132,45	134,00	119,70	129,96
2022	146,15	120,74	140,36	119,28	117,33	105,01	122,61	123,48	145,58	126,19	104,35	108,70
Promedio	139,31	130,32	155,85	143,44	137,82	127,54	139,53	153,35	148,58	143,70	126,79	128,29

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Los resultados obtenidos para la estación La Mina Cerrejón, se presentan en la Figura 5–24.

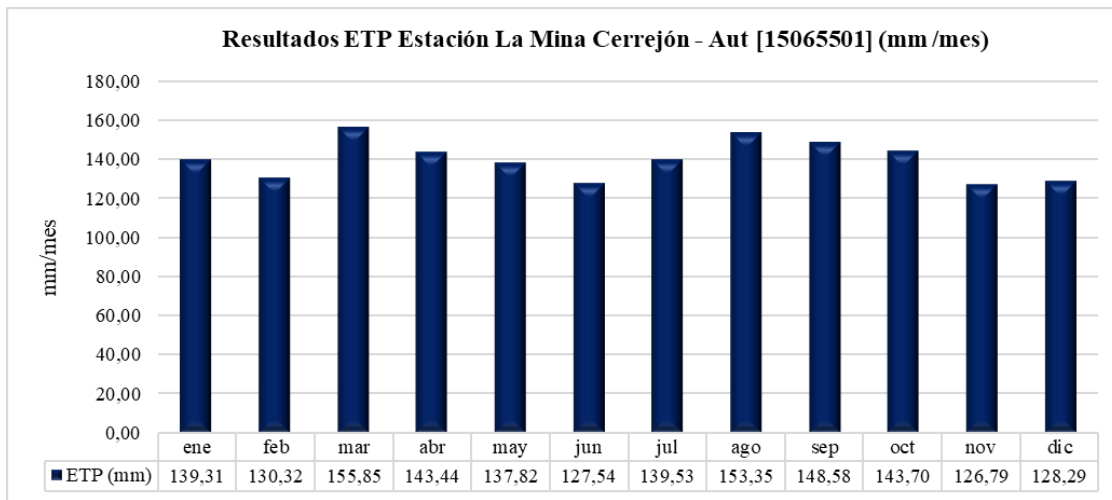


Figura 5–24 ETP (mm) – LA MINA CERREJÓN – AUT [15065501]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5–23 Resultados históricos de la ETP para la estación Escuela Agrícola Carraipia – Aut [15085030]

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	142,46	134,78	152,84	145,35	130,14	117,65	134,80	140,34	130,18	129,30	128,61	124,01
1994	135,82	112,40	118,31	104,99	133,60	126,65	136,96	154,55	139,11	141,90	113,51	122,66
1995	141,92	133,25	139,08	128,51	130,94	118,87	128,28	141,89	138,39	133,51	121,44	125,26
1996	141,08	125,44	149,93	131,06	136,72	126,82	128,81	158,71	153,35			
1997	128,18	114,60	139,96	140,18	139,30	128,01	139,48	156,76	136,70	131,03	131,12	115,62
1998	136,68	113,50	145,58	138,62	126,17	112,70	126,03	149,61	127,03	132,09	119,11	118,79
1999	123,82	113,12	141,13	130,24	133,18	126,90	128,00	132,26	136,12	133,36	118,65	93,88
2000	116,13	107,09	129,12	130,08	128,86	126,36	135,77	141,42	133,16	136,35	119,22	124,22
2001	133,46	124,79	147,56	132,79	118,83	110,38	127,55	150,22	143,00	137,92	110,86	99,22
2002	120,06	129,50	142,67	128,60	130,52	110,86	132,06	145,93	132,46	130,34	127,20	122,92
2003	128,07	128,80	168,95	150,79	124,58	115,63	121,35	142,78	144,90	130,62	109,20	101,51
2004	124,76	130,02	143,39	127,64	113,16	108,54	135,20	146,98	146,28	131,81	101,90	98,16
2005	111,22	105,51	155,86	135,96	124,14	122,40	123,46	145,77	141,94	134,47	114,58	125,74
2006	111,68	119,68	141,14	139,17	124,13	120,71	130,19	145,41	144,68	139,57	116,19	106,18
2007	120,97	122,52	149,54	128,59	123,39	114,78	127,19	129,96	125,19	132,31	114,44	124,47
2008	134,33	134,74	159,30	133,96	134,60	110,22	121,43	141,22	115,32	128,55	104,83	106,36

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2009	121,40	89,17	109,11	144,14	125,51	134,02	135,16	145,89	150,16	149,54	123,79	138,77
2010	151,95	132,97	156,67	128,05	130,87	114,68	115,23	124,45	125,05	136,99	103,28	104,98
2011	122,46	112,87	133,14	126,51	116,17	104,89	126,67	149,20	142,87	137,24	117,65	105,64
2012	118,36	120,77	122,51	131,18	123,82	117,58	129,20	136,04	149,66	140,33	122,66	128,70
2013	138,55	130,16	137,94	140,39	127,69	128,32	132,31	152,67	151,55	139,46	118,14	121,88
2014	135,22	121,83	157,16	147,04	133,68	126,73	139,45	155,81	152,53	136,15	122,39	123,46
2015	134,20	129,28	141,48	137,12	138,66	139,86	140,94	151,86	157,65	120,57	119,55	132,78
2016	144,09	132,05	147,17	134,31	124,29	112,00	131,78	154,84	140,64	136,00	115,46	111,90
2017	115,77	122,93	137,17	147,59	130,31	119,96	129,82	133,40	138,43	134,45	114,32	116,35
2018	124,78	111,12	149,47	137,65	133,32	120,54	128,05	150,30	139,34	116,11	102,09	125,57
2019	134,27	126,68	140,44	133,05	134,22	109,08	140,72	156,70	147,77	131,01	118,09	116,74
2020	132,38	130,06	150,55	141,99	149,50	120,93	135,96	135,36	137,61	132,22	107,48	119,59
2021	128,09	121,31	139,32	130,56	127,41	118,96	129,62	135,33	128,64	133,23	115,59	132,88
2022	143,03	124,93	147,93	128,35	123,37	120,98	129,09	140,08	140,29	131,50	103,38	107,74
Promedio	129,84	121,86	143,15	134,48	129,04	119,53	130,69	144,86	139,67	133,72	115,68	117,10

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

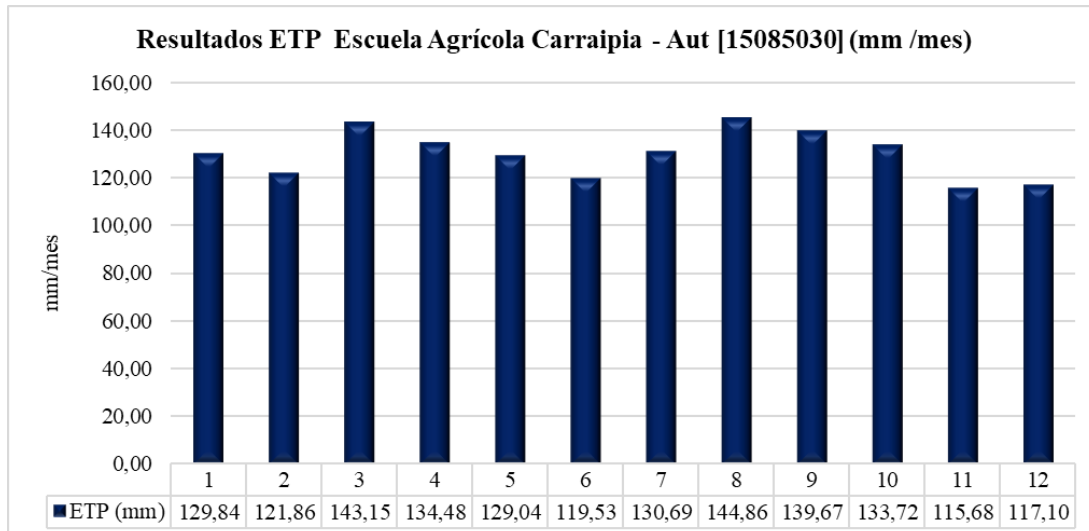


Figura 5-25 ETP (mm) – ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA - AUT [15085030]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-24 Resultados históricos de la ETP para la estación Manaure [15075030]

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	118,27	123,12	142,73	133,48	101,85	98,50	133,56	143,09	127,95	134,52	125,43	123,53
1994	133,10	95,11	108,28	100,81	98,63	116,98	122,89	129,82	109,89	105,62	92,96	101,42
1995	124,37	103,20	101,32	92,01	109,93	110,20	106,74	104,38	127,15	118,48	104,81	99,63
1996	120,03	95,67	115,40	140,48	95,91	101,24	111,59	153,97	147,78			
1997	112,69	110,46	112,52	123,04	123,39	113,49	128,17	131,85	125,79	119,33	122,31	135,47
1998	132,44	100,79	130,95	110,86	133,31	106,20	117,49	118,81	111,84	117,73	111,84	105,37
1999	114,64	95,30	111,43	114,53	106,53	101,37	123,29	111,45	99,99	103,22	90,29	88,91
2000	101,28	76,15	107,72	124,15	124,52	117,89	127,50	139,37	119,25	117,40	115,24	122,43
2001	123,21	112,47	114,32	97,19	96,34	108,73	124,92	137,40	138,38	147,71	141,29	137,20
2002	146,22	132,55	138,03	122,43	132,60	122,25	130,56	140,79	138,62	144,27	135,34	118,28
2003	131,84	123,32	150,97	141,59	128,30	116,12	123,73	135,00	124,80	90,60	80,29	83,61
2004	93,10	90,82	106,25	91,57	93,28	91,60	107,51	108,76	75,25	65,63	68,24	72,17

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2005	76,61	63,99	106,50	93,31	91,48	79,52	127,99	142,11	141,20	65,76	112,01	121,20
2006	102,66	102,98	142,10	133,27	122,00	119,88	127,08	143,06	145,78	97,20	88,87	102,66
2007	97,93	92,84	98,94	83,41	78,72	115,33	107,32	98,46	97,78	109,80	102,26	112,39
2008	106,74	121,21	134,25	113,35	104,65	107,75	112,86	123,17	111,04	109,57	94,64	98,77
2009	114,26	93,71	99,98	119,02	110,12	123,29	134,04	141,42	124,12	126,57	99,30	118,08
2010	136,98	96,73	108,50	109,16	115,53	104,73	115,33	117,61	114,95	113,41	92,48	90,12
2011	121,19	111,88	107,89	104,11	102,10	107,76	116,17	115,45	117,36	118,71	100,15	103,03
2012	122,79	110,50	116,50	91,24	106,48	104,51	100,77	103,38	105,24	99,94	90,65	102,27
2013	138,09	106,61	109,21	135,60	113,00	118,03	116,82	106,38	108,99	117,33	95,27	100,27
2014	109,75	94,80	105,63	114,30	137,95	125,15	127,82	122,74	123,30	125,61	114,70	129,05
2015	124,11	107,97	115,93	124,94	128,08	136,56	144,33	144,13	140,35	109,79	117,91	137,94
2016	125,84	123,71	111,34	81,89	128,48	128,99	139,25	133,86	143,11	137,06	114,34	112,28
2017	105,35	95,16	109,97	130,48	140,26	137,67	139,88	122,49	120,40	125,17	106,64	123,93
2018	137,65	102,00	115,14	120,38	140,85	133,44	146,86	146,98	132,35	112,67	115,10	137,69
2019	126,37	112,78	122,56	118,37	117,65	130,63	143,96	136,57	131,00	131,13	107,71	130,65
2020	127,61	131,22	138,70	142,57	142,86	129,80	135,46	136,16	136,66	127,12	110,97	126,28
2021	131,31	132,86	132,34	124,66	140,83	131,61	142,25	139,91	139,32	148,31	121,28	123,01
2022	127,20	103,35	112,09	123,62	131,92	127,06	138,73	131,91	126,91	111,04	93,06	96,20
Promedio	119,45	105,44	117,58	115,19	116,58	115,54	125,83	128,68	123,55	115,54	105,70	112,20

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



Figura 5-26 ETP (mm) - MANAURE [15075030]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-25 Resultados históricos de la ETP para la estación Rancho Grande [15085040]

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	130,14	120,88	144,70	122,10	107,00	116,78	127,14	138,14	114,88	130,33	117,94	120,48
1994	130,65	117,98	143,52	128,66	126,05	122,57	129,40	137,77	126,31	119,72	108,14	122,18
1995	136,41	125,27	136,76	134,44	123,35	119,56	126,23	101,24	116,94	112,20	120,38	128,89
1996	132,67	128,22	145,58	135,35	129,84	116,88	123,81	158,66	154,66	0,00	0,00	0,00
1997	123,77	114,97	138,98	135,56	129,12	116,81	128,06	141,63	117,86	118,31	120,33	136,03
1998	143,40	121,18	151,82	130,37	117,19	110,82	118,61	125,05	108,84	116,94	116,33	115,39
1999	117,19	113,81	140,54	128,97	128,14	117,11	125,22	122,01	110,69	104,98	113,43	102,35

Año de Registro	Resultados de la ETP											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2000	112,78	118,04	138,15	133,99	127,19	116,29	128,10	129,78	113,91	123,96	101,68	127,86
2001	135,12	122,14	155,32	136,86	124,78	114,27	132,62	144,83	135,90	129,26	112,14	122,92
2002	124,66	124,34	145,69	125,34	126,14	116,83	133,12	145,57	131,71	124,79	126,87	128,27
2003	138,29	126,61	148,66	131,02	131,39	113,35	119,78	133,70	132,70	137,68	114,31	113,50
2004	132,30	126,40	142,24	125,04	121,19	117,65	129,92	136,93	124,36	127,63	95,10	117,64
2005	125,32	111,00	148,10	140,56	122,91	114,04	123,33	133,16	132,71	118,62	100,94	111,86
2006	126,12	118,48	143,56	128,85	127,70	119,61	130,83	144,02	149,56	132,92	115,47	127,13
2007	138,46	129,87	148,45	136,08	131,32	121,25	136,46	132,78	125,55	110,70	103,09	121,11
2008	129,61	122,48	140,22	141,14	133,68	124,55	129,42	132,35	107,06	101,88	97,79	102,15
2009	119,68	106,68	127,82	135,47	124,50	115,75	114,26	133,25	129,22	129,49	122,11	129,87
2010	138,10	129,55	146,93	131,30	131,07	112,56	121,54	123,60	139,24	145,33	118,23	116,66
2011	120,83	115,84	133,81	117,25	99,80	101,64	126,80	125,03	136,85	113,23	100,99	98,06
2012	121,44	124,14	137,18	128,10	119,95	117,76	128,92	128,75	118,60	113,57	104,19	117,07
2013	131,42	120,83	141,60	136,35	130,70	117,29	125,35	133,83	118,60	116,99	112,17	119,41
2014	131,55	122,01	148,41	137,51	128,17	127,90	136,66	146,60	134,61	113,26	116,94	122,91
2015	127,61	116,77	137,13	139,00	129,47	128,02	128,28	138,10	138,55	123,90	110,88	125,47
2016	133,65	124,07	139,11	120,34	124,21	123,54	136,32	151,40	126,81	120,32	107,22	109,62
2017	120,12	118,72	134,14	143,47	133,39	128,30	137,38	134,48	122,77	134,48	118,01	124,40
2018	126,60	110,57	152,31	136,48	126,82	100,02	133,52	145,00	129,05	106,48	110,44	127,19
2019	129,26	124,98	146,02	137,30	128,65	115,90	139,34	146,34	151,72	145,13	128,84	130,13
2020	131,40	131,30	150,29	148,93	141,49	123,27	136,82	136,23	117,55	116,70	103,34	117,28
2021	133,73	126,17	146,88	135,46	135,29	121,58	131,74	135,28	135,15	127,42	118,83	132,61
2022	137,00	126,61	150,96	131,93	124,77	118,82	130,73	133,34	138,89	124,48	101,37	105,38
Promedio	129,31	121,33	143,50	133,11	126,18	117,69	128,99	135,63	128,04	118,02	107,92	115,79

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

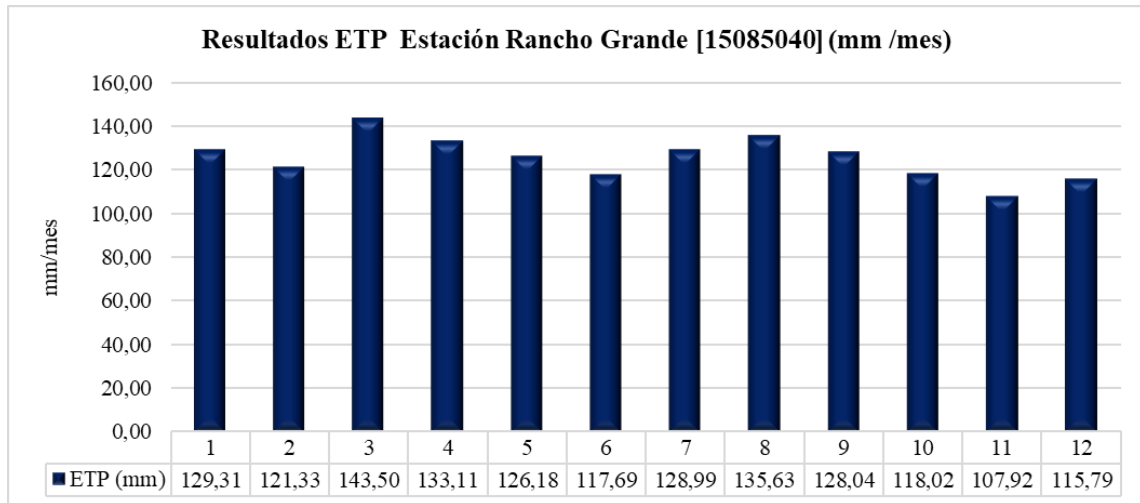


Figura 5-27 ETP (mm) - RANCHO GRANDE [15085040]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.6 Evapotranspiración real

La evapotranspiración real representa la cantidad real de agua que sale de la cuenca por evaporación y transpiración, teniendo en cuenta las condiciones de humedad, imperantes en la

zona. En este proyecto se seleccionó la metodología Budyko, ya que es ampliamente utilizada y ha sido probada en un sin número de estudios en todo el mundo, entre ellos el ENA 2010³ y el ENA 2014⁴.

El método Budyko para el cálculo de la evapotranspiración real, el cual consiste en la siguiente expresión:

$$ETR = \sqrt{\left[\left(ETP \times P \times \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \right) \times \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right) \right) \right]}$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real mensual mm,

ETP = Evapotranspiración potencial mm,

P = Precipitación total mensual mm.

En la **Tabla 5-26** se presentan los valores calculados de evapotranspiración real, los cuales se encuentran en *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-3 Calculo Evapotranspiracion*.

Tabla 5-26 Valores de Evapotranspiración real (m)

Year	La Mina Cerrejón – Aut [15065501]	Manauare [15075030]	Escuela Agrícola Carraipia – Aut [15085030]	Rancho Grande [15085040]	P	ETP (Promedio De los resultados de las Estaciones)	ETR	Índice de aridez (IA)
1993	1658,95	1506,04	1610,46	1490,50	846,0	1566,49	742,18	0,53
1994	1610,95	1315,52	1540,48	1512,92	606,0	1494,97	564,63	0,62
1995	1749,91	1302,23	1581,33	1481,67	643,0	1528,79	595,34	0,61
1996	1330,15	1082,07	1251,91	1225,69	546,3	1222,45	500,19	0,59
1997	1775,04	1458,51	1600,94	1521,42	336,6	1588,98	332,63	0,79
1998	1708,11	1397,62	1545,91	1475,94	120,0	1531,89	119,88	0,92
1999	1614,29	1260,94	1510,66	1424,45	1454,5	1452,58	1008,51	0,31
2000	1646,22	1392,91	1527,79	1471,74	371,5	1509,66	364,65	0,76
2001	1702,74	1479,17	1536,58	1566,15	388,0	1571,16	380,77	0,76
2002	1649,79	1601,94	1553,14	1553,32	775,0	1589,55	696,78	0,56
2003	1708,52	1430,17	1567,19	1540,98	791,0	1561,72	704,99	0,55
2004	1613,67	1064,18	1507,83	1496,41	674,0	1420,52	609,58	0,57
2005	1653,17	1221,67	1541,05	1482,54	927,2	1474,61	778,81	0,47
2006	1646,05	1427,57	1538,72	1564,25	555,1	1544,14	526,51	0,66
2007	1646,14	1195,17	1513,34	1535,12	1370,4	1472,44	985,51	0,33
2008	1645,43	1338,00	1524,87	1462,32	658,0	1492,66	604,01	0,60
2009	1696,06	1403,92	1566,65	1488,11	381,0	1538,69	373,84	0,76
2010	1675,53	1315,54	1525,17	1554,12	1433,2	1517,59	1023,38	0,33
2011	1667,58	1325,79	1495,31	1390,13	1373,0	1469,70	985,59	0,33
2012	1762,55	1254,28	1540,82	1459,67	723,0	1504,33	652,09	0,57
2013	1716,21	1365,60	1619,05	1504,54	411,0	1551,35	401,61	0,74
2014	1795,02	1430,80	1651,45	1566,53	474,0	1610,95	459,47	0,71
2015	1784,82	1532,05	1643,96	1543,18	195,0	1626,00	194,51	0,88
2016	1710,33	1480,15	1584,52	1516,62	989,0	1572,90	830,72	0,47

³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C., Colombia. 2010.

⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Op. Cit. 2015.

Year	La Mina Cerrejón – Aut [15065501]	Manaure [15075030]	Escuela Agrícola Carraipia – Aut [15085030],	Rancho Grande [15085040]	P	ETP (Promedio De los resultados de las Estaciones)	ETR	Índice de aridez (IA)
2017	1655,14	1457,39	1540,51	1549,67	754,0	1550,68	678,31	0,56
2018	1699,63	1541,12	1538,34	1504,50	380,0	1570,90	373,33	0,76
2019	1707,99	1509,38	1588,77	1623,61	445,0	1607,44	433,48	0,73
2020	1582,59	1585,40	1593,63	1554,60	594,2	1579,05	560,07	0,65
2021	1544,14	1607,69	1540,94	1580,14	419,0	1568,23	409,19	0,74
2022	1479,78	1423,08	1540,66	1524,28	970,0	1491,95	806,05	0,46
Resultados	49836,49	41705,91	46421,96	45165,11	686,80	1526,08	589,89	0,61

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, el área del proyecto es una zona con un índice de aridez de 0.61, lo que indica una zona altamente deficitaria.

A continuación, en la **Figura 5-28** aparecen los valores anuales de precipitación y evapotranspiración. La evapotranspiración calculada es la evapotranspiración real determinada a partir del método de Budyko que indica la evapotranspiración real a escala anual.

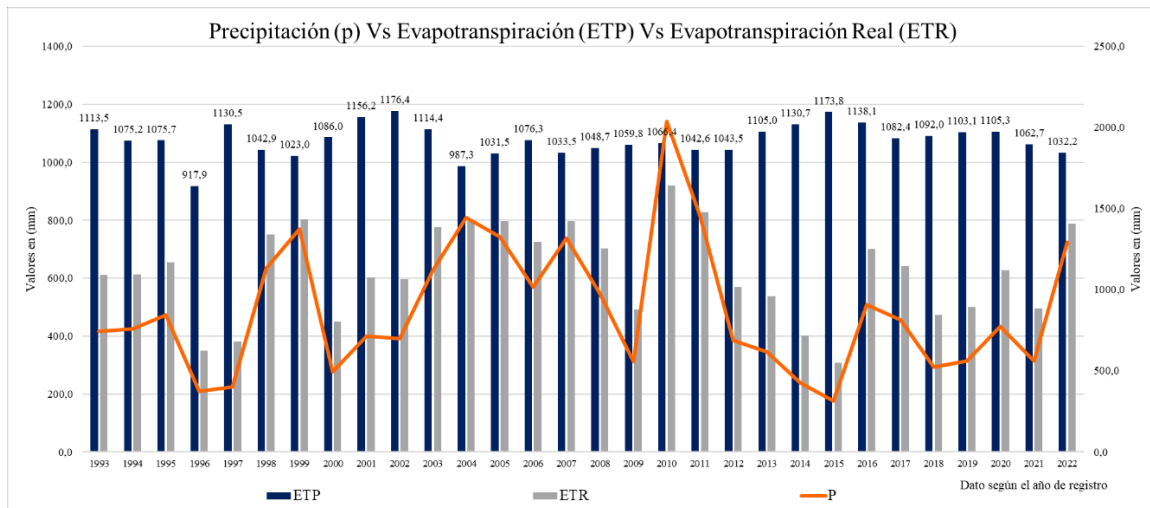


Figura 5-28 Valores medios mensuales de Precipitación (p) Vs Evapotranspiración (ETP) Vs Evapotranspiración Real (ETR)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.7 Fenómenos macro climáticos

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 en relación con los valores climáticos esperados⁵. La Diferencia entre el valor registrado de una variable climatología y su promedio se determina como Anomalía y a la secuencia de estas oscilaciones con relación a los valores normales corresponde la variabilidad climática⁶.

⁵ Pabón, D. 1997, *Variabilidad Climática. Técnicas Agrometeorológicas en la agricultura Operativa de América Latina*

⁶ 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*

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

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 normal⁷. 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 del presente 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 fase 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 convención profunda del oeste al centro del Océano Pacífico tropical⁸. En el caso del Niño el calentamiento de la superficie del 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

⁷ D Pabón, 1997 Variabilidad climática. Técnicas agrometeorológicas en la agricultura operativa de América Latina OMM
⁸ SIAC sistema de información Ambiental de Colombia
<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=374&conID=1240>

caudales⁹, 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 nacional¹⁰.

5.1.11.1.7.1 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 5-36 (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).

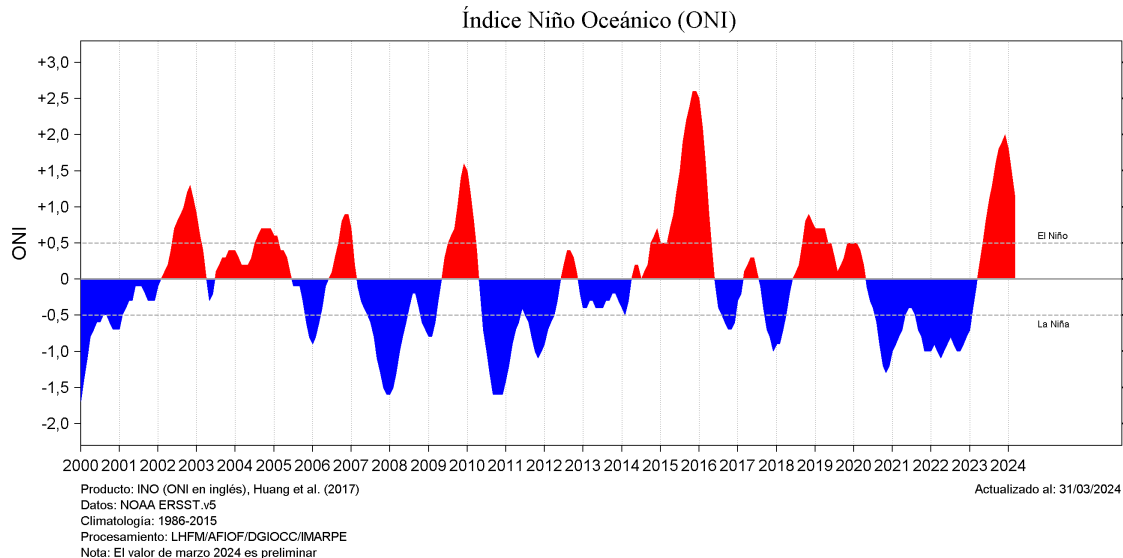


Figura 5-29 Valores del Índice del fenómeno de niño en el océano pacifico

Fuente: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2024

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 (), 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 con la anterior premisa expuesta, se basó para realizar el análisis de variabilidad climática para el área de estudio.

Tabla 5-27 Índice ONI reportado por la NOAA

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

⁹ J Montealegre E y J Pabón, 1997 probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno El Niño.

¹⁰ Op.cit. Montealegre & Pabón, 2002.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
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
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1,0
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
2020	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2
2021	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-1,0	-1,0
2022	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-1,0	-0,9	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-0,9	-0,8
2023	-0,7	-0,4	-0,1	0,2	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	1,9	2,0
2024	2024	1,8	1,5	1,1								

Fuente: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 2024

Para evaluar la correlación entre el índice climático y las series de precipitación se emplearon 3 pruebas diferentes. Donde se ejecutó la prueba de Mann-Kendall, Pearson y Spearman. Adicionalmente, se ejecutó el modelo ARIMA, para observar si se lograba identificar encontrar ajustes entre los datos e índices climáticos.

- Correlación de Pearson

La correlación de Pearson mide la relación lineal entre dos variables, X e Y, mediante la covarianza normalizada por el producto de sus desviaciones estándar. El resultado está en el rango de -1 a 1, donde 1 indica una correlación positiva perfecta, -1 una correlación negativa perfecta, y 0 una ausencia de correlación lineal.

$$Corr(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

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

- Correlación de Spearman

La correlación de Spearman evalúa la relación monótona (no necesariamente lineal) entre dos variables al comparar los rangos de las observaciones. Asigna rangos a los valores y calcula la correlación basándose en las diferencias de estos rangos.

$$p = 1 - \frac{\delta \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

- Correlación de Kendall

La correlación de Kendall mide la asociación ordinal entre dos variables. Examina el número de pares de datos que son concordantes (tienen el mismo orden) y discordantes (tienen órdenes opuestos).

$$\tau = \frac{\text{Número de pares concordantes} - \text{Número de pares discordantes}}{\frac{1}{2} n(n-1)}$$

- Modelo ARIMA

El modelo ARIMA, que significa "AutoRegressive Integrated Moving Average" en inglés, es un modelo estadístico utilizado para analizar y predecir series temporales. Las series temporales son conjuntos de datos ordenados cronológicamente. El modelo ARIMA es particularmente útil para entender y prever patrones en datos temporales, como tendencias, estacionalidades y ciclos.

$$Y_t = c + \phi Y_{t-1} + \phi Y_{t-2} + \dots + \phi Y_{t-p} + \theta 1\epsilon_t - 1 + \theta 1\epsilon_t - t$$

El modelo ARIMA es ampliamente utilizado en la predicción de series temporales en diversas áreas como finanzas, climatología, economía y más. Este modelo fue empleado para observar si se da el ajuste necesario entre los índices climáticos y las series de precipitación para predecir las series de precipitación de manera eficaz, esto es una medida para analizar si existe efectivamente correlación entre estas dos variables. Por otra parte, para interpretar la correlación obtenida en cada una de las pruebas estadísticas ejecutadas, se explica la teoría básica al respecto. Los valores de correlación pueden oscilar entre -1 y 1, y se interpretan de la siguiente manera:

- **Correlación Perfecta Positiva (1):** existe una relación lineal positiva perfecta entre las dos variables. Cuando una variable aumenta, la otra también lo hace en una proporción constante.
- **Correlación Fuerte Positiva (0.7 a 0.99):** existe una relación positiva fuerte entre las dos variables, pero no es perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a aumentar, pero no necesariamente en proporciones constantes.
- **Correlación Moderada Positiva (0.3 a 0.69):** existe una relación positiva moderada entre las dos variables. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a aumentar, pero la relación no es tan fuerte como en los casos anteriores.
- **Correlación Débil o Nula (0 a 0.29):** la relación entre las dos variables es débil o inexistente. No hay una asociación lineal fuerte entre las dos variables, o la relación es muy débil.
- **Correlación Perfecta Negativa (-1):** existe una relación lineal negativa perfecta entre las dos variables. Cuando una variable aumenta, la otra disminuye en una proporción constante. La relación es fuerte y inversa.
- **Correlación Fuerte Negativa (-0.7 a -0.99):** describe una relación negativa fuerte entre las dos variables, pero no es perfecta. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, pero no necesariamente en proporciones constantes.

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

- **Correlación Moderada Negativa (-0.3 a -0.69):** existe una relación negativa moderada entre las dos variables. A medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir, pero la relación no es tan fuerte como en los casos anteriores.
- **Correlación Cero (0):** no hay relación lineal entre las dos variables. Los cambios en una variable no predicen cambios en la otra variable.

5.1.11.1.7.2 Índice de Oscilación SOI

El Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés) de la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) es una medida utilizada para cuantificar las fluctuaciones en la presión atmosférica entre Tahití y Darwin (Australia). Este índice es especialmente relevante para monitorear la variabilidad climática asociada con el fenómeno El Niño y La Niña en el Pacífico Ecuatorial.

Cómo se calcula el Índice SOI:

Obtención de datos: Se mide la presión atmosférica en Tahití y Darwin.

Cálculo del Diferencial de Presión: Se resta la presión atmosférica en Darwin de la presión atmosférica en Tahití.

Normalización: El diferencial de presión resultante se normaliza dividiéndolo por la desviación estándar a largo plazo de ese diferencial. Esto ayuda a comparar las variaciones en diferentes períodos.

La fórmula matemática para el cálculo del SOI sería algo así:

$$SOI = \frac{P_{Tahiti} - P_{Darwin}}{Std \text{ diferencial de presión}}$$

Interpretación:

- **Valores Positivos:** Indican condiciones de La Niña, donde hay presión más alta en Tahití que en Darwin. Esto suele asociarse con aguas más frías en la región central y oriental del Pacífico Ecuatorial.
- **Valores Negativos:** Indican condiciones de El Niño, con presión más baja en Tahití que en Darwin. Esto suele asociarse con aguas más cálidas en la región central y oriental del Pacífico Ecuatorial.
- **Variabilidad:** El SOI varía a lo largo del tiempo, y los patrones positivos y negativos se asocian con diferentes fases del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Estas variaciones tienen importantes implicaciones para los patrones climáticos en todo el mundo.

En general, el Índice SOI es una herramienta clave para monitorizar y prever eventos climáticos extremos asociados con El Niño y La Niña, y su seguimiento es fundamental para comprender la variabilidad climática global.

De acuerdo con los cálculos de modelación determinados para las estaciones de referencia (Cuestecita, Escuela Ceura, Agrícola Carraipia, Orochon y la Mina Cerrejón) desde la **Figura 5-30** hasta la **Figura 5-34**, se presentan los resultados del índice de precipitación mensual estandarizada SPI e Índice ONI los cuales se encuentran al detalle en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.1 Clima.

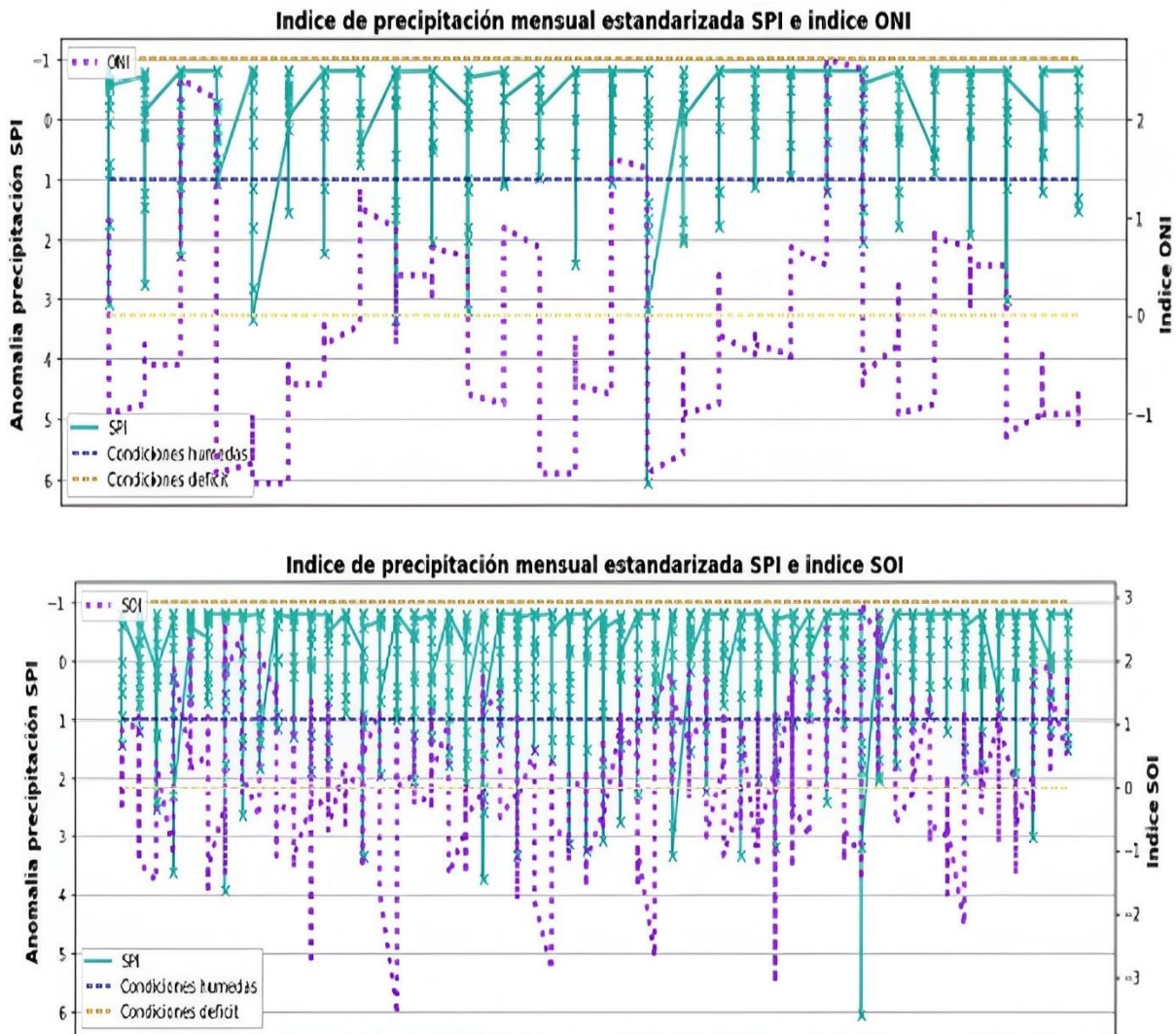


Figura 5-30 CUESTECITA [15060020]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

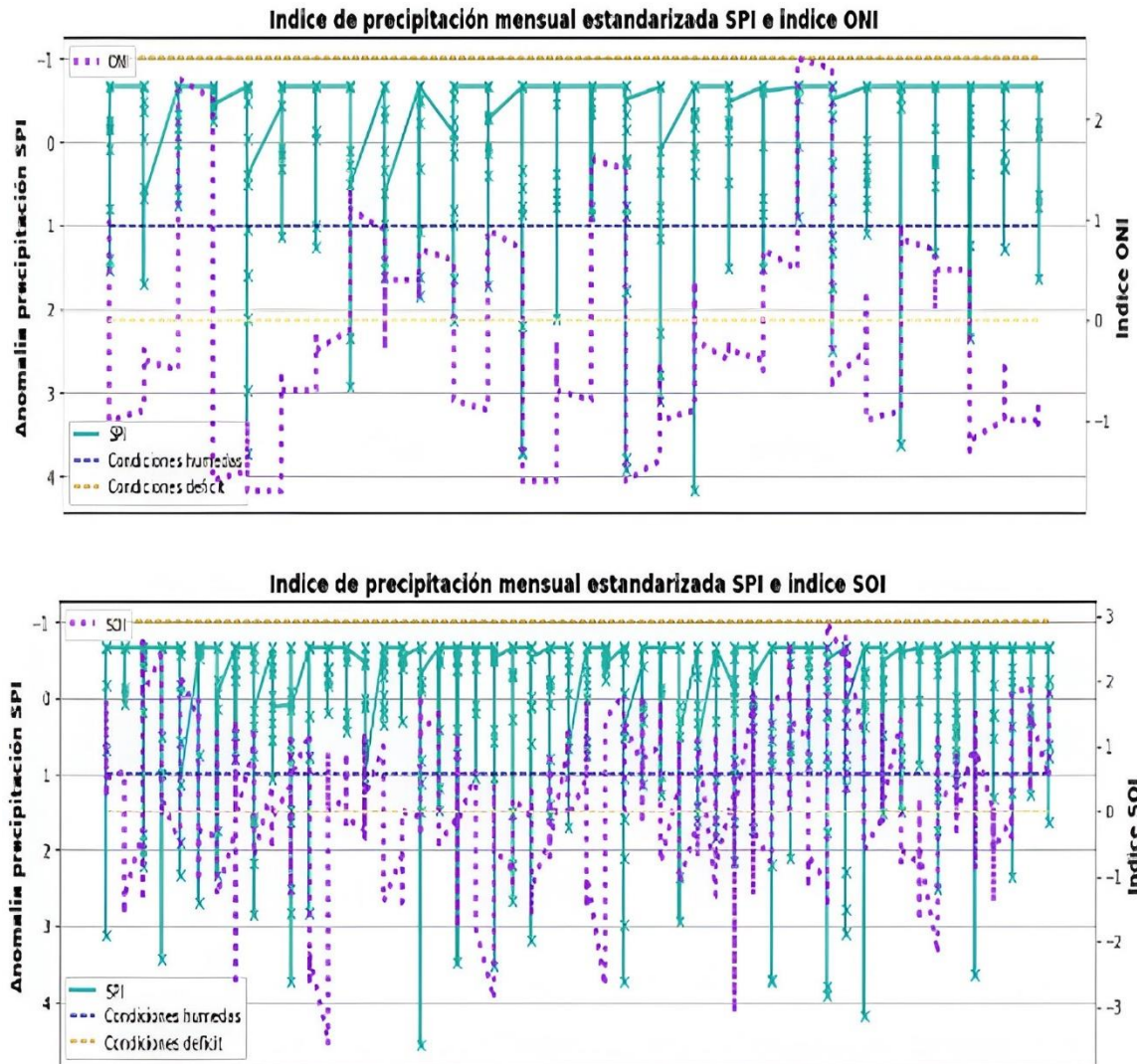


Figura 5-31 ESCUELA CEURA [15070160]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

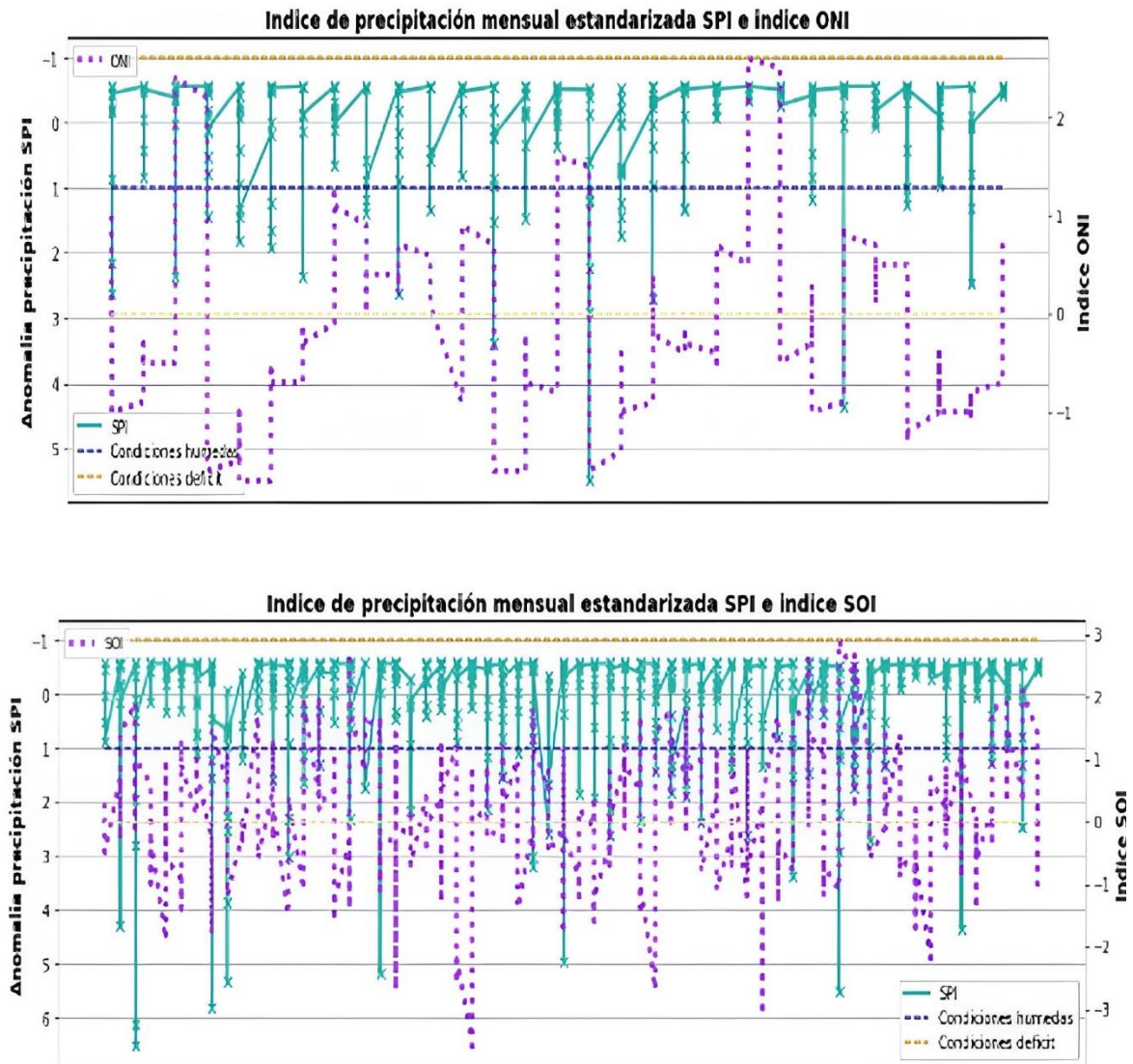


Figura 5-32 AGRICOLA CARRAIPA - AUT [15085030]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

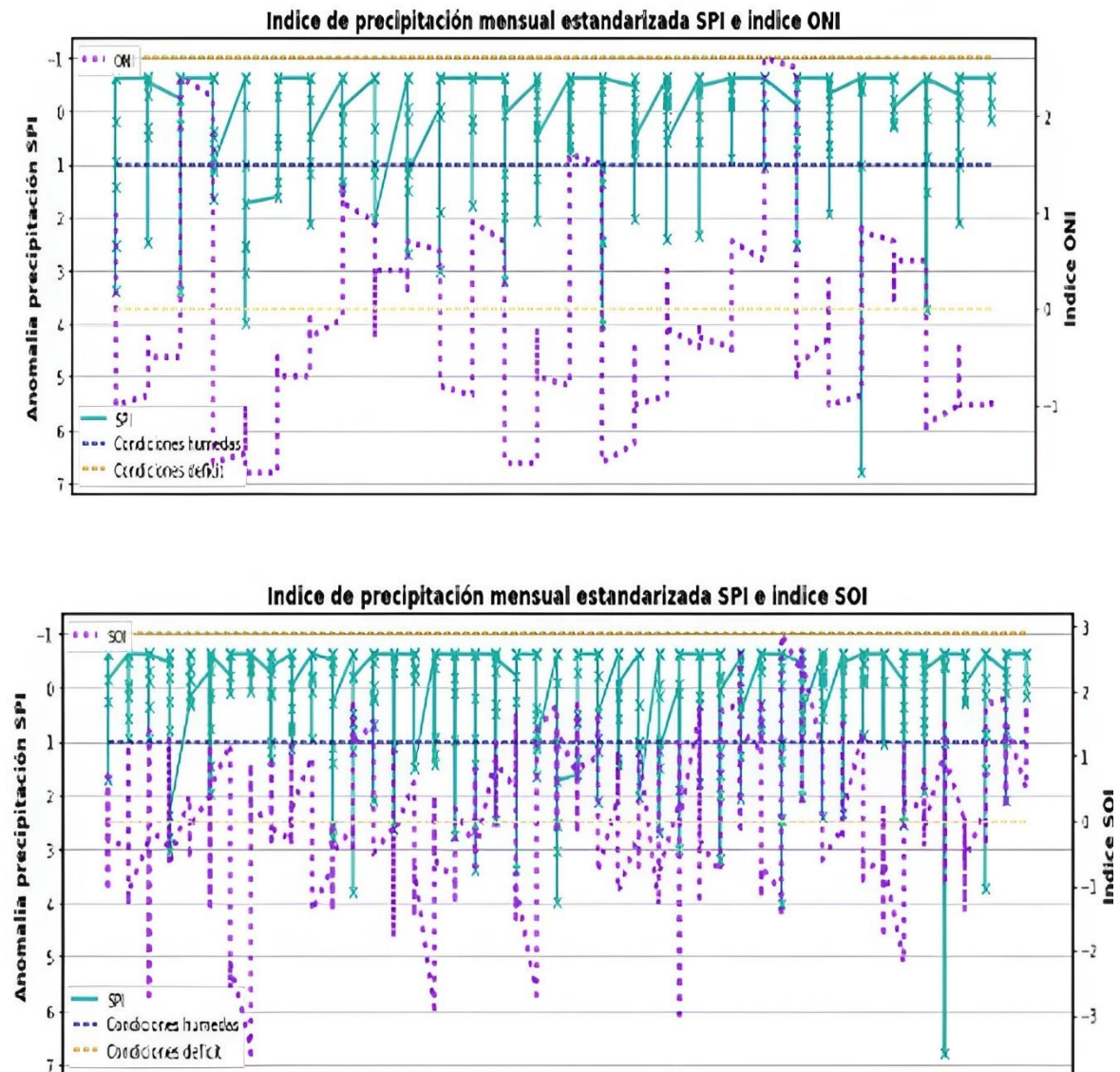


Figura 5-33 OROCHON [15070240]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

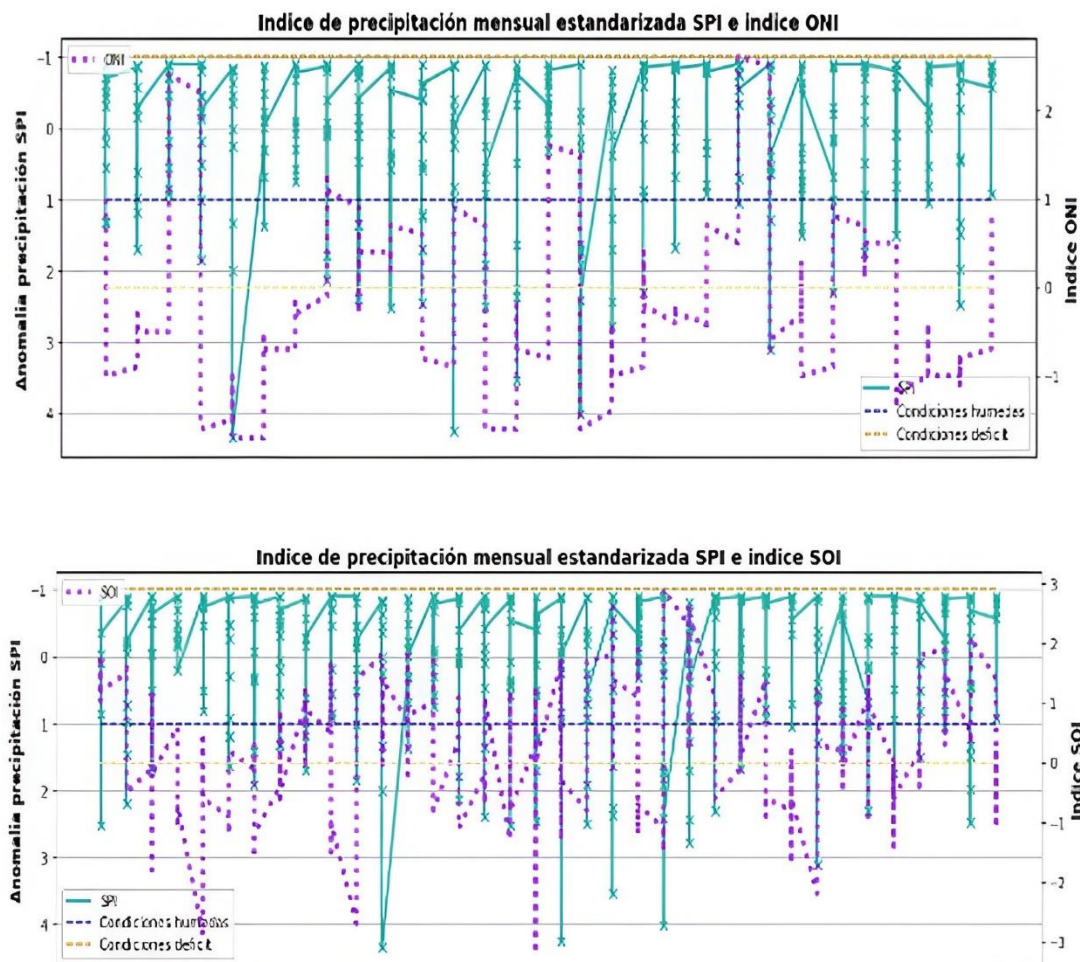


Figura 5-34 LA MINA CERREJÓN - AUT [15065501]

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la Tabla 5-28 se presenta la relación del índice ONI y SOI con las anomalías estandarizadas de la precipitación. Basándonos en la relación del índice ONI (Oceanic Niño Index) y SOI (Southern Oscillation Index) con las anomalías estandarizadas de la precipitación, se puede observar que hay una correlación marcada con el índice ONI, aunque es relativamente débil. El valor de correlación entre un rango de -0.14 y 0.05 indica una asociación débil, pero con una tendencia ligeramente positiva. Esto sugiere que los eventos de El Niño tienden a tener una pequeña influencia en la disminución leve de las precipitaciones en el área de influencia físico-biótica, mientras que durante los eventos de La Niña, las precipitaciones tienden a aumentar ligeramente. Es importante tener en cuenta que la correlación no implica causalidad, simplemente indica la fuerza y dirección de la asociación entre dos variables.

Por otro lado, la correlación con el índice SOI es mayor que con el ONI, pero aun así es relativamente débil. Se encuentra entre un rango de -0.09 a 0.1 , lo cual indica una correlación muy débil y ligeramente positiva. Esto sugiere que las variaciones en el SOI también pueden estar asociadas con cambios leves en las precipitaciones en el área de estudio, aunque la relación es menos pronunciada que con el ONI.

En resumen, aunque hay una correlación débil entre los índices ONI y SOI con las anomalías de precipitación, esta asociación puede ser útil para comprender mejor los patrones climáticos en la región y anticipar posibles efectos de eventos de El Niño o La Niña en las precipitaciones locales. Sin embargo, es importante recordar que otros factores también pueden influir en las precipitaciones, y que la correlación no implica necesariamente causalidad.

Tabla 5-28 Correlación de residuos ONI y SOI

ESTACIÓN	CORRELACIÓN RESIDUOS – ONI	CORRELACIÓN RESIDUOS – SOI
15060020	-0,1	0,04
15060090	-0,08	0
15060180	-0,09	0,02
15060210	-0,09	0
15065100	0,05	-0,09
15065501	-0,11	0,06
15070160	-0,1	0,09
15075030	-0,15	0,08
15087080	-0,06	0,1
15085040	-0,15	0,1
15085030	-0,14	0,1
15070240	-0,12	0,08

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.8 Descripción general de variables climatológicas

Para el análisis de las demás variables se utilizaron las estaciones climatológicas tenidas en cuenta en el análisis de temperatura, ya que estas influyen directamente y son las más cercanas al área de influencia del proyecto. Además, para los parámetros, humedad relativa, evaporación, brillo solar, vientos y nubosidad se realizó una selección del periodo común según la disponibilidad de datos en los registros, buscando utilizar la mayor cantidad de datos disponible. En la **Tabla 5-29** se presentan las estaciones meteorológicas seleccionadas para el análisis de los parámetros ver *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.1 Clima\ Anexo 5.1.1.1-1 Datos Ideam*.

Tabla 5-29 Estaciones empleadas en el análisis de cada parámetro

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ALTITUD	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
			msnm	NORTE (m)	ESTE (m)		
15085030	Escuela Agrícola Carraipia	CO	118	2797574,99	5069843,98	La Guajira	Maicao
15065501	La Mina CERREJÓN	CP	80	2788776,15	5041919,64	La Guajira	Albania
15075030	Manaure	CP	1	2859927,61	5058427,01	La Guajira	Manaure
15085040	Rancho Grande	CO	50	2849633,51	5127134,85	La Guajira	Uribia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Análisis de duración de las series de tiempo y selección del periodo de análisis: para las estaciones seleccionadas, de acuerdo con el registro de datos y series históricas reportadas por el IDEAM, se realizó la validación del periodo registrado (años en los cuales presentan datos), a fin de caracterizar periodos de análisis por variable y por estación. De acuerdo con las series de datos suministrada por el IDEAM la escala de registro entregada fue horaria y diaria, por ende, se

determinó un periodo independiente para cada uno de los parámetros, para realizar su respectivo análisis en los diferentes parámetros como se relacionan en la **Tabla 5-30**.

Tabla 5-30 Temporalidad de los registros de las estaciones climatológicas

NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	BRILLO SOLAR		HUMEDAD RELATIVA		EVAPORACIÓN		NUBOSIDAD		VIENTOS	
		Inf. IDEAM	Periodo	Inf. IDEAM	Periodo	Inf. IDEAM	Periodo	Inf. IDEAM	Periodo	Inf. IDEAM	Periodo
Escuela AGRÍCOLA Carraipia	CO	x	1989-2022	x	1988-2022			x	1997-2022		
La Mina CERREJÓN	CP	x	1989-2022	x	1988-2022	X	1988-2022	x	1997-2022	x	2018-2022
Manaure	CP	x	1989-2022	x	1988-2022	x	1988-2022	X	1997-2022		
Rancho Grande	CO	x	1989-2008	x	1988-2022			x	1997-2022		

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Una vez recibida la información se calculó el porcentaje de datos faltantes por estación presentado en la **Tabla 5-31** se tomó como umbral aceptable un nivel de ausencia de información del 15%. Por lo tanto, todas las series con más del 15% de datos faltantes fueron descartadas (en verde se presentan aquellas estaciones).

Tabla 5-31 Porcentaje de datos faltantes de las estaciones climatológicas de interés

ESTACIÓN	NOMBRE	PARÁMETRO	%DE DATOS FALTANTES
15085030	Escuela Agrícola Carraipia	Evaporación	38,68%
		Humedad Relativa	5,48%
		Brillo Solar	22,79%
		Nubosidad	9,61%
		Vientos	No presenta datos representativos
15065501	La Mina Cerrejón	Evaporación	7,14%
		Humedad Relativa	8,81%
		Brillo Solar	9,07%
		Nubosidad	9,61%
		Vientos	3,33%
15075030	Manaure	Evaporación	24,28%
		Humedad Relativa	15,95%
		Brillo Solar	37,99%
		Nubosidad	11,53%
		Vientos	No registra datos
15085040	Rancho Grande	Evaporación	N/A
		Humedad Relativa	6,19%
		Brillo Solar	N/A
		Nubosidad	7,37%
		Vientos	No registra datos

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.8.1 Humedad relativa

La humedad relativa se refiere al vapor de agua que está contenido en la atmosfera, esta proviene de la evaporación del agua en los mares, océanos, ríos, suelo, plantas y demás seres vivos. Entre mayor temperatura tenga el aire mayor cantidad de vapor de agua puede contener. La humedad relativa se calcula como el porcentaje de la humedad necesaria para saturar el aire con vapor de

agua¹¹. Para el proyecto la Humedad Relativa se obtuvo a partir de registros instrumentales de las estaciones Escuela Agrícola Carraipia, La Mina Cerrejón y Rancho Grande para un periodo de treinta y cinco (35) años entre 1988 hasta el año 2022. descartándose los registros de la estación Manaure por falta de información en la serie. Los valores medios, medios mínimos y medios máximos mensuales de Humedad Relativa se muestran en la **Tabla 5-32** su análisis gráfico se presenta en la **Figura 5-35** donde se observa la variación temporal de la humedad relativa para las tres estaciones.

Tabla 5-32 Humedad relativa (%) media mensual de las estaciones cercanas al área de estudio.

PERIODO	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1988-2022	Escuela Agrícola C.	77,7	74,1	72,8	73,5	77,3	76,4	73,3	73,8	77,7	82,2	84,2	82,4	77,12
1988-2022	La Mina	68,9	66,4	65,2	67,2	71,2	68,6	65,3	67,8	73,4	77,0	77,0	73,5	70,12
1988-2022	Rancho Grande	65,8	64,5	64,0	64,7	66,0	65,4	63,5	65,0	67,5	70,2	69,9	68,3	66,23

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

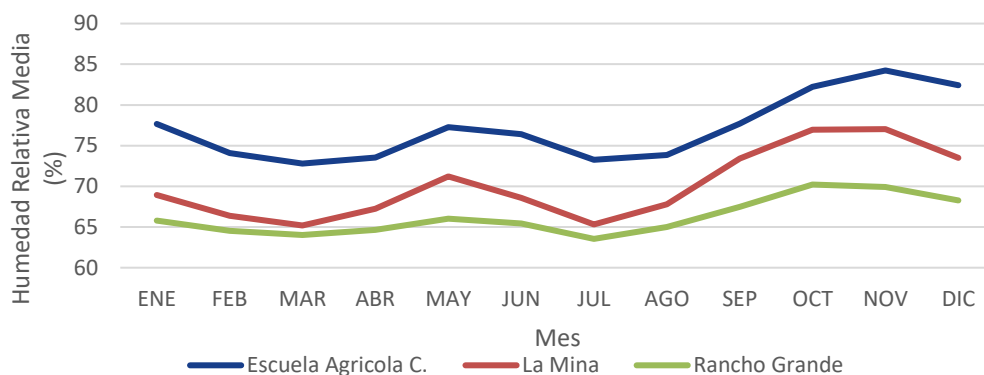


Figura 5-35 Humedad relativa media mensual multianual (%)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

En la alta y media Guajira, la humedad tiene un comportamiento bimodal durante el año, con una época principal de bajos valores en los meses de julio-agosto y un segundo mínimo en enero-marzo. En estos meses, los valores oscilan entre 60 y 70%. Las humedades más altas se registran en la segunda época de lluvias especialmente en los meses de octubre y noviembre, cuando se alcanzan valores que pueden superar el 80%, en promedio.

- **Estación Escuela Agrícola Carraipia**

Analizando los datos disponibles la humedad relativa en la estación Escuela Agrícola Carraipia de acuerdo con la **Tabla 5-33** y **Figura 5-36** se presenta valores entre un rango de 66,14 – 86,15%, siendo la media multianual 76,64% donde los más bajos se presentan en los meses de junio a agosto y los máximos de octubre a diciembre; El máximo valor diario registrado fue de 97,1% en noviembre de 2010 y el registro mínimo diario se presentó en agosto de 2001 con un valor del 43,80%.

¹¹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Subdirección de suelos. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de La Guajira. Escala 1: 100.000. Imprenta nacional de Colombia. Bogotá. 2009. p. 489

Tabla 5-33 Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual multianual

ESTACIÓN ESCUELA AGRÍCOLA CARRAIPÍA													
Humedad Relativa Media Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	77,7	74,1	72,8	73,5	77,3	76,4	73,3	73,8	77,7	82,2	84,2	82,4	76,64
Máximo	86,2	85,9	83,1	83,2	86,9	85,5	84,8	86,6	87,7	87,2	90,5	89,6	86,15
Mínimo	64,7	58,2	57,5	59,1	69,6	67,0	64,6	63,7	69,4	75,8	77,9	73,8	66,14
Humedad Relativa Mínima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	61,3	56,9	55,7	57,0	62,4	61,8	57,0	55,8	61,1	67,4	70,9	68,8	61,3
Máximo	76,6	77,6	70,6	75,9	74,9	73,6	72,4	73,4	75,4	79,3	80,1	79,7	75,8
Mínimo	44,8	45,9	43,9	47,6	53,3	52,0	47,9	43,8	50,8	58,3	59,6	53,6	50,1
Humedad Relativa Máxima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	89,7	87,9	86,4	86,3	88,6	87,5	85,9	87,2	90,0	92,8	93,7	92,3	89,03
Máximo	95,0	95,6	92,4	91,3	95,6	95,0	95,5	95,3	95,7	96,3	97,1	96,7	95,14
Mínimo	77,9	68,9	65,7	67,0	80,9	78,5	77,8	77,4	82,9	88,0	90,4	86,9	78,58

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

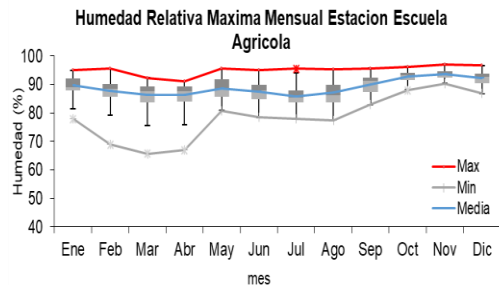
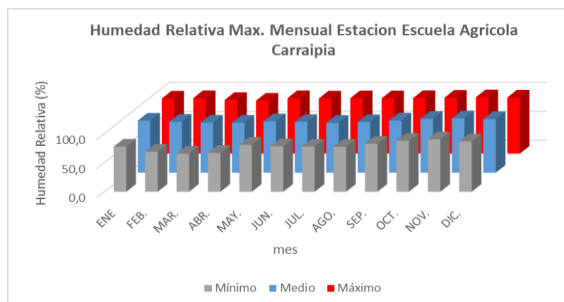
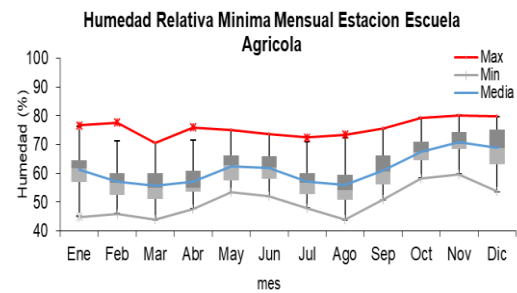
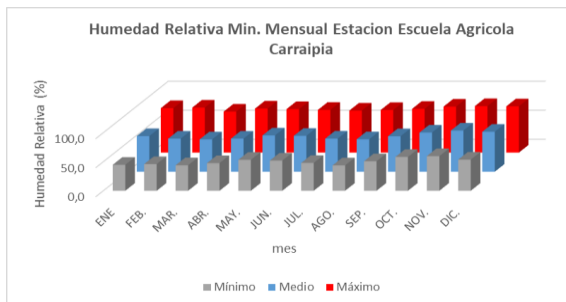
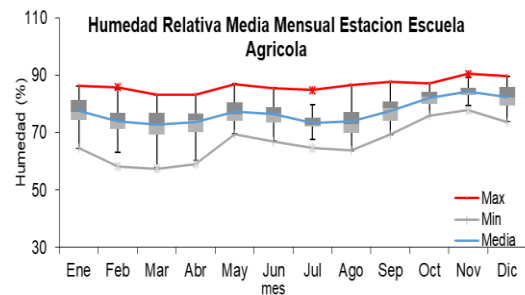
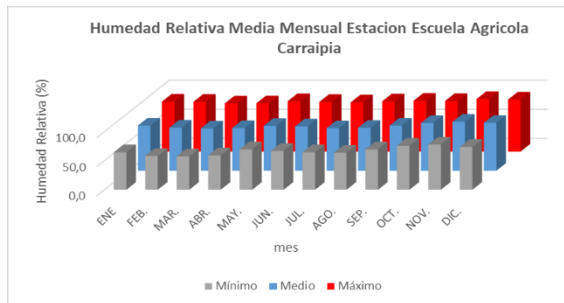


Figura 5-36 Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación Escuela Agrícola Carraipia.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

- **Estación La Mina Cerrejón**

Los registros de la estación La Mina que cuentan con este parámetro se presentan en la **Tabla 5-34** donde se observan valores en un rango de 59,8 – 85,3%, El valor máximo de humedad fue de 98,7% se presentó en el mes de septiembre del año 1999 coincidiendo con periodos de altas precipitaciones. Mientras el valor mensual mínimo de la serie para la estación fue en agosto del año 1997 con un valor de 40,6%. La media anual multianual es de 70,2%. En la **Figura 5-37** se observa su distribución temporal.

Tabla 5-34 Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual

ESTACIÓN LA MINA CERREJÓN													
Humedad Relativa Media Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	68,9	66,4	65,2	67,2	71,2	68,6	65,3	67,8	73,4	77,0	77,0	73,5	70,2
Máximo	88,4	82,5	83,5	78,9	81,4	79,6	74,7	93,3	97,6	90,7	86,5	89,4	85,3
Mínimo	59,8	58,1	55,3	57,7	58,0	55,0	55,7	56,7	62,6	67,7	67,9	63,5	59,8
Humedad Relativa Mínima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	56,4	54,1	52,3	54,0	57,3	55,7	51,7	52,9	58,2	61,9	63,9	61,4	56,7
Máximo	81,6	74,8	77,7	70,4	70,1	68,4	62,3	92,0	96,3	84,4	78,0	84,5	78,4
Mínimo	44,9	41,0	43,4	42,6	46,3	42,0	42,5	40,6	44,2	50,5	54,1	49,4	45,1
Humedad Relativa Máxima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	81,7	80,3	80,0	81,9	84,7	81,6	78,9	83,2	87,2	89,3	88,3	84,7	83,5
Máximo	94,8	89,9	91,8	91,0	93,0	93,1	87,6	95,0	98,7	95,9	94,9	95,3	93,4
Mínimo	74,4	71,8	72,1	73,0	73,0	71,8	69,2	73,1	79,6	78,7	80,3	72,6	74,1

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

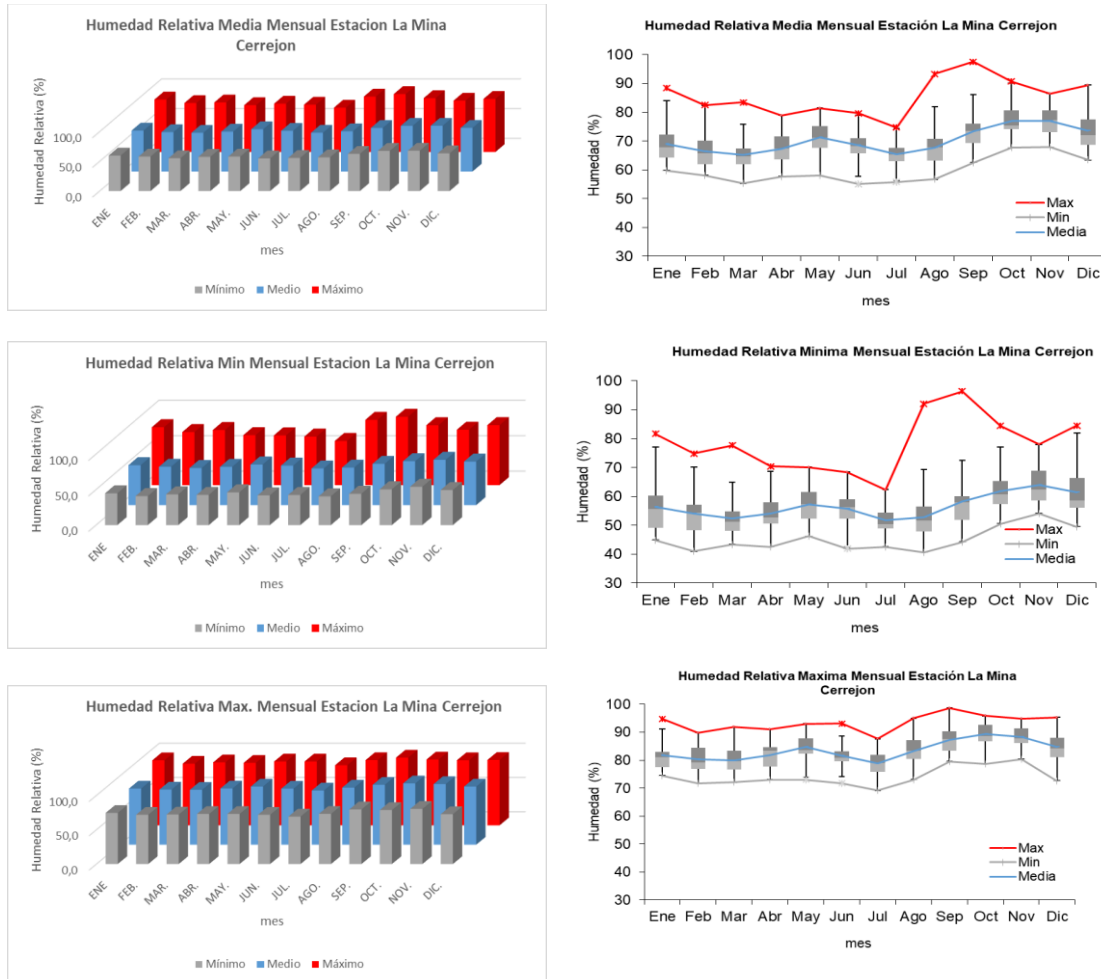


Figura 5-37 Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación La Mina Cerrejón

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

• Estación Rancho Grande

La humedad relativa en la estación Rancho Grande presenta valores en el rango de 59,3% y 74,3%, los mayores registros corresponden al periodo comprendido en el mes de junio y octubre, el máximo valor diario registrado fue de 88,9% en junio de 2018 y el registro mínimo diario se presentó en marzo de 1993 con un magnitud del 44,3%. La media anual multianual es de 66,2%. Ver la **Tabla 5-35** y **Figura 5-38**.

Tabla 5-35 Valores medio, mínimos, máximos de humedad relativa mensual

ESTACIÓN RANCHO GRANDE													
Humedad Relativa Media Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	65,8	64,5	64,0	64,7	66,0	65,4	63,5	65,0	67,5	70,2	69,9	68,3	66,2
Máximo	73,9	73,2	72,0	71,9	72,6	81,0	72,6	70,5	74,1	77,6	76,5	75,3	74,3
Mínimo	58,8	57,2	58,4	57,3	60,3	59,2	58,3	57,3	61,1	60,8	62,9	60,3	59,3
Humedad Relativa Mínima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	54,8	53,0	52,3	53,3	55,0	54,1	51,9	53,7	57,4	61,5	61,0	58,4	55,5
Máximo	66,6	66,9	60,4	61,9	65,1	70,6	65,3	63,2	65,5	70,9	68,5	66,9	66,0

ESTACIÓN RANCHO GRANDE													
Mínimo	47,5	45,0	44,3	47,2	49,6	49,0	47,7	45,2	49,7	49,9	53,4	47,9	48,0
Humedad Relativa Máxima Mensual (%)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Medio	79,1	78,4	77,9	77,5	77,8	77,0	76,3	77,3	78,9	80,5	80,3	79,9	78,4
Máximo	84,0	83,3	83,6	84,8	82,1	88,9	83,8	82,5	86,5	85,5	85,0	83,1	84,4
Mínimo	73,6	72,2	74,7	73,3	74,3	71,1	72,1	72,5	73,7	73,8	74,6	74,9	73,4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

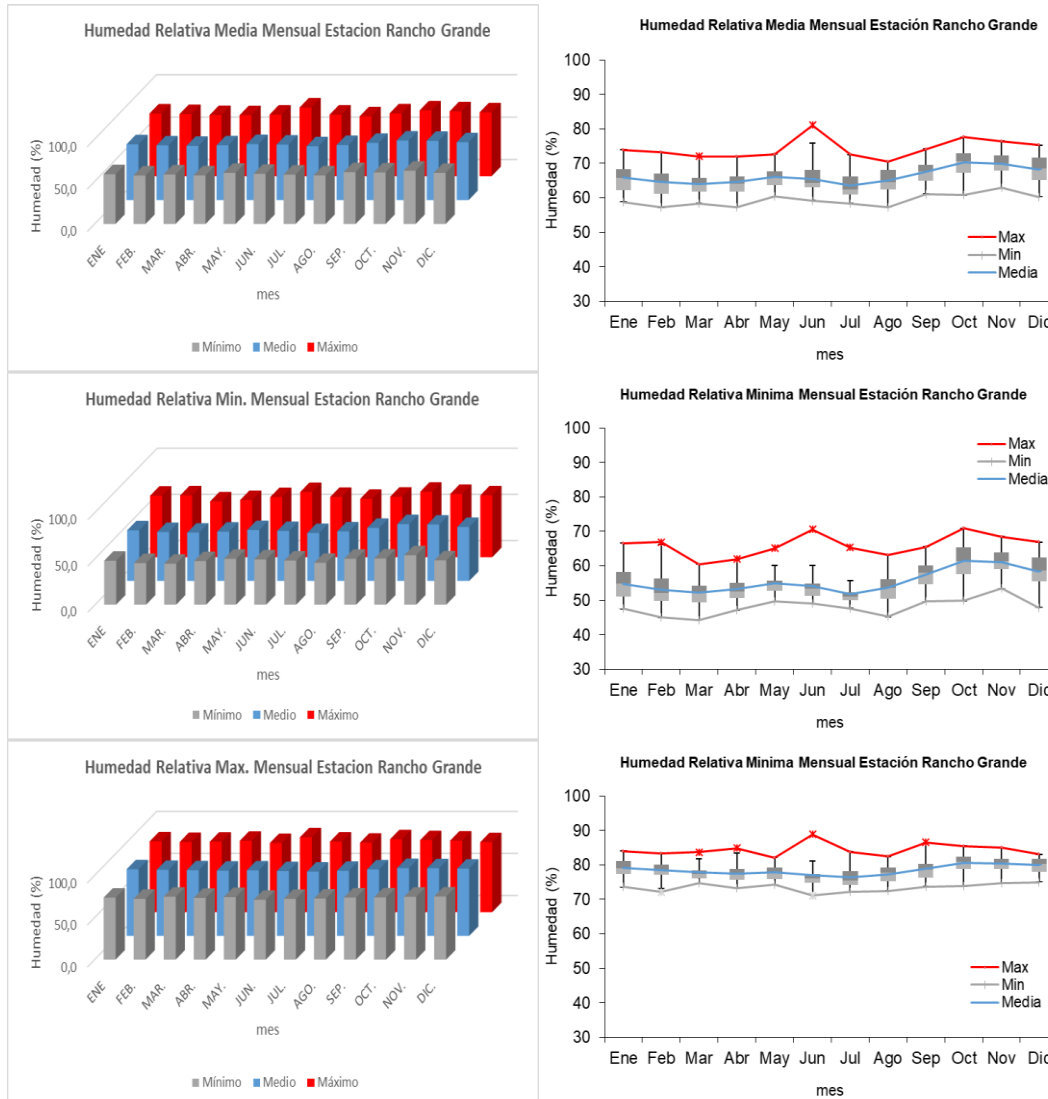


Figura 5-38 Distribución temporal de Humedad Relativa para la estación Rancho Grande

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

De las anteriores gráficas se puede observar cómo el régimen bimodal de precipitaciones en el área del proyecto determina la humedad relativa de la zona coincidiendo los máximos de humedad relativa con los meses de mayor pluviosidad y los mínimos con los periodos más secos.

5.1.11.1.8.2 Nubosidad

Según la definición de la Organización Meteorológica Mundial – OMM, una nube es un conjunto visible de minúsculas partículas de agua líquida o de hielo, o de ambas a la vez, en suspensión en la atmósfera ¹². El principal parámetro meteorológico responsable de la producción de nubes cuando hay movimientos verticales ascendentes es la humedad. En particular se requiere de alto contenido de vapor de agua, por lo menos en capas bajas y medias de la atmósfera para que se desarrollen nubes de tipo conectivo y orográfico.

La medición de las nubes se hace tomando la fracción de cielo cubierto en un lugar determinado y se expresa en octas u octavos de la bóveda celeste, respecto a la división imaginaria que realiza el observador de la estación meteorológica en ocho (8) partes y establece el área cubierta por nubes, de acuerdo con lo registrado en la **Tabla 5–36**.

Tabla 5–36 Escala Utilizada Para Cifrar la Cantidad de Nubes (Octas)

CANTIDAD DE OCTAS	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
0	Despejado	
1 a 2	Escasa nubosidad	
3 a 4	Nubosidad parcial	
5 a 7	Nublado	
8	Cubierto	

Fuente: (IDEAM, 2001)

Se analizó la variación de nubosidad registrada en las estaciones Escuela Agrícola Carraipia, La Mina Cerrejón, Manaure y Rancho Grande, para el periodo común comprendido entre 1997 y 2022, correspondiendo a una serie de veinticinco (25) años. El promedio mensual de octas registradas para cada una de las estaciones se presenta en la **Tabla 5–37**.

Tabla 5–37 Nubosidad (Octas) registrada en las estaciones analizadas

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Escuela Agrícola C.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
La Mina Cerrejón	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Manaure	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rancho Grande	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

La nubosidad en el área de estudio presentó el valor mínimo en los meses de enero y febrero, esto se debe a que son meses con menores precipitaciones, los valores máximos corresponden al periodo de octubre y noviembre ya que son los meses donde se registran mayores precipitaciones. Como se observa en la **Figura 5–39**, las estaciones analizadas presentan un comportamiento similar.

¹² Retallack, L. *Meteorología. Compendio y apunte del personal meteorológico*. 1973

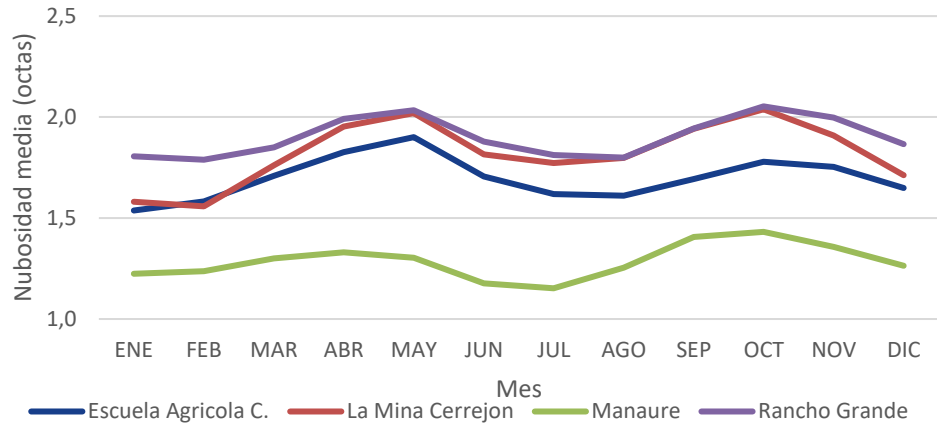


Figura 5-39 Octas de nubosidad promedio mensuales registrada en las estaciones cercanas al área de influencia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Los datos de las series históricas indican que el promedio de las estaciones Escuela Agrícola Carraipia, La Mina Cerrejón y Rancho Grande en el área de estudio se ubica en dos octas y para la estación Manaure en 1 octa, lo que significa que el cielo presenta escasa nubosidad y despejada durante gran parte del año. Ver **Tabla 5-38** y **Figura 5-40**.

Tabla 5-38 Escala Utilizada Para Cifrar la Cantidad de Nubes (Octas)

NUBOSIDAD MEDIA	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	ESC AGR CARRAIPIA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	LA MINA CERREJÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MANAURE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	RANCHO GRANDE	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
NUBOSIDAD MÍNIMA	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	ESC AGR CARRAIPIA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	LA MINA CERREJÓN	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1
	MANAURE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	RANCHO GRANDE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NUBOSIDAD MÁXIMA	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	ESC AGR CARRAIPIA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	LA MINA CERREJÓN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	MANAURE	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1
	RANCHO GRANDE	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

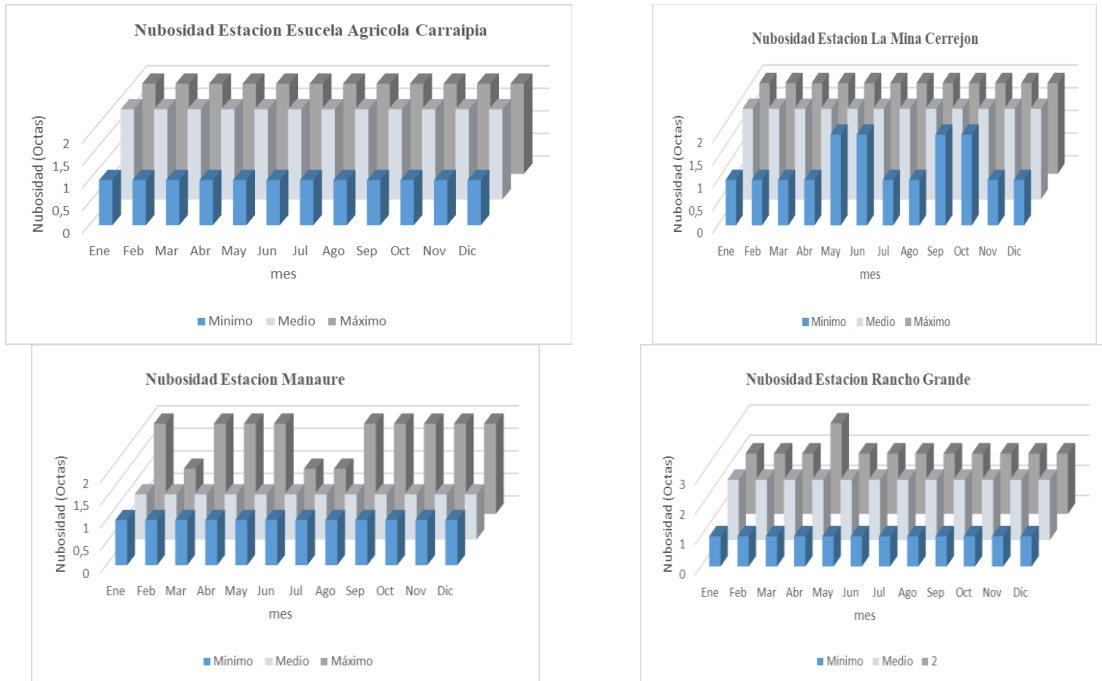


Figura 5-40 Distribución Temporal de la Nubosidad Media Mensual Multianual (Octas) de las estaciones

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.8.3 Brillo Solar

Es el número de horas que el sol alumbra durante el día, se mide con un actinógrafo que es un instrumento que funciona mediante un sensor termo mecánico, protegido por una cúpula de vidrio, conformado por un arreglo bimetálico de dos (2) superficies, una pintada de negro y la otra blanca, el cual registra los valores de la radiación solar incidente mediante el trazo de una gráfica en un tambor movido por un mecanismo de reloj.

El promedio de horas de brillo solar mensuales registradas para la estación La Mina Cerrejón se observan en la **Tabla 5-39** y **Figura 5-41**.

Tabla 5-39 Brillo solar (horas) media mensual de la estación La Mina Cerrejon.

PERIODO	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1989-2022	La Mina Cerrejón	249,7	220,0	211,9	192,1	181,2	216,2	244,3	225,7	189,8	190,7	200,9	243,9	2566,4

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

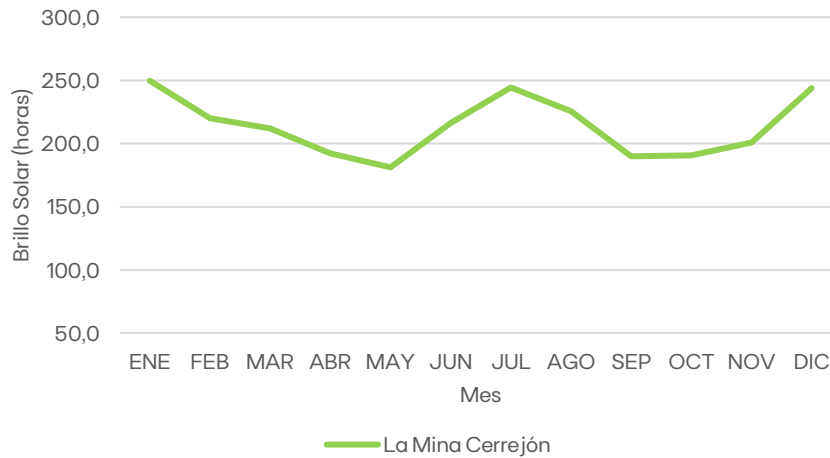


Figura 5-41 Brillo solar total promedio multianual de la estacione de influencia.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el área, el brillo solar alcanza en promedio unas 2566.4 horas/año. Se registró de los máximos valores promedio entre los meses de junio-agosto y diciembre-enero, con niveles de hasta 291.1 horas/mes, los cuales fueron los meses con menor precipitación registrada, los picos más bajos de horas de brillo solar se presentaron en los meses más lluviosos, abril-mayo y septiembre-octubre, con valores de hasta 23.6 horas/mes. La **Tabla 5-40** presenta los valores de Brillo Solar Medios Mensuales de la estación La Mina Cerrejón que cuentan con esta variable climatológica y la **Figura 5-42** se presentan su distribución temporal.

Tabla 5-40 Brillo Solar (horas) mensual Multianual del área de influencia

ESTACIÓN LA MINA CERREJÓN													
Brillo Solar Mensual (horas)													
	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agó.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Medio	249,7	220,0	211,9	192,1	181,2	216,2	244,3	225,7	189,8	190,7	200,9	243,9	2566,4
Máximo	291,1	259,3	279,2	235,3	233,3	261,2	284,1	276,1	218,1	248,5	256,3	279,5	3122,0
Mínimo	125,9	23,6	91,5	149,4	112,8	149,0	198,0	130,7	139,2	115,3	129,7	186,5	1551,6

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

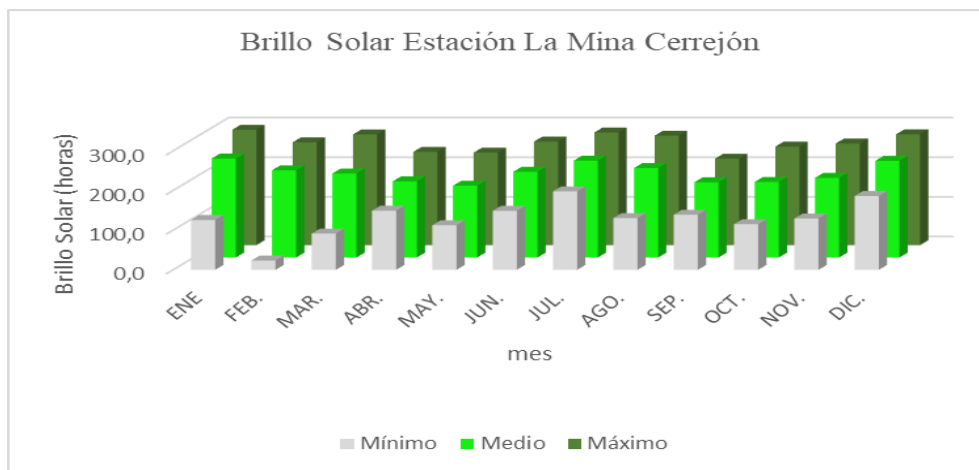


Figura 5-42 Distribución temporal de Brillo Solar para las estaciones de estudio

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.8.4 Evaporación

La evaporación es la medida de la cantidad de agua que pasa del estado líquido a gaseoso y pasa a la atmósfera como vapor de agua, representando un indicador natural del balance hídrico. Permite estimar las deficiencias o excesos de humedad en el suelo cuando está a capacidad de campo¹³. Para el caso de la línea eléctrica de conexión, esta se encuentra ubicada en una zona cuya intensidad de los vientos y su cercanía con el mar producen condiciones de evaporación alta dado que se encuentra en planicies bajas y cálidas. Este proceso es de importancia para el ecosistema puesto que ocasiona sequedad y tendencia a la desertización con suelos de alta susceptibilidad a la erosión. Para analizar este parámetro se tomaron los valores medios mensuales de evaporación de la estación La Mina para un periodo de treinta y cuatro (34) años comprendidos entre 1988 y 2022 siendo el periodo de mayor calidad de información disponible.

La información de evaporación se resume en la **Tabla 5-41** para valores medios mensuales.

Tabla 5-41 Evaporación media mensual multianual de la estación La Mina.

ESTACIÓN LA MINA CERREJÓN													
Evaporación mensual (mm)													
	Ene	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Medio	168,4	176,0	205,3	196,1	170,3	180,1	197,3	190,9	141,7	130,2	114,7	135,7	2006,7
Máximo	254,3	220,1	248,7	236,6	233,1	248,7	260,4	255,0	206,0	200,8	166,0	203,3	2733,0
Mínimo	98,2	41,0	117,8	155,8	100,3	124,1	30,8	107,2	80,3	79,3	5,1	82,9	1022,8

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

De acuerdo con los resultados obtenidos de la Estación La Mina, La única con datos representativos de evaporación, se puede observar promedios de 2006.7 mm al año, donde los picos más altos de evaporaciones son en sus temporadas secas se registran en julio y agosto, con promedios superiores a los 250 mm mensuales. Los menores se presentan en la segunda temporada lluviosa, durante los meses de octubre y noviembre, en los cuales la evaporación diaria baja a niveles de 166 a 200 mm mensuales aproximadamente **Figura 5-43**.

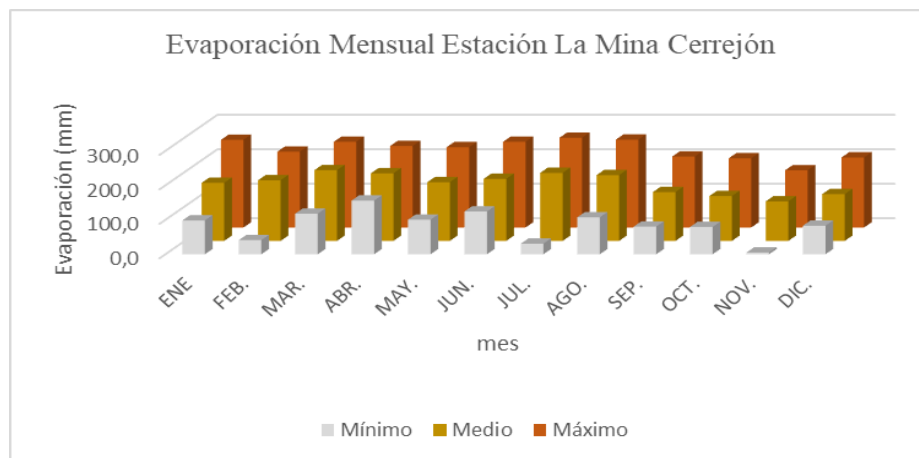


Figura 5-43 Distribución temporal de evaporación para la estación de estudio

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

¹³ IDEAM. (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

5.1.11.8.5 Dirección y velocidad del viento

El viento es el movimiento natural del aire, éste transporta energía y masa. Las mediciones del viento se hacen de acuerdo con dos criterios: la velocidad, que determina su fuerza y se mide en unidades de longitud/tiempo (p.ej. m/s, millas/hora) y la dirección, es decir, desde donde sopla el viento (orientación del vector), ésta se mide en unidades de ángulo (i.e. grados (°)) tomando como origen el norte geográfico.

El análisis de velocidad del viento se realizó con base en información recibida por el IDEAM de la estación La Mina CERREJÓN, para 5 años de registros (2018 – 2022), dado que la información utilizada está a escala horaria lo cual permite realizar un ejercicio detallado del comportamiento de la velocidad. Para la zona, la velocidad promedio del viento fue de 3,11 m/s, los vientos más fuertes se presentaron en marzo con un valor de 4,07 m/s y el más bajo en septiembre con 2,20 m/s según lo registrado en la estación meteorológica como se presenta en la **Tabla 5-42** y en la **Figura 5-44**.

Tabla 5-42 Valores mensuales de velocidad de viento (m/s) de la estación analizada La Mina Cerrejon

PERIODO	ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2018-2022	La Mina Cerrejón	3,69	3,16	4,07	3,61	3,14	3,24	3,45	2,83	2,37	2,20	2,56	3,19	3,11

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024 a partir de (IDEAM, 2023).

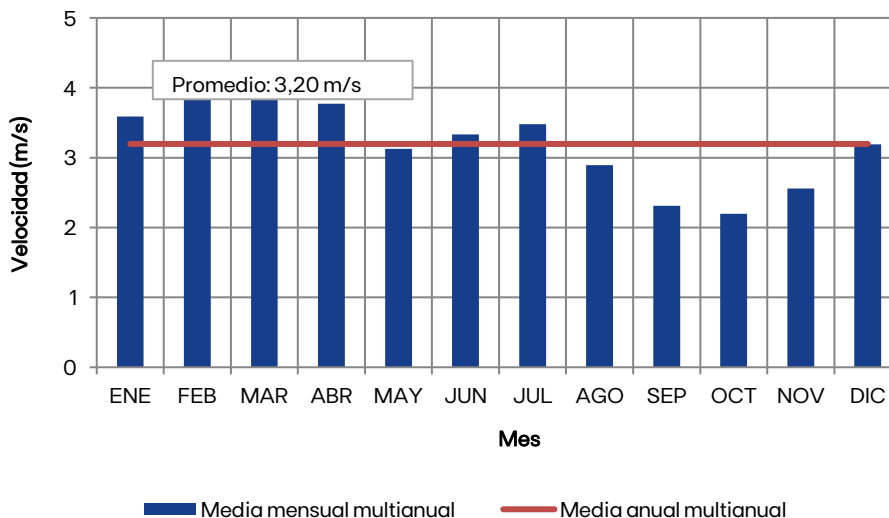


Figura 5-44 Variación mensual de la velocidad de vientos estación La Mina (m/s)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

De acuerdo con los datos arrojados, la velocidad media del viento presenta una distribución aproximadamente bimodal a través del año. Los vientos máximos se presentan en los meses de febrero-marzo-abril. Un segundo periodo de vientos altos se observa en el primer trimestre del año. Los vientos más débiles ocurren en septiembre-octubre-noviembre.

En el área de influencia los vientos alisios tienen amplia influencia en el comportamiento de esta variable. La fuerza del viento se clasifica en rangos de velocidad, para la caracterización climática se tomó la escala de Beaufort presentada en la **Tabla 5-43** para establecer los rangos de velocidad en el área de influencia fisicobiótica del proyecto.

Tabla 5-43 Clasificación del viento a partir del rango de velocidades

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO DEL VIENTO	RANGO DE VELOCIDADES (m/s)
Calma	Calma, el humo asciende verticalmente	0 – 0,2
Aire ligero	El humo indica la dirección del viento	0,3 – 1,5
Brisa ligera	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos	1,6 – 3,3
Brisa suave	Se agitan las hojas, ondulan las banderas	3,4 – 5,4
Brisa moderada	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles	5,5 – 7,9
Brisa fresca	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada	8,0 – 10,8
Brisa fuerte	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas	10,9 – 13,8
Viento casi temporal	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento	13,9 – 16,9
Viento temporal	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa	17,0 – 20,5
Viento temporal fuerte	Daños en árboles, imposible andar contra el viento	20,6 – 24,1
Tormenta	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones	24,2 – 28,3
Tormenta violenta	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles	28,4 – 32,6
Huracán	Destrucción total	> 32,7

Fuente: (NOAA, 2008)

A partir de los datos de velocidad registrados, se identifica según la escala de Beaufort¹⁴, (medida empírica para la intensidad del viento), que los vientos presentes se ubican en la denominación Brisa ligera y suave, cuyo rango se encuentra entre 2 y 4 m/s.

De acuerdo con la información de los registros de viento reportada por el IDEAM, para el estudio se obtuvo la rosa de los vientos y las tablas de frecuencias de la estación La Mina Cerrejón para 5 años de registros (2018 – 2022). La rosa de los vientos se construyó en el software WRPLOT. (ver 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.1 Clima\Anexo 5.11.1.1-4 Vientos).

Según la rosa de los vientos elaborada a partir de los datos reportados por la estación meteorológica la estación La Mina Cerrejón, las direcciones predominantes provienen del Noreste (NE) y Norte (N). En la **Figura 5-45** y **Figura 5-46** se presentan las rosas de vientos desde y hacia donde sopla el viento en el sector de la estación.

¹⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA E INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). *Atlas de Viento y Energía Eólica*. 2006. p. 124.

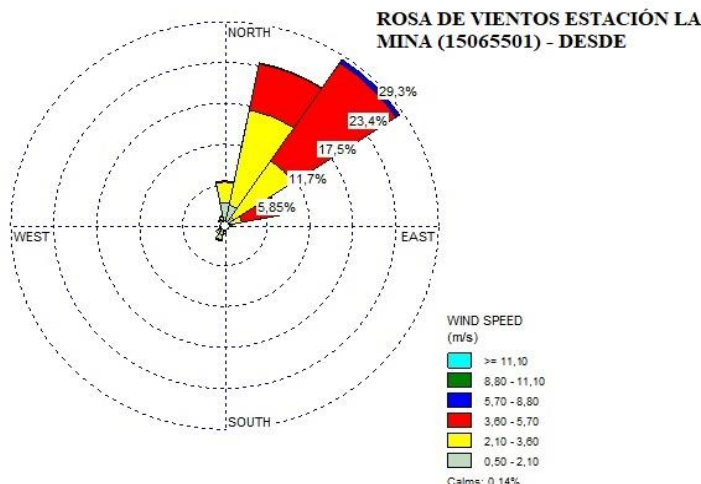


Figura 5-45 Rosa de vientos modelo WRPLOT (2018 – 2022) - Desde

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

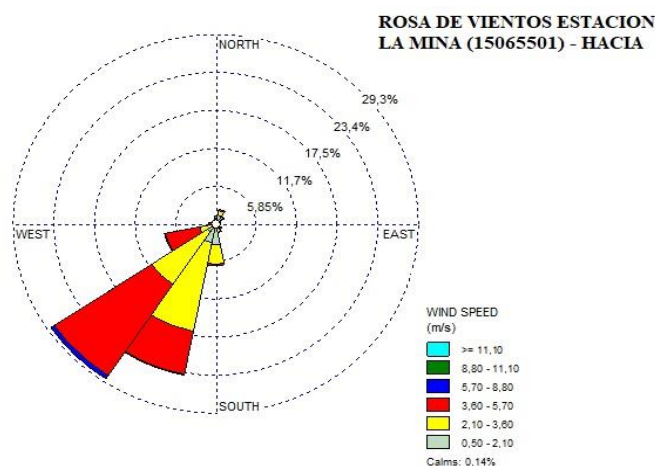


Figura 5-46 Rosa de vientos modelo WRPLOT (2018 – 2022) - hacia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-44** y **Figura 5-47** se presentan las frecuencias de los vientos del sector donde se observa que predominan los vientos con dirección NNE y NE; el rango de velocidad más representativo es entre 3.6 m/s y 5.7 m/s (Brisa suave) con un 30% de los registros, le sigue el rango entre 2.10 m/s y 3.5 m/s (brisa ligera) con un 31.26% de los registros, luego el rango entre 0.5 m/s y 2.10 m/s (Aire Ligero) con un 16.43% de los registros.

Tabla 5-44 Frecuencias de velocidad y dirección de vientos estación La Mina Cerrejón

DIR / VEL (M/S) - DESCRIPCIÓN	[0,50 - 2,10] AIRE LIGERO	[2,10 - 3,60] - BRISA LIGERA	[3,60 - 5,70] - BRISA SUAVE	[5,70 - 8,80] - BRISA MODERADA	[8,80 - 11,10] - BRISA FRESCA	[>= 11,10] - FUERTE (BONANCIBLE)	TOTAL
N	3,28%	2,99%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	6,48%
NNE	3,07%	13,85%	6,72%	0,13%	0,00%	0,00%	23,77%
NE	1,57%	9,67%	16,78%	0,63%	0,00%	0,00%	28,65%
ENE	0,62%	1,84%	5,01%	0,15%	0,00%	0,00%	7,63%

DIR / VEL (M/S) - DESCRIPCIÓN	[0,50 - 2,10] AIRE LIGERO	[2,10 - 3,60] - BRISA LIGERA	[3,60 - 5,70] - BRISA SUAVE	[5,70 - 8,80] - BRISA MODERADA	[8,80 - 11,10] - BRISA FRESCA	[>= 11,10] - FUERTE (BONANCIBLE)	TOTAL
E	0,33%	0,31%	0,50%	0,01%	0,00%	0,00%	1,14%
ESE	0,23%	0,03%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%
SE	0,28%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,29%
SSE	0,38%	0,05%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,43%
S	0,96%	0,27%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	1,26%
SSW	1,48%	0,70%	0,20%	0,02%	0,00%	0,00%	2,40%
SW	1,19%	0,29%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	1,52%
WSW	0,77%	0,06%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,84%
W	0,55%	0,06%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,63%
WNW	0,41%	0,15%	0,09%	0,01%	0,00%	0,00%	0,66%
NW	0,45%	0,45%	0,24%	0,01%	0,00%	0,00%	1,14%
NNW	0,88%	0,53%	0,10%	0,01%	0,00%	0,00%	1,51%
Sub-Total	16,43%	31,26%	29,99%	0,95%	0,00%	0,00%	78,63%
Calms							0,14%
Missing/Incomplete							21,24%
Total							100,00%

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

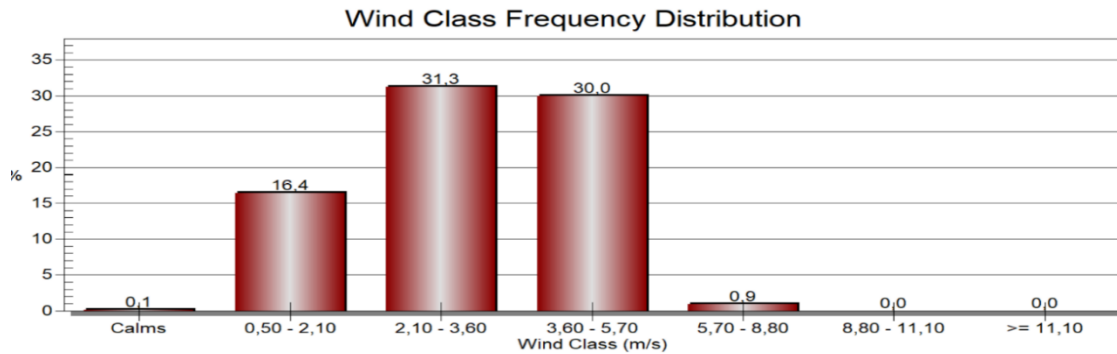


Figura 5-47 Frecuencias de velocidad y dirección de vientos estación La Mina Cerrejón

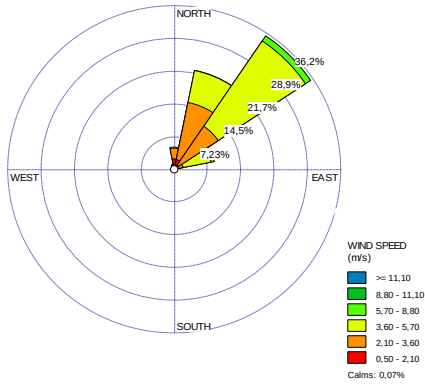
FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Tabla 5-45** se presenta la rosa de los vientos mensuales para la estación seleccionada en el área de estudio.

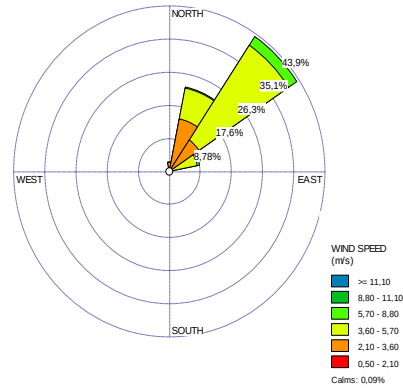
Tabla 5-45 Rosas de vientos mensuales estación La Mina Cerrejón (2018 – 2022)

ROSAS DE VIENTOS

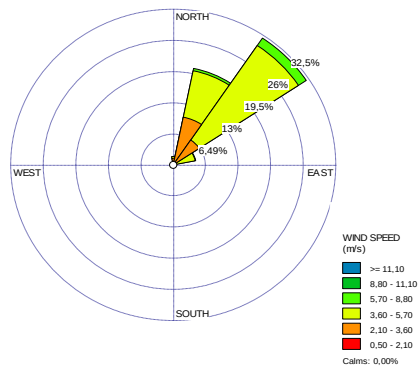
ENERO



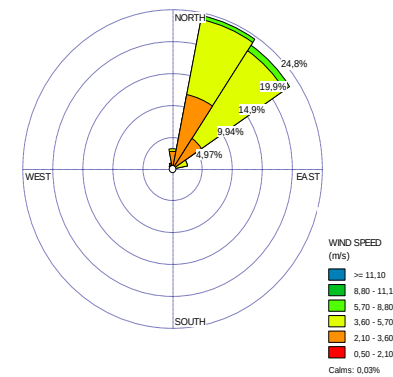
FEBRERO



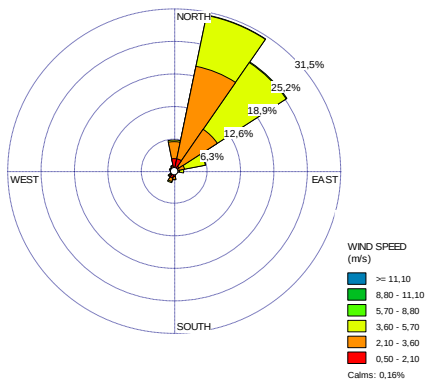
MARZO



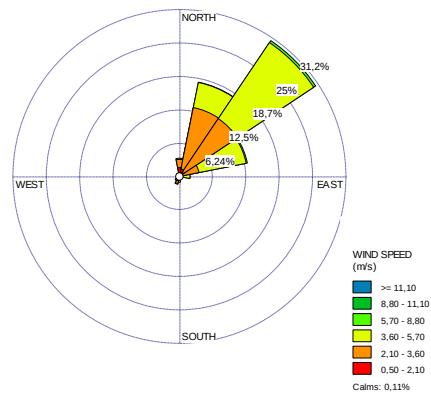
ABRIL



MAYO

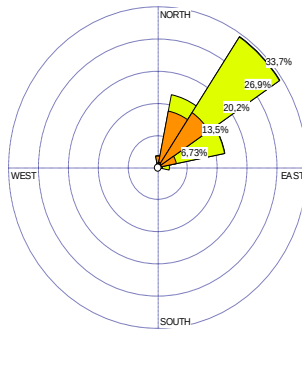


JUNIO

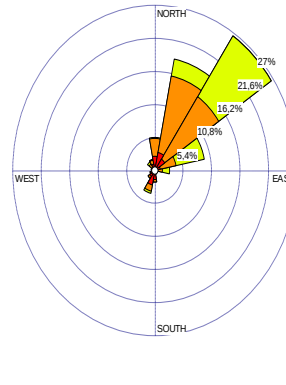


JULIO

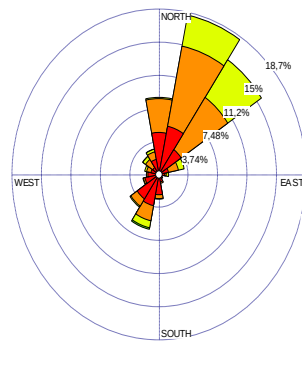
AGOSTO



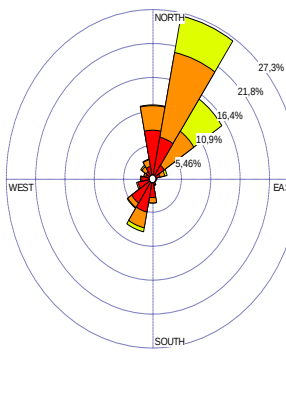
SEPTIEMBRE



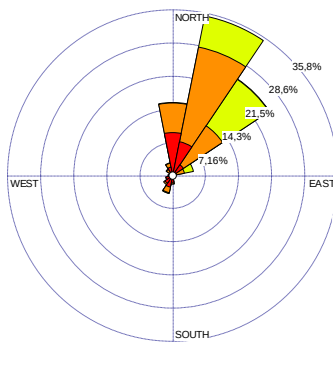
OCTUBRE



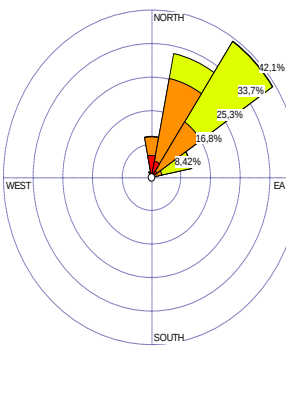
NOVIEMBRE



DICIEMBRE



FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024



En la **Figura 5-48** se muestra el promedio horario de la velocidad del viento en la estación La Mina Cerrejón diurna y nocturna, donde indica que la dirección predominante en la estación es la norte este (N-E) y norte.

Las velocidades de la rosa de los vientos diurna que predominan oscilan entre 3,60 m/s a 5,70 m/s que de acuerdo con la escala Beaufort corresponde a brisa suave, este presenta la mayor frecuencia con el 43,9% de los datos, seguido del rango entre 2,10 y 3,60 (m/s) con el 25,1 % de los

datos, las velocidades que van en el rango de 0,50 a 2,10(m/s) ocupan el tercer lugar con el 9.9 % de los datos, las velocidades entre 11,08 y 17,11 (m/s) representan el 1,7 % de los datos, y la calma no contienen datos.

Los datos horarios muestran que en periodo nocturno es más frecuente un viento con dirección procedente desde la dirección Este, con vientos promedio de 2,10 y 3,60 (m/s), este presenta la mayor frecuencia con el 38.3% de los datos, posteriormente el rango correspondiente a 0,50 a 2,10 (m/s) con el 23,6% de los datos, mientras que las velocidades que van de 3,60 a 5,70 (m/s) ocupan el 14,6%, mientras que la calma solo contiene el 0,2%.

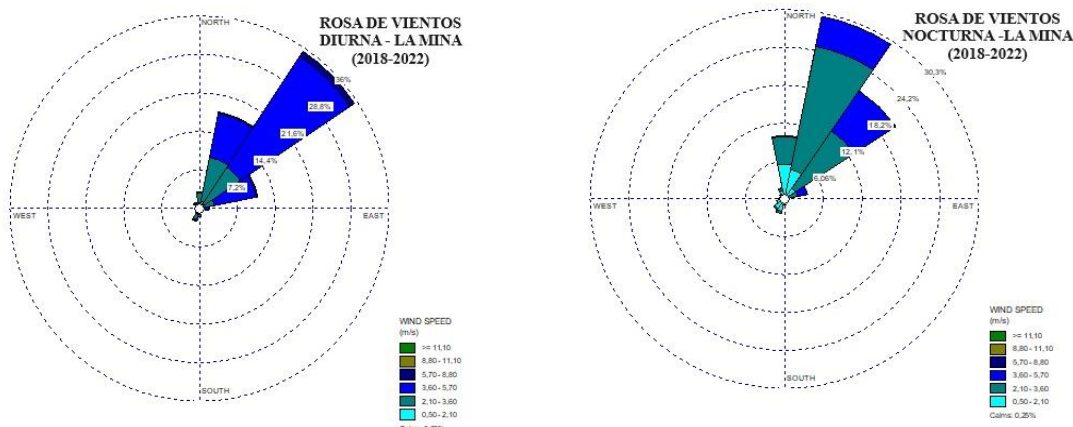


Figura 5-48 Rosa de vientos diurna y nocturna modelo WRPLOT (2018 – 2022)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.1.9 Radiación solar

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol y que llegan hasta la superficie del planeta, su magnitud está fuertemente influenciada por la nubosidad y la precipitación, los cuales son inversamente proporcionales en su magnitud a la radiación solar¹⁵. Esta es medida a través del uso de piranómetros, solarímetros y/o pirheliómetros.

Debido a que no todas las estaciones meteorológicas del IDEAM presentes en la zona registran datos de radiación solar, no fue posible realizar el análisis espacial de esta variable climática. Por consiguiente, este estudio se limitó a realizar un análisis de la distribución temporal del Radiación Solar a partir del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia del IDEAM donde se encuentra el mapa "Irradiación Global Horizontal medio diario anual" del año 2018. A partir de este mapa y la información de promedios mensuales de radiación que se encuentran en la **Figura 5-49** correspondiente a la Estación de Riohacha (estación más cercana a la zona de estudio con capacidad para la medición del parámetro radiación solar) se concluye que la radiación media en la zona oscila entre 5,0 a 5,5 KWh/m².

¹⁵ FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. Meteorología y Climatología. Madrid, España. 2004.

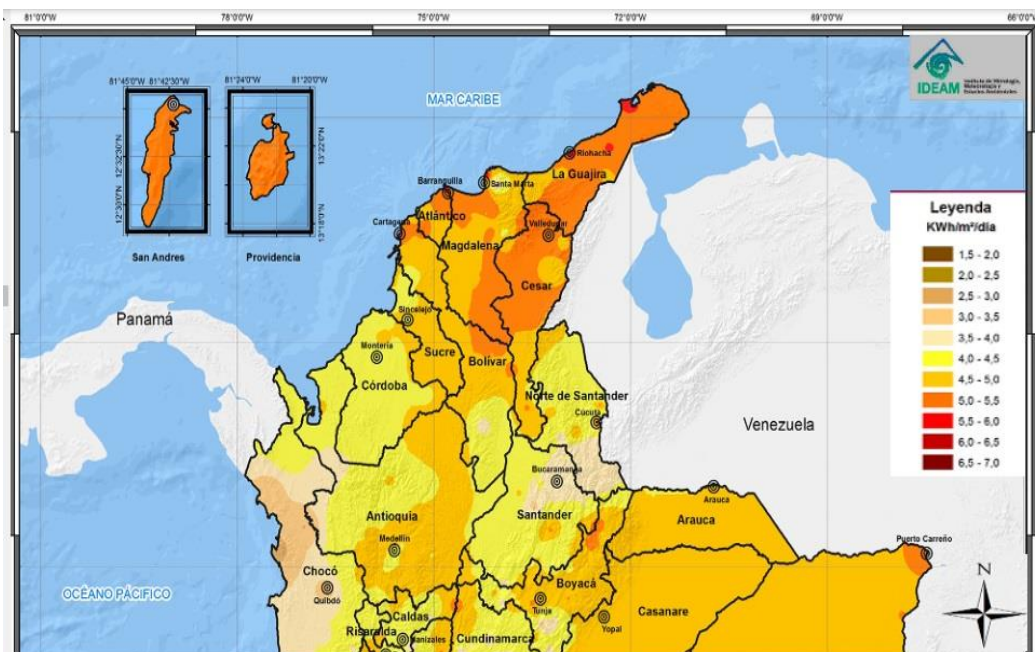


Figura 5-49 Mapa irradiación global horizontal medio diario anual

Fuente: Adaptado de IDEAM y UPME, 2018

En Colombia los valores de irradiación global horizontal media recibida en superficie oscilan, desde un máximo de entre 5,5 y 6,0 kWh/m² por día (entre 2000 y 2200 kWh/m² por año) en el norte de la región Caribe¹⁶. Según el IDEAM, en la Región Caribe en la mayoría de las estaciones se presenta un comportamiento bimodal, en el cual, los promedios más altos se dan al inicio y mediados del año, a principios de año, febrero es el mes con los valores más altos de radiación, mientras que a mediados del año son julio y agosto los que registran los valores más altos. Los promedios más bajos se presentan entre abril y mayo y entre septiembre y noviembre.

El promedio mensual de Riohacha como se muestra en la **Figura 5-50** presenta radiaciones superiores a 4,8 kWh/m², durante todos los meses del año, sin embargo, el pico más alto se presenta en el mes de julio con una radiación de 6,2 kWh/m² seguido del mes de agosto con 6,0 kWh/m². Los meses más bajos corresponden a diciembre con 4,8 kWh/m² seguido de octubre y noviembre con 4,9 y 5,2 kWh/m². Los datos de irradiación mensual fueron tomados del Atlas Interactivo de Radiación (IDEAM, UPME, 2018).

¹⁶ COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) E UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA(UPME). Atlas de Radiación Solar. 2018. p. 64.

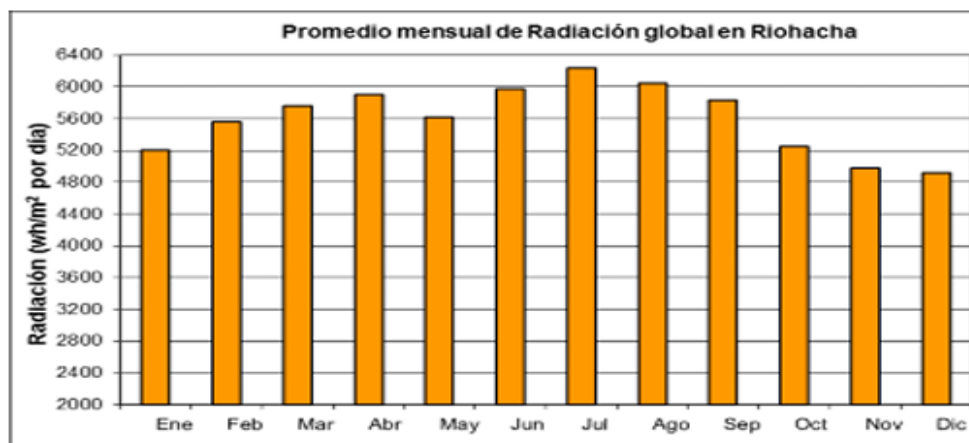


Figura 5-50 Promedio mensual de radiación global (wh/m²/día) – Riohacha Guajira

Fuente: Adaptado de IDEAM y UPME, 2018

5.1.11.10 Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce una columna de aire en una unidad de área, en otras palabras, que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la tierra. Ésta es inversamente proporcional a la altitud sobre el nivel del mar, es decir, a mayor altitud menor es la presión, dado que la columna de aire es menor y por tanto su fuerza ejercida es menor, es decir que en la zona del proyecto la presión atmosférica es alta y es muy cercana a la del nivel del mar (760 mmHg).

Para el cálculo de la presión atmosférica del área de influencia presentado en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.1 Clima\Anexo 5.1.1.1-5 Presion Atmosferica. Se utilizó una simplificación de la ley de los gases ideales, a una temperatura atmosférica estándar de 273°K, para la aplicación de esta ecuación se utilizó la altura media calculada a partir del modelo de elevación digital (DEM) del área de influencia:

$$p = P_0 \times \exp\left(-\frac{gz}{R_{da} \times T_m}\right)$$

Donde:

P: es la presión atmosférica en el sitio de interés, mm Hg.

Po es la presión atmosférica al nivel del mar, 760 mm Hg (1013 mbar).

g = aceleración de la gravedad, 9.81m/s².

z = altitud de instalación de la estación analizada.

Rda. = constante de gas del aire seco, 289 J/Kg-K.

Tm = temperatura media en el sitio del proyecto, K.

Los resultados de presión atmosférica estimada para cada estación con registros de temperatura se presentan en la **Tabla 5-46**; en general se observa un comportamiento de la presión casi constante debido a que no se presentan mayores variaciones de elevación y temperatura en el área de influencia fisicobiótica del proyecto.

Tabla 5-46 Presión atmosférica mensual estimada para el área de influencia

FECHA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA (KPA)			
	La Mina CERREJÓN (15065501)	Manaure (15075030)	Escuela AGRÍCOLA C (15085030)	Rancho Grande (15085040)
Enero	100,29	101,31	100,11	101,19
Febrero	100,29	101,31	100,11	101,19
Marzo	100,29	101,31	100,12	101,19
Abril	100,30	101,31	100,12	101,19
Mayo	100,30	101,31	100,12	101,19
Junio	100,30	101,31	100,12	101,19
Julio	100,30	101,31	100,13	101,19
Agosto	100,30	101,31	100,13	101,19
Septiembre	100,30	101,31	100,12	101,19
Octubre	100,29	101,31	100,12	101,19
Noviembre	100,29	101,31	100,12	101,19
Diciembre	100,29	101,31	100,12	101,19
Anual	100,29	101,31	100,12	101,19

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Usando la ecuación anterior, el Modelo de Elevación Digital -DEM y las capas espaciales de temperatura, se elaboró la variación espacial de la presión atmosférica que se muestra en la **Figura 5-51**.

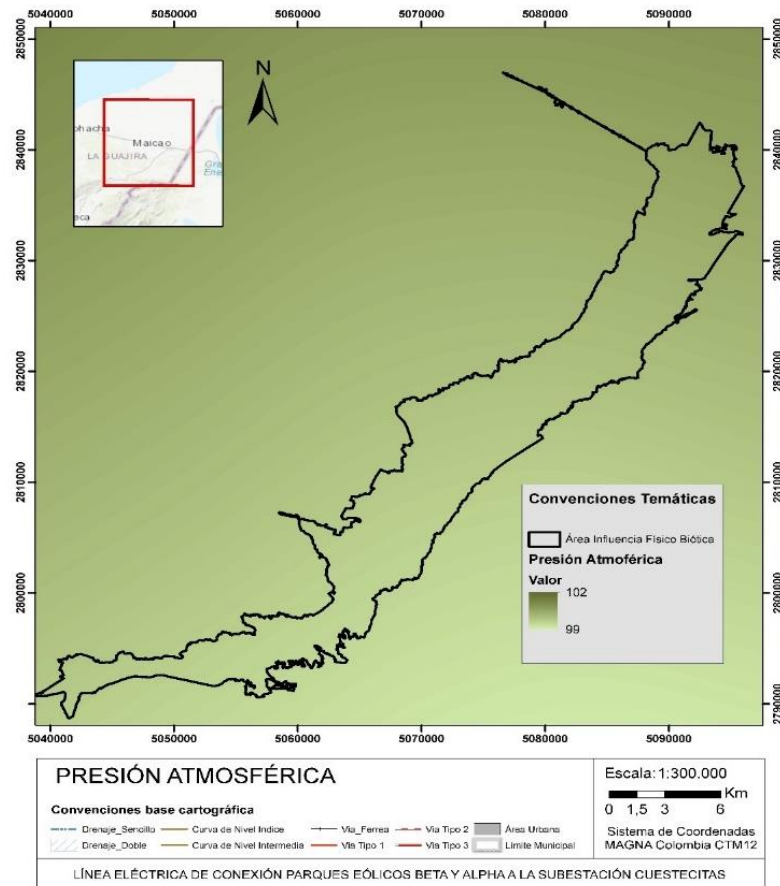


Figura 5-51 Distribución espacial anual de la presión atmosférica (mbar)

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.11 Balance hidroclimático

A partir de los valores de evapotranspiración (ETP) (ver numeral 5.1.11.1.5 presente estudio) y de precipitación (P) media mensual calculados de cada estación, se evaluó y determino la evapotranspiración real y balance hídrico a partir de la metodología de Hargreaves. Para el desarrollo del balance hidroclimático se siguió la metodología de Sanchez Almohalla & Montaner Salas¹⁷ como sigue:

- Calculamos ETP mediante el método de Hargreaves (ver numeral 5.1.11.1.5 del presente estudio).
- Se identifica el primer mes del año hidrológico, siendo este el primero que cumple la condición: $P > ETP$. Para la zona de estudio este mes es septiembre.
- Si $P > ETP$, entonces $ETR = ETP$,
- De las sumas obtenidas a la derecha del cuadro, debe cumplirse que: Precipitaciones = S ETR + S Excedentes.
- $ETP - ETR = \text{Déficits}$.
- Se reinicia el cálculo el mes siguiente hasta completar todo el año hidrológico.
- Por último, se totalizan los flujos de humedad calculados para tener el valor anual representativo.

Se elaboró el balance hídrico climático para las estaciones de La Mina Cerrejón, Rancho Grande y Escuela Agrícola Carraipia, con el fin de establecer la relación existente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP) aplicando la metodología de Hargreaves. En la **Tabla 5-47**, **Tabla 5-48** y **Tabla 5-49** se presentan los resultados del balance hídrico realizado para estas estaciones, de igual forma el comportamiento y su variación temporal con respecto a las gráficas. El balance hidroclimático para las estaciones La mina Cerrejón, Rancho Grande, y Escuela agrícola Carraipia se presenta en 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.1 Clima\Anexo 5.11.1.1-6 Balance hidroclimático.

Tabla 5-47 Balance hídrico: estación La Mina CERREJÓN (*)

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
P	141,6	156,3	163,2	53,9	15,43	4,26	13,99	64,84	111,61	59,13	51,37	107,97	943,6
ETP corr.	98,2	84,3	66,9	65,8	73,30	77,30	96,90	100,94	102,90	99,25	107,26	111,70	748,1
ETR	98,2	84,3	66,9	65,8	63,5	4,3	14,0	64,8	102,9	67,8	51,4	108,0	791,9
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	73,0	82,9	36,1	0,0	31,4	55,9	3,7	292,9
Reserva	0	43,4	60,0	60,0	48,0	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0	
Excedentes	0,0	55,5	96,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	151,7

(*): La tabla se genera a partir de los datos obtenidos del IDEAM de precipitación y temperatura, 2022.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la **Figura 5-52** se observa que el inicio de la temporada de lluvias desde el mes de septiembre. El mes de agosto se considera un mes de transición ya que hay aumento de la precipitación, pero es menor que la evapotranspiración potencial. Ahora bien, en el periodo de septiembre hasta noviembre se puede apreciar que la precipitación es superior a la evapotranspiración potencial, es decir que la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial. En diciembre la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial, por lo que la evapotranspiración real consume parte del almacenamiento de agua en el suelo, lo que significa una disminución de

¹⁷ Sanchez-Almohalla y Montaner Salas. Aproximación por el método de Thornthwaite, al calculo de infiltración de lluvia útil. 1988.

almacenamiento. Por otro lado, en los meses de enero, febrero, marzo se presentan los déficits de agua más importantes debido a que la precipitación es menor que la ETP.

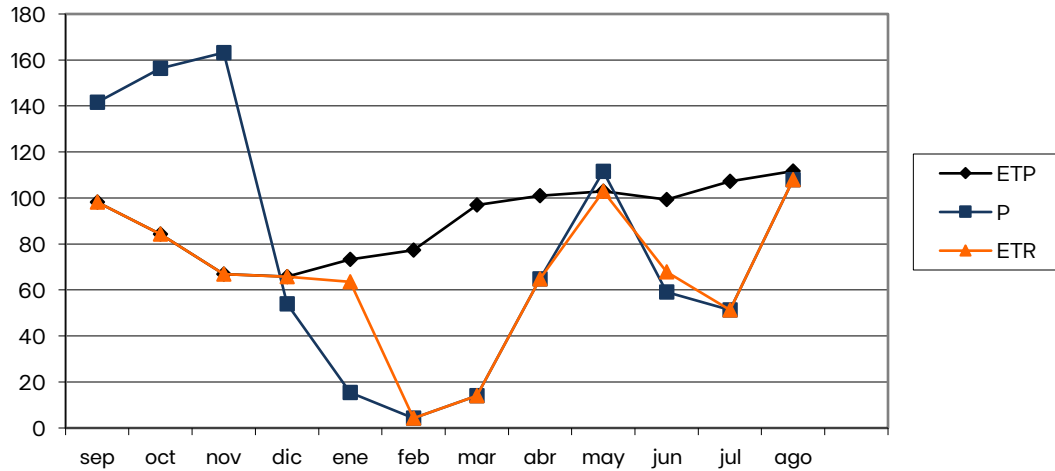


Figura 5-52 Balance hídrico estación La Mina Cerrejón

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-48 Balance hídrico: estación La Escuela AGRÍCOLA Carraipia

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
P	164,3	216,3	211,1	95,7	20,4	6,3	22,7	58,3	142,1	71,2	45,9	107,6	1161,8
ETP corr.	98,2	84,3	66,9	65,8	73,30	77,30	96,90	100,94	102,90	99,25	107,26	111,70	748,1
ETR	98,2	84,3	66,9	65,8	73,3	13,4	22,7	58,3	102,9	99,2	57,1	107,6	849,7
Déficit	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,9	74,2	42,7	0,0	0,0	50,2	4,1	235,1
Reserva	0	60,0	60,0	60,0	60,0	7,1	0,0	0,0	39,2	11,1	0,0	0,0	
Excedentes	6,1	132,0	144,1	29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	312,2

(*): La tabla se genera a partir de los datos obtenidos del IDEAM de precipitación y temperatura, 2022.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En la estación Escuela Agrícola Carraipia, de acuerdo con la **Tabla 5-48** se observa que tiene un comportamiento similar a la estación la Mina cerrejón. El déficit de agua más importante se observa de enero a abril coincidiendo con los meses donde no se evidencia almacenamiento. Ahora bien, el periodo de septiembre hasta noviembre se puede apreciar que la precipitación es superior a la evapotranspiración potencial, es decir que la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial. Por otro lado, en el mes de enero la precipitación es menor que la evapotranspiración potencial, por lo que la evapotranspiración real consume parte del almacenamiento de agua en el suelo, lo que significa una disminución de almacenamiento. (ver **Figura 5-53**).

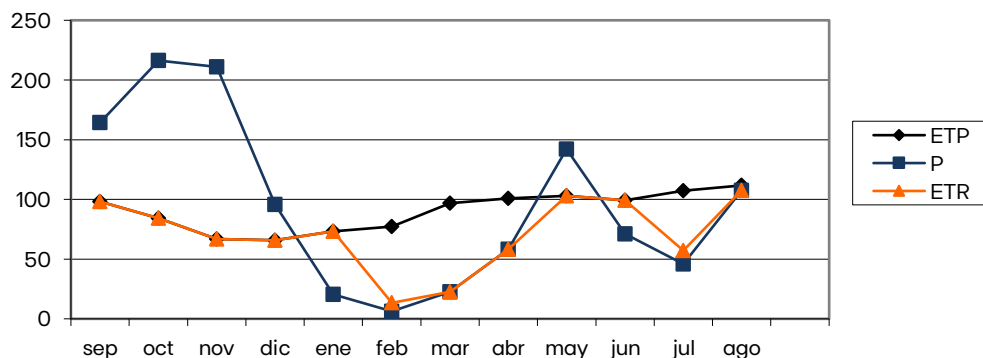


Figura 5-53 Balance hídrico estación Escuela Agrícola Carraipia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Según la **Tabla 5-49**, los datos obtenidos en el balance hídrico de la estación Rancho Grande permiten observar que se presenta exceso hídrico en los meses de octubre y noviembre, y déficit hídrico durante los demás meses del año, con mayor intensidad en la época seca (diciembre-marzo) con picos en enero a marzo, en donde se incrementa la temperatura, el brillo solar, disminuye la nubosidad y la evapotranspiración. En general, la estación Rancho Grande presenta un déficit representado en 696,0 mm al año ver **Figura 5-54**.

Tabla 5-49 Balance hídrico: estación Rancho Grande

	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	TOTAL
P	81,36	101,56	73,89	19,88	7,23	0,90	1,39	7,60	39,82	10,80	8,72	35,70	388,8
ETP corr.	98,2	84,3	66,9	65,8	73,30	77,30	96,90	100,94	102,90	99,25	107,26	111,70	748,1
ETR	81,4	84,3	66,9	44,1	7,2	0,9	1,4	7,6	39,8	10,8	8,7	35,7	388,8
Déficit	16,8	0,0	0,0	21,7	66,1	76,4	95,5	93,3	63,1	88,4	98,5	76,0	696,0
Reserva	0	0,0	17,3	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Excedentes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

(*): La tabla se genera a partir de los datos obtenidos del IDEAM de precipitación y temperatura, 2022.

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

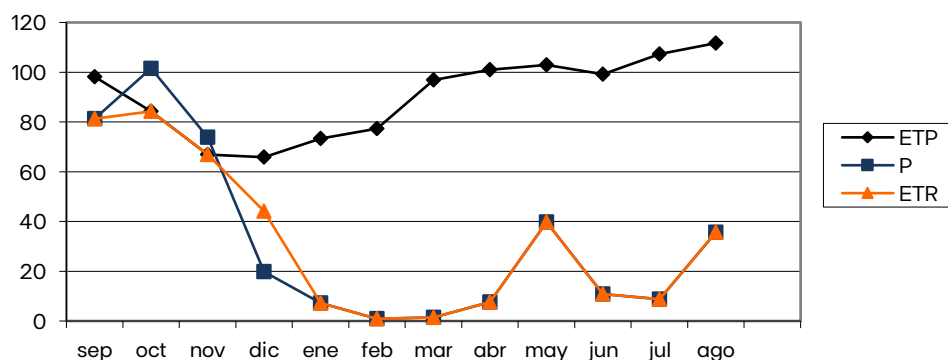


Figura 5-54 Balance hídrico estación Rancho Grande

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.12 Zonificación Climática

Para la caracterización de la zonificación climática en el área de influencia atmosférica, se utilizó la información disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC, el cual cuenta con información especializada en formato shape de la clasificación climática para el territorio nacional según el sistema de Clasificación Climática de Caldas–Lang elaborada por el IDEAM en el año 2014 escala 1:9.000.000.

Esta clasificación se caracteriza por que aplica los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático. La zonificación se presenta en 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.1 Clima\Anexo 5.11.1-7 Zonificación climática.

– Denominación Termal

Como se indicó en el aparte de temperatura y tomando como referencia los pisos térmicos propuestos por Caldas, se adoptaron como rangos definitivos los registrados como se muestra en la **Tabla 5-50**.

Tabla 5-50 Denominación Termal

DENOMINACIÓN TERMAL	RANGOS ALTITUDINALES (M.S.N.M)	RANGOS DE TEMPERATURA
Cálido	De 0 a 800	T > 24 °C

Fuente: (IGAC; IDEAM; IAvH; I., Invemar; Sinchi; IIAP, 2007)

Para la obtención de la denominación termal se ha utilizado el mapa de temperatura media anual **Figura 5-23** y el modelo digital de elevaciones. Tanto en el área de influencia del estudio como en las cuencas regionales, la temperatura media anual es superior a 27,7°C, en consecuencia, superior a 24°C, y la altitud es inferior a 800 m, por lo que el piso termal es cálido en la totalidad el área de influencia.

• Denominación de Humedad

En la **Tabla 5-51** se observa los rangos de precipitación anual, la **Figura 5-8** representa el mapa de precipitación acumulada anual promedio en la zona de estudio, donde los valores se encuentran en los rangos muy seco, con valores entre 501 y 1000 mm/año y seco que con valores de 1.001 a 2.000 mm/año.

Tabla 5-51 Denominación de Precipitación

DENOMINACIÓN DE PRECIPITACIÓN	RANGOS DE PRECIPITACIÓN ANUAL
Muy seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año

Fuente: (IGAC; IDEAM; IAvH; I., Invemar; Sinchi; IIAP, 2007)

A partir de la **Tabla 5-52** se establece la zonificación climática.

Tabla 5-52 Zonificación climática según la metodología Caldas Lang Modificado

DENOMINACIÓN PRECIPITACIÓN	DENOMINACIÓN TERMAL	PISO TÉRMICO	RANGO DE TEMPERATURA	ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA
601.77 mm y 1000 mm/año	Cálido	De 0 msnm a 800 msnm	T > 24 °C	Cálido – Muy Seco
1.001 a 1032,9 mm/año	Cálido	De 0 msnm a 800 msnm	T > 24 °C	Cálido – Seco

Fuente: (IGAC; IDEAM; IAvH; I., Invemar; Sinchi; IIAP, 2007) Modificado por Geocol Consultores S.A., 2024

La combinación de la denominación termal y del rango de precipitación anual genera una zona climática cálido-muy-seco (44772,93 ha) y cálido-seco (670,04 ha) según queda representado en el mapa de la **Figura 5-55**.

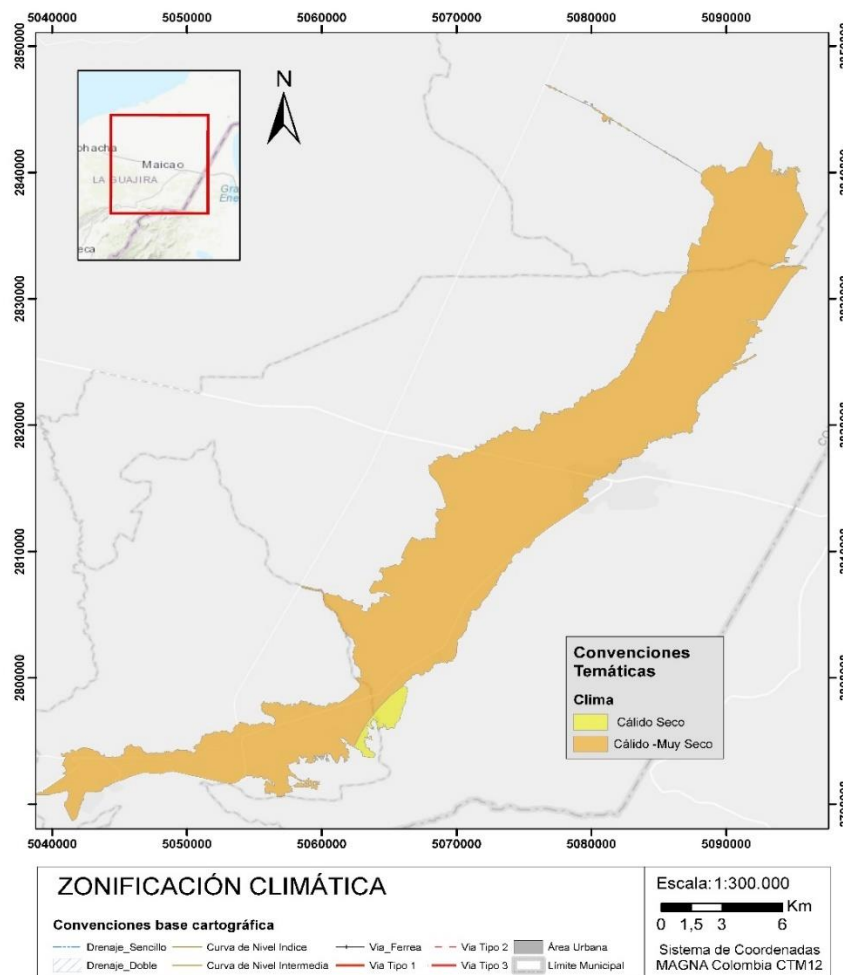


Figura 5-55 Zonificación climática del área de influencia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.2 Identificación de fuentes de emisiones atmosféricas

La caracterización de las fuentes de emisión en el área de influencia del proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas se realizó a partir de la revisión de la información secundaria disponible, la identificación de elementos sensibles en el área y posibles fuentes de emisión por medio de imágenes satelitales y el trabajo de campo llevado a cabo en el mes de septiembre de 2023 donde se realizaron encuestas informales a la comunidad y observación por medio de recorridos, con el objetivo de tener el levantamiento de la información, que en conjunto con las mediciones de contaminantes criterio permitieron actualizar la línea base ambiental en el componente atmosférico.

5.1.11.2.1 Fuentes fijas

Fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

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

En el área de influencia del proyecto, las viviendas usan la estufa de leña para uso en la cocción de alimentos, considerada una de las principales actividades antrópicas generadoras de emisiones fijas dispersas.

5.1.11.2.1.1 Fuentes fijas dispersas

Una fuente fija dispersa es “aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales”¹⁸ de acuerdo al trabajo de campo en el área de influencia y a la información suministrada por la comunidad, las fuentes fijas dispersas son uso de biomasa (leña) para cocción de alimentos, quemas de residuos sólidos, para siembra, para construcción de nuevas casas y producción de carbón vegetal. En la **Tabla 5-53** se presentan los tipos de fuentes fijas dispersas identificados en el AI.

¹⁸ Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 948 (5, junio, 1995), en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Diario Oficial No. 41876. Bogotá D.C.: El Ministerio. 1995. p. 57.

Tabla 5-53 Inventario de fuentes fijas dispersas en el AI del proyecto

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
COCINAS DE LEÑA									
FD1	5077593,16	2847371,08	Uribia, Comunidad Carcloctamana	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 1 sep. 2023 9:46:25 a. 11.66707726N 72.2878083E Altitud: 34.1
FD2	5077593,16	2847371,08	Uribia, Comunidad Carcloctamana	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 1 sep. 2023 11:44:09 a. m.

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD3	5081204,22	2844286,86	Uribia, Comunidad Sochinchon 2	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 2 sep. 2023 9:08:17 a. m. 11.63909196N 72.25474039W Altitud: 24.8m
FD4	5093688,19	2835528,39	Uribia, Comunidad Mapuachon	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 5 sep. 2023 12:24:05 p. m. 11.55954163N 72.14041839W Altitud: 14.4m

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD5	5070681,85	2806368,99	Albania, Comunidad Seiguana	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 16 sep. 2023 11:24:50 a. m. 11.29629169N 72.35208816W Albania - Maicao Maicao La Guajira Altitud: 93.8m Número de índice: 119
FD6	5068361,31	2803642,06	Maicao, Comunidad Alayut	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 17 sep. 2023 12:54:50 p. m. 11.27166716N 72.37341223W Maicao La Guajira Altitud: 92.9m Número de índice: 145

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD7	5067729,40	2803356,30	Maicao, Comunidad Guacamaya	Biomasa (Leña)	4 horas al día, durante toda la semana	X	X	En todas las viviendas de la comunidad se utiliza Biomasa (leña) para la cocción de los alimentos	 17 sep. 2023 11:05:45 a. m. 11.2690941N 72.37920945W Maicao La Guajira Altitud: 99.0m Número de índice: 133
QUEMA DE RESIDUOS									
FD8	5077743,34	2847334,45	Uribia, Comunidad Carcloctamana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 1 sep. 2023 9:50:51 a. m. 13.66674251N 72.28643079W Altitud: 32.5m

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD9	5077695,12	2843667,34	Uribia, Comunidad Katzialamana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD10	5079353,80	2845788,55	Uribia, Comunidad, Mathunali	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD11	5081188,95	2844291,58	Uribia, Comunidad Sochinchon 2	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD12	5089215,68	2837970,51	Uribia, Comunidad, Aipishimana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD13	5092394,40	2835385,37	Uribia, Comunidad, Ma puachon	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD14	5089583,15	2833637,76	Maicao, Comunidad, Wal irrumana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD15	5089589,41	2833660,19	Maicao, Comunidad, Walirrumana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD16	5087635,84	2824781,08	Maicao, Comunidad, Patillita	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD17	5079436,00	2818503,30	Maicao, Comunidad, Yawasiru 2	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD18	5077647,23	2816595,78	Maicao, Comunidad, Mi Ranchito	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD19	5072210,03	2815777,99	Maicao, Comunidad, Jerjet	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	
FD20	5072210,35	2815781,30	Maicao, Comunidad, Jerjet	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD21	5070636,70	2812071,06	Maicao, Comunidad, Kulikuri	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 13 sep. 2023 12:00:42 p. m. 11.34787841N 72.35238605W Altitud 71.3m Número de índice: 34
FD22	5068832,58	2811015,51	Maicao, Comunidad, Kasuto	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 15 sep. 2023 10:27:51 a. m. 11.33836478N 72.36894691W Maicao La Guajira Altitud 70.5m Número de índice: 81

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD23	5070673,66	2806376,43	Maicao, Comunidad Amaritshi	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 15 sep. 2023 11:26:33 a. m. Altitud: 83,3m Número de índice: 84
FD24	5070673,66	2806376,43	Maicao, Comunidad Seiguana	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 16 sep. 2023 11:24:16 a. m. 11.29635915N 72.35216312W Albaniá - Maicao La Ciénaga Altitud: 92,9m Número de índice: 117

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD25	5064181,60	2802910,33	Maicao, Comunidad Juwalin	Residuos Sólidos	Se realiza aproximadamente 2 veces por semana en cada vivienda	X	X	Quema de Residuos Sólidos, es una práctica muy común en las veredas ante la carencia del servicio de recolección de estos.	 18 sep. 2023 1:45:50 p. m. 11.26512557N 72.41173473W Maicao La Guajira Altitud: 112.0m Número de índice: 183
QUEMAS									
FD26	5079344,04	2845798,59	Uribia, Comunidad Mathunali	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para construcción de ramadas o viviendas.	 3 sep. 2023 8:35:54 a. m. 11.65281147N 72.27177578W Altitud: 24.1m

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD27	5079346,6 4	2845778,49	Uribia, Comunidad Mathunali	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para construcción de ramadas o viviendas.	 3 sep. 2023 8:49:37 a. m. 11.65262955N 72.27175238W Altitud: 24.9m
FD28	5076304,0 9	2816710,72	Maicao, Comunidad La Paz	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para sembrar.	 14 sep. 2023 10:11:25 a. m. 11.38973354N 72.30032627W Maicao - Riohacha Maicao La Guajira Altitud: 44.2m Número de índice: 36

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD29	5067583,36	2802809,55	Maicao, Comunidad Santa Rosa	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para sembrar.	 17 sep. 2023 11:46:31 a. m. 11.26519127N 72.3818701W Maicao La Guajira Altitud: 103.7m Número de índice: 141
FD30	5067679,68	2803527,38	Maicao, Comunidad Guacamaya	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para sembrar.	 17 sep. 2023 11:10:13 a. m. 11.27064282N 72.37966187W Maicao La Guajira Altitud: 96.8m Número de índice: 134

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD31	5063403,29	2798955,63	Maicao, Predio La Tara	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema de maleza, para no dejar enmontar.	
FD32	5049178,05	2793729,03	Albania, Comunidad La Macarena	Biomasa	Eventualmente	X	X	Quema para limpiar terreno, que va a ser utilizado para sembrar.	
OTRAS ACTIVIDADES									

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD33	5070721,48	2806361,58	Albania, Comunidad Seiguana	Biomasa (Leña)	Dos veces por semana	X	X	Producción de carbón vegetal	 16 sep. 2023 11:18:02 a. m. 11.2962239N 72.35172514W Albania - Maicao Maicao La Guajira Altitud: 92.5m Número de índice: 111
FD34	5067902,71	2805882,59	Maicao, Comunidad Majayut	Biomasa (Leña)	Una vez por semana	X	X	Producción de carbón vegetal	 16 sep. 2023 9:34:35 a. m. 11.29194587N 72.37757185W Maicao La Guajira Altitud: 92.4m Número de índice: 103

ID	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINANTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD35	5063305,42	2798831,02	Maicao, Predio La Tara	Biomasa (Leña)	Una vez por semana	x	X	Producción de carbón vegetal	

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	

5.1.11.2.1.2 Fuentes fijas lineales

Dentro del área de influencia se identificaron vías que según su material de rodadura pueden encontrarse sin pavimentar, las cuales son una fuente de material particulado, debido a la resuspensión de partículas que puede existir con el paso de vehículos y la acción del viento.



Fotografía 5-1 Vía Entronque que conduce a Beta



Fotografía 5-2 Vía La Cortica



Fotografía 5-3 Camino comunidad de Sukuluwuo



Fotografía 5-4 Vía comunidad Jotolimana

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

De acuerdo con las imágenes anteriormente relacionadas, a continuación, se observa en la **Figura 5-56** las vías de acceso de las fuentes fijas lineales:

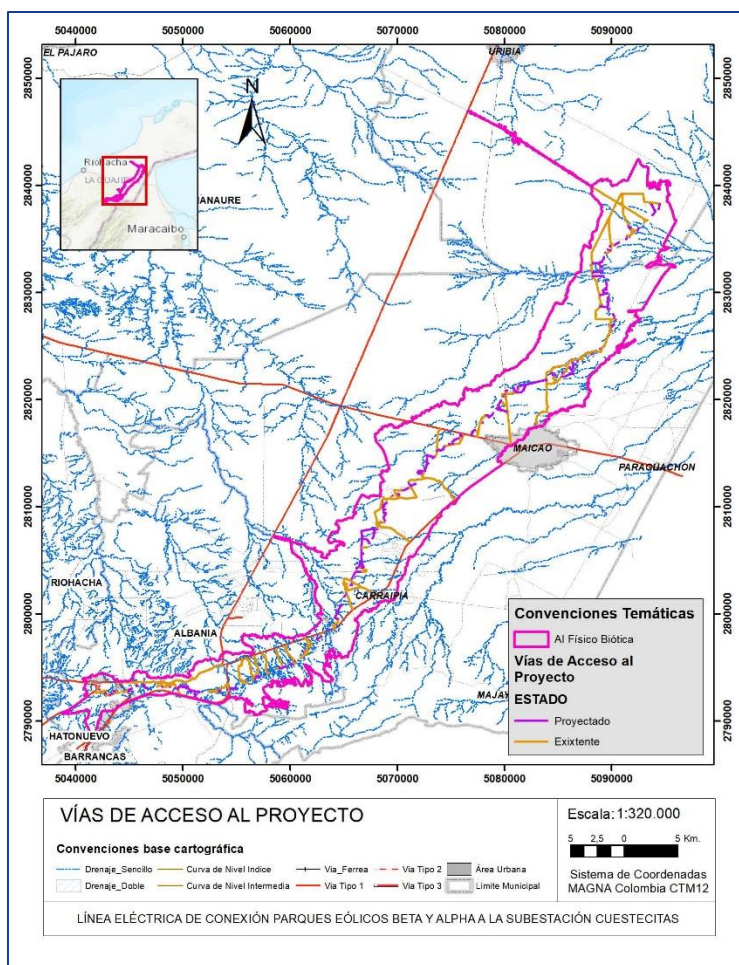


Figura 5-56 Vías de acceso de las fuentes fijas lineales

5.1.11.2.2 Fuentes móviles

Las fuentes móviles son aquellas fuentes de emisión que, por razón de uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza y se clasifican en aéreas, terrestres y fluviales.

Los automotores, camiones, tracto mulas, buses de transporte público, motocicletas y en general toda clase de vehículos son una fuente de emisión constante de Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxidos de azufre (SOx) como resultado de la combustión de la gasolina y el diesel. Como parte del complemento del estudio de tránsito, se tiene en cuenta el aforo de motocicletas que circulan por los diferentes puntos de aforo.

Dentro del área de influencia del proyecto, se encuentra la línea férrea de propiedad de Cerrejón, por donde transita el tren que comunica La Mina con Puerto Bolívar en un recorrido de 150 km, cruzando la línea eléctrica del proyecto siendo una fuente de contaminantes atmosféricos.

Para la determinación de las condiciones de tráfico vehicular típicas de la zona de estudio, se toma como referencia la realización de siete (7) aforos vehiculares, cada uno con una duración de 24

horas, durante los días miércoles 4, viernes 6, domingo 8 y lunes 9 de octubre del 2023, los cuales permitieron caracterizar las condiciones típicas de tránsito actual en la zona.

Dentro de los parámetros de medición establecidos para la caracterización de fuentes móviles, se utilizó la clasificación por tipo de vehículos dada por el Instituto Nacional de Vías- INVIAS, de modo que permita estimar el flujo promedio de fuentes móviles horarios y por categoría (ver **Figura 5-57**).

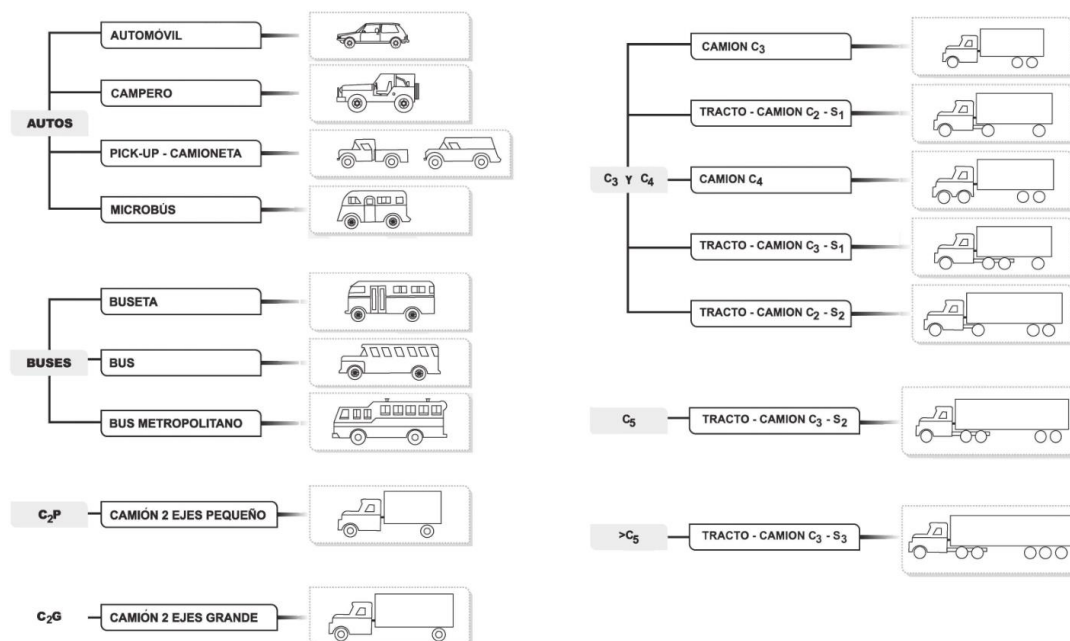


Figura 5-57 Clasificación por tipo de vehículos según el INVIAS

Fuente: INVIAS, 2015.

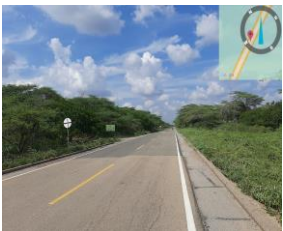
Con el fin de estimar la cantidad de vehículos que transitan por las principales vías del área de estudio, se implementó el método de aforo vehicular el cual se realizó de la siguiente manera:

- Se establecieron puntos sobre las vías en las que se prevee flujo vehicular constante de tal manera que se fuese asegurado el paso de automotores. Estos puntos se definieron teniendo en cuenta los accesos al proyecto dentro del área de influencia.
- Durante veinticuatro (24) horas se realizó el conteo de los automotores que transitaron por dicho punto.
- Se realizó en el mismo punto de referencia por un periodo de cuatro días (4), entre los cuales se contemplaron tres (3) días hábiles y un día (1) no hábil.
- Se diligenciaron los formatos en donde se encuentra la clasificación de los automotores dada por el Instituto Nacional de Vías- INVIAS.
- Se realizó el conteo por categoría de los automotores que transitaron por el punto durante ese lapso.

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

Las estaciones de aforo se ubican sobre las vías descritas en el Capítulo 3. Descripción del Proyecto del Estudio de Impacto Ambiental (véase 3_Anejos\Cap. 03 Descripción del proyecto\Anexo 3-3 Estudio de Tránsito Vehicular) y que se relacionan a continuación en la **Tabla 5-54** y **Figura 5-58**.

Tabla 5-54 Localización y descripción de los puntos de aforo

PUNTO	COORDENADAS CTM-12		COMUNIDAD INVOLUCRADA	VÍA	DESCRIPCIÓN	FOTO
	ESTE	NORTE				
1	5076702,44	2846887,45	Carclotamana	Km 0 El Entronque- acceso vial a subestación Beta	Vía carretable existente de 30 km con un ancho de 6 metros por la cual se accede a los Parques Eólicos Alpha y Beta desde el punto denominado El Entronque, municipio de Uribia. La vía cuenta con dos carriles y la capa de rodadura no posee asfalto (afirmado pétreo). Se encuentra en proceso de adecuación.	
2	5080513,50	2816811,71	Piyuspana	Vía antigua Maicao-Uribia	Tramo de la Vía Antigua Maicao - Uribia que corresponde a un carretable existente para acceder a las torres 27 a 33 de la línea Alpha - cuestecitas. Posee regular estado de conservación, con ancho entre 3 y 6 metros, bajo flujo y velocidad reducida. Sin capa de afirmado en la mayor parte del recorrido. Pendiente Baja.	
3	5077279,20	2816558,31	La Paz	Vía Nacional Ruta 9010- Maicao- Riohacha	Tramo de la Vía Nacional pavimentada en buen estado, que comunica al Municipio de Maicao con Albania y Cuestecitas, tomado desde Maicao hasta el sector del Paradero, sitio "La Ese", intersección con la vía privada de El Cerrejón, en un recorrido de 35.6 kilómetros. Se intercepta con la línea Alpha - Cuestecitas entre las Torres 87 y 88. Posee dos carriles y pendiente casi nula.	
4	5068524,81	2802076,44	Carraipia, Santa Rosa	Vía Nacional Ruta 8801 Tramo pavimentado Maicao - Carraipia - Albania	Tramo 1 de la vía privada de El Cerrejón tomado desde El Entronque, hasta el municipio de Albania. Pavimentada en buen estado, con algunos tramos donde se ha perdido la capa asfáltica,	

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

PUNTO	COORDENADAS CTM-12		COMUNIDAD INVOLUCRADA	VÍA	DESCRIPCIÓN	FOTO
	ESTE	NORTE				
					entre el sector de 4 vías y El Entronque. Se cruza con la línea Alpha – Cuestecitas a la altura de las Torres 111 y 112. Pendiente casi nula.	
5	5054018,83	2795330,18	4 de noviembre	Vía privada Cerrejón Albania-Maicao	Tramo de la Vía Nacional tomado desde el sector del Paradero, sitio "La Ese", intersección con la vía privada de El Cerrejón, hasta el Km.14.4, intersección con acceso AC_R23. Presenta un primer tramo de 11 km sin pavimentar hasta Cuestecitas. Posee un ando entre 4 a 6m, circulación en doble vía, pendiente variable, sin superar el 10%.	
6	5052685,42	2794892,60	4 de noviembre	Vía Nacional Ruta 8801 Tramo destapado Maicao - Cuestecitas	Vía Nacional pavimentada en buen estado, de gran afluencia vehicular que comunica la vía privada de El Cerrejón a la salida del municipio de Albania, con la Vía Nacional 8801 a la altura del Corregimiento de Cuestecitas. Se intercepta con la línea Alpha – Cuestecitas entre las Torres 132VC y 133VC. Posee doble sentido de circulación y pendiente casi Nula.	
7	5044728,91	2791969,01	Albania	Salida Glorieta Albania-Cuestecita	Vía troncal Nacional pavimentada en buen estado, de gran afluencia vehicular que comunica al municipio de Maicao con la ciudad de Riohacha y con la frontera con Venezuela en el sector de Paraguachón. Se intercepta con la línea Alpha – Cuestecitas entre las Torres 41 y 42. Posee circulación doble sentido y pendiente casi nula.	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

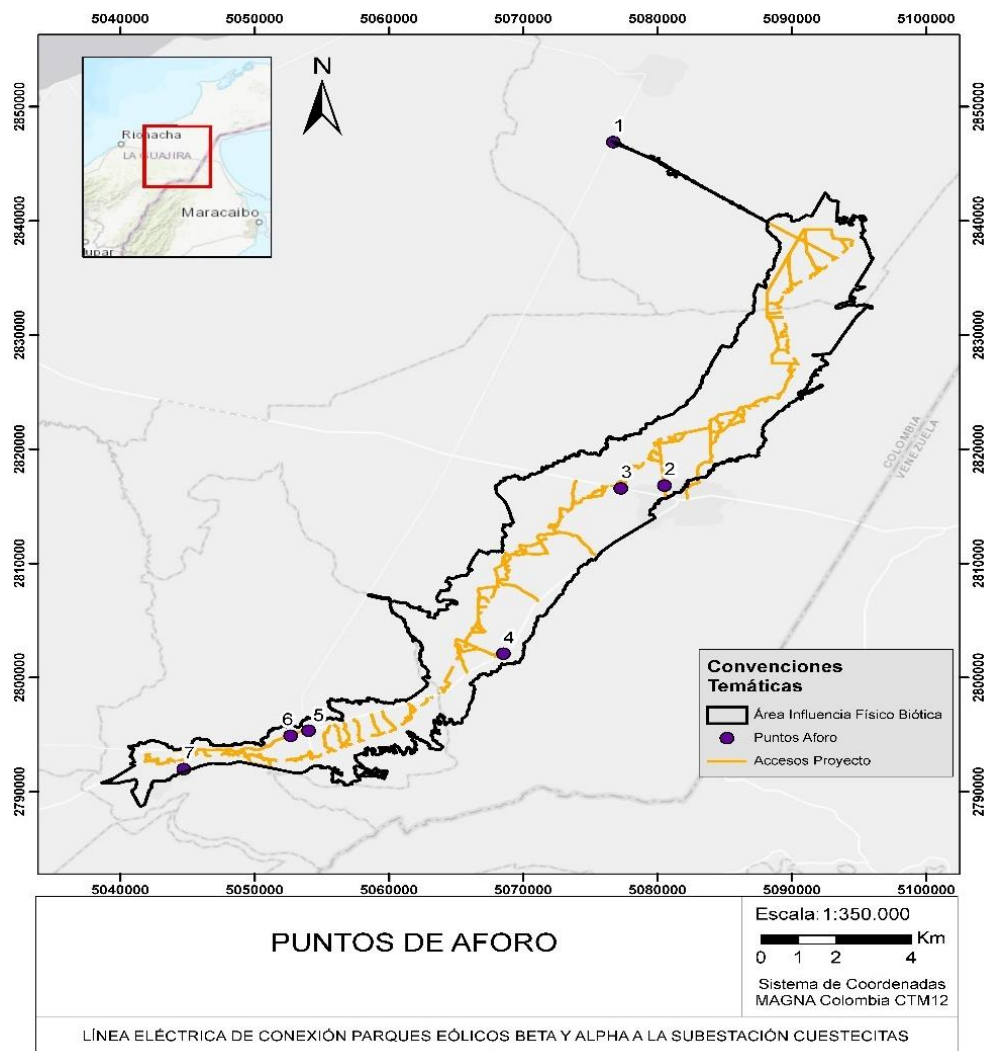


Figura 5-58 Localización de los puntos de aforo

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

A continuación, de la **Tabla 5-55** a la **Tabla 5-61** se presentan los resultados del TPD acorde a las mediciones obtenidas en campo.

Tabla 5-55 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD1 El Entronque

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	299	Vehículos/día
TD viernes	314	Vehículos/día
TD Domingo	83	Vehículos/día
TD lunes	257	Vehículos/día
Total	953	Vehículos/día
TPD-1	238	Vehículos/día
F Miércoles	1.25	N/A
F Viernes	1.32	N/A
F Domingo	0.35	N/A
F Lunes	1.08	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-56 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD2 Vía antigua Maicao–Uribia

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	466	Vehículos/día
TD viernes	425	Vehículos/día
TD Domingo	394	Vehículos/día
TD lunes	376	Vehículos/día
Total	1661	Vehículos/día
TPD-2	415	Vehículos/día
F Miércoles	1.12	N/A
F Viernes	1.02	N/A
F Domingo	0.95	N/A
F Lunes	0.91	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-57 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD3 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo pavimentado Maicao – Carraipía – Albania

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	2313	Vehículos/día
TD viernes	2031	Vehículos/día
TD Domingo	1933	Vehículos/día
TD lunes	2029	Vehículos/día
Total	8306	Vehículos/día
TPD-3	2077	Vehículos/día
F Miércoles	1.11	N/A
F Viernes	0.98	N/A
F Domingo	0.93	N/A
F Lunes	0.98	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-58 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD4 Vía privada Cerrejón Albania–Maicao

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	2483	Vehículos/día
TD viernes	2656	Vehículos/día
TD Domingo	1670	Vehículos/día
TD lunes	1850	Vehículos/día
Total	8659	Vehículos/día
TPD-4	2165	Vehículos/día
F Miércoles	1.15	N/A
F Viernes	1.23	N/A
F Domingo	0.77	N/A
F Lunes	0.85	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-59 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD5 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo destapado Maicao – Cuestecitas

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	415	Vehículos/día
TD viernes	357	Vehículos/día
TD Domingo	240	Vehículos/día
TD lunes	284	Vehículos/día
Total	1296	Vehículos/día
TPD-5	324	Vehículos/día
F Miércoles	1.28	N/A
F Viernes	1.10	N/A
F Domingo	0.74	N/A
F Lunes	0.88	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-60 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD6 Vía salida glorieta Albania – Cuestecitas

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	9314	Vehículos/día
TD viernes	10851	Vehículos/día
TD Domingo	8072	Vehículos/día
TD lunes	10373	Vehículos/día
Total	38610	Vehículos/día
TPD-6	9653	Vehículos/día
F Miércoles	0,96	N/A
F Viernes	1,12	N/A
F Domingo	0,84	N/A
F Lunes	1,07	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-61 Tráfico promedio diario (TPD) para el punto TPD7 Vía Nacional Ruta 9010 Maicao – Riohacha

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
TD miércoles	5107	Vehículos/día
TD viernes	4816	Vehículos/día
TD Domingo	2435	Vehículos/día
TD lunes	4984	Vehículos/día
Total	17342	Vehículos/día
TPD-7	4336	Vehículos/día
F Miércoles	1,18	N/A
F Viernes	1,11	N/A
F Domingo	0,56	N/A
F Lunes	1,15	N/A

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD1 El Entronque, se pudo evidenciar que el mayor flujo corresponde a vehículos livianos con un porcentaje del 43%, seguido por motocicletas con un 22%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

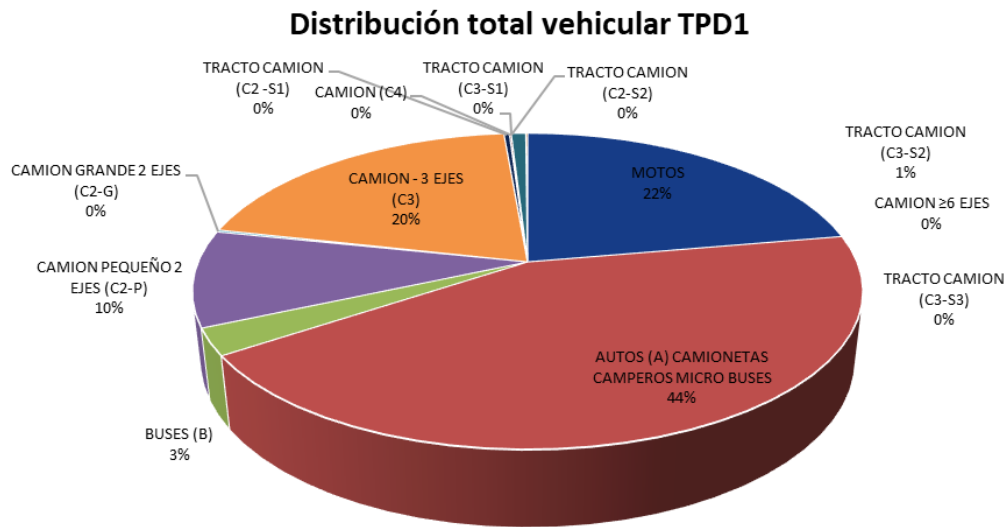


Figura 5-59 Distribución total vehicular TPD1 El Entronque

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD2 Vía antigua Maicao–Uribia el mayor flujo corresponde a vehículos tipo motocicleta con un porcentaje del 81%, seguido por los vehículos livianos con un 13%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

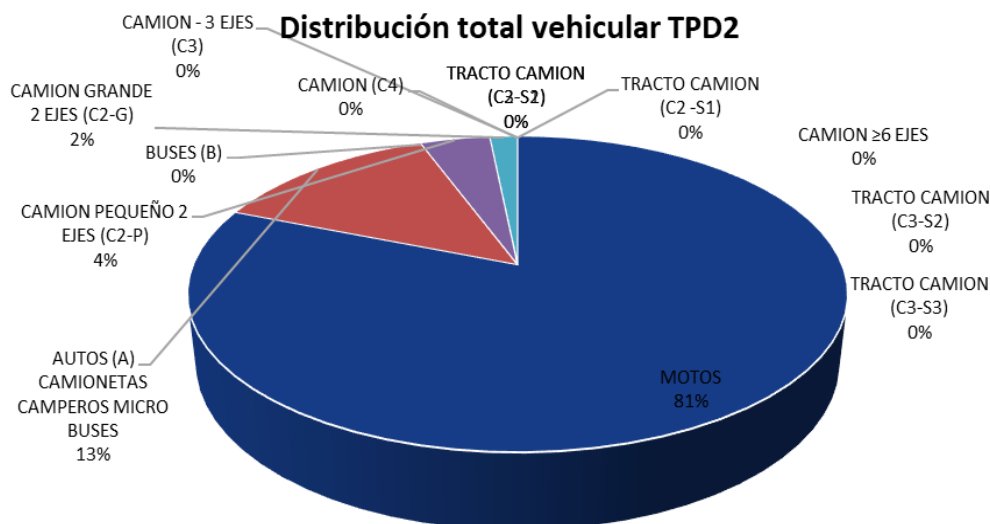


Figura 5-60 Distribución total vehicular TPD2 Vía antigua Maicao–Uribia

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD3, Vía Maicao–Albania – Carraipía el mayor flujo corresponde a vehículos livianos con un porcentaje de 61%, seguido de vehículos tipo motocicleta con un porcentaje de 27% y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

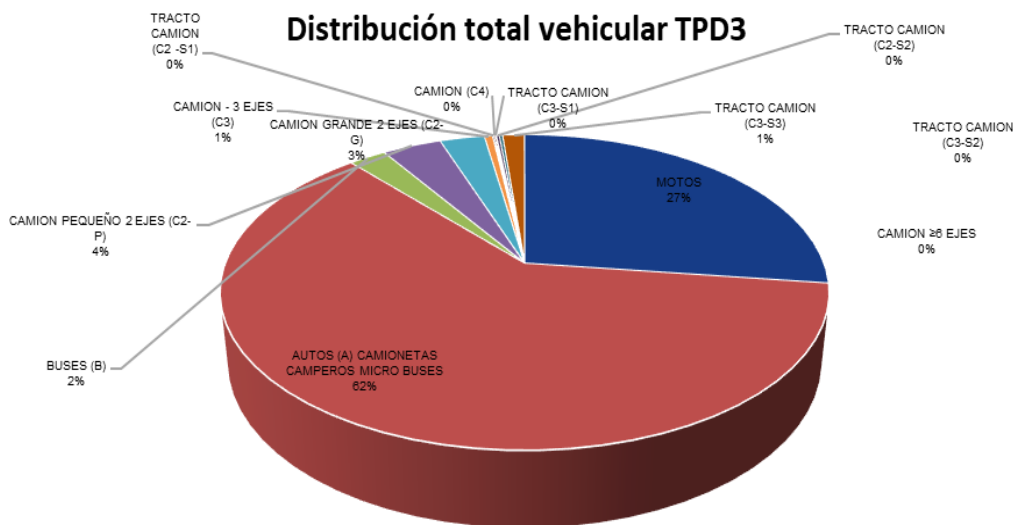


Figura 5-61 Distribución total vehicular TPD3 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo pavimentado Maicao – Carraipía – Albania

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD4 Vía privada Cerrejón Albania-Maicao el mayor flujo corresponde a vehículos livianos con un porcentaje de 26%, seguido de vehículos tipo motocicleta con un porcentaje del 22%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

Distribución total vehicular TPD4

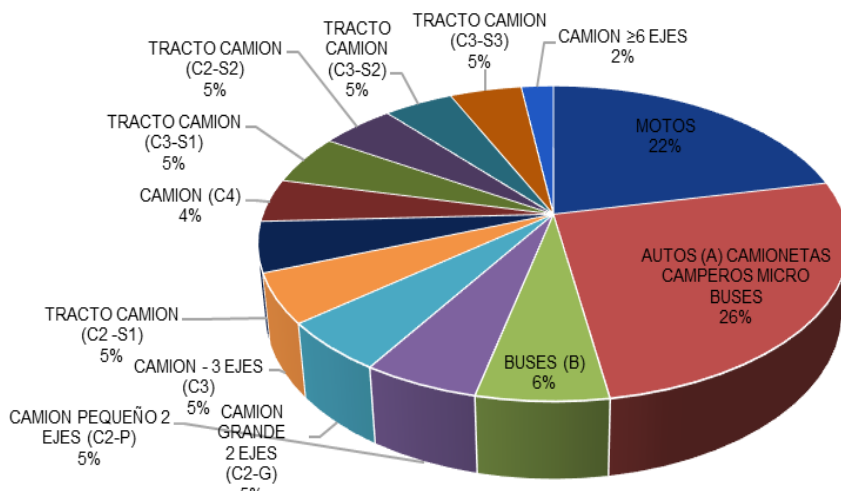


Figura 5-62 Distribución total vehicular TPD4 Vía TPD4 privada Cerrejón Albania-Maicao

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD5 Vía Alterna Albania - Cuestecitas el mayor flujo corresponde a vehículos tipo motocicleta con un porcentaje del 68%, seguido por los vehículos livianos con un 15%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

Distribución total vehicular TPD5

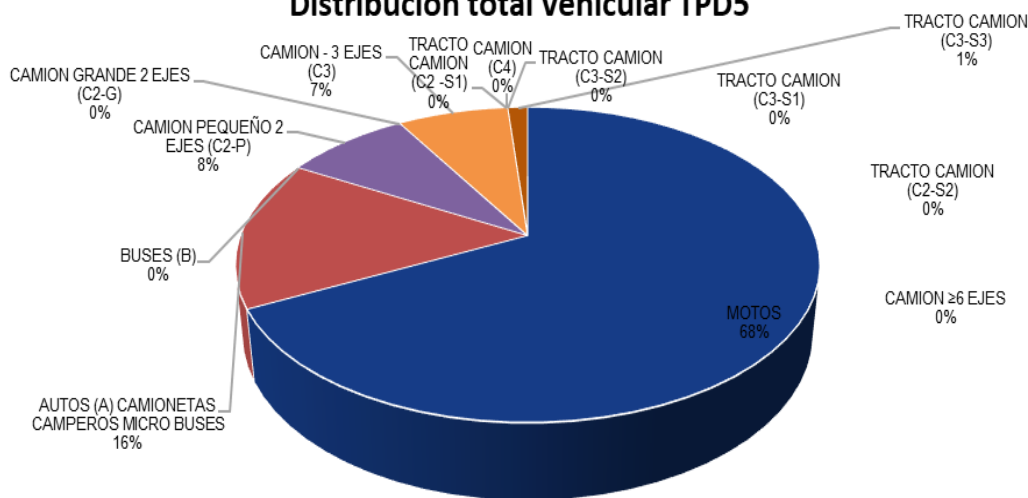


Figura 5-63 Distribución total vehicular TPD5 Vía Nacional Ruta 8801 Tramo destapado Maicao - Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD6 Vía salida glorieta Albania – Cuestecitas el mayor flujo corresponde a vehículos tipo motocicleta con un porcentaje del 53%, seguido por los vehículos livianos con un 38%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

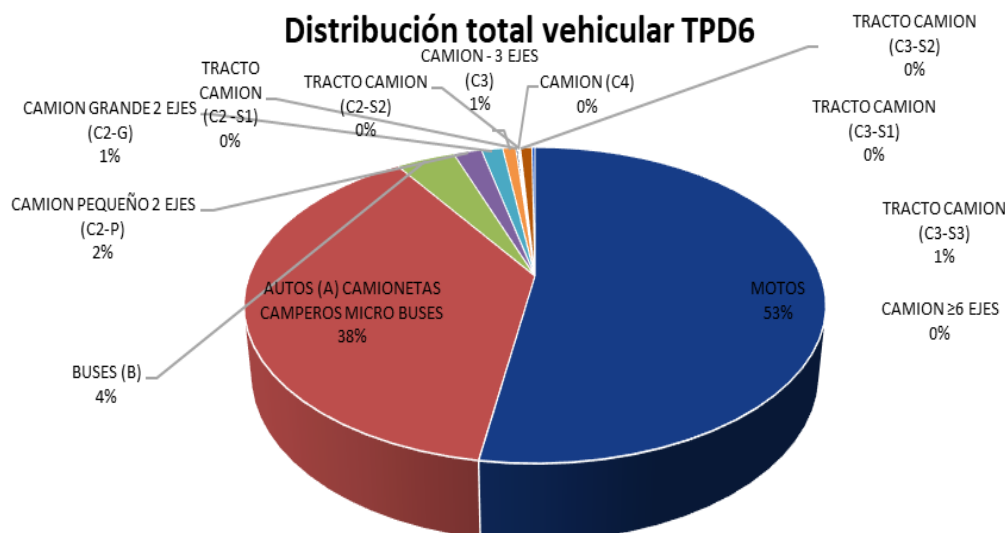


Figura 5-64 Distribución total vehicular TPD6 Vía salida glorieta Albania – Cuestecitas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el punto de aforo TPD7 Vía Nacional Ruta 9010 Maicao – Riohacha La Paz el mayor flujo corresponde a vehículos livianos con un porcentaje de 49%, seguido de vehículos tipo motocicleta con un porcentaje del 36%, y el porcentaje restante vehículos de tipo pesado.

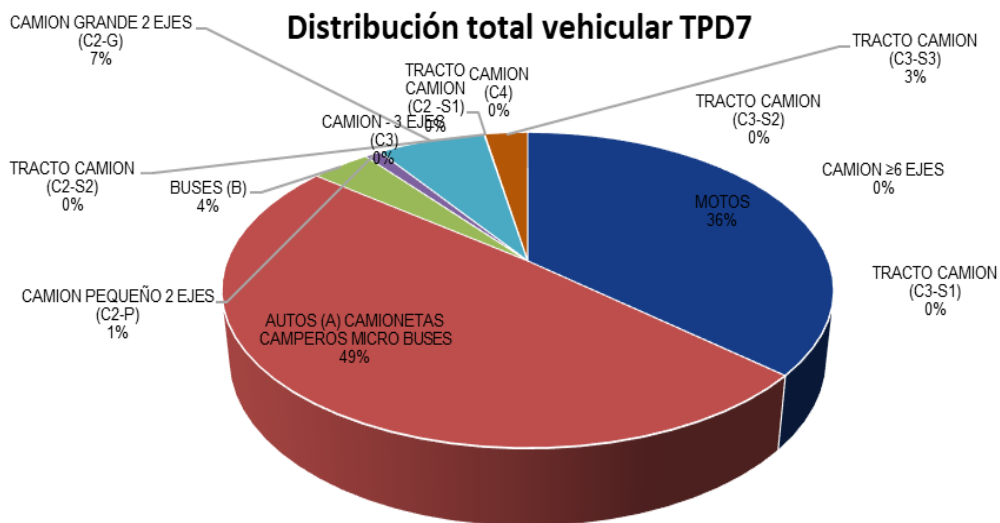


Figura 5-65 Distribución total vehicular TPD7 Vía Nacional Ruta 9010 Maicao – Riohacha

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.2.3 Fuentes de área

Las fuentes de áreas se caracterizan por presentar varias fuentes fijas de emisión agrupadas. En el área de influencia del presente proyecto, las fuentes generadoras de emisiones atmosféricas están relacionadas con:

5.1.11.2.3.1 Minería

Hace referencia a las fuentes de materiales presentes en la zona del proyecto, en donde se extraen triturados, en algunos casos los sitios utilizados para la extracción de materiales no cuentan con autorizaciones pertinentes, ni con adecuado manejo ambiental, según se relaciona en la **Tabla 5-62**.

Tabla 5-62 Fuentes de área - Minería

ID	COORDENAD AS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		MUNICIPIO, VEREDA	TIPO DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE OPERACIÓN	CONTAMINA NTES ASOCIADOS		OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
	ESTE	NORTE				Gases	MP		
FD3 6	5041991,3 51	2793650, 71	Cuestecit as	Triturados	Permanentemen te		x	MP por acción del viento	

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

En el área de influencia existen fuentes de materiales presentes, de donde se extraen triturados, en algunos casos los sitios utilizados para la extracción de materiales no cuentan con autorizaciones pertinentes, ni con adecuado manejo ambiental.

5.1.11.3 Factores de emisión

El factor de emisión es un valor que relaciona la cantidad de un compuesto que es emitido a la atmósfera, y una unidad de actividad o del proceso. Para este caso puntual, la información para el cálculo de este se realizó la consulta de información secundaria y la información obtenida en campo mediante la realización del aforo vehicular.

5.1.11.3.1 Cálculo de emisión para fuentes fijas dispersas

Para la estimación de las emisiones por cocinas de leña, se empleó el factor de emisión de Agencia de Protección Ambiental AP 42, Capítulo 1, fuentes de combustión externa, 1.10 estufas

residenciales con madera¹⁹, en la **Figura 5-66** se muestran los factores de emisión propuestos para las estufas de madera convencionales.

Pollutant/EPA Certification ^b	EMISSION FACTOR RATING	Wood Stove Type Emission Factor (lb/ton)			Pellet Stove Type, ^c Emission Factor (lb/ton) (SCC 21-04-008-053)		Masonry Heater, Emission Factor (lb/ton) (SCC 21-04-008-055)
		Catalytic (SCC 21-04-008-051)	Noncatalytic (SCC 21-04-008-050)	Catalytic (SCC 21-04-008-030)	Certified	Exempt	Exempt ^d
PM-10 ^e							
Pre-Phase I	B	30.6	25.8	24.2	ND	ND	ND
Phase I	B	ND	20.0	19.6	ND	ND	ND
Phase II	B	ND	14.6	16.2	4.2	ND	ND
All	B	30.6	19.6	20.4	4.2	8.8	5.6
CO							
Pre-Phase I	B	230.8	ND	ND	ND	ND	ND
Phase I	B	ND	ND	104.4	ND	ND	ND
Phase II	B	ND	140.8	107.0	39.4	ND	ND
All	B	230.8	140.8	104.4	39.4	52.2	149.0
NO _x							
Pre-Phase I	B	2.8 ^f	ND	2.0 ^g	13.8 ^h	ND	ND
SO _x	B	0.4	0.4	0.4	0.4	ND	ND
CO ₂ ^j	C	ND	ND	ND	2952	3671	3849
TOC ^k	C	ND	28	26.6	ND	ND	ND
Methane	C	ND	16	11.6	ND	ND	ND
TNMOC	C	ND	12	15	ND	ND	ND

Figura 5-66 Factor de emisión para combustión de madera

Fuente: US EPA, AP-42., 1998

Tomando los factores de emisión establecidos junto con las frecuencias y horas de desarrollo de la actividad se pueden establecer las emisiones de las cocinas de leña en función de la cantidad de madera empleada por unidad de tiempo, a continuación, se presentan un ejemplo del cálculo:

$$EmisiónPM10 = Factor\ emisión \left(\frac{lb}{ton} \right) * Consumo \left(\frac{ton}{año} \right)$$

Supuesto del modelo: Se asume un consumo de 2 kilogramos de leña, 4 horas al día para un consumo de 2,92 ton/año y los Factores de emisión son: PM₁₀ es 30,6 lb/ton; NO₂ es 2,8 y SO₂ es 0,4 lb/ton.

$$EmisiónPM10 = 30 \left(\frac{lb}{ton} \right) * 2,92 \left(\frac{ton}{año} \right)$$

$$EmisiónPM10 = 87,6 \left(\frac{lb}{año} \right)$$

Se hace la conversión de unidades se divide por 5256000 segundos y se multiplica por 453,592 gramos.

$$EmisiónPM10 = 0,0077 \left(\frac{gr}{seg} \right)$$

Debido a que no se puede clasificar como una fuente fija, porque no tiene una chimenea o ducto se toma como una fuente dispersa por lo tanto se asume un área de 16 m², que se divide entre la emisión calculada para el ingreso de la emisión.

¹⁹ US EPA, AP-42. Fifth Edition Compilation of Air Pollutant Emissions Factor. Disponible en línea: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s10.pdf>

$$EmisiónPM10 = \frac{0,0077 \left(\frac{gr}{seg} \right)}{16 m^2}$$

$$EmisiónPM10 = 0,00048 \left(\frac{gr}{seg * m^2} \right)$$

Con base en el ejemplo propuesto se calcularon las emisiones para los demás contaminantes, los resultados de emisión de la fuente fija dispersa de las casas por cocción de alimentos usando leña se muestran en la **Tabla 5-63**.

Tabla 5-63 Emisiones por cocinas de leña

DESCRIPCIÓN	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂
	(g/s*m ²)	(g/s*m ²)	(g/s*m ²)
COCINA_LEÑA_	0,000481942	4,40992E-05	6,29989E-06

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Para calcular las emisiones por resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos se debe determinar el factor de emisión para el tránsito de vehículos, el cual se calcula mediante dos ecuaciones dependiendo de si el camino es pavimentado o no pavimentado.

Tabla 5-64 Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos no pavimentados públicos

Fórmula	Unidad	Parámetros
$FE = \frac{k \times 281,9 \left(\frac{s}{12} \right) \left(\frac{S}{48,28} \right)^{0,5}}{\left(\frac{M}{0,5} \right)^{0,2}} - C$	(g/km)	k MP ₁₀ : 1,8 C MP ₁₀ : 0,132493 s: Contenido de material fino en la superficie (%), valor asumido 15% M: Humedad del material superficial (%), valor por defecto: 6,5% S: Velocidad media vehicular (km/h)

Fuente: (SEREMI del medio ambiente, 2020)

Tabla 5-65 Factor de emisión para el tránsito de vehículos por caminos pavimentados

Fórmula	Unidad	Parámetros
$FE = k \times (sL)^{0,91} (W \times 1,1023)^{1,02}$	(g/km)	k MP ₁₀ : 0,62 g/km sL: Carga superficial de finos (g/m ²), valores por defecto: 2,4 – para vías con flujo inferior a 500 vehículos día 0,7 – para vías con flujo entre 500 y 10.000 vehículos día 0,3 – para vías con flujo superior a 10.000 vehículos día W: Peso promedio en toneladas de los vehículos que transitan por las vías. Por defecto se puede usar un valor de 8 Tn

Fuente: (SEREMI del medio ambiente, 2020)

Para considerar el efecto de las lluvias, se aplica un factor de corrección que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de corrección por lluvia camino pavimentado} = 1 - \frac{P}{4 \times 365}$$

A continuación, se calculó el factor de emisión FE para las vías pavimentadas y no pavimentadas.

Tabla 5-66 FE de resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vía no pavimentada

Tipo de vía	k	C	s	M	S	FC Lluvia	FE (g/km)
No pavimentada	1,8	0,132493	0,15	0,065	20	0,97	5,83

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Tabla 5-67 FE de resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vía pavimentada

Tipo de vía	k	sL	W	FC Lluvia	FE (g/km)
Pavimentada	0,62	0,7	8	0,97	4,01

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

A partir del cálculo del factor de emisión se calcula la emisión a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{PM10} = \frac{\text{Total Vehículos} * \text{Distancia Recorrida (tramo)} * \text{Factor Emisión}}{\text{Tiempo de Aforo}}$$

$$E_{PM10} \left(\frac{g}{s * m^2} \right) = \frac{PM10 \left(\frac{g}{segundos} \right)}{\text{Área (longitud x ancho)}}$$

Tabla 5-68 Emisiones móviles por resuspensión de material particulado por tránsito de vehículos para vías pavimentadas y no pavimentadas

Tramo	Longitud (km)	Ancho (m)	TPD	Tipo de vía	FE	Total PM10 (g/s2*m2)
TPD1	30	6	238	No pavimentada	5,83	2,677E-03
TPD2	30	6	415	No pavimentada	5,83	4,667E-03
TPD3	35,6	6	2077	Pavimentada	4,01	1,607E-02
TPD4	30	6	2165	Pavimentada	4,01	1,675E-02
TPD5	28	6	324	No pavimentada	5,83	3,644E-03
TPD6	30	6	9653	Pavimentada	4,01	7,467E-02
TPD7	30	6	4336	Pavimentada	4,01	3,354E-02

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.3.2 Cálculo emisión fuentes móviles

Los inventarios de emisiones permiten la estimación de emisiones a partir de la caracterización de las fuentes de emisión existente, dependiendo del alcance en el estudio, para este caso particular se dispone de la información levantada en campo, mediante la realización de aforo vehicular, cuyos resultados se dieron a conocer en el numeral 5.1.11.2.2.

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 Manzi²⁰, 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 5-67**.

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	Livianos*	3.5 ± 3.9	0.6 ± 0.8	-	-	-	Dinamómetro	[16]
	Livianos**	28.2 ± 15.5	3 ± 1.1	-	-	-		

Figura 5-67 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).

Teniendo en cuenta los rangos de los factores de emisión, se adoptaron los valores de todos para el cálculo, una vez definido el valor de los factores de emisión para el cálculo, se usan los Factores de emisión PM₁₀ igual a 0,35 (g/km*veh), NO₂ igual a 0,41 (g/km*veh), de SO₂ igual a 0,1 (g/km*veh) y de CO igual a 15,57 (g/km*veh). De igual forma se tomó el valor del TPD en cada uno de los puntos de aforo realizados.

Se realiza el cálculo de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$E_{PM10} = \frac{\text{Total Vehículos} * \text{Distancia Recorrida (tramo)} * \text{Factor Emisión}}{\text{Tiempo de Aforo}}$$

$$E_{PM10} \left(\frac{g}{s * m^2} \right) = \frac{PM10 \left(\frac{g}{segundos} \right)}{\text{Área (longitud x ancho)}}$$

Tabla 5-69 Emisiones móviles

TRAMO	LONGITUD (Km)	ANCHO (m)	TPD	TOTAL PM10 (g/s2*m2)	TOTAL NO2 (g/s2*m2)	TOTAL SO2 (g/s2*m2)	TOTAL CO (g/s2*m2)
TPD1	30	6	238	0,000160687	0,000188233	4,59105E-05	0,007102353
TPD2	30	6	415	0,000280189	0,000328221	8,0054E-05	0,012384356
TPD3	35.6	6	2077	0,001402296	0,001642689	0,000400656	0,061981462
TPD4	30	6	2165	0,001461709	0,001712288	0,000417631	0,064607542
TPD5	28	6	324	0,000218750	0,00025625	0,0000625	0,00966875
TPD6	30	6	9653	0,006517265	0,00763451	0,001862076	0,288063098
TPD7	30	6	4336	0,002927469	0,003429321	0,00083642	0,129394136

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

²⁰ Manzi, V., Clappier, A., Manzi, Belalcazar, L., Giraldo, E., ZA, E., & Zarate, E. (s.f.). Estimación De Los Factores De Emisión De Las Fuentes Móviles De La Ciudad De Bogotá.

5.1.11.4 Identificación de asentamientos poblaciones, viviendas, infraestructura social expuesta a contaminación atmosférica

Los asentamientos poblacionales que están expuestos a contaminación atmosférica y emisiones de ruido están principalmente representados por los centros poblados y asentamientos dispersos en el sector rural en las comunidades étnicas y no étnicas, y, se encuentran expuestos principalmente al uso de vías, que en el mayor de los casos se encuentran en afirmado; así como también a fuentes fijas, dispersas o de área presentes en la zona.

En la **Tabla 5-70** y **Figura 5-68** se presentan los receptores expuestos a las fuentes de contaminación atmosférica, en este caso, vías del área de influencia y actividades generadoras de emisiones del área de influencia.

Tabla 5-70 Receptores expuestos a fuentes de contaminación

IMAGEN	RECEPTOR Y TERRENO ENTRE FUENTE Y RECEPTOR
	Resguardos indígenas dentro del área de influencia del proyecto. Terrenos llanos, con vegetación arbustiva en su mayoría y otras áreas sin cobertura vegetal
	Centros educativos de los cascos urbanos de Albania y Maicao P Ej: Colegio San Rafael de Albania (E: 5044829,57 N: 2791308,43)²¹ Colegio San José de Maicao (E: 5080782,18 N: 2814686,68) Terrenos llanos sin cobertura vegetal

²¹ Coordenadas origen único nacional – CTM12

IMAGEN	RECEPTOR Y TERRENO ENTRE FUENTE Y RECEPTOR
	Instituciones educativas indígenas P Ej: Institución educativa indígena Maicaito (E: 5076443,69 N: 2817171,61) Terrenos llanos, con vegetación arbustiva y áreas sin cobertura vegetal, cerca de vías principales
	Viviendas del casco urbano de Albania Terrenos llanos, vías pavimentadas urbanas, algunos con árboles
	Centros médicos, hospitales y unidades geriátricas P.Ejm: Unidad de salud Mental "Guadalupe" en Maicao (E: 5080058,47 N: 2815850,72) Terrenos llanos, con vegetación arbustiva y áreas sin cobertura vegetal, así como vías pavimentadas

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

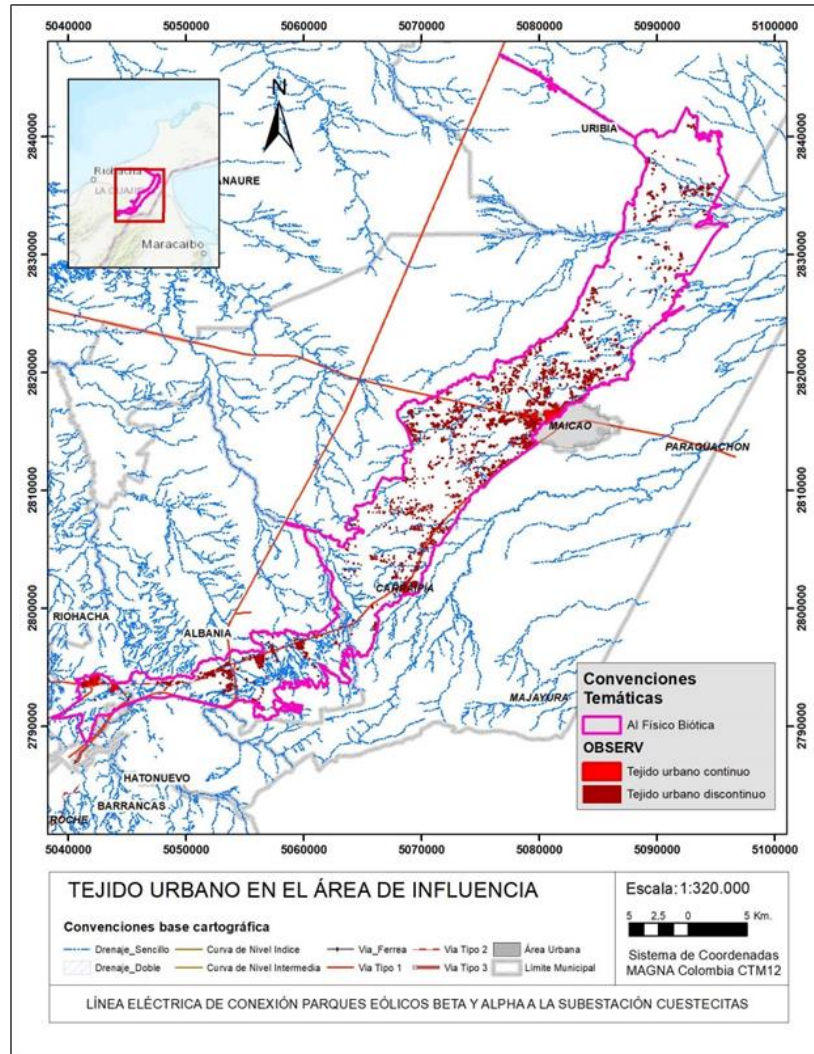


Figura 5-68 Tejido urbano en el área de influencia expuestos a contaminación atmosférica

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

De acuerdo con la Tabla 5-71 se hace una breve descripción de los ecosistemas estratégicos sensibles y/o áreas protegidas los cuales se encuentran dentro del área de influencia del proyecto y que están expuestos también a contaminación atmosférica.

Tabla 5-71 Ecosistemas estratégicos expuestos a contaminación atmosférica

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Áreas Protegidas SINAP	Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) Aguas Blancas – Santa Helena y Mushaisa	Tiene una extensión total de 1.884,05 hectáreas en jurisdicción de los municipios de Hatonuevo y Albania en el departamento de La Guajira. Se divide en zona de conservación (1.834,4972 ha), zona de amortiguación y manejo especial (41,2429 ha) y zona de uso intensivo e infraestructura (8,3057 ha). La RNSC Aguas Blancas – Santa Helena y Mushaisa se intercepta con el área de influencia físicobiótica en un área de 282,33 hectáreas que representa el 0,62%. Dentro de la zona de reserva, 281,14 hectáreas se encontraron en zonas de conservación y 1,59 hectáreas en zona de amortiguación y manejo especial

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

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Reserva Forestal Protectora Regional Montes de Oca	Categorizada por el SINAP como Reserva Forestal Protectora Regional y por la UICN en categoría VI Área protegida con uso sostenible de los recursos naturales, declarada mediante Acto Administrativo 000017 del 27 de diciembre de 2007 como una Reserva Forestal Protectora en los Montes de Oca y modificada mediante el Acuerdo 022 del 19 de diciembre de 2014 donde se anexa una superficie de aproximada de 3.800 hectáreas de manera que comprende una superficie total de 12.294,15 hectáreas en jurisdicción de los municipios de Maicao, Albania y Hatonuevo en el Departamento de la Guajira. Para el área de influencia del proyecto se encontró una superposición con la Reserva Forestal Protectora Regional Montes de Oca en una extensión de 25,75 ha que representan el 0,06% del total del área. Por su parte, el área de intervención no presenta traslape con dicha área.
Áreas Protegidas Regionales	Distrito de Manejo Integrado (DMI) Cuenca baja del Río Ranchería	Tiene una extensión de 32.443,13 hectáreas y se distribuye entre los municipios de Riohacha, Manaure, Maicao y Albania en el departamento de La Guajira. Para el área de influencia fisicobiótica este DRMI se encuentra en un total de 702,39 hectáreas, de las cuales 133,91 ha se encuentran dentro de la zonificación de uso sostenible y 568,49 ha se encuentran con destino a la restauración para la preservación. El DRMI Cuenca Baja del Río Ranchería representa el 1,55% dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto. Por otra parte, para el área de intervención del proyecto el cruce con este DRMI se presenta en 0,01 ha dentro de la categoría de Restauración para la Preservación y representa el 0,002% del área total
Ecosistemas Estratégicos	Bosque Seco Tropical (Bs-ST)	El área asociada al bosque seco tropical dentro del área de influencia fisicobiótica presenta una extensión de 7.478,20 hectáreas.
	Áreas de Humedales	El área de influencia fisicobiótica presenta traslape con las áreas de humedales definidas en el Mapa Nacional de Humedales Versión 3 (2020) en un total de 308,24 hectáreas, mientras que para el área de intervención el traslape se presenta en 6,72 hectáreas de humedales Nivel 1 y 25,36 hectáreas de humedales Nivel 2
	Cobertura de Bosque de Galería y/o Ripario	Los bosques de galería y/o riparios para el área de influencia fisicobiótica del proyecto se encuentran en su mayoría asociados a dos grandes cuencas (Cuenca del río Ranchería y Cuenca del río Carraipía). Dentro del área de influencia fisicobiótica los bosques de galería y/o ripario se encuentran en 1.032,10 ha con una representatividad del 2,27%.
Unidades y áreas de manejo CONPES 3680		Para el área de influencia fisicobiótica del proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a la Subestación Cuestecitas” se encontraron 15.567,47 hectáreas dentro de las áreas de alta insuficiencia sin urgencia asociadas con Arbustales del Zonobioma seco tropical del Caribe (13.800,22 ha) y Herbazales del Zonobioma seco tropical del Caribe (1.767,25 ha). También se encontraron 1.504,37 hectáreas dentro de la clasificación de baja insuficiencia y sin urgencia asociada con los Arbustales del Helobioma Magdalena y Caribe en 85,05 hectáreas y con Arbustales del Orobioma Bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira en 1.435,63 ha. Relacionado con el área de intervención se encontraron 811,18 hectáreas en la categoría de alta insuficiencia sin urgencia distribuidas en Arbustales del Zonobioma seco tropical del Caribe y Herbazales del Zonobioma seco tropical del Caribe. Adicionalmente, se encontraron áreas con baja insuficiencia y sin urgencia asociada con los Arbustales del Orobioma Bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y Macuira en 132,51 hectáreas.
Áreas prioritarias de conservación		En el área de influencia fisicobiótica, se encontraron zonas estratégicas propuestas en el Sistema Regional de Áreas Protegidas – SIRAP Caribe, las cuales se constituyen como áreas de alto valor ecosistémico para el cumplimiento de las metas de conservación a nivel regional.

TIPO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
		En la parte noroccidental la presencia del Complejo de Arbustales de la Media Guajira con una extensión de 4.823,40 hectáreas dentro del área de influencia fisicobiótica y de 633,12 ha dentro del área de intervención del proyecto. En la parte suroccidental se encuentra el área de Bosques y Arbustales de la Serranía de Bañaderos con una extensión de 737,53 hectáreas dentro del área de influencia fisicobiótica. Hacia el norte, sobresalen los ecosistemas de Arbustales y Herbazales de la Alta Guajira en un área de 4.671,04 ha dentro del área de influencia fisicobiótica y de 202,04 ha dentro del área de intervención del proyecto. El área de influencia fisicobiótica del proyecto también presenta traslape con los Arbustales de Carraipia en una extensión de 1.192,30 ha, mientras que para el área de intervención el traslape se presentó en 0,24 ha. Estos arbustales son de importancia para la región Caribe ya que su conservación garantiza cerca del 24% del hábitat potencial de la especie <i>Crax daubentoni</i> (Pavón moquiamarillo). Finalmente, el área de influencia del proyecto presentó traslape con el Complejo Ribereño del Río Ranchería en una extensión de 268,51 hectáreas que representan el 0,59% del área. Por su parte, el área de intervención del proyecto presenta superposición con este complejo en 0,22.
Instrumentos de ordenación territorial	Zonificación POMCA del Río Ranchería	De acuerdo con el Plan de Ordenamiento de la Cuenca del río Ranchería, la cuenca está localizada en la parte baja de la Guajira. se identificó dentro del área de influencia fisicobiótica del proyecto, dos (2) grandes categorías asociadas con áreas de conservación (6.649,17 ha) y áreas de desarrollo socioeconómico (1.617,63 ha). Dentro del área de influencia fisicobiótica se presenta en 8266,80 hectáreas .
	Zonificación POMCA del Río Carraipía-Paraguachón	De acuerdo con la zonificación presentada en el mencionado POMCA, el área de influencia fisicobiótica del proyecto presenta una intercepción con áreas de uso de conservación en un total de 4.771,12 hectáreas .

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

Adicional a los asentamientos poblacionales, existen varios ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas que cumplen una serie de servicios ecosistémicos y presentan características especiales de manejo dentro de los proyectos. Cabe resaltar que estos ecosistemas sirven de corredores biológicos, sitios de anidación, hábitat para pequeñas especies y puntos de hospedaje para las especies migratorias y locales que pueden estar expuestos a contaminación atmosférica y emisiones de ruido que pueden alterar la flora y fauna presente. A continuación, en las **Figura 5-69, Figura 5-70 y Figura 5-71** se presentan los ecosistemas anteriormente mencionados:

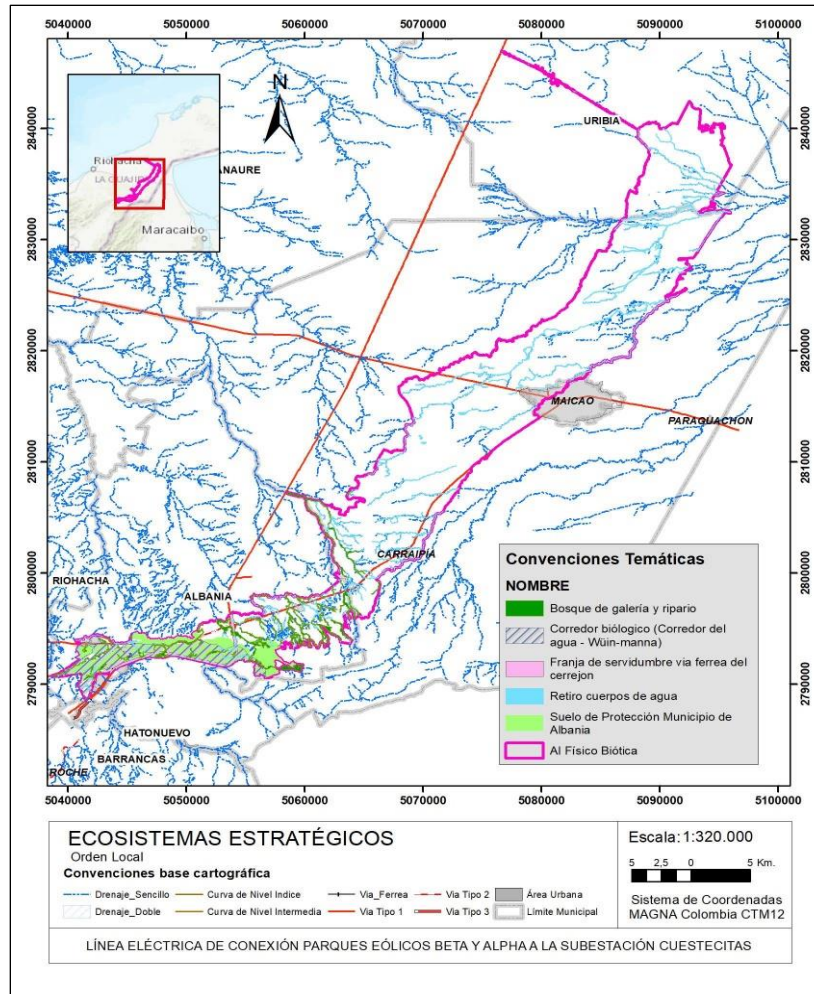


Figura 5-69 Ecosistemas estratégicos - Orden Local

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

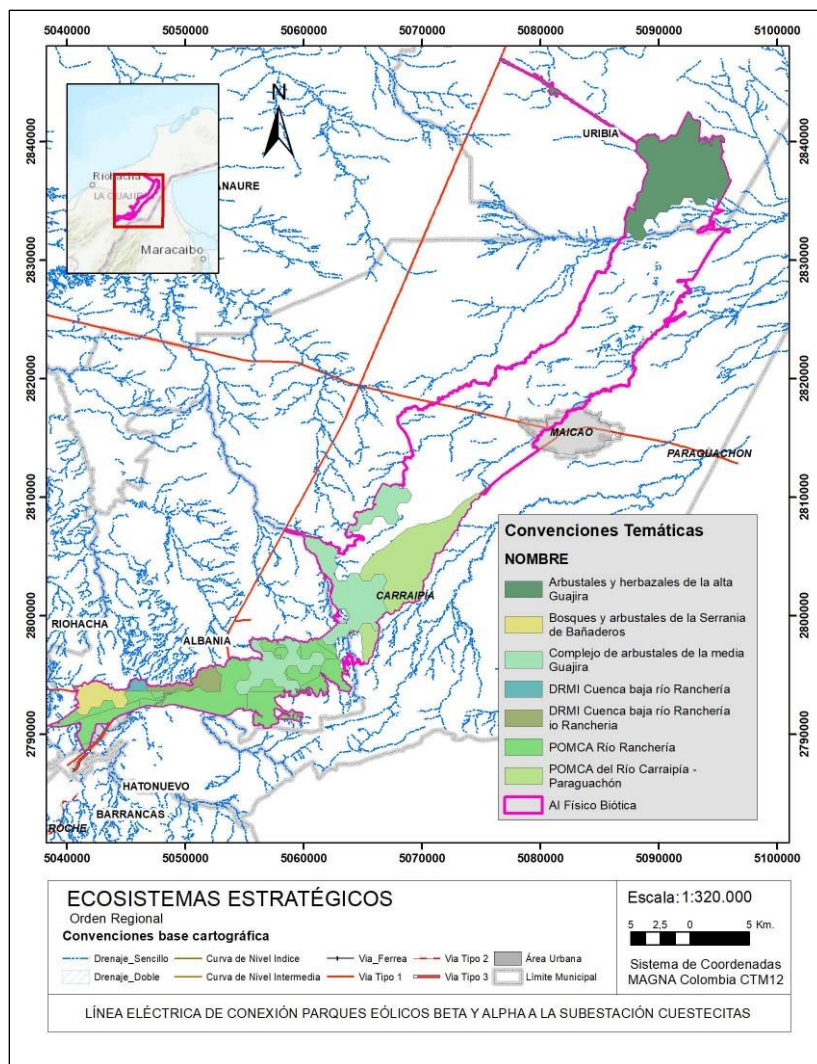


Figura 5-70 Ecosistemas estratégicos – Orden Regional

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

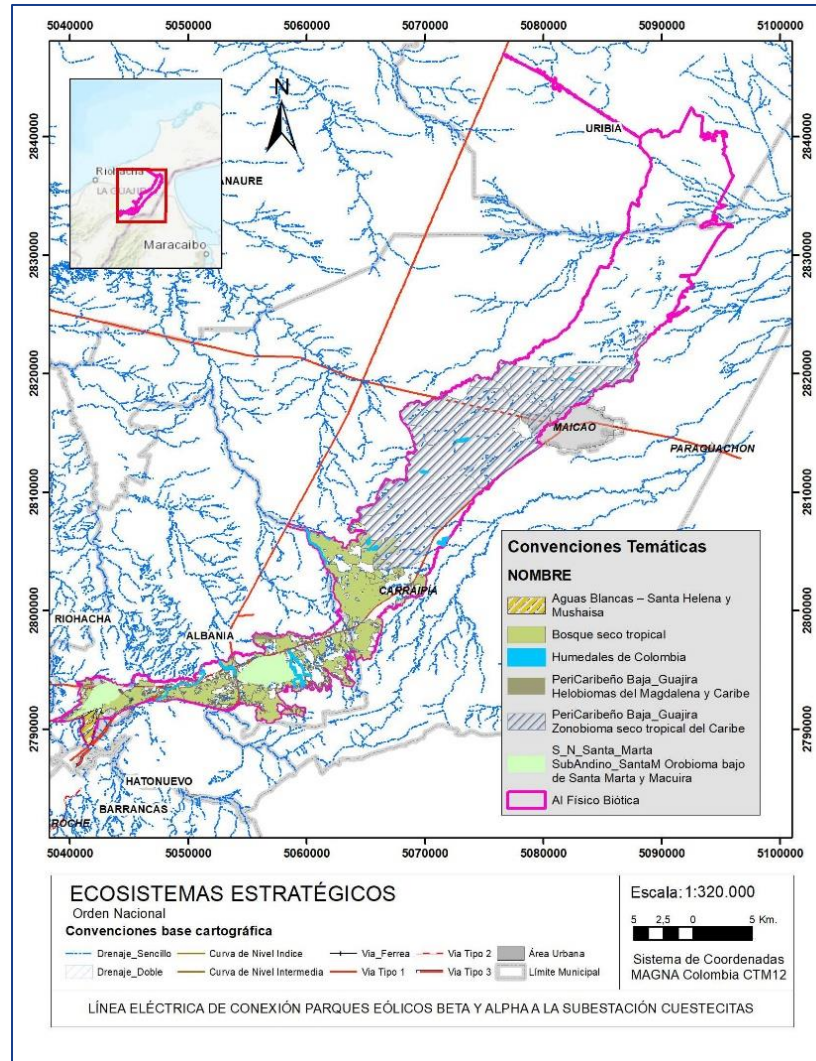


Figura 5-71 Ecosistemas estratégicos – Orden Nacional

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.5 Calidad del aire

Los monitoreos de calidad del aire para el área de influencia del proyecto fueron realizados por el laboratorio Gestión & Medioambiente S.A.S., y en alianza con laboratorios subcontratistas para el análisis de muestras (laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental SAS acreditado bajo la Resolución IDEAM 1849 del 26 de agosto de 2022, y CONHINTEC SAS acreditado bajo la Resolución IDEAM 0859 del 10 de mayo de 2022). El programa de monitoreo se efectuó entre los días 26 de septiembre al 30 de octubre del 2023, distribuidos en el área de interés del proyecto. Por cada punto de monitoreo se tomaron 18 muestras alternadas por un periodo de 36 días. Los resultados completos se presentan en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.2 Aire. En el monitoreo fueron considerados los siguientes parámetros:

- CO (monóxido de carbono).

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

- PM10 (Material Particulado Menor a 10 Micras).
- PM_{2.5} (Material Particulado Menor a 2,5 Micras).
- NO₂ (Dióxido de Nitrógeno).
- SO₂ (Dióxido de Azufre).
- CO Monóxido de Carbono.
- (O₃) Ozono.

Se seleccionaron 6 puntos de monitoreo de aire a lo largo del área de influencia del proyecto teniendo en cuenta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del IDEAM y la Metodología para Estudios Ambientales 2018.

De acuerdo con la macrolocalización el área del monitoreo de calidad del aire se situó en el área de influencia abiótica del Área de la Construcción de Línea Eléctrica de conexión parques eólicos Beta y Alpha a la subestación Cuestecitas, en jurisdicción de los municipios de Albania y Uribia (La Guajira). Los sitios definidos para determinar la calidad del aire, se ubicaron teniendo en cuenta las zonas identificadas como las más sensibles (áreas habitadas) durante la etapa de construcción del proyecto, que incluye la adecuación de accesos por las cuales se movilizan los trabajadores, los materiales y partes que conforman las estructuras de las torres; la remoción de la vegetación y el descapote, para proseguir con la excavación para la cimentación, compactación y relleno de los sitios de ubicación de las torres; montaje de las torres y vestido con el uso de una grúa pluma, para que una vez armadas las torres se proceda al tendido de los cables conductores que transportarán la energía eléctrica. Todas estas actividades pueden generar elevación de material particulado y gases en una mayor proporción según sea la etapa de construcción.

Para la caracterización de la línea base de calidad del aire se ubicaron los puntos de muestreo que se presentan a continuación, y se describe para cada uno de ellos las fuentes de contaminación evidenciadas:

- **Estación 01 – Albania:** ubicada en el casco urbano del municipio de Albania. Zona influenciada por el tránsito vehicular liviano (vehículos, motocicletas) y vehículos pesados (buses, camiones). Los equipos fueron instalados en andamio sobre un patio de una de las viviendas 20 m retirado de árboles.
- **Estación 02 – Sukuluwou:** Instalada en predios de la comunidad con este nombre, donde predomina la cocción de alimentos con leña (como fuente de emisión). Instalados en andamio sobre área destapada, sin árboles.
- **Estación 03 – Sochinchón:** ubicada en predios de esta comunidad, con condiciones de emisión limitadas solo por actividades de habitantes locales, sin actividad industrial. Terrenos con muy baja cobertura vegetal que podría representar fuente de emisión de área por el levantamiento de polvo por acción del viento.
- **Estación 04 – Irruaru:** ubicada en predios de esta comunidad, con condiciones de emisión limitadas solo por actividades de habitantes locales, sin actividad industrial. Terrenos con muy baja cobertura vegetal que podría representar fuente de emisión de área por el levantamiento de polvo por acción del viento.
- **Estación 05 – Tara 2:** ubicada en un predio privado, con condiciones de emisión limitadas solo por actividades de habitantes locales, sin actividad industrial. Terrenos con una mayor cobertura vegetal pero igual podría representar fuente de emisión de área por el levantamiento de polvo por acción del viento.
- **Estación 06 – Patillita:** ubicada en predios de esta comunidad, con condiciones de emisión limitadas solo por actividades de habitantes locales, sin actividad industrial. Terrenos con muy baja cobertura vegetal que podría representar fuente de emisión de área por el levantamiento de polvo por acción del viento.

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

En la **Tabla 5-72** y **Figura 5-72** se indica la ubicación de estaciones y descripción del punto.

Tabla 5-72 Estaciones de monitoreo de la calidad de aire

ID ESTACIÓN DE MONITOREO O CALIDAD DE AIRE	NOMBRE O UBICACIÓN (COMUNIDAD O PREDIO)	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		DEPARTAMENTO	FECHA DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA
		Este	Norte			
AIRE_01	Estación 01 – Albania	5044580,20	2791355,35	La Guajira	26/09/2023 a 30/10/2023	
AIRE_02	Estación 02 – Sukuluwou	5092339,59	2835401,47			
AIRE_03	Estación 03 – Sochinchón	5081078,65	2844271,81			
AIRE_04	Estación 04 – Irruaru	5071440,89	2812331,47			
AIRE_05	Estación 05 – Tara 2	5063398,01	2798914,68			

ID ESTACIÓN DE MONITOREO O CALIDAD DE AIRE	NOMBRE O UBICACIÓN (COMUNIDAD O PREDIO)	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN NACIONAL		DEPARTAMENTO	FECHA DE MUESTREO	FOTOGRAFÍA
		Este	Norte			
AIRE_06	Estación 06 – Patillita	5087573,21	2824729,59			

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

El protocolo para monitoreo de calidad de aire; en el manual de diseño establece en el numeral 6.4 los criterios de microlocalización de estaciones considerando dos aspectos:

- Aspectos generales: Condiciones de seguridad, exposición de tomamuestras, condiciones de logística.
- Aspectos específicos: distancia a fuentes menores y distancia a vías.

El análisis de los aspectos anteriores indica que también debe tenerse en cuenta dar la garantía de la seguridad de los equipos y de contar con buen suministro de energía, factores que se pondrían en riesgo si los equipos se ubican en zonas distantes del punto eléctrico (por pérdidas en la tensión al usar extensiones eléctricas) y lejos de las zonas habitadas que pueden proporcionar ambientes más seguros. En 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.2 Aire, se presentan las fichas de Macrolocalización de las estaciones de monitoreo de calidad del aire instaladas en el proyecto donde se observa el cumplimiento de las distancias a edificaciones, árboles y vías, así como la altura mínima de los toma muestras de los equipos y distancia entre ellos.

De acuerdo con la Resolución Número 650 del 2010 “Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire” expedida por el Ministro De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy en día Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), con base a este protocolo se establece el monitoreo aplicado para el presente EIA, con el monitoreo atmosférico se busca Evaluar el riesgo para la salud humana, Determinar posibles riesgos para el medio ambiente, Estudiar fuentes e investigar quejas concretas y Soportar investigaciones científicas, así las cosas, la ubicación de las estaciones, deben responder a las siguientes características:

- Estaciones localizadas para determinar las concentraciones más altas en el dominio del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), utilizado para el presente EIA.
- Estaciones localizadas para determinar concentraciones generales de fondo.
- Estaciones localizadas para determinar el impacto en la calidad del aire ocasionado por fuentes significativas.

Las Estaciones están localizadas para determinar el impacto en la calidad del aire de fuentes significativas para identificadas tanto para el área de influencia como para receptores sensibles del entorno en la Guajira. Para Cada estación se estudiarán por separado los resultados del inventario de fuentes móviles y fuentes fijas, identificando los impactos de las fuentes más relevantes.

Esto se complementa con el análisis de los resultados de la campaña de monitoreo o con el modelo de dispersión con el objeto de verificar los niveles probables de potenciales contaminantes. Este

tipo de estaciones podrían ser indicativas. La estación pasará a ser fija si cumple con los criterios expuestos.

Es por ello que se ubican estaciones como por ejemplo la estación denominada “01” que mide la calidad de aire tanto al interior del polígono del área de influencia físico biótica como en la zona colindante o externa a este, para poder determinar el comportamiento atmosférico sobre receptores sensibles como comunidades étnicas o asentamientos rurales discontinuos, así como tener valores de referencia como blanco comparativo para el análisis de la intervención que se realice por parte del proyecto.

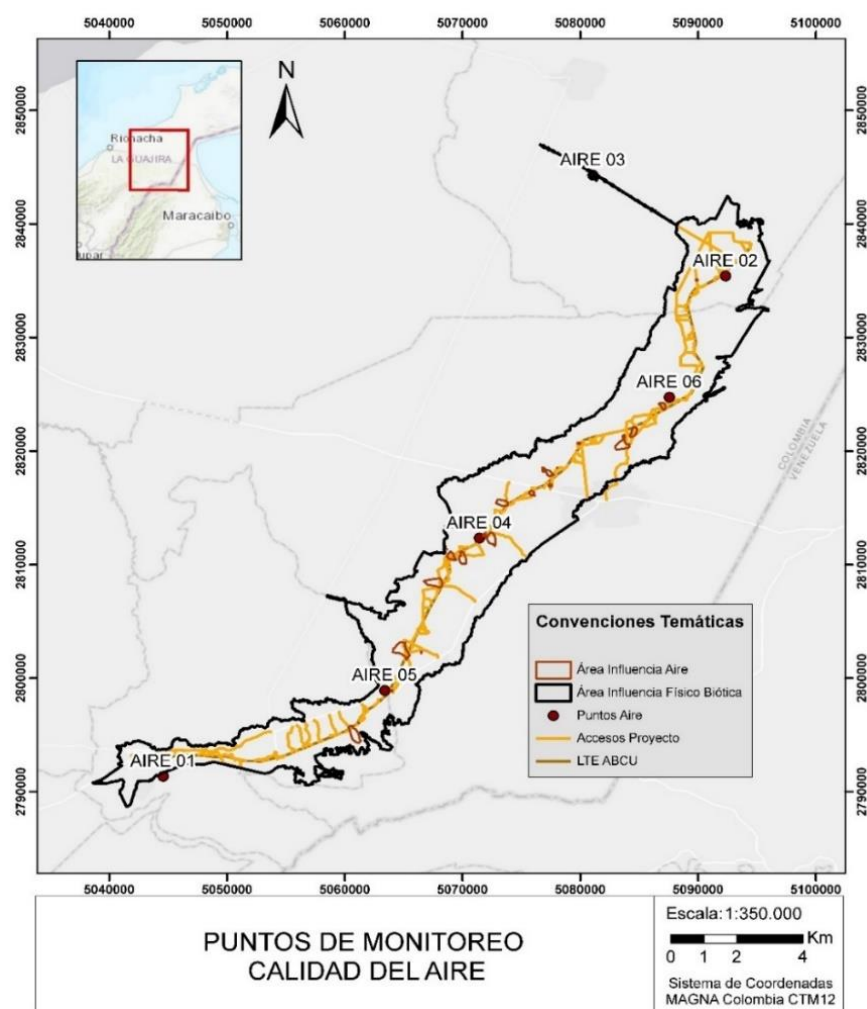


Figura 5-72 Puntos de monitoreo de calidad del aire

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

En la Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se establecen los niveles máximos permisibles para dichos contaminantes en tiempos de exposición de límites diarios y anual, que será la referencia normativa para evaluar los resultados. Estos valores máximos permisibles se resumen en la **Tabla 5-73**.

Tabla 5-73 Referencia normativa para los análisis de calidad del aire en Colombia

PARÁMETRO	UNIDAD	R2254 de 2017*
Material Particulado (Pm10)		
Promedio diario (24 horas)	µg/m ³	75 ²²
Promedio aritmético anual	µg/m ³	50
Material Particulado (Pm2.5)		
Promedio diario (24 horas)	µg/m ³	37 ¹²
Promedio aritmético anual	µg/m ³	25
Dióxido De Nitrógeno (NO₂)		
Promedio aritmético horario	µg/m ³	200
Promedio aritmético anual	µg/m ³	60
Dióxido De Azufre (SO₂)		
Promedio diario (24 horas)	µg/m ³	50
Promedio aritmético horario	µg/m ³	100
Monóxido De Carbono (CO)		
1 hora	µg/m ³	35.000
8 horas	µg/m ³	5.000
Ozono (O₃)		
8 horas	µg/m ³	100

Fuente: Tabla 1. Resolución 2254 de 2017 del MAVDT hoy MADS condiciones de referencia.

- Índice de Calidad del Aire**

Teniendo en cuenta la resolución 2254 de 2017, el Índice de Calidad del Aire (ICA) permite comparar los niveles de contaminación de calidad del aire con respecto a los efectos a la salud, de las estaciones que pertenecen a un SVCA. Como se observa en la **Tabla 5-74** es un valor adimensional y posee una escala de 0 a 500 para reportar el estado de la calidad del aire en función de un código de colores al que están asociadas unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población; es utilizado en el pronóstico de la calidad de aire.

Tabla 5-74 Puntos de corte del ICA

VALOR DEL ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	PUNTOS DE CORTE DEL ICA					
			PM ₁₀ 24 horas µg/m ³	PM _{2.5} 24 horas µg/m ³	SO ₂ * 1 hora µg/m ³	NO ₂ * 1 hora µg/m ³	CO 8 horas µg/m ³	O ₃ 8 horas µg/m ³
0-50	Verde	Buena (supone un riesgo bajo para la salud)	0 – 54	0 – 12	0 – 93	0-100	0-5094	0 –106
51-100	Amarillo	Aceptable (posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles)	55 – 154	12,1– 35,4	94– 197	101-189	5095-10819	107– 138
101-150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles (grupos poblacionales sensibles pueden)	155 – 254	35,5 – 55,4	198-486	190-677	10820-14254	139 –167

²² A partir de Julio de 2018 el promedio de PM10 pasó de 100 µg/m³ a 75 µg/m³ como límite permisible 24 horas y de PM2.5 de 50 µg/m³ a 37 µg/m³.

VALOR DEL ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	PUNTOS DE CORTE DEL ICA					
			PM ₁₀ 24 horas	PM _{2.5} 24 horas	SO ₂ * 1 hora	NO ₂ * 1 hora	CO 8 horas	O ₃ 8 horas
			µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
		presentar efectos sobre la salud)						
151-200	Rojo	Dañina a la salud	255 – 354	55,5 – 150,4	487-797	678-1221	14255-17688	168 – 207
201-300	Púrpura	Muy dañina a la salud	355 – 424	150,5 – 250,4	798-1583	1222-2349	17689-34862	208- 393
301-500	Marrón	Peligrosa	425 – 604	250,5 – 500,4	1584-2629	2350-3853	34863-57703	394

*solo se reportan puntos de corte para NO₂ y SO₂ para tiempo de exposición de 1 hora

Fuente: Tabla 6 Resolución 2254 de 2017

5.1.11.5.1 Resultados y análisis de resultados

A continuación, se realiza una descripción general de las características de cada uno de los compuestos analizados por el laboratorio para el presente estudio. El informe completo se encuentra en 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.11.2 Aire.

5.1.11.5.1.1 Concentraciones de PM₁₀ vs norma

En la **Tabla 5-75** se presenta el consolidado de los resultados diarios del material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), obtenidos en las seis (6) estaciones evaluadas durante el periodo de monitoreo y su comparación con la Resolución 2254 de 2017, que establece el límite máximo para este parámetro (75 µg/m³).

Tabla 5-75 Concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) en las estaciones de Monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
1	73,27	30,47	87,15	54,97	42,81	57,98	75	Excede (Aire 3)
2	65,13	15,97	34,79	37,97	24,10	63,03	75	No Excede
3	36,65	10,93	20,59	26,79	42,76	60,77	75	No Excede
4	19,89	34,05	20,74	39,57	30,81	30,97	75	No Excede
5	12,86	20,28	26,29	25,27	28,10	47,19	75	No Excede
6	44,76	8,96	20,01	13,39	23,26	69,90	75	No Excede
7	46,64	19,26	26,24	15,05	30,35	56,81	75	No Excede
8	29,15	26,53	33,68	16,50	39,02	36,87	75	No Excede
9	51,83	13,72	39,01	18,01	32,16	42,48	75	No Excede
10	50,77	15,66	66,84	64,50	29,99	71,23	75	No Excede
11	7,81	56,96	63,27	66,65	23,47	61,20	75	No Excede
12	39,07	22,52	64,30	74,76	28,17	67,35	75	No Excede
13	71,23	36,24	70,12	68,55	15,12	74,10	75	No Excede
14	76,98	66,46	82,21	58,37	15,61	41,90	75	Excede (Aire 3 y Aire 1)
15	55,05	17,95	63,35	73,06	19,26	15,49	75	No Excede
16	53,1	24,99	61,24	72,77	74,34	67,78	75	No Excede
17	24,6	21,76	58,11	71,00	54,46	70,89	75	No Excede
18	44,89	20,09	73,87	69,97	61,18	69,40	75	No Excede

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

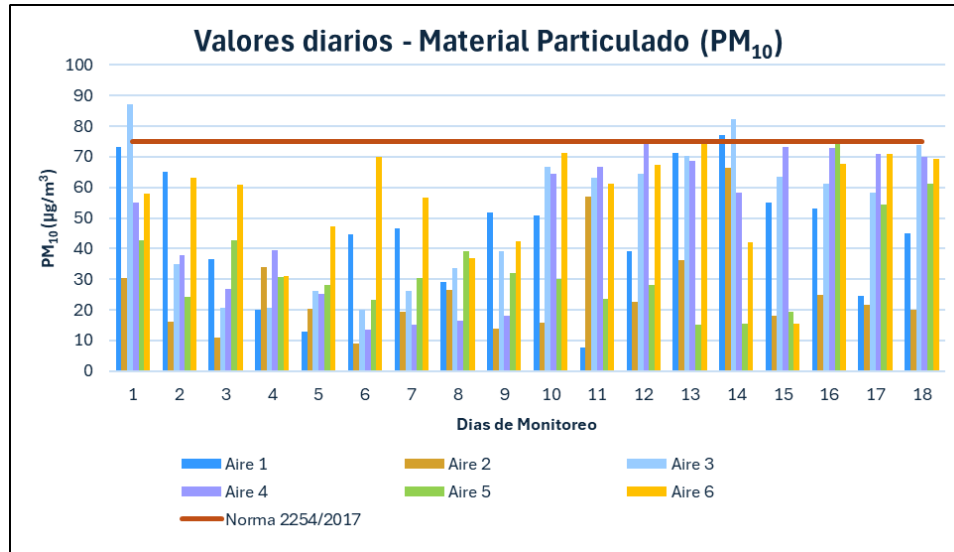


Figura 5-73 Concentraciones de material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Figura 5-73** se resumen los valores diarios de material particulado PM₁₀ determinado en cada uno de los puntos monitoreados. A partir de estos resultados se evidencian concentraciones en su mayoría por debajo del límite máximo permisible, con una tendencia al alza a partir del día 10 de monitoreo (13 de octubre). Se tuvieron 3 concentraciones pico que sobrepasaron la norma diaria, en la estación 03-Sochinchon dos muestras (87.15 y 82.21 µg/m³std), y en la estación de 01-Albania con 76.98 µg/m³std. Las concentraciones más bajas se registraron en el punto 02- Sukuluwou con promedio general en un 30% de la norma diaria.

- **Índice de Calidad del Aire para PM₁₀**

Los AQI para PM₁₀ se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes en el muestreo realizado entre el 26 de octubre al 30 de noviembre de 2023.

Tabla 5-76 ICA de PM₁₀ en los puntos de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
1	60,00	28,00	67,00	51,00	40,00	52,00
2	56,00	15,00	32,00	35,00	22,00	55,00
3	34,00	10,00	19,00	25,00	40,00	54,00
4	18,00	32,00	19,00	37,00	29,00	29,00
5	12,00	19,00	24,00	23,00	26,00	44,00
6	41,00	8,00	19,00	12,00	22,00	58,00
7	43,00	18,00	24,00	14,00	28,00	52,00
8	27,00	25,00	31,00	15,00	36,00	34,00
9	48,00	13,00	36,00	17,00	30,00	39,00
10	47,00	15,00	57,00	56,00	28,00	59,00
11	7,00	52,00	55,00	57,00	22,00	54,00
12	36,00	21,00	56,00	61,00	26,00	57,00
13	59,00	34,00	58,00	58,00	14,00	60,00
14	62,00	57,00	64,00	53,00	14,00	39,00
15	51,00	17,00	55,00	60,00	18,00	14,00
16	49,00	23,00	54,00	60,00	61,00	57,00
17	23,00	20,00	53,00	59,00	51,00	59,00

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
18	42,00	19,00	60,00	58,00	54,00	58,00

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

De acuerdo a las concentraciones reportadas en la Tabla 5-75 para el parámetro PM₁₀, presentan un ICA del 61.2% indicando que la mayoría de las muestras la mayor parte del tiempo tiene un estado de BUENA calidad del aire y 38.8% del tiempo un estado de calidad del aire ACEPTABLE, demostrándose que el área evaluada presenta un riesgo medio en el estado de salud hacia personal expuesto y población del área de influencia.

5.1.11.5.1.2 Concentraciones de PM_{2.5} vs norma

Material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) En la **Tabla 5-77** se presentan los resultados del material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) en los 6 puntos de monitoreo y su comparación con la Resolución 2254 de 2017, que establece el límite máximo para este parámetro (37 µg/m³).

Tabla 5-77 Concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5})

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
1	5,85	26,71	4,7	4,85	4,61	7,21	37	No Excede
2	20,69	7,99	7,36	4,43	4,97	5,36	37	No Excede
3	21,12	8,36	5,3	10,76	12,58	4,86	37	No Excede
4	16,79	3,89	10,21	5,41	5,6	2,49	37	No Excede
5	5,54	2,87	8,24	4,45	15,38	10,8	37	No Excede
6	5,17	0,94	5,24	5,45	5,2	7,23	37	No Excede
7	8,13	15,69	8,16	13,76	16,4	9,51	37	No Excede
8	9,65	13,28	6,3	10,3	4,4	16,98	37	No Excede
9	6,63	10,84	7,28	11,49	4,83	16,6	37	No Excede
10	8,6	8,42	8,88	9,31	12,55	12,09	37	No Excede
11	6,33	5,74	5,77	4,67	18,65	12,4	37	No Excede
12	8,98	9,73	9,74	5,26	14,24	13,87	37	No Excede
13	7,04	30,03	9,42	4,04	13,03	17,97	37	No Excede
14	11,08	2,56	7,59	6,99	12,04	5,57	37	No Excede
15	12,56	8,02	18,46	4,2	15,32	11,48	37	No Excede
16	10,54	6,99	9,02	8,29	12,22	12,32	37	No Excede
17	8,03	18,95	9,73	6,89	25,87	<0,58	37	No Excede
18	27,23	8,93	6,17	7,56	8,65	muestra invalida	37	n/a

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Figura 5-74** se muestra la comparación de las concentraciones obtenidas en cada día de monitoreo contra la norma diaria. Ninguno de los valores presentados supera la norma de 37 µg/m³.

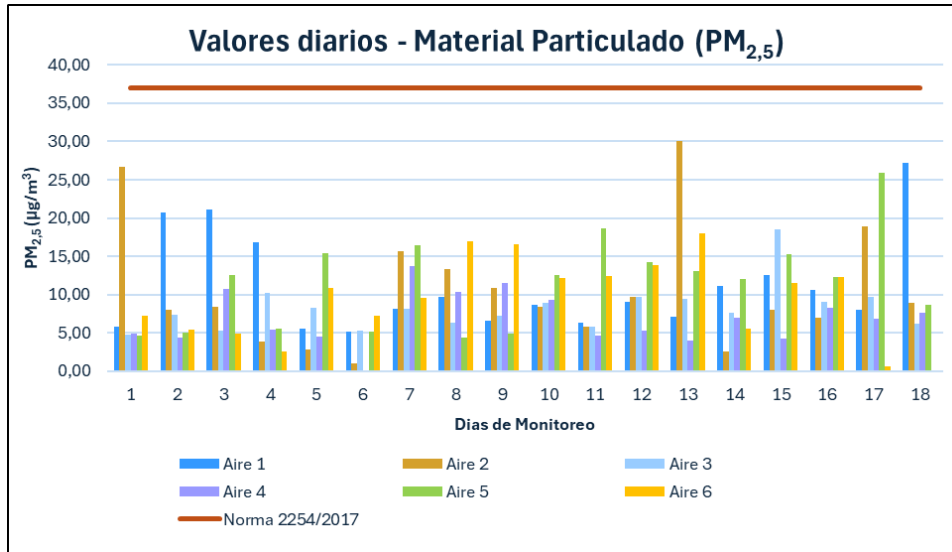


Figura 5-74 Concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5})

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Índice de Calidad del Aire para PM_{2.5}**

Los AQI para PM₁₀ se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes en el muestreo realizado entre el 26 de octubre al 30 de noviembre de 2023.

Tabla 5-78 ICA de PM_{2.5} en los puntos de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
1	24.4	81.7	19.6	20.2	19.2	30.0
2	69.1	33.3	30.7	18.5	20.7	22.3
3	70.0	34.8	22.1	44.8	52.0	20.3
4	60.9	16.2	42.5	22.5	23.3	10.4
5	23.1	12.0	34.3	18.5	57.9	45.0
6	21.5	3.9	21.8	22.7	21.7	30.1
7	33.9	58.5	34.0	54.5	60.1	39.6
8	40.2	53.5	26.3	42.9	18.3	61.3
9	27.6	45.2	30.3	47.9	20.1	60.5
10	35.8	35.1	37.0	38.8	52.0	51.0
11	26.4	23.9	24.0	19.5	64.8	51.6
12	37.4	40.5	40.6	21.9	55.5	54.7
13	29.3	88.7	39.3	16.8	53.0	63.4
14	46.2	10.7	31.6	29.1	50.9	23.2
15	52.0	33.4	64.4	17.5	57.8	47.8
16	43.9	29.1	37.6	34.5	51.2	51.5
17	33.4	65.4	40.5	28.7	80.0	0.0
18	82.8	37.2	25.7	31.5	36.0	0.0

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

De acuerdo con las concentraciones reportadas en la Tabla 5-77 para el parámetro PM_{2.5}, se presenta un ICA del 73.2% es decir que la mayor parte del tiempo indica un estado de BUENA calidad del aire y 26.8% del tiempo un estado de calidad del aire ACEPTABLE, demostrándose que el área evaluada presenta un riesgo medio en el estado de salud hacia personal expuesto y población del área de influencia.

5.1.11.5.1.3 Concentraciones de SO₂ vs norma

En la **Tabla 5-79** se presentan los resultados del Dióxido de Azufre (SO₂) en los 6 puntos de monitoreo y su comparación con la Resolución 2254 de 2017, que establece el límite máximo para este parámetro (50 µg/m³).

Tabla 5-79 Concentraciones Dióxido de Azufre (SO₂) en las estaciones de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
1	<13,00	<13,00	<13,00	22,62	36,79	<13,00	50	No Excede
2	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	50	No Excede
3	<13,00	<13,00	<13,00	32,74	<13,00	<13,00	50	No Excede
4	<13,00	<13,00	<13,00	27,73	<13,00	<13,00	50	No Excede
5	<13,00	<13,00	<13,00	38,89	<13,00	<13,00	50	No Excede
6	<13,00	<13,00	<13,00	13,16	<13,00	<13,00	50	No Excede
7	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	50	No Excede
8	<13,00	<13,00	<13,00	<13,00	14,88	34,69	50	No Excede
9	<13,00	<13,00	<13,00	43,85	<13,00	24,95	50	No Excede
10	<13,00	34,15	<13,00	<13,00	29,21	26,41	50	No Excede
11	<13,00	21,56	<13,00	<13,00	22,13	25,81	50	No Excede
12	18,95	17,72	28,18	15,37	32,8	22,05	50	No Excede
13	17,72	13,46	27,47	15,3	34,45	27,63	50	No Excede
14	14,71	19,25	19,29	<13,00	42,66	40,31	50	No Excede
15	17	19,46	41,45	14,71	<13,00	<13,00	50	No Excede
16	<13,00	22,11	21,15	15,31	16,62	19,27	50	No Excede
17	18,53	15,39	<13,00	<13,00	34,41	<13,00	50	No Excede
18	<13,00	15,85	29	20,79	34,43	23	50	No Excede

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

En la **Figura 5-75** se presentan gráficamente el resultado promedio, máximos y mínimos diarios de dióxido de azufre detectado en cada uno de los puntos monitoreados. Las concentraciones promedio muestran cumplimiento del estándar permisible de acuerdo con la Resolución 2254 de 2017 (50 µg/m³), por lo que este parámetro no representa una condición determinante en la calidad de aire de la zona.

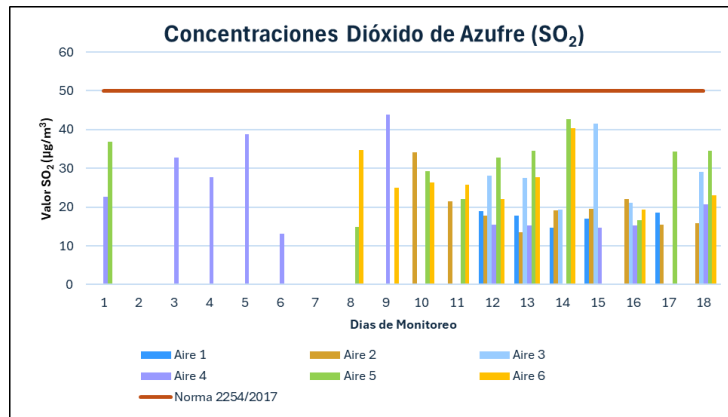


Figura 5-75 Concentraciones de Dióxido de Azufre (SO₂)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.11.5.1.4 Concentraciones de NO₂ vs norma

En la **Tabla 5-80** se presentan las concentraciones registradas junto al promedio aritmético de concentraciones de NO₂ determinado en cada una de las estaciones de monitoreo, luego se realiza la comparación normativa con la resolución vigente 2254 de 2017, que establece el límite máximo para este parámetro (de 200 µg/m³). ya que no se establece un valor para un tiempo de exposición diaria.

Tabla 5-80 Concentraciones Diarias Dióxidos de Nitrógeno NO₂ en las estaciones de Monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 Horaria	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m ³)	Aire_02 (µg/m ³)	Aire_03 (µg/m ³)	Aire_04 (µg/m ³)	Aire_05 (µg/m ³)	Aire_06 (µg/m ³)		
1	84,17	38,34	67,30	34,57	39,52	33,25	200	No Excede
3	92,74	38,78	66,81	23,52	36,60	38,74	200	No Excede
5	90,23	38,51	67,86	22,79	29,00	32,21	200	No Excede
7	88,09	38,35	75,66	23,27	33,87	32,00	200	No Excede
9	90,26	38,78	66,92	30,34	34,41	36,65	200	No Excede
11	93,77	38,78	68,03	23,91	39,49	0,00	200	No Excede
13	92,08	38,80	67,43	30,39	34,39	0,00	200	No Excede
15	87,73	38,80	66,51	31,88	33,80	42,80	200	No Excede
17	96,20	38,78	66,32	32,22	36,72	43,61	200	No Excede
19	84,02	38,79	65,37	35,02	30,00	44,17	200	No Excede
21	88,68	38,79	64,77	33,59	34,85	37,84	200	No Excede
23	92,48	38,78	69,85	35,16	36,10	44,49	200	No Excede
25	100,82	38,79	62,43	34,83	37,24	44,53	200	No Excede
27	91,82	38,79	75,83	33,27	33,84	42,61	200	No Excede
29	99,35	38,79	54,61	34,90	34,02	43,19	200	No Excede
31	85,99	38,77	48,93	35,50	35,06	43,28	200	No Excede
33	92,22	38,93	53,55	35,67	31,00	44,71	200	No Excede
35	88,74	36,93	48,47	32,22	33,74	41,91	200	No Excede

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

Como resultado de la tabla, en todas las estaciones los resultados obtenidos no sobrepasaron al límite para 1 hora establecido en la Resolución 2254 de 2017 (200 µg/m³) evidenciando total cumplimiento normativo. El máximo valor se presentó en la estación Aire1 (Albania) el cual fue de 100.82 µg/m³ y el mínimo valor se presentó en la estación Aire 3 (Sochinchón) el cual fue de 0.64 µg/m³. Las concentraciones obtenidas en cada estación muestran que, en ninguna hora durante el muestreo, se superó el valor máximo permisible de 200 µg/m³std. Los resultados obtenidos se muestran en la **Figura 5-76**.

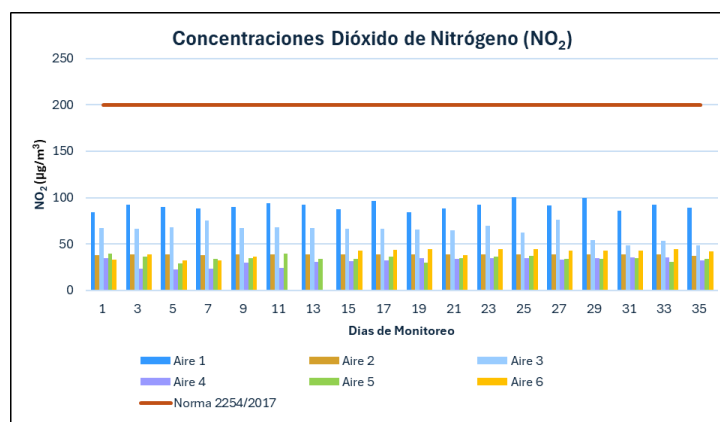


Figura 5-76 Concentraciones promedio NO₂ vs. Norma horaria

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

- **Índice de Calidad del Aire para NO₂**

Los AQI para NO₂ se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes en el muestreo realizado entre el 26 de octubre al 30 de noviembre de 2023.

Tabla 5-81 ICA de NO₂ en los puntos de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
1	46,80	19,38	32,70	11,82	18,89	16,53
3	46,17	19,38	33,87	14,51	18,70	16,29
5	49,80	19,39	34,13	11,18	15,05	16,39
7	48,96	19,39	32,68	11,12	16,79	19,90
9	44,95	19,39	33,04	16,87	18,73	16,77
11	45,07	19,40	33,21	14,05	14,91	20,08
13	49,74	19,39	33,73	16,16	17,05	20,83
15	47,61	19,40	33,44	16,50	17,05	20,90
17	49,70	19,39	32,93	17,36	19,68	22,27
19	48,69	19,39	33,15	16,62	14,97	21,52
21	45,11	19,40	33,08	16,03	17,19	21,37
23	48,90	19,40	31,32	17,38	19,08	21,31
25	50,80	19,39	40,59	17,52	15,33	22,37
27	45,66	19,40	42,54	17,26	17,95	22,34
29	46,20	19,38	22,21	17,62	18,17	22,04
31	47,53	19,30	25,13	16,27	20,02	21,42
33	46,15	18,67	24,24	16,48	16,09	20,92
35	39,60	18,75	20,20	17,08	16,04	21,70

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

De acuerdo con la **Tabla 5-81**, el índice de la calidad del aire – ICA arrojó como resultado una calificación BUENA para todas las estaciones. Con los resultados anteriormente nombrados no se esperan impactos a la salud que puedan llegar a afectar a la comunidad y/o demás componentes del medio ambiente (flora, fauna, paisaje, propiedades, etc.) asociados a este contaminante.

5.1.11.5.1.5 Concentraciones de CO vs norma

La Resolución 2254 de 2017, en sus lineamientos respecto al nivel máximo permisible de exposición para CO horaria establece una concentración de 35000 µg/m³ y para octahoraria una concentración de 5000 µg/m³. En la **Tabla 5-82** se registran las concentraciones promedio horarias y octohorarias de CO obtenidas en las seis estaciones durante el periodo de monitoreo (24 horas). Es evidente que las concentraciones de CO reportadas en las seis estaciones de monitoreo son mínimas y se hallan muy distantes de superar los límites permisibles definidos en la normativa.

Tabla 5-82 Concentraciones Monóxido de Carbono (CO) en las estaciones de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
1	2812,03	1408,14	2331,59	2085,40	1180,91	2573,49	5000	No Excede
3	2679,67	1461,93	2680,81	2605,21	943,47	3100,50	5000	No Excede
5	2939,91	1398,62	2456,48	2132,86	997,60	3388,36	5000	No Excede
7	3047,76	1344,27	2895,84	2079,50	889,19	2325,74	5000	No Excede
9	2827,15	1358,19	2659,76	2068,87	813,58	2594,97	5000	No Excede
11	2533,53	1269,37	2321,93	2141,78	743,98	1761,49	5000	No Excede
13	2795,98	1095,34	2352,07	2098,59	669,79	1906,13	5000	No Excede
15	3169,40	1288,29	1423,62	2096,92	811,43	2317,14	5000	No Excede

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
17	2941,61	1196,11	2787,40	1993,78	910,10	3011,71	5000	No Excede
19	2941,36	1293,08	2328,20	1957,03	2167,47	3408,41	5000	No Excede
21	3253,95	1405,38	560,14	1492,48	2116,24	2619,32	5000	No Excede
23	2952,05	1385,32	2305,97	1464,95	2220,91	2668,01	5000	No Excede
25	2722,40	1445,19	2349,65	1446,27	1789,17	1665,54	5000	No Excede
27	2736,86	1466,00	2296,82	2021,18	2169,35	1805,88	5000	No Excede
29	2535,03	1465,74	3201,29	2535,03	1815,91	2497,59	5000	No Excede
31	2954,40	1448,93	2321,30	2954,40	1514,74	3262,33	5000	No Excede
33	2926,88	1451,11	2995,84	2926,88	1246,88	3488,60	5000	No Excede
35	2645,70	1452,84	2087,73	2645,70	1937,84	2579,22	5000	No Excede

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

Los resultados registrados de CO se muestran en la **Figura 5-77**, donde se presentan valores menores en la estación 5 (Tara 2) con una media de 991.67 µg/m³ y los mayores en la estación 1 (Albania) con una media de 2408.80 µg/m³ el cual está influenciada por tránsito vehicular cercano. De acuerdo con los resultados obtenidos para las concentraciones de CO son bajas y cumplen los límites normativos para 1 hora (35000 µg/m³) y 8 horas (5000 µg/m³) establecidos en la Resolución 2254 de 2017. En *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.2 Aire* se encuentran los resultados detallados a nivel antihorario

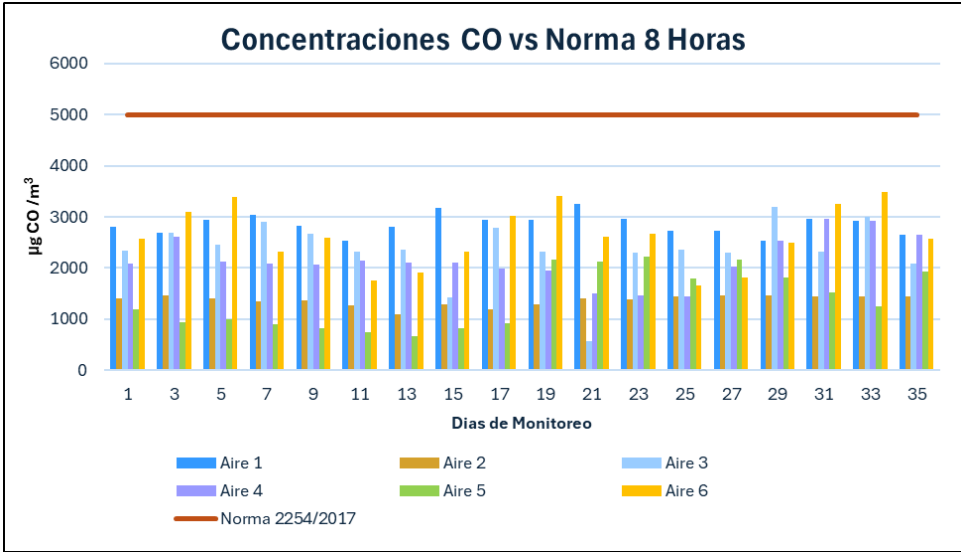


Figura 5-77 Concentraciones promedio CO vs. Norma 8 horas

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

• **Índice de Calidad del Aire para CO**

Los AQI para CO se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes en el muestreo realizado en campo, de acuerdo con las condiciones de calidad del aire de la zona, obtenidas durante el periodo de muestreo, se observa que el 100% de los valores corresponden a la categoría de “Calidad del Aire Buena”, ver **Tabla 5-83**.

Tabla 5-83 ICA de CO en los puntos de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
1	27,6	13,8	22,9	20,5	11,6	25,3
3	26,3	14,3	26,3	25,6	9,3	30,4
5	28,9	13,7	24,1	20,9	9,8	33,3
7	29,9	13,2	28,4	20,4	8,7	22,8
9	27,7	13,3	26,1	20,3	8,0	25,5
11	24,9	12,5	22,8	21,0	7,3	17,3
13	27,4	10,8	23,1	20,6	6,6	18,7
15	31,1	12,6	14,0	20,6	8,0	22,7
17	28,9	11,7	27,4	19,6	8,9	29,6
19	28,9	12,7	22,9	19,2	21,3	33,5
21	31,9	13,8	5,5	14,6	20,8	25,7
23	29,0	13,6	22,6	14,4	21,8	26,2
25	26,7	14,2	23,1	14,2	17,6	16,3
27	26,9	14,4	22,5	19,8	21,3	17,7
29	24,9	14,4	31,4	24,9	17,8	24,5
31	29,0	14,2	22,8	29,0	14,9	32,0
33	28,7	14,2	29,4	28,7	12,2	34,2
35	26,0	14,3	20,5	26,0	19,0	25,3
37	24,9	14,2	31,4	24,9	19,5	24,0

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.11.5.1.6 Concentraciones de O₃ vs norma

En las muestras recolectadas para el parámetro Ozono (O₃), se obtuvieron menores valores al límite de cuantificación (100 µg/m³), esto para las seis estaciones de muestreo en la totalidad de las muestras recolectadas, sin embargo, se realizan los cálculos para hallar la concertación con el valor de este límite. Los resultados obtenidos durante los 18 días de muestreo en las estaciones de monitoreo, se pueden observar en 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.2 Aire.

Para los seis puntos de monitoreo de acuerdo con lo observado en la **Tabla 5-84** se registraron valores inferiores de concentraciones de O₃ para el valor límite permisible octohorario existente en la norma (100 µg/m³). Es evidente que las concentraciones de O₃ reportadas en las estaciones de monitoreo son mínimas y se hallan muy distantes de superar los límites permisibles definidos en la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 5-84 Concentraciones diarias promedio de O₃ en las estaciones de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
1	8,411	11,232	5,299	3,483	3,826	2,357	100	No Excede
3	10,898	10,304	4,192	4,848	3,429	3,855	100	No Excede
5	10,650	5,009	5,408	3,214	2,807	4,153	100	No Excede
7	2,568	1,707	5,566	4,172	3,496	4,148	100	No Excede
9	1,233	0,709	3,746	3,694	3,476	2,324	100	No Excede
11	7,561	7,943	5,248	4,145	3,500	4,643	100	No Excede
13	3,167	5,342	5,119	3,202	3,268	2,388	100	No Excede
15	3,505	1,679	4,869	2,064	3,810	3,050	100	No Excede
17	0,478	9,472	4,253	4,430	3,592	3,259	100	No Excede
19	5,585	9,902	4,988	3,089	2,933	3,789	100	No Excede
21	9,453	9,349	5,416	2,738	3,891	3,428	100	No Excede
23	7,927	7,338	4,230	3,382	3,480	3,690	100	No Excede
25	3,874	3,760	5,167	3,523	3,748	3,301	100	No Excede

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES						NORMA 2254/2017 DIARIA	EXCEDE O NO EXCEDE LA NORMA
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)		
27	0,805	17,902	5,292	3,521	3,295	4,822	100	No Excede
29	20,360	8,913	5,464	3,334	3,608	4,439	100	No Excede
31	14,859	10,331	4,631	3,051	3,539	5,284	100	No Excede
33	2,385	1,324	5,407	3,439	3,110	5,489	100	No Excede
35	3,716	3,219	5,028	2,980	3,609	5,347	100	No Excede
37	3,360	3,014	4,467	3,046	3,679	3,051	100	No Excede

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

Los resultados de Ozono (O_3) se presentan en la **Figura 5-78**. En cada punto de monitoreo se presentaron valores promedio que oscilaron entre 2.28 $\mu g/m^3$ y 4.73 $\mu g/m^3$, el menor valor se evidenció en la estación 5 (Tara 2) y el mayor en la estación 1 (Albania). De acuerdo con lo anterior no se reportan incumplimientos al límite para 8 horas establecido en la Resolución 2254 de 2017 (100 $\mu g/m^3$)

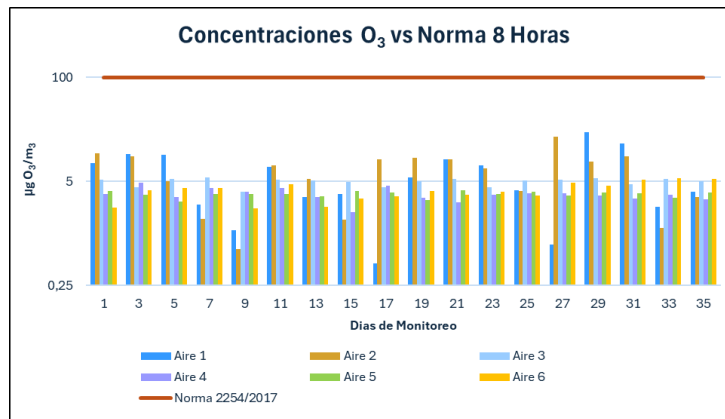


Figura 5-78 Concentraciones promedio O_3 vs. Norma 8 horas

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

• Índice de Calidad del Aire para O_3

Los AQI para O_3 se obtuvieron mediante los promedios aritméticos que se establecieron por derivación del análisis estadístico aplicado a los datos resultantes en el muestreo realizado en campo, de acuerdo con las condiciones de calidad del aire de la zona, obtenidas durante el periodo de muestreo, se observa que el 100% de los valores corresponden a la categoría de “Calidad del Aire Buena”, ver **Tabla 5-85**. Los resultados obtenidos durante los 18 días de muestreo en las estaciones de monitoreo se pueden observar en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.2 Aire*.

Tabla 5-85 ICA de O_3 en los puntos de monitoreo

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
1	4,00	5,00	2,00	2,00	2,00	1,00
3	5,00	5,00	2,00	2,00	2,00	2,00
5	5,00	2,00	3,00	2,00	1,00	2,00
7	1,00	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00
9	1,00	0,00	2,00	2,00	2,00	1,00
11	4,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00
13	1,00	3,00	2,00	2,00	2,00	1,00

DÍA DE MUESTREO	ESTACIONES					
	Aire_01 (µg/m³)	Aire_02 (µg/m³)	Aire_03 (µg/m³)	Aire_04 (µg/m³)	Aire_05 (µg/m³)	Aire_06 (µg/m³)
15	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00
17	0,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00
19	3,00	5,00	2,00	1,00	1,00	2,00
21	4,00	4,00	3,00	1,00	2,00	2,00
23	4,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
25	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
27	0,00	8,00	2,00	2,00	2,00	2,00
29	10,00	4,00	3,00	2,00	2,00	2,00
31	7,00	5,00	2,00	1,00	2,00	2,00
33	1,00	1,00	3,00	2,00	1,00	3,00
35	2,00	2,00	2,00	1,00	2,00	3,00
37	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023; adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.11.5.1.7 Conclusiones de los monitoreos de calidad de aire

- De acuerdo con los resultados obtenidos de material particulado PM10, se determina que la mayoría de las estaciones monitoreadas, dan cumplimiento a lo establecido en la Resolución 2254 de 2017, para el tiempo de exposición diaria. Sin embargo, se destacan los resultados de La estación “AIRE 06 Patillita” muestra los valores más altos para PM10, con un promedio diario de 55.85 µg/m³ y la máxima diaria de 74.10 µg/m³. Mientras que para La estación “AIRE 02 Sukuluwou” tiene el promedio más bajo para PM10, con 25.71 µg/m³.
- Los niveles de concentración para PM2.5 reportados durante los días de monitoreo se encuentran La estación "AIRE 05 Tara 2" presenta los valores más altos para PM2.5, con un promedio diario de 11.48 µg/m³ y la máxima diaria de 25.87 µg/m³. Es decir que las concentraciones obtenidas se encuentran por debajo del valor máximo permisible por la Res. 2254 de 2017 (de 37 µg/m3);
- Los valores de concentración de dióxido de nitrógeno (NO2), dióxido de azufre (SO2), monóxido de carbono (CO) y Ozono (O3) se encuentran por debajo del límite detectable por el método de laboratorio, dando cumplimiento a la norma (Res. 2254 de 2017) para el tiempo de exposición; esto indica que en la zona de estudio no existe fuentes aportantes que emitan cantidades significativas de dichos contaminantes.
- De acuerdo con la información obtenida y analizada con respecto a los monitoreos de calidad de aire, el área donde se localizará la Línea De Transmisión Parques Eólicos Beta y Alpha A La Subestación Cuestecitas los contaminantes más representativos en la zona evidentemente son la inmisión de partículas de PM10 y PM2,5, que, aunque se encuentran concentraciones promedio que cumplen con los límites permisibles, algunas muestras individuales sobrepasan el límite normativo diario para PM10. La mayoría de las muestras de PM10 (61,1%) indican una calidad de aire buena y un 38,9% calidad de aire aceptable, lo que supone un riesgo bajo para la salud de la población expuesta en el área de influencia del proyecto. Por otra parte, para el parámetro PM2.5, El 73,4% de las muestras tomadas muestran una calidad de aire buena sin afectaciones a la salud, y el 26,85% indican calidad de aire aceptable. A diferencia de los resultados de PM10, ninguna muestra tomada de PM2.5 supera el límite permisible diario de 37 µg/m³.

5.1.11.6 Ruido

El ruido es considerado un contaminante ambiental que altera las condiciones normales de una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, es una de las problemáticas más complejas debido a la afectación a la salud, a la calidad de vida de las personas si no hay un control adecuado, esto ha llevado a las autoridades competentes a generar una serie de directrices legales conducentes a la prevención y regulación de este tipo de impactos ambientales.

En este numeral se presentan los resultados de la evaluación de ruido ambiental registrada en el área de influencia del proyecto, realizada por el laboratorio Gestión & Medioambiente S.A.S. Para evaluar el impacto generado por fuentes de ruido identificadas en el proyecto “Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Alpha Y Beta A Subestación Cuestecitas”.

El monitoreo de ruido ambiental tiene la finalidad de realizar el diagnóstico del ambiente por ruido según los usos del suelo. El procedimiento realizado para las mediciones cumple con el intervalo unitario de medida, la programación del equipo y los ajustes necesarios establecidos para el control de la contaminación sonora, Resolución 627 de 2006), siendo la norma nacional por la cual se establecen los límites máximos permisibles de emisión de ruido y ruido ambiental.

Por lo anterior, la caracterización de las fuentes que generan ruido y los receptores, apoyado con la medición de los niveles de presión sonora en el área de influencia establecida para el EIA con miras a la obtención de la licencia ambiental para el proyecto Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas nos permite realizar el diagnóstico del componente ruido en el área.

Los resultados del estudio de ruido se presentan en mapas de ruido ambiental (isófonas) de la zona objeto de estudio con los soportes respectivos. Estos resultados se localizan en *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.3 Ruido*.

Se presenta un informe de los puntos muestreados, con una descripción de las fuentes sonoras que influyeron en las mediciones, tipo de emisión y modo de operación.

5.1.11.6.1 Marco legal

La legislación colombiana aplicable a los niveles permisibles de ruido ambiental se encuentra especificada en la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la cual establece la “Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental”.

Teniendo en cuenta los usos de suelo estipulados en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de cada uno de los municipios, se determinó que los puntos monitoreados se deben comparar con lo establecido para el SECTOR B. Tranquilidad y Ruido Moderado SECTOR C. Ruido intermedio restringido. Zonas con usos permitidos industriales como industrias en general y SECTOR D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado. En la **Tabla 5-86** se presentan los estándares máximos permisibles de los niveles de ruido ambiental, establecidos en el artículo 17 de la Resolución 627 de 2006.

Tabla 5-86 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB (A), según la Resolución 627 de 2006

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN dB(A)	
		Día	Noche
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 e 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 permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	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
Sector D. Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45

Fuente: Resolución 0627 del 7 de abril del 2006 del MAVDT

5.1.11.6.2 Identificación de posibles generadores de ruido

En el área de influencia del proyecto existen varias fuentes de ruido principalmente por el tráfico de vehículos y motocicletas sobre las vías terciarias rurales y tráfico constante de vehículos de carga y livianos, camiones, motocicletas sobre la vía que comunica a los municipios de Maicao, Uribia y Albania con Riohacha. En la **Tabla 5-87** se resumen las principales fuentes de emisión de ruido identificadas en el área.

Otras fuentes de ruido se dan por las actividades de los centros poblados de las cabeceras municipales donde se perciben ruidos provenientes de establecimientos comerciales, tránsito vehicular, industria etc. Se evidencian actividades agrícolas, así como ruidos de fauna diurna y nocturna propia de la zona (aves, grillos, anfibios, insectos, entre otros).

Tabla 5-87 Posibles fuentes de emisión de ruido

COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		IMAGEN	FUENTE	TIPO DE RUIDO	CARACTERÍSTICAS
Norte	Este				
2795252,89	5053441,18		Vehículos livianos, pesados	Frecuentes	Ruido generado por el paso constante de vehículos por las vías principales intermunicipales donde se desarrolla el proyecto. Tránsito de vehículos pesados

COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		IMAGEN	FUENTE	TIPO DE RUIDO	CARACTERÍSTICAS
Norte	Este				
2821747,69	5084675,62		Vehículos livianos y motocicletas	intermitente	Ruido generado por el paso de vehículos por los carretables que dan acceso a los predios de las comunidades indígenas asentadas en el área del proyecto
2790882,03	5043530,14		Industrial	Continuo	Ruido por zona industrial de minería cercana en zona sur del proyecto. Mina El cerrejón. Tránsito de maquinaria asociada a la actividad minera, línea férrea.
2794426,43	5109135,77		Industrial	Continuo	Ruido por operación de subestación eléctrica "Cuestecitas"
2805876,86	5067924,45		Ruido Natural	Continuo, frecuencias medias	Ruido natural originado por animales domésticos fauna local

Fuente: trabajo de campo, Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023

5.1.11.6.3 Identificación de receptores de ruido

Por las características de la zona, los potenciales receptores de interés corresponden a viviendas e infraestructura social que se encuentra dispersas en el área de influencia, en la **Tabla 5-88** se identificaron en campo los siguientes receptores.

Tabla 5-88 Receptores de ruido presentes en el área de influencia

IMAGEN	RECEPTOR Y TERRENO ENTRE FUENTE Y RECEPTOR
	Resguardos indígenas dentro del área de influencia del proyecto. Terrenos llanos, con vegetación arbustiva

IMAGEN		RECEPTOR Y TERRENO ENTRE FUENTE Y RECEPTOR
		Centros educativos de los cascos urbanos de Albania y Maicao P Ej: Colegio San Rafael de Albania Colegio San José de Maicao
		Instituciones educativas indígenas
		Viviendas del casco urbano de Albania
		Centros médicos, hospitales y unidades geriátricas P.Ej: Unidad de salud Mental "Guadalupe" en Maicao

Fuente: Trabajo de campo, Gestión & Medioambiente S.A.S, 2023

5.1.11.6.4 Monitoreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental)

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de ruido ambiental registrada en el área de influencia realizada entre el 11 de octubre al 7 de noviembre del 2023. Para el monitoreo de ruido ambiental, el laboratorio Gestión & Medioambiente S.A.S. ([acreditado mediante Resolución 1592 del 22 de diciembre del 2021 por el IDEAM](#)) instaló veinte (20) estaciones. Las mediciones de ruido son representativas considerando el horario diurno entre las 7:01 a las 21:00 horas y el horario nocturno entre las 21:01 a las 7:00 horas, en día hábil y no hábil.

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

La descripción de cada punto de monitoreo, fuentes de ruido y registro fotográfico se presenta en la **Tabla 5-89**, donde se tuvieron en cuenta los potenciales receptores de interés antes identificados, así como las fuentes de ruido existentes en la zona. La selección de estos puntos se realizó de acuerdo con su representación para la caracterización de ruido en la influencia del proyecto según las actividades a realizar y al cumplimiento de la normatividad vigente para este tipo de análisis. En *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.11.1.3 Ruido*, se puede apreciar a nivel detallado el monitoreo efectuado en campo.

Tabla 5-89 Descripción puntos de monitoreo de Ruido

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	Este	Norte					
MR_1	5092339,59	2835401,47	Sukuluwou	Municipio de Uribia Se observan algunas viviendas dispersas, unas lagunas artificiales, arbustos y árboles y un área sin cobertura vegetal.	Sector D.	 	
MR_2	5080936,33	2844779,57	Sochinchon 1	Municipio de Uribia Se observan varias viviendas dispersas, gran parte es un área plana sin cobertura vegetal, se observan algunos árboles retirados.	Sector D.	 	
MR_3	5071440,89	2812331,47	Irrauaru	Sector D. Municipio de Maicao Se observan varias viviendas dispersas, gran parte es un área plana sin cobertura vegetal, se observan cercados para animales domésticos.	Sector D.	 	

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Este	Norte				
MR_4	5064246,18	2799199,44	Don Simón	Sector D. Municipio de Albania, predio privado. Se observa zona de cultivo y zona de árboles a 70 m	Sector D.	 
MR_5	5044771,79	2791638,58	Albania	Zona urbana de Albania- Parque de la Princesa negra Carrera 1ª entre calles 2ª y 3ª	Sector B.	 
MR_6	5043941,05	2791443,79	Albania	Sector urbano de Albania vía de acceso desde Albania a Cerrejón	Sector C.	 

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	Este	Norte					
MR_7	5087573,21	2824729,59	Patillita	Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	Sector D.	 	
MR_8	5054664,26	2792050,06	La Horqueta 2	Zona plana con abundante vegetación arbórea y viviendas dispersas A 500 m vía Albania – Maicao y a 650 m vía férrea	Sector D.	 	
MR_9	5049388,21	2793697,76	La Macarena	Zona plana con abundante vegetación arbórea a 1,2 Km vía férrea y a 2,5 Km zona minera El Cerrejón	Sector D.	 	

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Este	Norte				
MR_10	5045701,46	2793445,96	Albania	Zona plana con abundante vegetación arbórea a 1,25 Km vía férrea y vía Albania – Maicao	Sector D.	 
MR_11	5076464,46	2817020,11	Maicaíto	Zona plana con abundante vegetación arbórea y arbustiva viviendas dispersas y centros educativos A 275 m vía Maicao – Riohacha	Sector D.	 
MR_12	5069029,49	2810699,60	Kasuto	Zona plana con abundante vegetación arbórea, viviendas dispersas y centros educativos en un radio de 1Km	Sector D.	 

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	Este	Norte					
MR_13	5083420,81	2818659,08	Gran Territorio Limoncito	Zona plana con vegetación arbustiva 1,5 Km zona urbana de Maicao	Sector D.	 	
MR_14	5057776,72	2794402,85	Los Ranchos	Zona plana con abundante vegetación arbórea a 3,7 Km de vía férrea y a 1,9 Km de vía Albania- Maicao	Sector D.	 	
MR_15	5068170,34	2805869,91	Majayura	Zona plana con abundante vegetación arbórea y arbustiva A 560 m vía Albania – Maicao	Sector D.	 	

ID PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		COMUNIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO	SECTOR	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	Este	Norte				
MR_18	5087446,71	2840197,36	Rosamana	Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	Sector D.	
MR_19	5089306,45	2838057,59	Aipishimana	Zona plana con vegetación arbórea y terrenos áridos	Sector D.	

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

A continuación, en la **Figura 5-79** se ilustra la localización espacial de los puntos de monitoreo de ruido.

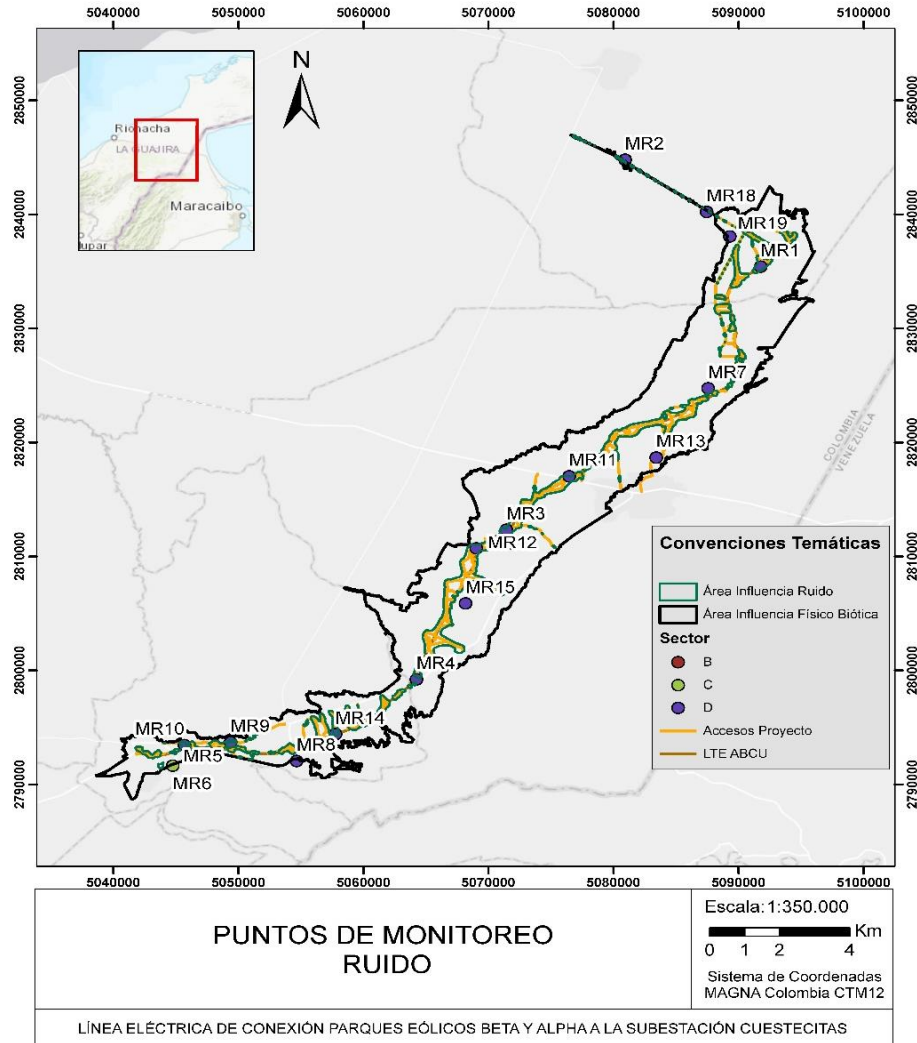


Figura 5-79 Puntos de monitoreo de ruido ambiental

FUENTE: GEOCOL CONSULTORES S.A., 2024

5.1.11.6.5 Resultados del monitoreo de ruido

Los resultados de las evaluaciones de ruido ambiental se compararon con lo establecido en la Resolución 627 de 2006 (Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental) del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

En el transcurso de las mediciones, en tres (3) de los puntos inicialmente planteados para hacer la medición (MR_16, MR_17 y MR_20), no fue posible el acceso, ya que las fuertes lluvias presentadas en la zona inundaron las vías de ingreso a ellos por periodos largos de tiempo. Adicional a lo anterior, se presentaron inconvenientes de orden sociopolítico y con algunas comunidades se

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

estaba adelantando el proceso de consulta previa, sin el cual no era posible ejecutar el levantamiento de información en la zona.

Los resultados de niveles de ruido ambiental medidos en el área de influencia se presentan en la **Tabla 5-90** a la **Tabla 5-93**. En él Estos resultados se detallan en *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio abiótico\5.1.11 Atmósfera\5.1.1.3 Ruido*, incluyendo los resultados corregidos del nivel de presión sonora equivalente ponderado A total (LAeq).

- **Ruido ambiental diurno jornada hábil**

En la **Tabla 5-90** y **Figura 5-80** se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental para el horario diurno en día hábil *así como el Reporte de incertidumbres de las mediciones (véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\Atmósfera\5.1.1.3 Ruido\Anexo 6. Hoja de cálculo)* y la comparación con el límite máximo permisible según la Resolución 627 de 2006.

Como fuentes principales de incertidumbre se incluyeron la debida al instrumento (reportada en la calibración de los sonómetros usados (véase *3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\Atmósfera\5.1.1.3 Ruido\Anexo 2. Calibraciones*) y La incertidumbre debida al sonido residual, la cual varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual, así como también del parámetro que se ha medido (incluyendo la auto-generación de ruido en la instrumentación).

Tabla 5-90 Resultados mediciones de ruido ambiental diurno-día hábil

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	DIURNO – DÍA HÁBIL				Incertidumbre	NIVEL MÁX. (dB)	CUMPLE Sí/No
		LAeq,T	L90	LR90	LR90			
		Sin Corregir	Sin Corregir	Corregido	Corregido			
MR_1	Sukuluwou	77,2	74,2	77,4	80,8	1,1	55	No
MR_2	Sochinchon1	64,5	53,8	59,8	70,5	0,4	55	No
MR_3	Irrauaru	47,7	36,2	42,2	53,7	1,0	55	Sí
MR_4	Don Simón	60,71	59,09	59,53	63,37	2,0	55	No
MR_5	Albania	86,2	75,1	81,1	92,2	0,3	65	No
MR_6	Albania	87,3	71,0	77,0	93,3	0,4	80	No
MR_7	Patillita	70,3	41,8	43,8	71,0	1,2	55	No
MR_8	La Horqueta 2	86,6	76,3	82,3	92,6	0,3	55	No
MR_9	La Macarena	67,3	56,6	62,6	73,3	0,7	55	No
MR_10	Albania	81,4	70,0	76,0	87,4	0,3	55	No
MR_11	Maicaito	68,6	56,1	56,7	68,9	1,1	55	No
MR_12	Kasuto	64,0	46,4	48,2	66,0	0,2	55	No
MR_13	Gran Territorio Limoncito	66,1	51,5	54,8	66,6	1,2	55	No
MR_14	Los Ranchos	61,4	51,7	57,7	67,4	0,8	55	No
MR_15	Majayura	64,9	61,7	63,7	68,8	3,1	55	No
MR_18	Rosamana	71,9	64,4	70,4	77,9	0,8	55	No
MR_19	Aipishimana	70,1	56,5	62,5	76,1	0,4	55	No

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023.

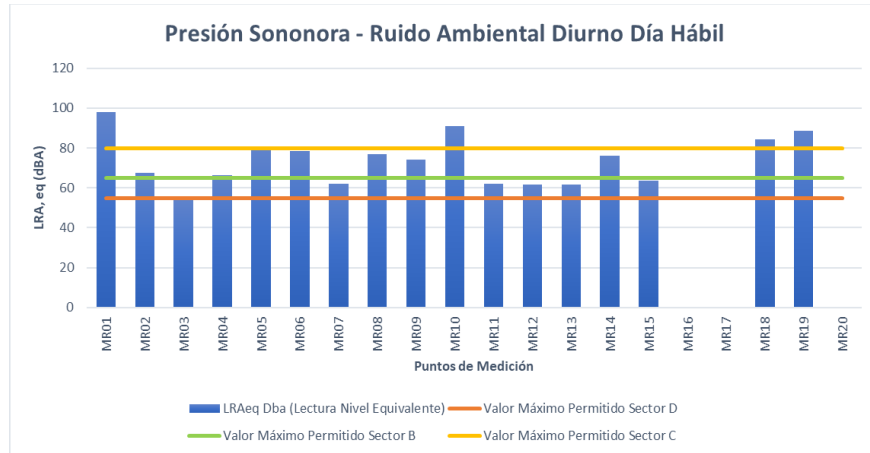


Figura 5-80 Presión sonora diurna día hábil (dB)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023

De acuerdo con los resultados de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia para el horario diurno y día hábil presentados en la **Figura 5-80**, se observa que el punto MR_3 (53,7 dB) que pertenece al sector D, es el único que no supera el límite máximo permisible (55 dB), a diferencia de los demás puntos que pertenecen al mismo sector D, los cuales si superan el límite máximo permisible (55 dB). Por otro lado, el punto que pertenece al sector B (MR_5) tampoco cumple con el límite máximo permisible ya que este supera los (65 dB), y el punto que pertenece al sector C (MR_6) no cumple con los límites de acuerdo con la norma ya que supera los (70 dB). El valor mínimo obtenido fue en el punto MR_3 (53,7 dB) y el máximo valor alcanzado se obtuvo en el MR_1 (97.9 dB).

De los 17 puntos de monitoreo para el horario diurno en día hábil, solo un punto (5%) cumple con la normatividad, 16 puntos (95%) superan el límite máximo permisible de la normatividad vigente. En los diferentes puntos de monitoreo se percibieron sonidos emitidos por fauna local como aves, insectos, animales domésticos y de granja, así mismo por la cercanía a vías de acceso se identificaron sonidos asociados al paso vehicular de motocicletas y camionetas, a la subestación, sistema de energía, las propias viviendas, por lo cual los datos registrados se atribuyen a comportamientos propios del área de estudio.

- Ruido ambiental diurno jornada No hábil**

En la **Tabla 5-91** y **Figura 5-81** se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental para el horario diurno en día no hábil y la comparación con el límite máximo permisible según la Resolución 627 de 2006.

Tabla 5-91 Resultados mediciones de ruido ambiental diurno-jornada no hábil

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	DIURNO - DIA NO HÁBIL					NIVEL MÁX. (Db)	CUMPLE SÍ/NO
		L _{Aeq,T} Sin Corrección	L ₉₀ Sin Corrección	L _{R90} Corregido	L _{RAeq,T} Corregido	Incertidumbre		
MR_1	Sukuluwou	88,9	75,5	81,5	94,9	0,3	55	No
MR_2	Sochinchon 1	87,3	71,0	77,0	93,3	0,4	55	No
MR_3	Irrauaru	44,7	42,8	48,8	50,7	0,8	55	Sí
MR_4	Don Simón	62,7	52,6	57,4	67,5	1,2	55	No
MR_5	Albania	92,4	81,4	87,4	98,4	0,4	65	No

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	DIURNO - DIA NO HÁBIL					NIVEL MÁX. (Db)	CUMPLIMIENTO
		L _{Aeq,T}	L ₉₀	L _{R90}	LRAeq,T	Incertidumbre		Sí/No
		Sin Corregir	Sin Corregir	Corregido	Corregido			
MR_6	Albania	71,9	66,4	72,4	77,9	0,7	80	Si
MR_7	Patillita	76,0	57,5	58,3	76,2	1,4	55	No
MR_8	La Horqueta 2	64,3	54,6	60,6	70,3	0,5	55	No
MR_9	La Macarena	61,8	52,7	58,7	67,8	0,4	55	No
MR_10	Albania	61,8	47,8	53,8	67,8	0,4	55	No
MR_11	Maicaito	54,1	41,0	46,2	58,6	0,6	55	No
MR_12	Kasuto	51,8	48,1	50,1	52,9	1,7	55	Sí
MR_13	Gran Territorio Limoncito	69,2	54,6	57,6	71,6	0,5	55	No
MR_14	Los Ranchos	69,4	59,9	65,9	75,4	0,2	55	No
MR_15	Majayura	57,5	49,1	51,9	60,4	1,6	55	No
MR_18	Rosamana	63,4	52,2	58,2	69,4	0,2	55	No
MR_19	Aipishimana	71,6	65,5	71,5	77,6	0,6	55	No

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023.

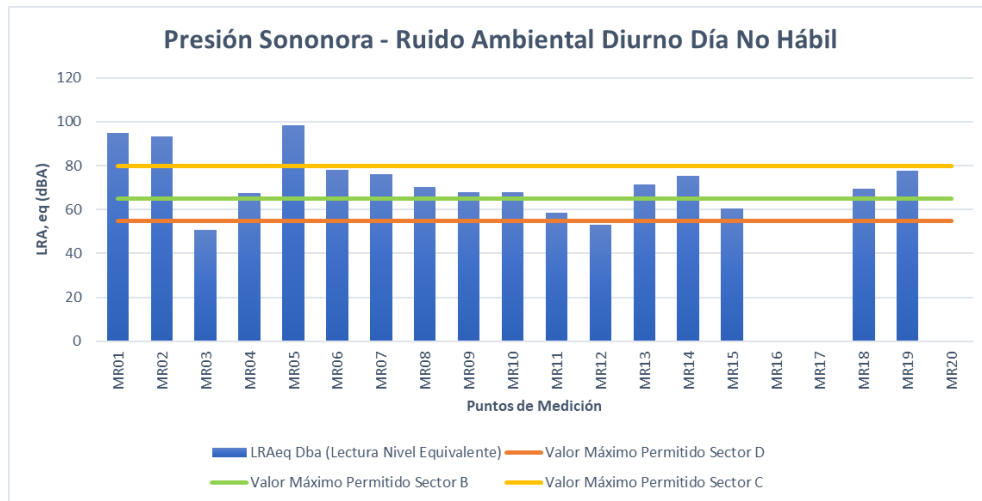


Figura 5-81 Presión sonora diurna día no hábil (dB)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023

De acuerdo con los resultados de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia para el horario diurno día no hábil presentados en la **Figura 5-81**, se observa que de los puntos que pertenecen al sector D, el punto MR_3 (50.7dB) no supera el límite máximo permisible (55 dB), el punto que pertenece al sector B, MR_5 (98,4) superan los límites de (65 dB), y, por último el punto del sector C, MR_6 (77,9) no supera los límites establecidos en la norma (80dB). El valor mínimo obtenido fue en el punto MR03 (50,7 dB) y el máximo valor se obtuvo en el MR_5 (98,4 dB).

De los 17 puntos de monitoreo en horario diurno día no hábil, 3 puntos (15%) cumplen con la normatividad, 14 puntos (85%) superan el límite máximo permisible de la normatividad vigente. En los diferentes puntos de monitoreo se percibieron sonidos emitidos por fauna local como aves, insectos, animales domésticos y de granja, actividad minera, asimismo por la cercanía a vías de acceso se identificaron sonidos asociados al paso vehicular de motocicletas y camionetas, a la

subestación, sistema de energía, las propias viviendas, por lo cual los datos registrados se atribuyen a comportamientos propios del área de estudio.

Al comparar los monitoreos en día hábil y no hábil en horario diurno, se observa que en día no hábil más puntos (8 puntos frente a 4 del día hábil), no superan el límite máximo permisible de la Resolución 627 de 2006.

- **Ruido ambiental nocturno jornada hábil**

En la **Tabla 5-92** y **Figura 5-82** se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido para el horario nocturno en día hábil y la comparación con el límite máximo permisible según la Resolución 627 de 2006.

Tabla 5-92 Resultados mediciones de ruido ambiental nocturno – día hábil

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	NOCTURNO - DIA HÁBIL					NIVEL MÁX. (Db)	CUMPLE Sí/No
		L _{Aeq,T}	L ₉₀	L _{R90}	LRA _{eq,T}	Incertidumbre		
		Sin Corregir	Sin Corregir	Corregido	Corregido			
MR_1	Sukuluwou	84,7	73,5	79,5	90,7	0,3	45	No
MR_2	Sochinchon 1	61,6	44,4	50,4	67,6	0,3	45	No
MR_3	Irrauaru	48,2	44,4	50,4	54,2	1,2	45	No
MR_4	Don Simón	60,3	57,6	63,6	66,3	2,1	45	No
MR_5	Albania	73,8	67,0	73,0	79,8	0,6	50	No
MR_6	Albania	73,3	66,9	72,1	78,6	0,6	70	No
MR_7	Patillita	61,9	61,7	61,7	62,0	1,6	45	No
MR_8	La Horqueta 2	70,8	70,6	68,6	76,8	1,1	45	No
MR_9	La Macarena	68,2	58,1	64,1	74,2	0,6	45	No
MR_10	Albania	90,5	89,7	89,7	90,8	2,6	45	No
MR_11	Maicaito	62,0	61,9	61,9	62,0	1,3	45	No
MR_12	Kasuto	55,6	52,5	58,5	61,6	1,6	45	No
MR_13	Gran Territorio Limoncito	58,1	51,2	54,2	61,5	1,1	45	No
MR_14	Los Ranchos	70,1	67,0	73,0	76,1	0,4	45	No
MR_15	Majayura	57,8	47,2	53,2	63,8	1,6	45	No
MR_18	Rosamana	78,3	67,8	73,8	84,3	0,5	45	No
MR_19	Aipishimana	82,6	52,6	58,6	88,6	0,4	45	No

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024.

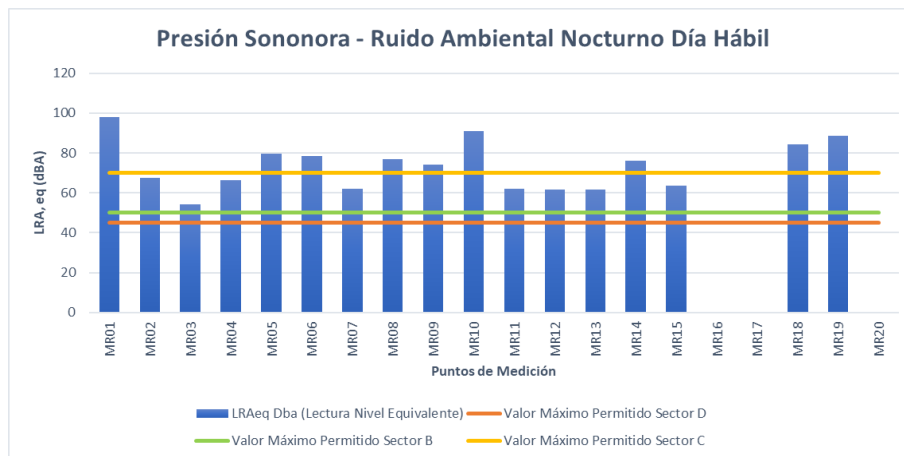


Figura 5-82 Presión sonora nocturna día hábil (dB)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2024

De acuerdo con los resultados de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia para el horario nocturno día hábil presentados en la **Tabla 5-92**, se observa que de los puntos que pertenecen al sector D, superan el límite máximo permisible (45 dB), Por otro lado, el punto MR_5 (79,8dB) que pertenece al sector B también supera los (50 dB) al igual que el punto MR_6 que pertenece al sector C y también supera los (70dB). El valor mínimo obtenido fue en el punto MR_3 (54,2 dB) y el máximo valor se obtuvo en el MR_1 (97,9).

De los 17 puntos de monitoreo para el horario nocturno día hábil, ninguno cumple con la normatividad, los 17 puntos (100%) superan el límite máximo permisible de la normatividad vigente. En los diferentes puntos de monitoreo se percibieron sonidos los cuales corresponden a fuentes de origen antrópico y natural, en las que se destacan actividad minera, tránsito vehicular asociado a están y operación de línea férrea y en relación con las fuentes de origen natural, se identificaron sonidos provenientes de fauna local y silvestre del área de estudio.

- **Ruido ambiental nocturno jornada no hábil**

En la **Tabla 5-93** y **Figura 5-83** se presentan los resultados obtenidos en el monitoreo de ruido para el horario nocturno en día hábil y la comparación con el límite máximo permisible según la Resolución 627 de 2006.

Tabla 5-93 Resultados mediciones de ruido ambiental nocturno – día no hábil

IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO	UBICACIÓN	NOCTURNO – DÍA NO HÁBIL					NIVEL MÁX. (dB)	CUMPLE Sí/No
		L _{Aeq,T}	L ₉₀	L _{R90}	L _R Aeq,T	Incertidumbre		
		Sin Corregir	Sin Corregir	Corregido	Corregido			
MR_1	Sukuluwou	71,2	68,1	74,1	77,2	1,4	45	No
MR_2	Sochinchon 1	62,1	52,0	58,0	68,1	0,8	45	No
MR_3	Irrauaru	52,7	37,3	42,9	58,4	0,9	45	No
MR_4	Don Simón	62,3	61,9	62,0	62,6	1,4	45	No
MR_5	Albania	81,5	77,2	82,2	86,7	1,3	50	No
MR_6	Albania	70,4	63,7	69,7	76,4	0,6	70	No
MR_7	Patillita	74,3	51,6	53,8	75,1	1,0	45	No
MR_8	La Horqueta 2	74,8	69,7	75,7	80,8	1,3	45	No
MR_9	La Macarena	65,1	60,6	66,6	71,1	0,6	45	No
MR_10	Albania	72,2	67,7	73,7	78,2	0,9	45	No
MR_11	Maicaito	47,8	47,9	53,9	53,8	4,3	45	No
MR_12	Kasuto	62,7	61,7	62,6	64,1	2,5	45	No
MR_13	Gran Territorio Limoncito	67,9	53,5	54,9	68,5	0,8	45	No
MR_14	Los Ranchos	74,2	68,3	74,3	80,2	0,9	45	No
MR_15	Majayura	65,5	49,9	53,1	65,8	0,8	45	No
MR_18	Rosamana	69,0	64,9	70,9	75,0	0,3	45	No
MR_19	Aipishimana	66,6	61,5	67,5	72,6	0,7	45	No

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023.

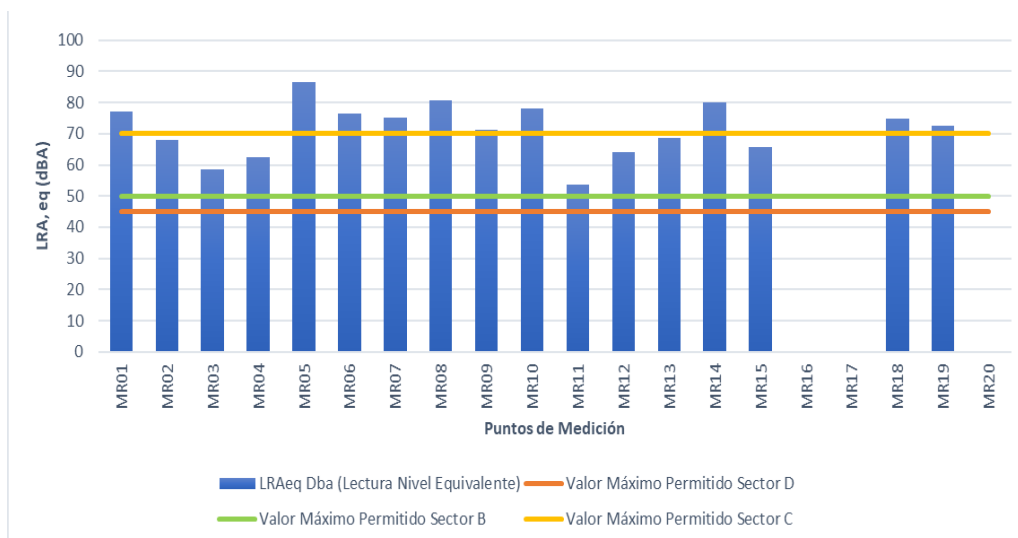


Figura 5-83 Presión sonora nocturna día no hábil (dB)

Fuente: Gestión & Medioambiente S.A.S, adaptado por Geocol Consultores S.A., 2023

De acuerdo con los resultados de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia para el horario nocturno día hábil presentados en la **Tabla 5-93**, se observa que de los puntos que pertenecen al sector D, superan el límite máximo permisible (45 dB), Por otro lado, el punto MR_5 (86,7 dB) que pertenece al sector B también supera los (50 dB) al igual que el punto MR06 (76,4dB) que pertenece al sector C y supera los (70dB). El valor mínimo obtenido fue en el punto MR_11 (53,8 dB) y el máximo valor se obtuvo en el MR_5 (86,7).

De los 17 puntos de monitoreo para el horario nocturno día hábil, ninguno cumple con la normatividad, los 17 puntos (100%) superan el límite máximo permisible de la normatividad vigente. En los diferentes puntos de monitoreo se percibieron sonidos los cuales corresponden a fuentes de origen antrópico y natural, en las que se destacan actividad minera, tránsito vehicular asociado a están y operación de línea férrea y en relación con las fuentes de origen natural, se identificaron sonidos provenientes de fauna local y silvestre del área de estudio.

5.1.11.6.6 Análisis de correlación de datos en escenario base

Se realiza una breve comparación y correlación de los resultados del modelo en el escenario de línea base y los datos de monitoreo de ruido ambiental obtenidos durante la campaña realizadas por Gestión y Medio Ambiente S.A.S. Para todos aquellos puntos en los cuales se superan los niveles máximo-admisibles para ruido ambiental definidos por la Resolución 627 de 2006 del MADS sin que haya presencia de actividad antrópica, se debe entender que no existe condición de incumplimiento de acuerdo con los establecido en el artículo 17, parágrafo 2 de la citada resolución.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el modelo de propagación de ruido para la línea base en conjunto con los datos obtenidos en los monitoreos de ruido ambiental, esto es con la finalidad de establecer la correlación entre los datos simulados y los datos observados.

Tabla 5-94 **Conjunto de datos resultantes de las campañas de monitoreo de ruido ambiental en día hábil para periodo diurno²³**

Punto de Monitoreo	Valor dB(A)	Incertidumbre dB(A)	Observación
RA01	74,2	1,1	Estación descartada para el análisis debido a los valores atípicos presentados, en donde se evidencia la presencia de una o varias fuentes de ruido que interfieren en los resultados.
RA02	53,8	0,3	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA03	36,2	1	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA04	59,09	2	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA05	75,1	0,3	Estación de monitoreo descartada, puesto que se encuentra ubicada en zona urbana, lo que hace que otras fuentes interfieran dentro de la medición.
RA06	71,0	0,4	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA07	41,8	1,2	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA08	76,3	0,3	Estación descartada para el análisis debido a los valores atípicos presentados, en donde se evidencia la presencia de una o varias fuentes de ruido que interfieren en los resultados.
RA09	56,6	0,7	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA10	70,0	0,3	Estación descartada para el análisis debido a los valores atípicos presentados, en donde se evidencia la presencia de una o varias fuentes de ruido que interfieren en los resultados.
RA11	56,1	1,1	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base.
RA12	46,4	0,2	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las

²³ Para el presente análisis de correlación solamente se toma en cuenta el periodo diurno, puesto que es el de mayor interés para el modelo que tiene en cuenta en escenarios futuros solamente operación en periodos diurnos.

Punto de Monitoreo	Valor dB(A)	Incertidumbre dB(A)	Observación
			cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base
RA13	51,5	1,2	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base
RA14	51,7	0,8	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base
RA15	61,7	3,1	Estación descartada para el análisis debido a los valores atípicos presentados, en donde se evidencia la presencia de una o varias fuentes de ruido que interfieren en los resultados.
RA18	64,4	0,8	Estación descartada para el análisis debido a los valores atípicos presentados, en donde se evidencia la presencia de una o varias fuentes de ruido que interfieren en los resultados.
RA19	56,5	0,4	Estación seleccionada para análisis de correlación debido a la cercanía a las vías, las cuales fueron junto con la vía férrea, las únicas fuentes de emisión modeladas para línea base

Fuente: Gestión y Medio Ambiente (2023)

Como se observa, se han resaltado en color rojo las estaciones descartadas del análisis de correlación debido a su localización específica y/o a la presencia de valores atípicos, los cuales evidencian la interferencia de otras fuentes de emisión de ruido distintas al tráfico vehicular o al tren del Cerrejón. Además, se destaca la naturaleza del monitoreo de ruido ambiental, que consiste en una muestra puntual que refleja características específicas de un espacio y tiempo determinados. Por esta razón, es esperable que el modelo no reproduzca exactamente los datos obtenidos durante los monitoreos, ya que este se basa en la simulación de fuentes lineales existentes (como el tren del Cerrejón y las vías públicas). Esto ocurre incluso cuando se incorpora el concepto de ruido de fondo, que se detalla más adelante.

Debido al alcance del modelo, no se incluyeron otras fuentes de ruido distintas a las vías existentes y al tren del Cerrejón. Para complementar el análisis, se integró un valor representativo de ruido de fondo utilizando los datos de la estación MR3A. Esta estación fue seleccionada considerando los valores más bajos registrados entre todas las estaciones de monitoreo, bajo el supuesto de que dichos valores reflejan los niveles mínimos de ruido ambiental no caracterizado. Por lo tanto, se asume que todos los elementos de ruido no modelados ni caracterizados quedan incorporados en esta suma, permitiendo una aproximación más realista al entorno acústico general.

Por otra parte, para fines del análisis, se realiza la conversión de dB(A) a presión acústica (Pa). A continuación, se presenta los resultados de modelación en los puntos que representan las estaciones de ruido seleccionadas.

Tabla 5–95 Datos para análisis de correlación

Punto de Monitoreo	Resultados Modelo (Ruido de Fondo Incluido)		Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental	
	dB(A)	Pa	dB(A)	Pa
RA02	45,81	0,04	53,84	0,10
RA03	46,80	0,04	36,24	0,01
RA04	57,23	0,15	59,09	0,18

Punto de Monitoreo	Resultados Modelo (Ruido de Fondo Incluido)		Resultados de Monitoreo de Ruido Ambiental	
	dB(A)	Pa	dB(A)	Pa
RA06	66,71	0,43	71,05	0,71
RA07	41,59	0,02	41,84	0,02
RA09	52,02	0,08	56,58	0,13
RA11	56,94	0,14	56,10	0,13
RA12	54,66	0,11	46,45	0,04
RA13	47,35	0,05	51,54	0,08
RA14	55,06	0,11	51,68	0,08
RA19	40,46	0,02	56,45	0,13

Fuente: Gestión y Medio Ambiente (2023)

Una vez se tienen los valores de presión acústica, se elabora una gráfica de ajuste exponencial el cual arroja resultados de correlación aceptables, tal y como se observa a continuación

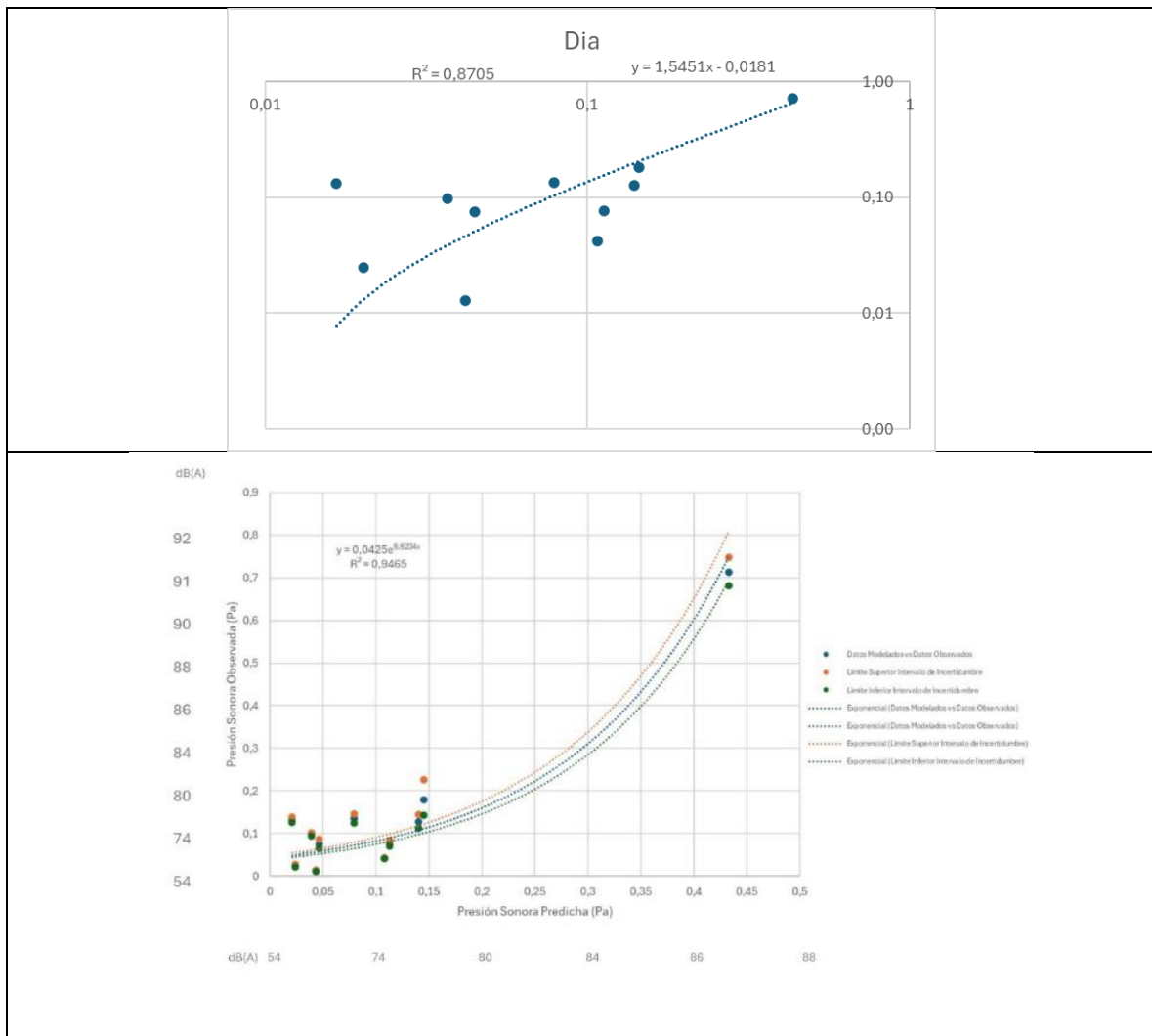


Figura 5-84 Resultados gráficos de correlación de datos de ruido simulados y datos de ruido obtenidos en campo durante las campañas de monitoreo

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	

Finalmente, con el fin de complementar el análisis de correlación de datos, se adopta los siguientes estadísticos propuestos por (Chang & Hanna, 2004).

- **Error cuadrático medio normalizado (NMSE):**

El error cuadrático promedio normalizado, es la variable principal analítica del presente modelo, teniendo en cuenta que mientras menor sea el valor de dicho error, mejor será la calidad de las concentraciones modeladas y ayuda a estimar las desviaciones entre los valores previstos (modelado) y los datos medidos mediante una campaña de monitoreo. A continuación, se presenta la fórmula de cálculo:

$$NMSE = \frac{\overline{(C_o - C_p)^2}}{\overline{C_o} \overline{C_p}},$$

En donde Co corresponde a los a los datos observados (monitoreo) y Cp a los datos estimados (modelados).

De acuerdo con Chang y Hanna (2004)²⁴ el modelo es perfecto cuanto los valores de NMSE, son iguales a cero (0), lo que quiere decir que los datos modelados versus los monitoreados son consecuentes, y entre mayor sea este valor peor será la predicción. Como criterio de desempeño, los mismos autores proponen una NMSE <4.

- **Sesgo fraccional (FB)**

Las medidas de Sesgo Fraccional son útiles para regular la complejidad de un modelo, cuando se logra establecer fielmente un modelo, la diferencia entre los datos reales (monitoreo) y los datos estimados presentan pequeñas variaciones. La fórmula implementada para el cálculo del sesgo absoluto se presenta a continuación:

$$FB = \frac{(\overline{C_o} - \overline{C_p})}{0.5(\overline{C_o} + \overline{C_p})},$$

En donde CPi corresponde a los datos observados en un punto en específico (monitoreo), COi, son los datos estimados en dicho punto. Como criterio de buen desempeño del modelo de calidad del aire se consideran valores de IFBI < 0,3 (Chang & Hanna, 2004).

- **Fracción de datos que satisfacen (FAC2)**

Se define como la fracción de datos que satisfacen el intervalo definido por:

²⁴ Chang, C.J. y R.S. Hanna, Air quality model performance evaluation, doi:10.1007/s00703-003-0070-7 Meteorol, Atmos. Phys. 87, 167-196 (2004)

$$0.5 \leq \frac{C_p}{C_o} \leq 2.0$$

Donde:

C_p: Datos predichos por el modelo;

C_o: Datos observados.

El valor típico observado en modelos de calidad del aire con buen desempeño se encuentra por encima del 50%. (Chang & Hanna, 2004). Este mismo criterio ha sido propuesto por la Unión Europea como criterio de desempeño de los modelos de calidad del aire en las medias diarias de concentración de contaminantes criterio (European Union, 1999)

Tabla 5-96 Objetivos de calidad para modelos de calidad del aire establecidos por la Unión Europea

Pollutant	Quality Indicator	Quality Objective	Directive
SO ₂ , NO ₂ , NO _x	Hourly mean	50-60%	1999/30/EC
	Daily mean	50%	
	Annual mean	30%	
PM, Pb	Annual mean	50%	2000/69/EC
CO	8-hour mean	50%	
Benzene	Annual mean	50%	

Fuente: (European Union, 1999), (Borrego, Schatzmann, & Galmarini, 2003)

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la estimación de estadísticos de correlación:

Tabla 5-97 Resumen de resultados de los estadísticos de correlación para los resultados del modelo en línea base de correlación de datos escenario base modelado vs resultado de monitoreo, para todos los puntos evaluados

Estadístico	Valor
Sesgo fraccional	0,047
Sesgo geométrico promedio	1,035
Error cuadrático medio normalizado	0,048
Fracción de datos que satisfacen	100%

Fuente: Gestión y Medio Ambiente (2023)

Los valores resultantes de la aplicación de estadísticos de correlación indican lo siguiente:

- **Sesgo fraccional:** El sesgo fraccional mide la diferencia promedio entre los valores predichos y los valores observados en relación con su magnitud. Un valor cercano a 0 indica que no hay un sesgo sistemático significativo, es decir, que el modelo no tiende a sobrestimar o subestimar los valores.
- **Sesgo geométrico promedio:** El sesgo geométrico promedio es un indicador de la tendencia del modelo a sobrestimar o subestimar. Un valor igual a 1 indica que no hay sesgo en los datos, mientras que un valor mayor que 1 sugiere una ligera sobrestimación y un valor menor que 1 indicaría subestimación, en este caso, el valor sugiere una ligera sobreestimación, pero esta es mínima.

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

- **Error cuadrático medio normalizado:** Este estadístico evalúa la diferencia cuadrática media entre los valores predichos y observados, normalizada en función del valor promedio de los datos observados. Este estadístico ayuda a entender la precisión del modelo, en este caso el valor es mínimo, lo que sugiere que las predicciones del modelo se pueden considerar precisas respecto a los valores reales y por ende, un indicador positivo de la calidad en el ajuste del modelo.
- **Fracción de datos que satisfacen:** Este estadístico se adopta para el modelo de propagación de ruido con base a los criterios de la unión europea para evaluar el desempeño de modelos de calidad del aire, en este caso, la condición es que el 50% de los datos se encuentran dentro del rango permitido establecido. Los resultados indican que el modelo cumple con la condición en la totalidad de puntos seleccionados para el análisis.

Finalmente, en la ruta *3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\Atmósfera\5.11.1.3 Ruido\Anexo 5. Acreditaciones* se pueden consultar las declaraciones de conformidad para los diferentes modelos empujados por Predictor Lima para la simulación (ISO-9613 y RMR 1996), estos son suministrados por Stapelfeldt, los desarrolladores y distribuidores del software de modelación.

5.1.11.6.7 Conclusiones de los monitoreos de ruido

De acuerdo con uso del suelo observado en el área donde se encuentra el proyecto de Línea Eléctrica de Conexión Parques Eólicos Beta y Alpha a Subestación Cuestecitas está asociado a que la mayoría del territorio bajo estudio se clasificó dentro del sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado y rural habitada destinada a explotación agropecuaria, donde el estándar máximo permisible de ruido ambiental para el horario diurno es 55 dB(A) y para nocturno, es de 45 dB(A). Los puntos MR_5 y MR_6 ubicados en Albania, presentan características para ser clasificados en otros sectores de restricción es decir dentro del sector B y C. El punto MR_5 fue ubicado en zona rodeada de viviendas urbanas en el centro poblado del municipio de Albania mientras que el punto MR_6 se ubicó a un costado de la vía principal entre el casco urbano de Albania y el ingreso a complejo minero de El Cerrejón, por lo anterior se puede clasificar en un sector de ruido intermedio restringido, subsector vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales cuyos valores permisibles son mucho mayores en comparación con un sector rural. Los niveles de ruido reportados en todas las zonas de monitoreo en horario nocturno superan los niveles máximos permisibles tanto para el sector D en la mayoría de punto o los límites del sector B para el punto MR_5 Albania y el límite del sector C para el punto MR_6. Los valores más altos se presentaron en los puntos MR10, MR5 y MR8 ubicados cerca de las actividades identificadas como mayores generadoras de ruido (actividad minera, tránsito vehicular asociado a esta y operación de la línea férrea).

En los puntos donde se registraron los valores de ruidos más bajos (tanto en el día como en la noche) son el MR_3 Campo florido (único punto que cumple el límite permisible para el periodo diurno de 55 dB), MR_11-Maicaito y MR_12 Kasuto (incluso en día festivo se cumple el límite permisible de 55 dB) puntos que particularmente se encuentran en un mismo sector al centro del área de influencia del proyecto. Los niveles de ruido altos en puntos en los cuales no se identifican fuente ruidosa puede relacionarse con actividades antrópicas de los habitantes propios de la comunidad, ruido por acción de las fuertes corrientes de vientos propias de esta región. El punto anterior podría indicar la necesidad de establecer límites a partir de los aportes del ruido natural sin intervención humana tal como se establece en el parágrafo segundo del artículo 17 de la resolución 0627 de 2006 o norma nacional de ruido que establece que en los sectores y/o subsectores donde los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son superados a causa de fuentes de emisión naturales, sin que exista intervención del hombre, los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son los niveles de ruido naturales.



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

CAPITULO 5.1.12 CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA VIBRACIONES



NOVIEMBRE 2024

TABLA DE CONTENIDO

5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
5.1	MEDIO ABIÓTICO	1
5.1.12	Vibraciones	1
5.1.12.1	Metodología	1
5.1.12.1.1	Sensores sísmicos y equipo usados	2
5.1.12.1.2	Criterios de selección y número puntos de monitoreo de vibraciones	2
5.1.12.1.3	Marco normativo usado para el análisis de monitoreos de vibración	2
5.1.12.1.4	Monitoreo de Vibraciones	3
5.1.12.2	Puntos de monitoreo	4
5.1.12.2.1	Punto de monitoreo No. 1	4
5.1.12.2.2	Punto de monitoreo No. 2	8
5.1.12.2.3	Punto de monitoreo No. 3	11
5.1.12.2.4	Punto de monitoreo No. 4	14
5.1.12.2.5	Punto de monitoreo No. 5	17
5.1.12.2.6	Punto de monitoreo No. 6	20
5.1.12.2.7	Punto de monitoreo No. 7	23
5.1.12.3	Comparación de los niveles de vibración con la norma alemana DIN 4150	26
5.1.12.4	Condiciones actuales del área de influencia	29
5.1.12.5	Bibliografía	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1	Valores máximos de velocidad de partícula (mm/s) para evitar daños	2
Tabla 5-2	Coordenadas de los monitoreos de vibraciones	3
Tabla 5-3	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 1	7
Tabla 5-4	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 2	10
Tabla 5-5	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 3	13
Tabla 5-6	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 4	16
Tabla 5-7	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 5	19
Tabla 5-8	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 6	22
Tabla 5-9	Datos obtenidos punto de monitoreo No. 7	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1	Gráfico de velocidad vs frecuencia según la norma alemana DIN 4150	3
Figura 5-2	Localización general de los monitoreos de vibraciones realizados	4
Figura 5-3	Localización del punto de monitoreo No. 1	5
Figura 5-4	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 1	6
Figura 5-5	Localización del punto de monitoreo No. 2	8
Figura 5-6	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 2	9
Figura 5-7	Localización del punto de monitoreo No. 3	11
Figura 5-8	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 3	12
Figura 5-9	Localización del punto de monitoreo No. 4	14
Figura 5-10	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 4	15
Figura 5-11	Localización del punto de monitoreo No. 5	17
Figura 5-12	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 5	18
Figura 5-13	Localización del punto de monitoreo No. 6	20
Figura 5-14	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 6	21
Figura 5-15	Localización del punto de monitoreo No. 7	23
Figura 5-16	Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 7	24
Figura 5-17	Vibración del punto de monitoreo No. 1 comparada con la norma DIN 4150	26
Figura 5-18	Vibración del punto de monitoreo No. 2 comparada con la norma DIN 4150	26
Figura 5-19	Vibración del punto de monitoreo No. 3 comparada con la norma DIN 4150	27
Figura 5-20	Vibración del punto de monitoreo No. 4 comparada con la norma DIN 4150	27
Figura 5-21	Vibración del punto de monitoreo No. 5 comparada con la norma DIN 4150	28
Figura 5-22	Vibración del punto de monitoreo No. 6 comparada con la norma DIN 4150	28
Figura 5-23	Vibración del punto de monitoreo No. 7 comparada con la norma DIN 4150	29

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 5-1	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 1	5
Fotografía 5-2	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 2	9
Fotografía 5-3	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 3	12
Fotografía 5-4	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 4	15
Fotografía 5-5	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 5	18
Fotografía 5-6	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 6	21
Fotografía 5-7	Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 7	24

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

5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.12 Vibraciones

Las vibraciones causadas por el ser humano pueden causar daños desde estructurales a cosméticos en las edificaciones; en la mayoría de los casos tales vibraciones son generadas por voladuras, maquinaria de construcción y tráfico vehicular o férreo.

Estas vibraciones inducen esfuerzos dinámicos en edificaciones, generando deformaciones temporales en todos los elementos constitutivos de la edificación. Sumados a los esfuerzos estáticos preexistentes, estas deformaciones dinámicas pueden causar daños en la edificación.

Una evaluación rigurosa del potencial de daños por vibración en una serie de estructuras no es económicamente justificable en la mayoría de los casos. Por esto se ha recurrido generalmente a normas y recomendaciones que relacionan características de la estructura y del suelo de cimentación con el tipo de vibración, o con los niveles de vibración (velocidad de partícula, frecuencia dominante, cantidad de sollicitaciones), o solo con características de la voladura misma (cantidad de carga, distancias, etc.) Estas normas generalmente se fundamentan en la experiencia de varias décadas, involucrando miles de mediciones y observaciones de daños. Sin embargo, su aplicación en ambientes diferentes a los de su origen requiere una cuidadosa evaluación y asimilación, debiéndose considerar aspectos tales como las tipologías de las estructuras, materiales de construcción y prácticas constructivas. Con este requisito, las normas también pueden ser utilizadas como guías en países que no poseen norma propia, como ocurre en Colombia.

Salvo las normas específicas para voladuras con explosivos, las reglamentaciones para el control de efectos de vibraciones antropogénicas no distinguen el tipo de fuente. En esos casos la diferenciación de la fuente se hace a partir de los parámetros de movimiento, estableciendo diferencias según la cantidad de sollicitaciones – duración de los máximos presentes en la señal.

Hoy en día el control de los efectos adversos de vibraciones causadas en la Ingeniería Civil y Minería se logra mediante el acatamiento de los niveles sugeridos en las normas específicas, así como mediante el diseño y manejo apropiado de los respectivos equipos y procesos causantes de las vibraciones. Por ejemplo, los niveles de vibración causados por voladuras se pueden reducir mediante la limitación de las cargas o secuenciando las voladuras de tal forma que la energía transmitida al suelo sea distribuida en el tiempo, lo cual disminuye las velocidades máximas de vibración. Hoy en día hay técnicas aún más sofisticadas, que mediante una secuenciación muy controlada (y previamente diseñada) logran fenómenos de interferencia destructiva y directividad en el campo de ondas generado por la voladura.

Los valores máximos de velocidades de partícula permitidos o recomendados varían de una norma a otra.

5.1.12.1 Metodología

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.

5.1.12.1.1 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 el Certificados de calibración (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiotico\5.1.12. Vibraciones).

5.1.12.1.2 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 para selección de punto de monitoreo 1:** Infraestructura vial cercana a los sitios donde se proyecta torres con voladura.
- **Criterio para selección de punto de monitoreo 2:** Infraestructura de vivienda cercana a los sitios donde se proyecta torres con voladura.
- **Condiciones para el monitoreo de vibraciones:** Monitoreo al aire libre.

5.1.12.1.3 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 5-1** y **Figura 5-1**). 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 5-1**, 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 5-1** 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 5-1 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

TIPO DE EDIFICACIÓN	FRECUENCIA		
	< 10 Hz	10-50Hz	50-100 Hz
Estructuras delicadas, muy sensibles a la vibración	3	3-8	8-10

Fuente: Norma DIN 4150, 1985.

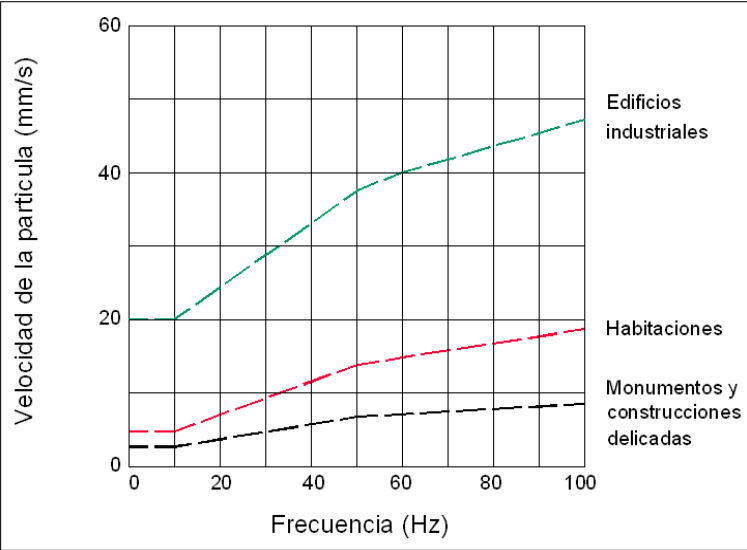


Figura 5-1 Gráfico de velocidad vs frecuencia según la norma alemana DIN 4150

Fuente: Norma DIN 4150, 1985

5.1.12.1.4 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 5-2** y su representación cartográfica en la **Figura 5-2**.

Tabla 5-2 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
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.

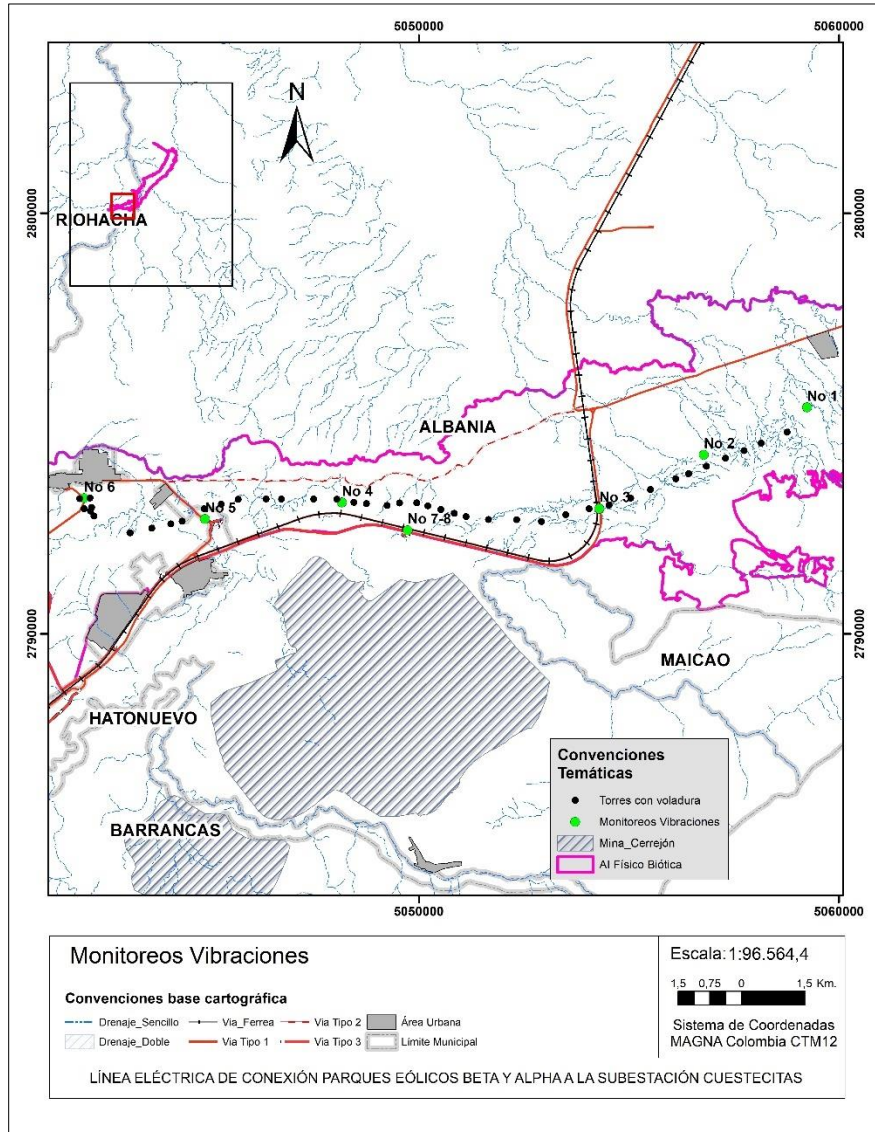


Figura 5-2 Localización general de los monitoreos de vibraciones realizados

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.2 Puntos de monitoreo

5.1.12.2.1 Punto de monitoreo No. 1

El punto de monitoreo No. 1 se localiza en el predio karautamana – Vereda la Porciosa del municipio del Albania-Guajira. La torre proyectada más cercana al sitio de monitoreo es la Torre 102, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 750 metros. La **Figura 5-3**, presta la localización del punto de monitoreo No. 1 y de la torre proyectada 102. El registro fotográfico del monitoreo No. 1 es presentado en la **Fotografía 5-1**.

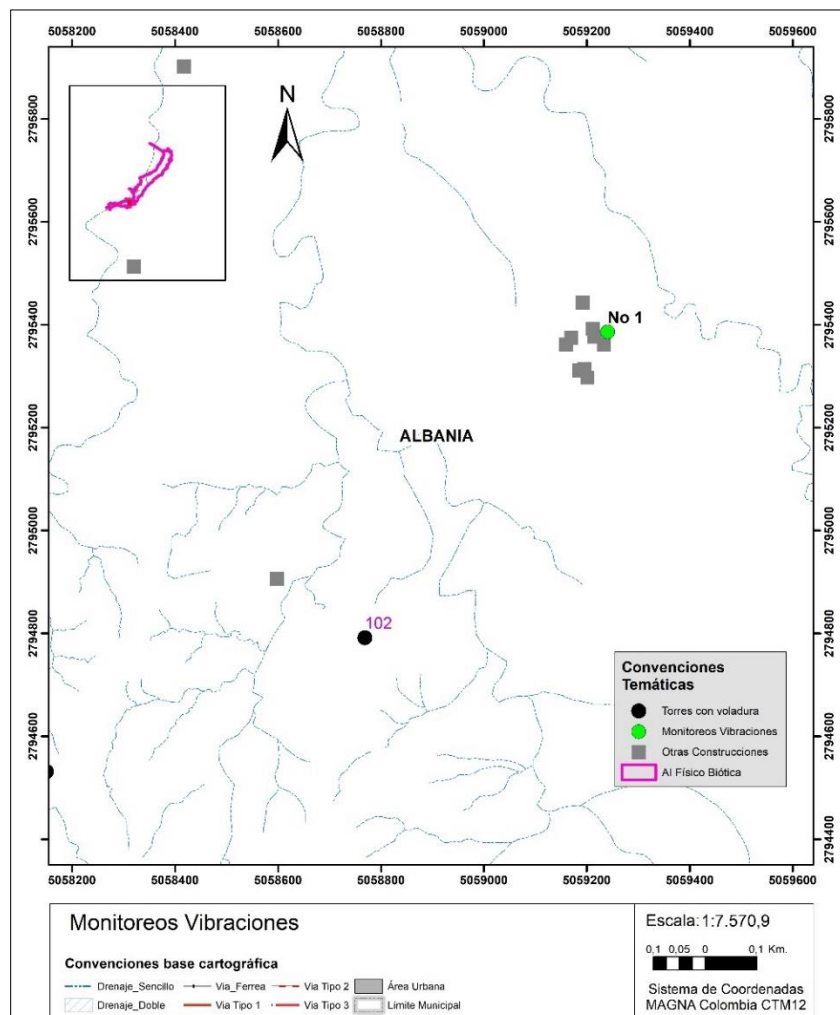


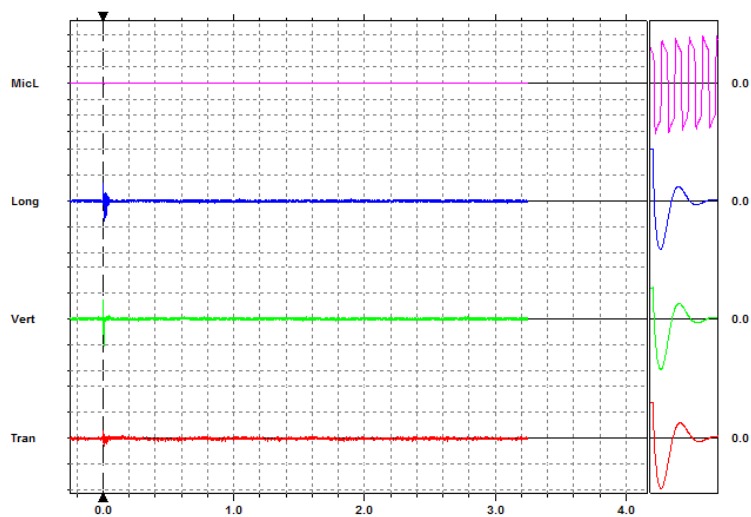
Figura 5-3 Localización del punto de monitoreo No. 1

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-1 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 1

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibracion Máxima registrada, V Max = 0.524 mm/seg

Figura 5-4 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 1

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-3**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 1. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responsan en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterizacion\5.1 Medio Abiotico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-3 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 1

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Prueba inicial	14/10/2024	11:58:04	3	0,063	0,190	0,079	100	100	100
Camioneta	14/10/2024	12:06:48	3	0,159	0,524	0,397	100	100	100
Tractor	14/10/2024	12:33:23	3	0,381	0,365	0,333	100	85	100
Prueba final	14/10/2024	12:46:16	3	0,063	0,143	0,048	64	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.2.2 Punto de monitoreo No. 2

El punto de monitoreo No. 2 se localiza en el predio El Paraíso – Vereda La Porciosa del municipio del Albania-Guajira. La torre proyectada más cercana al sitio de monitoreo es la Torre 106, la cual se encuentra a una distancia aproximada de 290 metros. La **Figura 5-5**, presta la localización del punto de monitoreo No. 2 y de la torre proyectada 106. El registro fotográfico del monitoreo No. 2 es presentado en la **Fotografía 5-2**.

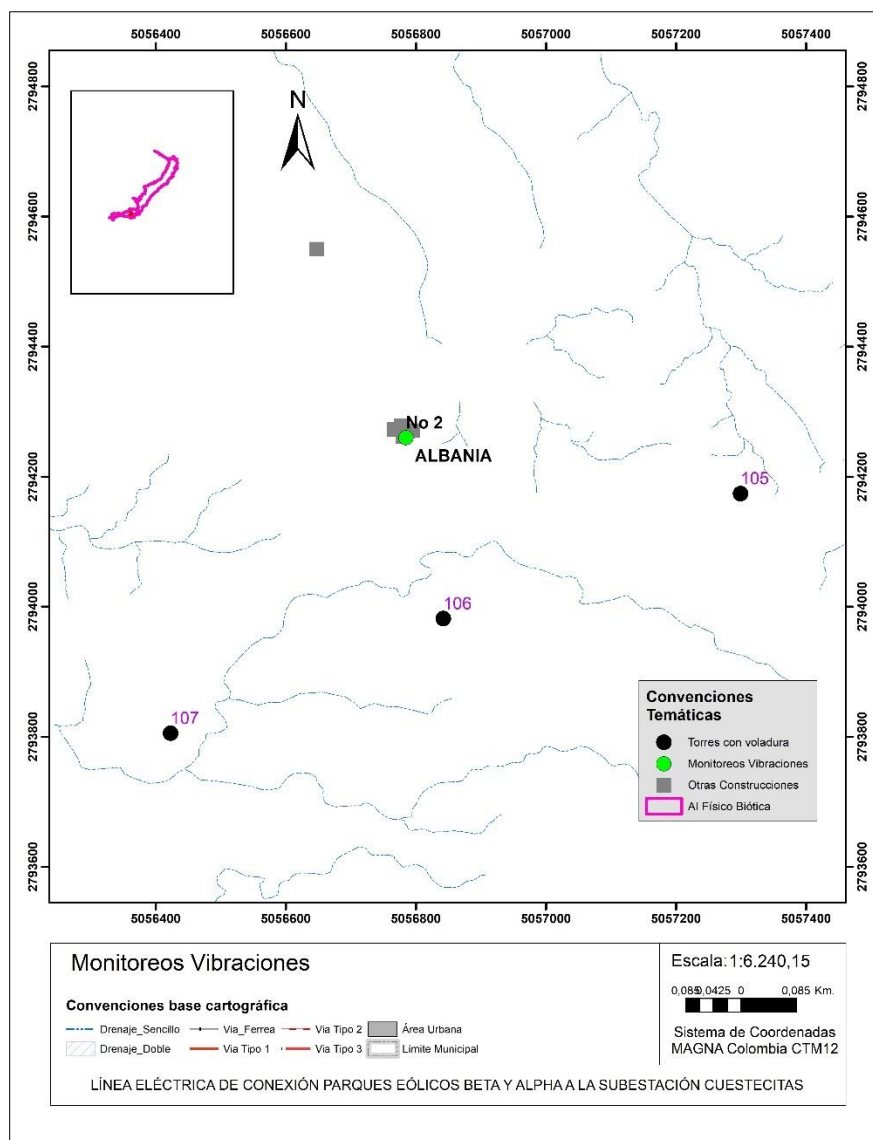


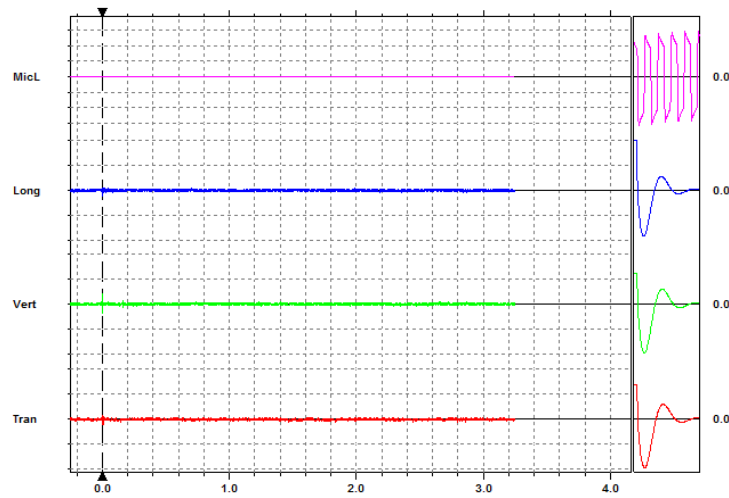
Figura 5-5 Localización del punto de monitoreo No. 2

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-2 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 2

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibracion Máxima registrada, V Max = 0.206 mm/seg

Figura 5-6 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 2

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-4**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 2. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-4 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 2

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Prueba inicial	14/10/2024	9:40:06	3	0,111	0,206	0,111	100	100	100
Camioneta	14/10/2024	10:11:26	3	0,063	0,143	0,063	100	100	100
Prueba final	14/10/2024	10:22:51	3	0,063	0,048	0,048	100	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.2.3 Punto de monitoreo No. 3

El punto de monitoreo No. 3 se localiza en la Vereda La Porciosa del municipio del Albania – Guajira. Las torres proyectadas más cercanas al sitio de monitoreo son las torres 111 y 112, las cuales se encuentran a una distancia aproximada de 250 y 260 metros. La **Figura 5-7**, presta la localización del punto de monitoreo No. 3 y de la torre proyectada 111 y 112. El registro fotográfico del monitoreo No. 3 es presentado en la **Fotografía 5-3**.

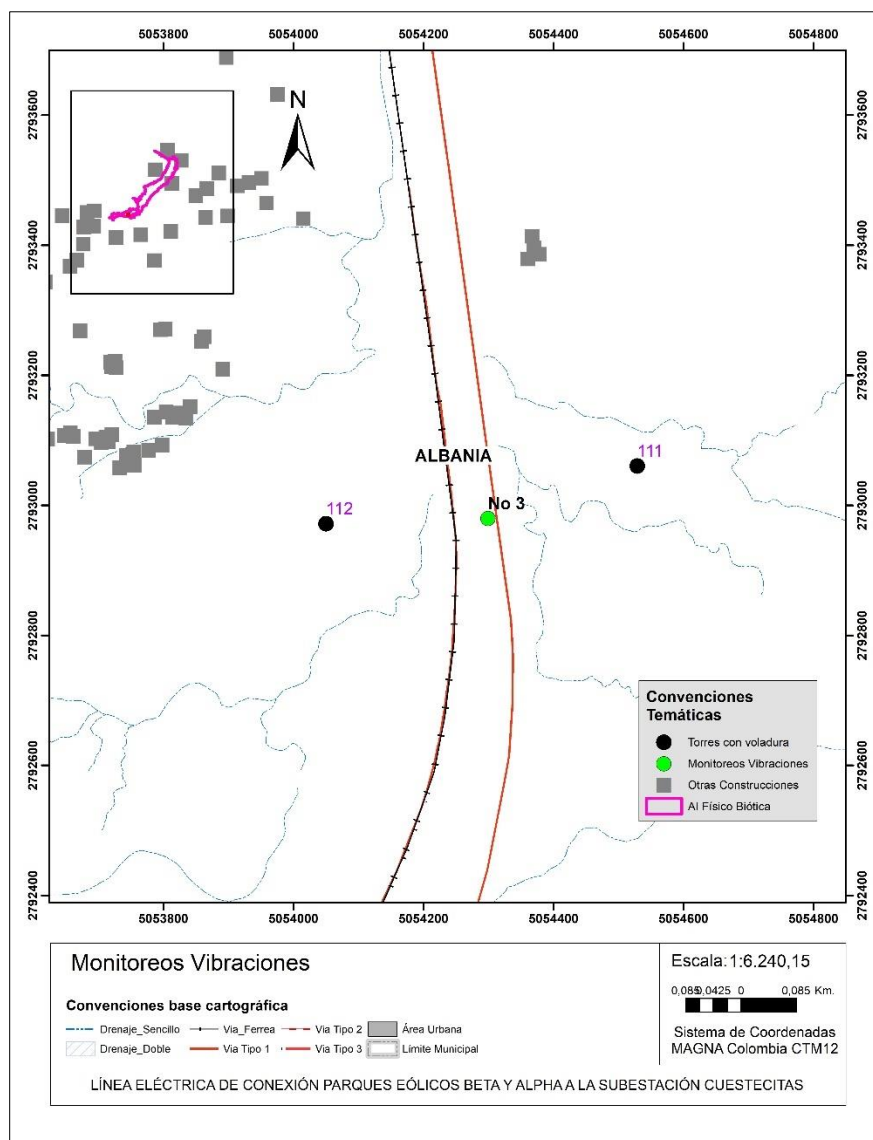


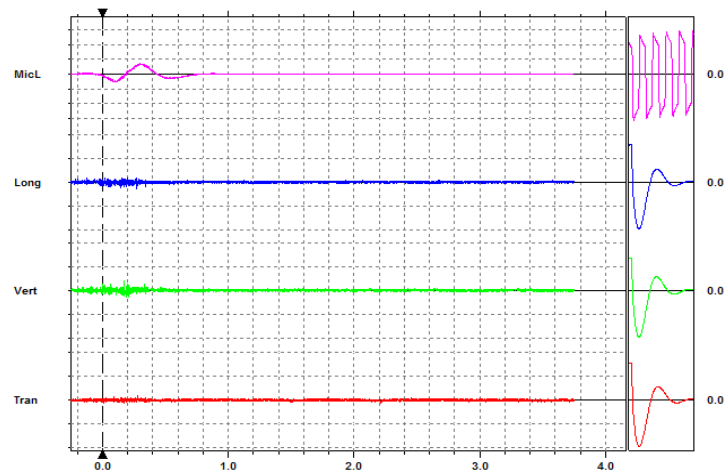
Figura 5-7 Localización del punto de monitoreo No. 3

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-3 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 3

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibración Máxima registrada, $V_{Max} = 0.206 \text{ mm/seg.}$

Figura 5-8 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 3

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-4**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 3. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-5 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 3

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Volqueta sencilla	15/10/2024	8:59:05	3	0,063	0,127	0,063	100	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:00:13	3	0,095	0,206	0,127	100	100	100
Automóvil	15/10/2024	9:00:53	3	0,079	0,175	0,127	100	100	100
Bus	15/10/2024	9:01:37	3	0,127	0,127	0,159	100	100	85
Doble troque	15/10/2024	9:03:17	3	0,063	0,127	0,095	100	100	100
Camioneta	15/10/2024	9:03:56	3	0,063	0,127	0,095	100	100	100
Automóvil	15/10/2024	9:04:15	3	0,063	0,095	0,063	100	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:05:26	3	0,063	0,111	0,079	85	100	100
Bus	15/10/2024	9:06:29	3	0,063	0,127	0,111	100	100	100
Volqueta sencilla	15/10/2024	9:08:14	3	0,063	0,127	0,079	100	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:11:03	3	0,079	0,111	0,127	100	100	100
Automóvil	15/10/2024	9:12:14	3	0,079	0,079	0,063	100	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:14:33	3	0,079	0,159	0,095	85	100	100
Volqueta sencilla	15/10/2024	9:15:46	3	0,079	0,143	0,111	100	100	100
Automóvil	15/10/2024	9:19:10	3	0,063	0,095	0,095	100	100	85
Camioneta	15/10/2024	9:20:03	3	0,063	0,095	0,063	100	100	85
Camión cisterna	15/10/2024	9:20:48	3	0,063	0,063	0,079	100	100	85
Furgón	15/10/2024	9:21:53	3	0,079	0,206	0,143	73	100	100
Doble troque	15/10/2024	9:22:45	3	0,079	0,143	0,095	100	100	57
Automóvil	15/10/2024	9:23:35	3	0,063	0,063	0,048	100	100	100
Camión_furgón	15/10/2024	9:24:08	3	0,063	0,079	0,079	73	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:25:24	3	0,063	0,143	0,095	100	100	100
Camioneta	15/10/2024	9:31:25	3	0,063	0,048	0,048	100	100	100
Tractocamión	15/10/2024	9:33:55	3	0,063	0,127	0,111	73	100	100
Camioneta	15/10/2024	9:37:40	3	0,063	0,063	0,048	100	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024

5.1.12.2.4 Punto de monitoreo No. 4

El punto de monitoreo No. 4 se localiza sobre el Lote No. 2 Campo Herrera de la cabecera municipal del municipio del Albania – Guajira. La torre proyectada más cercana al sitio de monitoreo es la torre 126V, la cual se encuentran a una distancia aproximada de 150 metros. La **Figura 5–9**, presta la localización del punto de monitoreo No. 4 y de la torre proyectada 126V. El registro fotográfico del monitoreo No. 4 es presentado en la **Fotografía 5–4**.

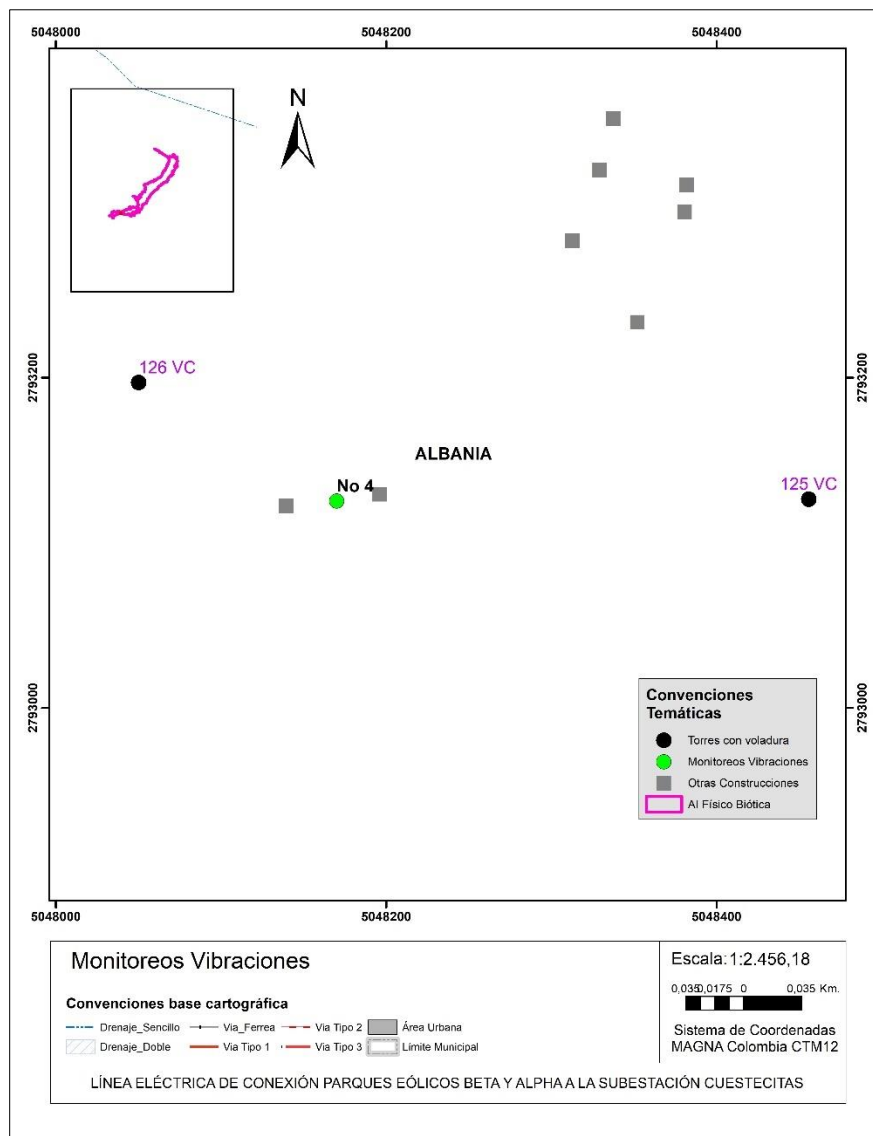


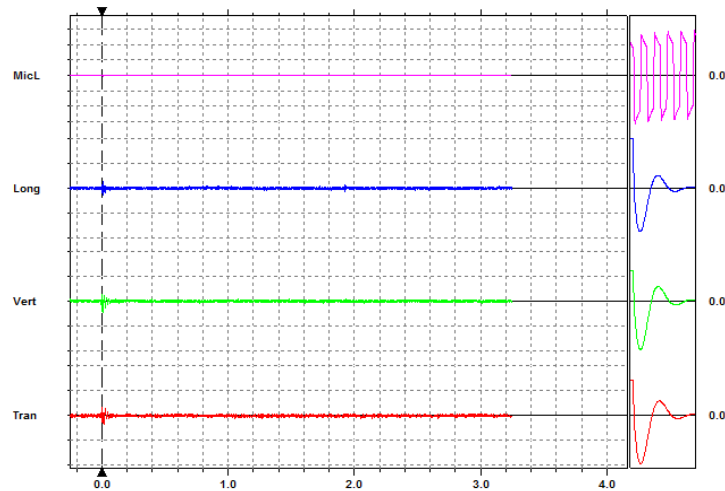
Figura 5–9 Localización del punto de monitoreo No. 4

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-4 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 4

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibración Máxima registrada, $V_{Max} = 0.238 \text{ mm/seg.}$

Figura 5-10 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 4

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-6**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 4. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-6 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 4

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Prueba inicial	15/10/2024	10:41:39	3	0,190	0,238	0,127	64	51	100
Camioneta	15/10/2024	10:48:27	3	0,063	0,127	0,063	100	100	100
Moto	15/10/2024	11:05:39	3	0,048	0,063	0,079	100	100	100
Prueba final	15/10/2024	11:16:18	3	0,063	0,095	0,063	100	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.2.5 Punto de monitoreo No. 5

El punto de monitoreo No. 5 se localiza en el área rural Albania - Guajira. La torre proyectada más cercana al sitio de monitoreo es la torre 132VC, la cual se encuentran a una distancia aproximada de 240 metros. La **Figura 5-11**, presta la localización del punto de monitoreo No. 5 y de la torre proyectada 132VC. El registro fotográfico del monitoreo No. 5 es presentado en la **Fotografía 5-5**.

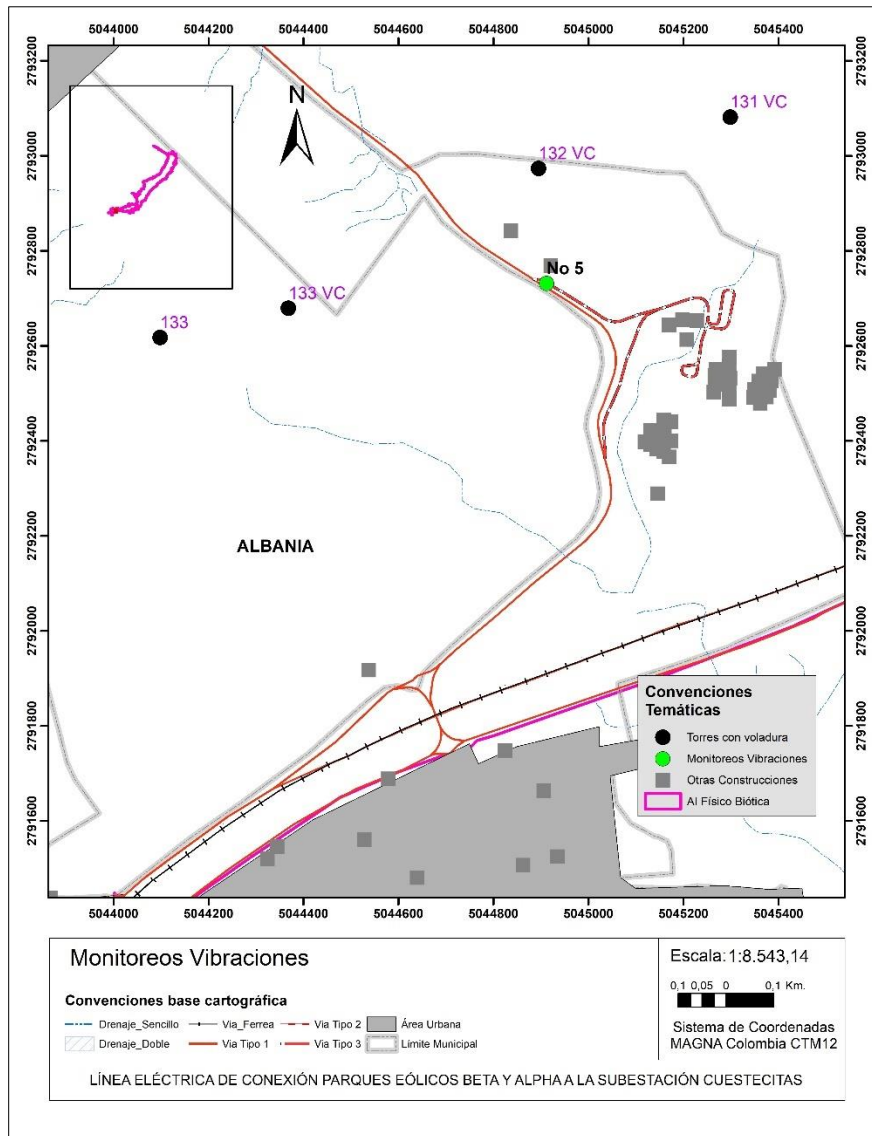


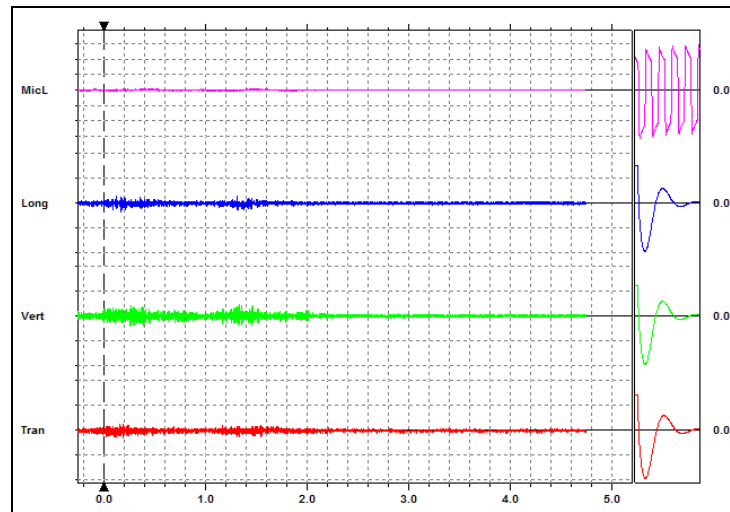
Figura 5-11 Localización del punto de monitoreo No. 5

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-5 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 5

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibracion Máxima registrada, V Max = 0.238 mm/seg.

Figura 5-12 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 5

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-7**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 5. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterizacion\5.1 Medio Abiotico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-7 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 5

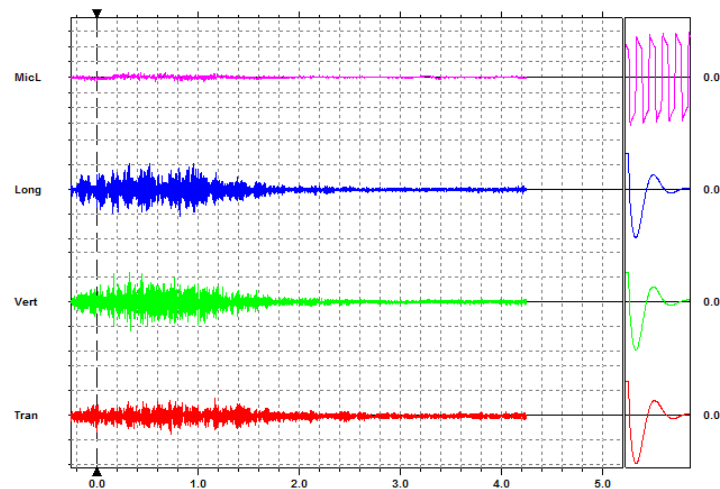
FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Automóvil	16/10/2024	8:29:42	3	0,063	0,048	0,048	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	8:30:14	3	0,079	0,175	0,095	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	8:30:30	3	0,079	0,127	0,111	100	100	100
Bus	16/10/2024	8:31:46	3	0,063	0,127	0,127	100	100	100
Automóvil	16/10/2024	8:33:15	3	0,048	0,063	0,048	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	8:34:24	3	0,095	0,159	0,111	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	8:34:54	3	0,063	0,095	0,048	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	8:36:52	3	0,079	0,175	0,095	85	100	100
Busetón	16/10/2024	8:38:23	3	0,063	0,063	0,048	85	100	100
Camioneta	16/10/2024	8:38:36	3	0,079	0,095	0,063	32	34	100
Volqueta sencilla	16/10/2024	8:40:14	3	0,079	0,127	0,079	100	100	100
Bus	16/10/2024	8:41:37	3	0,063	0,079	0,063	100	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	8:41:54	3	0,079	0,079	0,063	100	100	100
Volqueta sencilla	16/10/2024	8:43:54	3	0,079	0,111	0,079	100	85	51
Automóvil	16/10/2024	8:45:54	3	0,063	0,048	0,048	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	8:46:33	3	0,063	0,048	0,048	100	100	100
Camión cisterna	16/10/2024	8:49:37	3	0,079	0,079	0,063	51	100	100
Furgón	16/10/2024	8:50:04	3	0,079	0,048	0,063	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	8:52:18	3	0,063	0,063	0,063	100	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	8:52:39	3	0,063	0,063	0,048	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	8:53:21	3	0,127	0,111	0,079	37	37	100
Camioneta	16/10/2024	8:53:35	3	0,079	0,079	0,048	26	100	100
Automóvil	16/10/2024	8:54:18	3	0,063	0,063	0,048	100	73	100
Camión_furgón	16/10/2024	8:55:21	3	0,079	0,095	0,079	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	8:56:21	3	0,111	0,127	0,079	32	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	8:57:06	3	0,079	0,111	0,063	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	9:03:11	3	0,159	0,238	0,175	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	9:16:46	3	0,111	0,206	0,095	100	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024



Fotografía 5-6 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 6

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibración Máxima registrada, $V_{Max} = 0.603 \text{ mm/seg.}$

Figura 5-14 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 6

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-8**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 6. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anejos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-8 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 6

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Volqueta sencilla	16/10/2024	10:01:24	2	0,238	0,444	0,302	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	10:02:12	2	0,175	0,333	0,175	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:03:33	2	0,270	0,476	0,206	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:04:00	2	0,159	0,333	0,190	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	10:04:30	2	0,286	0,397	0,317	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	10:06:14	2	0,190	0,333	0,143	100	100	100
Bus	16/10/2024	10:06:20	2	0,143	0,206	0,302	100	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	10:07:51	2	0,270	0,492	0,333	100	100	100
Volqueta sencilla	16/10/2024	10:08:40	2	0,206	0,349	0,238	100	100	100
Bus	16/10/2024	10:15:52	2	0,238	0,349	0,190	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:16:05	2	0,238	0,413	0,190	100	100	100
Camión_cisterna	16/10/2024	10:16:51	2	0,222	0,349	0,175	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:18:50	2	0,381	0,603	0,540	100	100	100
Volqueta sencilla	16/10/2024	10:20:40	2	0,270	0,254	0,333	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	10:21:27	2	0,206	0,397	0,254	100	100	100
Automóvil	16/10/2024	10:22:24	2	0,190	0,444	0,222	100	100	100
Camioneta	16/10/2024	10:22:44	2	0,222	0,349	0,270	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:22:57	2	0,175	0,333	0,270	100	100	100
Furgón	16/10/2024	10:28:35	2	0,222	0,587	0,302	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	10:30:34	2	0,222	0,270	0,460	100	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	10:31:59	2	0,270	0,635	0,286	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:33:27	2	0,175	0,476	0,270	100	100	100
Tractocamión	16/10/2024	10:38:03	2	0,397	0,571	0,651	100	100	100
Doble troque	16/10/2024	10:41:08	2	0,460	0,508	0,889	100	100	100
Camión_furgón	16/10/2024	11:31:25	2	0,095	0,159	0,127	73	100	100
Automóvil	16/10/2024	11:32:54	2	0,206	0,349	0,333	100	39	85
Bus	16/10/2024	11:33:20	2	0,143	0,206	0,302	100	100	100
Automóvil	16/10/2024	11:40:44	2	0,206	0,175	0,127	100	100	100

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.2.7 Punto de monitoreo No. 7

El punto de monitoreo No. 7 se localiza el predio La Horqueta – Vereda La Porciosa del municipio del Albania-Guajira. Las torres proyectadas más cercanas al sitio de monitoreo es la torre 122VC, la cual se encuentra a una distancia aproximada de metros 721. La **Figura 5-15**, presta la localización del punto de monitoreo No. 7 y de las torres proyectadas 122VC. El registro fotográfico del monitoreo No. 7 es presentado en la **Fotografía 5-7**. Se toma el punto con la finalidad de determinar la influencia de las vibraciones del paso del tren en el externo del área de influencia físico biótica del estudio.

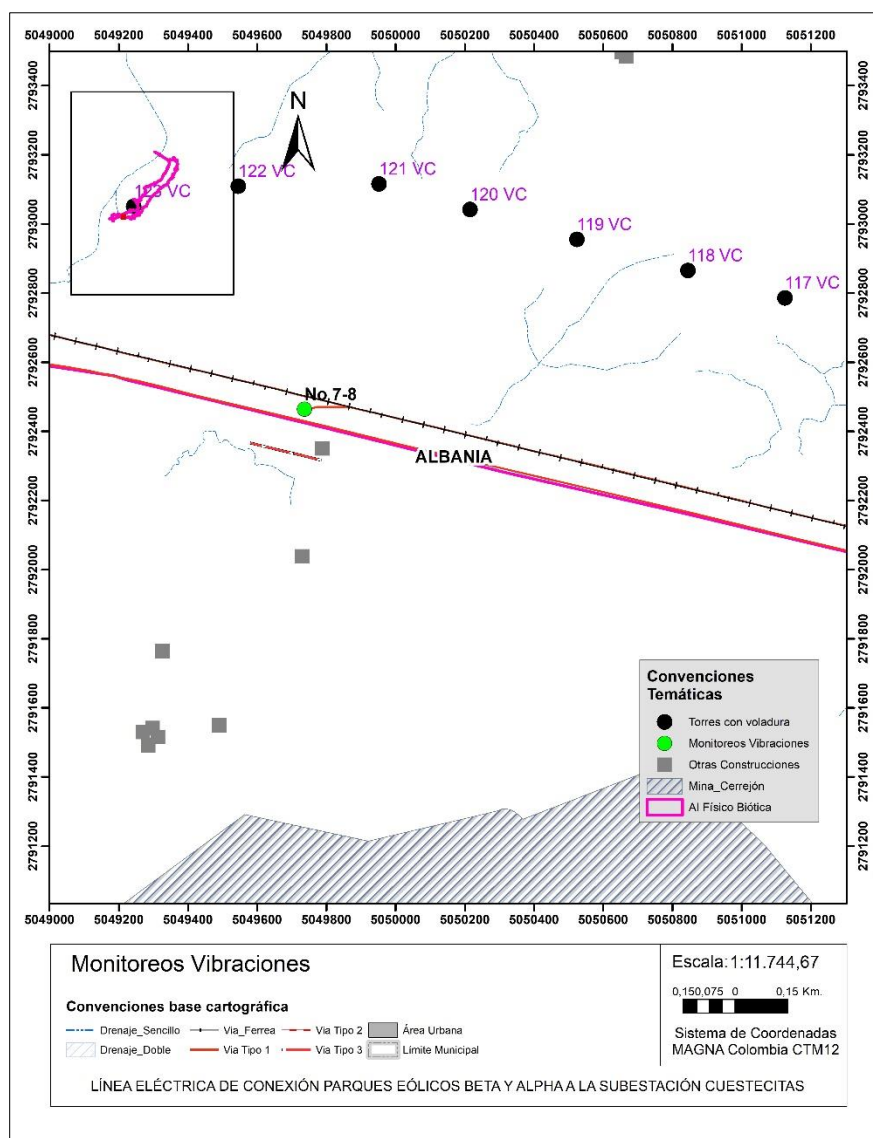


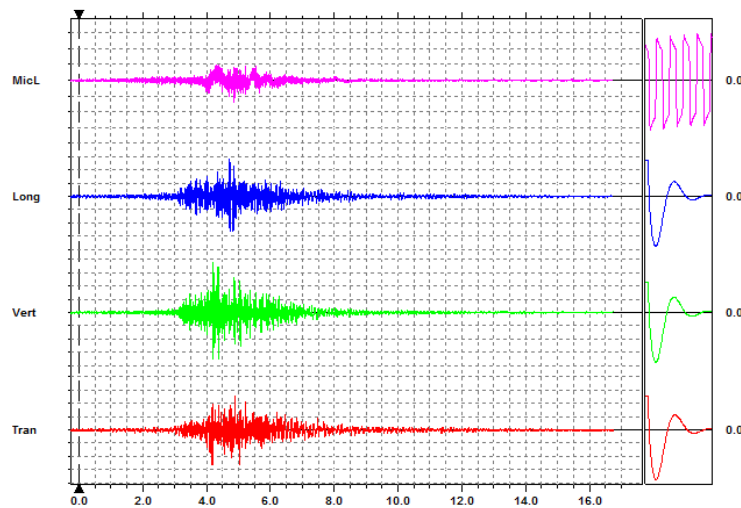
Figura 5-15 Localización del punto de monitoreo No. 7

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Fotografía 5-7 Registro fotográfico de los sismógrafos instalados en el punto de monitoreo No. 7

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.



Vibración Máxima registrada, $V_{Max} = 3.731 \text{ mm/seg.}$

Figura 5-16 Vibración máxima registrada en el punto de monitoreo No. 7

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

La **Tabla 5-9**, resume de las mediciones de distancia, velocidad y frecuencia tomadas en el punto de monitoreo No. 7. La totalidad de los formatos que soportan las mediciones anteriormente mencionadas responden en el Anexo Registros de vibraciones (Véase 3_Anexos\Cap. 05 Caracterización\5.1 Medio Abiótico\5.1.12. Vibraciones).

Tabla 5-9 Datos obtenidos punto de monitoreo No. 7

FUENTE	FECHA	HORA	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (mm/s)			FRECUENCIA (Hz)		
				Transversal	Vertical	Longitudinal	Transversal	Vertical	Longitudinal
Tren Cerrejón	16/10/2024	13:17:19 p.m.	5	2,651	3,731	2,762	28	34	39
Tren Cerrejón	16/10/2024	13:17:20 p.m.	10	0,508	0,302	0,349	57	37	28
Tren Cerrejón	15/10/2024	14:05:00 p.m.	15	0,238	0,190	0,222	30	30	32

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.3 Comparación de los niveles de vibración con la norma alemana DIN 4150

Los resultados arrojados en el tren de ondas (Verticales, Transversales y Longitudinales) suministradas del equipo de medición sísmica, en los puntos de monitoreo No. 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 fueron comparados con la normatividad DIN 4150. Las gráficas que dan soporte a las comparaciones son la presentadas en la **Figura 5-17** a la **Figura 5-23**.

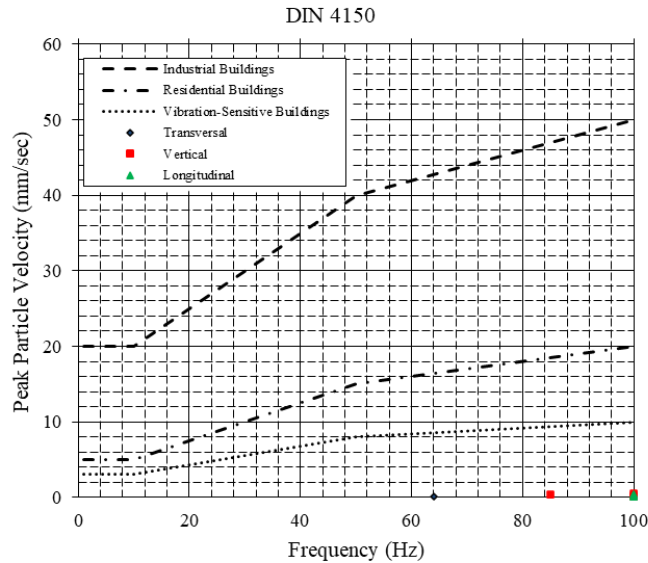


Figura 5-17 Vibración del punto de monitoreo No. 1 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

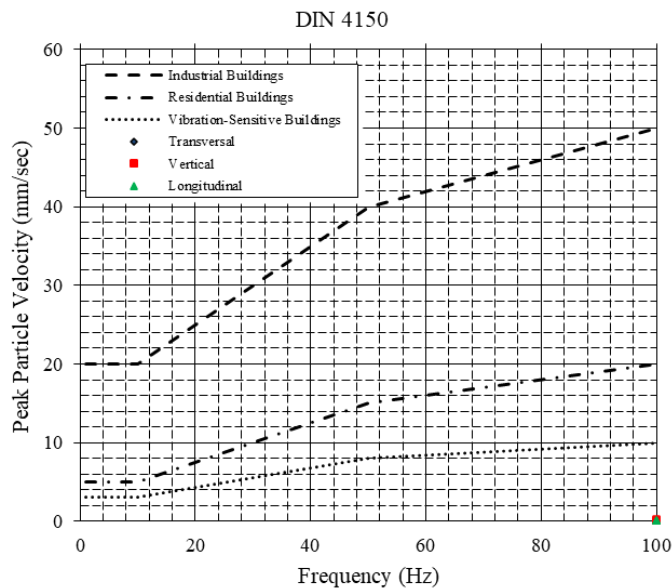


Figura 5-18 Vibración del punto de monitoreo No. 2 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

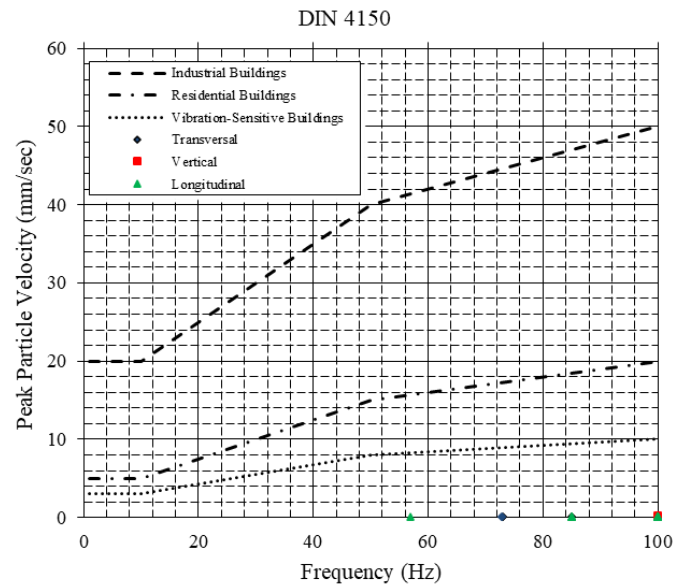


Figura 5-19 Vibración del punto de monitoreo No. 3 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

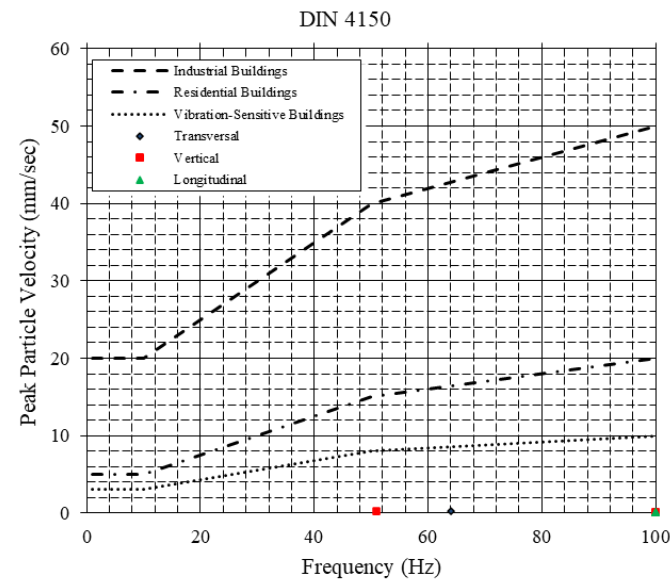


Figura 5-20 Vibración del punto de monitoreo No. 4 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

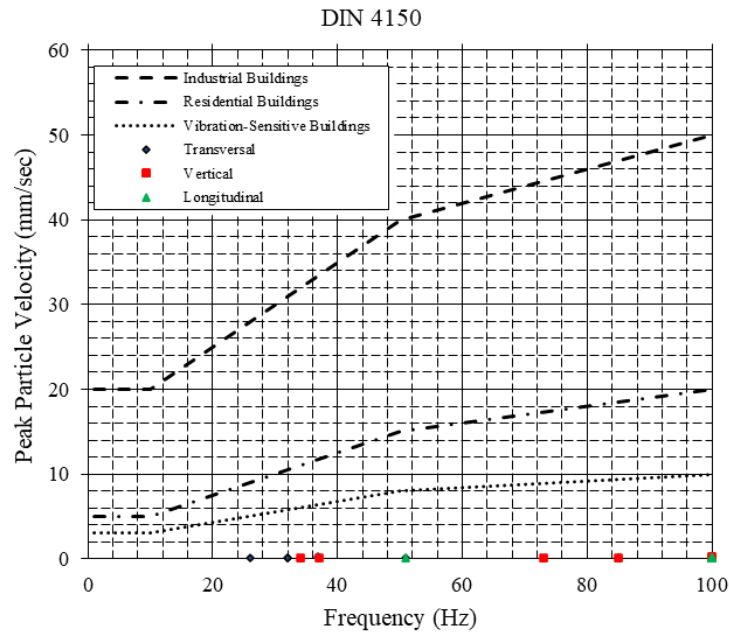


Figura 5-21 Vibración del punto de monitoreo No. 5 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

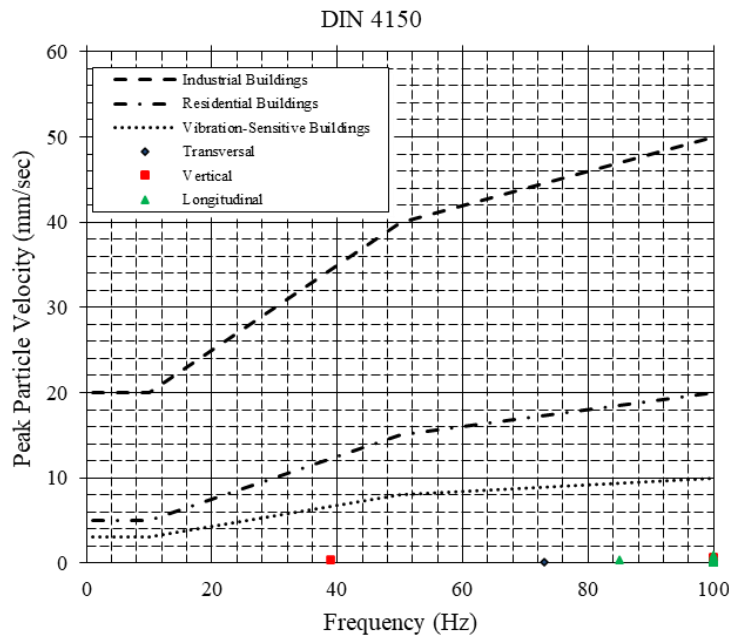


Figura 5-22 Vibración del punto de monitoreo No. 6 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

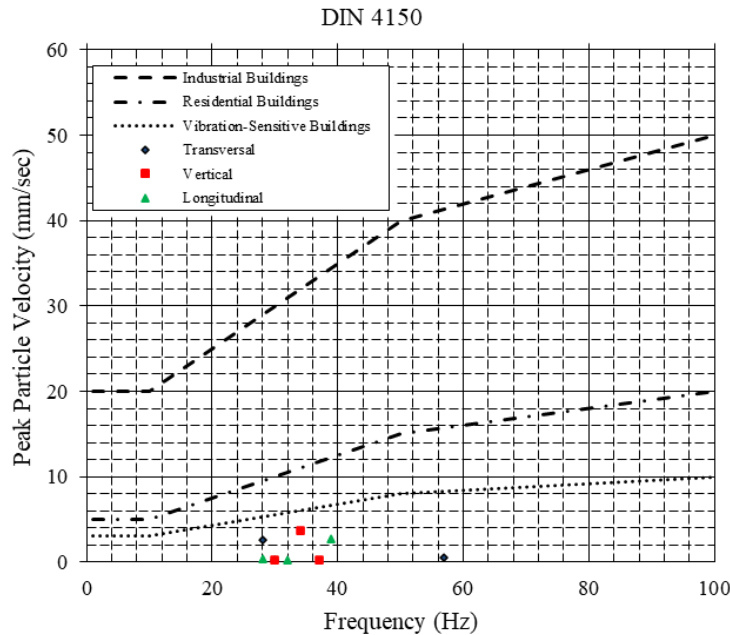


Figura 5-23 Vibración del punto de monitoreo No. 7 comparada con la norma DIN 4150

Fuente: Geocol Consultores S.A., 2024.

5.1.12.4 Condiciones actuales del área de influencia

- Las construcciones localizadas en inmediaciones a la proyección de las torres 102, 106 y 126V, al ser sometidas a estímulos vehiculares (camionetas y tractores) presentan frecuencias y velocidades de análisis en las componentes transversal, vertical y longitudinal por debajo de los parámetros establecidos en la norma alemana DIN 4150.
- La infraestructura vial localizada en inmediaciones a la proyección de las torres 111, 112, 132 VC, 133 VC, 142 B y 141 BN al ser sometida a un estímulo vehicular (Tractocamiones, buses, volquetas) presentan frecuencias de análisis en las componentes transversal, vertical y longitudinal por debajo de los parámetros establecidos en la norma alemana DIN 4150.
- La fuente vibratoria que actualmente induce mayores vibraciones al terreno es el paso trenes cargados con carbón. El valor máximo de velocidad vertical registrado en inmediaciones a la proyección de la torre 121VC es de 3.731 mm/seg a una frecuencia vertical de 34 Hz. Los valores anteriormente mencionados están por debajo de los parámetros establecidos en la norma alemana DIN 4150.
- Ninguno de los monitoreos sobrepasa el valor máximo de componente vertical de 8 mm/s en cualquier frecuencia.

5.1.12.5 Bibliografía

- ASP. Blastronics, Dr. Carlos Scherpenisse, Adamson W. R. Asesoría técnica en monitoreo de vibraciones para el modelamiento y control de daño, 2004.
- STRUCTURE RESPONSE AND DAMAGE PRODUCED BY GROUND VIBRATION FROM SURFACE BLASTING, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 8507, 1980, Siskind et al.
- STUDY OF DETERMINING FACTORS FOR TRAFFIC INDUCED VIBRATIONS IN BUILDINGS, Research Programme Sustainable Mobility, Katholieke Universiteit Leuven. Bélgica, 2001.
- VIBRATIONS INDUCED BY CONSTRUCTION TRAFFIC: A HISTORIC CASE STUDY, Justin T. Henwood and Khamis Y. Harmacy, Federal Highway Administration, Denver, U.S.A.
- ALLARD. P. "Etude des vibrations Engendrées par les Tirs de Mines", Scetaroute. Février, 1986.
- BARKLEY, R. C., et al.: "Ground and Air Vibrations Caused by Surface Blasting", N.T.I.S., 1983.
- BOLLINGER, G. A.: "Blast Vibration Analysis", 1971.
- ESTEVES, J. M.: "Control of Vibrations caused by Blasting", Memoria 498, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1978.
- Gama, Dinis C.: Vibrações dos terrenos: da geração ao controle, I semana Iberoamericana de Minas, Portugal, 2004, pp.147- 152.
- HINZEN, K. G. et al.: "A New Approach to predict and Reduced Blast Vibration by Modelling of Acelerograms and Using a New Electronic Initiation System". S.E.E, 1987.
- LÓPEZ Jimeno, Carlos. Dr Ing. de Minas. Catedrático de proyectos: Manual de Voladura - Manual de minería en túnel y a cielo abierto. ETSIM Madrid, España, 1996.
- Normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente (NSR-98).
- Siskind et al., "Structure Responce and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Blasting", U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations 8507, 1980.
- U.S. Bureau of Mines – RI 8506 Blast vibration Instrumentation.
- U.S. Bureau of Mines – RI 9455 Blast vibration Impacting a Distant Community.