



## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Estudio de Impacto Ambiental para el “Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe”

## CAPÍTULO 7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

POR:

**SGS**

Bogotá, junio de 2025

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS</b>	
<b>NATURALES.....</b>	<b>10</b>
<b>7.1 AGUAS SUPERFICIALES .....</b>	<b>10</b>
7.1.1 Requerimiento de agua .....	10
7.1.1.1 Consumo humano y uso doméstico .....	10
7.1.1.2 Escorrentía .....	12
7.1.1.3 Uso industrial.....	15
<b>7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS .....</b>	<b>16</b>
7.2.1 Para la exploración de las aguas subterráneas.....	16
7.2.2 Para la concesión de aguas subterráneas .....	16
<b>7.3 VERTIMIENTOS .....</b>	<b>16</b>
<b>7.4 OCUPACIONES DE CAUCES.....</b>	<b>17</b>
7.4.1 Análisis de dinámica fluvial .....	19
7.4.1.1 Características hidráulicas .....	19
7.4.1.2 Caracterización morfológica.....	20
7.4.1.3 Características morfométricas.....	23
7.4.1.4 Características geológicas y geomorfológicas .....	23
7.4.2 Análisis de frecuencia de caudales máximos .....	27
7.4.2.1 Método racional.....	27
7.4.3 Tránsito hidráulico.....	32
7.4.3.1 Descripción del modelo HEC-RAS .....	33
7.4.3.2 Parámetros del modelo hidráulico .....	36
7.4.3.3 Cálculo y resultado del modelamiento hidráulico.....	36
7.4.4 Descripción de la obra de ocupación.....	38
7.4.4.1 Badén.....	38
7.4.4.2 Empuje horizontal del terreno .....	39
<b>7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL.....</b>	<b>42</b>
7.5.1 Flora.....	42
7.5.1.1 Criterios para la definición de áreas a aprovechar.....	42
7.5.1.2 Criterio para la captura de información.....	43
7.5.1.3 Fase de análisis .....	44
7.5.1.4 Parámetros empleados para la determinación del volumen.....	45
7.5.1.5 Determinación de biomasa .....	45
7.5.1.6 Aprovechamiento en el área de intervención .....	46
7.5.1.7 Resultados para el área censada.....	48

7.5.1.7.1	Optimización aprovechamiento Forestal.....	52
7.5.1.7.2	Aprovechamiento por familia.....	53
7.5.1.7.3	Aprovechamiento por genero.....	53
7.5.1.7.4	Aprovechamiento por cobertura y bioma .....	55
7.5.1.7.5	Aprovechamiento por tipo de obra.....	56
7.5.1.7.6	Individuos arbóreos para tratamiento de poda .....	57
7.5.1.7.7	Aprovechamiento forestal de Guadua .....	60
7.5.1.7.8	Destinación de los productos forestales maderables y no maderables.....	75
7.5.1.7.9	Conclusión.....	75
7.5.1.8	Listado de especies en categoría de amenaza .....	76
7.5.2	Flora silvestre en veda en otros hábitos de crecimiento .....	78
7.5.2.1	Especies Vasculares .....	80
7.5.2.1.1	<b>Especies No Vasculares.....</b>	81
7.5.2.1.2	<b>Solicitud de imposición de medidas de manejo para especies en veda ..</b>	85
<b>7.6</b>	<b>RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD.....</b>	<b>85</b>
7.6.1	Metodologías .....	86
7.6.1.1	Herpetofauna .....	86
7.6.1.1.1	Anfibios.....	86
7.6.1.1.2	Reptiles .....	88
7.6.1.2	Avifauna .....	89
7.6.1.3	Mastofauna.....	92
7.6.1.4	Ecosistemas acuáticos .....	93
7.6.1.4.1	Fitoplancton .....	93
7.6.1.4.2	Zooplancton.....	94
7.6.1.4.3	Macroinvertebrados bentónicos .....	94
7.6.1.4.4	Perifiton .....	94
7.6.1.5	Vegetación terrestre .....	94
7.6.1.6	Epífitas no vasculares y/o vasculares.....	94
7.6.2	Perfiles profesionales .....	95
<b>7.7</b>	<b>EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....</b>	<b>97</b>
7.7.1	Estimación de la emisión atmosférica de fuentes del proyecto .....	98
7.7.1.1	Emisiones en escenario línea base – fuentes móviles.....	100
7.7.1.2	Fuentes de emisión en escenario de obras civiles .....	104
7.7.1.2.1	Movimiento de materiales en actividades de construcción.....	105

7.7.1.2.2	<b>Emisiones por erosión eólica en pilas de almacenamiento .....</b>	<b>106</b>
7.7.1.2.3	<b>Emisiones por maquinaria asociadas al proyecto .....</b>	<b>107</b>
7.7.2	Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos .....	108
7.7.2.1	Modelo conceptual .....	109
7.7.2.2	Condiciones iniciales y de frontera .....	110
7.7.2.2.1	Concentraciones de fondo .....	110
7.7.2.2.2	Características de superficie y elevación de terreno .....	112
7.7.2.2.3	Condiciones meteorológicas .....	114
7.7.2.3	Modelo de dispersión aire .....	119
7.7.3	Fuentes de generación del ruido .....	127
<b>7.8</b>	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>143</b>
7.8.1	Cantidades estimadas .....	143
7.8.2	Posibles fuentes de materiales .....	144
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>146</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7-1 Caudal requerido para el proyecto – uso domestico .....	11
Tabla 7-2 Consumo de agua por fase. ....	15
Tabla 7-3 Unidades sanitarias requeridas .....	16
Tabla 7-4 Ocupación de cauce .....	18
Tabla 7-5 Características hidráulicas del cuerpo de agua en el sitio dfe .....	19
Tabla 7-6. Registro fotográfico del sitio de ocupación de cauce .....	20
Tabla 7-7. Análisis multitemporal del sitio de ocupación de cauce .....	22
Tabla 7-8. Morfometría de la unidad hidrográfica objeto de ocupación .....	23
Tabla 7-9. Unidades geomorfológicas y geológicas en la ocupación de cauce.....	24
Tabla 7-10. Estimación del coeficiente de escorrentía (C).....	29
Tabla 7-11. Parámetros de regresión regionalizados .....	31
Tabla 7-12. Estimación de caudales máximos para el sitio de ocupación de cauce.....	32
Tabla 7-13. Valores de los datos de entrada para el modelo hidráulico .....	36
Tabla 7-14. Diseño del Baden Trapezoidal.....	39
Tabla 7-15. Ancho de contacto y el pavimento .....	41
Tabla 7-16 Variables a evaluar en el censo forestal al 100%.....	45
Tabla 7-17 Composición Florística del área censada .....	48
Tabla 7-18 Aprovechamiento por familia .....	53
Tabla 7-19 Aprovechamiento por genero .....	54
Tabla 7-20 Aprovechamiento por cobertura y bioma.....	55
Tabla 7-21 Aprovechamiento por tipo de obra .....	56
Tabla 7-22 Individuos arbóreos para manejo de Poda .....	57
Tabla 7-23 Localización parcelas de caracterización de guaduales .....	64
Tabla 7-24 Estadígrafos empleados y calculados para la validación del muestreo .....	67
Tabla 7-25 Categorías de tamaño de los individuos de Guadua muestreados .....	67
Tabla 7-26 Composición florística de los guaduales area de de servidumbre.....	69
Tabla 7-27 Número de individuos por unidades de muestreo .....	70
Tabla 7-28 Volúmenes estimados de aprovechamiento del muestreo en guadua.....	72
Tabla 7-29 Polígonos de Guadual localizados en área de servidumbre de línea eléctrica de transmisión .....	73
Tabla 7-30 Volúmenes de aprovechamiento totales proyectados .....	74
Tabla 7-31 Aprovechamiento forestal dentro del área de intervención .....	76
Tabla 7-32 Listado de especies en categoría de amenaza.....	76
Tabla 7-32 Composición de especies vasculares en el área de intervención del proyecto	80
Tabla 7-33 Composición de especies no vasculares en el área de intervención del proyecto .....	82
Tabla 7-34 Perfiles profesionales.....	95
Tabla 7-35. Equipos y maquinaria requeridas durante la construcción del parque fotovoltaico. ....	99
Tabla 7-36. Equipos y maquinaria requeridas en Línea de Transmisión eléctrica a 115 kV hacia la subestación San Felipe .....	99

Tabla 7-37.	Resumen aforo vehicular por vías evaluadas .....	102
Tabla 7-38.	Factores de emisión por combustión (en g contaminante/kg combustible)).	102
Tabla 7-39.	Consumo nominal de combustibles en vehículos .....	102
Tabla 7-40	Factor de emisión para obras civiles.....	105
Tabla 7-41.	Categoría climática en función con el índice PE .....	106
Tabla 7-42	Ubicación de estaciones de calidad del aire – Monitoreo 2023.....	110
Tabla 7-43.	Concentración de fondo.....	112
Tabla 7-44.	Niveles máximos de inmisión – Línea base.....	120
Tabla 7-45.	Niveles máximos de inmisión – Etapa de Construcción (con medidas de control) .....	120
Tabla 7-46.	Niveles máximos de inmisión – Etapa de Construcción (sin medidas de control) .....	121
Tabla 7-47	Mapas de isoconcentración – Línea base .....	122
Tabla 7-48	Mapas de isoconcentración - Obras civiles con medidas de control .....	124
Tabla 7-49	Mapa de isoconcentración – Obras civiles sin medidas de control .....	126
Tabla 7-50	Localización puntos de monitoreo de ruido .....	129
Tabla 7-51	Niveles de presión sonora según resultados de monitoreo ruido ambiental 131	
Tabla 7-52.	Resumen aforo vehicular en puntos de conteo – Periodo homologado.	132
Tabla 7-53	Potencia sonora de operaciones industriales de ruido .....	133
Tabla 7-54.	Potencia sonora conjunta de operaciones industriales de ruido.....	133
Tabla 7-55	Potenciales receptores de interés.....	134
Tabla 7-56.	Materiales de construcción por infraestructura.....	143
Tabla 7-57	Fuentes de material licenciadas en el área de influencia del proyecto .....	144

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7-1 Sección tipo propuesta para canales .....	13
Figura 7-2 Sección de vista frontal y lateral para tipo propuesta para canales escalonados .....	14
Figura 7-3. Diseño de obras hidráulicas del predio Hacienda el Coco .....	15
Figura 7-4 Localización de la unidad hidrográfica objeto de ocupación.....	18
Figura 7-5. Clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994).....	21
Figura 7-6. Diagrama de clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994).....	21
Figura 7-7 Unidades geomorfológicas en el sitio de interés.....	26
Figura 7-8 Unidades geológicas de interés.....	27
Figura 7-9 Coberturas de la unidad hidrográfica objeto de ocupación.....	30
Figura 7-10. Curva IDF – Estación Potosí .....	31
Figura 7-11. Caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno.....	32
Figura 7-12. Diagrama de canal para determinar ecuación de energía .....	35
Figura 7-13. Esquematización del tramo de modelamiento hidráulico.....	37
Figura 7-14. Resultados del modelo hidráulico para TR2 en la sección del punto de torre 10 .....	37
Figura 7-15. Lámina de agua en la sección de ocupación de cauce .....	38
Figura 7-16. Badén de referencia.....	38
Figura 7-17. Camión de diseño C3 .....	40
Figura 7-18.....	41
Figura 7-19. Diseño sugerido del baden trapezoidal .....	41
Figura 7-20 Criterios para la definición de áreas de aprovechamiento forestal .....	43
Figura 7-22 Área de intervención del proyecto .....	47
Figura 7-23 Composición florística para el área de intervención.....	48
Figura 7-24 Volumen total por tipo de obra .....	57
Figura 7-25 Localización Guaduales en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115kV.....	62
Figura 7-26 Parcelas de caracterización de guaduales .....	63
Figura 7-27 Representación gráfica de las parcelas en Guaduales .....	63
Figura 7-28 Categorías de tamaño del muestreo de Guadua .....	68
Figura 7-29 Número de individuos por categoría para las especies del muestreo de Guadua .....	69
Figura 7-30 Número de individuos de las especies de Guadua por parcela del muestreo .....	70
Figura 7-31 Formula de cálculo de volumen en Guadua .....	72
Figura 7-32 Volúmenes comercial y total del muestreo estadístico de Guadua .....	73
Figura 7-33 Ubicación de los puntos de monitoreo de flora silvestre en veda vascular y no vascular.....	79
Figura 7-34. Categorías de vehículos según clasificación nacional.....	101
Figura 7-35 Proceso de estimación de emisiones en la zona de estudio .....	110
Figura 7-36 Localización de los puntos de monitoreo de calidad del aire .....	111
Figura 7-37. Receptores discretos de cálculo.....	113
Figura 7-38. Altura de terreno característica en la zona de influencia .....	113

Figura 7-39	Localización puntos de monitoreo de ruido ambiental .....	130
Figura 7-40	Localización potenciales receptores de interés. ....	136
Figura 7-41	Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo diurno 137	
Figura 7-42	Aporte de ruido por fuente emisoras en fase de línea base – periodo nocturno .....	138
Figura 7-43	Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase constructiva – periodo diurno .....	139
Figura 7-44	Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase constructiva – periodo nocturno .....	140
Figura 7-45	Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase operativa – periodo diurno 141	
Figura 7-46	Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase operativa – periodo nocturno 142	
Figura 7-47	Geolocalización fuentes de materiales de construcción licenciados. ....	145



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 7-1.	Análisis estadístico temperatura superficial .....	115
Gráfica 7-2.	Análisis estadístico humedad relativa.....	115
Gráfica 7-3.	Análisis estadístico presión atmosférica .....	116
Gráfica 7-4.	Rosa de vientos general y diurna – nocturna.....	117
Gráfica 7-5.	Altura de capa de mezcla global típica y condiciones de estabilidad atmosférica.....	117
Gráfica 7-6.	Climograma de Gauss de la zona de estudio.....	119

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 7-1	Marcación de individuos en el censo forestal.....	44
----------------	---	----

## 7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

El presente capítulo detalla las necesidades de uso, demanda y/o afectación de los recursos naturales renovables requeridos o afectados durante la fase de construcción y operación del proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe".

Adicionalmente, se presenta ante la autoridad ambiental los respectivos permisos para aprovechamiento de los recursos renovables para respectiva aprobación.

### 7.1 AGUAS SUPERFICIALES

El proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, **no requiere** la captación de aguas superficiales continentales para ejecutar las actividades propias del mismo.

El abastecimiento del recurso hídrico se realizará a través de la compra del recurso a terceros autorizados que presten el servicio en el área de influencia aledaña al proyecto. Estas empresas deberán contar con todos los permisos pertinentes para prestar este servicio, además deben contar con la autorización, disponibilidad y capacidad de abastecimiento para suplir la demanda que implica la ejecución del proyecto. El agua será transportada hasta el área de influencia del proyecto por medio de carro tanques.

#### 7.1.1 Requerimiento de agua

La demanda de agua que sea requerida en el proyecto obedece a las actividades civiles durante la etapa constructiva conforme a los frentes de obra que tengan la necesidad de abastecimiento del recurso hídrico.

- A continuación, se lista las actividades que requieren la utilización de agua: Agua para consumo humano para los trabajadores que integren el proyecto, la cual se requerirá en todas las etapas del mismo.
- Agua para uso doméstico en las zonas auxiliares para las labores de construcción, operación y mantenimiento.
- Agua para uso industrial en la preparación de concretos y otros elementos necesarios para la construcción de la infraestructura.

##### 7.1.1.1 Consumo humano y uso doméstico

El agua requerida para consumo humano y doméstico durante la etapa de construcción se estima para un período de 12 meses, considerando un promedio de 144 personas en total, de este total, se prevé que 48 personas sean mano de obra calificada y 96 personas sean mano de obra no calificada. Para la operación y mantenimiento, se necesitará un equipo de 24 personas, mientras que para el desmantelamiento y abandono se requerirá un total de

100 personas, de las cuales 30 serán mano de obra calificada y 70 serán mano de obra no calificada.

El uso doméstico corresponde al volumen de agua requerida para el funcionamiento de las unidades sanitarias portátiles, el servicio de abastecimiento de agua y mantenimiento de las unidades sanitarias serán realizadas por un tercero autorizado. En el Artículo 43 de la Resolución 0330 de 2017 *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 200, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009"*. Se establece la dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona estudio, para este caso la altura promedio sobre el nivel del mar es de <1000 m.n.s.m por lo tanto la dotación neta máxima es de 140 l/hab \* día.

En la norma técnica NTC 150 (Segunda actualización) la dotación neta para procesos industriales es de 80 litros /trabajador y de acuerdo con el RAS título B el consumo de servicio para personal en la industria es de 100 litros /trabajador/jornada.

Por lo tanto, para efectos de los cálculos de los caudales domésticos requeridos por el personal del proyecto se toma el promedio de los tres valores de dotación neta descritos en las fuentes consultadas descritos anteriormente.

#### ➤ Dotación bruta

En el Artículo 44 de la Resolución 0330 de 2017 se establece en la **Ecuación 7-1** de la dotación bruta, donde se tiene en cuenta el porcentaje de perdidas, correspondiente a un 25%.

#### **Ecuación 7-1 Dotación bruto.**

$$D_{bruta} = d_{neta} (1 - \%p)$$

$$D_{bruta} = 107 / (1 - 25\%) = 142,67$$

$$Caudal = \frac{Población * d_{bruta}}{86400}$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta el personal requerido por el proyecto, la demanda de recurso hídrico para el proyecto se presenta en la Tabla 7-1.

**Tabla 7-1 Caudal requerido para el proyecto – uso domestico**

ETAPA	TIPO DE USO	CONSUMO APROXIMADO	AGUA RESIDUAL Fr= 85%
		L/s	L/s
Constructiva	Uso domestico	0,2377	0,2020
Operación y mantenimiento	Uso domestico	0,040	0,034
Desmantelamiento y abandono	Uso domestico	0,1651	0,1403
<b>TOTAL</b>		<b>0,4428</b>	<b>0,37638</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El agua requerida para el consumo humano del personal podrá ser comprada en garrafas y botellas plásticas en algunas cabeceras municipales o veredas cercanas al proyecto, para la obtención del agua para uso doméstico se contempla la compra del recurso a terceros autorizados que presten el servicio en el área de influencia aledaña al proyecto.

Estas empresas deberán contar con todos los permisos pertinentes para prestar este servicio, además deben contar con la autorización, disponibilidad y capacidad de abastecimiento para suplir la demanda que implica la ejecución del proyecto.

#### **7.1.1.2 Escorrentía**

Entre las estructuras propuestas a construir para garantizar el correcto manejo de la escorrentía superficial del Parque Solar fotovoltaico Heliconia 60 MW se encuentran:

##### **♦ Obras de drenaje transversales**

Debido a que en algunos lugares se requirió el cruce de las obras por pasos de vía, se proyectaron cuatro obras de drenaje transversales (ODT,) las cuales deben tener una pendiente mínima del 1 % para un Tr 50 años y en la Tabla 9-5 para un Tr 100 años.

Las obras proyectadas en el estudio buscan evitar posibles problemas de erosión por exceso de escorrentía superficial, sin embargo, debido a las pendientes de la zona y que estas áreas son pequeñas y corresponden al nacimiento de las corrientes hídricas dentro del predio de estudio, algunas zonas no se les da manejo de obras de control por considerarse una mejor opción el escurrimiento superficial natural hacia las quebradas del predio.

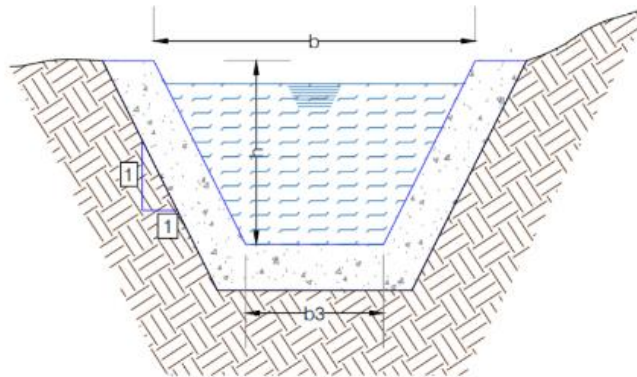
El chequeo de las capacidades hidráulicas de las ODT propuestas para un Tr 50 años para el predio Heliconias con verificación para un Tr 100 años, se pueden consultar en la tabla 9.4 de los **Anexos/Anexo3Descripción del proyecto/Hidrología/CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA PROYECTO SOLAR VOLTALIA –HELICONIAS, TOLIMA.**

##### **♦ Canales**

Este tipo de obra corresponde a aquellas obras necesarias para interceptar la escorrentía en proximidades de la base de un terraplén, respectivamente (Ministerio de Transporte, 2009).

Los canales pueden ser trapezoidales, rectangulares o triangulares. El caudal y las dimensiones se estiman con el método racional y la expresión de Manning para una sección y un revestimiento seleccionados y una topografía dada (Ministerio de Transporte, 2009). Para el caso de diseño se adopta una sección tipo tal como se muestra en la **Figura 7-1.**

Figura 7-1 Sección tipo propuesta para canales



Fuente: Voltalia Colombia S.A.S., 2024.

Las obras proyectadas en el estudio buscan evitar posibles problemas de erosión por exceso de escorrentía superficial, sin embargo, debido a las pendientes de la zona y que estas áreas son pequeñas y corresponden al nacimiento de las corrientes hídricas dentro del predio de estudio, algunas zonas no se les da manejo de obras de control por considerarse una mejor opción el escurrimiento superficial natural hacia las quebradas del predio

#### ♦ Canales escalonados

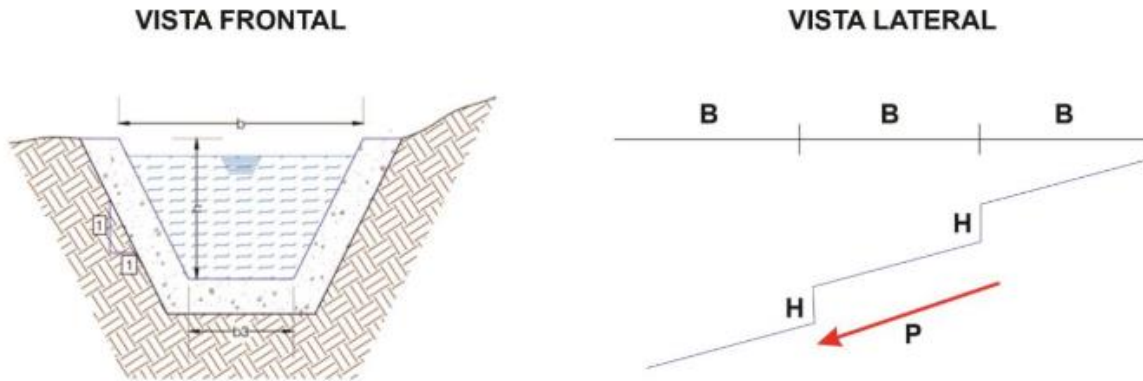
Los canales escalonados o estructuras de disipación escalonados son infraestructuras en donde el agua es transportada desde un nivel superior hasta un nivel inferior, por ende, el flujo de estos escalones se podrían dar en tres diferentes condiciones (Ministerio de Transporte, 2009).

- Flujo rasante ("skimming flow"): Para esta condición, el agua fluye sobre las esquinas externas, produciendo una recirculación del agua en la parte interna del escalón, por lo cual la reducción de energía se da, por recirculación de agua en el escalón y por impacto en el escalón aguas abajo.
- Flujo escalón a escalón ("nappe Flow"): El flujo de cada escalón sigue una trayectoria tipo jet (chorro) con un lente de aire bajo la napa, golpeando la huella del escalón aguas abajo y generando un resalto hidráulico, por lo cual, la pérdida de energía se produce por la dispersión del chorro en el aire, por la mezcla del agua en el impacto y por el desarrollo total o parcial del resalto hidráulico.
- Flujo de transición: El flujo de transición es la condición intermedia entre las dos condiciones anteriormente mencionadas, en que la napa sobre el lente de aire puede o no formarse y se produce una recirculación parcial del agua en cada Escalón.

De acuerdo con lo anterior, los canales escalonados para el presente proyecto deben ser de condición de tipo flujo escalón a escalón generando la menor amenaza y el menor costo para el presente proyecto. El caudal y las dimensiones se estiman con el método racional y la expresión de Manning para una sección y un revestimiento seleccionados y una

topografía dada (Ministerio de Transporte, 2009). Para el caso de diseño del predio Hacienda el Coco se adopta una sección con vista frontal y lateral tipo tal como se muestra en la **Figura 7-2**.

**Figura 7-2 Sección de vista frontal y lateral para tipo propuesta para canales escalonados**

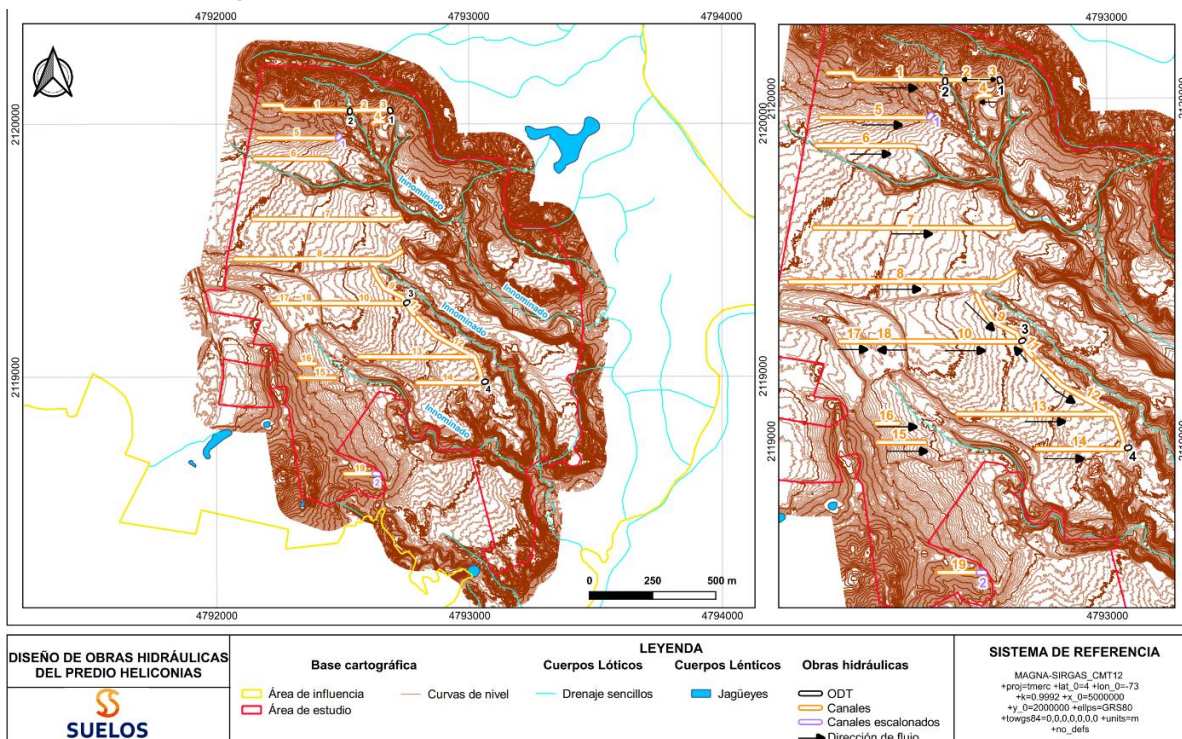


Fuente: Voltalia Colombia S.A.S., 2024.

A partir del análisis de información existente del predio hacienda El Coco se realizó el diseño de las obras hidráulicas para el manejo de agua de escorrentía superficial, es importante mencionar que durante la fase de construcción del parque fotovoltaico será necesario un levantamiento topográfico detallado que permita corroborar los resultados obtenidos en el diseño propuesto, la **Figura 7-3** muestra el diseño de obras hidráulicas propuestas para el predio Hacienda el Coco.



Figura 7-3. Diseño de obras hidráulicas del predio Hacienda el Coco



Fuente: Suelos y Geotecnia S.A.S., 2024.

### 7.1.1.3 Uso industrial

Para el uso de agua industrial se contempla su adquisición a través de comercializadoras que tengan las autorizaciones ambientales que sean requeridas y los permisos de venta vigentes. El consumo de agua por fase y actividades principales del proyecto se presenta en la **Tabla 7-2**.

Tabla 7-2 Consumo de agua por fase.

Fases del proyecto	Consumo de agua (M3)		Actividad
	Por Fase	Por Actividad	
Preoperativa	0	0	No se consideran consumos en esta etapa.
Construcción y Montaje	1121	1047,23	Concreto para cimentaciones de equipos principales.
		73,98	Consumo operacional.
Operación y Mantenimiento	108,9	14,55	Consumo operacional (anual)
		94,35	Limpieza de módulos y mantenimientos. (Semestral)
Desmantelamiento y abandono	58	30	Demolición de estructuras.
		28	Consumo operacional.

Fuente: Voltalia Colombia S.A.S., 2024.

## 7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 7.2.1 Para la exploración de las aguas subterráneas

La fase de construcción y operación del proyecto no realizará actividades de prospección y exploración para captar aguas subterráneas, por lo tanto, **no se solicitará** Permiso de Prospección y Exploración de Aguas Subterráneas.

### 7.2.2 Para la concesión de aguas subterráneas

Teniendo en cuenta lo expuesto en el Capítulo 2, Título 3, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 y el numeral 7.2.2 de los Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio del Impacto Ambiental para el proyecto parque solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 kV, el proyecto **no requiere** la concesión de aguas subterráneas para el desarrollo de este.

## 7.3 VERTIMIENTOS

El proyecto no requerirá generar vertimientos sobre fuentes naturales de agua o suelo. No obstante, se generarán aguas residuales domésticas provenientes de los baños portátiles instalados en los diferentes frentes de obra los cuales se manejarán mediante terceros autorizados, que cuenten con los respectivos permisos para su recolección, tratamiento y disposición.

El contratista deberá instalar el suficiente número de baterías de sanitarios portátiles, de acuerdo con los frentes de trabajo y teniendo en cuenta que la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, exige una unidad por cada 15 personas. Los baños deben ser diferenciados entre hombres y mujeres y cumplir con los procedimientos sanitarios recomendados por el proveedor, así como la divulgación de la ficha de utilización de estos.

En los frentes de obra con fácil acceso, se instalarán unidades sanitarias tipo satélite, las cuales cuentan con baño, lavamanos, elementos de aseo y cobertura plástica. En los frentes con difícil acceso, se podrá disponer de unidades sanitarias livianas u orinales portátiles, para las cuales se les debe armar un cerramiento temporal y ubicarse en un sitio estable para la protección de lluvias, vientos y por el bienestar de los trabajadores.

A continuación, en la **Tabla 7-3** se cuantifica la cantidad de residuos líquidos generados por las unidades sanitarias, de acuerdo con el factor de retorno para las actividades domésticas e industriales, que se estima en un 85% del valor de la cantidad de consumo de agua domestico requerido (ver numeral 7.1.1.1 Consumo humano y uso doméstico). Se considera un flujo de agua intermitente, dado que se espera que el consumo de agua no sea continuo.

**Tabla 7-3 Unidades sanitarias requeridas**

Etapas	Cantidad de personal requerido	Cantidad de unidades sanitarias requeridas	Cantidad de residuos líquidos generados l/s
Constructiva	144	10	0,2020



Etapa	Cantidad de personal requerido	Cantidad de unidades sanitarias requeridas	Cantidad de residuos líquidos generados l/s
Operación y mantenimiento	24	2	0,034
Desmantelamiento y abandono	100	6	0,1403

Fuente: SGS Colombia S.A.S.,2024

Los residuos líquidos que se generen en estas unidades sanitarias serán gestionados por la empresa prestadora del servicio de alquiler de estas, la cual deberá contar con los permisos y/o autorizaciones que sean necesarios para el transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos líquidos. Estos mantenimientos se realizarán mediante un vehículo recolector (Vactor) los cuales funcionan con mecanismo de succión, estos mantenimientos se deben realizar mínimo una vez a la semana o según sea necesario.

Durante la etapa operativa se generarán aguas residuales domésticas, principalmente por el uso de las instalaciones sanitarias por parte del personal de vigilancia, seguimiento y mantenimiento de la Planta Solar, las aguas residuales domésticas serán llevadas a un sistema séptico convencional donde se hará un pretratamiento para su posterior transporte y disposición con terceros autorizados. Los lodos provenientes de la limpieza y mantenimiento del tanque de pretratamiento serán entregados a un tercero autorizado para su manejo y disposición final.

Los residuos líquidos domésticos generados durante la etapa de desmantelamiento, recuperación y cierre estarán representados principalmente por los residuos sanitarios provenientes de los frentes de obra, los cuales serán manejados mediante unidades sanitarias portátiles que serán entregadas a empresas licenciadas y debidamente autorizadas para el manejo y disposición de estos residuos.

En un eventual proceso de estancamiento de aguas escurrientía, se tiene contemplado el desarrollo de sistema de drenaje como se describe en el capítulo 3. Descripción del proyecto en el ítem 3.2.4.1.1 Vías de Acceso, el cual contemplara el desarrollo de obras de drenaje transversales, y canales escalonados para la evacuación del agua que cae por precipitación y la retención de sedimentos.

## 7.4 OCUPACIONES DE CAUCES.

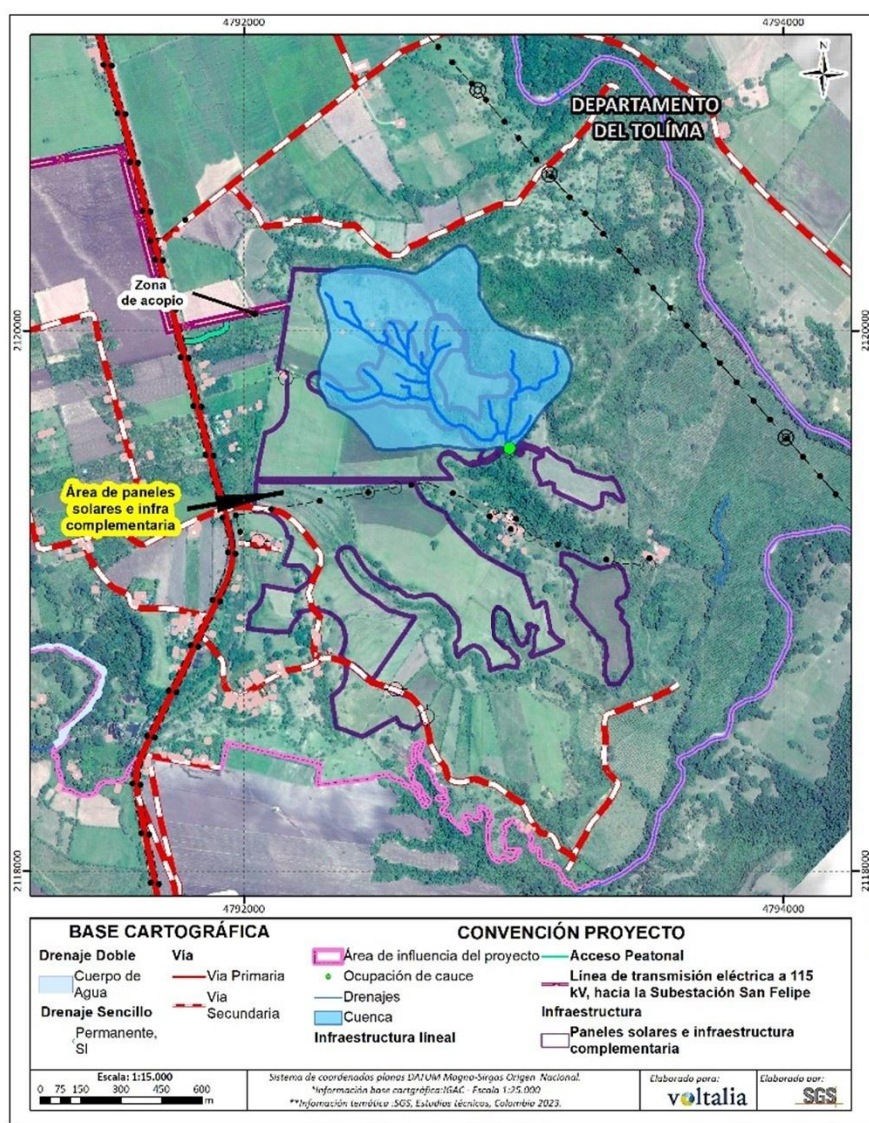
El proyecto del Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe requiere de la solicitud de permiso de ocupación de cauce conforme a la construcción de una vía interna del proyecto la cual tiene una intervención directa sobre un cauce, por lo tanto, en el presente capítulo se presenta el análisis hidrológico e hidráulico de las condiciones del drenaje a intervenir, las cuales fundamentan el diseño técnico de la obra.

Tabla 7-4 Ocupación de cauce

ID	Cuerpo de agua	Municipio	Coordenadas Origen Único Nacional	
			Este (m)	Norte (m)
OC1	Drenaje intermitente	Armero	4792985.06	2119564.15

Fuente: SGS Colombia S.A.S.,2024

Figura 7-4 Localización de la unidad hidrográfica objeto de ocupación



Fuente: SGS Colombia S.A.S.,2024

#### 7.4.1 Análisis de dinámica fluvial

El análisis de dinámica fluvial comprende el estudio de las variables morfológicas dependientes e independientes de los cuerpos de agua en las zonas de ocupación de cauce. Las variables independientes corresponden al caudal y al volumen de sedimentos transportados; mientras que las variables dependientes están representadas por la sección transversal, la forma en planta, la pendiente longitudinal y tamaño representativo del sedimento.

##### 7.4.1.1 Características hidráulicas

En esta sección se presentan las características hidráulicas y varias variables morfológicas: geometría de la sección, representada por el ancho superficial, el área y la profundidad hidráulica, y la pendiente o perfil longitudinal. Las características hidráulicas del cuerpo de agua en el sitio de ocupación se obtuvieron de la modelación hidráulica en HEC-RAS y los datos representativos se resumen en la **Tabla 7-5**.

**Tabla 7-5 Características hidráulicas del cuerpo de agua en el sitio dfe**

Zona de ocupación	Caudal TR2 (m³/s)	Ancho (m)	Prof. (m)	Área (m²)	W/d	Pendiente (m/m)	Velocidad media* (m/s)
OC1	1.60	9.79	0.21	1.37	46.61	0,0306	1.17

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

En la se muestran los valores estimados de diferentes parámetros hidráulicos para un caudal período de retorno de 2 años que puede asociarse al caudal formativo; es decir, el caudal teórico que puede producir los mismos cambios geométricos en el cauce que el régimen natural de caudales.

Tabla 7-6. Registro fotográfico del sitio de ocupación de cauce



Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

#### 7.4.1.2 Caracterización morfológica

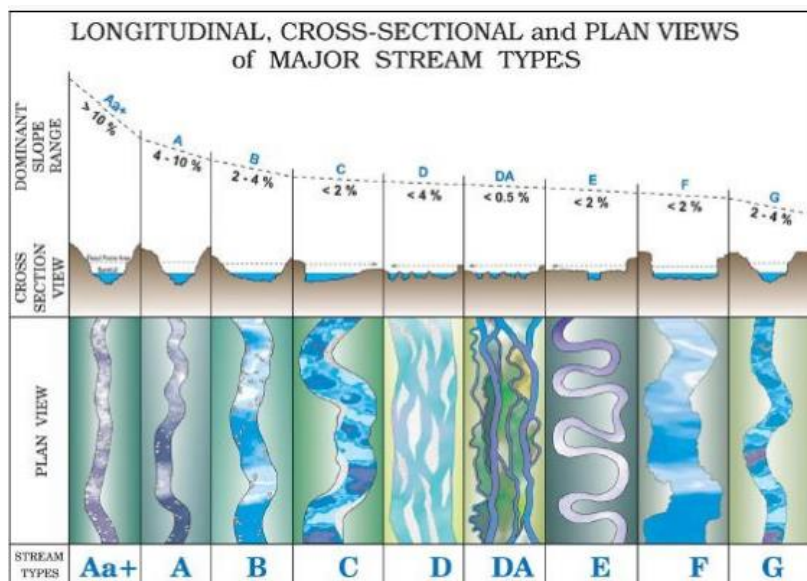
Para analizar la estabilidad actual de los cauces se utilizó la clasificación de Rosgen (1994)<sup>1</sup> que es ampliamente aceptada para este tipo de estudios y se basa en el análisis detallado de 450 ríos alrededor del mundo. La principal utilidad de la clasificación de Rosgen es la habilidad de predecir el comportamiento de una corriente de agua, información necesaria a la hora de realizar evaluaciones de impacto, análisis de riesgo y programas de manejo integral.

Para aplicar la metodología de Rosgen, se miden directa o indirectamente características morfológicas de la corriente objeto de estudio y con estos valores se clasifica la corriente en alguna de las tipologías propuestas (Ver **Figura 7-5**; **Figura 7-6**). Algunas de las características de interés son la pendiente, la relación ancho superficial y profundidad, la sinuosidad y el grado de atrincheramiento de la sección transversal típica.

<sup>1</sup> Rosgen, D.(1994). A Classification of Natural Rivers. ELSEVIER Science.

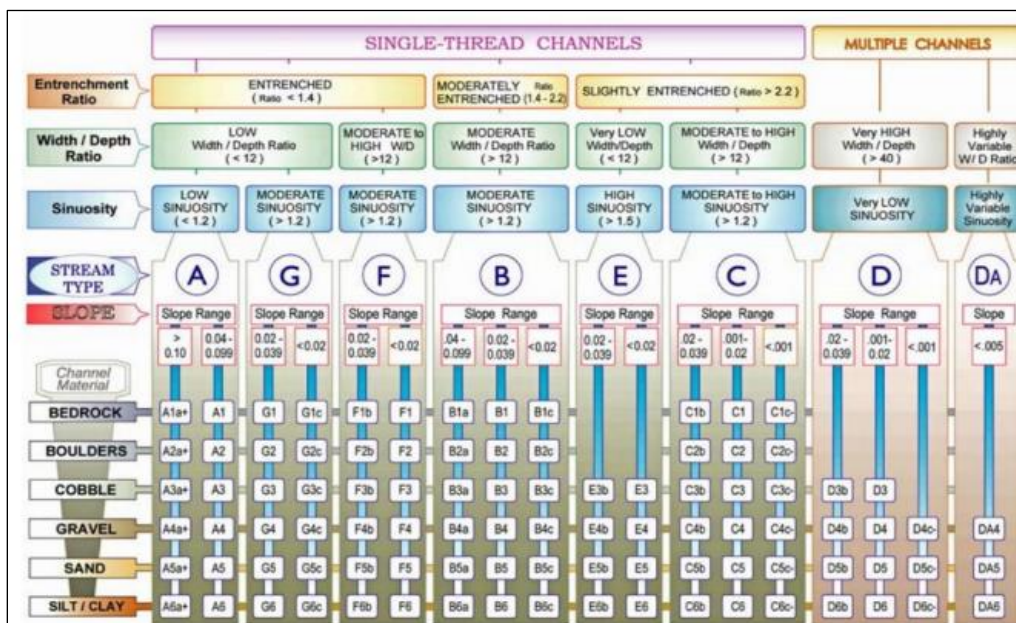


Figura 7-5. Clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994)



Fuente: Rosgen, 1994.

Figura 7-6. Diagrama de clasificación de corrientes naturales de acuerdo con Rosgen (1994).



Fuente: USDA (2007)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> USDA. (2007). Rosgen Stream Classification. Technical Supplement 3E

- Forma en planta

Se realizó un análisis multitemporal con el objetivo de estudiar la variación en el tiempo del alineamiento del cuerpo de agua en la zona de ocupación de cauce. A continuación, se detalla lo encontrado para la ocupación de cauce, donde el dimensionamiento del río permite identificar los cambios a escala normal de las imágenes utilizadas.

**Tabla 7-7. Análisis multitemporal del sitio de ocupación de cauce**

2024	2017
	
2013	
	

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

Como se observa anteriormente desde la multitemporalidad, en el sitio de ocupación de cauce se presenta una capa de cobertura vegetal asociada a la dinámica fluvial que da indicios del tránsito de agua sobre el cauce, donde de acuerdo con las visitas en campo,

corresponde a un cuerpo de agua intermitente, donde se observa una geoforma asociada a la dinámica, con arrastre de sedimentos y material vegetal en sus orillas muy característicos de estos cuerpos de agua. Por lo tanto, desde las condiciones hidrológica, se propone el diseño de un baden trapezoidal puesto que se trata de un cuerpo intermitente con baja tendencia a la movilidad lateral y poca dinámica fluvial.

#### 7.4.1.3 Características morfométricas

Siguiendo la misma metodología de caracterización morfométrica del capítulo 5.1.6. Hidrología del presente Estudio, se estima la morfométrica de la cuenca aferente al sitio de ocupación de cauce. En el **Anexo 6.2 Ocupacion de cauce/6.2.1. Morfometría** se detalle su cálculo

**Tabla 7-8. Morfometría de la unidad hidrográfica objeto de ocupación**

ID	Área (km <sup>2</sup> )	P (km)	Kc	IA	Cota máxima (m.s.n.m.)	Cota mínima (m.s.n.m.)	Pendiente (m/m)
OC1	0.49	2.90	1.17	1.014	289	288	0.002

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

#### 7.4.1.4 Características geológicas y geomorfológicas

En la **Tabla 7-9** se presentan las unidades geomorfológicas y geológicas del sitio de ocupación de cauce las cuales se relacionan directamente con la dinámica fluvial del cauce. (**Figura 7-7; Figura 7-8**).

Tabla 7-9. Unidades geomorfológicas y geológicas en la ocupación de cauce

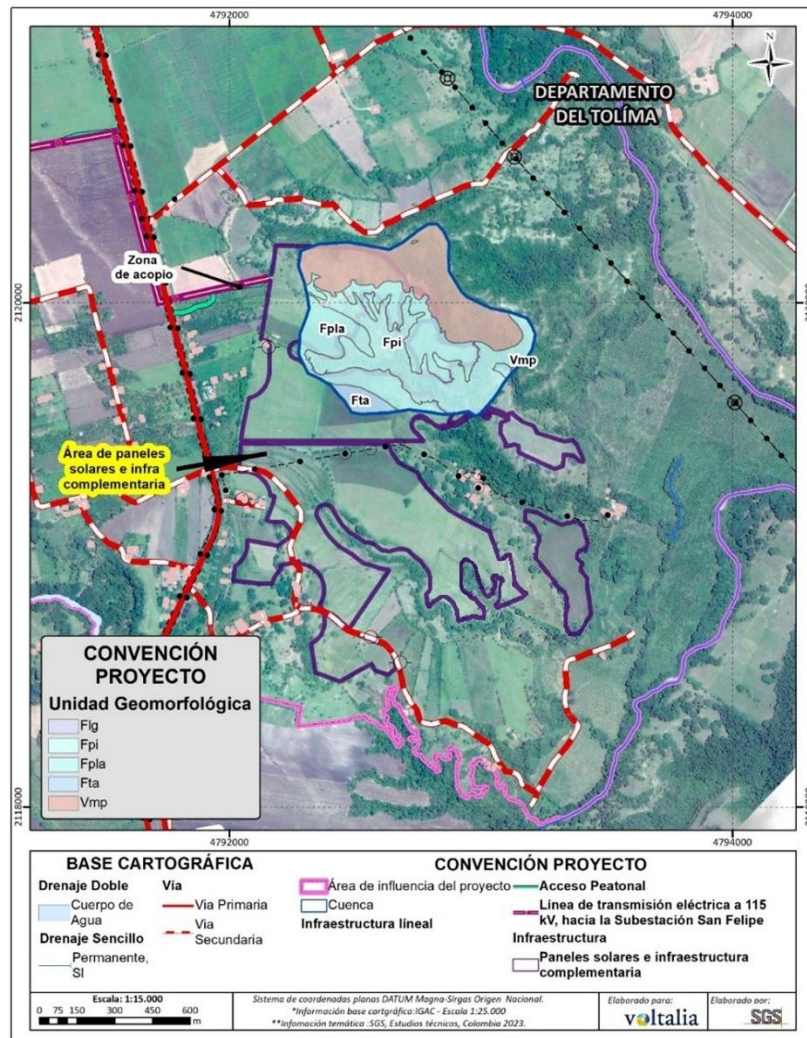
UNIDAD GEOMORFOLÓGICA				UNIDAD GEOLÓGICA		
AMBIENTE	NOMBRE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Fluvial	Plano o Llanura de Inundación	Fpi	Superficies de morfología plana, eventualmente inundable por las crecientes normales o interanuales. Se localizan bordeando el Río Cuamo y los principales drenajes del área del Parque Solar Heliconia en la Hacienda los Cocos y los Limonares	Depósitos Aluviales	Qa	Sedimentos recientes, sueltos, que son transportados y depositados a lo largo de diferentes corrientes. Incluyen los depósitos del lecho de canal, barras de tipo puntual y longitudinal y depósitos de planos de inundación
	Terraza de Acumulación	Fta	Plano de morfología suavemente ondulada y plana, que se encuentra bordeando a lo largo del cauce del Río Cuamo y las principales quebradas del área de influencia. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación fluvial dentro de antiguas llanuras de inundación	Depósitos de Terraza Aluviales	Qt	Sedimentos conformados por materiales muy gruesos tipo gravas, guijos y guijarros, y sedimentos de tamaño tipo limo con presencia de arcillas
	Planicie y Delta Lacustrino	Fpla	Planicie extensa de morfología levemente ondulada y con una inclinación de (3-5°) que exhibe un aspecto aterrazado. Esta unidad es producto de la acumulación de materiales transportados por desplazamiento lateral del cauce de ríos y quebradas principales	Grupo Honda	Tsh	Secuencias de conglomerados arenosos, arenitas medias a gruesas y algunos niveles predominantes de limolitas rojizas



UNIDAD GEOMORFOLÓGICA				UNIDAD GEOLÓGICA		
AMBIENTE	NOMBRE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN
Volcánico	Manto de Piroclastos	Vpm	Plano de pendiente inclinada, localmente aterrazado, de morfología suavemente ondulada, debido al modelado del relieve preexistente por el manto de material piroclástico, conformado por una serie de colinas aterrazadas, con laderas inclinadas a muy inclinadas de corta a mediana longitud y crestas irregulares a planas.	Formación Mesa	Tsm	capas de arenas tobáceas, arcillolitas de color blanco y grisáceas; además se presenta cantos de roca efusiva y fragmentos de pumitas

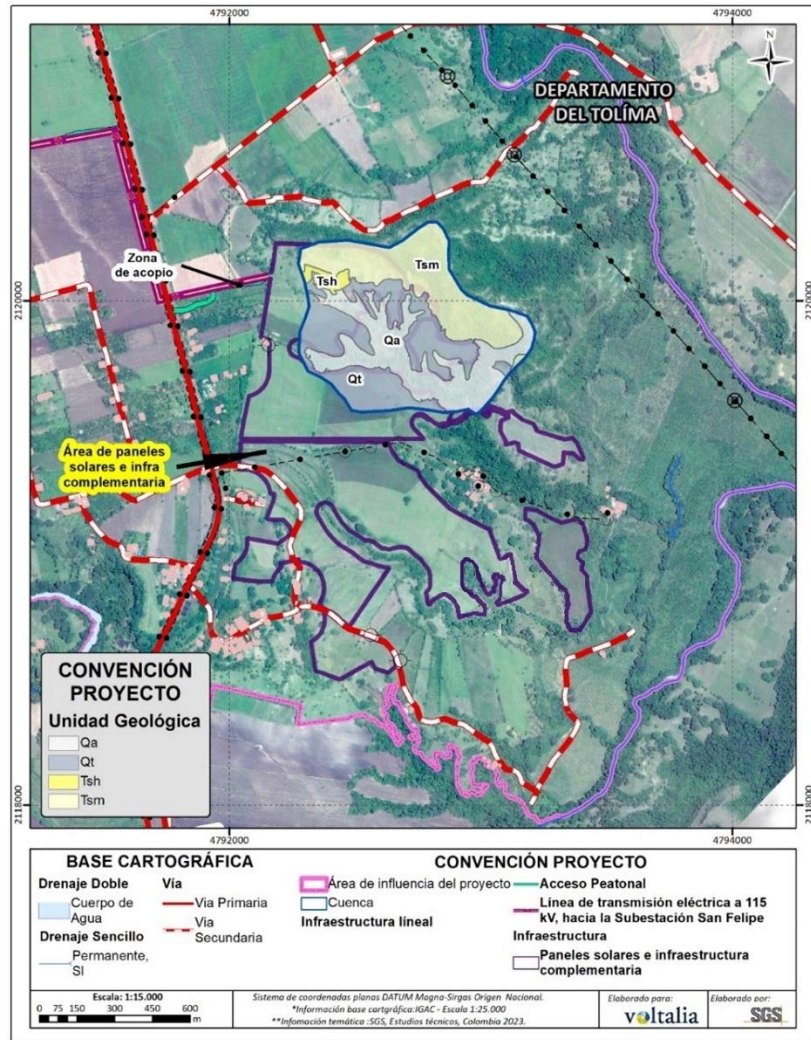
Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

Figura 7-7 Unidades geomorfológicas en el sitio de interés



Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

Figura 7-8 Unidades geológicas de interés



Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

## 7.4.2 Análisis de frecuencia de caudales máximos

Para el análisis de frecuencias de caudales máximos en la unidad hidrográfica, teniendo en cuenta que es una cuenca de un área menor de  $<2.5 \text{ km}^2$  se aplica el método racional para estimar estos caudales

### 7.4.2.1 Método racional

El cálculo de los caudales máximos instantáneos para estas corrientes de agua se ha definido a través del método Racional. El método o fórmula Racional se utiliza ampliamente para áreas de drenaje de hoyas hidrográficas, como ya ha sido mencionado anteriormente, hasta aproximadamente  $2.5 \text{ km}^2$ .

El referido método está expresado en la **Ecuación 7-2**:

**Ecuación 7-2. Método Racional**

$$Q = 0.2778 C i A$$

En la cual:

Q: Caudal máximo de descarga de escorrentía superficial, m<sup>3</sup>/s

C: Coeficiente de escorrentía, valor adimensional

i: Intensidad de lluvia, mm/h.

A: Área de drenaje, km<sup>2</sup>.

El valor de la intensidad de lluvia depende del tiempo de concentración de ésta, de la frecuencia del aguacero de diseño con el cual se diseñen las obras que transportarán la escorrentía superficial, y de la precipitación misma caída durante el mencionado aguacero. Las curvas intensidad – duración - frecuencia fueron deducidas para estos estudios. Con el fin de definir la influencia de las estaciones pluviométricas ya mencionadas, y específicamente sus respectivas curvas intensidad – duración – frecuencia, sobre las hoyas hidrográficas que atraviesa la vía, se trazaron los polígonos de Thiessen.

El coeficiente de escorrentía C se define como la relación entre el volumen de agua escurrido superficialmente y el volumen de agua precipitado. Este coeficiente depende claramente de las características de drenaje de la hoya estudiada.

Se adoptó el coeficiente de escorrentía según a la revisión bibliográfica realizada. A partir de las intensidades, el área, los coeficientes de escorrentía determinados y la pendiente del cauce, se hallaron los caudales máximos instantáneos mediante la fórmula del Método racional, explicada anteriormente en este informe.

➤ **Coeficiente de escorrentía**

Para estimar el coeficiente de escorrentía (C) se toman las coberturas delimitadas dentro de la caracterización del área de influencia en el componente biótico del presente Estudio, toda vez, que unidad hidrográfica de análisis se encuentra dentro del área de influencia del proyecto, lo cual garantizar una escala adecuada de análisis respecto al valor a estimar. (Ver **Tabla 7-10**)

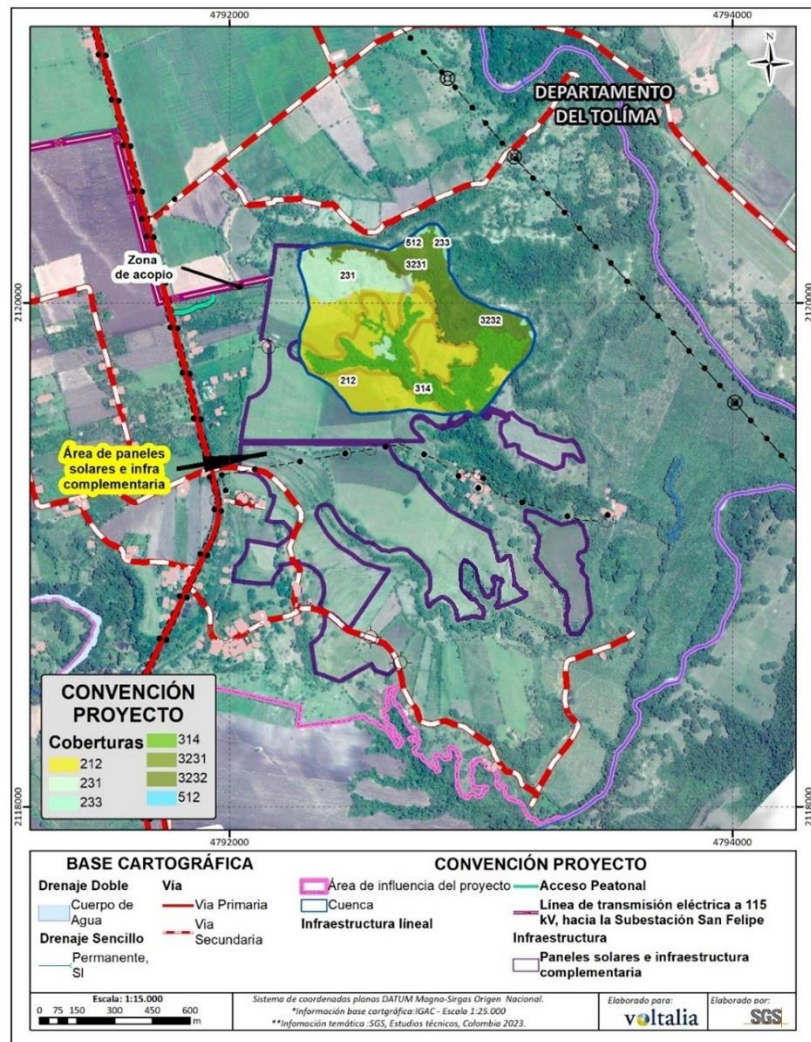
**Tabla 7-10. Estimación del coeficiente de escorrentía (C)**

COBERTURA	AT (km²)	A	COBERTURA SGS	ÁREA TOTAL	% ÁREA TOTAL	C	C PONDERA DO
Bosque de galería y/o ripario	0.49	0.1175	Bosque	0.118	24%	0.39	0.29
Lagunas, lagos y ciénagas naturales		0.000198	Cuerpos de agua	0.000	0%	0.9	
Cultivos transitorios		0.194738	Pastizales o pastos naturales	0.269	55%	0.25	
Pastos enmalezados		0.006071	Pastizales o pastos naturales				
Pastos limpios		0.068018	Pastizales o pastos naturales				
Vegetación secundaria alta		0.068531	Herbáceo mezcla de hierba	0.107	22%	0.28	
Vegetación secundaria baja		0.038117	Herbáceo mezcla de hierba				

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024



Figura 7-9 Coberturas de la unidad hidrográfica objeto de ocupación



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

### ➤ Intensidad de lluvia (mm/h)

En cuanto a la intensidad de la lluvia, de acuerdo con la distribución de estaciones pluviométricas en la zona, se toma como referencia la estación Potosí que se encuentra a una distancia de 3 km de la unidad hidrográfica objeto de ocupación, a partir de la cual se construye la curda de intensidad-duración-frecuencia (IDF) la cual permite estimar la intensidad de la lluvia en relación con el tiempo de concentración de la cuenca.

La metodología para calcular la intensidad corresponde a la descrita en el Manual de Drenaje de Instituto Nacional de Vías – INVIAS. La expresión **Ecuación 7-3** resultante está dada por:

Ecuación 7-3 Intensidad de precipitación

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

I : Intensidad de precipitación (mm/h)

T: Período de retorno (años)

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia (min)

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión (Ver **Tabla 7-11**)

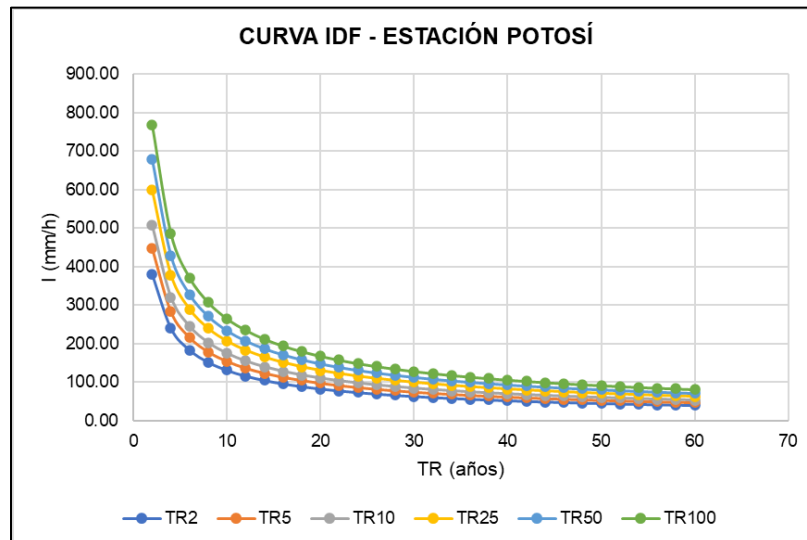
**Tabla 7-11. Parámetros de regresión regionalizados**

Región	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquia	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: Manual de Drenajes INVIAS

Teniendo en cuenta que la estación pluviométrica de referencia se encuentra en la región Andina, se toman estos parámetros para construir la curva IDF (Ver **Figura 7-7**)

**Figura 7-10. Curva IDF – Estación Potosí**



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

### ➤ Caudales máximos

Teniendo el coeficiente de escorrentía y la intensidad de la lluvia para el tiempo de concentración de la cuenca se procede a aplicar la formula del método racional (Ver **Ecuación 7-2**).

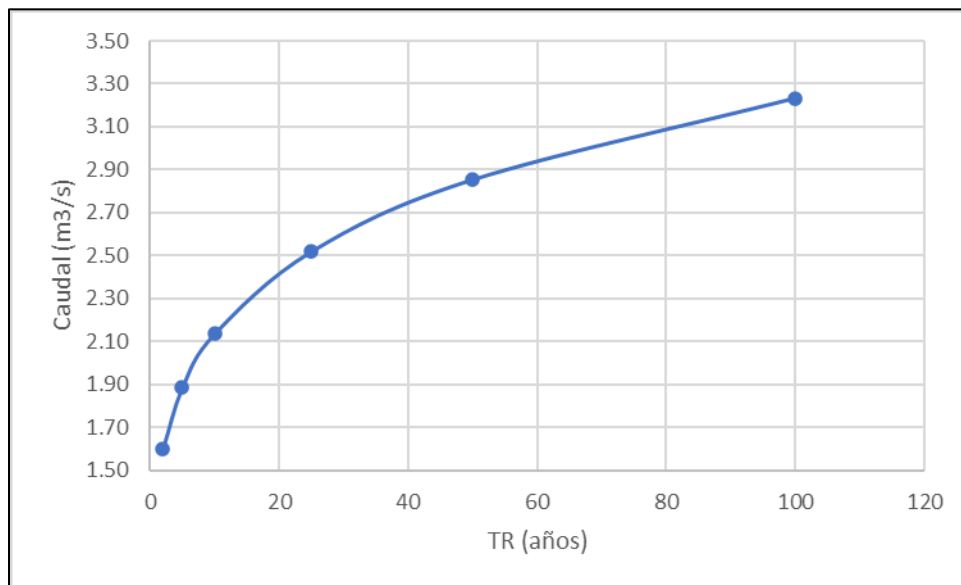
En la **Tabla 7-12** y en la **Figura 7-11** se observan los caudales máximos para la ocupación de cauce.

**Tabla 7-12. Estimación de caudales máximos para el sitio de ocupación de cauce**

C	A (km <sup>2</sup> )	INTENSIDAD (mm/h)						CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)					
		2	5	10	25	50	100	2	5	10	25	50	100
0.29	0.49	40.24	47.46	53.76	63.40	71.83	81.37	1.60	1.88	2.14	2.52	2.85	3.23

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

**Figura 7-11. Caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno**



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

En el **Anexo 6.2 Ocupacion de cauce/Anexo 6.2.2. Método racional** se presenta la aplicación del método para el cálculo de caudales máximos

### 7.4.3 Tránsito hidráulico

Los cálculos hidráulicos para el tramo en estudio se enfocan en determinar la altura de la lámina de agua, la cota correspondiente y la velocidad de flujo, para el caudal de diseño en el sitio de interés. Con el objeto de disponer de la información de campo necesaria en los



cálculos, se llevaron a cabo levantamientos topográficos de las secciones transversales del río en la zona de estudio.

Con base en tal información se determinó la pendiente longitudinal del cauce y el coeficiente de rugosidad se estimó con base en las observaciones efectuadas durante la visita de campo. Para analizar el comportamiento de flujo en el río, se empleó el modelo HEC-RAS 6.4.1., para el cual se describen a continuación los aspectos teóricos más relevantes.

Los análisis hidráulicos tuvieron como propósito proporcionar la información hidráulica básica requerida para determinar el nivel máximo de agua para los períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Considerando lo anterior, se procedió a determinar a lo largo del tramo, los parámetros como nivel, profundidad, velocidad, esfuerzo cortante, radio hidráulico, pendiente de la línea de energía, número de Froude, etc. Para tal efecto, se calcularon los perfiles hidráulicos a lo largo del tramo utilizando el modelo HEC-RAS, tal como se describe a continuación.

#### **7.4.3.1 Descripción del modelo HEC-RAS**

El modelo HEC RAS es un modelo desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (HEC). El modelo permite calcular los perfiles hidráulicos para flujo permanente gradualmente variado en el tramo de un río tanto en régimen subcrítico como supercrítico o mixto. El procedimiento computacional se basa en la solución de la ecuación de energía, en el que las pérdidas de energía se calculan mediante la ecuación de Manning, y las pérdidas por expansión y contracción se evalúan afectando el cambio en cabezas de velocidad por el coeficiente correspondiente<sup>3</sup>

El modelo permite considerar el efecto de obstrucciones del flujo de estructuras como puentes, alcantarillas o vertederos. Como se describe en el manual de hidráulica del modelo (HEC-RAS Hydraulic Reference Manual), los perfiles hidráulicos se calculan de una sección transversal a la siguiente aplicando el método de los pasos estándar. En el manual de hidráulica del modelo (HEC-RAS Hydraulic Reference Manual), se presenta una descripción detallada de las ecuaciones y procedimientos utilizados por el modelo en el cálculo de los perfiles hidráulicos y de los diferentes parámetros hidráulicos de interés para la modelación.

El programa HEC-RAS es considerado en la actualidad como el modelo más ampliamente usado en la determinación de perfiles de flujo en canales naturales o construidos. El procedimiento básico de cálculo que emplea está sustentado en la solución de la ecuación de energía unidimensional, y evalúa la pérdida de energía debida a la fricción por medio de la ecuación de Manning. Lo expresado en esta sección se basa en el manual de referencia hidráulica del programa HEC-RAS

El modelo permite entre otros, obtener el perfil de las láminas de agua en un tramo y secciones transversales de un río o canal, correspondientes a diferentes caudales para condiciones de flujo, subcrítico, crítico o supercrítico, así como conocer la distribución de las velocidades de cada sección. Este modelo simula la hidráulica del flujo para canales de

---

<sup>3</sup> U.S. Army Corps of Engineers. HEC-RAS Hydraulic Reference Manual. 2016. p 1-2

cualquier tipo de sección transversal bajo condiciones de flujo gradualmente variado, opera de acuerdo con la ecuación de energía (Ver **Ecuación 7-4**)

**Ecuación 7-4. Ecuación de energía**

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 * \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 * \frac{V_1^2}{2g} + He$$

Donde:

Y1, Y2 = Profundidades del agua, aguas abajo (1) y aguas arriba (2) del tramo considerado, este término denominado cabeza de presión, en m.

Z1, Z2 = Nivel del fondo de canal aguas abajo (1) y aguas arriba (2) del tramo considerado, este término cabeza de posición, en m.

$V^2/2g$  = Cabeza de velocidad aguas abajo (1) y aguas arriba (2) del tramo considerado, este término cabeza de velocidad, en m.

He = Pérdidas de energía en el tramo; se dividen en pérdidas por fricción ( $h_f$ ) y pérdidas localizadas ( $h_l$ ), en m.

El modelo puede expresar las pérdidas por fricción ( $h_f$ ) en un tramo de longitud (L) para flujo gradualmente variado por medio de la ecuación de Manning según la expresión mostradas en la **Ecuación 7-5** y **Ecuación 7-6**

**Ecuación 7-5. Pendiente por fricción**

$$S_f = \frac{h_f}{L}$$

**Ecuación 7-6. Pérdidas por fricción**

$$S_f = \left( \frac{S_{f1} - S_{f2}}{2} \right) L$$

El HEC-RAS toma por defecto la ecuación No. 2.13 del manual de referencia hidráulica. Esta ecuación corresponde a la **Ecuación 7-7**

**Ecuación 7-7. Pendiente por fricción por defecto del modelo HEC-RAS**

$$S_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

Dónde:

Sf1 + Sf2 corresponden a los valores de pendiente de la línea de energía aguas arriba (2) y aguas abajo (1) del tramo de longitud L considerado. Estos valores el modelo los expresa por medio de la ecuación de Manning para flujo uniforme en cada sección del tramo según la **Ecuación 7-8**

**Ecuación 7-8. Pendiente por fricción para flujo uniforme**

$$S_f = \left( \frac{n - V^2}{R^{\frac{4}{3}}} \right)$$

Donde:

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning.

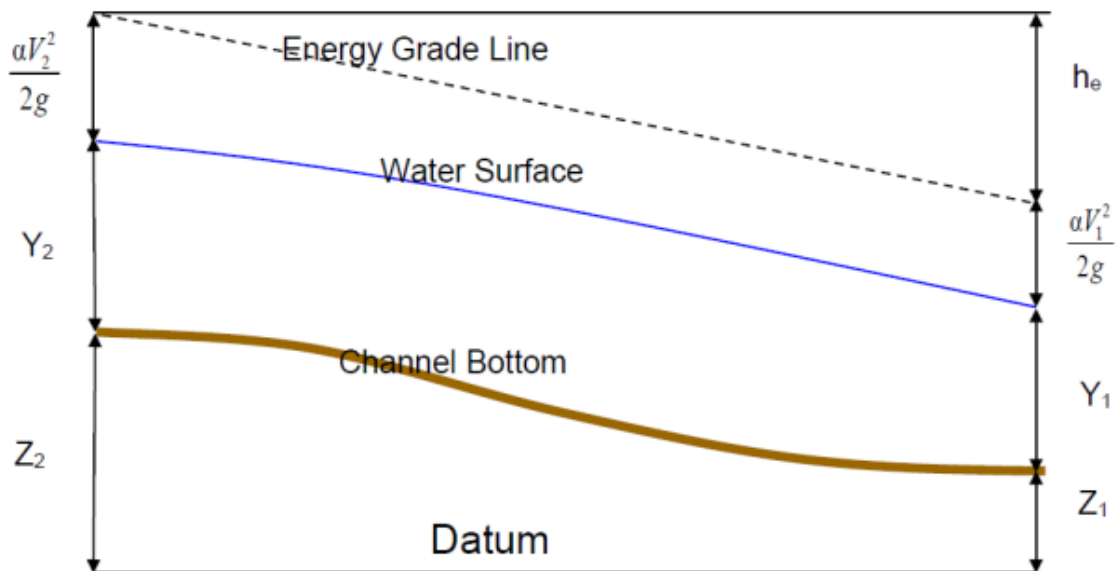
$V$  = Velocidad promedio del agua en la sección, en m/s.

$R$  = Radio hidráulico, en m;  $R = A/P$ .

$A$  = Área hidráulica, en m<sup>2</sup>.

$P$  = Perímetro mojado, en m.

**Figura 7-12. Diagrama de canal para determinar ecuación de energía**



Fuente: U.S. Army Corps of Engineers (2016).

Las pérdidas localizadas por contracción o expansión se expresan mediante la **Ecuación 7-9**

**Ecuación 7-9. Pérdidas localizadas**

$$h_L = C * \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

Dónde

$C$  = Coeficiente de pérdidas por contracción o expansión, adimensional.

$V$  = La velocidad promedio del agua, aguas arriba (2) y aguas abajo (1).

El coeficiente de pérdidas localizadas por contracción y expansión graduales de la corriente de agua se tomaron iguales a 0.10 y 0.30 respectivamente para las transiciones abruptas, los coeficientes expansión y contracción son 0.30 y 0.50.

#### 7.4.3.2 Parámetros del modelo hidráulico

El modelo hidráulico HEC-RAS requiere de unos datos de entrada adicionales a la topografía representada en las secciones transversales de cada una de las ocupaciones de cauce. Estos datos de entrada corresponden a las condiciones del cauce representado en el coeficiente de rugosidad de Manning, la pendiente longitudinal del cauce en el tramo de estudio y el régimen de flujo que se presentan en la **Tabla 7-13**

**Tabla 7-13. Valores de los datos de entrada para el modelo hidráulico**

Parámetro	OC1
Coeficiente de rugosidad del cauce	0,040
Coeficiente de rugosidad en las orillas	0,045
Pendiente longitudinal (m/m)	0,030
Régimen de flujo para la modelación	Mixto

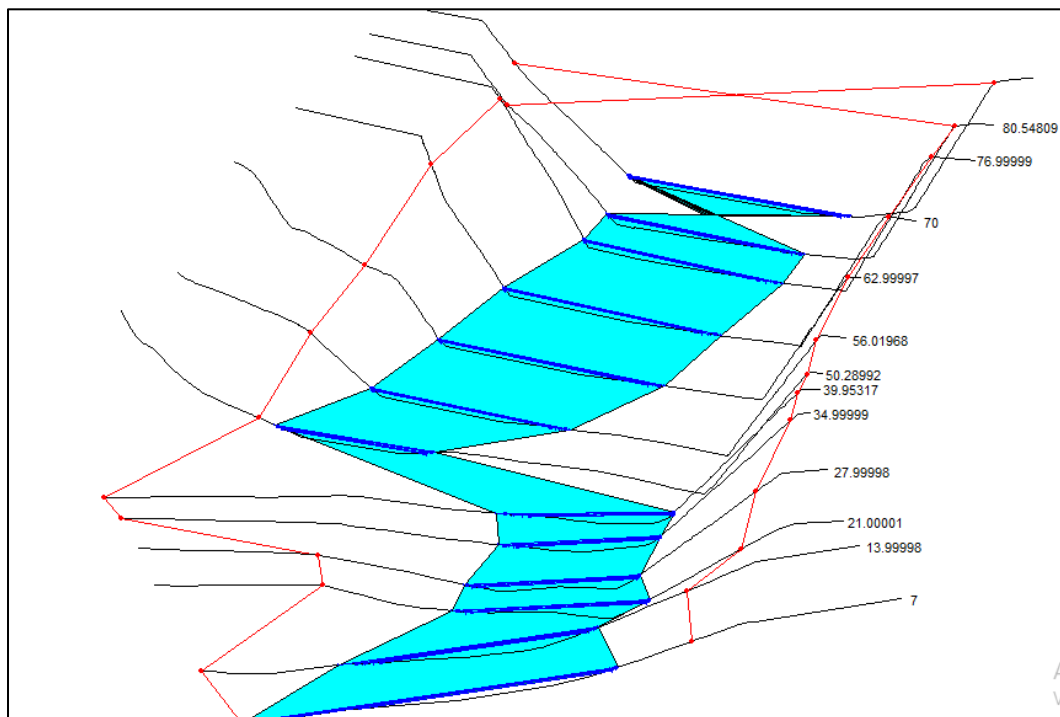
Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

#### 7.4.3.3 Cálculo y resultado del modelamiento hidráulico

Dado el volumen de resultados, se presenta la modelación HEC-RAS en el **Anexo 6.2 Ocupacion de cauce/Anexo 6.2.3. Modelo HECRAS**. El modelo presenta resultados mediante los siguientes elementos:

- ✓ Secciones Transversales: Corresponde a cada una de las secciones transversales empleadas para el modelo hidráulico; en ellas se muestra gráficamente la altura de lámina de agua, la altura crítica y la altura de la línea de energía; para el caudal de diseño
- ✓ Perfil Longitudinal: Es la sección longitudinal del cauce entre la sección más aguas arriba y más aguas abajo. En este perfil se muestran, igualmente, la altura de lámina de agua, la altura crítica y la altura de la línea de energía para cada uno de los caudales modelados de manera gráfica.

Figura 7-13. Esquematzación del tramo de modelamiento hidráulico



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

En la **Figura 7-14** y **Figura 7-15** se muestran de manera numérica los resultados de la modelación hidráulica

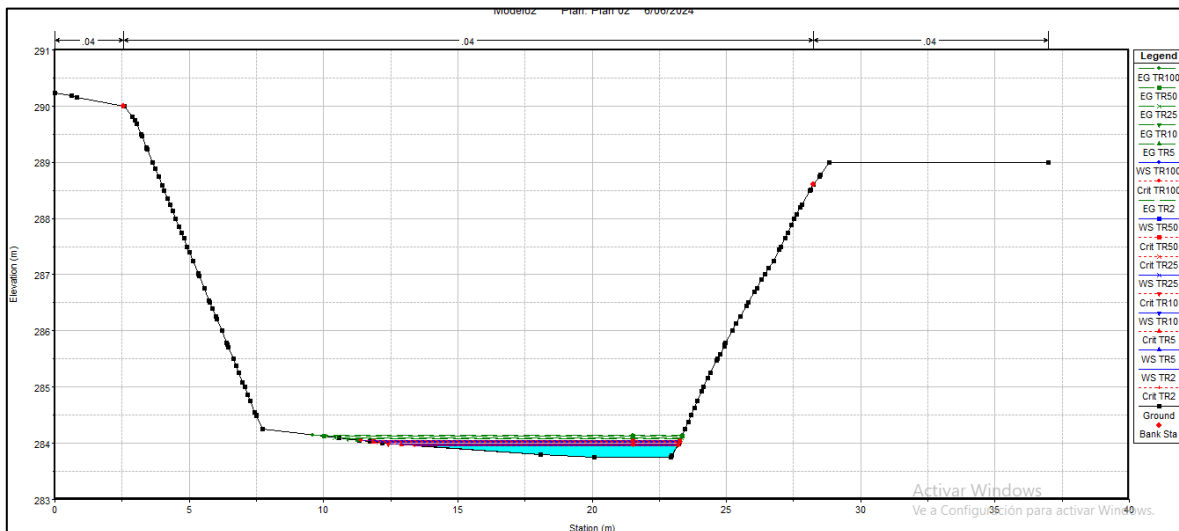
Figura 7-14. Resultados del modelo hidráulico para TR2 en la sección del punto de torre 10

Plan: Plan 02 Quebrada 1 1 RS: 76.99999 Profile: TR2					
E.G. Elev (m)	284.03	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	283.96	Reach Len. (m)	20.87	7.00	7.06
Crit W.S. (m)	283.96	Flow Area (m2)		1.37	
E.G. Slope (m/m)	0.030696	Area (m2)		1.37	
Q Total (m3/s)	1.60	Flow (m3/s)		1.60	
Top Width (m)	9.79	Top Width (m)		9.79	
Vel Total (m/s)	1.17	Avg. Vel. (m/s)		1.17	
Max Chl Dpth (m)	0.21	Hydr. Depth (m)		0.14	
Conv. Total (m3/s)	9.1	Conv. (m3/s)		9.1	
Length Wtd. (m)	7.00	Wetted Per. (m)		9.87	
Min Ch El (m)	283.75	Shear (N/m2)		41.66	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		48.82	
Frctn Loss (m)	0.22	Cum Volume (1000 m3)		0.09	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.53	

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024



Figura 7-15. Lámina de agua en la sección de ocupación de cauce



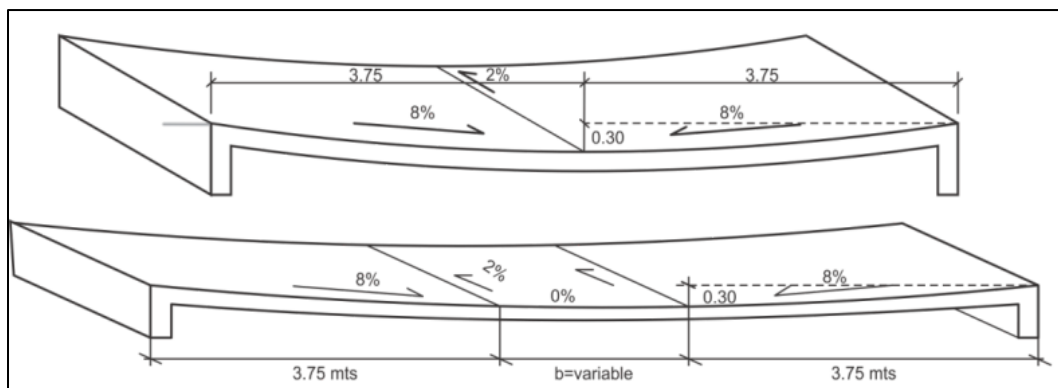
Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

## 7.4.4 Descripción de la obra de ocupación

### 7.4.4.1 Badén

Estas estructuras superficiales, muy usadas en vías terciarias, generalmente construidas en concreto, permiten simultáneamente el paso del tránsito vehicular y de pequeñas quebradas o arroyos. (Ver **Figura 7-16**).

Figura 7-16. Badén de referencia



Fuente: Manual de Drenajes de INVIAS.

Su diseño corresponde al de un canal asumiendo flujo uniforme (expresión de Manning), verificando que la lámina o nivel de agua no supere una altura de 30 cm para un caudal de diseño con periodo de retorno de 2 años.

Teniendo en cuenta los criterios de diseño para este tipo de obras descritos en el manual de Drenajes de INVIAS, en la **Tabla 7-14** se presenta el fundamento de cálculo de diseño del Baden

**Tabla 7-14. Diseño del Baden Trapezoidal**

BASE DE CALCULO PARA EL DISEÑO DE BADEN TRAPEZOIDAL		
Caudal (m³/s)	1.6	Modelamiento hidráulico
Coeficiente de rugosidad (n)	0.013	Coeficiente para concreto
Pendiente del canal (dirección del flujo)	0.02	INVIAS
Pendiente de los taludes del canal (S)	0.08	INVIAS
Profundidad (m)	0.0961	OBJETIVO USANDO SOLVER
Base del canal (m)	6	Tentativo
área de la sección transversal (m²)	0.6566	$A=h(b+(z/h))$
	1.00319	$\sqrt{1+z^2}$
Perímetro mojado (m)	6.19281	$P=b+2h\sqrt{1+z^2}$
Radio hidráulico	0.10603	$R=A/P$
Comprobación del caudal con la ecuación de manning	1.60	$Q=1/n * A * R^{2/3} * S^{1/2}$
Borde libre (m)	0.3	
profundidad total del baden (m)	0.3961	
Profundidad de diseño	0.4	
Ancho total	16.00	

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

#### 7.4.4.2 Empuje horizontal del terreno

La teoría de Rankine (ver **Ecuación 7-10**) propone el cálculo de un coeficiente de empuje lateral activo con el uso del ángulo de fricción interna  $\Phi$ . El ángulo de fricción identificado según el tipo de suelo es de  $25^\circ$ , lo cual indica la resistencia interna del suelo.

##### Ecuación 7-10. Teoría de Rankie

$$Ka = \tan^2 (45 - \frac{\phi}{2})$$

$$Ka = \tan^2 (45 - 25^\circ / 2) = 0.405$$

Esfuerzo en la zona superior e inferior del muro por presión lateral del terreno

$$Ehsup = Ka * (\gamma_{Suelo} * H_{suelo} + \gamma_{Placa\ huella} * H_{placa\ huella})$$

$$Ehsup = 0.405 * (18.6 \text{ KN } m^3 * 0.30m + 24 \text{ KN } m^3 * 0.35m) \rightarrow 5.661 \text{ KN/m}^2$$

### ✓ Carga de agua

Se deben considerar dos situaciones alcantarilla vacía y alcantarilla con un flujo total o Alcantarilla llena. En la parte superior de la alcantarilla la presión es cero, para calcular la presión en el fondo. (Ver **Ecuación 7-11**).

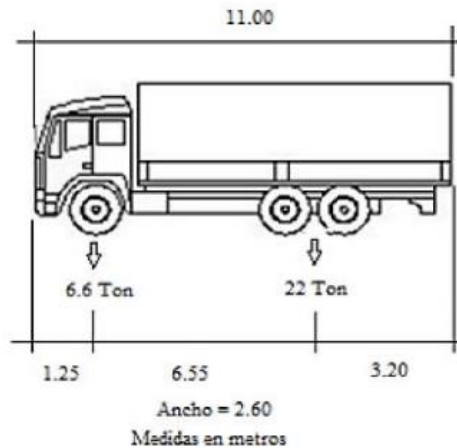
#### Ecuación 7-11 Presión del agua.

$$W_{agua} = \gamma_{agua} * H_{box} \quad W_{agua} = 10 \text{ KN m}^3 * 2.0 \text{ m} \quad W_{agua} = 20 \text{ KN/m}^2$$

### ✓ Carga vehicular

El Art. 3.6.1.2.6 AASHTO-LRFD indica que si la profundidad del relleno es menor que 0.60m, la sobrecarga se analiza con anchos de franja equivalente, se tomara la configuración del eje tándem del camión C3 que consiste en dos ejes cargados con 110KN espaciados a 1.2m ( **Figura 7-17**).

**Figura 7-17. Camión de diseño C3**



La carga distribuida equivalente está unida a un eje transversal de cargas concentradas con el propósito de modelar el efecto de un congestionamiento vehicular sobre el box, para determinar la carga viva, se usa factores de presencia múltiple (MPF). Un solo carril cargado con un MPF es de 1.20 AASHTO (1996).

#### Ecuación 7-12

$$P_{llanta} = p * (1 + im)$$

$$P_{eje} = 55 \text{ KN} * (1 + 0.29) = 70.95 \text{ KN}$$

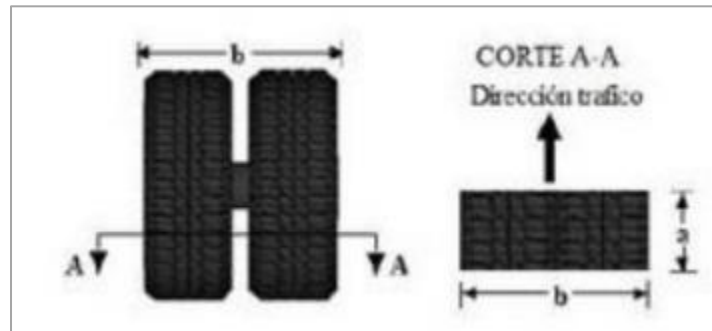
Dimensiones de las áreas de propagación de esfuerzo neumático-pavimento (Ver **Tabla 7-15**), la cual determinar el ancho de contacto entre el neumático y la capa de rodadura pavimento. (**Figura 7-18**).

Tabla 7-15. Ancho de contacto y el pavimento

Camión de diseño	Rueda simple (m)	
	a	B
C3	0,2	0,51

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2008

Figura 7-18



Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2008

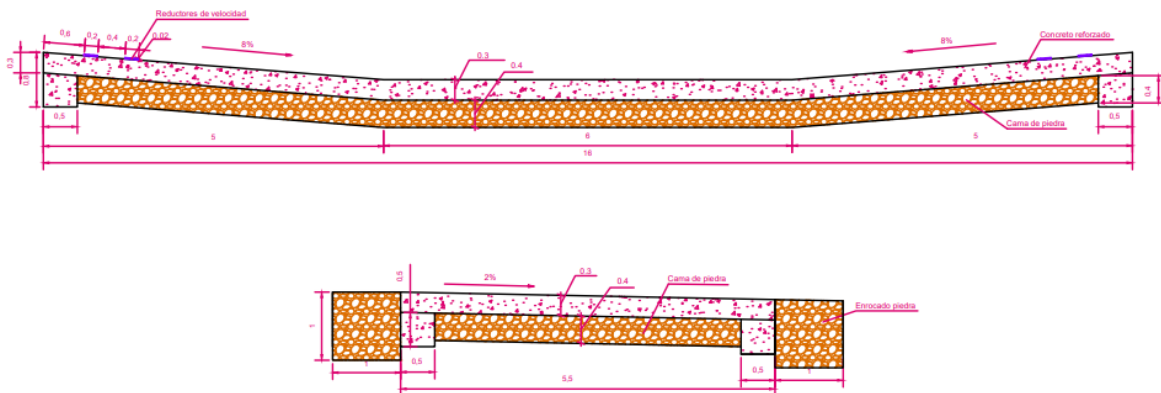
Ecuación 7-13

$$W = \text{Planta} * \text{MPF} / \text{Area de influencia}$$

$$W = 70.95 \text{ KN} * 1.2 / (0.2 + 1.219 + 0.3) * (0.51 + 1.219 + 0.3) = 24.410 \text{ KN/m}^2$$

A continuación, se presenta el diseño sugerido del badén trapezoidal y su detalle se encuentra en el **Anexo 6.2 Ocupacion de cauce/Anexo 6.2.4. Diseño Baden (Figura 7-19).**

Figura 7-19. Diseño sugerido del badén trapezoidal



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

## 7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

### 7.5.1 Flora

La siguiente solicitud de aprovechamiento forestal, hace referencia a la necesidad de remoción de individuos identificados en el censo forestal definido dentro de las áreas de intervención. Estas áreas, están relacionadas directamente con la infraestructura, obras y actividades que demandan el aprovechamiento del recurso forestal y corresponden a cerramientos, accesos, centro de acopio, paneles solares, vías internas, zanjas de baja y media tensión.

Los individuos arbóreos censados en el área de intervención del proyecto no serán aprovechados en su totalidad, ya que se realizó un proceso de optimización del Censo forestal de la Línea de Transmisión 115 kV San Felipe – Heliconia. En este proceso se evaluó la necesidad real de tala o poda de los árboles ubicados dentro de la servidumbre de 20 metros de ancho, de acuerdo con lo establecido en la normativa RETIE.

A continuación, se relacionan los criterios con los que se definieron las áreas de aprovechamiento forestal y los criterios con los que se capturó la información dasométrica en campo y su posterior procesamiento, además se.

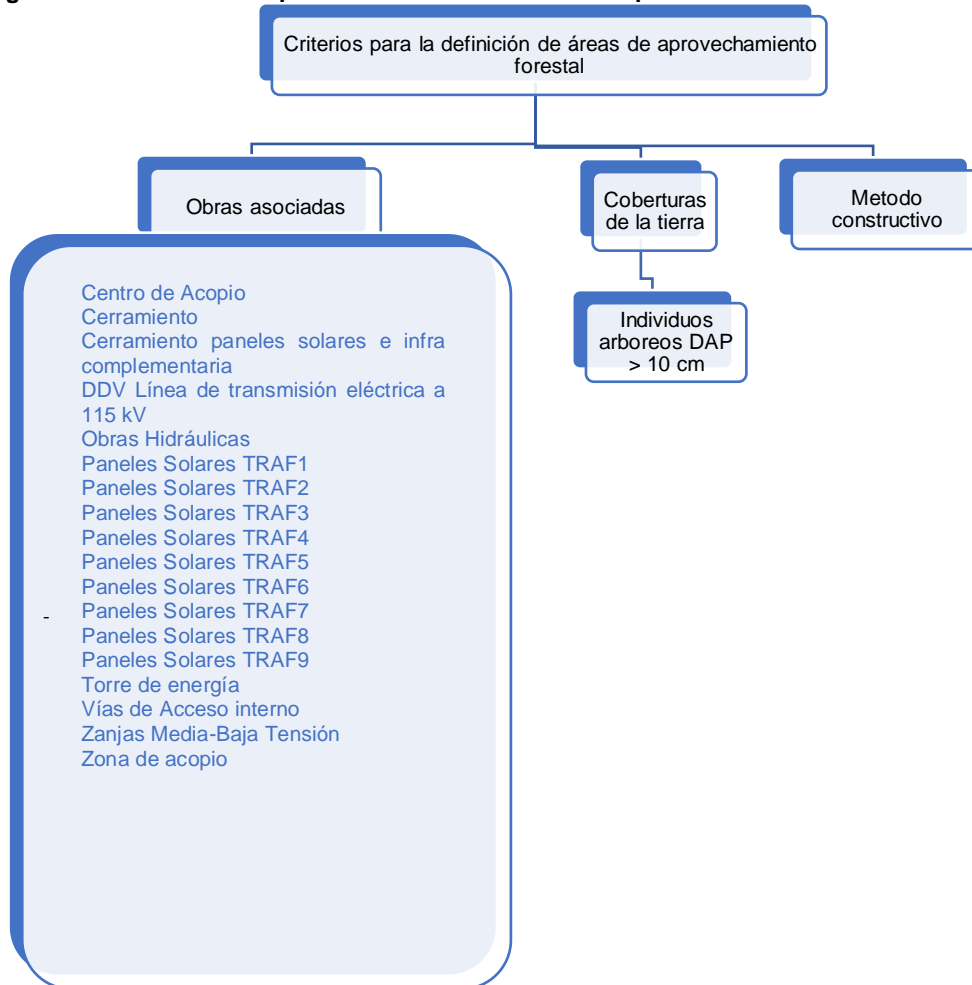
#### 7.5.1.1 Criterios para la definición de áreas a aprovechar

Para el desarrollo del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, se prevé que, durante la etapa de construcción del proyecto entre las diversas actividades a ejecutar, se realizará la adecuación de los sitios de intervención, actividad que implica realizar aprovechamiento forestal.

Para esta actividad es necesario definir las áreas del proyecto donde se requiere solicitar el permiso de aprovechamiento forestal. En la **Figura 7-20** se pueden apreciar los criterios que fueron tenidos en cuenta para la definición de áreas de aprovechamiento forestal, los cuales permitirán cuantificar el área total a aprovechar, permitiendo minimizar los impactos generados a las coberturas de la tierra con presencia de individuos arbóreos del área de intervención del proyecto.



Figura 7-20 Criterios para la definición de áreas de aprovechamiento forestal



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

### 7.5.1.2 Criterio para la captura de información

Para la captura de la información que soportará la solicitud de aprovechamiento forestal, es necesario dejar claridad que esta se realiza bajo la definición total de las áreas que requieren intervención, validando en terreno la presencia de vegetación de tipo arbustiva o arbórea, que hace parte del censo forestal. De acuerdo con lo anterior, la captura de la información se realiza para el 100% de las áreas de censo definidas, identificando aquellos individuos que cumplan con las características para ser solicitados por aprovechamiento forestal (Fustales con DAP>10 cm), realizando la marcación de cada uno de los individuos en campo (Numero y comisión), asociados a las áreas de intervención del proyecto, como puede observarse en la **Fotografía 7-1**.

**Georreferenciación:** con la ayuda de un GPS se capturaron las coordenadas geográficas de cada uno de los individuos en este y norte.

**Número de individuo (marcación alfanumérica con pintura amarilla):** corresponde al consecutivo de cada uno de los árboles inventariados en el censo forestal al 100 %

**Nombre común (con el apoyo de una persona de la región):** nombre como se conocen las especies en el área de estudio.

**Diámetro a la altura del pecho:** hace referencia a la circunferencia del fuste medido a 1,3 metros de la base del árbol, y se conoce técnicamente como circunferencia normal, donde deben ser medido todos los individuos fustales, lo que equivale a diámetros igual o mayores a 10 cm (DAP  $\geq$  10 cm).

**Estimación de altura total:** relaciona la altura total en metros de cada uno de los individuos evaluados, la cual es medida desde la base hasta el ápice del árbol o la parte final de la copa.

**Estimación de altura comercial:** se refiere a la altura en metros medida desde la base del árbol hasta el punto donde pierde valor comercial en el aprovechamiento forestal.

**Usos de las especies:** Apoyados por los auxiliares de campo, habitantes de la zona e información secundaria.

Fotografía 7-1 Marcación de individuos en el censo forestal



1. Medición CAP 2. Marcación individuo 3. Marca individuo

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

#### 7.5.1.3 Fase de análisis

Luego de terminada la fase de campo (identificación de individuos y registro de variables dasométricas de individuos), se determinó la clasificación taxonómica o composición florística de los ejemplares inventariados mediante el apoyo de un Botánico u herbario especializado, definiendo familia, nombre científico y nombre común, ello de acuerdo con lo expuesto en las metodologías del componente flora, las cuales se consignan en el Capítulo 2, Generalidades. Una vez finalizada esta determinación se realizaron los análisis correspondientes para la caracterización de las coberturas de la tierra intervenidas y el análisis de la información para el inventario dentro del área de intervención.

### 7.5.1.4 Parámetros empleados para la determinación del volumen

A continuación, se presentan los cálculos realizados para establecer el volumen y total y comercial dentro del área de intervención (ver **Tabla 7-16**).

**Tabla 7-16 Variables a evaluar en el censo forestal al 100%**

PARÁMETRO	ECUACIÓN - RANGO DE ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN
Área basal	$Ab = \Sigma \left[ \left( \frac{\pi}{4} \right) * DAP^2 \right]$	DAP = Tomando el diámetro del fuste a una distancia desde el suelo de 1,3 m. Cuando los árboles se ramifican por debajo de 1,3 m se utiliza la fórmula del diámetro cuadrático promedio.
DAP	$DAP = \sqrt{\sum DAPi^2}$	$\Sigma DAPi^2$ = Sumatoria del cuadrado de cada uno de los diámetros medidos. DAPi <sup>2</sup> = Diámetro de cada tallo a 1,3 m elevado al cuadrado.
Volumen	$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h * f$	V = Volumen del árbol. D = Diámetro a la altura del pecho al cuadrado. h = Altura de fuste (m). f = Factor de forma (0,65) *
Volumen total (m <sup>3</sup> )	$Vol. total (m^3) = Ab * h * f$	V = Volumen del árbol. d = Diámetro a la altura del pecho al cuadrado. h = Altura de fuste (m). f = Factor de forma (0,65).
Volumen comercial (m <sup>3</sup> )	$Vol. comercial (m^3) = Ab * h * f$	V = Volumen del árbol. d = Diámetro a la altura del pecho al cuadrado. h = Altura comercial (m). f = Factor de forma (0,65).

\*Este factor se ajusta de forma adecuada para el estudio de especies latifoliadas, atendiendo a la alta variabilidad de estas especies en el trópico, como se constatan con según lo expuesto por Heinsdijk, en el año 1997 "Propuesta para la elaboración de tablas volumétricas y/o factores de forma".

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

### 7.5.1.5 Determinación de biomasa

El cálculo de biomasa para el proyecto se estimó con información complementaria a la caracterización de las coberturas del área de estudio. A continuación, se presenta Método indirecto para estimar biomasa:

A partir de la información recolectada en el censo, se realizó la estimación de carbono y biomasa de los individuos arbóreos y su contenido por cobertura vegetal. Basados en la zona de vida, se empleó la ecuación agometría número uno, consignadas en el documento *Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia estratificación, alometría y métodos analíticos*<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> PHILLIPS, Juan, et ál. Estimación de las reservas actuales (2010) de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Estratificación, alometría y métodos analíticos. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C.: PHILLIPS, Juan, et ál., 201. 68 pp.

### Ejemplo:

Ecuación alométrica para Bosque seco Tropical:

$$e^{(4,03962+(-1,99104*\ln(D))+(1,23665*\ln(D)^2)+(-0,12606*\ln(D)^3)+(1,28308*\ln(Dens)))}$$

Donde:

D = Diámetro normal medido a 1,30 cm del suelo, expresado en cm.

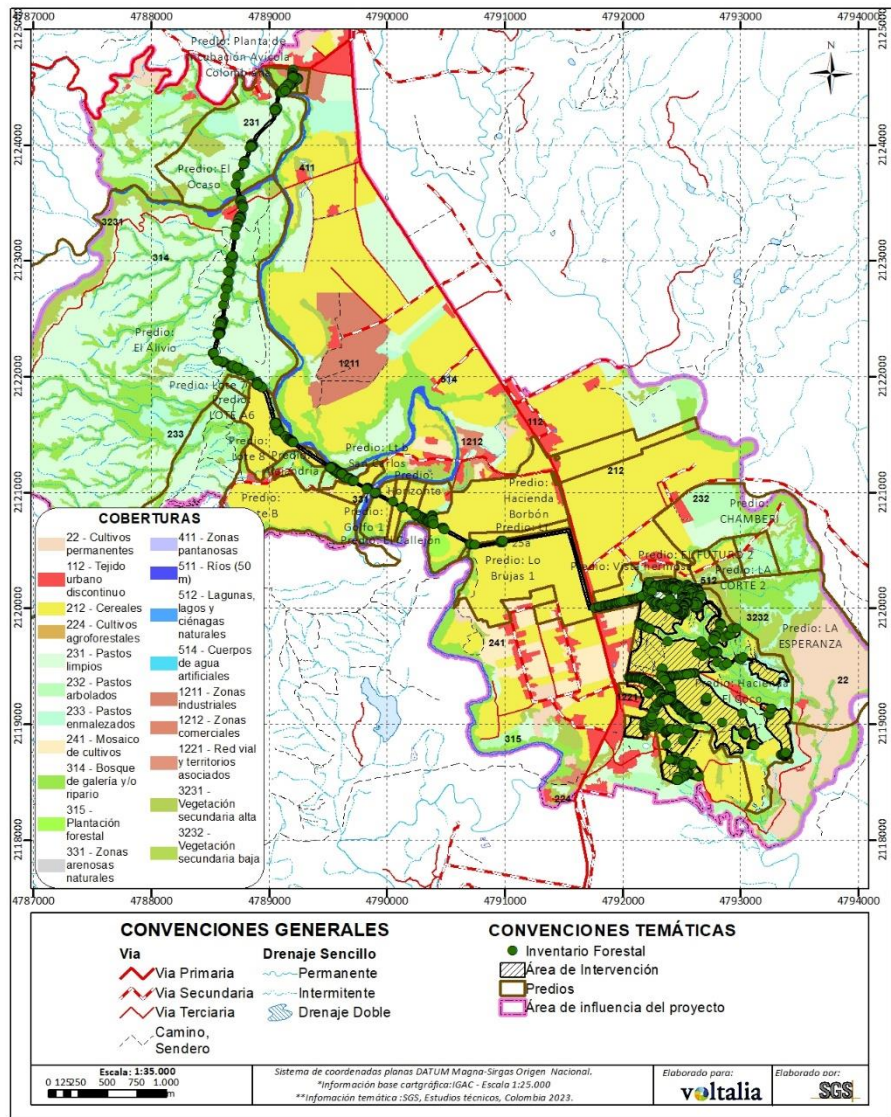
Dens = Densidad de la madera, expresada en g cm<sup>-3</sup>.

#### 7.5.1.6 Aprovechamiento en el área de intervención

El área de intervención abarca 117,275 ha en las cuales se realizó censo forestal al 100%, posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el volumen total, volumen comercial y número de individuos que serán objeto de aprovechamiento forestal para el desarrollo del proyecto, para ver esto en detalle revisar el **Anexos/Anexo6DemandayusoRN/6.1Aprovechamiento forestal**.

A continuación, se presentan las figuras del área de intervención mostrando el diseño para las obras dentro del área censada.; **Figura 7-21**).

Figura 7-21 Área de intervención del proyecto



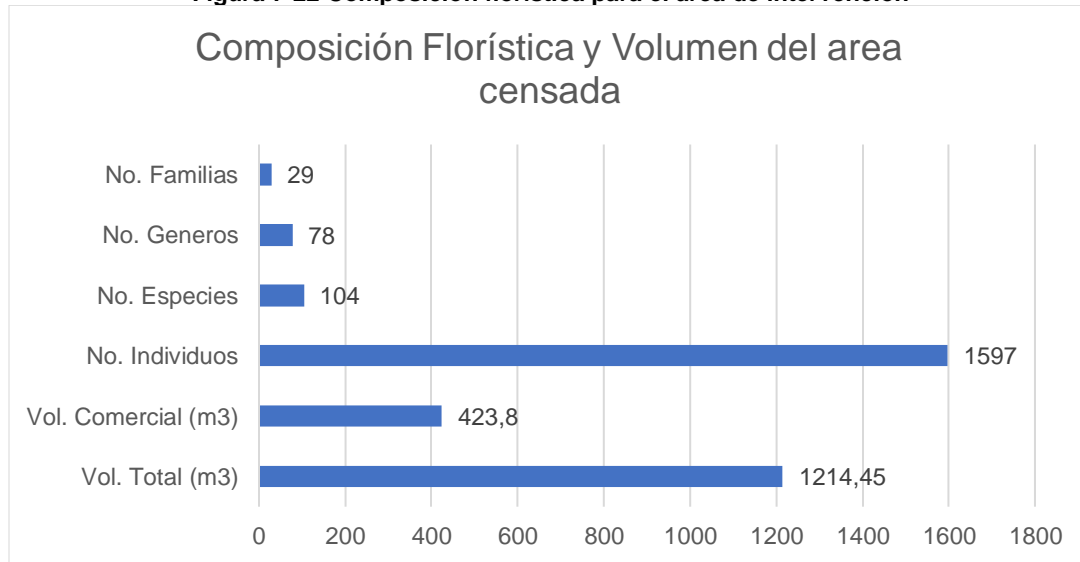
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024



### 7.5.1.7 Resultados para el área censada

En la, **Figura 7-22** se presenta la información obtenida dentro del área censada, donde se encontró un total de 29 familias, 78 géneros, 104 especies, 1597 individuos fustales, un volumen total registrado de 1214,45 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 423,8 m<sup>3</sup>.

**Figura 7-22 Composición florística para el área de intervención**



Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

En la **Tabla 7-17**, se presenta la información para cada una de las 104 especies encontradas, donde se relaciona la información de familia, nombre común, número de individuos, Vol. Comercial (m<sup>3</sup>), Vol. Total (m<sup>3</sup>), biomasa y carbono.

**Tabla 7-17 Composición Florística del área censada**

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No.Individuos	V. Total (m <sup>3</sup> )	V. Comercial (m <sup>3</sup> )	Biomasa	Carbono
Anacardiaceae	Anacardium excelsum (Bertero & Balb.) Skeels	Caracolí	68	285,691	124,980	381,008	223,674
	Astronium graveolens Jacq.	Gusanero	25	11,643	3,755	15,528	23,344
	Mangifera indica Thwaites, 1858	Mango	5	6,872	2,195	9,164	7,287
	Spondias mombin L.	Hobo	19	22,578	7,632	30,111	25,323
	Tapirira guianensis Aubl.	Cedrillo	3	11,776	2,196	15,705	9,119
Annonaceae	Annona muricata L.	Guanabano	2	0,234	0,061	0,312	1,541
	Annona rensoniana (Standl.) H.Rainer	Aniba	2	0,161	0,054	0,214	1,586
	Annona rufinervis (Triana & Planch.) H.Rainer	Espadón	7	1,173	0,452	1,565	5,623
	Annona sp.	Ocaso	3	0,222	0,059	0,296	2,405
	Klarobelia anomala (R.E. Fr.) Chatrou	Nona	2	0,310	0,104	0,413	1,525

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No.Individuos	V. Total (m³)	V. Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Arecaceae	Attalea maripa (Aubl.) Mart.	Palma	2	4,975	0,847	6,635	4,131
	Elaeis oleifera (Kunth) Cortés	Palma Aceite	3	1,808	1,196	2,411	2,766
Asteraceae	Piptocomma discolor (Kunth) Pruski	Crotón	8	4,204	1,296	5,607	7,754
Bignoniaceae	Handroanthus ochraceus (Cham.) Mattos	Guayacán	2	0,442	0,766	0,589	1,549
	Jacaranda caucana Pittier	Mimosa	2	0,217	0,034	0,289	1,560
	Jacaranda hesperia Dugand	Ciruelo	3	0,760	0,182	1,014	2,526
	Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth	Chicalá	1	0,167	0,055	0,223	0,762
Calophyllaceae	Mammea americana L.	Mamey Clusia	1	0,333	0,154	0,444	0,798
Cannabaceae	Ampelocera macphersonii Todzia	Vara de Agua	1	0,081	0,077	0,108	0,792
	Trema Micranthum (L.) Blume	Guasimilla	2	0,128	0,049	0,171	1,625
cardiopteridaceae	Citronella incarum (J.F.Macbr.) R.A.Howard	Cuadrado	1	2,095	0,382	2,794	1,815
Caricaceae	Carica papaya L.	Papaya	3	0,345	0,076	0,460	2,444
Cordiaceae	Cordia alliodora (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal Cafetero	102	26,680	10,023	35,581	85,722
	Cordia dentata Poir.	Cadillo	5	1,590	0,328	2,120	4,059
Dilleniaceae	Curatella americana L.	Chaparro	7	0,917	0,287	1,223	5,688
Fabaceae	Albizia carbonaria Britton	Carbonaria	49	35,445	10,957	47,271	53,696
	Albizia guachapele (Kunth) Dugand	Igua	59	82,938	21,050	110,609	88,375
	Albizia subdimidiata (Splitg.) Barneby & J.W.Grimes	Dormido	2	0,288	0,113	0,384	1,664
	Calliandra riparia Pittier	Trompeto	4	0,503	0,129	0,671	3,109
	Chloroleucon bogotense Britton & Killip	Angarillo	23	5,290	1,618	7,054	18,755
	Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.	Orejero	16	101,294	26,946	135,089	73,885
	Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth	Matarratón	101	53,657	13,995	71,558	100,137
	Inga alba (Sw.) Willd.	Inga	2	0,977	0,277	1,303	1,997
	Inga punctata Willd.	Pegajoso	2	0,350	0,134	0,466	1,595
	Inga Vera Willd.	Guamo	2	0,203	0,073	0,271	1,595
	Machaerium capote Triana ex Dugand	Capote	25	14,219	5,174	18,963	24,751
	Ormosia macrocalyx Ducke	Guaba	2	0,560	0,162	0,747	1,618
	Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.	Payande	6	8,067	2,146	10,759	8,659
	Pterocarpus rohrii Vahl	Barriga Culebra	1	0,160	0,061	0,213	0,762
	Samanea saman (Jacq.) Merr.	Saman	1	0,421	0,162	0,562	0,834
	Senegalia polyphylla (DC.) Britton	Espino Colorado	5	3,073	1,481	4,098	5,129
	Swartzia sp.	Cascarillo	22	10,099	4,483	13,469	20,583
		Cocoloba	6	1,022	0,291	1,363	4,778
		Guamo liso	3	0,228	0,072	0,304	2,411

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No.Individuos	V. Total (m³)	V. Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
	Tamarindus indica	Tamarindo	1	1,189	0,343	1,586	1,254
	Vachellia macracantha (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Espino	1	0,057	0,016	0,076	0,824
	Zygia longifolia (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose	Carbón	3	0,277	0,104	0,370	2,390
Lamiaceae	Aegiphila Jacq.	Tabaquito	1	2,039	0,784	2,720	1,780
	Tectona grandis L.	Teca	1	0,507	0,175	0,676	0,874
	Vitex cymosa Bertero ex Spreng.	Membrillo	1	0,085	0,024	0,113	0,789
Lauraceae	Aiouea montana (Sw.) R.Rohde	Ocotea	3	0,572	0,356	0,763	2,336
	Damburneya purpurea (Ruiz & Pav.) Trofimov	Laurel	22	4,710	1,625	6,282	19,009
	Damburneya umbrosa (Kunth) Trofimov	Laurel Amarillo	12	1,854	0,590	2,473	9,629
	Nectandra sp.	Amarilla	1	0,486	0,259	0,648	0,863
		Pega Pega	1	0,072	0,028	0,095	0,802
	Ocotea leptobotra (Ruiz & Pav.) Mez	Laurel Rayas	1	0,103	0,060	0,138	0,776
	Persea Americana Mill	Aguacate	1	0,575	0,190	0,767	0,907
Lecythidaceae	Lecythis zabuajo Aubl	Nuez	6	0,405	0,144	0,541	4,963
Limniaceae	Callicarpa acuminata Kunth	Granadilla	1	0,024	0,007	0,032	0,928
Malvaceae	Ceiba pentandra (L.) Gaertn.	Ceiba Pentandra	8	26,770	11,373	35,702	21,660
	Guazuma ulmifolia Lam.	Guásimo	358	170,925	49,943	227,951	335,549
	Ochroma pyramidale (Cav.) Urb.	Balso	24	19,798	5,776	26,403	27,390
Meliaceae	Guarea guidonia (L.) Sleume	Bilibil	41	23,362	9,093	31,157	41,511
Moraceae	Brosimum alicastrum Sw.	Vara Blanca	7	2,066	0,664	2,755	5,862
	Ficus costaricana (Liebm.) Miq.	Matapalo	3	14,098	3,929	18,801	10,671
	Ficus dendrocida	Ficus	3	0,672	0,201	0,896	2,545
	Ficus nymphaeifolia Mill	Higueron	1	3,743	1,296	4,992	2,873
	Ficus Pallida Vahl	Higo	5	93,137	44,950	124,211	64,242
	Maclura tinctoria (L.) D.Don ex Steud.	Dinde	55	37,231	10,688	49,652	57,226
Myrtaceae	Eugenia acapulcensis Steud.	Arrayancito	3	0,189	0,056	0,252	2,563
	Eugenia florida DC.	Arrayán Blanco	3	1,959	0,734	2,612	3,195
	Eugenia sp.	Cerezo	12	5,224	1,504	6,968	10,943
	Myrcia complicata (Kunth) DC.	Arrayán	3	0,397	0,134	0,529	2,310
	Myrcia splendens (Sw.) DC.	Arrayán Morado	2	0,251	0,097	0,335	1,639
	Psidium guajava	Guayabo	3	0,165	0,041	0,220	2,484
Nyctaginaceae	Cephalotomandra fragrans Karst. & Triana	Toreto	1	0,143	0,047	0,190	0,764

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No.Individuos	V. Total (m³)	V. Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
	Neea amplifolia Donn.Sm.	Lengua de vaca	1	0,440	0,152	0,586	0,842
Piperaceae	Piper reticulatum L.	Abanico	1	0,048	0,034	0,065	0,840
Polygonaceae	Coccoloba obovata Kunth	Buche Gallina	26	9,323	1,927	12,433	23,824
	Triplaris americana L.	Vara Santa	7	1,370	0,794	1,827	5,588
Rubiaceae	Chiococca sp.	Cruceto	6	0,515	0,165	0,686	4,832
	Chomelia microloba Donn.Sm.	Chirco	1	0,204	0,067	0,272	0,764
	Coutarea hexandra (Jacq.) K.Schum.	Suave Opuesto	3	0,160	0,052	0,213	2,509
	Genipa americana L.	Jagua	2	0,596	0,208	0,795	1,607
	Pittoniotis trichantha Griseb.	Huesito	3	0,586	0,161	0,781	2,422
Rutaceae	Citrus reticulata Blanco	Limón Mandarinino	1	0,023	0,009	0,031	0,936
	Swinglea glutinosa	Limón Swingle	2	0,419	0,170	0,559	1,569
	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Tachuelo	143	36,047	11,346	48,074	121,036
	Zanthoxylum rigidum Humb. & Bonpl. ex Willd.	Frijolito	3	0,314	0,141	0,418	2,512
	Zanthoxylum schreberi (J.F.Gmel.) Reynel	Icaco	19	2,806	0,802	3,742	15,416
Salicaceae	Banara guianensis Aubl.	Suave Alterno	4	0,465	0,179	0,620	3,145
	Casearia americana (L.) T.Samar. & M.H.Alford	Rosqueto	1	0,191	0,055	0,255	0,763
	Casearia corymbosa Kunth	Ondequera	13	2,186	0,480	2,916	10,898
Sapindaceae	Casearia mariquitensis Kunth	Guayabiyo	13	1,554	0,483	2,072	10,324
	Cupania americana subsp. latifolia (Kunth) T.D.Penn.	Guacharaco	18	2,204	0,741	2,939	14,360
	Cupania latifolia Kunth	Aserrado	5	3,173	1,316	4,232	4,958
	Cupania sylvatica Casar.	Requia	8	1,778	0,433	2,371	6,553
	Dilodendron costaricense (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerf.	Espino Mulato	2	0,185	0,062	0,247	1,617
	Dilodendron costaricense (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerf.	Espino Mulato	5	7,093	1,717	9,459	7,591
	Melicoccus bijugatus Jacq.	Mamon	1	0,262	0,043	0,349	0,776
Urticaceae	Cecropia peltata L.	Yarumo	100	23,774	9,937	31,706	81,738
	Urera caracasana (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Crespon	8	1,248	0,484	1,665	6,502
Verbenaceae	Citharexylum B.Juss.	Cajeto	1	0,042	0,008	0,057	0,855
	Petrea rugosa Kunth	Carrasposo	2	0,168	0,058	0,224	1,585
Total			1597	1214,45	423,82	1619,64	1817,66

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

#### 7.5.1.7.1 Optimización aprovechamiento Forestal.

En el ejercicio de "Optimización de Aprovechamiento Forestal de la Línea de Transmisión 115 kV San Felipe – Heliconia", elaborado por VOLTALIA Colombia S.A.S., muestra los resultados del análisis para gestionar los individuos arbóreos censados dentro de la franja de servidumbre de la línea de conexión entre el parque solar Heliconia y la subestación San Felipe. El objetivo principal es garantizar la seguridad eléctrica y el cumplimiento normativo, minimizando el impacto ambiental mediante una intervención planificada sobre los individuos arbóreos.

El estudio evaluó la necesidad de tala, aprovechamiento o poda de los árboles presentes en la servidumbre de 20 metros de ancho, según lo establecido en la normativa RETIE. Para ello, se realizó un inventario forestal que incluyó la georreferenciación de los árboles, su altura actual y el diámetro a la altura del pecho (DAP). Además, se consideraron las alturas máximas proyectadas de las especies, basadas en recomendaciones de un profesional forestal.

La metodología consistió en integrar la información del inventario en un modelo detallado de la línea (PLS CADD), que contempla parámetros eléctricos y mecánicos, distancias de seguridad ante sobretensiones, y la ubicación precisa de las estructuras. El análisis se enfocó en tres áreas de intervención: área de torre, área de fundación y área de trabajo. Se evaluaron dos escenarios: la situación actual de los árboles y su altura máxima proyectada, verificando en ambos casos el cumplimiento de las distancias eléctricas mínimas requeridas.

Como resultado, se identificaron 35 individuos arbóreos en las estructuras 1, 2, 28 y 29 que requieren tala o aprovechamiento debido a su interferencia con las áreas de intervención. Pero de estos individuos se contempla que 3 de ellos pertenecientes a la especie *Annona rufinervis* (Triana & Planch.) H. Rainer no pueden ser talados de acuerdo a lo contemplado en la Ficha MMB07-Manejo para la conservación y protección de hábitat (Capítulo 10.1.1. PMA), por ende, a estos individuos se les aplicaría tratamiento poda y finalmente en la línea estarían sujetos a tala 32 individuos.

Adicionalmente, se elaboró un listado de 32 árboles que requieren poda inmediata, ya que su altura actual compromete las distancias de seguridad. También se identificaron 115 individuos que, dependiendo de las necesidades del proyecto durante la fase de intervención, podrían requerir poda inmediata o proyectada. Asimismo, se determinó un grupo de 308 árboles que podrían representar interferencias a futuro y requerir un manejo de poda proyectada, entonces, con base en su altura proyectada, por lo que se recomienda su monitoreo periódico para anticipar posibles riesgos. Lo anterior resumen que el tratamiento poda será aplicado a 461 individuos.

En consecuencia, para el área de intervención del proyecto se contempla un total de 886 individuos arbóreos para tala: 32 individuos ubicados en el área de servidumbre de la línea eléctrica y 854 en el área del parque solar.



Por otro lado, es importante mencionar que, en el ejercicio de optimización, se identificaron los individuos arbóreos que no interferirán con las actividades constructivas, por lo que estos individuos serán conservados dentro del área de intervención. En total, esta categoría comprende 250 individuos.

#### 7.5.1.7.2 Aprovechamiento por familia

Para los individuos objeto de tala en la **Tabla 7-18**, se presentan el total de familias registradas de orden descendente según el volumen registrado, siendo la familia Malvaceae la que registra el volumen total más alto con un total de 172,911m<sup>3</sup> y 328 individuos siendo esta la familia con mayor cantidad de individuos dentro del área de intervención, seguido por la familia Fabaceae con un volumen de 168,677 m<sup>3</sup>, para un total de 180 individuos, en tercer lugar aparece la familia Anacardeaceae con 40,378 m<sup>3</sup> de volumen total y con 30 individuos.

**Tabla 7-18 Aprovechamiento por familia**

Familia	No Individuos	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	Biomasa	Carbono
Malvaceae	328	172,911	50,912	230,600	317,902
Fabaceae	180	168,677	45,392	224,954	218,137
Anacardiaceae	30	40,378	16,883	53,849	43,253
Rutaceae	124	30,202	9,563	40,279	104,383
Cordiaceae	80	22,768	8,569	30,364	67,666
Moraceae	31	20,796	6,179	27,734	31,944
Urticaceae	41	8,173	3,039	10,899	32,894
Sapindaceae	15	3,851	1,311	5,136	12,943
Polygonaceae	18	3,613	0,901	4,819	14,672
Lauraceae	12	3,449	1,199	4,599	10,887
Meliaceae	8	1,866	0,638	2,488	6,827
Salicaceae	10	1,795	0,380	2,394	8,536
Rubiaceae	1	0,445	0,150	0,593	0,844
Myrtaceae	3	0,290	0,090	0,386	2,358
Bignoniaceae	1	0,167	0,055	0,223	0,762
Cannabaceae	2	0,128	0,049	0,171	1,625
Annonaceae	1	0,086	0,025	0,115	0,788
Verbenaceae	1	0,042	0,008	0,057	0,855
<b>Total</b>	<b>886</b>	<b>479,637</b>	<b>145,344</b>	<b>639,661</b>	<b>877,275</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

#### 7.5.1.7.3 Aprovechamiento por genero

En la

**Tabla 7-19**, se presenta el total de géneros registrado, siendo el género *Guazuma* es el que mayor volumen total registra con 141,709 m<sup>3</sup> y con un total de 303 individuos, seguido por

el género *Albizia* con 63 individuos y un volumen total de 75,331 m<sup>3</sup>, en tercer lugar, el género *Gliricidia* con 61 individuos y 46,51 m<sup>3</sup> de volumen total.

**Tabla 7-19 Aprovechamiento por genero**

Genero	No Individuos	Volumen Total(m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial(m <sup>3</sup> )	Biomasa	Carbono
Guazuma	303	141,709	40,329	188,989	282,423
Albizia	63	75,331	19,457	100,464	88,499
Gliricidia	61	46,518	11,946	62,039	65,375
Zanthoxylum	123	29,886	9,471	39,857	103,590
Enterolobium	11	24,592	7,437	32,797	21,047
Cordia	80	22,768	8,569	30,364	67,666
Ochroma	23	19,026	5,479	25,374	26,378
Anacardium	4	18,499	9,356	24,671	13,910
Maclura	28	16,423	4,702	21,903	27,383
Spondias	9	12,220	4,480	16,297	12,532
Ceiba	2	12,175	5,104	16,237	9,101
Astronium	17	9,659	3,047	12,881	16,811
Pithecellobium	6	8,067	2,146	10,759	8,659
Cecropia	39	8,002	2,969	10,672	31,297
Machaerium	13	7,212	2,269	9,618	12,890
Chloroleucon	23	5,290	1,618	7,054	18,755
Ficus	3	4,373	1,477	5,832	4,561
Coccoloba	18	3,613	0,901	4,819	14,672
Damburneya	12	3,449	1,199	4,599	10,887
Dilodendron	3	2,597	0,970	3,464	3,322
Guarea	8	1,866	0,638	2,488	6,827
Casearia	10	1,795	0,380	2,394	8,536
Tamarindus	1	1,189	0,343	1,586	1,254
Cupania	11	0,992	0,298	1,324	8,846
Genipa	1	0,445	0,150	0,593	0,844
Samanea	1	0,421	0,162	0,562	0,834
Swinglea	1	0,316	0,091	0,422	0,793
Melicoccus	1	0,262	0,043	0,349	0,776
Myrcia	2	0,224	0,077	0,299	1,548
Urera	2	0,170	0,070	0,227	1,597
Tecoma	1	0,167	0,055	0,223	0,762
Trema	2	0,128	0,049	0,171	1,625
Annona	1	0,086	0,025	0,115	0,788
Psidium	1	0,066	0,013	0,088	0,810

Vachellia	1	0,057	0,016	0,076	0,824
Citharexylum	1	0,042	0,008	0,057	0,855
<b>Total</b>	<b>886</b>	<b>479,64</b>	<b>145,34</b>	<b>639,66</b>	<b>877,28</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S,2024

#### 7.5.1.7.4 Aprovechamiento por cobertura y bioma

En la

**Tabla 7-20**, se presenta la información de volumen por bioma y cobertura, donde se puede encontrar, número de individuos registrados, volumen comercial y total, biomasa y carbono para cada cobertura de la tierra dentro de 3 biomas identificados para el área de intervención, se puede observar que la cobertura de Cereales asociada al Bioma Zonobioma Húmedo Tropical Tolima grande presenta el mayor volumen total y comercial con 285,20 m<sup>3</sup> y 78,58 m<sup>3</sup> respectivamente, así como que mayor número de individuos presenta para aprovechar con 499 árboles, se encuentra luego la cobertura de Pastos limpios con 151 individuos para aprovechamiento con un volumen total y comercial de 75,59 m<sup>3</sup> y 24,12 m<sup>3</sup> respectivamente, a continuación aparece la cobertura de Bosque de galería y/o ripario con 49 individuos a aprovechar que generan un volumen total de 46,74 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 17,35 m<sup>3</sup>.

Para el aprovechamiento forestal en coberturas asociadas al bioma Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande se presentan los Cereales con 17,35 m<sup>3</sup> de volumen total y 4,00 m<sup>3</sup> de volumen comercial representados en 28 individuos y los Pastos arbolados con 1,42 m<sup>3</sup> de volumen total y 0,39 m<sup>3</sup> de volumen comercial representados en 10 individuos.

En el bioma Zonobioma Húmedo Tropical Cordillera Oriental Magdalena Medio se presentan las coberturas de Bosque de galería y/o ripario con un volumen total de 7,23 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 5,64 m<sup>3</sup> representados en 6 individuos y para la cobertura de Zonas Industriales un volumen total de 6,70 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 2,85 m<sup>3</sup> representados en 22 individuos.

**Tabla 7-20 Aprovechamiento por cobertura y bioma**

Bioma	Genero	No Individuos	Volumen Total (m <sup>3</sup> )	Volumen Comercial (m <sup>3</sup> )	Biomasa	Carbono
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Cereales	28	17,35	4,00	23,14	28,24
	Pastos arbolados	10	1,42	0,39	1,89	7,90
Zonobioma Húmedo Tropical Cordillera oriental Magdalena medio	Bosque de galería y/o ripario	6	7,23	5,64	9,64	8,65
	Zonas industriales	22	6,70	2,85	8,94	18,93
Zonobioma Húmedo Tropical Tolima grande	Bosque de galería y/o ripario	49	46,74	17,35	62,34	60,23
	Cereales	499	285,20	78,58	380,35	497,92
	Pastos enmalezados	29	12,06	4,10	16,09	26,73
	Pastos limpios	151	75,59	24,12	100,81	147,34

Bioma	Genero	No Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
	Red vial y territorios asociados	12	5,23	1,76	6,97	10,89
	Vegetación secundaria alta	75	19,74	5,95	26,32	65,57
	Vegetación secundaria baja	5	2,37	0,60	3,16	4,87
Total		886	479,64	145,34	639,66	877,28

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

#### 7.5.1.7.5 Aprovechamiento por tipo de obra

Dentro del área de intervención se presentan el desarrollo de un total de 8 obras, en la **Tabla 7-21**, se presenta la información concerniente a estas áreas donde se involucra número de individuos, volumen total y comercial, biomasa y carbono.

**Tabla 7-21 Aprovechamiento por tipo de obra**

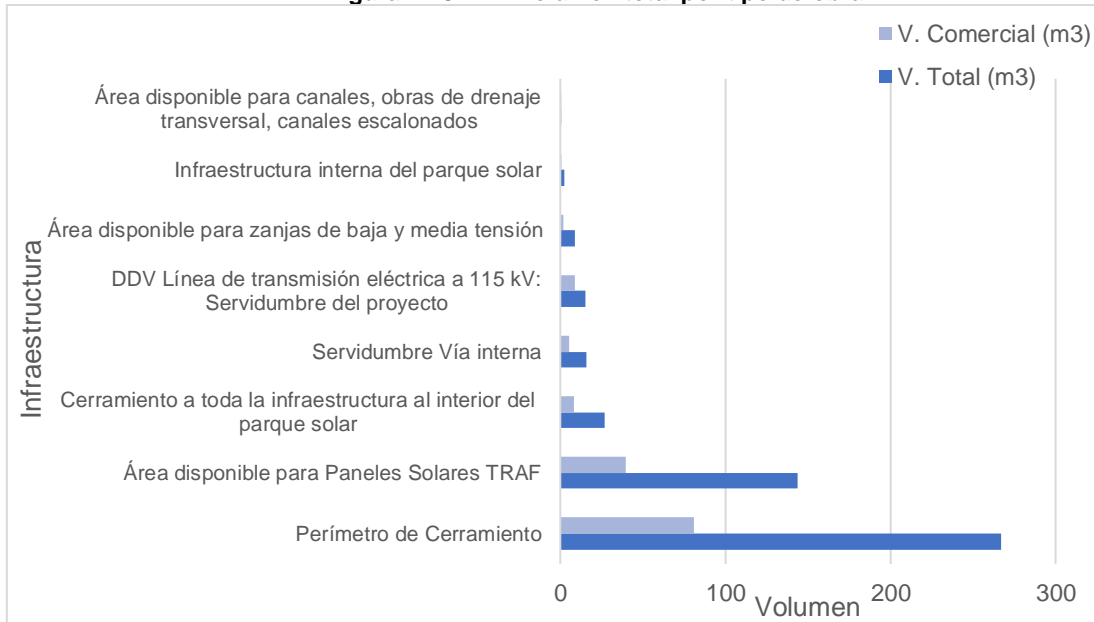
Infraestructura	# Individuos	V. Total (m³)	V. Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Área disponible para canales, obras de drenaje transversal, canales escalonados	1	0,04	0,02	0,06	0,85
Área disponible para Paneles Solares TRAF	269	143,55	39,42	191,44	265,24
Área disponible para zanjas de baja y media tensión	10	8,63	1,82	11,51	11,85
Cerramiento a toda la infraestructura al interior del parque solar	32	26,85	8,13	35,81	37,01
DDV Línea de transmisión eléctrica a 115 kV: Servidumbre del proyecto	32	15,04	8,86	20,05	30,91
Infraestructura interna del parque solar	5	2,70	0,74	3,60	4,63
Perímetro de Cerramiento	509	267,08	81,21	356,19	500,03
Servidumbre Vía interna	28	15,75	5,13	21,00	26,77
Total	886	479,64	145,34	639,66	877,28

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

En la **Figura 7-23** se presenta gráficamente los volúmenes totales a solicitar por tipo de obra, siendo el área del parque solar la que presenta el mayor volumen total de 464,60 m³ a 864 individuos, el área del parque incluye las infraestructuras: Área disponible para canales, obras de drenaje transversal, canales escalonados, Área disponible para Paneles Solares TRAF, Área disponible para zanjas de baja y media tensión, Cerramiento a toda la infraestructura al interior del parque solar , Infraestructura interna del parque solar. Perímetro de Cerramiento y Servidumbre Vía interna.

Cabe resaltar que casi el total de individuos que se ubican en el área del parque pertenecen a cercas vivas, las cuales están como linderos de coberturas como cereales y pastos limpios.

Figura 7-23 Volumen total por tipo de obra



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

#### 7.5.1.7.6 Individuos arbóreos para tratamiento de poda

Como se mencionó en párrafos anteriores, con base en la optimización del aprovechamiento forestal, se contempla el manejo de 461 individuos arbóreos mediante tratamiento de poda. La Tabla 7-22 presenta las especies incluidas en esta categoría.

Tabla 7-22 Individuos arbóreos para manejo de Poda

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb.) Skeels	Caracolí	43	181,19	71,15	241,64	142,09
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Gusanero	2	0,13	0,04	0,18	1,62
	<i>Mangifera indica</i> Thwaites, 1858	Mango	1	2,27	0,58	3,03	1,93
	<i>Spondias mombin</i> L.	Hobo	7	7,85	2,68	10,46	9,16
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cedrillo	2	2,62	0,57	3,49	2,69
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanabano	2	0,23	0,06	0,31	1,54
	<i>Annona rensoniana</i> (Standl.) H.Rainer	Aniba	1	0,07	0,03	0,10	0,80
	<i>Annona rufinervis</i> (Triana & Planch.) H.Rainer	Espadón	6	1,13	0,44	1,50	4,78
	<i>Annona</i> sp.	Ocaso	3	0,22	0,06	0,30	2,41

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Arecaceae	<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	Palma	1	2,96	0,31	3,95	2,37
	<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés	Palma Aceite	3	1,81	1,20	2,41	2,77
Asteraceae	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Crotón	6	2,47	0,76	3,30	5,46
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Mimosa	2	0,22	0,03	0,29	1,56
	<i>Jacaranda hesperia</i> Dugand	Ciruelo	1	0,11	0,03	0,15	0,77
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Guayacán	2	0,44	0,77	0,59	1,55
Calophyllaceae	<i>Mammea americana</i> L.	Mamey Clusia	1	0,33	0,15	0,44	0,80
Cannabaceae	<i>Ampelocera macphersonii</i> Todzia	Vara de Agua	1	0,08	0,08	0,11	0,79
cardiopteridaceae	<i>Citronella incarum</i> (J.F.Macbr.) R.A.Howard	Cuadrado	1	2,09	0,38	2,79	1,81
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	3	0,34	0,08	0,46	2,44
Cordiaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal Cafetero	14	1,82	0,81	2,42	11,30
	<i>Cordia dentata</i> Poir.	Cadillo	5	1,59	0,33	2,12	4,06
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.	Chaparro	3	0,63	0,21	0,84	2,34
Fabaceae	<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Carbonaria	11	12,06	4,06	16,09	13,58
	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Igua	22	21,59	5,55	28,80	27,32
	<i>Albizia subdimidiata</i> (Splitg.) Barneby & J.W.Grimes	Dormido	2	0,29	0,11	0,38	1,66
	<i>Calliandra riparia</i> Pittier	Trompeto	2	0,30	0,06	0,39	1,53
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Orejero	4	30,51	10,63	40,69	21,79
	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	Matarratón	38	6,44	1,85	8,58	33,13
	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Inga	1	0,03	0,03	0,04	0,89
	<i>Inga punctata</i> Willd.	Pegajoso	2	0,35	0,13	0,47	1,60
	<i>Inga Vera</i> Willd.	Guamo	2	0,20	0,07	0,27	1,59
	<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand	Capote	2	3,94	1,94	5,26	3,51
	<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke	Guaba	2	0,56	0,16	0,75	1,62
	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	Espino Colorado	4	3,04	1,47	4,05	4,26



Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
	<i>Swartzia sp.</i>	Cascarillo	13	3,07	1,22	4,09	10,64
		Guamo liso	1	0,05	0,02	0,06	0,84
	<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose	Carbón	1	0,04	0,01	0,06	0,85
Lamiaceae	<i>Aegiphila Jacq.</i>	Tabaquillo	1	2,04	0,78	2,72	1,78
	<i>Vitex cymosa Bertero ex Spreng.</i>	Membrillo	1	0,08	0,02	0,11	0,79
	<i>Tectona grandis L.</i>	Teca	1	0,51	0,18	0,68	0,87
Lauraceae	<i>Aiouea montana</i> (Sw.) R.Rohde	Ocotea	3	0,57	0,36	0,76	2,34
	<i>Damburneya purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Trofimov	Laurel	5	0,50	0,15	0,66	4,07
	<i>Damburneya umbrosa</i> (Kunth) Trofimov	Laurel Amarillo	7	0,66	0,28	0,89	5,58
	<i>Nectandra sp.</i>	Amarilla	1	0,49	0,26	0,65	0,86
		Pega Pega	1	0,07	0,03	0,10	0,80
	<i>Ocotea leptobotra</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Laurel Rayas	1	0,10	0,06	0,14	0,78
	<i>Persea Americana</i> Mill	Aguacate	1	0,57	0,19	0,77	0,91
Lecythidaceae	<i>Lecythis zabucajo</i> Aubl	Nuez	3	0,28	0,11	0,37	2,39
Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba Pentandra	5	14,09	6,08	18,79	11,69
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guásimo	35	19,80	5,51	26,40	34,36
	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav.) Urb.	Balso	1	0,77	0,30	1,03	1,01
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleume	Bilibil	30	15,23	5,87	20,31	28,88
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Vara Blanca	2	0,42	0,11	0,56	1,59
	<i>Ficus costaricana</i> (Liebm.) Miq.	Matapalo	2	7,74	2,10	10,32	6,09
	<i>Ficus dendrocida</i>	Ficus	1	0,04	0,02	0,06	0,86
	<i>Ficus Pallida</i> Vahl	Higo	3	37,98	8,26	50,66	26,47
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Dinde	19	12,84	4,49	17,12	19,75
Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i> Steud.	Arrayancito	3	0,19	0,06	0,25	2,56
	<i>Eugenia florida</i> DC.	Arrayán Blanco	1	0,12	0,03	0,16	0,77
	<i>Eugenia sp.</i>	Cerezo	7	4,33	1,28	5,78	7,11
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Arrayán Morado	1	0,04	0,01	0,05	0,87
	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	2	0,10	0,03	0,13	1,67

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	No Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Polygonaceae	<i>Coccoloba obovata</i> Kunth	Buche Gallina	3	0,37	0,11	0,49	2,34
	<i>Triplaris americana</i> L.	Vara Santa	5	1,15	0,62	1,53	4,01
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Suave Opuesto	3	0,16	0,05	0,21	2,51
	<i>Genipa americana</i> L.	Jagua	1	0,15	0,06	0,20	0,76
	<i>Pittoniotis trichantha</i> Griseb.	Huesito	3	0,59	0,16	0,78	2,42
Rutaceae	<i>Swinglea glutinosa</i>	Limón Swingle	1	0,10	0,08	0,14	0,78
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo	12	2,77	0,79	3,69	10,29
	<i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Frijolito	1	0,03	0,01	0,04	0,91
	<i>Zanthoxylum schreberi</i> (J.F.Gmel.) Reynel	Icaco	8	0,99	0,27	1,32	6,57
Salicaceae	<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Suave Alterno	3	0,32	0,12	0,43	2,38
	<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Ondequera	2	0,31	0,09	0,41	1,57
Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> subsp. <i>latifolia</i> (Kunth) T.D.Penn.	Guacharaco	5	1,01	0,36	1,35	3,92
	<i>Cupania latifolia</i> Kunth	Aserrado	4	2,07	0,75	2,76	3,75
	<i>Cupania sylvatica</i> Casar.	Requia	3	0,40	0,15	0,53	2,34
	<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerl.	Espino Mulato	3	4,64	0,80	6,19	5,03
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	44	12,60	5,79	16,81	36,73
	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Crespon	6	1,08	0,41	1,44	4,90
Total			461	441,40	155,23	588,66	585,91

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

#### 7.5.1.7.7 Aprovechamiento forestal de Guadua

El plan de aprovechamiento forestal del proyecto Parque solar fotovoltaico Heliconia 60 MW, infiere el aprovechamiento forestal de relictos de guaduales localizados en el área de intervención, específicamente en la línea de transmisión eléctrica a 115 kv hacia la subestación San Felipe. En este sentido y dando cumplimiento a la Resolución No. 1740 del 24 de octubre de 2016, y por medio del cual, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, establecen lineamientos generales para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduales y bambusales.

Como lo establece la Resolución No 1740, y entendiendo los servicios ecosistémicos de los guaduales y/o bambusales como lo son provisión, regulación, servicios culturales y de soporte, para el desarrollo y ejecución del proyecto es requerido la presentación de un plan de aprovechamiento forestal específico para los guaduales que pueden verse sujetos al aprovechamiento.

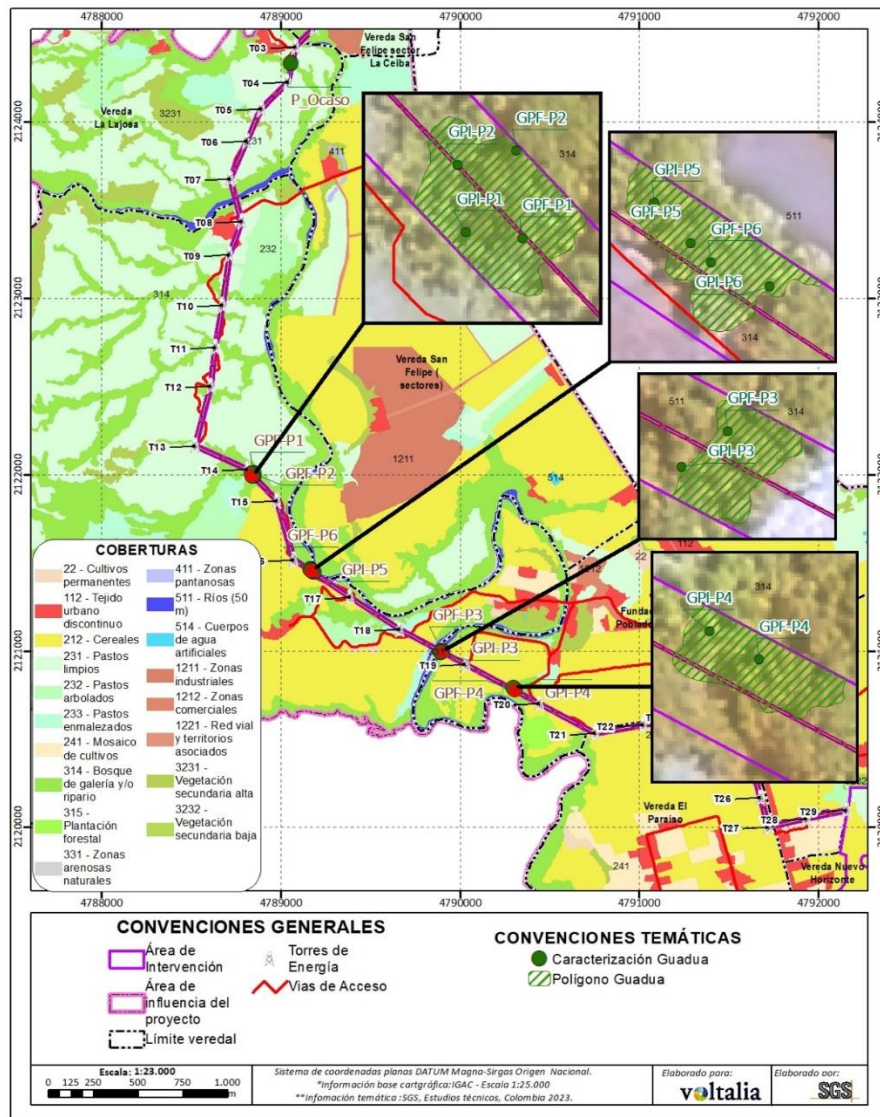
El plan de aprovechamiento mencionado parte de la diferenciación según el área máxima de aprovechamiento y que son; tipo 1, para áreas menores a 1 hectárea y tipo 2, para áreas mayores áreas superiores a 1 hectárea. Definido esto en el artículo No.7 se establece el contenido del estudio de tipo 1, el cual es el que aplica para el presente proyecto Parque solar fotovoltaico Heliconia 60MW y que se presenta a continuación.

#### *7.5.1.7.7.1 Localización y área de Guaduales en el área de intervención.*

Luego de las actividades de reconocimiento y caracterización de la zona, se establece que los puntos de guaduales identificados en el área servidumbre (20m) de la línea de transmisión eléctrica a 115Kv están localizados en los vanos de la torre 14, torre 16, torre 18 y torre 19, como se puede observar en **Figura 7-24**.

Importante resaltar que estos relictos de guadual están inmersos dentro de la cobertura de Bosque de galería o ripario, en primera medida dado que corresponden a áreas menores al área mínima cartografiada del estudio, donde el mayor parque de Guadua comprende un área de 0.2 Ha. En segunda medida, los guaduales están localizados dentro de unidades mayores de Bosque de galería, esta como unidad boscosa asociada a cuerpos y fuentes de agua, como es el caso de los guaduales que tienen preferencia por suelos sueltos de mediana profundidad, húmedos sin ser anegados parcialmente e ideales si son aluviales, condición que se propicia en los bosques de galería.

Figura 7-24 Localización Guaduales en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115kV.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

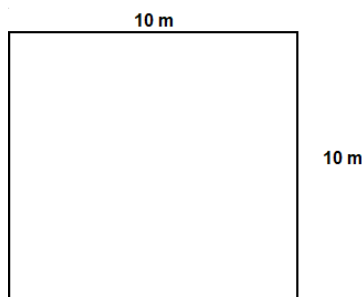
#### 7.5.1.7.7.2 Caracterización de los Guaduales en el área de intervención.

Para la caracterización de los relictos de guadua y dando cumplimiento al artículo No 10 de la Resolución 1740 en referencia al numeral 10 donde se debe desarrollar un inventario estadístico con un error de la intensidad de muestreo no superior al 15% y con una probabilidad del 95%, para poder determinar la cantidad de culmos en el área, el estado de madurez de estos y el volumen total sujeto de aprovechamiento.

De esta forma se establecieron unidades de muestreo por medio de parcelas en donde fue tenido en cuenta las áreas efectivas de guaduales en el área de servidumbre, la cual tiene un ancho de 20 metros, y para obtener estimaciones óptimas de las variables es factible

usar parcelas de 100 m<sup>2</sup> ya sean rectangulares o cuadradas, en este sentido se establece que la unidad más acorde es de tipo parcela cuadrada con un tamaño de 0.01 hectáreas y cuyas dimensiones son de 10 por 10 metros, tal como se presenta en la Figura 7-25.

**Figura 7-25 Parcelas de caracterización de guaduales**



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

La distribución de las parcelas se realizó de forma aleatoria en los relictos de guadua y que hacen parte del bosque de galería. La localización de los vértices de cada una de las parcelas, se establecieron dentro del área de servidumbre, cuidando así que todos los culmos del guadua estén dentro del área de aprovechamiento independiente de inclinaciones del fuste y orientación de la guadua. En la Figura 7-26 se hace representación gráfica de los individuos de guadua dentro de la parcela.

**Figura 7-26 Representación gráfica de las parcelas en Guaduales**



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

El establecimiento de la parcela de caracterización se realizó por medio de cinta diamétrica (decámetro) que permite tener con mayor exactitud las distancias de cada uno de los lados de la parcela y el saber que individuos entran en la medición y cuáles no. En la Fotografía 7-1 se presenta parte de la metodología en el levantamiento de la parcela y en la medición de variables dasométricas para cada uno de los culmos del guadua.



Fotografía 7-1 Metodología del Muestreo en Guaduales



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

Tanto como se presenta en la Figura 7-24 con la localización de los relictos de guadua en el área de servidumbre de la línea de transmisión eléctrica., como se relaciona en la Tabla 7-23, se establecieron un total de seis (6) parcelas de caracterización con las que se abordaron todas las áreas de cúmulos de guadua identificados. En algunos puntos dada la amplitud del relikto, se establecieron dos parcelas aprovechando el espacio y teniendo al máximo de muestra del cumulo. Como es el caso de las parcelas de las torres No 14 y 16 donde se levantaron 2 parcelas.

Tabla 7-23 Localización parcelas de caracterización de guaduales

Parcela	Torre	Punto	Este	Norte
G-P1	14 - 15	Punto Inicial	4788838,92	2121992,27
		Punto Final	4788848,56	2121991,24
G-P2	14 - 15	Punto Inicial	4788837,55	2122003,87
		Punto Final	4788847,46	2122006,33
G-P3	18 - 19	Punto Inicial	4789893,88	2120992,55
		Punto Final	4789901,71	2120998,72
G-P4	19 - 20	Punto Inicial	4790298,17	2120786,95
		Punto Final	4790306,61	2120782,00
G-P5	16 - 17	Punto Inicial	4789165,11	2121461,33
		Punto Final	4789171,27	2121454,31
G-P6	16 - 17	Punto Inicial	4789184,69	2121446,90
		Punto Final	4789174,72	2121451,04

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

En el levantamiento de la información fueron identificadas dos (2) especies que pueden ser reconocidas coloquialmente con guadua, y que, en efecto, tienen la estructura y desarrollo característico de las poblaciones reconocidas de la familia Poaceae, como lo son, el rápido crecimiento, el crecimiento agregado en cúmulos y dado el sistema de dispersión de la especie, que se ve limitado por su fenología de una floración esporádica. Permiten determinar que en el área de servidumbre de la línea eléctrica se encuentran las especies *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl, reconocido como Bambu amarillo y *Guadua angustifolia* Kunth que se refiere a la especie de guadua de mayor distribución y reconocimiento a nivel nacional.



*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl. (Bambu amarillo)

*Bambusa vulgaris* desarrolla unos tallos muy macizos que pueden alcanzar una altura de hasta 15 metros y un grosor de entre 5 y 9 cm, rectos y erectos en su base y ligeramente caídos en el ápice. Los internudos tienen una longitud 20 a 30 cm. *B. vulgaris* crece principalmente en las orillas de los ríos, bordes de caminos, terrenos baldíos y espacios abiertos a bajas altitudes. A partir de los nudos desarrolla las hojas y las inflorescencias en grupos compactos. Las hojas son característicamente lanceoladas y glabras tanto en el haz como en el envés. Tienen entre 10 y 30 cm de longitud y entre 1,3 y 2,5 cm de anchura. El bambú prospera mejor en climas húmedos, pero puede soportar las bajas temperaturas y la sequía. El bambú puede soportar temperaturas tan bajas como -5 °C y también puede crecer en altitudes de hasta 1500 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar) pero, a medida que aumenta la altitud, se vuelve más bajo y más delgado. El característico color amarillo y con tiras verdes que van de nudo a nudo son los principales rasgos de identificación de la especie y como se muestra en la **Fotografía 7-2**.

(<https://colombia.inaturalist.org/taxa/122530-Bambusa-vulgaris>)

**Fotografía 7-2 Bambu amarillo (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl)**



Municipio: Falan  
Coordenadas: E 4789167,51 N: 2121457,21  
Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

*Guadua angustifolia* Kunth (Guadua común)

La *Guadua* está ampliamente distribuida desde el norte de Suramérica y Centroamérica. En Colombia se localiza en las tres cordilleras. Forma bosques homogéneos denominados guaduales. Crece en diversos tipos de hábitat incluyendo la selva húmeda tropical, el bosque montano bajo, las sábanas y bosques de galería y los valles interandinos.

Los culmos de la *Guadua* se destacan por sus propiedades físico-mecánicas como lo es la tolerancia a la flexión, que la hace muy utilizada en la construcción de viviendas sismorresistente. La *guadua* aprovecha muy bien la energía solar y sus culmos alcanzan

su altura máxima en los primeros 6 meses de haber emergido del suelo. La madurez de los culmos se alcanza entre los 4 y 5 años (CVC; UTP; 2021)

El culmo o caña puede alcanzar los 25 metros de altura y los 20 cm de diámetro en su tallo, que es hueco y se encuentra dividido en secciones por medio de tabiques compactos, es de color verde claro y brillante, posee nudos pronunciados y cubiertos por escamas que tienen forma de triángulo y estas, a su vez, pubescencias de color ferrugíneo. También tiene brotes laterales a manera de agujas grandes de color vafe y con espinas fuerte. El follaje es de color verde claro. Sus raíces son fibrosas y brotan de cepas, que, al desarrollarse, proyectan un brote erecto y cubierto de escamas.

Las hojas son simples, alternas, dísticas, semejantes a una cinta, su revisión es paralela y su textura es parecida a un pergamino. Las flores están dispuestas en inflorescencias terminales en forma de espiga y de color crema. (Territorio CAR)

**Fotografía 7-3 Guadua común (*Guadua angustifolia* Kunth)**



Municipio: Armero Guayabal  
Coordenadas: E 4789901,72 N: 2120993,13  
Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

La caracterización de los guaduales establecidos en áreas de servidumbre se desarrolla bajo el muestreo estadístico establecido en el numeral 10, artículo 10 de la Resolución 1740 de 2016. Donde se menciona que la valoración de error de muestreo debe ser menor al 15%, esto bajo un cálculo de probabilidad del 95%. Estos factores que establece la norma se cumplen en el presente muestreo de caracterización de guadua y tal como se presenta en la **Tabla 7-24** con cada uno de los estadígrafos calculados validando de esta forma la exactitud de la población muestreada.

**Tabla 7-24 Estadígrafos empleados y calculados para la validación del muestreo**

Estadígrafos del Muestreo	
Probabilidad	95%
Nivel de significancia $\alpha$	5%
Número de parcelas (n)	6
T student para una probabilidad del 95%	2,57
Media (m³/ Ha)	0,88
Desviación estándar (m³)	0,10
Coefficiente de variación (%)	11,77%
Error estándar	0,04
Error de muestreo absoluto	0,11
Límite de confianza superior (m³)	0,99
Límite de confianza Inferior (m³)	0,77
<b>ERROR DE MUESTREO (%)</b>	<b>12,35%</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

#### 7.5.1.7.7.3 Categorías de tamaño y número de individuos

En el desarrollo de la caracterización de relictos de guadua localizados en la servidumbre de la línea de transmisión 115KV, se debe tener en cuenta que este tipo de especies plantea un proceso de crecimiento diferenciado al de la flora arbórea dicotiledónea, los cuales tienen la condición de crecimiento y engrosamiento dado por el cambium de sus tejidos leñosos. Caso contrario en la guadua, al ser monocotiledónea, esta emerge del suelo con diámetro establecido.

Las guadas son especies de crecimientos muy rápidos y que alcanza alturas considerables entre los 18 a 30 metros de altura. Después de emerger del suelo en su condición de renuevo puede llegar a su madurez después de los 4 a 5 años y en donde se diferencian cuatro estadios. El renuevo, el juvenil o verde, la madura, y por ultima la guadua seca. Esta última no fue tenida en cuenta en el presente estudio al estar ya finalizado su ciclo de vida y no ser objeto de aprovechamiento. En la **Tabla 7-25** se relacionan las categorías inventariadas en el muestreo y su correspondiente número de individuos.

**Tabla 7-25 Categorías de tamaño de los individuos de Guadua muestreados**

Categoría	N Individuos
Renuevo	21
Juvenil	90
Madura	110
<b>TOTAL</b>	<b>221</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

En la categoría de renuevo, conocido también como brote o rebrote, la planta se caracteriza por estar cubierta hojas caulinares, hojas cafés de alta pubescencia, que protegen el culmo de ataque de insectos en esta etapa inicial, como se presenta en la Fotografía 7-4. Los

culmos emergen del suelo con un diámetro definido y su crecimiento se da al estirarse los entrenudos.

Fotografía 7-4 Guadua común (*Guadua angustifolia* Kunth)



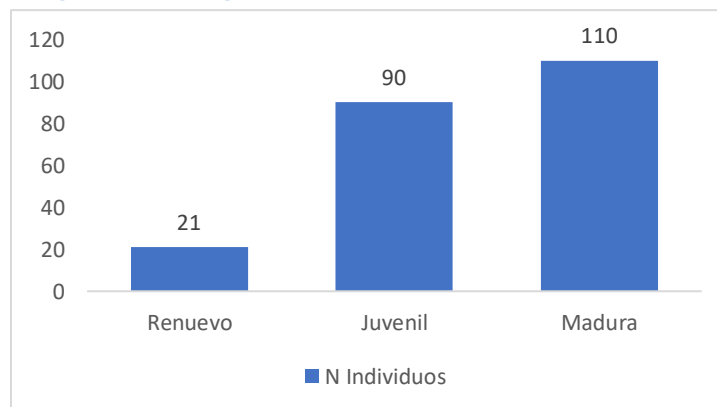
Municipio: Armero Guayabal  
Coordenadas: E 4789912,21 N: 2120990.09  
Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

En la etapa o categoría Juvenil o verde, se activan las yemas laterales q darán paso a las ramas, por esto se desprenden las hojas caulinares y queda el tallo expuesto con un color verde esmeralda, o amarillo intenso, según la especie. En este punto la guadua está en estado verde pues sus tejidos no tienen alta resistencia físico-mecánica.

En la etapa de madurez, la guadua adquiere resistencia físico-mecánica, se torna de tonos más amarillentos y aparecen en su tallo manchas de color blanco o gris claro los cuales son indicadores de que la caña ha llegado a su madurez y debe ser cosechada.

En la Figura 7-27 se presentan los valores del número de individuos inventariados dentro de la caracterización de los relictos de guadua localizados en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115 Kv.

Figura 7-27 Categorías de tamaño del muestreo de Guadua



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

En la Tabla 7-26 se presentan los valores de abundancia de las dos especies identificadas en la caracterización. En el caso de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl.(Bambu amarillo) se evidencian que el mayor número, 81 culmos, están en la categoría de madura, seguido de la etapa juvenil con 56 y renuevos con 18 culmos. La especie *Guadua angustifolia* Kunth (Guadua común) presenta valores considerablemente menores en la categoría madura con 29 culmos, juvenil con 34 y la etapa de renuevo solo fueron inventariados 3 culmos.

Tabla 7-26 Composición florística de los guaduales area de de servidumbre

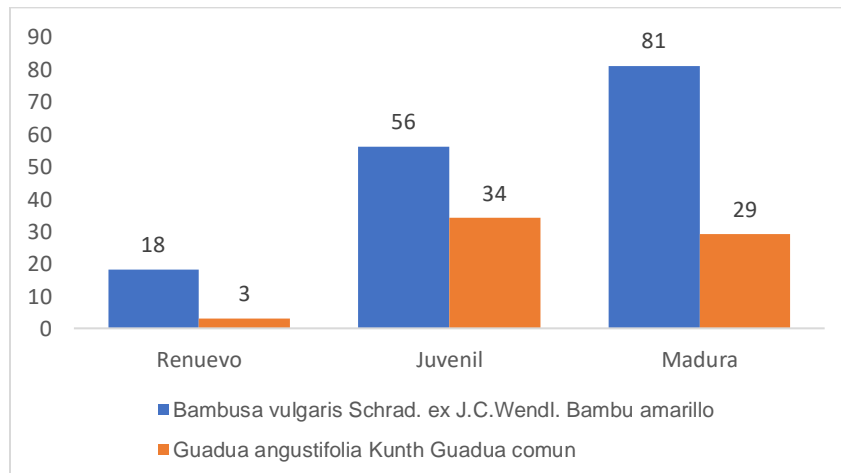
Familia	Especie	Nombre Comun	Renuevo	Juvenil	Madura
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. ex J.C.Wendl.	Bambu amarillo	18	56	81
	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Guadua comun	3	34	29
Total			21	90	110

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

Igualmente se observa como en la Guadua común, es superior el número de individuos en estado juvenil sobre la categoría de madura, entendiéndose como el parche de guadua puede estar en procesos iniciales de crecimiento.

La relación entre las dos especies evidencia la mayor abundancia de la especie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl.(Bambu amarillo), con un total de 155 culmos en sus tres categorías, sobre los 66 culmos de la especie *Guadua angustifolia* Kunth (Guadua común), como se puede observar en la Figura 7-28. Esta condición se debe principalmente a la agregación dominante de las especies de guadua y que especifica la aparición de una u otra en cada parcela, por lo que el Bambú amarillo aparece en cuatro parcelas y la Guadua común aparece en solo dos parcelas.

Figura 7-28 Número de individuos por categoría para las especies del muestreo de Guadua



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025



#### 7.5.1.7.7.4 Volúmenes de muestreo y aprovechamiento

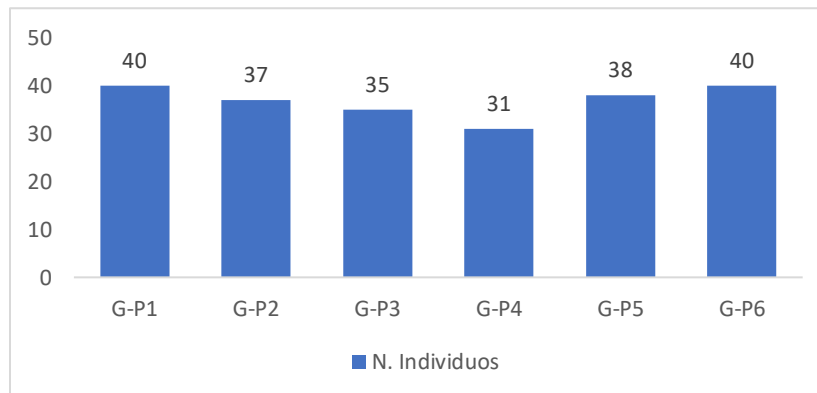
Para el aprovechamiento forestal de los guaduales localizados en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115Kv se levantaron 6 parcelas de muestreo, en las cuales en todos los casos se presentó una especie dominante. En la **Tabla 7-27** se presentan el número total de 221 individuos muestreados con su respectiva especie

**Tabla 7-27 Número de individuos por unidades de muestreo**

Parcela	Especie	N. Individuos
G-P1	<i>Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.</i>	40
G-P2	<i>Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.</i>	37
G-P3	<i>Guadua angustifolia Kunth</i>	35
G-P4	<i>Guadua angustifolia Kunth</i>	31
G-P5	<i>Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.</i>	38
G-P6	<i>Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.</i>	40
<b>TOTAL</b>		<b>221</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

**Figura 7-29 Número de individuos de las especies de Guadua por parcela del muestreo**



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

Como se observa en la **Figura 7-29** el número máximo de culmos se dio en las parcelas P1 y P6 ambas con la especie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl.(Bambu amarillo). La cantidad de individuos o culmos se puede inferir que las agregaciones de esta especie de guadua son mucho más densa y los culmos se desarrollan como un ramillete que se desprende de un área central de rebrote, como se presenta en la **Fotografía 7-5**.



Fotografía 7-5 Bambú amarillo (*Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl.)



Municipio: Falan  
Coordenadas: E 4788841,43 N: 2121995,63  
Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

Para las parcelas con el menor número de culmos son G-P3 y G-P4, en estas la especie *Guadua angustifolia* Kunth (*Guadua* común) es la dominante. El número de culmos es de 31 para G-P4 y 35 para G-P3. Analizando estos resultados es evidente que los guaduales de la servidumbre con esta especie su regeneración es más espaciada entre culmos, además que puede tener diámetros de mayor grosor y dada el área de la unidad de muestreo se cuantifican menos culmos se presenta en la **Fotografía 7-6**.

Fotografía 7-6 *Guadua* común (*Guadua angustifolia* Kunth)



Municipio: Armero Guayabal  
Coordenadas: E 4790304,73 N: 2120783,75  
Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025.

#### 7.5.1.7.7.5 Volúmenes de aprovechamiento del muestreo estadístico en Guadua

En relación con los volúmenes de aprovechamiento, en la **Tabla 7-28** se presentan los valores de volumen total y volumen comercial para cada una de las parcelas del muestreo. Es de resaltar que este cálculo se realiza bajo la fórmula de la **Figura 7-30** la cual evalúa tres variables, el diámetro a la altura del pecho, la altura total o comercial y el factor de forma del tronco o fuste.

**Figura 7-30 Formula de cálculo de volumen en Guadua**

$$\frac{\pi}{4} * DAP^2 * (h_T \text{ ó } h_C) * f$$

Fuente: CARDER 2013. Guía de cubicación de madera.

Donde DAP (Diámetro a la altura del pecho); ht (altura total), hc(altura comercial); f (factor de forma)

En relación al factor de forma para el cálculo de volumen en guadua, Castaño, N, & Moreno, F. (2004), establecen que el volumen real de una guadua se sobre estima si se calcula como un cilindro macizo y entendiendo que la especie entre sus nudos es hueca. Por lo tanto, proponen un factor de corrección del 0.56 para ajustar el volumen geométrico teórico al volumen real útil. Bajo esta premisa el factor forma para el presente plan de aprovechamiento es el de 0.56.

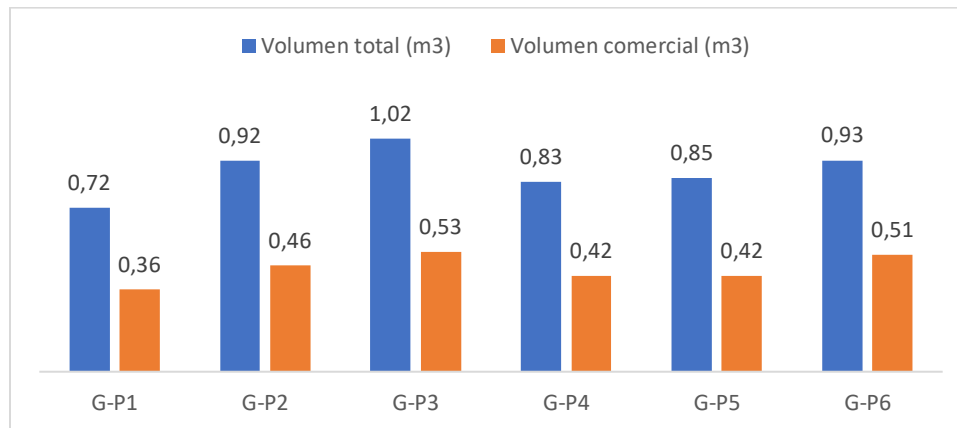
**Tabla 7-28 Volúmenes estimados de aprovechamiento del muestreo en guadua**

Parcela	Especie	N Individuos	Volumen total (m3)	Volumen comercial (m3)
G-P1	Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.	40	0,72	0,36
G-P2	Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.	37	0,92	0,46
G-P3	Guadua angustifolia Kunth	35	1,02	0,53
G-P4	Guadua angustifolia Kunth	31	0,83	0,42
G-P5	Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.	38	0,85	0,42
G-P6	Bambusa vulgaris Schrad. ex J.C.Wendl.	40	0,93	0,51
<b>TOTAL</b>		<b>221</b>	<b>5,27</b>	<b>2,70</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

Como se observa en la **Figura 7-31** los mayores valores de volumen comercial y total se presentan en la parcela I G-P3 con 1,02 m3 de volumen total y 0,53 m3 de volumen comercial, pero que es esta una de las de menor número de individuos y que indica que los culmos están en estadios superiores de desarrollo con alturas y diámetros mayores y que se trata de la especie *Guadua angustifolia* Kunth (guadua común), que morfológicamente es de mayor talla que el Bambu amarillo. La parcela con los menores valores de volumen es G-P1 con 0,72 m3 de volumen total y 0,36 m3 de volumen comercial, pero es esta una de las parcelas con mayor número de culmos, pero de la especie *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C.Wendl. que morfológicamente tiene diámetros menores.

Figura 7-31 Volúmenes comercial y total del muestreo estadístico de Guadua



Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

#### 7.5.1.7.7.6 Proyección de Volúmenes de aprovechamiento final de Guadua

En función de determinar el valor del volumen de aprovechamiento forestal de los guaduales localizados en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115KV, se plantea la proyección de los resultados obtenidos por medio de la caracterización con unidades de muestreo a toda el área de la servidumbre, la cual fue determinada mediante puntos de control en campo.

En la Tabla 7-29 se presenta el área en hectáreas para cada uno de los cuatro (4) polígonos de guadua interpretados y verificados en campo, estos están localizados dentro de la cobertura de bosque de galería teniendo en cuenta que en muchas oportunidades la guadua está integrada en unidades mayores de bosque y en especial los que están influenciados por recurso hídrico como los drenajes y cuerpos lentos. También se señala que las áreas de cada polígono de guadua son menores a la unidad mínima cartografiada del presente estudio por lo que también se integran al bosque de galería. La representación y localización geográfica de cada polígono se presente en la **Tabla 7-29**

Tabla 7-29 Polígonos de Guadua localizados en área de servidumbre de línea eléctrica de transmisión

Polígonos de guadua	Parcelas por polígono	Cobertura de la tierra	Total Individuos en muestreo	Área Ha total polígono
1	GP-3	Bosque de galería	35	0,04
2	GP-4	Bosque de galería	31	0,05
3	GP-1-GP-2	Bosque de galería	77	0,03
4	GP-5-GP-6	Bosque de galería	78	0,03
<b>Total</b>			<b>221</b>	<b>0,15</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

De esta forma se relaciona el área total del muestreo vs el área total de los guaduales localizados en la servidumbre sujeta a aprovechamiento y cuyos resultados se presentan en la **Tabla 7-30**

El área total de muestreo de las 6 parcelas es de 600 m<sup>2</sup> o 0.06 ha, con 221 individuos y un volumen total de 5,27 m<sup>3</sup> y 2,70 m<sup>3</sup> de volumen comercial. Por medio de puntos de control se determinó el total de los guaduales localizados en la servidumbre y que en total es de 0,15 ha. Igualmente se calculó que el valor total de culmos de aprovechamiento pueden ser 545 con un volumen total de 12,99 m<sup>3</sup> y volumen comercial de 6,66 m<sup>3</sup>.

**Tabla 7-30 Volúmenes de aprovechamiento totales proyectados**

	Área total Ha	Total, Individuos	Volumen Total m <sup>3</sup>	Volumen Comercial m <sup>3</sup>
Área de Muestreo	0,06	221	5,27	2,70
Área de Aprovechamiento	0,15	545	12,99	6,66

Fuente: SGS Colombia S.A.S.; 2025

#### 7.5.1.7.7.7 *Aprovechamiento de Guadua*

Para el proceso de solicitud de permiso de aprovechamiento forestal único para la vegetación arbórea localizada en la servidumbre de la línea de transmisión eléctrica 115KV. Dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 1740 de 2016, a continuación, se presentan los aspectos y procedimientos que involucran el aprovechamiento forestal de los guaduales objeto de aprovechamiento

#### 7.5.1.7.7.8 *Cronograma de actividades*

Para toda la ejecución del aprovechamiento forestal requerido para el establecimiento de la línea de transmisión eléctrica 115KV, las actividades de tala para los guaduales serán realizados bajo el mismo cronograma de aprovechamiento de las especies arbóreas de toda la servidumbre del proyecto.

#### 7.5.1.7.7.9 *Métodos y equipos*

Para el corte de la guadua se hace viable utilizar dos métodos; de forma mecanizada por medio de motosierra o de forma manual con la ayuda de un machete. Este último, toda vez que, al ser su tronco hueco, el machete adquiere mayor facilidad. El corte debe ser horizontal y paralelos a los nudos que están más próximos del suelo (primer anillo basal) , para así evitar que queden cavidades que puedan alojar agua dentro del cumulo y que puede generar pudriciones y posibles afectaciones a todo el guadua que no está sujeto al aprovechamiento.

De igual forma se debe procurar por la no afectación de plántulas de otras especies que estén localizadas en inmediaciones al guadua. Entresacar como primera medida, los culmos de guadua que estén secos, caídos o con algún daño mayor, para poder despejar las áreas de caída de los individuos vivos que van a ser talados. Tener presente los niveles

de pendiente del terreno en los guaduales para tala, con el fin de dar la dirección de caída libre más apropiada y segura.

Es importante resaltar la actividad previa de aseguramiento del inicio de las operaciones de corte y entre las que se encuentran:

- Realizar limpieza del guadual de forma que permita la movilidad segura de los operarios dentro del guadual. Para esto es necesario hacer una limpieza de ramas laterales y vegetación asociada en aproximadamente 2 metros.
- Utilizar todos los elementos de protección personal
- Material de corte debidamente afilado y listo para su utilización. Ya sea machete o motosierra
- Evaluar previo al corte, que culmos pueden estar apoyados en otros, para evitar caídas inesperadas de material.

#### 7.5.1.7.8 Destinación de los productos forestales maderables y no maderables

Para el presente estudio de aprovechamiento forestal de guadua, no serán obtenidos productos de tipo comercial. Luego de la tala de los culmos, y previo acuerdo con el propietario del predio, estos se pueden dividir obteniendo la sección conocida como basa, la de mayor valor comercial, segmento que va desde los 4 a 8 metros, y la sobrebasa utilizado algunas veces en construcción. El varillon y la copa o puntal se pican y se disponen de forma organizada en un lugar próximo al aprovechamiento para que sea el propietario del predio quien defina el manejo que se le dé a los culmos y los residuos derivados de la actividad.

Por otro lado, los productos maderables que se obtendrán del aprovechamiento forestal serán trozas de madera rolliza sin dimensionar, los cuales serán entregados a los propietarios de los predios para ser utilizados en actividades domésticas como adecuaciones del predio, cercado, viviendas o estructuras en el predio, entre otras o para las actividades civiles propias del proyecto

#### 7.5.1.7.9 Conclusión

El área de intervención comprende un total de 117,275ha. Como se muestra en [Tabla 7-31](#) será necesario realizar el aprovechamiento forestal de 886 árboles fustales, que representan un volumen total de 479,64m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 145,34m<sup>3</sup>. La mayor parte de este aprovechamiento se llevará a cabo en coberturas de territorios agrícolas, principalmente en cultivos de cereales y pastos limpios, donde se intervendrán 650 individuos con un volumen total de 360,79m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 102,71 m<sup>3</sup>.

Por otro lado, se aplicará tratamiento de poda (poda existente, poda existente-proyectada y poda proyectada) a 461 individuos, en función de las necesidades constructivas del proyecto. En cuanto a los productos no maderables, como la guadua, y de acuerdo con el muestreo estadístico realizado en el área que ocupa dentro del proyecto 0,15 ha, se estima un volumen total a aprovechar, de 12,99 m<sup>3</sup> y un volumen comercial de 6,66 m<sup>3</sup>. Finalmente, se destaca que, del total de individuos censados (1.597), 250 no serán intervenidos.



**Tabla 7-31 Aprovechamiento forestal dentro del área de intervención**

Tipo de Área	# Individuos	V. Total (m³)	V. Comercial (m³)	Biomasa	Carbono
Área de intervención Proyecto	886	479,64	145,34	639,66	877,28
<b>Total</b>	<b>886</b>	<b>479,64</b>	<b>145,34</b>	<b>639,66</b>	<b>877,28</b>

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

### 7.5.1.8 Listado de especies en categoría de amenaza

En la **Tabla 7-32**, se presenta el listado de especies en estado de amenaza las cuales corresponden a las categorías; En peligro (CR), En peligro (EN) y Vulnerable (VU), que para el caso de Colombia se encuentran definidas bajo la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y la resolución 0126 DE 2024 (MADS) expedida por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, igualmente se presentan las especies que se encontraron en alguna categoría del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres).

Una vez realizada la revisión de las 104 especies identificadas para el aprovechamiento forestal, se concluye que las especies *Annoa rufinervis* (Espadón), *Cephalotomandra fragrans* (Toreto) y *Tectona grandis* (Teca) se encuentran catalogadas en la categoría En Peligro (EN) según la UICN, por otro lado para la CITES las especies *Handroanthus ochraceus* (Guayacán) y *Pterocarpus rohrii* (Barriga culebra) aparecen reportadas en el apéndice II, para estos casos no se encontró reportes en categoría de peligro a nivel nacional por otro lado, según la Resolución No 0126 de 2024 (MADS), se encontraron las especies, *Elaeis oleifera* (Palma de aceite), *Annoa rufinervis* (Espadón) y *Cephalotomandra fragrans* (Toreto) en categoría En peligro (EN), las demás especies no están reportadas en ninguna categoría de amenaza según las fuentes consultadas.

**Tabla 7-32 Listado de especies en categoría de amenaza**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA CITES	UICN	CATEGORÍA MINISTERIO RESOLUCIÓN 0126/2024
<i>Aegiphila Jacq.</i>	Tabaquillo	NE	LC	NE
<i>Aiouea montana</i> (Sw.) R.Rohde	Ocotea	NE	LC	NE
<i>Albizia carbonaria</i> Britton	Carbonaria	NE	LC	NE
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Igua	NE	NE	NE
<i>Albizia subdimidiata</i> (Splitg.) Barneby & J.W.Grimes	Dormido	NE	LC	NE
<i>Ampelocera macphersonii</i> Todzia	Vara de Agua	NE	LC	NE
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb.) Skeels	Caracolí	NE	LC	NE
<i>Annona muricata</i> L.	Guanabano	NE	LC	NE
<i>Annona rensoniana</i> (Standl.) H.Rainer	Aniba	NE	LC	NE
<i>Annona rufinervis</i> (Triana & Planch.) H.Rainer	Espadón	NE	EN	EN
<i>Annona sp.</i>	Ocaso	NE	NE	NE
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Gusanero	NE	LC	NE
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	Palma	NE	LC	NE
<i>Banara guianensis</i> Aubl.	Suave Alterno	NE	LC	NE
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Vara Blanca	NE	LC	NE
<i>Calliandra riparia</i> Pittier	Trompeto	NE	LC	NE
<i>Callicarpa acuminata</i> Kunth	Granadilla	NE	LC	NE
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	NE	DD	NE



NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA CITES	UICN	CATEGORÍA MINISTERIO RESOLUCIÓN 0126/2024
<i>Casearia americana</i> (L.) T.Samar. & M.H.Alford	Rosqueto	NE	LC	NE
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Ondquera	NE	LC	NE
<i>Casearia mariquitensis</i> Kunth	Guayabiyo	NE	LC	NE
<i>Cecropia peltata</i> L.	Yarumo	NE	LC	NE
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba Pentandra	NE	LC	NE
<i>Cephalotomandra fragrans</i> Karst. & Triana	Toreto	NE	EN	EN
<i>Chiococca</i> sp.	Cruceto	NE	NE	NE
<i>Chloroleucon bogotense</i> Britton & Killip	Angarillo	NE	NE	NE
<i>Chomelia microloba</i> Donn.Sm.	Chirco	NE	LC	NE
<i>Citharexylum</i> B.Juss.	Cajeto	NE	LC	NE
<i>Citronella incarum</i> (J.F.Macbr.) R.A.Howard	Cuadrado	NE	LC	NE
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Limón Mandarin	NE	NE	NE
<i>Coccoloba obovata</i> Kunth	Buche Gallina	NE	LC	NE
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal Cafetero	NE	LC	NE
<i>Cordia dentata</i> Poir.	Cadillo	NE	LC	NE
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	Suave Opuesto	NE	LC	NE
<i>Cupania americana</i> subsp. <i>latifolia</i> (Kunth) T.D.Penn.	Guacharaco	NE	LC	NE
<i>Cupania latifolia</i> Kunth	Aserrado	NE	LC	NE
<i>Cupania sylvatica</i> Casar.	Requia	NE	LC	NE
<i>Curatella americana</i> L.	Chaparro	NE	LC	NE
<i>Damburneya purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Trofimov	Laurel	NE	LC	NE
<i>Damburneya umbrosa</i> (Kunth) Trofimov	Laurel Amarillo	NE	LC	NE
<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerf.	Espino Mulato	NE	LC	NE
<i>Dilodendron costaricense</i> (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerf.	Espino Mulato	NE	LC	NE
<i>Elaeis oleifera</i> (Kunth) Cortés	Palma Aceite	NE	NE	EN
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Orejero	NE	LC	NE
<i>Eugenia acapulcensis</i> Steud.	Arrayancito	NE	LC	NE
<i>Eugenia florida</i> DC.	Arrayán Blanco	NE	LC	NE
<i>Eugenia</i> sp.	Cerezo	NE	NE	NE
<i>Ficus costaricana</i> (Liebm.) Miq.	Matapalo	NE	LC	NE
<i>Ficus dendrocida</i>	Ficus	NE	LC	NE
<i>Ficus nymphaeifolia</i> Mill	Higueron	NE	LC	NE
<i>Ficus pallida</i> Vahl	Higo	NE	LC	NE
<i>Genipa americana</i> L.	Jagua	NE	LC	NE
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	Matarratón	NE	LC	NE
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleume	Bilibil	NE	LC	NE
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guásimo	NE	LC	NE
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Guayacán	II*	PM	NE
<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	Inga	NE	LC	NE
<i>Inga punctata</i> Willd.	Pegajoso	NE	LC	NE
<i>Inga Vera</i> Willd.	Guamo	NE	LC	NE
<i>Jacaranda caucana</i> Pittier	Mimosa	NE	LC	NE
<i>Jacaranda hesperia</i> Dugand	Ciruelo	NE	LC	NE
<i>Klarobelia anomala</i> (R.E. Fr.) Chatrou	Nona	NE	LC	NE
<i>Lecythis zabucajo</i> Aubl	Nuez	NE	LC	NE
<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand	Capote	NE	LC	NE
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Dinde	NE	LC	NE
<i>Mammea americana</i> L.	Mamey Clusia	NE	DD	NE
<i>Mangifera indica</i> Thwaites, 1858	Mango	NE	DD	NE

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA CITES	UICN	CATEGORÍA MINISTERIO RESOLUCIÓN 0126/2024
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamon	NE	LC	NE
<i>Myrcia complicata</i> (Kunth) DC.	Arrayán	NE	NE	NE
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Arrayán Morado	NE	LC	NE
<i>Nectandra</i> sp.	Amarilla	NE	NE	NE
<i>Nectandra</i> sp.	Pega Pega	NE	NE	NE
<i>Neea amplifolia</i> Donn.Sm.	Lengua de vaca	NE	LC	NE
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav.) Urb.	Balso	NE	LC	NE
<i>Ocotea leptobotra</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Laurel Rayas	NE	LC	NE
<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke	Guaba	NE	LC	NE
<i>Persea Americana</i> Mill	Aguacate	NE	LC	NE
<i>Petrea rugosa</i> Kunth	Carrasposo	NE	LC	NE
<i>Piper reticulatum</i> L.	Abanico	NE	LC	NE
<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski	Crotón	NE	LC	NE
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Payande	NE	LC	NE
<i>Pittoniotis trichantha</i> Griseb.	Huesito	NE	LC	NE
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	NE	LC	NE
<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl	Barriga Culebra	NE	LC	NE
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Saman	NE	LC	NE
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton	Espino Colorado	NE	LC	NE
<i>Spondias mombin</i> L.	Hobo	NE	LC	NE
<i>Swartzia</i> sp.	Cascarillo	NE	NE	NE
<i>Swartzia</i> sp.	Cocoloba	NE	NE	NE
<i>Swartzia</i> sp.	Guamo liso	NE	NE	NE
<i>Swinglea glutinosa</i>	Limón Swingle	NE	NE	NE
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	NE	LC	NE
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Cedrillo	NE	NE	NE
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Chicalá	NE	LC	NE
<i>Tectona grandis</i> L.	Teca	NE	EN	NE
<i>Trema Micranthum</i> (L.) Blume	Guasimilla	NE	LC	NE
<i>Triplaris americana</i> L.	Vara Santa	NE	LC	NE
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Crespon	NE	LC	NE
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Espino	NE	LC	NE
<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	Membrillo	NE	LC	NE
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tachuelo	NE	LC	NE
<i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Frijolito	NE	LC	NE
<i>Zanthoxylum schreberi</i> (J.F.Gmel.) Reynel	Icaco	NE	LC	NE
<i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose	Carbón	NE	LC	NE

Convenciones: Datos Insuficientes DD, Preocupación menor: LC; En peligro: EN, No evaluado: NE;  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

## 7.5.2 Flora silvestre en veda en otros hábitos de crecimiento

De acuerdo con los resultados obtenidos en el trabajo de campo, se solicita mediante este documento la imposición y/o establecimiento de medidas de manejo para la intervención de flora silvestre en veda (Vascular y No Vascular) para los grupos de Orquídeas, Bromelias, Líquenes y Briofitos hallados en campo, para el área que será intervenida en el Estudio de Impacto Ambiental – “Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión

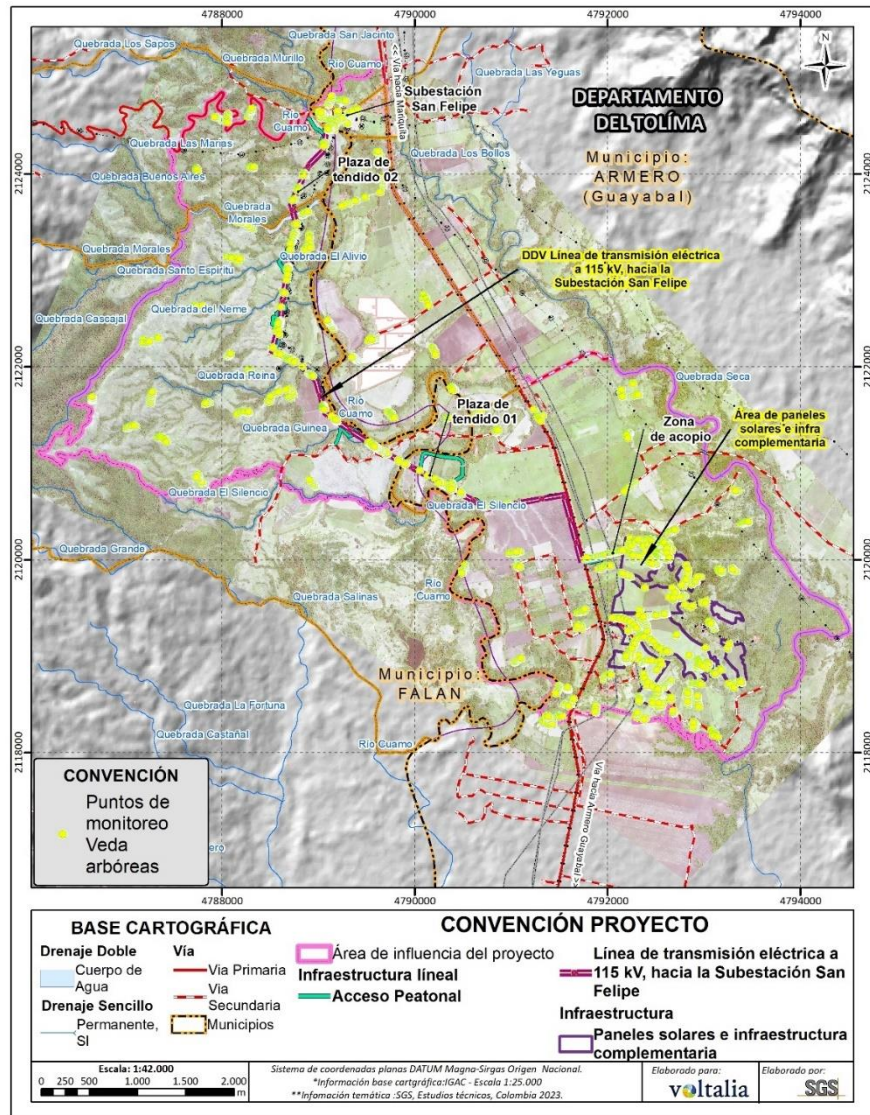
*eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe*". La presente solicitud imposición y/o establecimiento de medidas de manejo para la intervención de flora silvestre en veda nacional, se realiza en el marco de la Resolución 0213 de 1977 – INDERENA, Resolución 0126 de 2024, en la cual se establece veda para algunas especies y productos de la flora silvestre (Musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies).

La veda es una restricción y regulación del uso o aprovechamiento de determinadas especies o grupos taxonómicos de la flora en el territorio a nivel Nacional. Por lo cual el permiso de "Levantamiento de veda de flora silvestre" es acceder por un tiempo parcial o temporal al aprovechamiento, comercialización y/o movilización, de especies, grupos taxonómicos o productos de la flora a las que se les han establecido veda a nivel regional o nacional<sup>5</sup>. Ahora bien, el Decreto-Ley 2106 de 2019 suprimió, simplificó y reformó procesos y procedimientos innecesarios en la administración pública, eliminando, en su artículo 125, el trámite de levantamiento parcial de Vedas así: *"Para el desarrollo o ejecución de proyectos, obras o actividades que requieran licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental que impliquen intervención de especies de la flora silvestre con veda nacional o regional, la autoridad ambiental competente, impondrá dentro del trámite de la licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental, las medidas a que haya lugar para garantizar la conservación de las especies vedadas, por lo anterior, no se requerirá adelantar el trámite de levantamiento parcial de veda que actualmente es solicitado"*<sup>6</sup>. (Figura 7-32).

**Figura 7-32 Ubicación de los puntos de monitoreo de flora silvestre en veda vascular y no vascular**

<sup>5</sup> <http://www.minambiente.gov.co/index.php/tramites-minambiente/levantamiento-de-veda-de-flora-silvestre>

<sup>6</sup> Decreto 2106 (2019). Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública. 22 de noviembre de 2019.



DDV: Servidumbre del proyecto  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

### 7.5.2.1 Especies Vasculares

De acuerdo con la caracterización y lo dispuesto en la Resolución 0213 de 1977, se reportaron especies objeto de imposición de medidas de manejo, registrando un total de tres (3) especies pertenecientes a la familia Bromeliaceae y una (1) única especie perteneciente a la familia Orchidaceae con una abundancia total de 1962 individuos, como se establece en la

Tabla 7-33)

Tabla 7-33 Composición de especies vasculares en el área de intervención del proyecto

Familia (Epifita)	Especie (Epifita)	Bgr	Cre	Msc	Pa	Pe	PI	Tud	Vsa	Total
Bromeliaceae	<i>Bromelia cf. Chrysantha</i>	51	---	---	---	---	14	---	---	65
Bromeliaceae	<i>Tillandsia elongata</i>	78	810	32	8	20	225	---	93	1266
Bromeliaceae	<i>Tillandsia flexuosa</i>	180	---	---	---	---	328	38	71	617
Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>	14	---	---	---	---	---	---	---	14
<b>Total</b>	---	<b>323</b>	<b>810</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>567</b>	<b>38</b>	<b>164</b>	<b>1962</b>

**Bgr:** Bosque de galería y/o ripario, **Cre:** Cereales, **Msc:** Mosaico de cultivos, **Pa:** Pastos arbolados, **Pe:** Pastos enmalezados, **PI:** Pastos limpios, **Tud:** Tejido urbano discontinuo, **Vsa:** Vegetación secundaria alta.  
--- Sin registro

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

#### 7.5.2.1.1 Especies No Vasculares

De acuerdo con la caracterización y lo dispuesto en la Resolución 0213 de 1977, se reportaron especies objeto de imposición de medidas de manejo, registrando un total de 44 especies pertenecientes al grupo de los líquenes y nueve (9) especies pertenecientes al grupo de los musgos y seis (6) al grupo de las hepáticas con una cobertura total de 1215467 cm<sup>2</sup> en total, como se establece en la **Tabla 7-34**.



Tabla 7-34 Composición de especies no vasculares en el área de intervención del proyecto

Familia (Epifita)	Especie (Epifita)	Bgr	Cre	Msc	Pa	Pe	PI	Rv	Tud	Vsa	Vsb	Zi	Total
Frullaniaceae	<i>Frullania atrata</i>	11388	3300	---	---	1356	3806	---	---	---	---	580	20430
Frullaniaceae	<i>Frullania cf. Ericoides</i>	10030	17143	466	223	1814	1428	---	230	1184	228	830	33576
Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	10461	8565	695	103	1215	2526	---	250	2635	---	238	26688
Frullaniaceae	<i>Frullania sp.1</i>	16065	2251	---	333	1109	3778	---	454	237	---	---	24227
Lejeuneaceae	<i>Acrolejeunea torulosa</i>	7050	356	---	---	1049	72	---	---	---	---	---	8527
Marchantiaceae	<i>Marchantia chenopoda</i>	90	125	---	---	---	---	---	---	---	---	---	215
Arthoniaceae	<i>Arthonia cf. Compladata</i>	1536	14759	---	497	573	5116	---	288	1410	---	---	24179
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia sp.</i>	1221	13724	---	280	557	4871	---	---	1824	---	---	22477
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia striata</i>	14947	16905	341	487	1483	8394	---	382	2418	---	665	46022
Arthoniaceae	<i>Herpothallon sp.1</i>	11491	362	---	---	1630	571	---	---	---	---	349	14403
Arthoniaceae	<i>Herpothallon sp.2</i>	19386	30050	817	695	3262	7100	---	529	3185	401	---	65425
Caliciaceae	<i>Dirinaria applanta</i>	7275	16113	574	116	1810	6078	---	118	1379	247	---	33710
Caliciaceae	<i>Dirinaria picta</i>	8394	15187	654	404	328	6709	---	1009	2925	115	361	36086
Caliciaceae	<i>Pyxine cocoos</i>	11042	30969	636	771	1700	8640	361	497	3479	229	1049	59373
Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>	15920	18748	469	547	2154	5001	---	379	2181	274	755	46428
Chrysothrichaceae	<i>Chrysothrix xanthina</i>	9191	16961	---	---	1463	4144	---	166	1979	---	1055	34959
Coccocarpiaceae	<i>Coccocarpia palmicola</i>	1337	13201	---	---	627	4530	---	---	1814	310	---	21819
Collemataceae	<i>Leptogium azureum</i>	7662	14369	343	296	1577	4047	---	532	1842	224	---	30892
Collemataceae	<i>Leptogium phyllocladum</i>	---	---	---	---	---	272	---	---	222	---	---	494
Collemataceae	<i>Leptogium sp.1</i>	9602	49	---	262	75	2685	---	541	611	---	---	13825
Graphidaceae	<i>Fissurina incrustans</i>	1898	---	---	---	---	---	---	---	215	---	749	2862
Graphidaceae	<i>Glyphis cicatricosa</i>	2449	---	---	---	---	2184	---	---	---	---	532	5165
Graphidaceae	<i>Glyphis scyphulifera</i>	16615	33423	806	477	2981	9710	---	807	4894	370	462	70545
Graphidaceae	<i>Graphis cf. Comma</i>	11140	94	---	137	1086	4920	---	790	756	---	418	19341
Graphidaceae	<i>Graphis cf. Elegans</i>	507	---	---	---	---	256	---	---	---	---	---	763
Graphidaceae	<i>Graphis illinata</i>	2185	16755	---	153	756	4635	---	---	1795	245	---	26524
Graphidaceae	<i>Graphis scripta</i>	1666	14758	---	229	620	3595	---	---	1597	---	---	22465
Graphidaceae	<i>Graphis sp.1</i>	14417	13346	---	---	1603	5683	---	---	2225	155	611	38040



Familia (Epifita)	Especie (Epifita)	Bgr	Cre	Msc	Pa	Pe	PI	Rv	Tud	Vsa	Vsb	Zi	Total
Graphidaceae	<i>Graphis sp.2</i>	1672	---	---	---	---	30	---	---	---	---	386	2088
Graphidaceae	<i>Sarcographa cf. Labyrinthica</i>	10174	16187	118	279	1349	4618	---	242	3115	---	578	36660
Lecanoraceae	<i>Lecanora cf. Helva</i>	355	---	---	---	---	761	---	---	164	---	---	1280
Lecanoraceae	<i>Lecanora tropica</i>	1672	15914	---	297	492	3951	---	---	2931	151	---	25408
Malmideaceae	<i>Malmidea leptoloma</i>	3897	---	---	---	---	215	---	---	---	---	622	4734
Parmeliaceae	<i>Parmotrema cf. Reticulatum</i>	1345	16418	631	137	543	4628	---	270	1867	153	---	25992
Parmeliaceae	<i>Parmotrema endosulphureum</i>	2343	18160	432	418	756	4532	---	96	1273	---	---	28010
Parmeliaceae	<i>Parmotrema tinctorum</i>	2456	156	---	---	---	193	---	---	856	---	212	3873
Parmeliaceae	<i>Usnea sp.</i>	1533	12338	---	96	717	2491	---	---	1986	119	---	19280
Pertusariaceae	<i>Pertusaria pertusa</i>	1243	13792	---	233	393	3657	---	258	1558	144	---	21278
Physciaceae	<i>Dirinaria sp.1</i>	9656	16720	589	477	931	6155	---	583	2783	110	---	38004
Physciaceae	<i>Physcia aipolia</i>	12239	15841	577	1069	1798	5233	---	499	1406	---	466	39128
Physciaceae	<i>Physcia cf. Stellaris</i>	3130	27948	521	923	1189	7555	---	499	4025	268	---	46058
Physciaceae	<i>Physcia sp.1</i>	5346	27653	618	799	1062	11104	---	1525	2669	---	---	50776
Pyrenulaceae	<i>Pyrenula sp.1</i>	125	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	125
Ramalinaceae	<i>Bacidia rubella</i>	12290	16946	267	383	1776	3904	---	141	1435	---	468	37610
Ramalinaceae	<i>Bacidia sp.1</i>	1700	---	---	---	---	544	---	---	---	---	338	2582
Ramalinaceae	<i>cf. Eschatogonia sp.1</i>	7811	275	---	---	1053	414	---	---	656	---	245	10454
Ramalinaceae	<i>Eschatogonia prolifera</i>	139	---	---	---	---	90	---	---	---	---	---	229
Roccellaceae	<i>Opegrapha sp.1</i>	7830	766	---	---	1508	297	---	---	777	---	---	11178
Roccellaceae	<i>Opegrapha subvulgata</i>	8012	14511	---	148	1642	3467	---	---	2209	258	---	30247
Trypetheliaceae	<i>Trypethelium eluteriae</i>	1920	---	---	---	---	130	---	---	---	---	636	2686
Entodontaceae	<i>Erythrodontium squarrosum</i>	42	---	---	42	---	84	---	---	---	---	---	168
Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	605	2411	---	345	---	6901	---	720	1637	---	---	12619
Fissidentaceae	<i>Fissidens dissitifolius</i>	240	475	---	---	---	---	---	---	---	---	---	715
Leskeaceae	<i>Leskea sp.1</i>	155	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	155
Meteoriaceae	<i>Papillaria nigrescens</i>	227	159	---	---	---	---	---	---	751	---	---	1137
Pottiaceae	<i>Hyophila involuta</i>	311	682	---	---	59	359	---	---	330	189	---	1930

Familia (Epifita)	Especie (Epifita)	Bgr	Cre	Msc	Pa	Pe	PI	Rv	Tud	Vsa	Vsb	Zi	Total
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum sp.1</i>	283	---	---	---	---	---	---	---	170	---	---	453
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	4183	---	---	---	30	859	---	---	---	---	---	5072
Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>	400	4372	---	259	702	69	---	---	276	---	---	6078
Total	---	328299	533237	9554	11915	46828	182992	361	11805	73681	4190	12605	1215467

**Bgr:** Bosque de galería y/o ripario, **Cre:** Cereales, **Msc:** Mosaico de cultivos, **Pa:** Pastos arbolados, **Pe:** Pastos enmalezados, **PI:** Pastos limpios, **Rv:** Red vial y territorios asociados, **Tud:** Tejido urbano discontinuo, **Vsa:** Vegetación secundaria alta, **Vsb:** Vegetación secundaria baja, **Zi:** Zonas industriales

--- Sin Registro

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

#### 7.5.2.1.2 Solicitud de imposición de medidas de manejo para especies en veda

En cumplimiento de lo establecido en los Artículos 125 y 126 del Decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019 se realiza la caracterización de las especies en veda nacional presentes en las coberturas vegetales susceptibles de intervención por el proyecto Estudio de Impacto Ambiental – “Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe”. Por lo que a través de este numeral se solicita a CORTOLIMA la autorización de las medidas de manejo planteadas para la conservación de las especies vasculares (orquídeas y bromelias) y no vasculares (líquenes, musgos y hepáticas) registradas para el área de intervención del Estudio de Impacto Ambiental – “Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe”, organismos vedados a nivel nacional por la Resolución 0213 del 01 de febrero de 1977 expedida por el INDERENA conforme a lo establecido en el Artículo 125 del Decreto 2106 del 22 de noviembre de 2019 y la Resolución 0126 de 2024 Categoría de amenaza expedida por el Ministerio.

### 7.6 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

Teniendo en cuenta el Concepto No 2400-2-0015 del 15 de enero de 2021, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que especifica que bastará contar la descripción de las actividades de forma clara y concreta dentro de la(s) ficha(s) de manejo ambiental respectiva(s), así como la respuesta de Minambiente a la solicitud realizada por Voltaia “*Respuesta a solicitud con radicado Minambiente 2024E1018883. Solicitud de aclaración sobre la aplicabilidad o no del Permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial en el marco de las actividades del Plan de Manejo Ambiental – PMA.*” con radicado 24022024E2014255 (Ver Anexos/Anexo6DemandayusoRN/6.3Recoleccion Especimenes/2.210426Respuesta), se presentan a continuación, así como en el Capítulo 10 el manejo, seguimiento y monitoreo asociado a la recolección de especímenes de especies silvestres para el proyecto.

El Plan de Manejo Ambiental para el manejo del componente fauna, contempla como primera opción el desplazamiento de la fauna silvestre presente en el área de intervención, mediante el uso de estímulos auditivos tales como vuvuzelas y parlantes con sonidos que alerten de peligro y la remoción mecánica de posibles hábitats. Sin embargo, algunas especies son susceptibles a rescate y posterior reubicación; aquellas especialistas de hábitat, con baja movilidad, especies de hábitos arborícolas, con estadios de desarrollos tempranos (polluelos o huevos) o terrestres que se refugien en madrigueras o que durante las actividades de intervención sufran accidentes, en estos escenarios los individuos pueden ser reubicados inmediatamente en áreas cercanas al área de intervención.

Como última medida se deben implementar metodologías que involucren el sacrificio o la colecta de especímenes, estas se desarrollarán únicamente en las siguientes condiciones:

- Especímenes que durante las actividades de ahuyentamiento, manipulación y/o actividades del proyecto sufran eventos de estrés que causen su muerte.

- Especímenes que por las actividades del proyecto sufran accidentes y que posterior a la valoración del profesional se considere su sacrificio y posterior fijación y preservación.
- En los dos casos anteriores se consultará a la colección biológica correspondiente la viabilidad de depositarlo en el museo o si por el contrario se procederá con la necropsia y disposición final del individuo.

Una vez se determine la viabilidad, serán depositados en una colección certificada por el Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt.

Por tal motivo, en el presente numeral se describen las metodologías para la recolección de especímenes de la biodiversidad, las categorías taxonómicas de los grupos de interés a coleccionar y los perfiles de los profesionales a cargo del desarrollo de dichas recolecciones en campo.

### **7.6.1 Metodologías**

#### **7.6.1.1 Herpetofauna**

Previamente se identificarán los principales tipos de ambiente y/o microambientes asociados y posibles corredores biológicos de anfibios y reptiles. No es posible predecir cuantos especímenes serán objeto de captura y manipulación durante el proyecto.

##### **7.6.1.1.1 Anfibios**

Las capturas en este grupo serán de forma manual usando el método de encuentro visual. Posteriormente, serán depositados en bolsas de tela, a las cuales se incorporará hojarasca húmeda para evitar el maltrato de los ejemplares capturados durante su traslado.

Ahora bien, para los individuos capturados, estos serán valorados por parte de un experto con el fin de establecer las condiciones de salud y determinar de esta manera la posible liberación inmediata o si el individuo debe tener algún tratamiento veterinario. Además, la información que se coleccionará se fundamentará en taxonomía de la especie, hábitat y microhábitat donde fue capturado, hora de captura y condición física con la finalidad de establecer el sitio o lugar más adecuado para su liberación.

Para el sacrificio, preservación y transporte de anfibios se contempla seguir las metodologías propuestas por Mesa & Bernal (2006); Palacio, Muñoz, & Rivera (2006); Angulo, Rueda-Almonacid, & La Marca (2006).

##### **▪ Sacrificio**

Entre las metodologías para el sacrificio de ejemplares se debe llevar a cabo la impregnación del vientre de los individuos con pomada de lidocaína. Esto teniendo en cuenta que, esta zona es bastante permeable y hace más efectivo el uso del anestésico. Para el sacrificio de ranas venenosas o que segregan sustancias tóxicas, se recomienda realizar el procedimiento en bolsas o recipientes separados.

Una vez sacrificado el individuo, se debe realizar una descripción morfológica de este, haciendo énfasis en las características más relevantes para su posterior identificación y que pueden ser alteradas posteriores al proceso de fijación. Cada individuo coleccionado debe

tener una etiqueta de campo en papel pergamino en el cual se consigne de manera legible un número consecutivo de campo del colector. De esta forma se debe asociar cada individuo con las notas de campo y sus respectivas fotografías.

- **Fijación**

Para prevenir la descomposición y degradación de tejidos posterior al sacrificio, se debe llevar a cabo un proceso de fijación como se expone a continuación: los ejemplares se fijan en un líquido preservativo como puede ser formol, formalina o formaldehído, el cual es de fácil manejo. La presentación comercial, la cual equivale a 100% de formalina diluida en agua debe ser diluida en nueve (9) partes de agua para hacer una solución al 10% y es estándar para la fijación de ejemplares tanto en campo como en laboratorio. En anfibios grandes el fijador puede ser inyectado en la cavidad del cuerpo, cloaca y extremidades. El proceso de fijación puede tener una duración entre 2 a 3 días según el tamaño de los ejemplares.

Posteriormente, cada individuo se debe colocar en un recipiente de plástico con tapa hermética que contendrá en el fondo dos toallas lisas de papel absorbente embebidas de formol con buffer al 10%. Cada ejemplar debe ser posicionado dentro del recipiente, de tal manera que, se puedan realizar las mediciones y la observación de características distintivas. Adicionalmente, permite un almacenamiento más efectivo y mantenimiento de los ejemplares por periodos de tiempo más extensos.

Los anuros se deben colocar de tal forma que, el cuerpo esté flexionado de manera natural, las extremidades anteriores derechas y los dedos separados para que las membranas queden extendidas. Por su parte, las extremidades posteriores deben mantenerse contraídas para evitar que las etiquetas sean removidas y las pieles lastimadas. Posteriormente, se deben cubrir con una toalla absorbente humedecida con formalina.

Las salamandras se deben fijar rectas con sus miembros dirigidos hacia adelante y paralelas al cuerpo. Las extremidades se deben ajustar ubicando las palmas hacia abajo, los dedos y la cola rectas y la boca abierta (toalla de papel). Las cecilias se deben preservar con el cuerpo recto o enrollado y la boca abierta como en el caso de las salamandras, lo cual facilita el estudio de su dentadura.

Una vez los ejemplares se hayan endurecido y se mantenga su forma, se debe atar la etiqueta correspondiente, cerca de la rodilla de la pierna derecha en el caso de las ranas y salamandras grandes y, alrededor del cuello en salamandras de porte pequeño y cecilias. Las etiquetas deben colocarse con hilo de algodón 100%.

- **Preservación**

Para la preservación de ejemplares de anfibios se deben preparar tres (3) concentraciones de alcohol etílico libre de aditivos al 30%, 50% y 70%. Previo al almacenamiento definitivo se debe eliminar la mayor cantidad posible de fijador, por lo que los ejemplares se deben sumergir directamente en alcohol etílico al 30% y al 50% por un periodo de 24 horas para ser almacenado en alcohol al 70%.

- **Movilización**

Después de que los ejemplares han sido debidamente etiquetados y fijados con el formol, se debe proceder al embalaje de estos. Como primera medida se debe evitar mezclar muestras de varias especies, cada espécimen se debe envolver por completo (teniendo

especial cuidado con los dedos para que no se deformen) con toallas de papel absorbentes (preferiblemente toallas de tipo reutilizables, ya que son más resistentes); posteriormente se debe introducir en bolsas resellables tipo Ziploc y se debe humedecer el interior del paquete con alcohol al 70%. Una vez finalizado este proceso, las muestras se deben introducir en una caja de polietileno debidamente etiquetada para su transporte y posterior entrega a una colección científica.

#### 7.6.1.1.2 Reptiles

Posterior a las técnicas de ahuyentamiento, se realizará inspección del área en búsqueda de sitios donde pueda existir la presencia de individuos rezagados como troncos, rocas, hojarasca y otros. Por lo cual, se realizarán capturas manuales y a través de pinza herpetológica, así como estos los individuos capturados serán depositados en bolsas de tela que contengan en su interior hojarasca húmeda.

Para los reptiles colectados se contempla emplear las metodologías propuestas por Mesa & Bernal (2006); Palacio, Muñoz, & Rivera (2006).

- **Sacrificio**

Entre las metodologías para el sacrificio de ejemplares de reptiles se debe llevar a cabo la aplicación de una dosis letal de xilocaína o roxicaína en el corazón. La cantidad de este anestésico varía según el peso corporal del espécimen fluctuando entre 1 y 2 ml. Una vez sacrificado el individuo se debe realizar una descripción morfológica de este, haciendo énfasis en las características más relevantes para su posterior identificación y que pueden ser alteradas posteriores al proceso de fijación

Cada individuo colectado debe tener una etiqueta de campo en papel pergamino con hilo de algodón 100%, en el cual se consigne de manera legible un número consecutivo de campo del colector. De esta forma, se debe asociar cada individuo con las notas de campo y sus respectivas fotografías. En el caso de tener lagartijas, cocodrilos y tortugas, la etiqueta debe ubicarse inmediatamente debajo de la rodilla en la extremidad posterior izquierda. Para los ejemplares pequeños la etiqueta se debe colocar alrededor de la cintura. En el caso de serpientes y anfisbénidos la etiqueta se debe colocar en la parte posterior de la cabeza.

- **Fijación**

Para prevenir la descomposición y degradación de tejidos posterior al sacrificio se debe llevar a cabo un proceso de fijación como se expone a continuación. Los ejemplares se fijan en un líquido preservativo como puede ser formol, formalina o formaldehído, el cual es de fácil manejo. La presentación comercial, la cual equivale a 100% de formalina diluida en agua debe ser diluida en nueve (9) partes de agua para hacer una solución al 10% y es estándar para la fijación de ejemplares tanto en campo como en laboratorio. En anfibios grandes el fijador puede ser inyectado en la cavidad del cuerpo, cloaca y extremidades. El proceso de fijación puede tener una duración entre 2 a 3 días según el tamaño de los ejemplares.

Posteriormente, cada individuo se debe colocar en un recipiente de plástico con tapa hermética, que debe contener en el fondo dos toallas lisas de papel absorbente embebidas de formol con buffer al 10%. Cada ejemplar es posicionado dentro del recipiente, de tal manera que, se puedan realizar las mediciones y la observación de características



distintivas. Adicionalmente, esto permite un almacenamiento más efectivo y mantenimiento de los ejemplares por periodos de tiempo más extensos.

- **Preservación**

Para la preservación de ejemplares de reptiles se deben preparar tres (3) concentraciones de alcohol etílico libre de aditivos al 30%, 50% y 70%. Previo al almacenamiento definitivo, se debe eliminar la mayor cantidad posible de fijador, por lo que los ejemplares se deben sumergir directamente en alcohol etílico al 30% y al 50% por un periodo de 24 horas para ser almacenado en alcohol al 70%.

- **Movilización**

Después de que los ejemplares han sido debidamente etiquetados y fijados con el formol se debe proceder al embalaje de estos. Como primera medida se debe evitar mezclar muestras de varias especies, cada espécimen se debe envolver por completo (teniendo especial cuidado con los dedos para que no se deformen) con toallas de papel absorbentes (preferiblemente toallas de tipo reutilizables, ya que son más resistentes); posteriormente se debe introducir en bolsas resellables tipo Ziploc y se debe humedecer el interior del paquete con alcohol al 70%. Una vez finalizado este proceso, las muestras se deben introducir en una caja de polietileno debidamente etiquetada para su transporte y posterior entrega a una colección científica.

#### **7.6.1.2 Avifauna**

Se identificarán las zonas de muestreo con respecto a la estructura del ecosistema y la distribución de sus componentes; por tanto, se realizarán recorridos para el hallazgo de corredores biológicos y estructuras de vegetación relacionada con la avifauna. Para este grupo no es posible predecir cuantos especímenes serán objeto de captura y manipulación durante la ejecución del proyecto.

Es pertinente aclarar que, se realizarán técnicas de ahuyentamiento y captura manual depositando los individuos en bolsas de tela para no generar maltrato y realizar la liberación de forma inmediata. Además, se tendrá en cuenta información sobre la taxonomía de la especie, hábitat, hora de captura y condición física.

- **Sacrificio**

La técnica de sacrificio de aves principalmente utilizada en campo, corresponde a la compresión torácica, la cual genera una rápida pérdida de la conciencia y posterior muerte. Esta técnica es aconsejable para especies de porte pequeño a mediano. Se logra llevando el pulgar y el índice de una mano bajo el ala del ave de la parte posterior y colocándolos contra las costillas. El dedo índice de la otra mano se debe colocar contra el borde ventral del esternón, justo debajo del fúculo, todos los dedos se deben unir con fuerza y mantenido bajo presión para detener el corazón y los pulmones (ASSOCIATION-AVMA, 2007).

Una vez se identifique un individuo muerto se deben registrar los colores de las partes suaves como el iris, anillo ocular, pico, patas y partes de piel desnuda indicando que el ejemplar se encontraba muerto al momento de la toma de medidas.

Todos los ejemplares que sean colectados deberán ser debidamente etiquetados en campo.

Teniendo en cuenta que los ejemplares no deben ser montados de manera inmediata a su colecta, estos deben colocarse de manera individual en bolsas herméticas y mantenerse refrigerados. Asimismo, se debe evitar la exposición al calor y procesos de descomposición hasta el momento en que se realice el montaje definitivo en aquellas instituciones acreditadas, donde se pretenda llevar a cabo la entrega de los especímenes para su procesamiento y ser depositadas en las colecciones biológicas. Los ejemplares ornitológicos se pueden preservar tanto en seco como en líquido (Villareal, y otros, 2006).

▪ Preparación en seco

➤ Preparación de piel

- Con unas pinzas colocar un poco de algodón por el pico hasta llegar a la garganta del individuo con el fin de evitar que las plumas se humedezcan con algún fluido interno.
- Fracturar los húmeros del ave sin romper la piel. Entre el dedo índice y pulgar se sostiene la mitad del húmero y se ejerce fuerza suficiente sobre una superficie limpia y seca.
- Para separar la piel del cuerpo se deben aislar las plumas del vientre para despejar la zona de la quilla y el vientre, incluyendo la zona cloacal. Realizar una incisión no muy profunda en la piel desde la parte más alta de la quilla hasta la cloaca. Separar la piel del cuerpo sosteniendo con los dedos uno de los bordes cortados y separar suavemente el cuerpo del ejemplar sin soltar plumas. Desprender en dirección a los muslos y trabajando un solo lado del ave a la vez. Espolvorear aserrín fino sobre la piel despejada cada vez que sea necesario durante todo el proceso de preparación para evitar que las plumas se adhieran a esta y evitar que se desprendan. Una vez se haya despejado la piel del muslo, empujar la rodilla y el muslo hacia el interior en dirección al cuerpo hasta que quede visible para permitir continuar con la remoción de la piel de la pata, seguido de la espalda, alas, cuello y cráneo.
- Se debe retirar el cerebro y parte de los músculos de la mandíbula para evitar que su descomposición altere las condiciones de la piel.
- Limpiar la sangre y membranas de la cavidad del cráneo, así como la carne en exceso alrededor de la unión de la mandíbula con el cráneo. Esparcir aserrín para secar la humedad y aplicar bórax si es necesario dentro del cráneo y músculos restantes para terminar de secar la piel. Pasar algodón sobre el área para retirar el exceso de aserrín y bórax.
- Colocar dos bolas de algodón compactas en las cavidades oculares las cuales semejen el tamaño real de estos.
- Devolver cuidadosamente la piel un poco húmeda sobre el cráneo, alas y demás partes del cuerpo como se encontraban inicialmente y coser con aguja e hilo.

➤ Relleno y sutura de piel

- Se requiere un palo delgado, resistente, firme, con punta en uno de sus extremos, que sea más largo que el ave y cuyo grosor no supere el grosor del tarso.
- Envolver láminas delgadas de algodón sobre este, siempre en la misma dirección hasta tener una estructura de algodón compacta con forma de cono.

- La parte más delgada del cono, el cual se asemeja al cuello, se debe distribuir hacia esta zona. Por su parte, la parte gruesa del cono debe ser similar al grosor del cuerpo extraído.
- Una vez la piel del ave envuelva por completo el cono de algodón es necesario mediante aguja e hilo volver a coser la abertura del vientre desde adentro de la piel hacia afuera.
- Los tarsos se deben amarrar uno sobre otro en forma de equis (X) sobre el palo mediante el uso de hilo.

#### ▪ Preparación en líquido

La preservación de aves en medio líquido se puede realizar para cuerpos completos y cuerpos sin piel.

#### ▪ Fijación

Se sumergen los individuos en formol al 10% durante un periodo no superior a 72 horas. Para ejemplares grandes se inyecta formol al 10% directamente en la cavidad visceral o se realiza una incisión en el costado derecho de la línea ventral del cuerpo y en los músculos mayores para aumentar la probabilidad de penetración del fijador y preservar los órganos internos.

Al terminar este procedimiento, el alcohol etílico debe cubrir la totalidad del ejemplar. De igual forma, la concentración de alcohol etílico se debe revisar periódicamente mediante un alcoholímetro para verificar que sea del 75%.

#### ▪ Movilización

Para la movilización de los especímenes colectados, estos se deben colocar de manera individual y debidamente etiquetados en bolsas herméticas y mantener refrigerados. Evitar factores de deterioro como vibraciones, golpes, impactos, cambios bruscos de temperatura o humedad.

La movilización de los individuos preservados en líquido se debe realizar en frascos de vidrio debidamente embalados en una nevera de icopor o caja de cartón resistentes, con relleno de los espacios sobrantes con trozos de icopor, hasta su entrega o depósito en la respectiva colección biológica. Los frascos deben ser escogidos de acuerdo al tamaño del espécimen, conservando en la relación de volumen 2:1 entre el líquido y el espécimen, los especímenes no deben quedar doblados o presionados por las tapas, los frascos deben ser sellados antes de colocar la tapa.

Con el fin de proteger la piel y las plumas de la humedad y el daño mecánico se debe usar una chaqueta de algodón o cucurucho de papel periódico. El embalaje de especímenes preservados en seco como las pieles se debe realizar utilizando materiales secos y resistentes, preferiblemente oscuros con el fin de evitar daños por el sol. Entre estos materiales se encuentran cajones de madera, neveras de icopor o caja de cartón resistentes

(Simmons & Muñoz-Saba, 2005), con relleno de los espacios sobrantes con trozos de icopor, hasta su entrega para montaje en la respectiva colección biológica.

#### 7.6.1.3 Mastofauna

De acuerdo con el área del proyecto, se deben reconocer los posibles corredores biológicos y las áreas de alimentación que integran este grupo taxonómico. Por lo cual, si se llegan a capturar mamíferos, estos serán transportados y liberados evitando el estrés de estos mediante el uso de jaulas con cierres y cubierta empleando manta de color oscuro. Así mismo, dentro de las condiciones contempladas para cada individuo registrado, se incluirá información sobre la taxonomía de la especie, hábitat, hora de captura y condición física.

- Sacrificio

El sacrificio de los roedores y quirópteros se debe realizar mediante inyección 1-2 ml de xilocaína en el corazón dependiendo del tamaño y peso del animal.

Una vez el ejemplar se haya sacrificado, se debe tomar registro de todas las medidas morfométricas, incluyendo el peso, longitud del cuerpo, cola, patas y orejas. Si el individuo es macho, se debe medir el largo y ancho de cada testículo. Todas las medidas se deben tomar en milímetros. En cuanto al orden Chiroptera, se deben adicionar 3 medidas: longitud del trago, antebrazo y hoja nasal. Para todos los especímenes es indispensable realizar la descripción del color del pelaje, forma y color de los ojos (Mesa & Bernal, 2006). En cuanto a las etiquetas, se debe registrar el sexo y condición reproductiva, número de catálogo, nombre del colector, localidad de captura, medidas estándar y fecha de captura. La etiqueta se debe ajustar a cada ejemplar previamente al procesamiento.

- Preservación en seco

- Preparación de pieles

- La mayoría de los mamíferos se preservan como pieles, por lo que es necesario removerla. Para ello se realiza una incisión en la línea media del vientre y con la ayuda de una pinza de punta fina se separa la piel de la musculatura hasta alcanzar las extremidades posteriores.
    - Una vez separadas las extremidades se remueve la piel de la cabeza con especial cuidado. Al llegar a la boca se corta la piel que la bordea y en el hocico se corta el cartílago nasal.
    - Durante este procedimiento se utiliza aserrín fino para absorber los líquidos como sangre y grasa para así evitar que estos deterioren las pieles. Asimismo, se usa para limpiar y secar el lado interno de la piel antes de iniciar el relleno. Finalmente se aplica bórax para terminar de secar la piel.

- Relleno y sutura de la piel

- La piel extraída se rellena con algodón o estopa fina. El material debe tener una forma cilíndrica y ser ligeramente más larga y ancha que el cuerpo del animal antes de haber extraído su piel.

- Una vez se haya rellenado la piel se introducen alambres rígidos e inoxidables en las extremidades y cola. Este último se envuelve en algodón exceptuando la punta para evitar que se trabe durante su introducción.
- Con el uso de hilo y aguja se cose la piel.

- **Conservación en líquidos**

Los mamíferos destinados a estudios anatómicos o histológicos se deben fijar con una solución de formol al 40%. También los murciélagos y algunos roedores de tamaño pequeño se deben conservar de esta manera, en forma definitiva.

Se debe inyectar la cavidad del cuerpo y las zonas musculares y se deben lavar los especímenes con agua y detergente para quitar la grasa del cuerpo. De esta manera, la penetración del formol será más rápida. Se deben incluir y guardar los especímenes en frascos con formol al 10%.

La preservación de mamíferos en un medio líquido puede realizarse para cuerpos completos y cuerpos sin piel.

- **Movilización**

La movilización de los individuos preservados en líquido se debe realizar en frascos debidamente embalados en una nevera de icopor o caja de cartón resistentes, con relleno de los espacios sobrantes con trozos de icopor, hasta su entrega o depósito en la respectiva colección biológica. Los frascos deben ser escogidos de acuerdo con el tamaño del espécimen, conservando en la relación de volumen 2:1 entre el líquido y el espécimen, los especímenes no deben quedar doblados o presionados por las tapas, los frascos deben ser sellados colocando una capa de vinipel antes de colocar la tapa.

Los individuos objeto de preservación en seco deben ser movilizados en bolsas herméticas individuales debidamente embalados en neveras de icopor o caja de cartón resistentes, con relleno de los espacios sobrantes con trozos de icopor, hasta su entrega para montaje en la respectiva colección biológica.

#### **7.6.1.4 Ecosistemas acuáticos**

##### **7.6.1.4.1 Fitoplancton**

- **Método de recolección**

Para fitoplancton, se empleará un red cónica y equipo volumétrico aforado con capacidad mayor a 20 litros según lo dispuesto en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

- **Preservación y movilización**

Las muestras serán rotuladas y almacenadas en recipientes ámbar o plásticos opacos de 250 y 100 ml para su transporte. Luego, las muestras ingresan al laboratorio con su cadena



de custodia donde se diligencia la información asociada con el cliente, lugar de toma de muestra, descripción del punto, parámetros, nombre y firma del responsable.

#### 7.6.1.4.2 Zooplancton

- Método de recolección

La red de zooplancton se fundamenta en una red cónica, que consta de una botella muestreadora donde se recoge el volumen filtrado, este sistema además cuenta con un aro metálico y un sistema remolque en la parte superior. Por otro lado, se realizará un filtrado de 25 litros por cada estación de muestreo.

Finalmente, las muestras que ingresen deberán contar con el diligenciamiento respectivo de los datos correspondientes.

#### 7.6.1.4.3 Macroinvertebrados bentónicos

Para la comunidad bentónica de macroinvertebrados, se empleará una red surber contracorriente y las muestras obtenidas serán dispuestas en bolsas plásticas herméticas por separado, preservando con alcohol al 70% o solución Transeau.

#### 7.6.1.4.4 Perifiton

La toma de muestra se realizará a través del frotis de la superficie delimitada por cuadrante con ayuda de un cepillo de cerdas cortas con la finalidad de remover células adheridas a sustratos (rocas, troncos, hojas o cualquier otro tipo de sustrato natural).

Las muestras serán rotuladas, registras y almacenadas en plásticos con tapa de color unificado para no generar fuga del líquido. Así mismo, los frascos se ubican de manera vertical en una nevera y por tanto las muestras son diligenciadas con los datos correspondientes.

### 7.6.1.5 Vegetación terrestre

Se establecerá mediante inventario forestal, la presencia de individuos arbóreos en las zonas de intervención puntual del proyecto para su posterior aprovechamiento forestal, para ello se identificará las especies según su nombre común y científico, características morfológicas, entre otros.

### 7.6.1.6 Epífitas no vasculares y/o vasculares

Por medio de la Resolución 00403 del 17 de febrero de 2022, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, otorga Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales a la sociedad Estudios Técnicos S.A., a nivel nacional y el cual incluye la movilización de especímenes a ser recolectados.

En relación con el numeral 6.6 de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS, ANLA, 2018) donde se solicita tramitar el permiso de recolección para realizar recolección de especímenes de especies silvestre de la diversidad biológica asociadas a la ejecución de medidas de manejo ambiental y de conformidad con lo establecido por el Concepto No 2400-2-0015 del 15 de enero de 2021, emitido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual especifica que bastará contar la descripción de las actividades de forma clara y concreta dentro de la(s) ficha(s) de manejo ambiental respectiva(s); siendo así que en el capítulo 10 en las fichas de manejo y de seguimiento y monitoreo se hará la aclaración respectiva en cada ficha que sea necesario.

Las muestras colectadas de plantas vasculares, no vasculares y líquenes fueron procesadas para su identificación por el Biólogo Diego Francisco Becerra Cruz Curador del Herbario Universidad Incca de Colombia (Certificado de identificación), considerando el estado de estas, fueron seleccionados para la inclusión en la colección del Herbario Tropical. El certificado generado por el Herbario Tropical (HT) (Certificado de Depósito de Herbario) corresponde a las muestras colectadas para el Proyecto Estudio de Impacto Ambiental *Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe*.

## 7.6.2 Perfiles profesionales

Los perfiles de los profesionales que realizarán las actividades de recolección de especímenes de la biodiversidad para los diferentes grupos biológicos se relacionan en la **Tabla 7-35**, así como deberán acreditar experiencia como mínimo de tres (3) años en las actividades asociadas para cada perfil.

**Tabla 7-35 Perfiles profesionales**

GRUPO BIOLÓGICO	FORMACIÓN ACADÉMICA	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
Anfibios y reptiles	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	<p>Capacitación en los métodos de preservación de especímenes de anfibios y reptiles.</p> <p>Técnicas de ahuyentamiento, rescate, traslado y reubicación de anfibios y reptiles.</p> <p>Manipulación y liberación de anfibios y reptiles.</p> <p>Protocolos de sacrificio y preservación de herpetofauna</p> <p>Determinación y obtención de datos morfométricos en los especímenes capturados</p>
Aves	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	<p><b>Métodos de captura de aves.</b></p> <p><b>Técnicas de ahuyentamiento, rescate, traslado y reubicación de aves.</b></p>

GRUPO BIOLÓGICO	FORMACIÓN ACADÉMICA	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
		Capacitación en los métodos de preservación de especímenes de aves.
Mamíferos	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	<b>Caracterización y determinación taxonómica de mamíferos.</b> <b>Técnicas de ahuyentamiento, rescate, traslado y reubicación de mamíferos.</b> <b>Métodos de captura y preservación de especímenes de mamíferos.</b>
Anfibios, reptiles, aves y mamíferos	Médico veterinario o zootecnista	Experiencia fundamentada en la valoración, manipulación y tratamiento de fauna.
Fitoplancton	Biólogo	<b>Conocimiento en identificación taxonómica.</b> <b>Manipulación y manejo en la preservación de muestras.</b> Manejo de red de cónica de fitoplancton.
Zooplancton	Biólogo	<b>Conocimiento en identificación taxonómico de macroinvertebrados plantónicos.</b> <b>Manipulación y manejo en la preservación de muestras en las soluciones.</b> Manejo de red cónica de zooplancton.
Bentos	Biólogo	<b>Establecimiento de estaciones de muestreo para la evaluación de macroinvertebrados bentónicos.</b> <b>Conocimiento en identificación taxonómico de macroinvertebrados bentónicos</b> <b>Manipulación y manejo en la preservación de muestras en las soluciones.</b> Operación de red Suber y corazonador.
Perifiton	Biólogo	<b>Establecimiento de estaciones de muestreo.</b> <b>Conocimiento en identificación taxonómica.</b> <b>Manipulación y manejo en la preservación de muestras en las soluciones.</b> <b>Manejo de metodología de remoción por cuadrante.</b>
Vegetación terrestre	Ingeniero forestal o Biólogo especialista en flora	<b>Experiencia en rescate de especies amenazadas, rehabilitación ecológica, caracterización ecosistema de referencia, restauración.</b>

GRUPO BIOLÓGICO	FORMACIÓN ACADÉMICA	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
		<p>Experiencia en análisis de coberturas.</p> <p>Manipulación en la toma de muestras (hojas, flores y frutos).</p> <p>Manejo en el embalaje y fijación con alcohol de duplicados de especímenes colectados.</p> <p>Experiencia en desarrollo de inventario forestal.</p>

Fuente: SGS Colombia S.A.S. 2024

## 7.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

- Fuentes fijas

Contemplando lo dispuesto en el Artículo 2.2.5.1.7.2 Casos que requieren permiso de emisión atmosférica, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible, las actividades, obras o servicios, públicos o privados, para los cuales se debe solicitar el permiso de emisiones atmosférica son: a) Quemias abiertas controladas en zonas rurales, b) Descarga de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio, c) emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto, d) incineración de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, e) operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga en puertos susceptible de generar emisiones al aire, f) operación de calderas o incineradores por un establecimiento industrial o comercial, g) quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas, h) procesos o actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas, i) producción de lubricantes y combustibles, j) refinación y almacenamiento de petróleo y sus derivados, y procesos fabriles petroquímicos, k) operación de plantas termoeléctricas, l) operación de reactores nucleares y m) actividades generadoras de olores ofensivos.

En virtud de lo anterior, y teniendo en cuenta que el Proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", o alguna de sus actividades no se enmarcan al interior de alguna de las actividades indicadas en el Artículo 2.2.5.1.7.2 del Decreto 1076 de 2015, el proyecto durante el desarrollo de sus diferentes etapa y actividades **no se requerirá solicitar permiso de emisiones atmosféricas**.

Durante la fase de construcción se generará material particulado como consecuencia de la circulación de vehículos y maquinaria por caminos no pavimentados y por las actividades que consideran movimientos de tierra y compactación, requeridas para la construcción de obras temporales y permanentes del Proyecto. Además, se generarán emisiones de gases debido a los procesos de combustión en los motores de vehículos livianos, camiones, equipos electrógenos y de la maquinaria utilizada en la fase de construcción.

Por lo anterior se tomarán las medidas correspondientes de prevención y mitigación generadas por las emisiones atmosféricas las cuales están relacionadas en la Ficha MMA – 08 Manejo para el control de emisiones atmosféricas, calidad del aire y ruido del capítulo 10 Planes y programas.

- **Fuentes móviles**

De acuerdo con las características propias del proyecto, las emisiones atmosféricas se generan desde fuentes móviles como los automotores asociados al transporte de materiales, personal y equipos; este movimiento de vehículos genera material particulado en accesos carreteables, no obstante, es de mencionar que, para este tipo de emisiones, en el **Cap.10.1 Plan de manejo Ambiental**, se plantean las medidas de manejo respectivas que permitirán prevenir, corregir o mitigar este cambio temporal de las emisiones en la zona.

En primera instancia se analizaron los resultados del monitoreo de calidad del aire realizado en puntos representativos cercanos al proyecto, los cuales permitieron caracterizar las concentraciones de contaminantes en el área de estudio y definir la concentración de fondo a emplear en el modelo. También se analizaron los registros obtenidos del aforo vehicular y se estimaron las emisiones de fuentes móviles actuales. Así mismo, se realizó la identificación de las potenciales fuentes de emisión que se requerirán en el proyecto durante las operaciones de perforación, pruebas y operaciones de producción y se realizó la estimación de emisiones atmosféricas.

#### **7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica de fuentes del proyecto**

El Proyecto consiste en la instalación y operación de aproximadamente 117.936 módulos fotovoltaicos que tienen la capacidad de convertir la radiación solar que captura, mediante la tecnología fotovoltaica en energía eléctrica con una potencia pico instalada de 60MW

El Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60MW, se interconectará a la subestación San Felipe en 115 kV, con un total de 29 estructuras metálicas tipo "caregato" y "delta" para circuito sencillo en todo el trayecto; serán en celosía autosoportadas. La energía generada en la Planta Solar será transportada hacia la subestación San Felipe a través de una línea de media tensión 115 kV de una longitud aproximada de 7,7 km que conectará la planta de generación al Sistema de Transmisión Nacional (STN), con un nivel de tensión de 34,5 kV

La Subestación elevadora será tipo AIS, estará compuesta por una posición de transformador de línea con una capacidad de 60 MVA y transformará los niveles de tensión de 34,5 kV (salida de los centros de transformación) a 115 kV (línea de transmisión para conexión con SIN en la subestación San Felipe).

El proyecto contempla entre otras, las siguientes actividades:

- Actividades constructivas para la instalación de los paneles solares con el fin de contar con una potencia instalada de 60 MW



- Adecuaciones de vías de acceso existentes al proyecto, incluyendo accesos a sitios de torre.
- Construcción de infraestructura permanente en los predios.
- Montaje de infraestructura de torres y de 117.936 módulos fotovoltaicos para generar energía eléctrica a través del uso de energía solar equivalente a una potencia pico instalada de 71,94MWp (DC Power) equivalente a una potencia nominal final de 60 MW (Potencia AC), una subestación elevadora y sus respectivas obras complementarias.

El proyecto tiene en cuenta el uso de los equipos indicados en la **Figura 7-39** y **Figura 7-40** para obras civiles. Cabe resaltar que los equipos presentados se dan en las actividades secuenciales que se requieren para el desarrollo del proyecto durante obras civiles.

**Tabla 7-36. Equipos y maquinaria requeridas durante la construcción del parque fotovoltaico.**

ACTIVIDAD	EQUIPO / MAQUINARIA	CANTIDAD
Insumos para montaje y armado del parque solar	Camión para container 40 pies	5
	Camión grúa de 16 ton	1
	Camión mixer de 8 m <sup>3</sup>	1
Personal de mano de obra	Buses	1
Gestión de residuos	Volqueta de 16 ton	1
	Camión succionador (4000 l)	5

Fuente: SGS Colombia S.A.S. 2024

**Tabla 7-37. Equipos y maquinaria requeridas en Línea de Transmisión eléctrica a 115 kV hacia la subestación San Felipe**

ACTIVIDAD	EQUIPO / MAQUINARIA	CANTIDAD
Construcción	Retroexcavadora	1
	Compactadora manual	1
	Mixer manual / trompo	1
	Pluma para izaje de las estructuras	2
	Camión aljibe	1
	Vehículo Unimog	2

ACTIVIDAD	EQUIPO / MAQUINARIA	CANTIDAD
	Freno	1
	Malacate	1

Fuente: SGS Colombia S.A.S. 2024

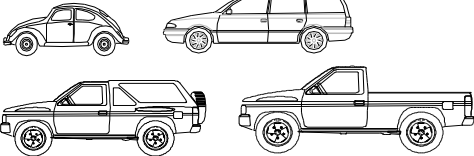
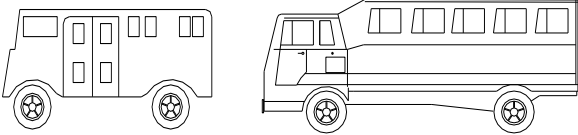
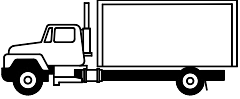
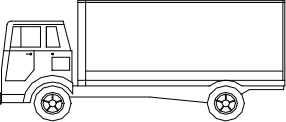
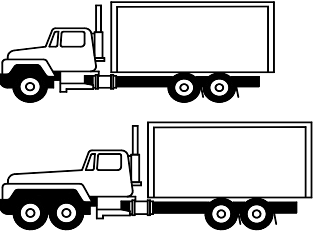
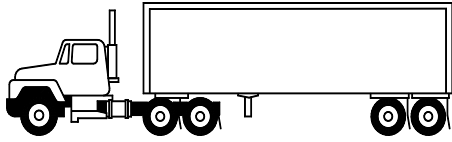
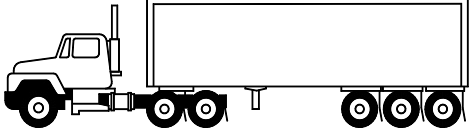
#### 7.7.1.1 Emisiones en escenario línea base – fuentes móviles

Para la determinación de las emisiones de fuentes ajenas a la operación del proyecto, pero que pueden influenciar condiciones de fondo, se toma como base el cálculo las tasas de emisión en función de la distribución de vehículos que transitan por las vías de acceso del área de estudio del proyecto en mención.

Para la determinación de las condiciones de tráfico vehicular típicas de la zona de estudio, se toma como base el aforo vehicular desarrollado en dicha locación en condiciones antes de intervención, en términos de TDP de vehículo siguiendo la clasificación por tipología INVIAS (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Con el fin de homologar los factores de emisión con respecto a la tipología INVIAS, se toma autos a cualquier vehículo liviano (excepto motos), motos como categoría motos, buses como categoría buses, camiones pequeños como categorías C-2P y C-2G, camiones medianos como categorías C-3-4 y camiones grandes como categorías C-5 y >C-5.

Figura 7-33. Categorías de vehículos según clasificación nacional

Configuración	Esquema del vehículo	Descripción
(A) Autos (vehículo liviano - automóvil)		Automóviles, Camionetas, Campero, Pick Ups
(B) Buses y colectivos (vehículo pesado)		Transporte de pasajeros mayor a 10 personas sentadas
(C2 - P) Camiones pequeños de 2 ejes		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo pequeño
(C2-G) Camiones grandes de 2 ejes (vehículo pesado)		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo grande
(C3-C4) Camiones de 3 ejes y 4 ejes (vehículo pesado)		Camión rígido de tres ejes. -Camión rígido de cuatro ejes.
(C3 - S2) Camiones de 5 ejes (vehículo pesado)		Camión de tres ejes con remolque de dos ejes.
(C3 - S3) Camiones de seis o más ejes (vehículo pesado)		Camión de tres ejes, doble troque, con remolque de tres ejes.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El cálculo normalizado de las cantidades de aforo vehicular a utilizar se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de aire/5.Basecalculo/BaseCalculo\_PSHeliconia.xlsx**, teniendo en cuenta condiciones de proporción entre día hábil (5 días) respecto a día no hábil (2 días). En la **Tabla 7-38** se presenta el resumen de la desagregación vehicular por categoría.

**Tabla 7-38. Resumen aforo vehicular por vías evaluadas**

Vía	Variable	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5	Motos
Pavimentada AF-1	Veh/día	5997	598	244	217	159	278	293	2032
	Proporción	61%	6%	2%	2%	2%	3%	3%	21%
Afirmada AF-2	Veh/día	261	0	0	0	0	0	0	125
	Proporción	68%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	32%
Pavimentada AF-3	Veh/día	353	598	244	13	0	0	0	213
	Proporción	25%	42%	17%	1%	0%	0%	0%	15%
Pavimentada AF-4	Veh/día	94	0	0	0	0	0	0	70
	Proporción	57%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	43%

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

#### a. Emisiones por procesos de combustión por tráfico vehicular

A partir de la distribución de vehículos, se toma en cuenta el inventario de factores de emisión propuestos en la guía EMEP/EEA 2019 de la Unión Europea (**Tabla 7-39**). En dicho inventario se proponen factores de emisión de acuerdo con el tipo de vehículo y el tipo de combustible usado (1.A.3.b. Passenger cars, light commercial trucks, heavy duty vehicles, included buses and motorcycles. Table 3.5 to Table 3.8 & Table 3.15). Para el presente estudio, se utiliza el algoritmo Tier 1 presentado por el inventario. (**Tabla 7-40**).

**Tabla 7-39. Factores de emisión por combustión (en g contaminante/kg combustible))**

Vehículo	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO
Carros	0,03	0,0036	0,1	8,73	84,7
Camión pequeño	1,52	0,0760	0,1	14,91	7,40
Camión mediano	0,94	0,5170	0,1	33,37	7,58
Camión grande	0,94	0,4982	0,1	33,37	7,58
Motos	2,20	0,242	0,1	6,64	497,7

Fuente: SGS, a partir de información de UE EMEP/EEA (2019)

**Tabla 7-40. Consumo nominal de combustibles en vehículos**

ID	Consumo	
Carros	0,15	g gasolina/km-veh
Camión pequeño	0,27	g diésel/km-veh
Camión mediano	0,27	g diésel/km-veh
Camión grande	0,40	g diésel/km-veh
Motos	0,27	g gasolina/km-veh

Fuente: SGS, a partir de información de UPME (2015)

Para el caso de la emisión de dióxido de azufre, se tiene en cuenta el nivel máximo permitido de azufre contenido en los combustibles de uso nacional, siendo según normatividad (50 ppm)<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Ley 1205 de 2008 del congreso de la República de Colombia. "Por el cual se mejora la calidad de vida a través de la calidad del diésel y se dictan otras disposiciones".

## b. Emisiones por resuspensión de polvo en vías afirmadas

Las emisiones por resuspensión de polvo en vía sin pavimentar se calculan mediante el uso de factores de emisión total de material particulado, con base en los modelos propuestos por la US-EPA, los cuales permiten determinar factores de emisión de material particulado en carreteras sin pavimentar (AP-42, Sección 13.2.2, Unpaved Roads, Quinta edición). Es importante mencionar que estos modelos están diseñados para calcular un factor de emisión representativo para toda la muestra de vehículos que transitan en un tipo de vía.

El modelo para el cálculo de factores de emisión en carreteras sin pavimentar de acceso público se expresa como:

**Ecuación 7-14 Factor de emisión con unidades de k.**

$$FE = \frac{k(s/12)(S/30)^{1,5}}{(M/0,5)^{0,2}} * \left( \frac{365 - P}{365} \right)$$

Donde:

- FE: Factor de emisión con unidades de k.
- k: Multiplicador de tamaño de particulado (Vol. 1 AP-42, sección 13.2.2).
- sL: Carga de sedimentos en la superficie del camino (%).
- S: Velocidad promedio de vehículos que transitan por la vía (mph).
- M: Contenido de humedad de superficie del suelo (%).
- P: Número de días con lluvias (precipitaciones > 0,254 mm/día).

Los multiplicadores por tipo tamaño de partícula son los siguientes:

PM<sub>10</sub>: 507,4 g/VKT  
PM<sub>2.5</sub>: 50,7 g/VKT

En este caso, el modelo tiene en cuenta las condiciones de tráfico de vehículos por las zonas de acceso observadas, según se indicó anteriormente. Para el cálculo de las emisiones, se tiene en cuenta una velocidad máxima de tráfico de 30 km/h (18,6 mph) en vía externa. Se toma como referencia para carga de sedimentos y contenido de humedad los valores sugeridos por US EPA<sup>9</sup> (6,4% de sedimentos y 10% de humedad superficial).

Dado que se puede dar una condición de sobrestimación de las emisiones mediante el modelo sugerido por AP-42 para tráfico mixto, debido a las particularidades de alto tránsito de vehículos tipo moto, se implementa un factor de 0,25 para esta categoría de vehículos sobre la contabilidad horaria, de modo que las emisiones representadas sean congruentes con el número de neumáticos entre un vehículo liviano y pesado, con respecto a un vehículo tipo moto (teniendo en cuenta que un elemento importante que promueve la resuspensión de polvo es el contacto que tiene el perfil del neumático con la superficie del suelo, así como los efecto aerodinámicos de la carrocería del vehículo objeto de evaluación).

<sup>9</sup> AP-42. Fifth Edition, Section 13.2.2 Unpaved Roads. Table 13.2.2-1. Typical slit content values of surface material on industrial unpaved roads. Se toma como referencia una vía del tipo plant road en la tipología Sand and gravel processing, por cuanto las vías presentan condiciones afirmadas compactas, sin presencia de volúmenes significativos de material suelto.

Posteriormente se determinan las emisiones en función del tiempo según aforo para la condición de flujo más alta horaria, siendo esta posteriormente proporcionada por el flujo relativo horario por fracción de tráfico vehicular por hora. El desarrollo del cálculo se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de aire/5.Basecalculo/BaseCalculo\_PSHeliconia.xlsx** del presente informe.

Para la determinación de las condiciones de altura de emisión ( $H_R$ ) y coeficiente inicial de dispersión vertical ( $s_{z0}$ ), se toma como referencia las consideraciones indicadas en el documento EPA-420-B-10-040. En este sentido, el coeficiente de dispersión vertical se determina como la dimensión vertical inicial de la pluma ( $H_{e\text{ pluma}}$ ) dividido por 2,15.  $H_{e\text{ pluma}}$  se determina como 1,7 veces la altura promedio vehicular, de modo que se tenga en cuenta condiciones de turbulencia inducidas por los vehículos.

Para el caso de la altura de emisión, esta se determina como el punto medio vertical de las fuentes emisoras. En este sentido, US EPA sugiere un valor de 1,3 metros para vehículos livianos y 3,4 m para vehículos pesados, tomando como referencia una altura de 1,53 metros para vehículos livianos y 4,0 metros para vehículos pesados.

### c. Condiciones temporales de emisión

Teniendo en cuenta los datos de aforo vehicular levantados en campo se determina el aporte horario según flujo vehicular. En este caso, una fracción horaria cercana a 1,0 representa el mayor movimiento vehicular registrado en dicha vía mientras que un valor cercano a 0,0 representa un movimiento nulo. Este comportamiento se calcula con base en la **Ecuación 7-15**.

**Ecuación 7-15 Fracción honoraria**

$$FH = 1 - \frac{\max(R) - H_n}{\max(R)}$$

Donde:

- FH: Fracción horaria.
- R: Registros horarios del aforo vehicular.
- $H_n$ : Registro de la hora n de aforo vehicular.

La incorporación de los datos horarios correspondientes a estas fuentes se puede verificar en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de aire/5.Basecalculo/BaseCalculo\_PSHeliconia.xlsx**

#### 7.7.1.2 Fuentes de emisión en escenario de obras civiles

En el caso del escenario obras civiles, la información de entrada respecto a emisiones de fuentes de área (correspondientes zonas de sitios de paneles, infraestructura y adecuación de vías) es determinada mediante el uso de factores de emisión en función del área, lo que permite establecer tasas de emisión por área intervenida en las zonas donde se desarrollarán actividades de remoción, movilización y adecuación de materiales. Dentro de la conceptualización de emisiones se tiene en cuenta el cronograma de actividades planteado para el proyecto dentro del año considerado como crítico en términos de actividades de construcción de la infraestructura (6 meses).



Las medidas de control se focalizan a manejo de material particulado mediante actividades de control de velocidad de los vehículos y maquinaria que transitan las vías de acceso, así como riego en vías de acceso. La valoración de significancia de impacto se evalúa sobre las emisiones por la condición más crítica esperada, teniendo en cuenta el cronograma de operación de las actividades en el año meteorológico. Las actividades de obras civiles se focalizan a operación en periodo diurno (8:00 am – 5:00 pm, equivalente a 8 horas continuas teniendo descanso al mediodía).

#### 7.7.1.2.1 Movimiento de materiales en actividades de construcción

Para la determinación de las emisiones relacionadas con procesos constructivos o de movimientos de cargas que genere posible resuspensión de polvo en zonas de baja cobertura vegetal intervenidas, se toma como base el método planteado por EMEP/EEA<sup>10</sup>, permitiendo determinar tasas de emisión en función del área intervenida de modo que reduzca la doble contabilidad de las emisiones en procesos secuenciales.

El método planteado para la determinación específica de las emisiones de la zona de estudio, tiene en cuenta correcciones por humedad del suelo y contenido de finos durante el levantamiento de masas de tierra, para lo cual se usa el comportamiento meteorológico típico mensual de la región. La determinación de las tasas de emisión se basa en la **Ecuación 7-16 y Tabla 7-41**.

**Ecuación 7-16 Tasa de emisión de particulado.**

$$E_{cons} = EF_{PM} d \left( \frac{24}{PE} \right) \left( \frac{sL}{9\%} \right)$$

**Donde:**

- $E_{cons}$ : Tasa de emisión de particulado (g/m<sup>2</sup>-s)  
 $EF_{PM}$ : Factor de emisión (kg PM/m<sup>2</sup>-año)  
 $d$ : Tiempo de operación  
 $PE$ : Índice de evapotranspiración de Thornthwaite.  
 $sL$ : Contenido de finos en material (%).

**Tabla 7-41 Factor de emisión para obras civiles**

Descripción	Áreas intervenidas
Contaminante	kg/(m <sup>2</sup> - año)
PM <sub>10</sub>	1,0
PM <sub>25</sub>	0,1

Fuente: EMEP/EEA, 2020

<sup>10</sup> EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook - 2019. Section 2.A.5.b. Tabla 3.3 emission factors for uncontrolled fugitive emissions for construction and demolition – Non-residential construction

EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook - 2019. Section 2.A.5.b. Tabla 3.1 emission factors for uncontrolled fugitive emissions for Construction and demolition – Road construction

Para la determinación del contenido de finos del material en obras civiles, se tiene en cuenta un contenido de 12% para tierras arcillosas y arenosas, de acuerdo como sugiere EMEP EEA (2019). Finalmente, para la determinación del índice PE, se toma usa el método sugerido por la referencia en mención (**Ecuación 7-17**).

**Ecuación 7-17**

$$PE_{index} = 3,16 \sum_{i=0}^{12} \left( \frac{P_i}{1,8T_i + 22} \right)^{\frac{10}{9}}$$

Donde:

- P<sub>i</sub>: Precipitación mensual (mm).  
T<sub>i</sub>: Temperatura media (°C).

La categorización de las condiciones de evapotranspiración se muestra en la **Tabla 7-42**.

**Tabla 7-42. Categoría climática en función con el índice PE**

Clima	PE
Muy húmedo	> 128
Húmedo	64 – 127
Subhúmedo	32 – 63
Semiárido	16 – 31
Árido	< 16

Fuente: EMEP/EEA, 2020

El comportamiento de emisión por cada actividad se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de aire/5.Basecalculo/BaseCalculo\_PSHeliconia.xlsx** del presente informe.

#### 7.7.1.2.2 Emisiones por erosión eólica en pilas de almacenamiento

Las emisiones asociadas a pérdida de material durante el almacenamiento, por erosión del viento se determinan a través de la **Ecuación 7-18**.

**Ecuación 7-18 Factor de emisión**

$$FE = k \sum_{i=1}^N P_i$$

Dónde:

- FE: Factor de emisión con unidades de g/m<sup>2</sup>-año.  
k: Factor de tamaño de partícula (0,5 para PM<sub>10</sub>, 0,075 para PM<sub>2.5</sub>)  
N: Número de disturbancias al año (las pilas tienen movimiento diario).  
P<sub>i</sub>: Potencial de erosión por picos en velocidad de viento (g/m<sup>2</sup>).

En este caso, para determinar las condiciones de potencial de erosión, se utiliza la **Ecuación 7-19**

**Ecuación 7-19**

$$P_i = \begin{cases} 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*) & \text{cuando } u^* \geq u_t^* \\ 0 & \text{cuando } u^* \leq u_t^* \end{cases}$$

Dónde:

$U^*$ : Velocidad de fricción (m/s)

$U_T^*$ : Velocidad de fricción límite (m/s)

De acuerdo con la referencia AP-42, la velocidad de fricción límite para pilas de material fino no compactado es de 1,02 m/s<sup>11</sup>. Para determinar el valor diario de la velocidad de fricción, se utiliza la **Ecuación 7-20**.

**Ecuación 7-20**

$$u^* = 0,053 u_{10}^+$$

Siendo  $U_{10}^+$  la velocidad más alta diaria corregida a una altura de anemómetro de 10 metros. Esta corrección se determina mediante la **Ecuación 7-21**

**Ecuación 7-21**

$$u_{10}^+ = u^+ \frac{\ln(10/0,0001)}{\ln(z/0,0001)}$$

Donde  $u^+$  corresponde al valor diario más alto y  $z$  a la altura (en metros) de medida del anemómetro hipotético en el sitio de análisis asociados a la información meteorológica utilizada por el modelo de dispersión, siendo en este caso 10 metros.

La estimación de la tasa de emisión se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de aire/5.Basecalculo/BaseCalculo\_PSHeliconia.xlsx**

#### 7.7.1.2.3 Emisiones por maquinaria asociadas al proyecto

Para el cálculo de las emisiones de contaminantes por tráfico vehicular industrial se tienen en cuenta los siguientes supuestos.

- Las operaciones en cada uno de los puntos de intervención son paralelas, asumiendo el escenario más crítico.
- Las emisiones de resuspensión de polvo por tráfico de vehículos y maquinaria en vías en construcción están contabilizadas por la tasa de emisión por construcción sugerida por EMEP/EEA (2019), con el fin de evitar doble contabilidad de emisiones.
- Las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO se deben exclusivamente por actividades de combustión interna de los automotores (emisiones en caliente de exosto).

<sup>11</sup> AP-42. Chapter 13. Miscellaneous sources. Section 13.2.5. Industrial Wind Erosion. Table 13.2.5-2.

- Las emisiones asociadas a actividades no asociadas a la operación del proyecto (quemaduras de biomasa en inmediaciones, resuspensión de polvo por acción del viento, tráfico de vehículos externos al proyecto, entre otros) solo se tienen en cuenta de forma indirecta mediante las concentraciones de fondo establecidas en la zona de estudio durante campaña de medición indicativa 18 días.
- El modelo conceptualiza las operaciones de la zona con el uso de camiones y equipos tipo maquinaria pesada (tomando un ancho 5 m por cada equipo). En este sentido el modelo asume la operación global paralela por cada área intervenida, siendo la tasa de emisión determinada en función del área, de modo que el modelo represente el evento más crítico posible sobre la base del mayor número de equipos por categoría en las actividades referenciadas en la **Tabla 7-36**.
- La estimación de la tasa de emisión por combustión se presenta en los **Anexos/Anexo 4. Área de influencia/4.1 Modelaciones/4.1.1 Modelos de aire/5. Base de cálculo/Base Cálculo\_PSHeliconia.xlsx** De esta manera, se determinan las emisiones totales por construcción a ingresar a AERMOD como la suma entre las emisiones por movimiento de cargas y emisiones por combustión de camiones y maquinaria amarilla, así como el movimiento de camiones para transporte de materiales e insumos. (**Ecuación 7-22**).

**Ecuación 7-22**

$$E_{PM10} = E_{PM10|cons} + E_{PM10|maq} + E_{PM10|cam}$$

- **Variabilidad temporal de las emisiones en obras civiles**

De modo que el modelo presente una evaluación más refinada de las emisiones, se determinaron las condiciones temporales de aporte de contaminante de las fuentes evaluadas. En el caso de las operaciones asociadas a la actividad constructiva, se toma como base de horario entre las 8:00 am hasta las 5:00 pm en operación continua de 8 horas.

## 7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos

En respuesta a lo expuesto por los Términos de Referencia específicos para la elaboración del estudio de impacto ambiental para el Proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 kV (Numeral 7.7.2. Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos) aplicables para el presente estudio, se presenta el modelo de dispersión generado para el proyecto, realizado por el laboratorio ambiental SGS Colombia S.A.S

Es importante mencionar que el presente estudio No contempla la solicitud de permiso de emisiones, sin embargo y entendiendo que el medio donde se encuentra el proyecto se encuentra altamente antropizado se desarrolla con la finalidad de evidenciar la calidad del aire en la zona y los efectos que podría traer el proyecto a la misma, por lo anterior se presenta el análisis para los escenarios de línea base (sin proyecto), y construcción

del proyecto, esto con el fin de evidenciar que por las características del proyecto, alcance y duración de la etapa de construcción del mismo, no genera una carga (concentración) de emisiones importante, la cual puede ser mitigada con las medidas ambientales de prevención y control propuestas.

#### **7.7.2.1 Modelo conceptual**

El inventario de emisiones y el modelo de dispersión en la zona de estudio se desarrolla teniendo en cuenta las fuentes emisoras de la infraestructura operativa y equipamiento requerido para las actividades del proyecto en los siguientes escenarios:

- Escenario 1 (E1) - Línea base: Emisiones por fuentes existentes antes del desarrollo del proyecto. Tiene en cuenta emisiones desde la vía aledaña al proyecto dentro del área de influencia, la cual presenta información de emisiones en su operación actual.
- Escenario 2 (E2) - Construcción con medidas de control: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles exclusivamente en periodo diurno en la infraestructura del proyecto con implementación de medidas de control (humectación de vías, , así como control de velocidad a 20 km/h). Tiene en cuenta el aporte conjunto con el escenario E1.
- Escenario 3 (E3) - Construcción sin medidas de control: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles como se presenta en el escenario E2, pero sin implementación de medidas de control (humectación de vías y frentes de trabajo, así como control de velocidad a 20 km/h).

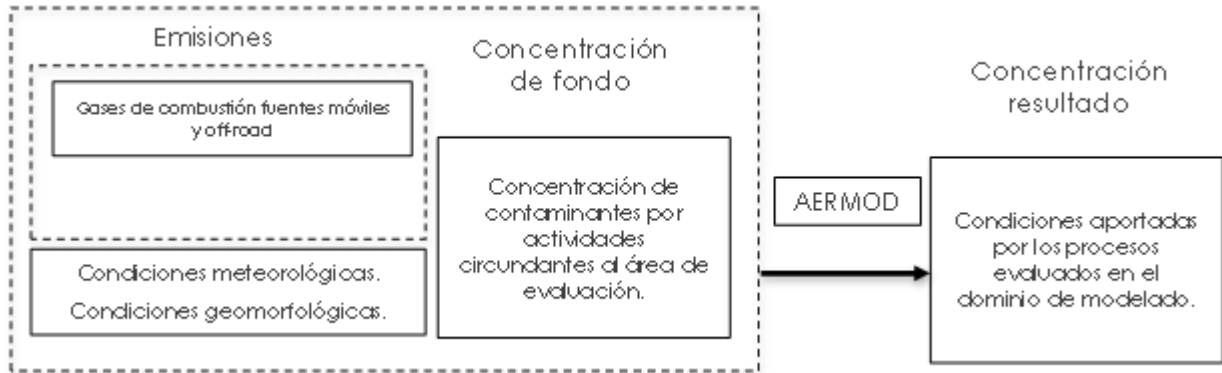
Teniendo en cuenta un cronograma determinado para la ejecución de las obras civiles del proyecto, el modelo se conceptualiza como una operación continua durante el año meteorológico determinado por el modelo WRF, con el fin de evaluar condiciones promedio de concentración de contaminantes en la zona de estudio (tiempos de exposición largos) ante una intervención conservadora de las áreas a intervenir en el proyecto.

El aporte de contaminantes de otras fuentes no determinadas en los escenarios descritos se estima por la diferencia entre las concentraciones aporte de las fuentes modeladas respecto a las concentraciones de fondo medidas en la zona de estudio en el monitoreo de calidad de aire realizado durante el 1 de diciembre al 18 de diciembre de 2023 por el laboratorio ambiental de SGS Colombia S.A.S. De esta manera, el análisis de resultados tiene en cuenta condiciones que se acercan a la realidad a partir de datos de campo.

La identificación y georreferenciación de fuentes puntuales externas (quemados de basuras o uso de leña para cocción, entre otros) no está incluida dentro del presente modelo, dadas las implicaciones de incertidumbre de operación de estas actividades a nivel anual. Dado el alcance de la información disponible para la evaluación (transporte de contaminantes de sitios remotos, fuentes fugitivas no identificadas, fuentes no controlables), el modelo tiene como alcance mostrar el aporte de contaminantes asociados a las actividades del proyecto

ante posibles impactos asociados a las emisiones atmosféricas de las fuentes en consideración.

**Figura 7-34 Proceso de estimación de emisiones en la zona de estudio**



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

### 7.7.2.2 Condiciones iniciales y de frontera

#### 7.7.2.2.1 Concentraciones de fondo

Para la ejecución del modelo, se deben establecer las condiciones de fondo del sitio, de modo que se pueda calcular el aporte de las concentraciones de contaminantes asociadas a fuentes aledañas al proyecto y que son típicas de la zona de estudio (tanto a nivel local como a nivel zonal), de modo que las concentraciones resultantes sean congruentes para el análisis de proyección. En la **Tabla 7-43** se indica la ubicación de las estaciones de calidad del aire, tal como se muestran en la **Figura 7-35**.

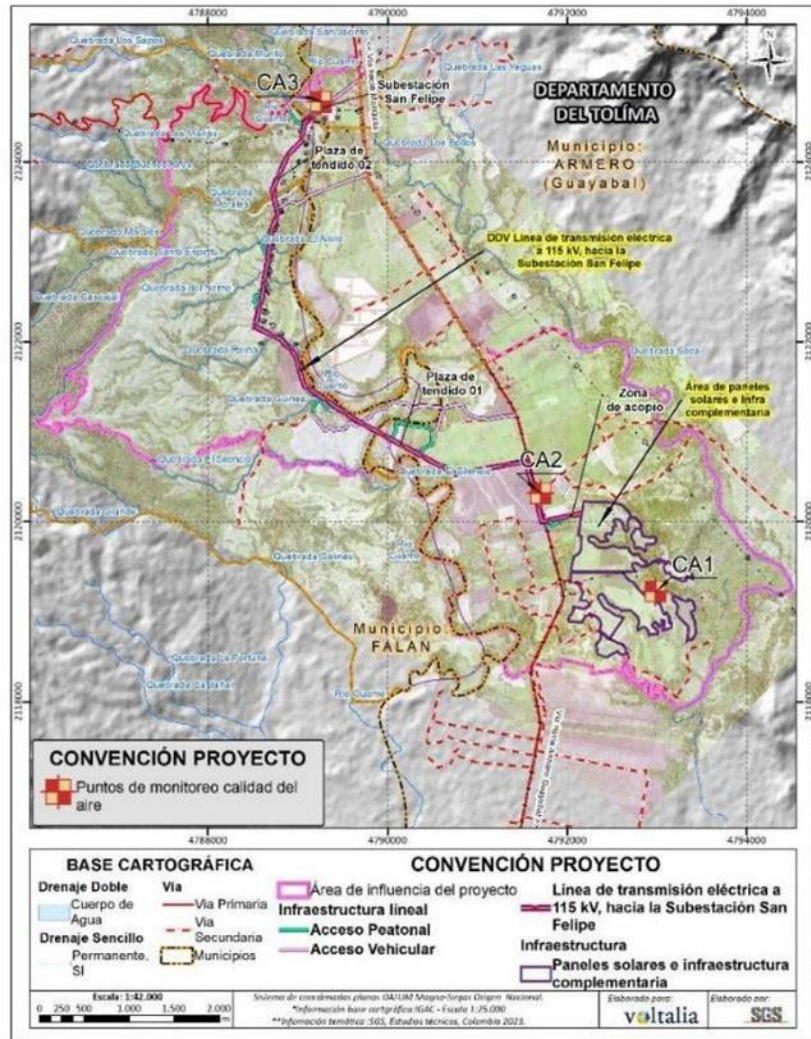
**Tabla 7-43 Ubicación de estaciones de calidad del aire – Monitoreo 2023**

Ubicación	Nombre	Coordenadas Origen Único Nacional CTM12	
		Este (m)	Norte (m)
E1	Estación 1	4792986	2119225
E2	Estación 2	4791711	2120316
E3	Estación 3	4789261	2124667

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024



Figura 7-35 Localización de los puntos de monitoreo de calidad del aire



DDV: Servidumbre del proyecto  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En este sentido, la concentración de fondo se presenta en la **Tabla 7-44**. Estos valores medios se toman de acuerdo con la tendencia central sugerida en las muestras de campo de los contaminantes evaluados, especialmente para el material particulado, teniendo en cuenta que una interpolación geoespacial de los resultados entre los puntos de monitoreo puede generar problemas para una correcta zonificación de las áreas de intervención de acuerdo con lo indicado por la metodología nacional para la determinación de áreas de influencia.

Los resultados de laboratorio se presentan en los **Anexos\Anexo5LineaBase\5.1Abiótico\5.1.1LAB\5.1.1.3 Calidad de aire**

Tabla 7-44. Concentración de fondo

Parámetro	Mediana (mg/m <sup>3</sup> )
PM <sub>10</sub>	17,6
PM <sub>2.5</sub>	7,0
SO <sub>2</sub>	1,8
NO <sub>2</sub>	20,9
CO	1726

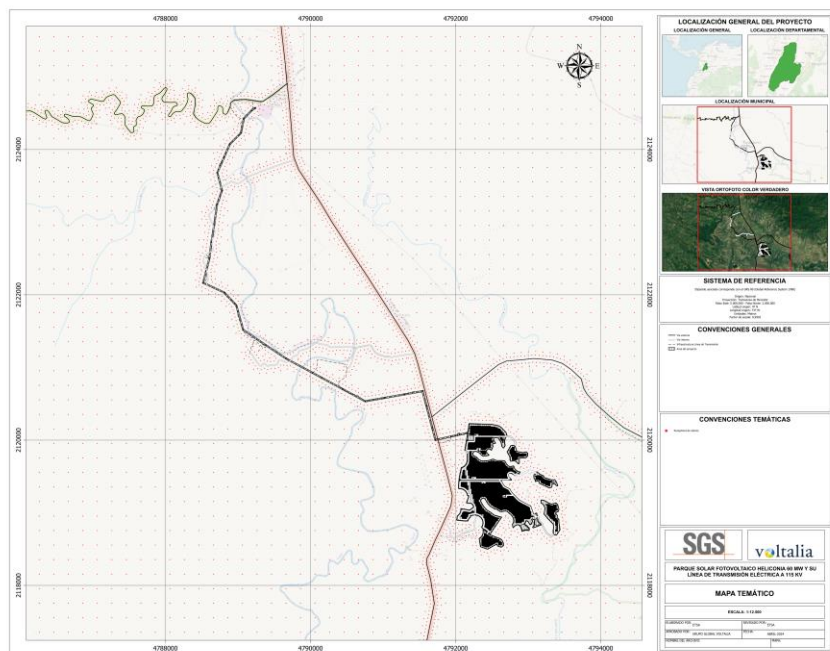
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

#### 7.7.2.2.2 Características de superficie y elevación de terreno

Para facilitar el análisis de las condiciones del suelo asociadas a la micrometeorología de la región de estudio, el modelo tiene en cuenta una matriz rectangular de análisis alrededor del trazado del proyecto (entre las coordenadas 4.784.662 m Este – 2.116.954 m Norte y 4.795.862 m Este – 2.125.954m Norte), de modo que se pueda evaluar el comportamiento macro de dispersión de contaminantes por las fuentes de emisión más representativas de la zona. Para la ejecución del modelo, se utiliza una matriz de 679 receptores discretos de cálculo, distribuidos como malla fina sobre buffer de 50 y 100 metros respecto áreas de intervención y vías del proyecto, y malla gruesa cartesiana de 200 metros (**Figura 7-36**).

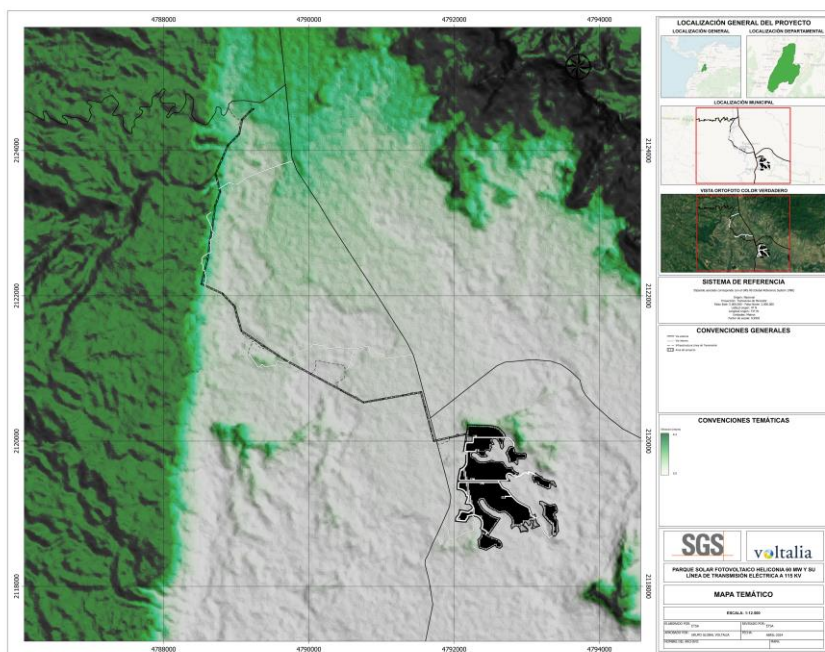
El modelo digital de terreno (DEM) utilizado para el análisis tiene una resolución de aproximadamente 12,5 m (0,5 arc-segundo). El error vertical del archivo DEM es de menos de 4 metros. Este modelo determina la altura del suelo, incluyendo la profundidad de cuerpos de agua a partir del proyecto ALOS Global Digital Surface Model de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA). De acuerdo con el modelo, la elevación media es de 620 msnm, con un máximo de 1263 msnm (**Figura 7-37**).

**Figura 7-36. Receptores discretos de cálculo**



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

**Figura 7-37. Altura de terreno característica en la zona de influencia**



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

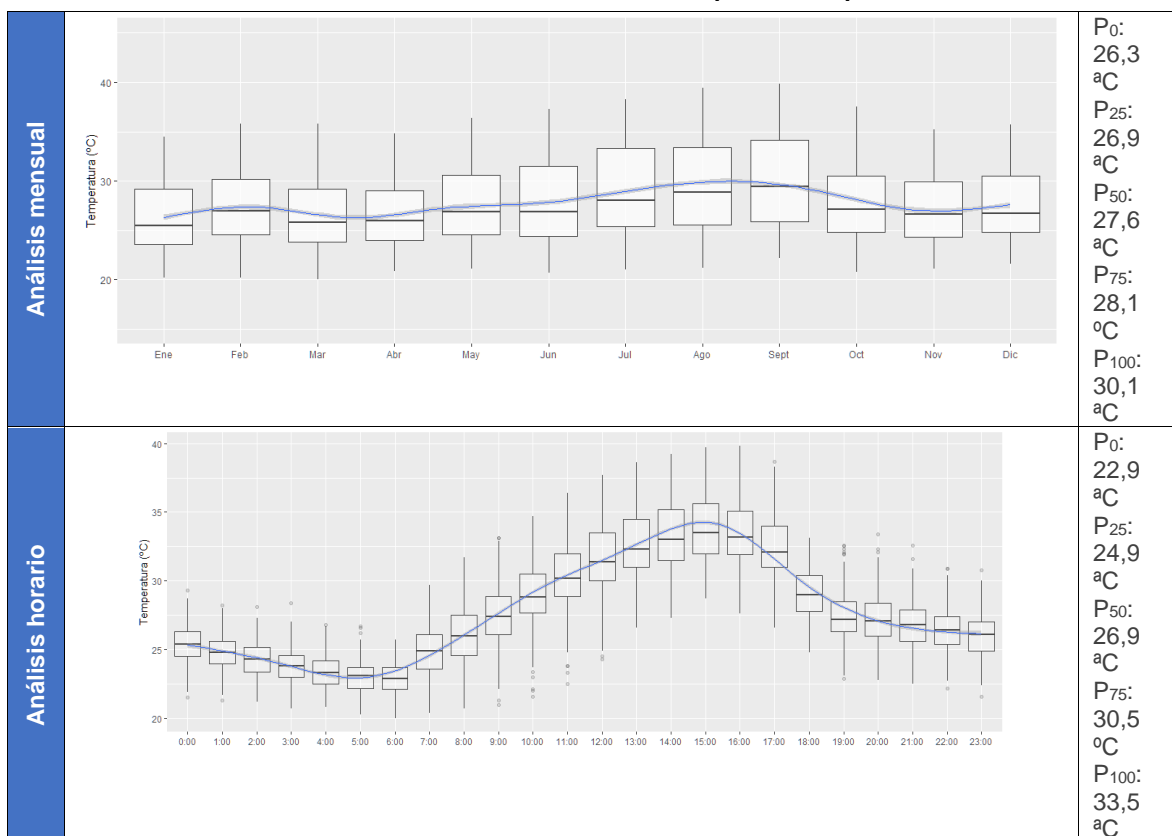
#### 7.7.2.2.3 Condiciones meteorológicas

La evaluación de la dispersión de contaminantes en la atmósfera en una región debe considerar el comportamiento de la masa de aire en la troposfera, siendo ésta la región donde ocurren los principales fenómenos de transporte y reacción secundaria. Este análisis permite conocer tendencias de comportamiento de la contaminación del aire y generar planes de acción congruentes a las características de una zona específica.

A continuación, se muestran las tendencias de las principales variables meteorológicas reportadas por el modelo meteorológico WRF MMIF 3.4 para el periodo 2023 en la región de estudio, siendo este tomado como base para la estimación de las condiciones de superficie y altura requeridas por AERMOD. Cabe mencionar que la información meteorológica usada para ejecutar el modelo de dispersión son producto del modelo de reanálisis en mención, el cual toma como información de entrada los registros de Global Forecast System (GFS, datos de reanálisis ds083.3 de la base de datos NCAR UCAR Research Data Archive), de modo que se pueda garantizar la mayor calidad disponible en cuanto a datos modelados.

Temperatura atmosférica

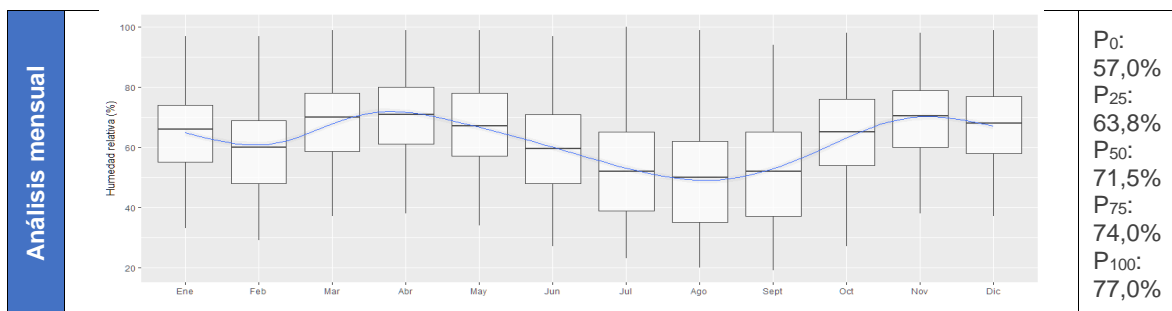
Gráfica 7-1. Análisis estadístico temperatura superficial



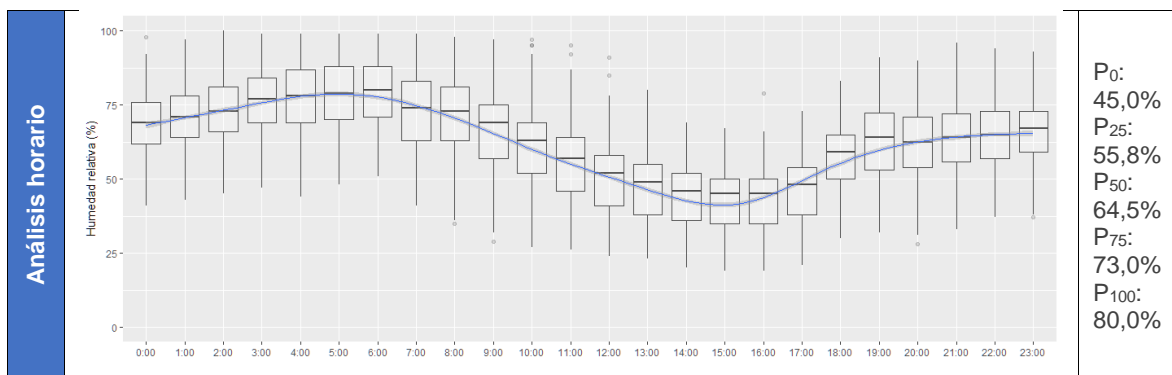
Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

Humedad relativa

Gráfica 7-2. Análisis estadístico humedad relativa



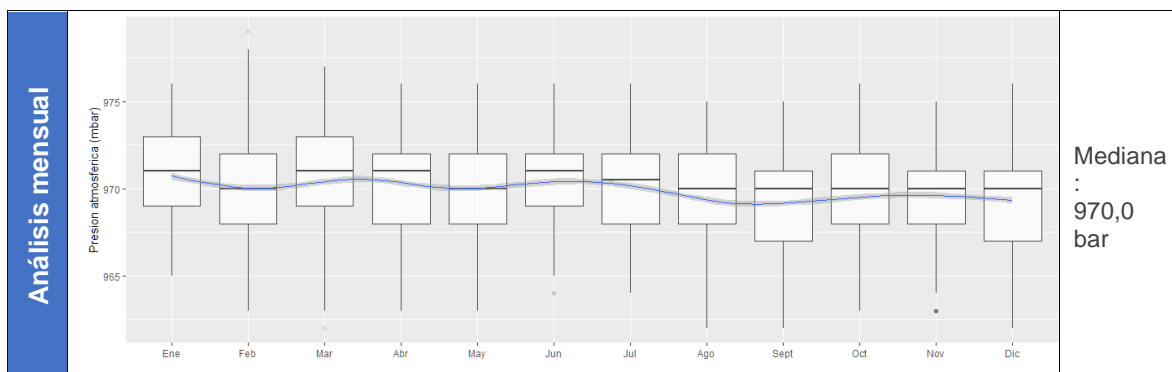




Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

## Presión atmosférica

**Gráfica 7-3. Análisis estadístico presión atmosférica**



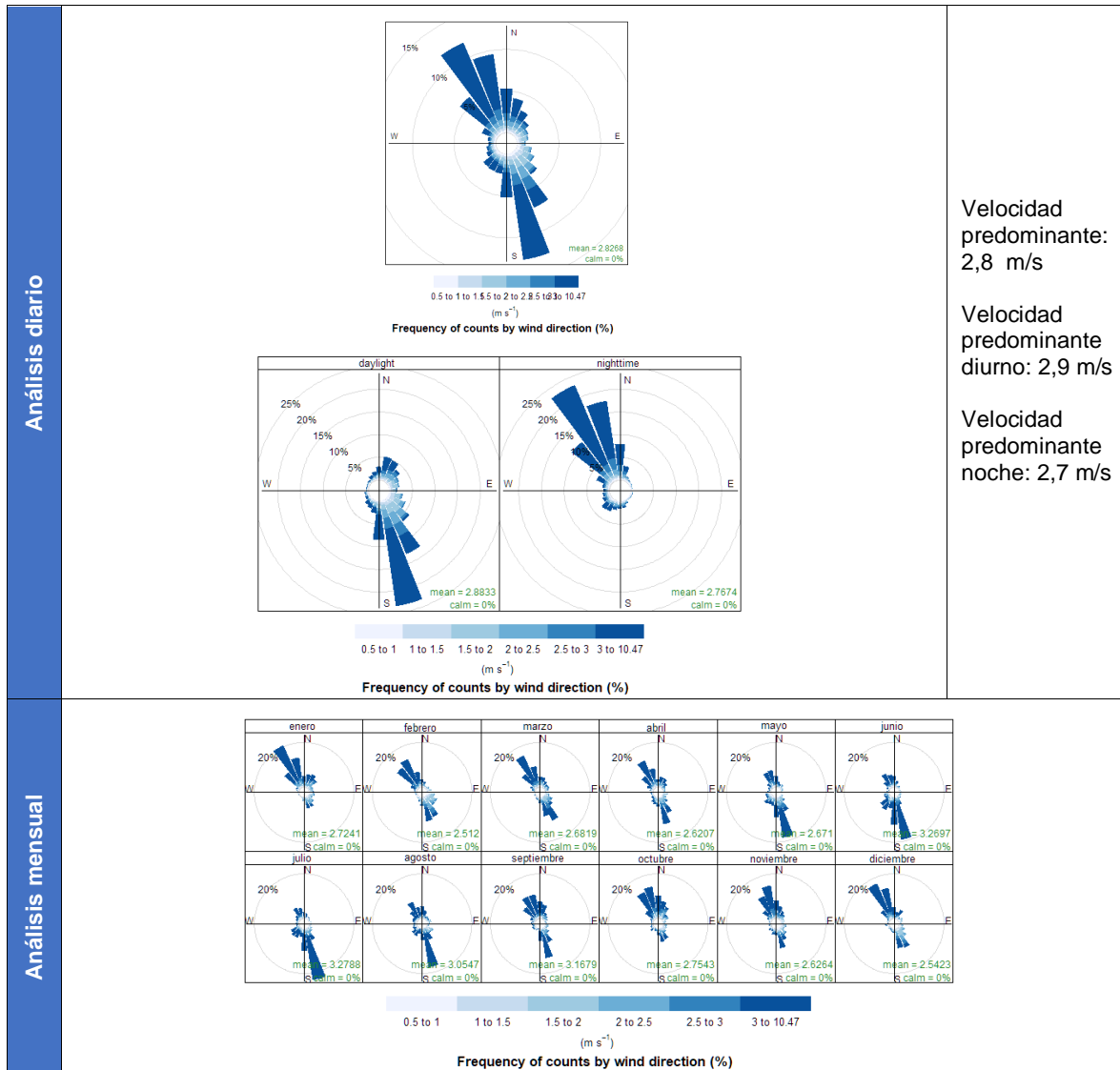
Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

## Vientos

El viento es uno de los parámetros relevantes al verificar el comportamiento de la dispersión de contaminantes siendo una variable activa en la predicción de las zonas que tendrán mayor o menor afectación, dada su relación con la estabilidad atmosférica del aire: una mayor velocidad mejora la dispersión de los contaminantes (inestabilidad atmosférica). Pero, por otro lado, dependiendo de las características del sitio puede incidir en un aumento de ciertos contaminantes, como es el caso de las partículas sólidas por erosión del suelo en zonas de baja cobertura vegetal.



Gráfica 7-4. Rosa de vientos general y diurna – nocturna

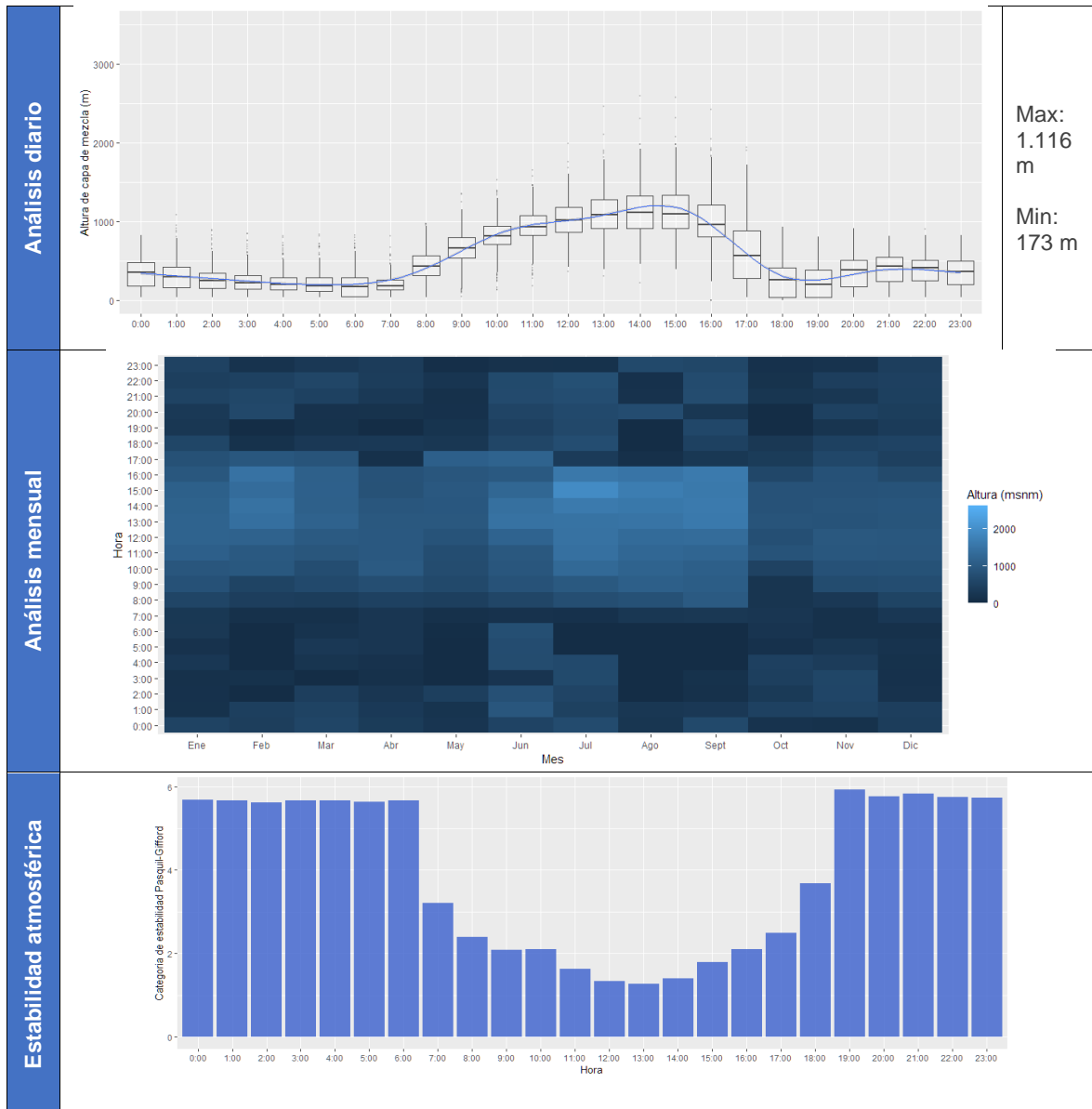


Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

▪ Altura de capa de mezcla y estabilidad atmosférica

El espesor de la troposfera indica la capacidad de dilución de un contaminante: a mayor altura, mayor será la dilución pues habrá una mayor proporción de aire respecto al contaminante. Una menor altura confinará la mezcla aire-contaminante más cerca al suelo, aumentando su concentración.

Gráfica 7-5. Altura de capa de mezcla global típica y condiciones de estabilidad atmosférica



Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

Según la información estimada<sup>12</sup>, el comportamiento de estabilidad de las zonas en los puntos de acuerdo con la categoría Pasquill-Guilford en horario diurno es de C (inestable convectivo), mientras que en horario nocturno es E (moderado estable). El comportamiento se puede leer como: (A) altamente inestable convectivo, (B) moderadamente inestable convectivo, (C) inestable convectivo, (D) estable adiabático, (E) moderado estable y (F) altamente estable (Turner, 1969). Lo anterior indica que las actividades que tendrían mayor

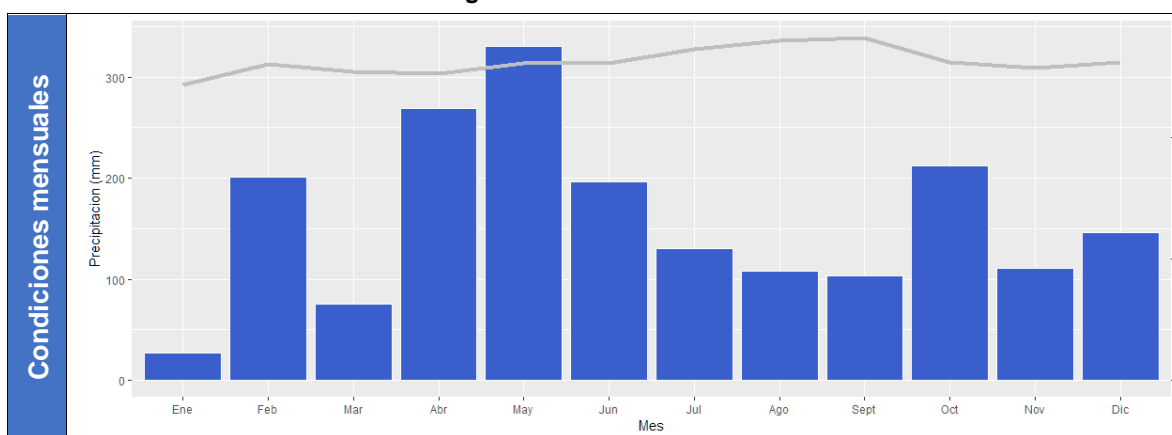
<sup>12</sup> Se utilizó la información de reanálisis suministrada por el modelo meteorológico WRF 3.4.

afectación por concentraciones excesivas se darían en horas donde la capa de mezcla es más baja y la estabilidad atmosférica es mayor.

#### ▪ Estacionalidad climática

Para determinar la estacionalidad en términos de temporada húmeda y temporada seca, típicos de la zona de estudio, se evalúa esta característica mediante el climograma de Gausson a partir de la información meteorológica promedio de la zona de estudio para el periodo 2023. (Gráfica 7-6).

Gráfica 7-6. Climograma de Gausson de la zona de estudio



Fuente: SGS Colombia S.A.S - WRF climate model (2023)

#### 7.7.2.3 Modelo de dispersión aire

La descripción de las características del modelo, la formulación de las ecuaciones y los fenómenos que tiene en cuenta, se extraen de la referencia primaria del algoritmo original US EPA AERMOD, la metodología de este modelo se describe en los **Anexos/Anexo 4. Área de influencia/4.1 Modelaciones/4.1.1 Modelos de calidad del aire.**

Al finalizar los cálculos de modelo de dispersión de contaminantes, AERMOD puede ser programado para presentar los resultados en cada uno de los receptores establecidos, de modo que se puedan visualizar y analizar de forma gráfica. Para este estudio, AERMOD fue programado para mostrar las concentraciones en el percentil 98 para tiempos de exposición cortos (1 hora, 8 horas, y 24 horas) y concentración promedio anual de los parámetros PM10, PM2.5 y NO2, según corresponda de acuerdo con normatividad, con el fin de verificar las condiciones de inmisión tomando como referencia de análisis la norma de calidad del aire, Resolución 2254 de 2017/MADS.

De acuerdo con los resultados del modelo, se determina que el principal aportante de gases de combustión en la zona de estudio son las vías primarias, secundarias y terciarias aledañas al proyecto como lo es la vía principal y la vía secundaria Falan- San Felipe. En el caso de los escenarios proyectados, el modelo sugiere un mayor aporte por actividades

que generan material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, siendo la principal actividad la construcción de infraestructura en la instalación de los paneles solares y vías de acceso.

De acuerdo con la información suministrada por el modelo de dispersión, en la Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 se presentan los resultados correspondientes a las máximas concentraciones (en el percentil 98) encontradas según los tiempos de exposición establecidos por la norma nacional de calidad del aire, para los parámetros PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO. En los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.1Modelos de calidad del aire/1.Mapas de Isoconcentración**, se encuentran las figuras cartográficas de cada uno de los parámetros correspondientes según la normatividad nacional a mayor detalle.

**Tabla 7-45. Niveles máximos de inmisión – Línea base**

Parámetro	Valores	Concentración anual (µg/m³)	Concentración diaria (µg/m³) P <sub>98</sub>	Concentración 8 horas (µg/m³) P <sub>98</sub>	Concentración 1 hora (µg/m³) P <sub>98</sub>
PM <sub>10</sub>	Modelo	37,7	62,3	---	---
	Norma	50,0	75,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---
PM <sub>2.5</sub>	Modelo	9,3	11,7	---	---
	Norma	25,0	37,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---
SO <sub>2</sub>	Modelo	---	1,9	---	2,4
	Norma	---	50,0	---	100,0
	Comparación	---	Menor a norma	---	Menor a norma
NO <sub>2</sub>	Modelo	29,4	---	---	190,1
	Norma	60,0	---	---	200,0
	Comparación	Menor a norma	---	---	Menor a norma
CO	Modelo	---	---	1982,3	2537,9
	Norma	---	---	35.000	5.000
	Comparación	---	---	Menor a norma	Menor a norma

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2023

**Tabla 7-46. Niveles máximos de inmisión – Etapa de Construcción (con medidas de control)**

Parámetro	Comparación	Concentración anual (µg/m³)	Concentración diaria (µg/m³) P <sub>98</sub>	Concentración 8 horas (µg/m³) P <sub>98</sub>	Concentración 1 hora (µg/m³) P <sub>98</sub>
PM <sub>10</sub>	Modelo	37,9	64,4	---	---
	Norma	50,0	75,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---
PM <sub>2.5</sub>	Modelo	9,4	11,9	---	---
	Norma	25,0	37,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---
SO <sub>2</sub>	Modelo	---	1,9	---	2,41
	Norma	---	50,0	---	100,0

Parámetro	Comparación	Concentración anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentración diaria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$	Concentración 8 horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$	Concentración 1 hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$
	Comparación	---	Menor a norma	---	Menor a norma
<b>NO<sub>2</sub></b>	Modelo	29,5	---	---	190,2
	Norma	60,0	---	---	200,0
	Comparación	Menor a norma	---	---	Menor a norma
<b>CO</b>	Modelo	---	---	1982,3	2537,9
	Norma	---	---	35.000	5.000
	Comparación	---	---	Menor a norma	Menor a norma

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2023

**Tabla 7-47. Niveles máximos de inmisión – Etapa de Construcción (sin medidas de control)**

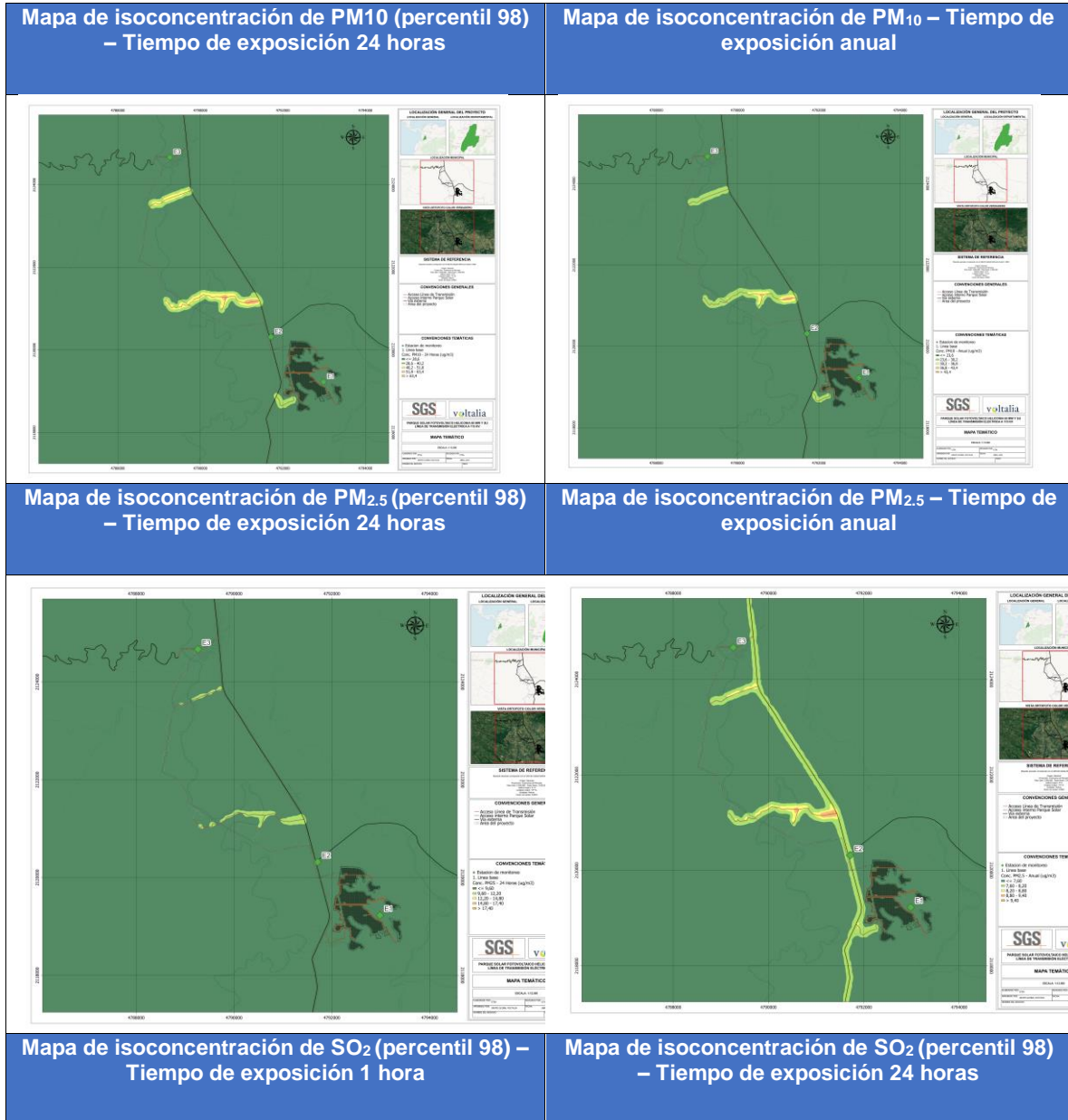
Parámetro	Comparación	Concentración anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentración diaria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$	Concentración 8 horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$	Concentración 1 hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) $P_{98}$
<b>PM<sub>10</sub></b>	Modelo	37,9	64,6	---	---
	Norma	50,0	75,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Modelo	9,4	10,9	---	---
	Norma	25,0	37,0	---	---
	Comparación	Menor a norma	Menor a norma	---	---

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2023

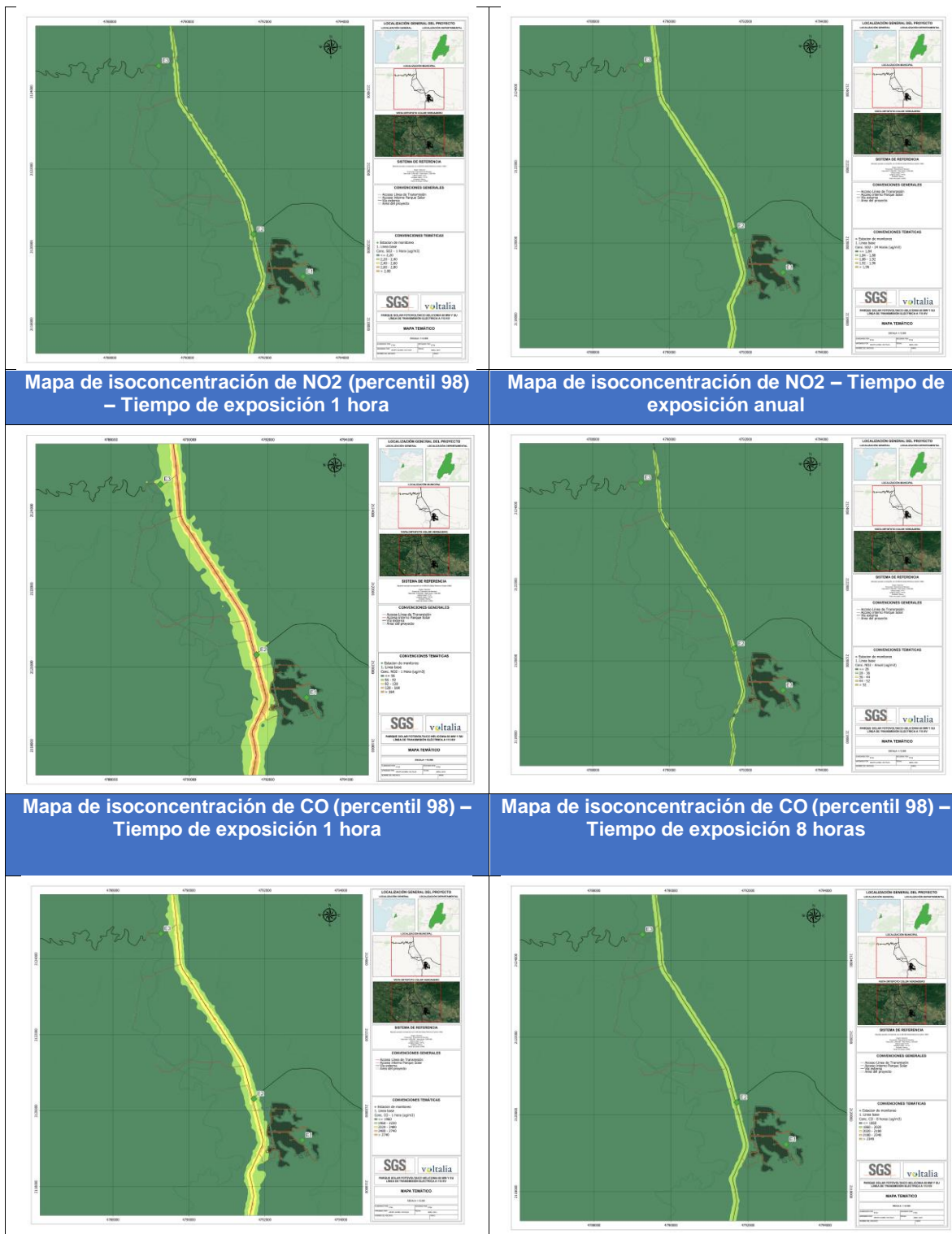
De acuerdo con los resultados del modelo, se determina que el principal aportante de gases de combustión en la zona de estudio son las vías primarias, secundarias y terciarias aledañas al proyecto como lo es la vía principal y la vía secundaria Falan- San Felipe. En el caso de los escenarios proyectados, el modelo sugiere un mayor aporte por actividades que generan material particulado PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, siendo la principal actividad la construcción de infraestructura en la instalación de los paneles solares y vías de acceso.

En la **Tabla 7-48** (escenario línea base), **Tabla 7-49** (escenario obras civiles con control) y **Tabla 7-50** (escenario obras civiles sin control) se presentan los resultados gráficos del comportamiento global de la dispersión de los contaminantes criterio evaluados en el presente estudio, con los tiempos de exposición indicados según normatividad para cada uno de los parámetros evaluados, teniendo como base de cálculo el valor estimado por el modelo (calculado en el percentil 98 para los tiempos de exposición menores a un año y promedio aritmético para tiempos de exposición anual), con el fin de determinar las áreas que pudiesen ser afectadas por condiciones de dispersión poco favorables.

**Tabla 7-48 Mapas de isoconcentración – Línea base**

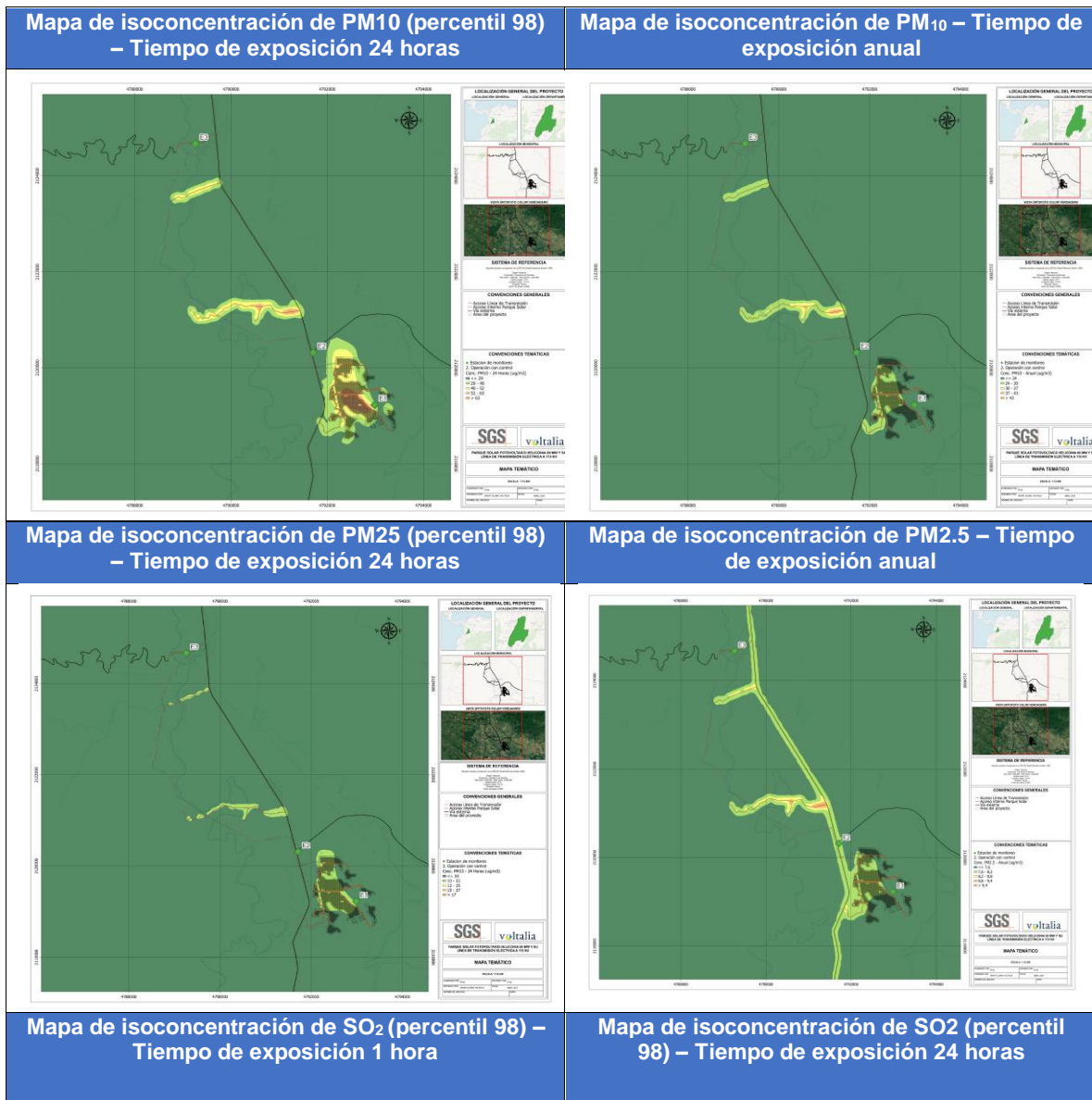


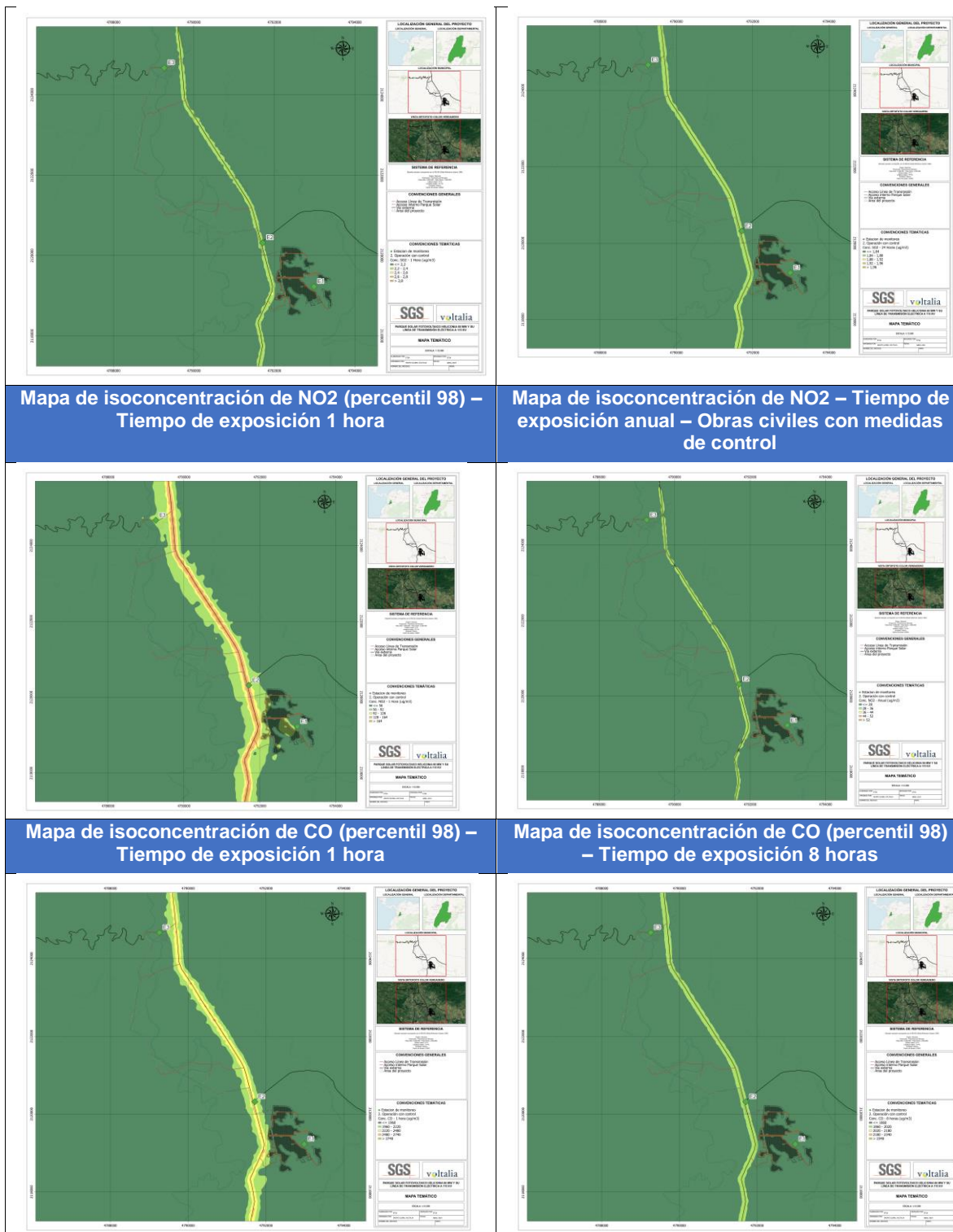




Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

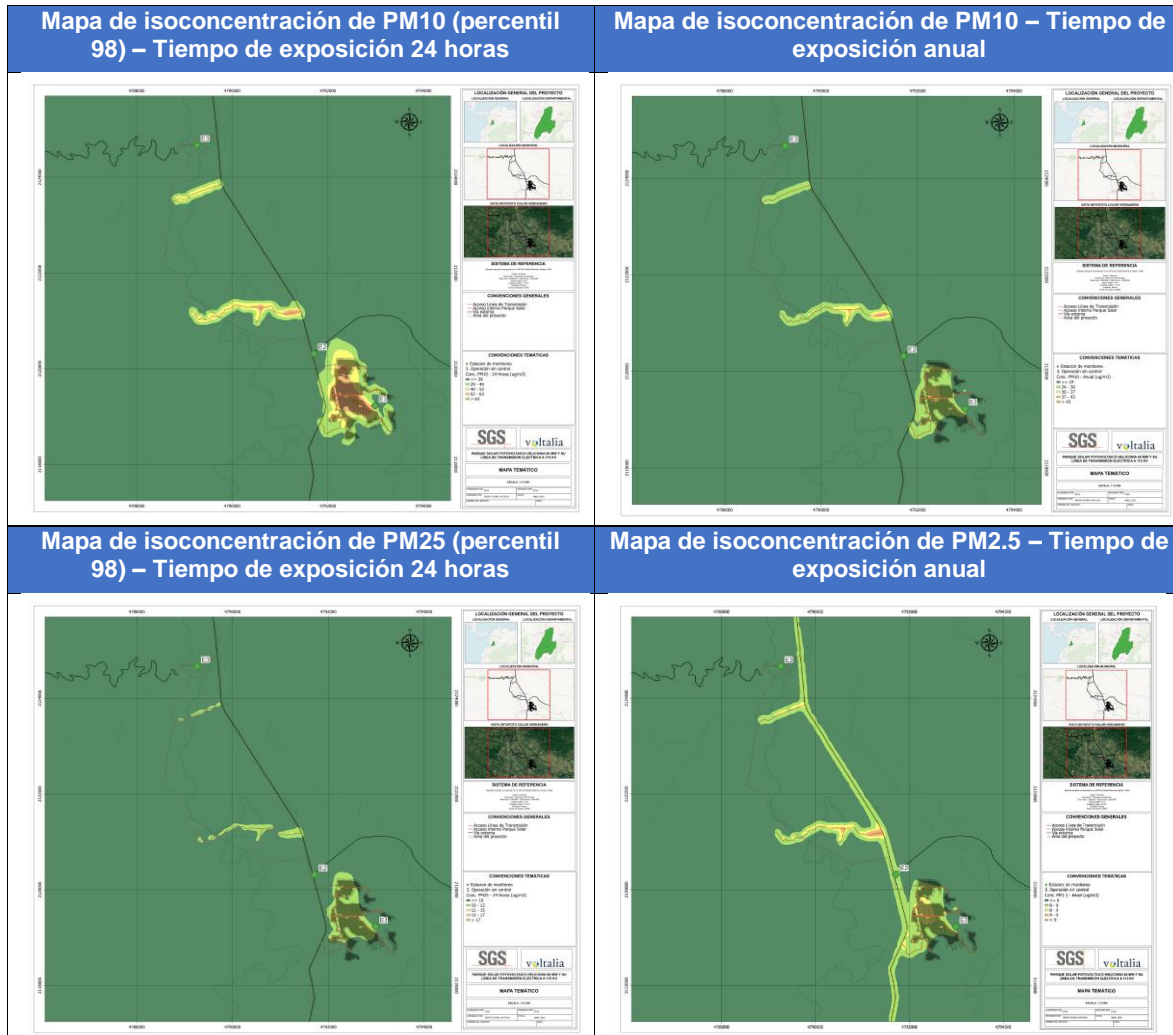
**Tabla 7-49 Mapas de isoconcentración - Obras civiles con medidas de control**





Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Tabla 7-50 Mapa de isoconcentración – Obras civiles sin medidas de control



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

De acuerdo con las estimaciones del modelo, no se prevén concentraciones excesivas asociadas a las obras civiles en la instalación de la infraestructura determinadas para el proyecto con medidas de control. Por otro lado, en el caso de operación sin medidas de control, el modelo estima concentraciones levemente superiores a frente a las concentraciones con medidas de control en tiempos de exposición cortos para PM10, esto también puede presentarse por condiciones atípicas (posiblemente asociadas a condiciones de meteorología desfavorable, aunque solo de impacto dentro del área de infraestructura del proyecto). En tiempos de exposición largos, tanto para PM10 como para PM2,5 no se evidencian indicios de condiciones excedentes respecto a norma.

Según lo anterior, se puede concluir que el proyecto no presenta impactos significativos sobre el medio, por cuanto los valores de concentración estimados por el modelo de



dispersión no presentan valores superiores a los indicados por la Resolución 2254 de 2017 MADS para los contaminantes objeto de estudio del presente documento en tiempos de exposición largos (condiciones de impacto).

### 7.7.3 Fuentes de generación del ruido

Los modelos de propagación y atenuación permiten establecer el comportamiento espacial y temporal de la generación de impactos frente a determinadas condiciones de presencia o no de actividades acústicas contaminantes, así como su comportamiento frente a la presencia de obstáculos, fenómenos de refracción y reflexión de las ondas sonoras, siendo una herramienta adecuada para generar escenarios soporte de planes de acción a riesgos negativos.

Bajo este contexto, el presente informe muestra el proceso de modelación del comportamiento de propagación y atenuación de las ondas sonoras, basado en un análisis de las fuentes de generación de ruido en la zona de estudio.

En este sentido, los modelos de propagación y atenuación de ruido (a través de mapas de ruido), permiten establecer curvas indicativas de la intensidad del sonido que se genera y se dispersa sobre el área de influencia de una fuente, permitiendo conocer que estructuras y que zonas tendrán mayor afectación por aumento de presión sonora.

Para determinar el comportamiento de propagación y atenuación del sonido se usa el método ISO 9613-2:1996 (fuentes industriales), el cual consiste en un algoritmo (con evaluación de frecuencias medias entre 31 Hz y 8 kHz) para calcular la atenuación del sonido que se origina desde una fuente emisora con respecto a un receptor. En este sentido, la metodología tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Divergencia geométrica.
- Absorción atmosférica.
- Efecto del suelo.
- Reflexión sobre superficies.
- Proyección a través de obstáculos.

La metodología del modelo de la propagación y atenuación sonora se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.2Modelos de ruido**

- Modelación de escenarios

Se realizó la modelación de los siguientes tres (3) escenarios:

- **Escenario 1 (E1)-Línea base:**Emisiones por fuentes existentes antes del desarrollo del proyecto. Tiene en cuenta emisiones desde la vía aledaña al proyecto dentro del área de influencia, la cual presenta información de emisiones en su operación actual.
- **Escenario 2 (E2)-Construcción de la infraestructura:** Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles exclusivamente en

periodo diurno de obras civiles para la infraestructura del proyecto. Tiene en cuenta el aporte conjunto con el escenario E1.

- **Escenario 3 (E3)- Operación de la infraestructura:** Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de operación del proyecto, en conjunto con escenario E1.

Para el caso de la línea base se consideraron las condiciones de tráfico típico de la vía aledaña al proyecto (incluyendo vía sin pavimentar), en conjunto con mediciones de ruido realizadas durante los días 16, 18 y 19 de diciembre de 2023 en horario diurno y nocturno, en jornada hábil y no hábil, considerando cinco (5) puntos de monitoreo alrededor de la extensión del proyecto antes de desarrollarse intervención alguna, los cuales se describen en el Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental del Laboratorio Ambiental de SGS Colombia S.A.S.

Para la modelación del escenario construcción de infraestructura del proyecto, se tuvieron en cuenta el listado de actividades indicadas por el proyecto, teniendo en cuenta condiciones de uso de equipos y áreas intervenidas.

Dichas actividades permiten estimar las condiciones de presión sonora esperadas, partiendo de las características técnicas de las fuentes de emisión y su localización con respecto a obstáculos y otras fuentes emisoras. El modelo se desarrolla asumiendo una actividad simultanea de todas las posibles fuentes al interior del predio, de modo que permita determinar una condición crítica eventual de impacto al entorno.

Cabe resaltar que la operación programada en el proyecto es del tipo secuencial entre actividades constructivas en las diferentes áreas intervenidas y por tanto de menor intensidad en la realidad, así como dependiente de condiciones cambiantes en el tiempo con respecto a meteorología y fuentes externas que no son de control por parte del proyecto.

- Condiciones atmosféricas

Las tendencias de las principales variables meteorológicas reportadas por el modelo meteorológico WRF MMIF 4.3 para el periodo 2023 en la región de estudio. Cabe mencionar que la información meteorológica usada para ejecutar el modelo de dispersión son producto del modelo de reanálisis en mención, el cual toma como información de entrada los registros de Global Forecast System (GFS, datos de reanálisis ds083.3 de la base de datos NCAR UCAR Research Data Archive), de modo que se pueda garantizar la mayor calidad disponible en cuanto a datos modelados. Las condiciones atmosféricas se pueden observar en el numeral 7.7.2.2.3 del presente documento.

- Condiciones de fondo.

Para la valoración de la propagación y atenuación sonora se tomó como base la caracterización de ruido ambiental realizada en el área de estudio entre los días 16,18 y 17 de diciembre de 2023 en horario diurno y nocturno, en jornada hábil y no hábil, considerando



ocho (8) puntos de monitoreo alrededor de la extensión del proyecto antes de desarrollarse intervención alguna, los cuales se describen en el Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental del Laboratorio Ambiental de SGS Colombia S.A.S.

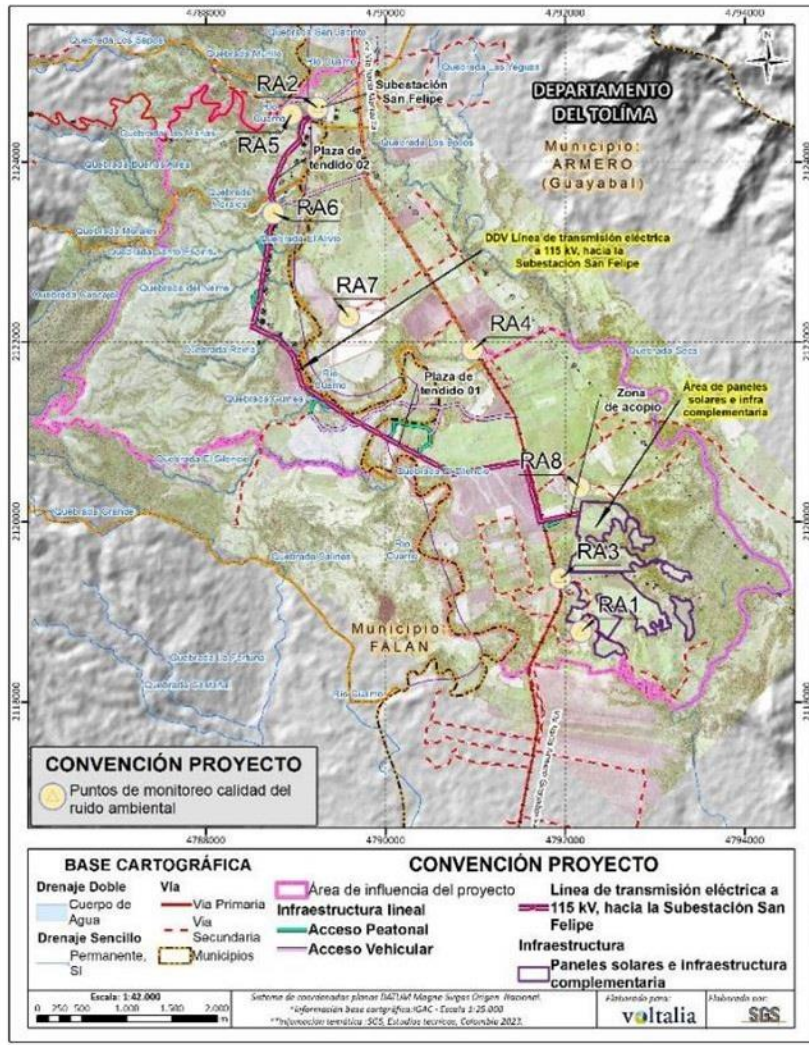
En la **Tabla 7-51** y **Figura 7-38** se presenta la localización de los puntos de monitoreo, y cuyos resultados son usados para determinar el comportamiento de fondo en la zona de estudio.

**Tabla 7-51 Localización puntos de monitoreo de ruido**

Descripción	Nombre	Coordenadas CTM 12 Origen Único Nacional	
		Este (m)	Norte (m)
RD1	Punto 1	4.792.178	2.118.784
RD2	Punto 2	4.789.246	2.124.597
RD3	Punto 3	4.791.947	2.119.374
RD4	Punto 4	4.790.973	2.121.911
RD5	Punto 5	4.788.954	2.124.529
RD6	Punto 6	4.788.754	2.123.430
RD7	Punto 7	4.789.592	2.122.276
RD8	Punto 8	4.792.159	2.120.382

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-38 Localización puntos de monitoreo de ruido ambiental



DDV: Servidumbre del proyecto  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En la **Tabla 7-52** se presenta el resumen de resultados del monitoreo de ruido ambiental realizado en el periodo diurno y nocturno en día hábil y no hábil, siendo insumo para la determinación de las condiciones de fondo características de la zona de análisis.

**Tabla 7-52 Niveles de presión sonora según resultados de monitoreo ruido ambiental**

Punto de medición	Periodo diurno día hábil (L <sub>eq</sub> )	Periodo diurno día No hábil (L <sub>eq</sub> )	Periodo nocturno día hábil (L <sub>eq</sub> )	Periodo Nocturno día No Hábil (L <sub>eq</sub> )
RA-1	51,8	54,1	55,4	58,5
RA-2	58,3	61,6	57,4	60,3
RA-3	53,8	53,0	56,0	56,5
RA-4	60,2	60,6	62,8	61,2
RA-5	52,4	53,9	56,8	57,3
RA-6	52,4	53,9	53,5	54,9
RA-7	53,8	54,3	56,2	56,8
RA-8	52,5	53,3	55,8	56,1
<b>Media logarítmica</b>	56,6	58,2	58,7	59,1
<b>Media por periodo</b>	57,8		58,7	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

A través del análisis de mediciones de campo realizadas para el levantamiento de la línea base de ruido, se encuentra que las condiciones de fondo presentan valores máximos de 60,2 dB(A) en periodo diurno hábil, 62,8 dB(A) en periodo nocturno hábil, 61,6 dB(A) en periodo diurno no hábil y 61,2 dB(A) en periodo nocturno no hábil.

Teniendo los registros de forma indicativa respecto al clima acústico de la zona de estudio, se estima un valor medio logarítmico de 57,8 dB(A) para periodo diurno y 58,7 dB(A) en periodo nocturno, siendo un indicador del nivel de presión sonora estimado de forma homogénea para toda la región de análisis.

Este dato será tomado en cuenta, en términos comparativos con los escenarios proyectados, siendo el valor de condición de ruido de fondo característico de la zona de estudio, considerado como típico del entorno (condiciones de ruido de origen humano y de origen no humano).

- Fuentes de emisión en línea base

Para la determinación de las condiciones de tráfico vehicular típicas de la zona de estudio, se toma como base el aforo vehicular desarrollado durante 48 horas en 4 puntos.

En este sentido, se determinan las condiciones típicas promedio de tráfico en la vía en mención como se indica en la **Tabla 7-53** tomando como base velocidad de tráfico, los valores limite establecidos para vías nacionales.

**Tabla 7-53. Resumen aforo vehicular en puntos de conteo – Periodo homologado**

Vía	Variable	Carros	Buses	C-2P	C-2G	C-3-4	C-5	>C-5	Motos
Pavimentada AF-1	Veh/día	5997	598	244	217	159	278	293	2032
	Proporción	61%	6%	2%	2%	2%	3%	3%	21%
Afirmada AF-2	Veh/día	261	0	0	0	0	0	0	125
	Proporción	68%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%	0%	32%
Pavimentada AF-3	Veh/día	353	598	244	13	0	0	0	213
	Proporción	25%	42%	17%	1%	0%	0%	0%	15%
Pavimentada AF-4	Veh/día	94	0	0	0	0	0	0	70
	Proporción	57%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	43%

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El modelo permite estimar las condiciones de ruido generadas por fuentes móviles, según las condiciones de terreno, velocidad de tránsito y número de vehículos de acuerdo con el estándar NMPB-Routes 2008. Las condiciones de emisión por fuentes móviles se ingresan al modelo por categoría de vías (afirmadas). El cálculo de la potencia acústica en función del número de vehículos y tipo de vía se presenta en los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.2Modelos de ruido/3.Informacióndeentrada/4.Basesdecalculo**, del presente informe.

- Fuentes de emisión en fase constructiva

Para la generación del modelo de propagación y atenuación de ruido, se realizó un levantamiento de las principales fuentes proyectadas en la fase de construcción del proyecto. El proyecto tiene contemplado el uso de las unidades de equipamiento y maquinaria amarilla por día para las actividades de obras civiles (incluyendo operativas y de back Up) (**Tabla 7-36**).

Teniendo en cuenta las actividades que se desarrollarán en cada una de las áreas de intervención, y con el fin de determinar la condición más crítica pero razonable dentro de las condiciones esperadas de emisión en las obras civiles, se determina para cada área la emisión en función del área de acuerdo con los equipos que se utilizarán para cada actividad.

En los **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.2Modelos de ruido/3.Informacióndeentrada/4.Basesdecalculo**, se presenta para cada una de las áreas de interés los equipos declarados a usar en el proyecto. Para cada actividad, se determina la secuencia correspondiente al uso de dicho equipo. Bajo esta consideración, se determina la actividad que presenta la mayor emisión en función del área, de modo que se ingresa dicha emisión como fuente predominante.

De esta manera, la conceptualización de las condiciones de emisión se basa en la determinación del área más crítica con la condición ponderada en función del área por equipo usado, de modo que las emisiones sean conservadoras respecto a actividades de obras civiles, en términos de proporción de uso temporal y espacial dentro de cada parcela (potencia ponderada sonora  $L_{wA/m2}$ ).

Para las fuentes generadoras de ruido asociadas a actividades de obras civiles (actividades de manipulación de maquinaria, movimiento de equipos, movilización y transporte) se toma como referencia la base de datos IMAGINE<sup>13</sup> y DEFRA<sup>14</sup> para actividades constructivas, siendo caracterizadas las zonas de intervención como fuentes de área (**Tabla 7-54**). A continuación, se resume la intensidad de ruido de cada una de las fuentes planteadas en el proyecto, para su correspondiente cálculo.

**Tabla 7-54 Potencia sonora de operaciones industriales de ruido**

Equipo	L <sub>w</sub> (dB(A))	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Excavadora oruga	76	74	66	64	64	63	60	59	50
Retroexcavadora	91	66	74	83	87	84	82	76	66
Planta apoyo - 28 kW	88	53	68	75	81	84	82	77	43
Hincadora	91	76	83	82	85	84	83	79	71
Grúa	75	68	71	68	62	66	66	55	46
Camión	87	85	74	78	73	73	74	67	63
Vibro compactador	91	61	83	73	81	85	84	84	76
Planta apoyo - 5 kW	88	53	68	75	81	84	82	77	43

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

De esta manera, se determinan las potencias para cada una de las áreas en mención, con base en la disponibilidad de área (área finita), siendo poco probable que todas las fuentes presentadas en la puedan operar en cada área al mismo tiempo, sino de manera distribuida por cada sitio intervenido. En la **Tabla 7-55** se presentan los valores de potencia sonora determinados para cada actividad. En los **Anexos/Anexo 4. Área de influencia/4.1 Modelaciones/4.1.2 Modelos de ruido/3. Información de entrada/4. Bases de cálculo**, se presentan los cálculos de emisión en áreas.

**Tabla 7-55. Potencia sonora conjunta de operaciones industriales de ruido**

Fase constructiva		L <sub>AW/m2</sub> - Nivel de potencia sonora (dB(A))							
Actividad	L <sub>w/m2</sub>	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Descapote y limpieza	54,5	17,3	25,7	44,0	51,0	50,3	48,5	41,9	25,7
Montaje de paneles	52,2	17,5	31,6	42,8	48,1	47,4	46,7	41,2	29,5

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Potenciales receptores de interés

De acuerdo a los recorridos de verificación en campo y tomando como base la modelación de ruido escenario con proyecto, en **Tabla 7-56** y **Figura 7-46** se presentan los receptores sensibles identificados en el área de influencia del proyecto, aclarando que se encuentran dentro de los límites permitidos de la Resolución N° 2254 de 2017 expedida por el MADS y por lo tanto el impacto generado es irrelevante.

<sup>13</sup> Incluida en el software de modelación de ruido iNoise, a través del aplicativo SourceDB+.

<sup>14</sup> DEFRA. 2005. Update of noise database for prediction of noise of construction and open sites. Nota: Se toma la condición del equipo más crítico en la generación de ruido entre los utilizados para actividades constructivas.

**Tabla 7-56 Potenciales receptores de interés.**

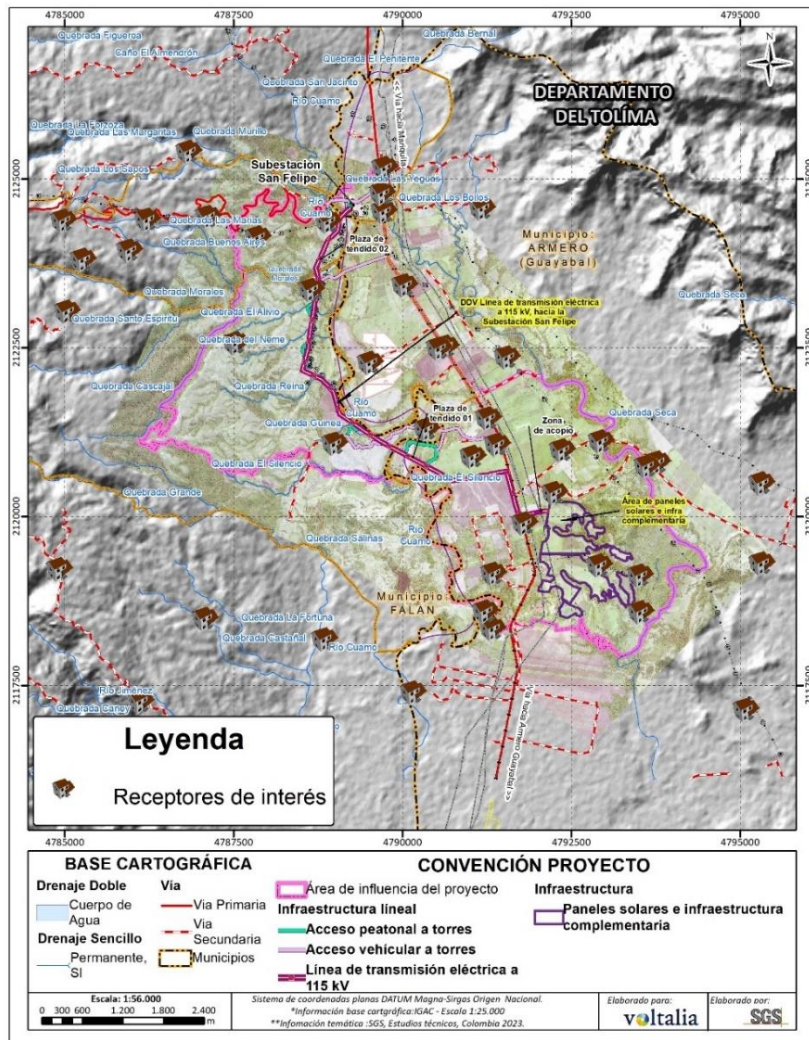
Receptor Sensible	Coordenadas CTM12		Escenario 1: línea base		Escenario 2: Obras civiles		Escenario 3: Operación	
	Este (m)	Norte (m)	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))
Viviendas	4789765	2125202	34.1	34.1	34.1	34.1	34.1	34.1
Viviendas	4785006	2124418	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4
Viviendas	4793802	2120839	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1
Viviendas	4792278	2120389	0.0	0.0	19.8	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4787557	2122608	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4790386	2121333	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4
Viviendas	4790179	2117433	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4793545	2119166	0.0	0.0	43.7	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4787884	2124172	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4792389	2121018	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6
Viviendas	4789749	2124552	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2	42.2
Viviendas	4791429	2121105	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3	43.3
Viviendas	4785983	2123981	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4795109	2117178	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4793554	2118621	0.0	0.0	28.8	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4790055	2123460	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8
Viviendas	4788674	2123394	28.3	28.3	28.8	28.3	28.3	28.3
Viviendas	4786859	2125438	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4786147	2117299	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4791577	2122396	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4790668	2122554	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
Viviendas	4785055	2123071	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4789018	2121117	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6	27.6
Viviendas	4788870	2118220	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4791364	2118375	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
Viviendas	4791206	2124601	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4790563	2122529	42.7	42.7	42.7	42.7	42.7	42.7
Viviendas	4791070	2120924	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
Viviendas	4784945	2119260	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4793642	2120782	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1
Viviendas	4787144	2124478	28.8	28.8	28.9	28.8	28.8	28.8
Viviendas	4791251	2118634	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4788925	2124404	30.5	30.5	30.6	30.5	30.5	30.5
Viviendas	4792967	2121153	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
Viviendas	4791831	2119938	39.9	39.9	40.0	39.9	39.9	39.9
Viviendas	4787104	2118522	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4789547	2122312	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4795341	2120532	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0



Receptor Sensible	Coordenadas CTM12		Escenario 1: línea base		Escenario 2: Obras civiles		Escenario 3: Operación	
	Este (m)	Norte (m)	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))	Aporte Leq Diurno (dB(A))	Aporte Leq Nocturno (dB(A))
Viviendas	4792943	2119317	0.0	0.0	47.4	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4795345	2119346	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4785295	2123839	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4786249	2124436	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6	43.6
Viviendas	4789725	2124823	41.9	41.9	41.9	41.9	41.9	41.9
Viviendas	4791373	2119192	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
Viviendas	4791296	2121494	44.2	44.2	44.2	44.2	44.2	44.2
Análisis estadístico		Minimo	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
		Q2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
		Q3	0.0	0.0	27.6	0.0	0.0	0.0
		Q4	38.5	38.5	41.0	38.5	38.5	38.5
		Max	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-39 Localización potenciales receptores de interés.



DDV: Servidumbre del proyecto  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

## Resultados Modelo de ruido

La modelación presentada corresponde a la proyección o estimación de las condiciones de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la subestación San Felipe", que será ubicado en zona rural entre las jurisdicciones del Municipio de Armero Guayabal y Falán, departamento del Tolima. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación de ruido para los escenarios sin proyecto y con proyecto, para mayor detalle de información ver **Anexos/Anexo4.Áreadeinfluencia/4.1Modelaciones/4.1.2Modelos de ruido**.

- Nivel de ruido en línea base

De acuerdo con los resultados presentados en la **Figura 7-40** e **Figura 7-41** se puede observar que los niveles aportados con mayor intensidad se concentran en el área próxima a las vías de acceso con un aporte máximo de 57 dB(A) en periodo diurno y 57 dB(A) en periodo nocturno, en inmediaciones a las vías colindantes al proyecto. El comportamiento es congruente con el número de vehículos y el tipo de rodadura determinado.

**Figura 7-40 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase de línea base – periodo diurno**



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-41 Aporte de ruido por fuente emisoras en fase de línea base – periodo nocturno



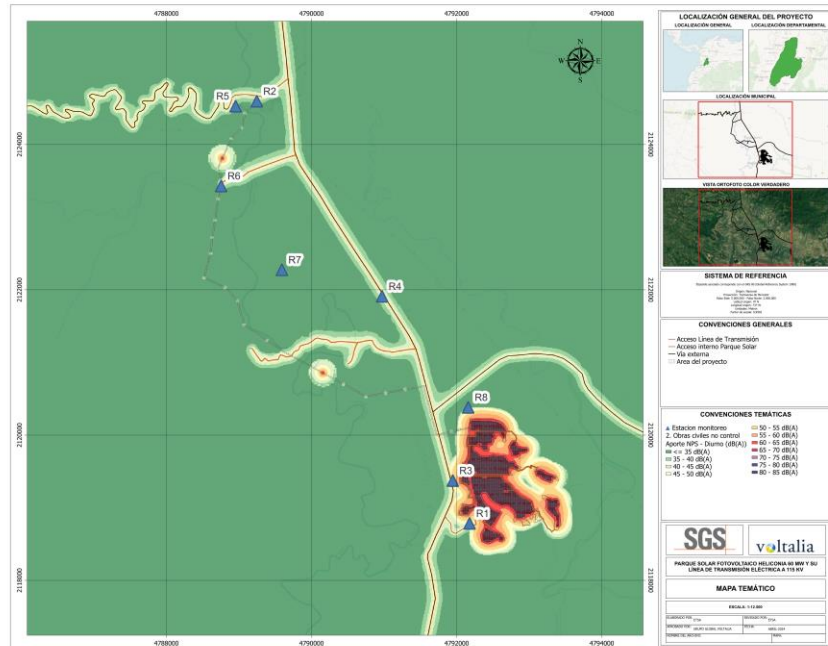
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

○ Escenario de construcción del proyecto

De acuerdo con los resultados presentados en la **Figura 7-42** y **Figura 7-43** se puede observar que los niveles aportados con mayor intensidad se concentran en el área próxima a las zonas de intervención de infraestructura, con un aporte máximo de 73 dB(A) principalmente en el centro de los polígonos de instalación de paneles solares (en periodo nocturno, de acuerdo con fichas de medidas de manejo, no se ejecutan actividades).

Los niveles de presión sonora tienden a estar por debajo de 55 dB(A) a menos de 50 metros del encerramiento del área del proyecto. Lo anterior, en conjunto con los niveles determinados mediante medición en campo, sugieren que la asimilación del ruido aportado por las actividades del proyecto no superaría los niveles considerados como típicos de la región evaluada de forma significativa fuera del área del proyecto.

Figura 7-42 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase constructiva – periodo diurno



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-43 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase constructiva – periodo nocturno



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

○ Escenario de operación de la infraestructura

De acuerdo con los resultados presentados en la **Figura 7-44** y **Figura 7-45** se puede observar que los niveles aportados con mayor intensidad se concentran en el área próxima a las vías de acceso con un aporte máximo de 57 dB(A) tanto en periodo diurno como en periodo nocturno, en inmediaciones a las vías colindantes al proyecto. El comportamiento es congruente con el número de vehículos y el tipo de rodadura determinado el cual se considera es predominante respecto a elementos internos al proyecto (rondas de vehículos dentro del parque solar).

Los niveles de presión sonora tienden a estar por debajo de 55 dB(A) a menos de 10 metros del encerramiento del área del proyecto. Lo anterior, en conjunto con los niveles determinados mediante medición en campo, sugieren que la asimilación del ruido aportado por las actividades del proyecto no superaría los niveles considerados como típicos de la región evaluada de forma significativa fuera del área del proyecto.



**Figura 7-44 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase operativa – periodo diurno**



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-45 Aporte de ruido por fuentes emisoras en fase operativa – periodo nocturno



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El análisis de las condiciones proyectadas de aporte respecto a los límites normativos indicados según la Resolución 627 de 2006 del actual MADS, muestra que es posible encontrar condiciones por encima de los valores de norma dentro de las áreas de construcción del proyecto.

De acuerdo con los resultados del modelo, se estima que en periodo diurno (el proyecto no tendría operación en periodo nocturno) presenta valores de ruido inferiores a norma a una distancia de 50 metros respecto a la ubicación del encerramiento del proyecto sobre un nivel de presión sonora equivalente a 55 dB(A). Cabe resaltar que el modelo contempla condiciones simultaneas de desarrollo de actividades constructivas en toda el área de intervención del proyecto para dar una evaluación a nivel de cobertura del posible impacto acumulativo entre actividades más críticas, pero el desarrollo se espera sea secuencial en concordancia con el cronograma de este. De esta manera, el nivel de ruido esperado aportado en la realidad del proyecto será menor.

Con base en los elementos anteriores, se puede inferir que el impacto sonoro del proyecto en el entorno es mínimamente significativo en áreas que se encuentran fuera del alcance de la intervención de la infraestructura durante las fases constructivas y operativas del parque solar.

Para finalizar, es importante resaltar que se tienen una ficha de manejo ambiental enfocada en prevenir y minimizar la generación de emisiones atmosféricas (Aire y Ruido) (**Ver Capítulo 10.1. PMA Medio Abiótico - Ficha MMA-08 Manejo para el control de emisiones atmosféricas, calidad del aire y ruido**).

## 7.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el proyecto requiere volúmenes pequeños de material de arrastre no es necesaria la explotación directa de fuentes de materiales. La demanda de estos agregados se suplirá mediante compra directa del material en las canteras existentes en la zona las cuales deben estar debidamente legalizadas.

La mezcla de los concretos requiere que los agregados permitan la obtención de la resistencia y durabilidad adecuada, de acuerdo con los diseños de la ingeniería de detalle, que estarán basados en las características de los suelos que se encuentren a lo largo del desarrollo de la línea de transmisión y parque solar fotovoltaico.

### 7.8.1 Cantidades estimadas

La cantidad de materiales pétreos y granulares para la elaboración del concreto depende directamente del tipo de cimentación de las torres y este a su vez de factores como la clase y condición del suelo, así como el tipo de torre que se va a instalar.

En la siguiente **Tabla 7-57** se presenta la cantidad de concreto a utilizar por cada tipo de infraestructura. El concreto a utilizar será de 3000 psi, en el cual cada metro cúbico de concreto está compuesto por 350 kilos de cemento, 826 kilos de arena, 895 kilos de grava y 210 kilos de agua.

**Tabla 7-57. Materiales de construcción por infraestructura**

Infraestructura		Área en planta [m2]	Volumen [m3]	Concreto [m3]
Cimentaciones	Paneles solares - Estructura	314560,17		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Centros de transformación	159,21	23,8	9 losas de cimentación de 15 cm de espesor en un área de 6.1x2.9m
	Subestación	5629,48	2364,38	Losas de cimentación para equipos de patio y transformador
	Estación meteorológica	1,00	0,3	1 dado de concreto de 1*1m*30cm
	Centro de control	28,8	4,32	1 losas de cimentación de 15 cm de espesor en un área de 12x2.4m
	Hidrología	7804,25	3495,3	ODT, canales y canales escalonados
	Centros de acopio	14980,69		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Campamento de obra	1978,28		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Vías de acceso	1680,00		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Vías internas	37462,40		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Cerramiento	13479,07*	323	Dados para postes metálicos cada 3m.
	Zanjas	5069		No requiere cimentaciones con concreto armado
	Sitios de Torre	1699,42	140,748	apatas para torres

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

## 7.8.2 Posibles fuentes de materiales

Los materiales pétreos y granulares necesarios para las cimentaciones de las torres, se obtendrán de fuentes de materiales localizadas dentro y cerca del área de influencia del proyecto, que tengan título minero registrado y licencia ambiental vigentes para su funcionamiento otorgadas por las respectivas entidades

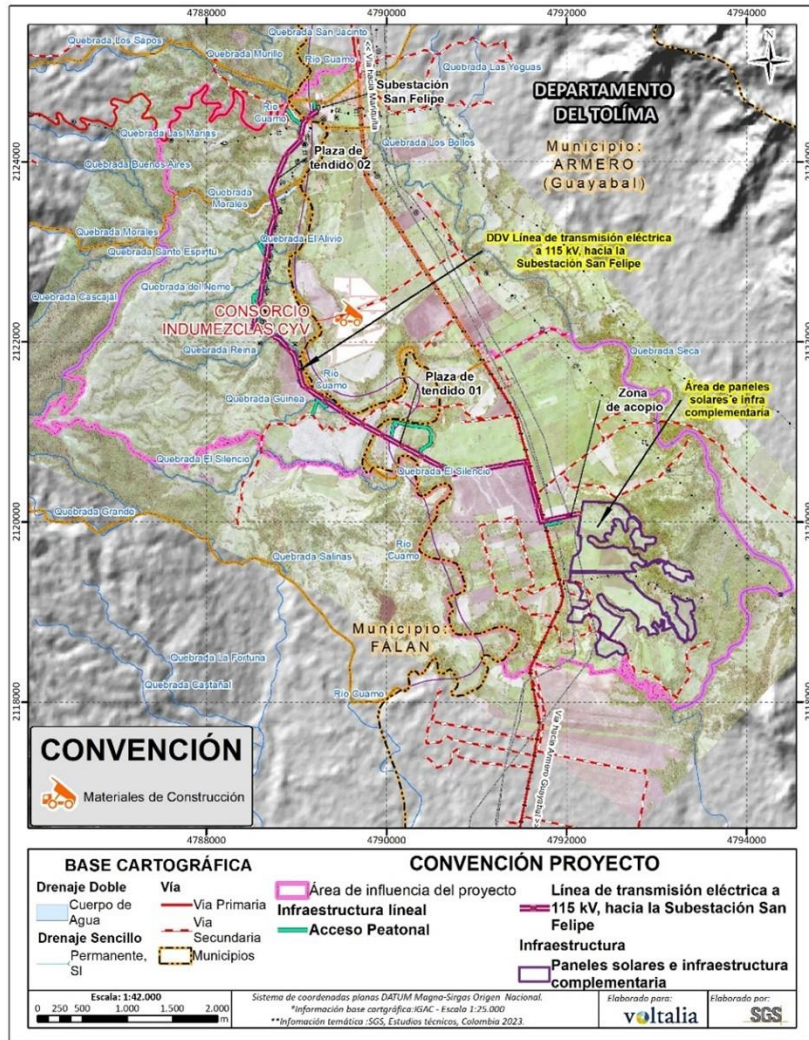
Se realizó la consulta a Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) mediante PQR 216 del 29 de febrero de 2024 sobre las fuentes de materiales que cuenten con los permisos vigentes en las unidades territoriales que hacen parte del área del proyecto, CORTOLIMA, mediante comunicado No 100.09.2.1, dio información sobre un proyecto licenciado existente en el municipio de Armero Guayabal que se presenta a continuación. (**Tabla 7-58; Figura 7-46**).

**Tabla 7-58 Fuentes de material licenciadas en el área de influencia del proyecto**

Expediente	14554
Permiso	Licencia
Usuario	CONSORCIO INDUMEZCLAS CYV
Municipio	Armero
Uso/aprovechamiento	Autorización Temporal MBP 15-181
Otorgamiento	Mediante la Resolución 3387 del 17/08/2011
Tipo de material	Materiales para la construcción
<b>Coordenadas Geográficas Origen Nacional</b>	
Este	4789594,98
Norte	2122318,9

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Tolima, modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 7-46 Geolocalización fuentes de materiales de construcción licenciados.



DDV: Servidumbre del proyecto  
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Sin embargo, la obtención de estos materiales para las actividades del proyecto no queda limitada a las fuentes relacionadas, y también podrán adquirirse de cualquier otro sitio que se identifique posteriormente, siempre que tenga vigentes las licencias minera y ambiental; en todo caso, en la fase de ejecución del proyecto se debe verificar el estado y vigencia de la licencia ambiental para aquellas fuentes de material.

## Bibliografía

- ASSOCIATION-AVMA, A. V. (2007). *Guidelines on Euthanasia (Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia)*.
- Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in west African rain forest. *Phytogeographica suecica*(59), 1-123.
- Mesa, D., & Bernal, A. (2006). *Protocolo para la preservación y manejo de colecciones biológicas, Museo de Historia Natural*.
- Simmons, J., & Muñoz-Saba, Y. (2005). *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. Serie Manuales para la Conservación*. Bogotá: Conservación Internacional.
- Villareal, H., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., . . . Umaña, M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.