



ENEL COLOMBIA S.A. E.SP.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”**

**CAPÍTULO 7. DEMANDA USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN A
LOS RECURSOS NATURALES**

POR:



Bogotá, septiembre de 2024



ENEL COLOMBIA S.A. E.SP.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”
CAPÍTULO 7. DEMANDA USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN A
LOS RECURSOS NATURALES

POR:



INGEDISA
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024

2	Versión 2	Ingedisa S.A	Ingedisa S.A	K. Martínez	2024-09-04
1	Versión 1	Ingedisa S.A.	J. Yopasa	K. Martínez	29/12/2023
0	Versión inicial	Ingedisa S.A.	J. Yopasa	K. Martínez	23/12/2023
Rev.	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 3

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN A LOS RECURSOS NATURALES	8
7.1 Aguas superficiales.....	11
7.1.1 Captación de aguas superficiales continentales	12
7.2 Aguas subterráneas.....	16
7.2.2 Para la exploración de las aguas subterráneas	16
7.2.3 Para la concesión de aguas subterráneas	16
7.3 Vertimientos.....	16
7.3.2 Para vertimientos en cuerpos de agua continentales.....	19
7.3.3 Para vertimientos en suelos.....	19
7.4 Ocupación de cauces, lechos y playas fluviales	19
7.4.2 Descripción de las obras y/o actividades que requieren permiso de ocupación de cauce.....	22
7.4.3 Localización de los sitios de ocupación de cauce	29
7.4.4 Caracterización hidrológica del cuerpo de agua a intervenir	31
7.4.5 Caracterización hidráulica del cuerpo de agua a intervenir	50
7.4.6 Análisis sedimentológico del cauce	69
7.4.7 Características fisicoquímicas, microbiológicas e hidrobiológicas del Drenaje Canal Guaymaral.....	73
7.5 Aprovechamiento Forestal	73
7.5.2 Descripción del aprovechamiento forestal por tipo de obra.....	74
7.5.3 Metodología para el cálculo de volúmenes por área para aprovechamiento.....	75
7.5.4 Aspectos legales	75
7.5.5 Volumen de aprovechamiento forestal en la construcción de la Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV	76
7.5.6 Volúmenes para las especies identificadas por tipo de cobertura para el censo forestal – fustales.....	76
7.5.7 Relación de individuos afectados por podas	83
7.5.8 Destinación de los productos forestales.....	83
7.5.9 Especies en categoría de amenaza, veda, o endémicas identificadas en el inventario forestal	84
7.5.10 Afectación de las especies vasculares de hábito epífito, terrestre y/o rupícola	86
7.5.11 Afectación de las especies no vasculares de hábito epífito, terrestre y/o rupícola	87
7.6 Recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad	88
7.7 Emisiones atmosféricas	89
7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica	89
7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos	110
7.8 Materiales de construcción	110

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 4

BIBLIOGRAFÍA..... 112

LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 7-1 Localización obras del proyecto dentro de la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral	21
Figura 7-2 Esquema indicativo de canalización por el método de zanja abierta (dimensiones dadas en milímetros)	22
Figura 7-3 Dimensiones de la caja de apoyo de cercha CA1	25
Figura 7-4 Dimensiones de la caja de apoyo de cercha y empalme CE	25
Figura 7-5 Perfil cercha	28
Figura 7-6 Franja de ocupación de cauce prevista	30
Figura 7-7 Importación de datos a Global Mapper	32
Figura 7-8 Definición de cuencas hidrográficas	32
Figura 7-9 Definición de cuencas hidrográficas	33
Figura 7-10 Refinamiento de cuencas hidrográficas	33
Figura 7-11 Unión de áreas aportantes y delimitación final de la cuenca hidrográfica	34
Figura 7-12 Delimitación cuenca hidrográfica definitiva	35
Figura 7-13 Selección de estaciones meteorológicas - IDEAM	40
Figura 7-14 Definición Polígonos de Thiessen	41
Figura 7-15 Selección de estaciones meteorológicas - Polígonos de Thiessen	42
Figura 7-16 Ubicación estación meteorológica IDEAM	43
Figura 7-17 Precipitación máxima en 24 horas promedio mensual multianual	45
Figura 7-18 Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia – IDF	47
Figura 7-19 Modelo de Elevación Digital, sitio de cruce de la Línea de Transmisión con el Drenaje Canal Guaymaral - topografía levantada en campo	52
Figura 7-20 Secciones transversales tomadas en campo - Drenaje Canal Guaymaral	53
Figura 7-21 Secciones transversales aguas arriba - Drenaje Canal Guaymaral	53
Figura 7-22 Secciones transversales sitio ocupación de cauce - Drenaje Canal Guaymaral	54
Figura 7-23 Secciones transversales aguas abajo - Drenaje Canal Guaymaral	54
Figura 7-24 Geometría del Drenaje Canal Guaymaral	55
Figura 7-25 Resultados modelación hidráulica: Tr 2.33 años	60
Figura 7-26 Resultados modelación hidráulica: Tr 3.33 años	61
Figura 7-27 Resultados modelación hidráulica: Tr 5 años	62
Figura 7-28 Resultados modelación hidráulica: Tr 10 años	63
Figura 7-29 Resultados modelación hidráulica: Tr 25 años	64
Figura 7-30 Resultados modelación hidráulica: Tr 50 años	65
Figura 7-31 Resultados modelación hidráulica: Tr 100 años	66
Figura 7-32 Cruce Drenaje Canal Guaymaral con infraestructura del proyecto	68
Figura 7-33 Material tomado del Drenaje Canal Guaymaral que hace parte de los depósitos de la Formación Sabana, composición textural identificada al tacto 85% limo y 15% arcilla	69
Figura 7-34 Unidad geológica en el sitio de cruce del Drenaje Canal Guaymaral	70
Figura 7-35 Unidad geomorfológica identifica en el Drenaje Canal Guaymaral	71


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 5

Figura 7-36 Unidad geomorfológica y tipo de drenaje en el sitio de cruce del Drenaje Canal Guaymaral 72

LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 7-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental	8
Tabla 7-2 Recursos naturales requeridos por el proyecto	10
Tabla 7-3 Concesiones fuentes de abastecimiento	12
Tabla 7-4 Dotación neta de agua para consumo doméstico de acuerdo con la CRA	13
Tabla 7-5 Volumen de agua requerida para uso doméstico	13
Tabla 7-6 Demanda de concreto	14
Tabla 7-7 Volumen total de agua necesaria para construcción del proyecto	15
Tabla 7-8 Volumen estimado de residuos líquidos domésticos	17
Tabla 7-9 Coordenadas vértices tramo subterráneo costado norte	23
Tabla 7-10 Coordenadas vértices tramo subterráneo costado sur	23
Tabla 7-11 Coordenadas vértices servidumbre tramo subterráneo costado norte	24
Tabla 7-12 Coordenadas vértices servidumbre tramo subterráneo costado sur	24
Tabla 7-13 Coordenadas vértices caja de empalme	26
Tabla 7-14 Coordenadas vértices caja de apoyo	26
Tabla 7-15 Coordenadas vértices áreas de trabajo caja de empalme	26
Tabla 7-16 Coordenadas vértices áreas de trabajo caja de apoyo	27
Tabla 7-17 Coordenadas vértices cercha	28
Tabla 7-18 Coordenadas vértices servidumbre cercha	29
Tabla 7-19 Localización geográfica vértices franja de ocupación	29
Tabla 7-20 Valores interpretativos del índice de compacidad	37
Tabla 7-21 Parámetros morfométricos	37
Tabla 7-22 Expresiones empíricas para la estimación de tiempos de concentración	38
Tabla 7-23 Tiempos de concentración estimados mediante diferentes metodologías y valor promedio (horas)	38
Tabla 7-24 Selección de estaciones meteorológicas - IDEAM	39
Tabla 7-25 Estación climatológica IDEAM	43
Tabla 7-26 Análisis de los datos de precipitación máxima en 24 horas recopilados	44
Tabla 7-27 Valores de precipitación máxima en 24 horas mensual multianual	44
Tabla 7-28 Parámetros de ajuste de la regresión (valores para Colombia)	46
Tabla 7-29 Intensidad (mm/hora) para diferentes periodos de retorno	46
Tabla 7-30 Caudal medio cuenca Drenaje Canal Guaymaral	48
Tabla 7-31 Coeficiente de escorrentía (C)	49
Tabla 7-32 Intensidades para diferentes periodos de retorno	50
Tabla 7-33 Caudales máximos estimados para diferentes periodos de retorno	50
Tabla 7-34 Caudales máximos (m³/s) para diferentes periodos de retorno	56
Tabla 7-35 Coeficiente de rugosidad “n” de Manning	56
Tabla 7-36 Condiciones de frontera empleadas en la modelación hidráulica 1D en HEC-RAS	57
Tabla 7-37 Condiciones hidráulicas sitio ocupación de cauce	58
Tabla 7-38 Condiciones hidráulicas aguas arriba	58
Tabla 7-39 Condiciones hidráulicas aguas abajo	58



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 6

Tabla 7-40 Niveles máximo de lámina de agua en el sitio de cruce para diferentes periodos de retorno	67
Tabla 7-41 Actividades que requieren intervención.....	74
Tabla 7-42 Áreas verificadas para intervención mediante censo forestal y áreas de intervención del proyecto	75
Tabla 7-43 Individuos identificados en el área de intervención para aprovechamiento forestal.....	76
Tabla 7-44 Volumen de aprovechamiento forestal para las especies identificadas en el área determinada para la intervención de la Subestación eléctrica y líneas asociadas.....	78
Tabla 7-45 Volumen de aprovechamiento forestal por unidad territorial.....	80
Tabla 7-46 Volumen total y comercial por tipo de obra para el aprovechamiento de fustales a intervenir para el proyecto.....	82
Tabla 7-47 Listado de las especies identificadas con algún grado de amenaza dentro del censo forestal para el aprovechamiento forestal y poda con su estado	84
Tabla 7-48 Especies vasculares en veda nacional registradas en la caracterización	86
Tabla 7-49 Especies no vasculares en veda nacional registradas en la caracterización ..	87
Tabla 7-50 Localización Geográfica de Puntos de Aforo Vehicular.....	90
Tabla 7-51 Características Principales de las Vías Objeto de Aforo.....	90
Tabla 7-52 Resultados Aforo Vehicular.....	90
Tabla 7-53 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-1 día hábil.....	93
Tabla 7-54 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-1 día no hábil.....	95
Tabla 7-55 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-2 día hábil.....	96
Tabla 7-56 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-2 día no hábil.....	98
Tabla 7-57 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-3 día hábil.....	100
Tabla 7-58 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-3 día no hábil.....	102
Tabla 7-59 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-4 día hábil.....	104
Tabla 7-60 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-4 día no hábil.....	106
Tabla 7-61 Emisión por factor de emisión de PM ₁₀ día hábil	107
Tabla 7-62 Emisión por factor de emisión de PM _{2.5} día hábil	107
Tabla 7-63 Emisión por factor de emisión de PM ₁₀ día no hábil	108
Tabla 7-64 Emisión por factor de emisión de PM _{2.5} día hábil	108
Tabla 7-65 Volumen estimado de materiales reutilizables	110
Tabla 7-66 Canteras autorizadas	110

LISTADO DE GRAFICAS


	Pág.
Gráfica 7-1 Punto AV-1 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	92
Gráfica 7-2 Punto AV-1 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	92
Gráfica 7-3 Punto AV-1 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	94

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 7

Gráfica 7-4 Punto AV-1 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	94
Gráfica 7-5 Punto AV-2 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	95
Gráfica 7-6 Punto AV-2 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	96
Gráfica 7-7 Punto AV-2 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	97
Gráfica 7-8 Punto AV-2 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	98
Gráfica 7-9 Punto AV-3 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	99
Gráfica 7-10 Punto AV-3 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	100
Gráfica 7-11 Punto AV-3 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	101
Gráfica 7-12 Punto AV-3 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	102
Gráfica 7-13 Punto AV-4 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	103
Gráfica 7-14 Punto AV-4 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	104
Gráfica 7-15 Punto AV-4 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)	105
Gráfica 7-16 Punto AV-4 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)	106

LISTADO DE ANEXOS

- 7_4_Ocupacion_Cauce
- 7_5_Aprovechamiento_forestal
- CIRCULAR-EXTERNA-No.-00001

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 8

7. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN A LOS RECURSOS NATURALES


En atención a los requerimientos realizados en la Reunión de Información Adicional en el marco del trámite administrativo de licenciamiento ambiental Expediente SDA 07-2024-153, en el presente capítulo se da la atención a los requerimientos 1, 2, 3 y 4, tal como se discrimina en la Tabla 7-1, incluyendo como parte de los anexos del estudio los Formularios PM04- PR30-F2 (Formulario de recolección de información silvicultural por individuo) y PM04-PR30-F3 (Ficha técnica de registro).

Al respecto, frente a las fichas PM04-PR30-F2 y PM04-PR30-F3 (ver anexo Cap 7 / 7_5_Aprovechamiento_forestal) es de aclarar que estas se encuentran subdivididas con el fin de agrupar en archivos diferentes los individuos arbóreos objeto de intervención (tala o poda), en un primer archivo se relacionan los 204 individuos que se encuentran ubicados en espacio privado y en un segundo archivo se relacionan los 340 individuos que se encuentran en espacio privado.


Es importante mencionar que, tal como se expone en la solicitud del aprovechamiento forestal, se realizó el ajuste sobre la cantidad de individuos forestales a aprovechar, a través de la validación del tratamiento silvicultural. Esto, motivó la reducción de la cantidad de individuos arbóreos a intervenir, pasando de 987 a 544 individuos, de los cuales, 302 serán objeto de aprovechamiento (tala) y 242 serán manejados a través de poda.

Tabla 7-1 Respuesta a requerimientos presentados por la autoridad ambiental

Requerimiento 1	Ajustes	Página
<p>Presentar los shapex y/o geodatabase, así como el Excel de coordenadas en formato único nacional, de tal manera que se pueda verificar el cruce con los elementos de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano, incluyendo los polígonos de maniobra, accesos de maquinaria, descripción de las actividades y las operaciones de izaje y tendido, justificando las razones por las cuales no se incluyó en el capítulo 7. Demanda uso, aprovechamiento y/o afectación a los recursos naturales.</p> <p>En caso de que se evidencie la aplicabilidad del permiso de ocupación de cauce, playas y/o lechos, se debe remitir la información técnica y documental relacionada en el formulario distrital versión 11, describiendo las actividades que se desarrollarán dentro de la Estructura Ecológica Principal del Sistema Hídrico y Suelo Urbano.</p>	<p>Contemplando el emplazamiento de la cercha para el paso aéreo sobre el Drenaje Canal Guaymaral, y en atención al requerimiento 1, se procede a realizar la solicitud del permiso de ocupación de cauce. La información referente a esta solicitud se plasma en el numeral 7.4 Ocupación de cauces, lechos y playas fluviales y su respectivo anexo.</p> <p>En este numeral, conforme los términos de referencia se describen las obras y actividades que requieren el permiso de ocupación de cauce, se presenta la localización del sitio de ocupación (Drenaje Canal Guaymaral), así como la caracterización hidrológica e hidráulica y el análisis sedimentológico del cauce objeto de la solicitud.</p>	Pág. 19 a 73
Requerimiento 2	Ajustes	Página
Presentar debidamente diligenciados los formatos PM04- PR30-F2 (Formulario de recolección de información silvicultural por individuo) y PM04-PR30-F3 (Ficha técnica	Se realiza el ajuste del anexo asociado al capítulo 7 y con puntualidad al numeral 7.5 Aprovechamiento Forestal. En este	Anexos Cap. 7 / 7_5_Aprovechamiento_forestal

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 9

<p>de registro).</p> <p>Formulario de recolección de información silvicultural por individuo PM04- PR30-F2, para la totalidad del censo forestal (987 árboles), diligenciar el código SIGAU para todos los árboles emplazados en espacio público, las casillas tratamiento silvicultural, según el tratamiento silvicultural requerido (Tala, poda, traslado), sitio de visita, y coordenadas en formato único nacional.</p> <p>Ficha técnica de registro PM04-PR30-F3, para los árboles requeridos por intervención silvicultural debidamente diligenciada, con la información actualizada del formulario PM04- PR30-F2.</p> <p>Presentar tratamientos silviculturales de manejo de arbolado, con el propósito de disminuir el impacto sobre el recurso arbóreo.</p>	<p>se incluyen los formatos PM04-PR30-F2 y PM04-PR30-F3 para los 544 individuos, dando claridad que solo 302 serán aprovechados.</p> <p>Los formatos remitidos como parte del requerimiento de información adicional cuentan con el diligenciamiento del código SIGAU, definición del tratamiento silvicultural y coordenadas en formato único nacional, así como los demás aspectos o información requerida.</p> <p>Realizada esta validación y tal como se expone en el numeral 7.5 Aprovechamiento Forestal se redujo la cantidad de individuos arbóreos a ser aprovechados</p>	
Requerimiento 3	Ajustes	Pagina
Presentar la totalidad de las fichas PM04-PR30-F3 (Ficha técnica de registro) en el anexo 7.5.2. Fichas SDA, para la totalidad de los 987 árboles reportados en el Capítulo 7 del Estudio de Impacto Ambiental.	Se incluyen dentro del Anexo 7.5.2 Fichas SDA, la ficha técnica PM04-PR30-F3 con los 544 individuos y su respectivo manejo silvicultural.	Anexos Cap. 7 / 7_5_Aprovechamiento _forestal
Requerimiento 4	Ajustes	Pagina
Ajustar la justificación técnica de los tratamientos silviculturales solicitados para las especies vedadas y/o amenazadas como Cedro (<i>Cedrela montana</i> , 32), Pino romerón (<i>Retrophyllum rospigliossi</i> , 13), Nogal (<i>juglans neotropica</i> ,5) en el marco del aprovechamiento forestal.	Luego de la revisión de información y validación del tratamiento silvicultural las especies en veda y/o amenazadas que se presentan como parte de la solicitud corresponde al Cedro (<i>Cedrela montaña</i>) con 17 individuos, Pino romerón (<i>Retrophyllum rospigliossi</i>) con 5 individuos y Roble (<i>Quercus humboldtii</i>) con 1 individuo. Es de aclarar que la especie Nogal (<i>juglans neotropica</i>) con 5 individuos se excluye del censo toda vez que al validar su ubicación en campo se evidenció que se encuentran retirados del área de intervención y no requiere ni de poda ni tala. Dentro de las fichas técnicas adjuntas al EIA se justifica el tratamiento silvicultural para estas especies, el cual corresponde a poda, la cual es viable y no compromete la supervivencia del individuo los resultados se evidencian en la Tabla 7-47 .	Anexos Cap. 7 / 7_5_Aprovechamiento _forestal
Requerimiento general	Ajustes	Pagina
Ajustar el Estudio de Impacto Ambiental presentado mediante comunicado radicado 2023ER313706 del 29 de diciembre de	Considerando las validaciones realizadas sobre los individuos que requieren tala o poda se ha ajustado	Pág. 74 a 84

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 10

2023, de manera que se incorporen y analicen en un solo documento los cambios relacionados con los requerimientos de información realizados en la presente reunión.	la solicitud de aprovechamiento forestal conforme lo indicado en el numeral 7.5 Aprovechamiento Forestal.	
---	---	--

En el presente capítulo se describen las necesidades de realizar uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales que surjan durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas Asociadas a 115 kV”, esto de acuerdo con lo establecido en el numeral 7 de los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TdR-17¹) y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del ANLA - 2018².


En tal sentido, a continuación, en la Tabla 7-2 se presenta resumen del uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales requeridos para el desarrollo del proyecto y los permisos solicitados para aprobación por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente-SDA.

Tabla 7-2 Recursos naturales requeridos por el proyecto

Recurso	Descripción del abastecimiento en la fase de construcción y operación
Aguas superficiales y subterráneas	El proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas Asociadas a 115 kV”, no requiere tramitar permiso de captación de agua superficial como subterránea. El suministro se realizará mediante la compra a un tercero autorizado para la venta de agua destinada al desarrollo de actividades industriales.
Vertimientos	Los vertimientos generados en la fase constructiva serán entregados a terceros autorizados por la autoridad ambiental para respectivo tratamiento y disposición final. Los vertimientos generados en la fase operativa serán manejados a través del sistema de tratamiento FAFA y sus residuos recolectados a través de gestores autorizados. Así las cosas, el proyecto no requiere la solicitud de permiso de vertimientos.
Ocupaciones de Cauce	El proyecto requiere permiso de ocupación de cauce en el Drenaje Canal Guaymaral, cuerpo de agua artificial
Aprovechamiento Forestal	Se requiere la intervención de 544 individuos arbóreos, de estos, se propone un manejo silvicultural para 242 individuos a través de poda, y el aprovechamiento (tala) de 302 individuos arbóreos adicionales, con un volumen total de 76,82 m³ y comercial de 29,79 m³. En el área total de proyecto se han asegurado aquellas áreas que requieren aprovechamiento forestal, concluyendo que es necesario el aprovechamiento forestal en 1,85 ha.
Recolección de especímenes de	El Decreto 1076 de 2015 (artículo 2.2.2.3.5.1) expedido por el

¹ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE- AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17.2018

² MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE- AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Metodología General para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales.2018

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 11


Recurso	Descripción del abastecimiento en la fase de construcción y operación
especies silvestres de la biodiversidad	<p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, menciona para el desarrollo del proyecto e implementación del Plan de Manejo Ambiental (PMA), la inclusión de actividades que impliquen la recolección de especímenes de la biodiversidad tales como muestras botánicas, fauna o hidrobiológicos, los cuales deberán contar con el permiso de recolección respectivo, el cual estará inmerso en la solicitud de Licencia Ambiental.</p> <p>Por tal motivo, el presente capítulo describirá 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.</p>
Emisiones atmosféricas	Debido a la naturaleza del proyecto, no se solicitará permiso de emisiones atmosféricas. Los volúmenes de emisiones atmosféricas generados a partir del desarrollo de las actividades del proyecto (concretamente en la etapa de construcción) serán tratados a partir de medidas de manejo expuestas en el capítulo 10.1.1.1 Programa de Manejo Ambiental.
Materiales de construcción	<p>Los materiales de construcción requeridos para el desarrollo del proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas Asociadas a 115 kV” serán adquiridos con terceros autorizados, los cuales, deberán contar con todos los permisos requeridos para su explotación y comercialización.</p> <p>El tratamiento de materiales sobrantes de excavación, construcción y/o demolición se realizará acorde a la resolución 0472 de 2017 “<i>por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones</i>” y la resolución N° 1257 “<i>Por la cual se modifica la resolución 472 de 2017 sobre la gestión integral de residuos de Construcción y Demolición – RCD. y la Resolución 1115 de 2012 de la SDA “Por medio de la cual se adoptan los lineamientos Técnico - Ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital.”</i>”</p>
Residuos Sólidos	No se requiere permiso para realizar disposición de materiales sobrantes de excavación (puntos limpios) ni escombros, toda vez que esta disposición se realizará a través de un tercero autorizado para tal fin.

Fuente: INGEDISA S.A, 2023

7.1 Aguas superficiales

Durante la etapa de construcción del proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas Asociadas a 115 kV”, el uso del recurso hídrico se asociará a actividades puntuales tales como de la preparación de concreto y al desarrollo de las actividades constructivas de la Subestación Eléctrica Guaymaral, así como de la línea de transmisión aérea y subterránea.

Teniendo en cuenta que el requerimiento de agua para estas actividades antes mencionadas no son grandes volúmenes, además que se realizarán durante periodos cortos de consumo, el proyecto **no requerirá de la obtención directa de agua en ninguna**

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 12

fuentes superficial o subterránea para ser utilizada en las actividades constructivas, la demanda se suplirá con la compra de agua en bloque a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB (ver actos administrativos aprobatorios en Tabla 7-3), la cual cuenta con la oferta y permisos necesarios para suministrar este recurso, el recurso hídrico obtenido será transportado en carrotaques y se adaptara al movimiento de los frentes de trabajo a lo largo del trazado, lo anterior se ve corroborado por la respuesta de la Corporación autónoma Regional de Cundinamarca en el radicado 20232038087 del 29 de mayo de 2023 donde se indica que *“Ahora bien, en cuanto a la venta en bloque, se tiene referencia únicamente de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, quien por medio de los instrumentos ambientales otorgados en su beneficio, se incluye el abastecimiento a través de este mecanismo a poblaciones aledañas a Bogotá”*; las actividades de fundición y cimentación no requerirán de grandes volúmenes de agua.

Tabla 7-3 Concesiones fuentes de abastecimiento

Prestador del servicio	Fuente abastecedora	Total, de fuentes	Acto administrativo	Año de aprobación concesión	Año hasta el cual está aprobada la concesión
Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá	Río Bogotá	1	Rsl 0760-CAR	2011	2031
	Río Teusacá, embalse de Aposentos	2	Rsl 1972 -CAR	2012	2032

Fuente: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB,2015; adaptado por Ingeniería y Diseño, INGEDISA S.A ,2023


7.1.1 Captación de aguas superficiales continentales

Considerando que las necesidades del proyecto asociadas al uso y consumo de agua serán abastecidas a través de terceros autorizados, es importante destacar que la demanda de agua que sea requerida en el proyecto se encuentra asociada a las actividades constructivas y a labores de limpieza durante el desarrollo del proyecto conforme a los frentes de obra que tengan la necesidad de abastecimiento del recurso hídrico. En tal sentido, 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 de este.
- 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 asociadas al proyecto.

7.1.1.1 Consumo humano y uso doméstico

Durante la ejecución de las labores constructivas, el agua que se requerirá para consumo humano y doméstico será adquirida a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, la cual se encuentra autorizada para la venta de agua de acuerdo con lo establecido por el

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 13

Decreto 229 de 2002³, que modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2000 reglamentario de la Ley 142 de 1994⁴ con relación a la facultad para vender bajo la modalidad “venta de agua en bloque”.

Para los diferentes frentes de obra, el abastecimiento para el consumo humano del personal se realizará a través de botellones de agua y bolsas plásticas, teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, para los requerimientos de recurso hídrico al personal, se calculó con base en lo dispuesto en el cuadro 1.2 de la edición número 7 de la Revista Regulación de la Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico⁵, donde se establece una dotación para consumo propio entre 4,72 y 6,00 litros/persona/día. Así las cosas, para la construcción del proyecto se definió una dotación de 6 litros/persona/día (límite superior del rango), ya que el personal se encontrará al aire libre permanentemente, por lo que necesitarán una considerable hidratación, recalándose que los proveedores seleccionados deberán contar con permiso de concesión de agua superficial o subterránea ante la autoridad ambiental competente, de igual manera debe contar con la autorización sanitaria favorable ante la autoridad de salud competente para la comercialización de este recurso. Las actividades domésticas que se llevarán a cabo durante la construcción y operación del proyecto, en la Tabla 7-4 se presenta la dotación establecida por actividad.

Tabla 7-4 Dotación neta de agua para consumo doméstico de acuerdo con la CRA

Uso	Límite (l/persona/día)	
	Inferior	Superior
Sanitario	31,46	35,64
Consumo propio	4,72	6,00
Lavado manos	3,58	6,02
Total	39,76	47,66

Fuente: Revista Regulación No. 7, Comisión de Regulación de Agua y Saneamiento Básico (CRA)⁶.

Se definió la dotación de 47,66 litros/persona al día, que consideran los valores máximos de dotación en el promedio Nacional, en la Tabla 7-5 se relacionan los volúmenes proyectados de consumo humano durante la construcción del proyecto (14 meses).

Tabla 7-5 Volumen de agua requerida para uso doméstico


Fases	Cantidad promedio de trabajadores	Días a laborar	Dotación (litros/persona al día)	Dotación total
Construcción línea de transmisión	163	420	47,66	3.262.803,6
Construcción de subestación	86	330	47,66	1.352.590,8
Volumen de agua requerido para el proyecto (Litros - L)				4.615.394,4
Volumen de agua requerido para el proyecto (m³)				4.615,39

³ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 229. “Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2000”. 2002

⁴ CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 142 de 1994. “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.”

⁵ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO-CRA. Revista Regulación no. 7. <https://www.cra.gov.co/prensa/revistas-regulacion/revista-ndeg-7-consumo-basico-metodologia-procesos-cra-plan-quinquenal.s.f>

⁶ Ibid

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 14

No se contempla la adecuación de campamentos para pernoctar que impliquen un consumo de agua adicional para labores de aseo personal, cocina, descarga sanitaria, lavado de ropa y lavado de pisos u otros, considerando la localización del proyecto.

El abastecimiento de agua para consumo humano se hará la compra por botellones de 20L con un proveedor legalmente autorizado que suministre el agua apta para consumo humano según la legislación vigente (Ver programa de manejo del recurso hídrico en el Capítulo 10.1.1 MMA Medio Abiótico del presente Estudio de Impacto Ambiental-EIA).


7.1.1.2 Requerimiento de Agua para Uso Industrial

Ahora bien, con la finalidad de garantizar el abastecimiento del recurso hídrico para uso industrial, y como se mencionó líneas arriba, se contempla realizar la compra de agua en bloque a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá o a distribuidores autorizados que garanticen los niveles de calidad para la preparación de concretos. El transporte se planea realizar por medio de carrotaques u otro medio de transporte desde el sitio de suministro hasta los sitios de poste, al tramo de la línea subterránea y/o la subestación o hasta donde sea permitido el acceso con vehículo, posteriormente será suministrado en bidones de 40 o 50 litros de capacidad y serán transportados en vehículos livianos o haciendo el uso de los accesos peatonales planteados.

En tal sentido, y considerando las necesidades de agua industrial (ver Capítulo 3. Descripción del proyecto) el volumen de agua requerida para la preparación de 1 m³ de concreto (incluye solado) para la construcción de las zapatas y pilas de cimentación es de 0,2 m³. Tomando como referencia el volumen mayor de concreto requerido para la cimentación de un poste, se estimó la cantidad de agua requerida para la construcción de los diferentes postes, la subestación y la línea subterránea del proyecto, el volumen de agua asociada a las actividades de construcción será empleada principalmente para la preparación de concreto y la compactación de plataformas, así como para otras actividades inherentes al proceso constructivo.

Tabla 7-6 Demanda de concreto

CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES AUTOPISTA – TORCA - GUAYMARAL		
CIMENTACIONES TIPO PILAS		
Volumen concreto tipo f'c =31mpa (m3)	m ³	476,7
CIMENTACIONES TIPO ESPECIAL		
Concreto tipo f'c =31mpa (m3)	m ³	552,6
TRAMO SUBTERRANEO		
Concreto tipo f'c =35mpa (m3)	m ³	247,0
Concreto tipo f'c =35mpa (m3)	m ³	950,8
Concreto ciclopeo	m ³	52,04
CIMENTACIONES TRAMO 2 CONEXIÓN FUTURA		
CIMENTACIONES TIPO PILAS		
Concreto tipo f'c =31MPa	m ³	279,5
CIMENTACIONES TIPO ESPECIAL		
Concreto tipo f'c =31mpa (m3)	m ³	908,7
SUBESTACIÓN GUAYMARAL		
OBRAS GENERALES		
Concreto 3000 PSI Cajas de inspección s = 3,00x3,10x1,60 e = 0,25 m	m ³	6,11
concreto 3000 PSI Cajas de inspección s	m ³	25,50

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 15


CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES AUTOPISTA – TORCA - GUAYMARAL		
= 3,00x3,00x1,75 e = 0,25 m		
Instalación concreto 3000 PSI Cajas de inspección s = 1,50x1,80x1,35m e = 0,15 m	m ³	13,37
Concreto 3000 PSI Cajas de inspección s = 1,50x1,50x1,35m e = 0,15 m	m ³	1,31
Concreto 3000 PSI Cajas de inspección s = 1,50x1,60x1,35m e = 0,15 m	m ³	2,74
Concreto 3000 PSI Cajas de drenaje s = 1,50m*1,10m*0,80 m e = 0,15 m	m ³	7,66
Concreto 3000 PSI andén con 3000 PSI	m ³	20,086
Concreto 3000 PSI andén con 3000 PSI	m ³	20,086
Instalación tapas en concreto 3000 PSI s = 2,90x2,50x0,08 m	m ³	0,58
Instalación tapas en concreto 3000 PSI s = 2,50x2,50x0,08 m	m ³	2
Instalación tapas en concreto 3000 PSI s = 1,50x1,20x0,08 m	m ³	1,3
Instalación tapas en concreto 3000 PSI s = 1,20x1,30x0,08 m	m ³	0,12
CASA INDOOR		
Concreto 3000 PSI	m ³	148,67
TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES		
Concreto 2500 PSI	m ³	2,10
Concreto 4000 PSI	m ³	2,59
CERRAMIENTO		
Concreto 3000 PSI	m ³	27,60
CIMENTACIÓN NEUTRO		
Concreto 2500 PSI	m ³	0,35
Concreto 3000 PSI	m ³	2,76
TRANSFORMADOR D1		
Concreto 2500 PSI	m ³	3,26
Concreto 4000 PSI	m ³	43,86
TRANSFORMADOR D2		
Concreto 2500 PSI	m ³	3,22
Concreto 4000 PSI	m ³	43,86
CARRILERA		
Concreto 2500 PSI	m ³	1,95
Concreto 4000 PSI	m ³	2,76
TOTAL	m³	5.817,53
TOTAL DE AGUA INDUSTRIAL REQUERIDO	m³	1.163,51

Fuente: INGEDISA S.A, 2023

El consumo total de agua estimado para la etapa constructiva del proyecto corresponde a la sumatoria de volúmenes obtenidos de los diferentes usos que se le darán al recurso hídrico en las diferentes actividades del proyecto, como se muestra en la Tabla 7-7.

Tabla 7-7 Volumen total de agua necesaria para construcción del proyecto

Uso del proyecto	Volumen de Agua Requerido (m³)
Consumo Humano y Doméstico	4.615,39

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 16

Consumo Industrial	1163,51
Total	5.778,90

Fuente: INGEDISA S.A, 2023

Es importante destacar que, para la etapa de Operación y Mantenimiento del proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas de transmisión a 115 kV”, el estimado de aguas está asociado únicamente al uso de las instalaciones dentro de la subestación, lo anterior considerando que no se requiere consumo de agua para uso doméstico o de consumo ni industrial dado que las actividades de esta etapa son de carácter temporal y esporádico asociadas principalmente al mantenimiento preventivo y/o correctivo de la infraestructura asociada al proyecto (Subestación, línea de transmisión aérea, línea de transmisión subterránea), de igual forma, vale la pena recordar que la subestación será controlada de forma remota como se explica en el Capítulo 3. Descripción del proyecto, las cuales están relacionadas principalmente con el mantenimiento preventivo que requiera la infraestructura del proyecto de acuerdo con las programaciones que realice la compañía, o correctivo en caso de requerirse.

Finalmente, con respecto a la etapa de desmantelamiento del proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas de transmisión a 115 kV”, no se requiere consumo de agua industrial, puesto que estas actividades estarán relacionadas con el desmantelamiento de estructuras (subestación, línea aérea y subterránea), cables, aisladores, pórticos y cajas de inspección, en tal sentido no se requieren. Por lo anterior, solo se utilizará agua para la hidratación en los frentes de obra.

7.2 Aguas subterráneas

7.2.2 Para la exploración de las aguas subterráneas


En ninguna de las etapas del proyecto se requiere exploración o captación de aguas subterráneas, por lo cual no se solicitará permiso de prospección y exploración de este recurso. Como se mencionó en el ítem 7.1 Aguas superficiales del presente capítulo, la demanda de agua del proyecto será suplida mediante compra a terceros que cuenten con el debido permiso ante la autoridad ambiental competente.

7.2.3 Para la concesión de aguas subterráneas

Como se mencionó con anterioridad, la demanda de agua industrial y de agua para consumo humano e industrial será satisfecha a través de terceros autorizados, es por lo anterior el proyecto **no requiere** la concesión de aguas subterráneas para el desarrollo de este.

7.3 Vertimientos

El proyecto “Subestación Eléctrica Guaymaral y sus Líneas de transmisión a 115 kV”, **no requiere tramitar permiso de vertimiento**, debido que la generación de residuos líquidos de tipo doméstico, tendrán su origen únicamente en el uso por parte de los trabajadores de las unidades sanitarias ubicadas en los frentes de obra.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 17

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 1979⁷, exige una unidad por cada quince (15) personas.

Los baños deben cumplir con los procedimientos sanitarios recomendados por el proveedor, ser diferenciados entre hombres y mujeres, así como la divulgación de la ficha de utilización de estos.

La capacidad (en volumen) de los baños portátiles se espera sea igual a 20 gal (75 litros) aproximadamente, con retiros y mantenimientos cada tres (3) días, en promedio se estima una descarga de 25 L/día en cada baño⁸; a continuación, se presenta el volumen del vertimiento de residuos líquidos domésticos; este cálculo se estimó teniendo en cuenta la cantidad promedio de trabajadores que estarán durante la etapa constructiva (ver Tabla 7-8).

Tabla 7-8 Volumen estimado de residuos líquidos domésticos

Ejecución de obras	Cantidad de personal requerido para la ejecución de actividades	Unidades sanitarias mínimas requeridas aproximadamente
Línea de transmisión	163	11
Subestación	86	6
TOTAL		17

Fuente: INGEDISA S.A, 2023.


En los frentes de obra, se instalarán unidades sanitarias tipo satélite, las cuales cuentan con baño, lavamanos, elementos de aseo y cobertura plástica (Ver Fotografía 7-1).

Fotografía 7-1 Baños portátiles con lavamanos



⁷ Ministerio de Trabajo y Seguridad Social . (1979). Resolución 2400 de 1979. Bogotá D.C.

⁸ Equitek. (2018). *Portafolio Sanidad Portatil*. Recuperado el 28 de noviembre de 2022 , de <http://www.equitek.co/wp-content/uploads/2016/02/sanidad-portatil-equitek.pdf>

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 18

Fuente: Adaptado INGEDISA S.A., 2023.

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. (Ver Fotografía 7-2).

Fotografía 7-2 Mantenimiento unidades sanitarias portátiles




Fuente: Adaptado INGEDISA S.A., 2023.

Es importante tener en cuenta, que para las actividades constructivas no se generan remanentes o sobrantes de agua residual, pues toda el agua industrial suministrada es consumida en la preparación de mezclas y concretos, por ende, no se espera la generación de subproductos y/o aguas contaminadas.

Para el desarrollo de la fase operativa, se conectará la infraestructura de la Subestación de Guaymaral contará con un sistema integrado séptico fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), integrado con FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente) y cuyos residuos serán manejado a través de terceros autorizados.

Finalmente, en la etapa de dismantelamiento y abandono del proyecto se utilizarán los baños portátiles de acuerdo con el personal requerido para esta etapa del proyecto, cumpliendo con la cantidad estipulada por la normatividad ambiental.

Los residuos líquidos peligrosos que eventualmente puedan generarse por alguna falla de maquinaria pesada como volquetas, retroexcavadoras o grúa, serán manejados mediante recolección con material absorbente, separación en bolsa roja y disposición con terceros Autorizados (Ver Capítulo 3. Descripción del proyecto y la Ficha MAB-03 Manejo de residuos sólidos, peligrosos, especiales y líquidos)

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 19

7.3.2 Para vertimientos en cuerpos de agua continentales

Considerando lo descrito con anterioridad, el proyecto no requiere tramitar permiso de vertimiento, ya que no se generarán aguas residuales. Es importante resaltar que la subestación contará con un sistema integrado séptico fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), integrado con FAFA (filtro anaerobio de flujo ascendente) con la finalidad de darle tratamiento a las aguas residuales que se prevén generar durante la etapa operativa. En tal sentido, no requerirá generar vertimientos sobre fuentes naturales de agua o suelo; vale la pena destacar que tanto el mantenimiento como la operación de las unidades sanitarias serán contratados de manera integral con los proveedores del servicio que cuenten con la documentación vigente para su gestión, serán estos los encargados de la disposición final de los residuos líquidos domésticos generados, según lo establece el Decreto 3930 de 2010⁹, y las condiciones expresadas en el Capítulo IV del decreto 1594 de 1984 10 o cualquier norma que los sustituya.

Así las cosas, para todas las etapas del proyecto se prevé la recolección de aguas residuales se realizará en tanques de depósito (o bolsillos) con capacidades entre 60 y 80 galones, a los cuales se le debe realizar succión y mantenimiento como mínimo una vez a la semana o según sea necesario. En este orden de ideas **no se requiere permiso de vertimiento de residuos líquidos**.

7.3.3 Para vertimientos en suelos

Como se mencionó con anterioridad, los residuos líquidos domésticos e industriales durante las diferentes etapas del proyecto se realizará con proveedores que cumplan con los permisos y/o autorizaciones que sean necesarios para el transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos líquidos según lo establece el Decreto 3930 de 2010 y las condiciones expresadas en el Capítulo IV del decreto 1594 de 1984 o cualquier norma que los modifique o derogue. Por lo anterior, **no se requiere del trámite de permiso de vertimiento al suelo**.


7.4 Ocupación de cauces, lechos y playas fluviales

El presente numeral se actualiza y complementa dando respuesta al Requerimiento No. 1, del Acta de Reunión de Información Adicional del trámite administrativo de licenciamiento ambiental, expediente SDA 07-2024-153, considerando la inclusión de la solicitud de permiso de ocupación de cauce asociados al cruce de la línea de transmisión subterránea y el drenaje artificial denominado “Drenaje Canal Guaymaral”.

La ocupación de cauces está reglamentada por el Decreto 1541 de 1978 y su Decreto modificatorio 2858 de 1981, la Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993 y el artículo 2.2.3.2.12.1 del Decreto Único Ambiental 1076 de 2015, emitidas por el Ministerio de Ambiente y

⁹ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.DECRETO. DECRETO 3930 DE 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

¹⁰ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.DECRETO 1594 DE 1984 “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.”

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 20

Desarrollo Sostenible, en la cual se establece que el permiso debe ser solicitado cuando la construcción de obras que se pretendan realizar conlleve a la ocupación temporal o permanente del cauce de una corriente o depósito de agua.

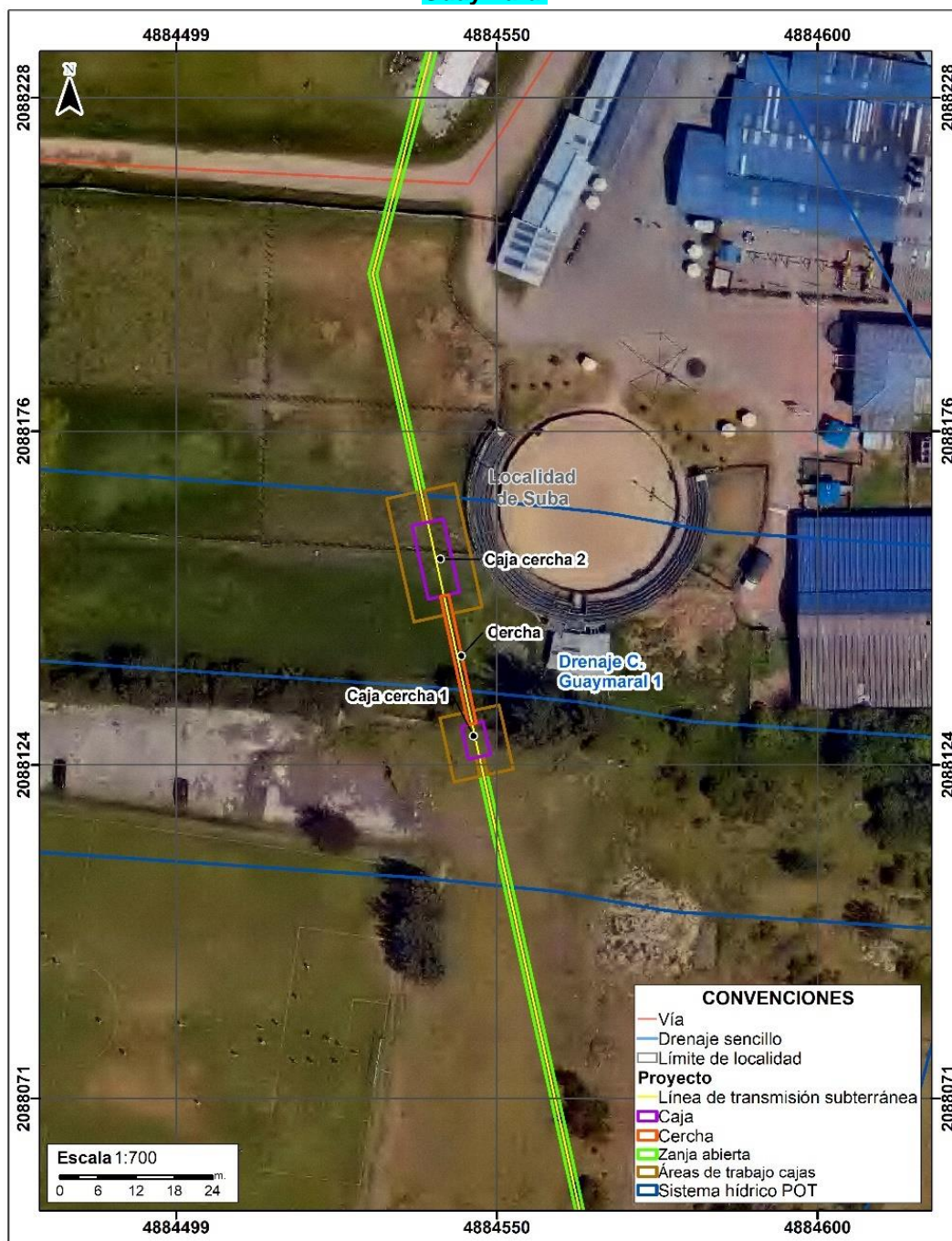
Así mismo, la SDA¹¹ estipula que *“El permiso de ocupación de cauce se tramita por entidades públicas o privadas para la ejecución de obras de infraestructura que requieran ocupar de manera temporal o permanente un cauce de una corriente o depósito de agua, ubicado dentro del perímetro urbano de la ciudad, de acuerdo con las condiciones que establezca la autoridad ambiental competente.”*

Como se indica en el Capítulo 3. Descripción del proyecto, la infraestructura asociada al proyecto (subestación, línea de transmisión subterránea, postes asociados a la línea de transmisión aérea y los sitios de uso temporal) no contempla la intervención directa del cauce de una corriente o depósito de agua. Sin embargo, en el tramo subterráneo de la línea de transmisión se identifica el cruce aéreo por medio de una cercha, con un canal de aguas lluvias denominado “Drenaje Canal Guaymaral”, el cual según el Literal 3, Artículo 63 del Decreto 555 de 2021 *“Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.”* corresponde a un cauce artificial que conduce aguas lluvias, así mismo, la ronda hídrica reportada en la cartografía oficial del instrumento de ordenamiento territorial de la ciudad aún no ha sido acotada a través de un acto administrativo que permita una diferenciación específica de su faja paralela y del área de protección y conservación aferente.

Dado que dentro de esta ronda hídrica establecida por el instrumento de ordenamiento se localizan otras obras como lo son las cajas o cámaras de empalme y las zanjas previstas en las actividades de apertura y adecuación del tramo subterráneo de la línea de transmisión, así como la cercha, como se muestra en la Figura 7-1, se prevé la necesidad de solicitar permiso de ocupación de cauce sobre el Drenaje Canal Guaymaral, para la ejecución de las actividades mencionadas anteriormente, las cuales no intervendrán de manera directa la sección transversal del cauce y se localizarán por fuera de las manchas de inundación para caudales máximos asociados un periodo de retorno de 100 años.


¹¹ Secretaría Distrital de Ambiente- SDA. Permiso de ocupación de cauce, playas y lechos. <https://bogota.gov.co/servicios/guia-de-tramites-y-servicios/permiso-de-ocupacion-de-cauce-playas-y-lechos>. 06 de diciembre de 2023.

Figura 7-1 Localización obras del proyecto dentro de la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral



Fuente: INGEDISA S.A., 2024

En **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\1. FUN** se incluye el Formulario Único de Solicitud de Ocupación de cauces del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, playas y lechos y el Formulario de Solicitud de Permiso de Ocupación de Cauce, Playas y Lechos- Lista De Chequeo dispuesto por la SDA, en los cuales se dispone de la información característica

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 22

del cuerpo de agua objeto a intervenir, las obras y/o actividades a realizar que requieren permiso de ocupación de cauce, entre otros aspectos. Así mismo, si incluye en formato shapefile y Excel la relación de áreas, vértices y coordenadas de las estructuras y franja de ocupación de cauce definida en el numeral 7.4.3.

7.4.2 Descripción de las obras y/o actividades que requieren permiso de ocupación de cauce

Para el proyecto se requiere un tramo subterráneo de 1.3 km, que llevarán los 2 circuitos que llegan a la subestación Guaymaral, el cual comienza en el poste de transición 11A, cerca de la calle 201, y va subterráneo hasta la calle 222, donde va paralela hasta llegar a la subestación Guaymaral. La canalización se realizará utilizando el método constructivo de excavación de zanja a cielo abierto.

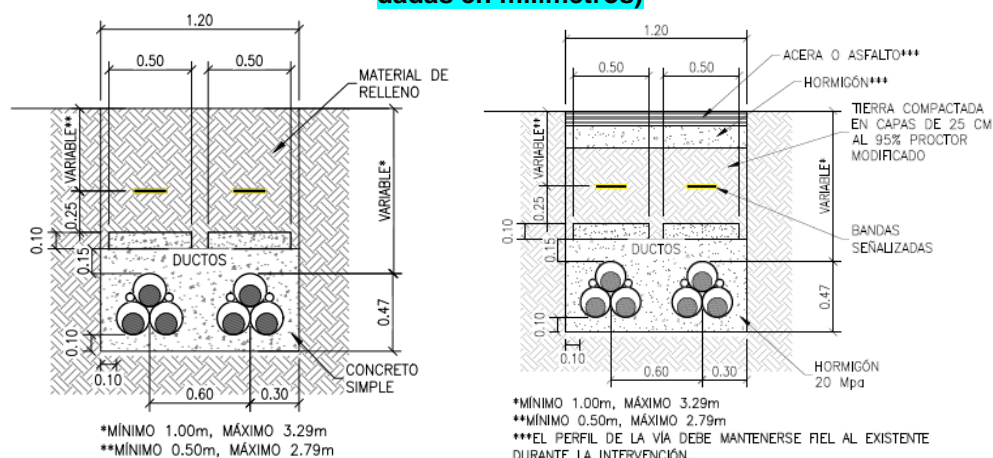
A continuación, se describen las obras y/o actividades del proyecto relacionadas con la presente solicitud de permiso de ocupación de cauce. El detalle del método constructivo puede consultarse en **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\7. Proceso constructivo**.

7.4.2.1 Apertura y adecuación del tramo subterráneo

Esta actividad comprende la remoción de la capa superficial, la extracción de todas las raíces, troncos y demás cobertura vegetal; así como la excavación y la adecuación de las paredes de esta de acuerdo con las especificaciones técnicas del diseño.

Los conductores estarán dispuestos cada uno en una tubería flexible de polietileno PEAD, los circuitos se distribuirán en posición triángulo tal como se muestra en la Figura 7-2. La longitud para Zanja abierta será de 1.300 m aproximadamente.

Figura 7-2 Esquema indicativo de canalización por el método de zanja abierta (dimensiones dadas en milímetros)



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

A continuación, se presentan aspectos generales contemplados en esta actividad:

- La profundidad hasta la parte superior de la tubería más cercana a la superficie debe ser de 1 metro en la acera, tierra y calzada.
- Las líneas subterráneas en banco de ductos se instalarán en una tubería, de polietileno (HDPE), de acuerdo con la especificación DS 4235. Estos tubos siempre estarán embebidos en concreto, que servirá como protección y permitirá un entorno con propiedades de disipación térmica definidas y estables.
- Las fases se organizarán en triángulo.
- El tubo de polietileno que está disponible para los cables de alimentación tendrá un diámetro interno de al menos 1.5 veces el diámetro del cable. No se usarán tubos con diámetros externos inferiores a 160 mm.
- El ancho de la zanja será suficiente para las tuberías de polietileno y tendrá una cubierta lateral de concreto de 10 cm de espesor. Para los circuitos dobles, se mantendrá una distancia de 60 cm entre los centros geométricos.

En el cruce entre las obras del proyecto y la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral, se identifican dos (2) tramos subterráneos, uno en el costado norte y otro en el costado sur del canal. En la Tabla 7-9 y en la Tabla 7-10 se presentan las coordenadas de los vértices asociados a las obras del tramo subterráneo de la línea de transmisión que se traslapan con la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral.


Tabla 7-9 Coordenadas vértices tramo subterráneo costado norte

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Tramo Subterráneo Norte_01	TSN_01	4884537.34	2088166.09	103984.62	122227.25	0.0005
2	Tramo Subterráneo Norte_02	TSN_02	4884538.58	2088166.01	103985.87	122227.17	
3	Tramo Subterráneo Norte_03	TSN_03	4884538.31	2088161.66	103985.60	122222.82	
4	Tramo Subterráneo Norte_04	TSN_04	4884539.49	2088161.92	103986.78	122223.08	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Tabla 7-10 Coordenadas vértices tramo subterráneo costado sur

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Tramo Subterráneo Sur_01	TSS_01	4884546.44	2088124.85	103993.80	122185.98	0.0025
2	Tramo Subterráneo Sur_02	TSS_02	4884547.61	2088125.11	103994.98	122186.24	
3	Tramo Subterráneo Sur_03	TSS_03	4884550.90	2088104.67	103998.30	122165.79	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 24

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
4	Tramo Subterráneo Sur_04	TSS_04	4884552.16	2088104.54	103999.56	122165.66	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

De igual manera, se contempla la servidumbre de estos dos (2) tramos. Las coordenadas de los vértices de las servidumbre asociadas a los tramos subterráneos son presentadas en la Tabla 7-11 y la Tabla 7-12.

Tabla 7-11 Coordenadas vértices servidumbre tramo subterráneo costado norte

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Servidumbre tramo subterráneo costado norte	STSCN_01	4884535.68	2088166.20	103982.96	122227.36	0.00001
2		STSCN_02	4884534.89	2088166.03	103982.17	122227.18	
3		STSCN_03	4884534.84	2088166.26	103982.12	122227.41	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Tabla 7-12 Coordenadas vértices servidumbre tramo subterráneo costado sur

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Servidumbre tramo subterráneo costado sur	STSCS_01	4884552.16	2088104.54	103999.56	122165.66	0.008576
2		STSCS_02	4884548.26	2088122.18	103995.63	122183.31	
3		STSCS_03	4884550.61	2088122.70	103997.97	122183.83	
4		STSCS_04	4884554.67	2088104.29	104002.07	122165.41	
5		STSCS_05	4884550.90	2088104.67	103998.30	122165.79	
6		STSCS_06	4884548.39	2088104.92	103995.78	122166.03	
7		STSCS_07	4884544.75	2088121.40	103992.11	122182.53	
8		STSCS_08	4884547.09	2088121.92	103994.46	122183.05	


Fuente: INGEDISA S.A., 2024

7.4.2.2 Construcción de cámaras o cajas de empalme, inspección y deflexión

Esta actividad comprende la construcción de cámaras o cajas en el corredor, que permitirán el tendido de la ductería, conductores y el posterior mantenimiento de la línea subterránea.

Las cajas son construidas en los cambios de dirección o de pendiente contraria, en las transiciones de tipos de cables, en cruce de vías, en las conexiones de cargas o equipos, en las transiciones aéreas-subterráneas y en las derivaciones. Para el proceso constructivo se debe proceder con una excavación manual o mecánica dando manejo al tipo de suelo y teniendo en cuenta el control de la excavación con la inclusión de elementos que garanticen la estabilidad de esta.

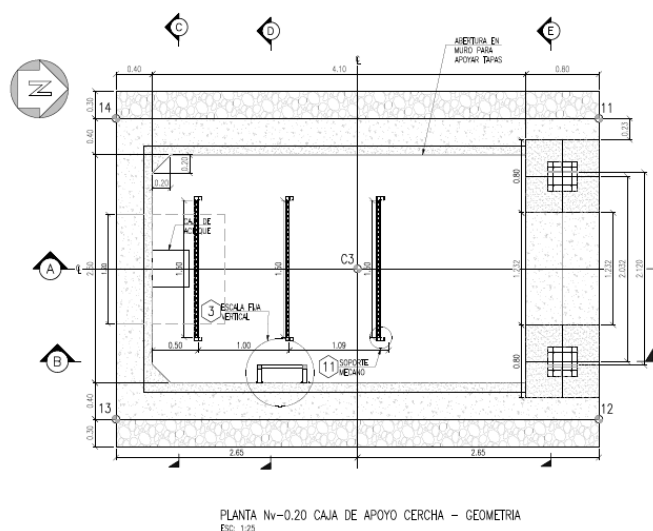
Las cajas de apoyo de cercha son estructuras de concreto reforzado, con muros y placa de fondo que funcionan monolíticamente. Son necesarias 2 cajas, estas desempeñan la función de servir de apoyo y elevar los ductos subterráneos para realizar el cruce del

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 25

Drenaje Canal Guaymaral a través de una cercha.

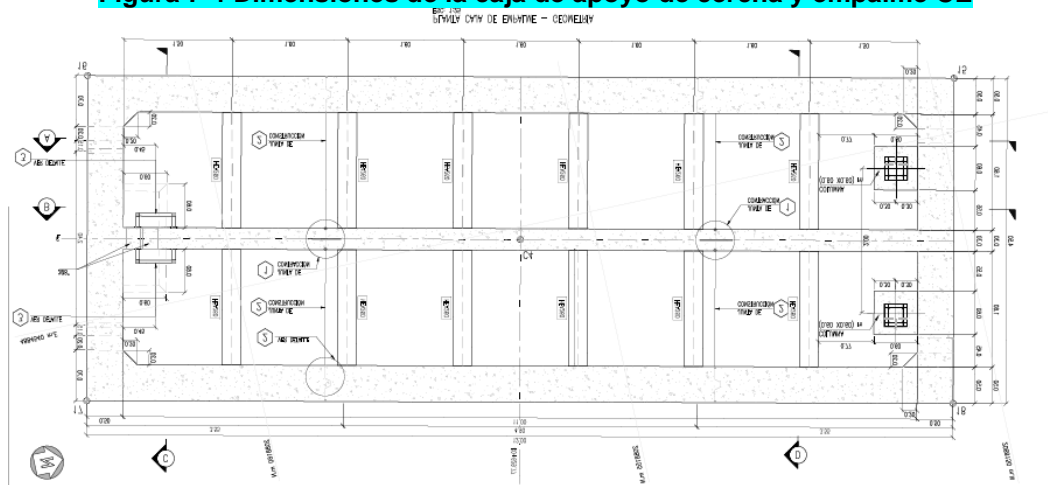
Adicionalmente la caja para apoyo de la cercha ubicada en el costado norte tiene la función extra de hacer de caja de empalme, la cual garantiza un espacio donde se realiza el empalme o unión de los conductores cuando se termina un carrete e inicia otro. Las cajas están dimensionadas de acuerdo con las necesidades del trazado, tensionado y con reserva de cable dentro de la caja, así como a las limitaciones del sitio de ubicación de las cajas. El dimensionamiento de las cajas de apoyo de cercha y empalme se muestra a continuación en la Figura 7-3 y en la Figura 7-4.

Figura 7-3 Dimensiones de la caja de apoyo de cercha CA1




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 7-4 Dimensiones de la caja de apoyo de cercha y empalme CE



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 26

En el cruce entre las obras del proyecto y la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral, se identifica una caja de apoyo y una caja de empalme, una en el costado norte y otro en el costado sur del canal. En la Tabla 7-13 y en la Tabla 7-14 se presentan las respectivas coordenadas de los vértices.

Tabla 7-13 Coordenadas vértices caja de empalme

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Caja de empalme_01	CE_01	4884536.46	2088161.25	103983.75	122222.41	0.0059
2	Caja de empalme_02	CE_02	4884541.34	2088162.33	103988.63	122223.49	
3	Caja de empalme_03	CE_03	4884543.89	2088150.81	103991.20	122211.96	
4	Caja de empalme_04	CE_04	4884539.00	2088149.73	103986.31	122210.88	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Tabla 7-14 Coordenadas vértices caja de apoyo

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Caja de apoyo 1_01	CA_01	4884544.18	2088129.78	103991.53	122190.91	0.0019
2	Caja de apoyo 1_02	CA_02	4884547.59	2088130.53	103994.95	122191.67	
3	Caja de apoyo 1_03	CA_03	4884548.74	2088125.36	103996.10	122186.49	
4	Caja de apoyo 1_04	CA_04	4884545.32	2088124.60	103992.68	122185.73	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

En la presente solicitud también se contemplan las áreas de trabajo o maniobra requerida para la construcción de estas obras (ver Tabla 7-15 y Tabla 7-16).

Tabla 7-15 Coordenadas vértices áreas de trabajo caja de empalme

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Área de trabajo Caja de Empalme	ATCE_01	4884532.45	2088165.49	103979.73	122226.64	0.0141
2		ATCE_02	4884535.69	2088166.20	103982.97	122227.36	
3		ATCE_03	4884543.70	2088165.62	103990.99	122226.79	
4		ATCE_04	4884547.46	2088148.53	103994.78	122209.68	
5		ATCE_05	4884542.82	2088147.50	103990.14	122208.65	
6		ATCE_06	4884542.19	2088150.43	103989.50	122211.59	
7		ATCE_07	4884543.89	2088150.81	103991.20	122211.96	
8		ATCE_08	4884541.34	2088162.33	103988.63	122223.49	
9		ATCE_09	4884539.49	2088161.92	103986.78	122223.08	
10		ATCE_10	4884538.58	2088166.01	103985.87	122227.17	

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
11		ATCE_11	4884537.34	2088166.09	103984.62	122227.25	
12		ATCE_12	4884538.31	2088161.66	103985.60	122222.82	
13		ATCE_13	4884536.46	2088161.25	103983.75	122222.41	
14		ATCE_14	4884536.72	2088146.15	103984.03	122207.29	
15		ATCE_15	4884541.54	2088147.22	103988.85	122208.36	
16		ATCE_16	4884540.90	2088150.15	103988.21	122211.30	
17		ATCE_17	4884539.00	2088149.73	103986.31	122210.88	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Tabla 7-16 Coordenadas vértices áreas de trabajo caja de apoyo


No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1		ATCA_01	4884545.32	2088124.60	103992.68	122185.73	
2		ATCA_02	4884544.18	2088129.78	103991.53	122190.91	
3		ATCA_03	4884545.28	2088130.02	103992.63	122191.16	
4		ATCA_04	4884546.53	2088130.29	103993.88	122191.43	
5		ATCA_05	4884547.60	2088130.53	103994.95	122191.67	
6		ATCA_06	4884548.74	2088125.36	103996.10	122186.49	
7		ATCA_07	4884547.61	2088125.11	103994.98	122186.24	
8	Área de trabajo Caja de Apoyo 1	ATCA_08	4884546.44	2088124.85	103993.80	122185.98	0.0073
9		ATCA_09	4884552.31	2088123.07	103999.68	122184.21	
10		ATCA_10	4884548.26	2088122.18	103995.63	122183.31	
11		ATCA_11	4884546.11	2088132.25	103993.45	122193.39	
12		ATCA_12	4884550.09	2088133.13	103997.44	122194.28	
13		ATCA_13	4884547.09	2088121.92	103994.46	122183.05	
14		ATCA_14	4884543.04	2088121.02	103990.40	122182.15	
15		ATCA_15	4884540.82	2088131.08	103988.16	122192.21	
16		ATCA_16	4884544.86	2088131.97	103992.20	122193.11	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

7.4.2.3 Armado y tendido de la cercha

Esta actividad consiste en el montaje de la cercha metálica con la finalidad de adecuar el paso aéreo sobre el Drenaje Canal Guaymaral en el tramo subterráneo; incluye el vestido de la estructura, la instalación de herrajes y ductos, tendido de conductores, templado de conductores y cable de guarda, se empleará tendido convencional.

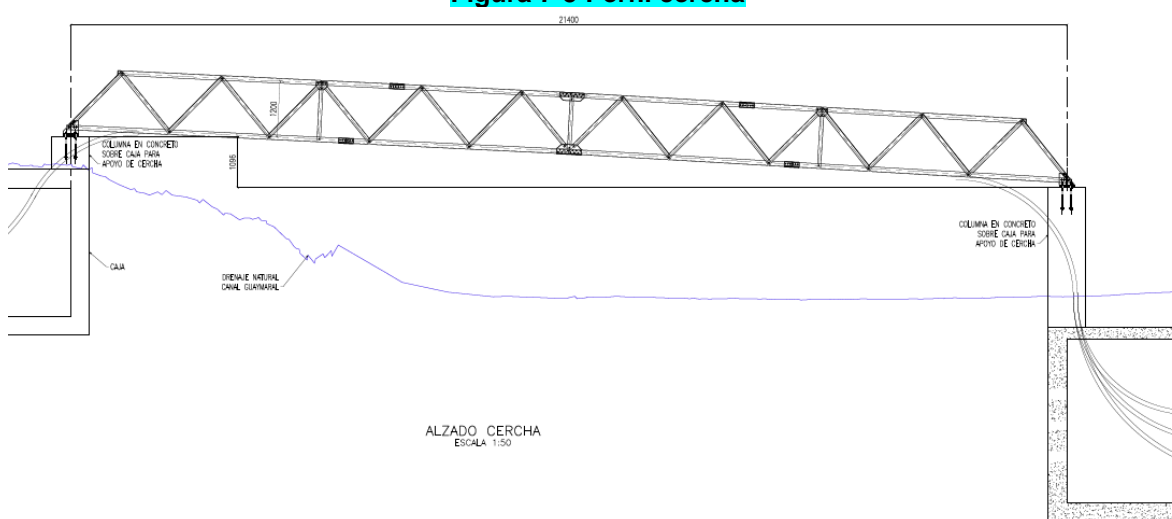
Se propone el uso de una cercha elevada sobre la que se soportará el cable aislado. Esta, se dimensionó garantizando que, en el ancho equivalente a la mancha de agua representativa de la inundación, para un periodo de retorno de 100 años, no fuera necesario realizar obras de excavación y/o relleno en el terreno, además de cumplir con una altura libre mínima de 2 m entre la proyección de la lámina de agua y la parte inferior de la estructura.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 28

La cercha metálica tiene un dimensionamiento que cubre una longitud de 20.6 m libres entre apoyos, con lo que se garantizan los 13.6 m de la mancha de inundación y se proporciona una distancia adicional de retiro. Además, la altura del punto más bajo de la cercha respecto al canal es de 2.56 m, por lo que, en altura, también se proporcionó una holgura respecto al mínimo recomendado en el Manual de drenaje para carreteras del Invia (2.0 metros).

Esta estructura se compone de una cercha metálica en celosía, configuración típica de cruces en redes (sanitarias, hidráulicas, etc.), con perfilería en ángulos de acero estructural ASTM A-36. Esta, está apoyada sobre dos cajas de concreto que, con la adición de pedestales en concreto, reciben el anclaje de esta y transmiten las cargas al terreno. Además, estas mismas cajas fungen como estructuras de transición para el cable conductor aislado, generando la subterranización de la línea en su alineamiento.

Figura 7-5 Perfil cercha



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

En la Tabla 7-17 y Tabla 7-18 se presentan las coordenadas de los vértices asociados a la cercha en el área que se traslapan con la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral.

Tabla 7-17 Coordenadas vértices cercha

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Cercha_01	CER_01	4884540.90	2088150.15	103988.21	122211.30	0.002676
2	Cercha_02	CER_02	4884542.19	2088150.43	103989.50	122211.59	
3	Cercha_03	CER_03	4884546.53	2088130.29	103993.88	122191.43	
4	Cercha_04	CER_04	4884545.28	2088130.02	103992.63	122191.16	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Tabla 7-18 Coordenadas vértices servidumbre cercha

No	Nombre de la estructura	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)		Área (ha)
			Este	Norte	Este	Norte	
1	Servidumbre cercha	SC_01	4884548.38	2088132.75	103995.73	122193.90	0.007335
2		SC_02	4884546.11	2088132.25	103993.45	122193.39	
3		SC_03	4884542.82	2088147.50	103990.14	122208.65	
4		SC_04	4884545.02	2088147.99	103992.34	122209.14	
5		SC_05	4884544.86	2088131.97	103992.20	122193.11	
6		SC_06	4884542.53	2088131.46	103989.87	122192.59	
7		SC_07	4884539.16	2088146.69	103986.48	122207.84	
8		SC_08	4884541.54	2088147.22	103988.85	122208.36	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

7.4.3 Localización de los sitios de ocupación de cauce

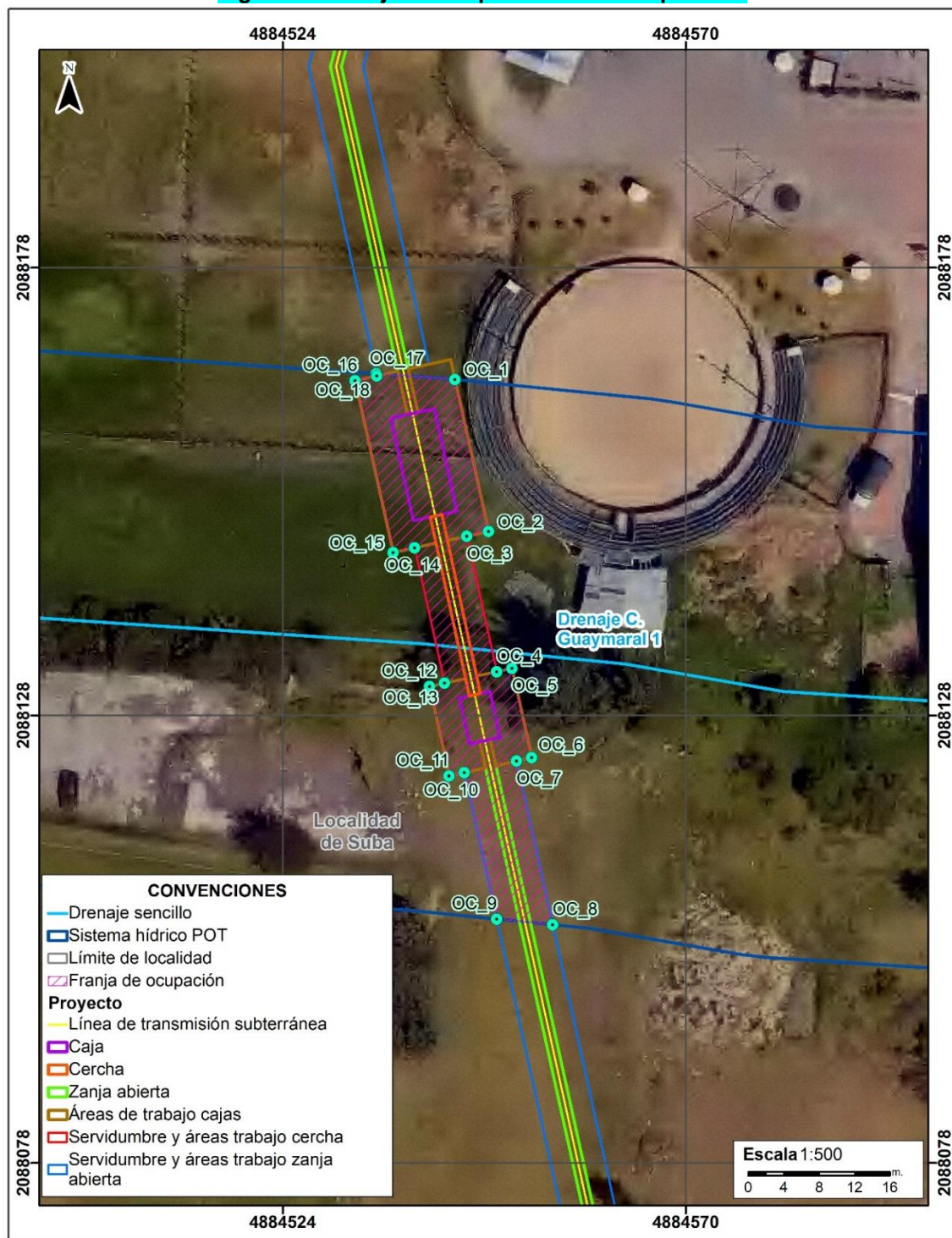
De acuerdo con las obras y actividades descritas en el numeral anterior, se definió una franja de ocupación de cauce, la cual está conformada por 17 vértices y una extensión de 0.05 ha (508.91 m²), envolviendo en su totalidad las obras asociadas a los tramos subterráneos de la línea de transmisión, cajas o cámaras de empalme y la cercha que se cruzan con la ronda hídrica del Drenaje Canal Guaymaral establecida en el instrumento de ordenamiento territorial, así como también las áreas de trabajo para la construcción de las cajas o cámaras de empalme y la servidumbre y áreas de trabajo de los tramos subterráneos y la cercha, como se muestra en la Figura 7-6 y en la Tabla 7-19

Tabla 7-19 Localización geográfica vértices franja de ocupación


No	Identificador	Coordenadas planas (CMT 12, Origen nacional)		Coordenadas planas (PCS_CarMAGBOG, Origen Bogotá)	
		Este	Norte	Este	Norte
1	OC_1	4884543.69	2088165.62	103990.98	122226.79
2	OC_2	4884547.46	2088148.53	103994.78	122209.68
3	OC_3	4884545.02	2088147.99	103992.34	122209.14
4	OC_4	4884548.38	2088132.75	103995.73	122193.90
5	OC_5	4884550.09	2088133.13	103997.44	122194.28
6	OC_6	4884552.31	2088123.07	103999.68	122184.21
7	OC_7	4884550.61	2088122.70	103997.97	122183.83
8	OC_8	4884554.67	2088104.29	104002.07	122165.41
9	OC_9	4884548.39	2088104.92	103995.78	122166.03
10	OC_10	4884544.75	2088121.40	103992.11	122182.53
11	OC_11	4884543.04	2088121.02	103990.40	122182.15
12	OC_12	4884540.82	2088131.08	103988.16	122192.21
13	OC_13	4884542.53	2088131.46	103989.87	122192.59
14	OC_14	4884539.16	2088146.69	103986.48	122207.84
15	OC_15	4884536.72	2088146.15	103984.03	122207.29
16	OC_16	4884532.45	2088165.49	103979.73	122226.64
17	OC_17	4884534.84	2088166.26	103982.12	122227.41
18	OC_18	4884534.89	2088166.03	103982.17	122227.18

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Figura 7-6 Franja de ocupación de cauce prevista



Fuente: INGEDISA S.A., 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 31

En **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\1. FUN\Anexo FUN Excel y Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\1. FUN\Anexo FUN Shapefile** se pueden consultar las coordenadas y archivos shapefile asociadas a la franja de ocupación establecida.

7.4.4 Caracterización hidrológica del cuerpo de agua a intervenir

Teniendo en cuenta que el cuerpo de agua objeto de permiso de ocupación de cauce se caracteriza por ser de tipo intermitente, con un flujo condicionado a las precipitaciones registradas en la zona, se procedió a determinar los caudales máximos para los periodos de retorno de 2.33, 3.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, a partir de las metodologías propuestas por el INVIAS (2009) en su Manual de Drenaje para Carreteras.

A continuación, se presenta la caracterización y los resultados obtenidos en el ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO CRUCE DRENAJE CANAL GUAYMARAL elaborado por la empresa Andina de Energía S.A.S. para ENEL Colombia S.A. E.S.P., el cual puede ser consultado en **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico**.

7.4.4.1 Delimitación del área de estudio

Se contó con la cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC y cartografía suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR para el proyecto a escala 1:25.000 y 1:10.000. A partir de esta cartografía se identificó la red hídrica existente del cuerpo de agua.

La cuenca del Drenaje Canal Guaymaral se delimitó utilizando el Modelo Digital del Terreno (DEM) de ALOS PALSAR (*Advanced Land Observing Satellite - Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) el cual es un conjunto de datos topográficos de alta resolución generado a partir de imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) adquiridas por el satélite japonés ALOS, el DEM tiene una resolución espacial de 12.5 metros x 12.5 metros que ha permitido identificar la totalidad del área que, por su pendiente natural y dirección de flujo, drena hacia el Drenaje Canal Guaymaral. El archivo ráster del DEM puede ser consultado en **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoE_DEM**.

La delimitación del área de la cuenca se realizó mediante el software Global Mapper, el cual es un software de visualización y procesamiento de datos geoespaciales desarrollado por *Blue Marble Geographic*. La metodología empleada fue la siguiente:

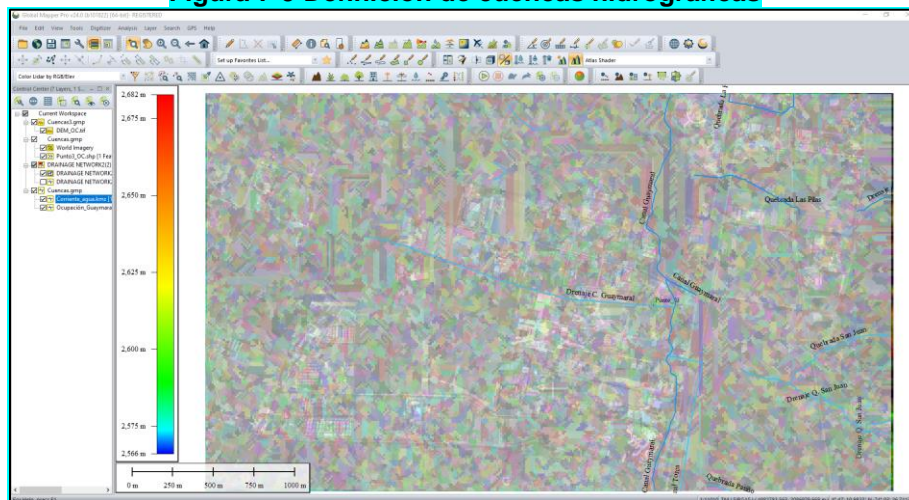
- Paso 1. Importación de datos: Inicialmente, se importaron los datos geográficos relevantes, como imágenes de satélite, mapas topográficos y puntos de control GPS, los cuales fueron utilizados para la delimitación de cuenca hidrográfica (ver Figura 7-7).

- Paso 2. Identificación de zonas de drenaje: Utilizando el módulo "*Hydrology*" en Global Mapper para identificar las áreas de drenaje utilizando algoritmos de análisis hidrológico. Esto incluyo la búsqueda de zonas bajas y elevaciones que podrían actuar como puntos de acumulación de agua.
- Paso 3. Creación de cuencas hidrográficas: Posteriormente, se utilizó el módulo "*Watersheds*" en Global Mapper para crear las cuencas hidrográficas a partir de los datos de drenaje identificados. Esto implica la definición de límites entre diferentes áreas de drenaje y la creación de una red de drenajes que conecte estas áreas (ver Figura 7-8 y Figura 7-9).

[illegible]

Cap. 7 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales

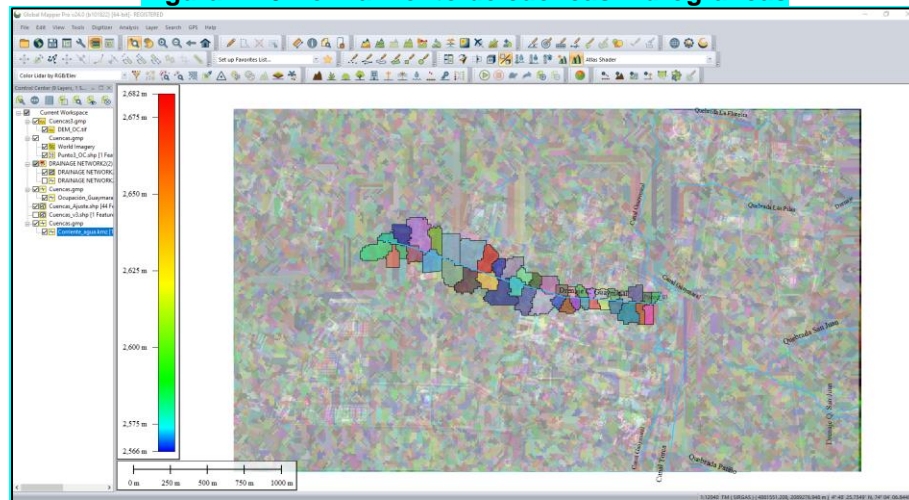
Figura 7-9 Definición de cuencas hidrográficas



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

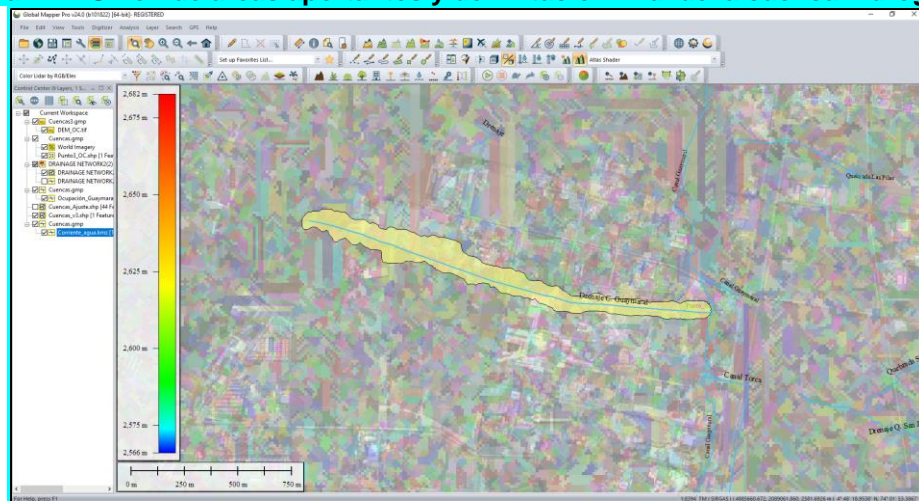
- Paso 4. Refinar y ajustar: Ajusta y refina las cuencas hidrográficas utilizando herramientas como el "Split Watershed" o el "Merge Watersheds". Esto puede ser necesario para asegurar que las líneas de drenaje se ajusten correctamente a la topografía del terreno y a los bordes de las áreas de drenaje (ver Figura 7-10 y Figura 7-11).

Figura 7-10 Refinamiento de cuencas hidrográficas



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

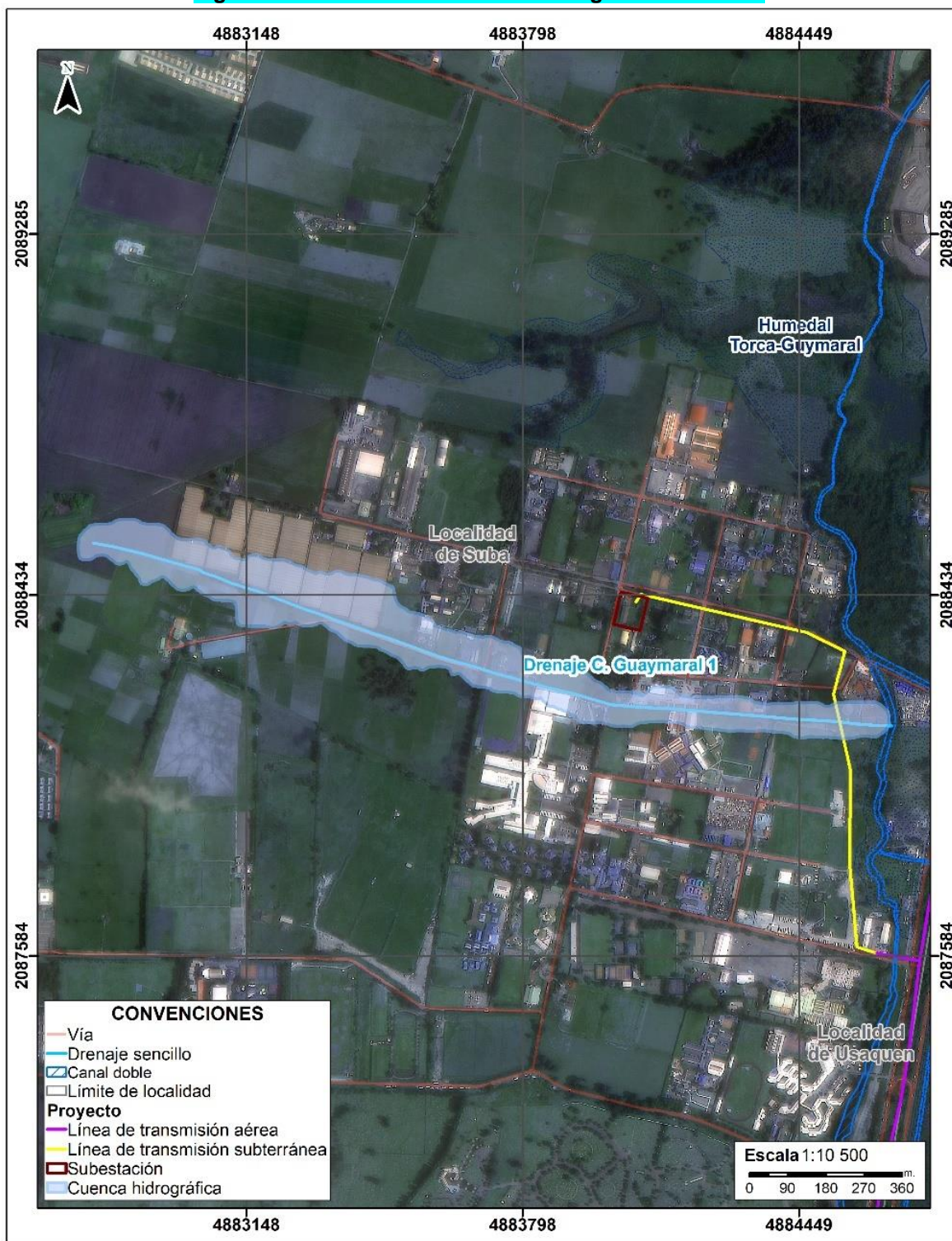
Figura 7-11 Unión de áreas aportantes y delimitación final de la cuenca hidrográfica




Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

- Paso 5. Exportado de resultados: Finalmente, se exportaron los resultados en formato shapefile, para su uso en otros programas de análisis geográfico o visualización, como se muestra en la Figura 7-12.

Figura 7-12 Delimitación cuenca hidrográfica definitiva



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 36

7.4.4.2 Análisis morfométrico

Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Los parámetros morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control. Para una comprensión más detallada de los resultados se puede consultar la memoria de cálculos en **Anexos Cap_7, Ocupación Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoD_CalculosHidrologicos.**

Dentro de las características morfométricas principales que se obtuvieron, se encuentran:

- Área de la cuenca: Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en km².
- Perímetro: Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en m ó km.
- Longitud de cauce principal: La longitud en línea recta de la cuenca corresponde a la longitud axial de la cuenca medida sobre el cauce más largo desde la cabecera hasta el punto de salida o de cierre de la cuenca.
- Longitud axial: Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca hasta otro punto aguas arriba, en línea recta.
- Cota máxima de la cuenca: Es la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de aguas, expresada en msnm.
- Cota mínima de la cuenca: Es la cota sobre la cual la cuenca entrega sus aguas a un cauce superior, expresada en msnm.
- Pendiente media: Es la relación entre las elevaciones en el punto de nacimiento de la cuenca o punto más alto y la elevación en el punto de cierre o salida de la cuenca, con la longitud en línea recta de la misma. Este parámetro da cuenta en promedio de las pendientes que puede tener el cauce principal de una cuenca.
- Densidad de drenaje: La cantidad de ríos y quebradas que llegan o tributan al río principal dentro del área de la cuenca, se conoce como densidad de drenaje. Este parámetro relaciona la longitud de los cursos de agua, con el área total y se expresa en km/km². De manera que valores altos reflejan un fuerte escurrimiento generalmente en el rango de 3.7 a 5.6, valores en el rango 0.1 a 1.8 hacen referencia a una densidad baja, y valores en el rango de 1.9 a 3.6 reflejan una densidad moderada.
- Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius: Se trata de un indicador adimensional de la forma de la cuenca relacionando el perímetro de la cuenca con el área de un círculo igual al de la cuenca (círculo equivalente). Teniendo en cuenta la relación anterior, el índice de compacidad se define como:

$$Kc = 0.28 P (Ac)^{-1/2}$$

Dónde:

P: Perímetro de la cuenca en km

Ac: Área de drenaje de la cuenca

Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. A partir de este se define la forma de la cuenca tomando como criterio los rangos que se muestran a continuación.

- Clase Kc1: Rango entre 1 y 1.25, Corresponde a una forma redonda a oval redonda
- Clase Kc2: Rango entre 1.25 y 1.5, Corresponde a una forma oval redonda a oval oblonga
- Clase Kc3: Rango entre 1.5 y 1.75, Corresponde a una forma oval oblonga a rectangular oblonga.

Tabla 7-20 Valores interpretativos del índice de compacidad

Índice de Compacidad	Forma de la cuenca	Características
1,0 a 1,25	Casi redonda a oval - redonda	Cuenca torrencial peligrosa
1,26 a 1,50	Oval - redonda a oval oblonga	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior
1,50 en adelante	Oval - oblonga a rectangular oblonga	Menos riesgo a avenidas torrenciales

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2023., en base a (Campos, 1992).

Los siguientes son los parámetros morfométricos calculados para la cuenca hidrográfica objeto de estudio.

Tabla 7-21 Parámetros morfométricos

Parámetros Morfométricos	Drenaje Canal Guaymaral
Área (km²)	0.20
Perímetro (km)	4.33
Long. Cauce principal (km)	1.94
Long. Cauce axial (km)	1.94
Cota máxima (msnm)	2589
Cota mínima (msnm)	2572
Pendiente (m/m)	0.009
Coeficiente de compacidad	2.699
Clase de compacidad	Oval oblonga a rectangular oblonga
Característica índice de compacidad	Menor riesgo a avenidas torrenciales
Sinuosidad del cauce principal	1.00
Índice de Sinuosidad	Canal Rectilíneo
Factor de forma (Kf)	0.053547708
Forma de la cuenca	Muy alargada

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.4.3 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración puede entenderse como el tiempo que tarda el punto más alejado de la cuenca en aportar a la escorrentía directa en el punto de cierre durante un evento de precipitación, respecto al inicio de la lluvia. La determinación de los parámetros morfométricos es trascendente no sólo porque ofrecen una idea integrada de la geometría de la cuenca hidrográfica, sino también porque ellos constituyen el insumo base para la estimación de los tiempos de concentración mediante el uso de expresiones empíricas (UNAL,2014).

En la literatura se recomienda asociar a una cuenca el valor de tiempo de concentración promedio de los tabulados por al menos cinco (5) de esas relaciones empíricas, escogidas desechando los resultados de las expresiones que coincidan con valores extremos (Vélez & Botero, 2011).

Con base en ello, el tiempo de concentración escogido para la cuenca correspondió a la media de los valores encontrados con las metodologías presentadas en la Tabla 4.4, que proporcionaron tiempos de concentración dentro de una banda inferior y una banda superior, definidas como menos o más una desviación estándar alrededor de la media de todas las estimaciones correspondientemente.

Tabla 7-22 Expresiones empíricas para la estimación de tiempos de concentración

Autor	Ecuación
Kirpich	$T_c = 0.06628 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$
Témez	$T_c = 0.1251 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$
Johnstone Cross	$T_c = 0.4624 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.5}$
Giandotti	$T_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1.5 \cdot L}{25.3 \cdot \sqrt{SL}}$
SCS Rancer	$T_c = 0.947 \cdot \left(\frac{L^3}{S^{0.5}}\right)^{0.5}$
V. T. Chow	$T_c = 0.273 \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^{0.385}$
Ing. E.E.U.U.	$T_c = 0,28 * \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.76}$

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

En la Tabla 7-23, se presentan los tiempos de concentración estimados a partir de las ecuaciones descritas. La memoria de cálculo se puede consultar la memoria de cálculos en **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoD_CalculosHidrologicos**.

Tabla 7-23 Tiempos de concentración estimados mediante diferentes metodologías y valor promedio (horas)


Nombre	Kirpich (h)	Tc Temez (h)	Tc Johnstone y Cross (h)	Tc Giandotti (h)	SCS Rancer (h)	Tc V.T Chow (h)	Tc Cuerpo de Ingenieros del Ejército E.E.U.U. (h)	Tc Escogido (h)
Drenaje Canal Guaymaral	0.684	0.509	2.105	1.426	0.684	1.900	1.140	1.218

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.4.4 Análisis climatológico

7.4.4.4.1 Identificación y selecciones de estación

Para el desarrollo del análisis climatológico, se identificaron las estaciones meteorológicas proporcionadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 39

IDEAM, más cercanas a la cuenca de estudio, luego mediante la metodología de polígonos de Thiessen se seleccionó la estación con mayor área de cobertura. Los polígonos de Thiessen se utilizan en hidrología para calcular la precipitación media en una cuenca hidrográfica o área de interés, a partir de las mediciones en varias estaciones pluviométricas

• Identificación y Localización de Estaciones Pluviométricas

Se seleccionaron las estaciones pluviométricas que se encuentran dentro y alrededor de la cuenca de estudio. En total, se identificaron 8 estaciones clave que cubren adecuadamente el área de interés. Se obtuvieron las coordenadas geográficas precisas de cada estación utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Estas coordenadas incluyeron coordenadas este y norte exactas para asegurar la correcta ubicación de cada estación en el mapa (ver Tabla 7-24).

Tabla 7-24 Selección de estaciones meteorológicas - IDEAM

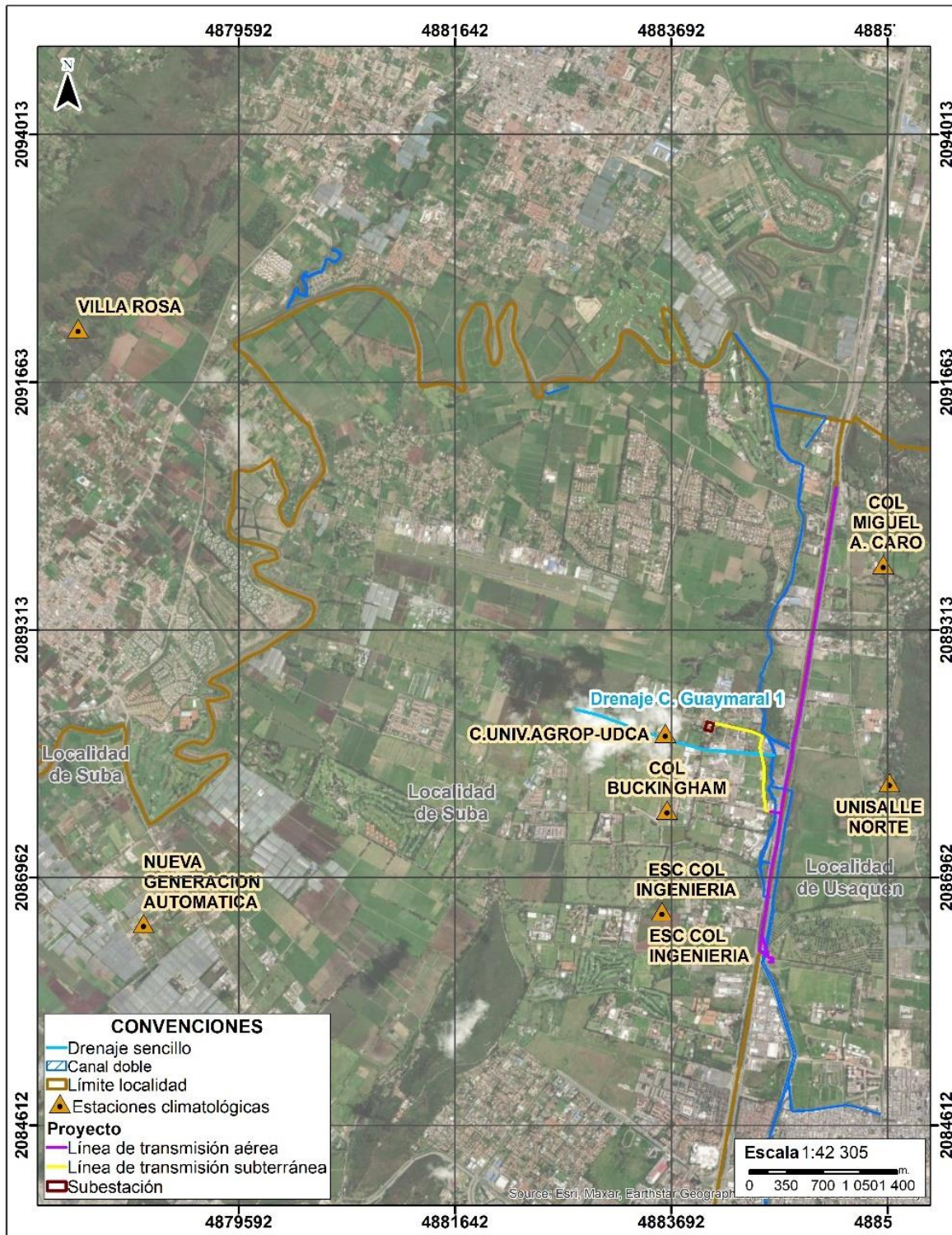
Nombre	Código	Categoría	Fecha de instalación	Estado	Coordenadas		Departamento	Municipio
					Este	Norte		
ESC COL INGENIERIA	21201570	PM	11/15/1981	Suspendida	4883605.63	2086641.27	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
UNISALLE NORTE	21205013	CO	12/14/2009	Suspendida	4885763.16	2087865.91	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
VILLA ROSA	21205930	ME	9/15/1976	Suspendida	4878071.28	2092175.64	CUNDINAMARCA	COTA
ESC COL INGENIERIA	21206050	CP	4/15/1986	Suspendida	4883605.63	2086641.27	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
C.UNIV.AGROP-UDCA	21206260	CO	12/15/1988	Activa	4883639.02	2088332.67	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
NUEVA GENERACION AUTOMATICA	21206600	CO	11/15/2001	Activa	4878690.43	2086526.15	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
COL BUCKINGHAM	21206670	CO	11/15/2001	Suspendida	4883653.3	2087605.11	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.
COL MIGUEL A. CARO	21206690	CO	11/15/2001	Activa	4885704.69	2089935.02	BOGOTÁ D.C.	BOGOTÁ D.C.

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

• Construcción de los Polígonos de Thiessen

Se trazó la red de estaciones en un mapa geográfico de la cuenca, ubicando cada estación pluviométrica en sus coordenadas correspondientes. Se marcaron claramente las ubicaciones de las 8 estaciones distribuidas dentro y alrededor del área de estudio. Ver Figura 7-13.

Figura 7-13 Selección de estaciones meteorológicas - IDEAM



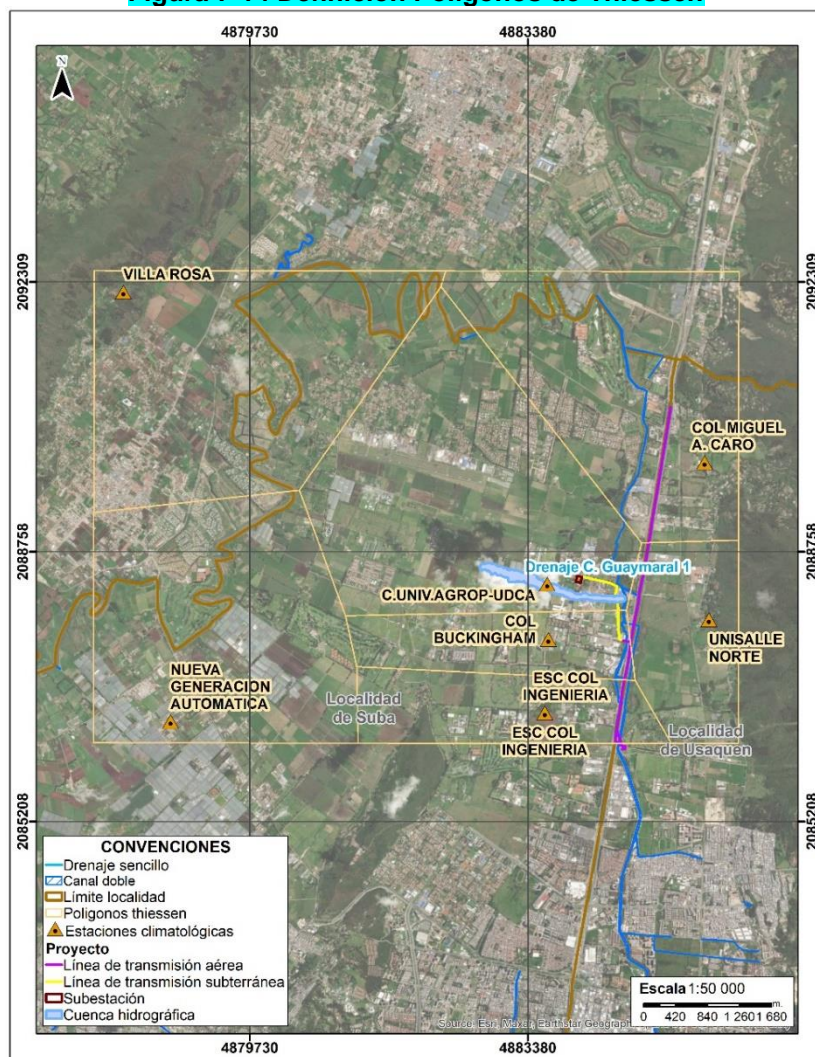
Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Posteriormente, se construyeron las mediatrices entre cada par de estaciones adyacentes. Primero, se conectaron las estaciones vecinas mediante líneas rectas. Estas líneas representaron las distancias directas entre las estaciones A y B, B y C, y así sucesivamente, cubriendo todas las estaciones cercanas entre sí. Luego, se dibujaron mediatrices en cada una de estas líneas. Estas mediatrices, que son perpendiculares y pasan por el punto medio de las líneas que conectan las estaciones, dividieron el área en diferentes regiones.

Finalmente, se definieron los polígonos de Thiessen. Las intersecciones de las mediatrices formaron los vértices de los polígonos. Al unir estos puntos de intersección, se crearon polígonos alrededor de cada estación.

Cada polígono delineó un área específica donde todos los puntos dentro de él están más cerca de su respectiva estación central que de cualquier otra estación en el mapa. Estos polígonos se utilizarán para calcular la precipitación media ponderada en la cuenca.

Figura 7-14 Definición Polígonos de Thiessen

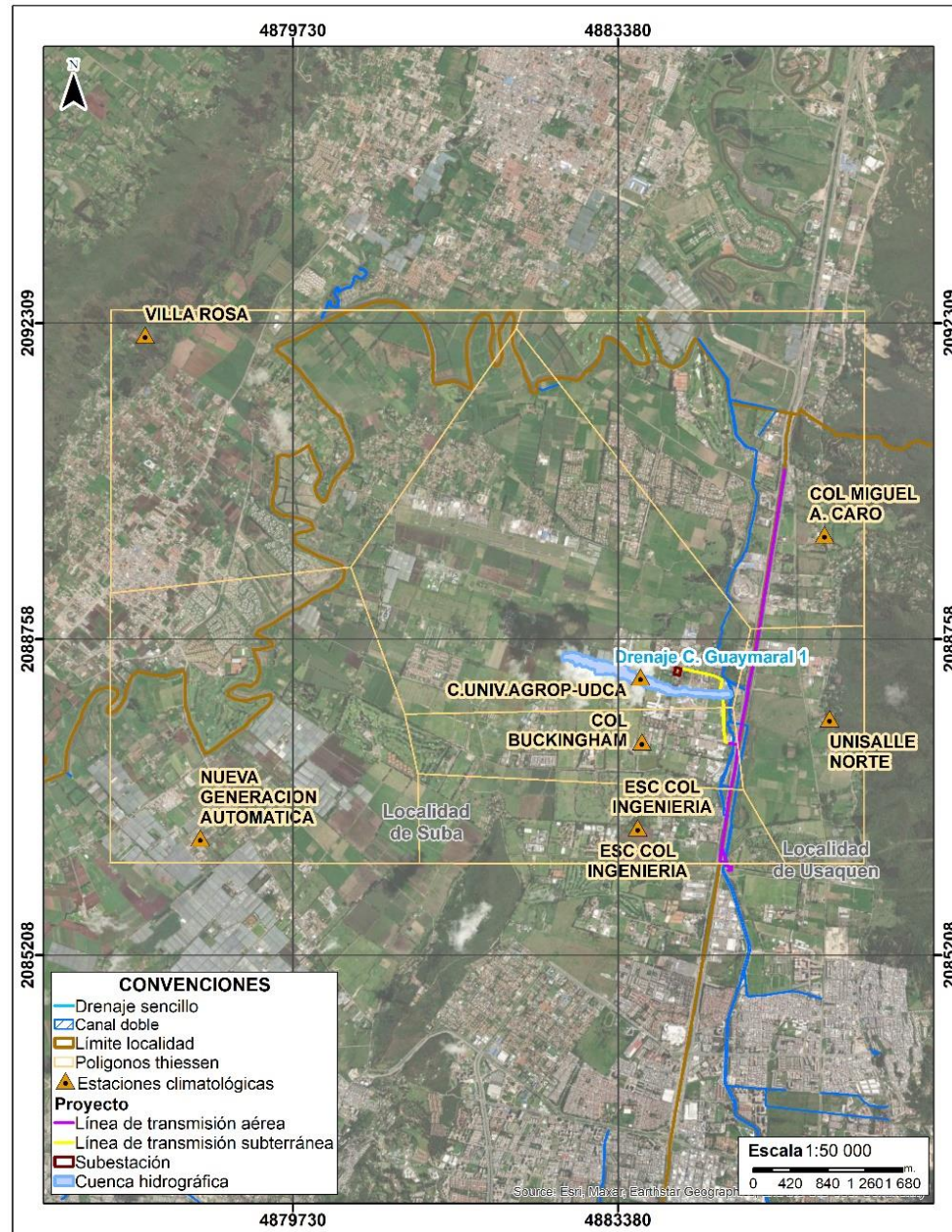


Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

• Cálculo del Área de los Polígonos de Thiessen

Se calculó el área de cada polígono resultante utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esto permitió determinar con precisión la superficie en kilómetros cuadrados de cada polígono de Thiessen correspondiente a cada estación pluviométrica. Así mismo, se verificó cual de todos los polígonos cubriera completamente el área de la cuenca de estudio.

Figura 7-15 Selección de estaciones meteorológicas - Polígonos de Thiessen



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

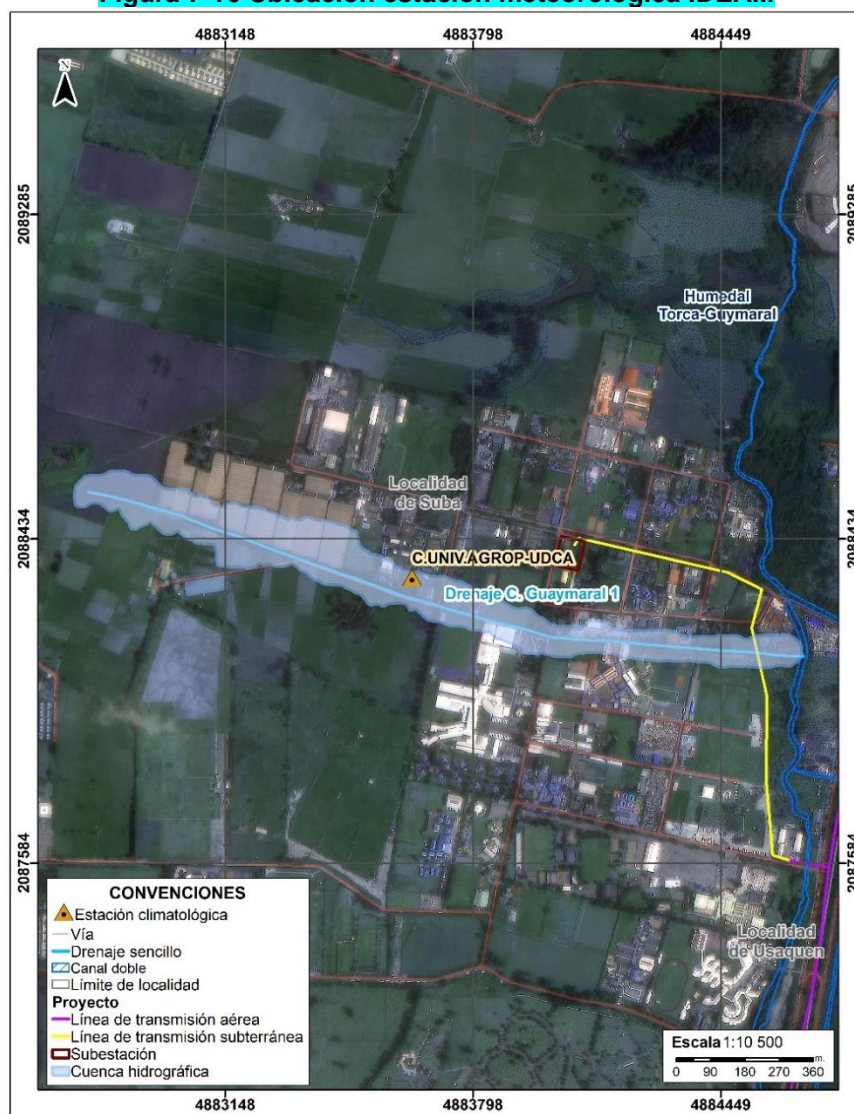
Para finalizar, se identificó que la estación pluviométrica que cubre toda el área de estudio es C.UNIV.AGROP-UDCA, siendo esta la más representativa para llevar a cabo la caracterización climatológica del presente análisis.

Tabla 7-25 Estación climatológica IDEAM

Nombre	Código	Categoría	clase	Institución responsable	Departamento	Municipio
C.UNIV.AGROP-UDCA	21206260	CO	MET	IDEAM	Cundinamarca	Bogotá D.C.
Nombre	Fecha Instalada	Estado	Temporalidad usada	Cota	Coordenada Este	Coordenada Norte
C.UNIV.AGROP-UDCA	12/15/1988	Activa	2011 - 2022	2570	4884544.55	2088136.18

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Figura 7-16 Ubicación estación meteorológica IDEAM



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.4.4.2 Representatividad, consistencia y homogeneidad de los datos de precipitación

A continuación, en la Tabla 7-26 se presentan los porcentajes de datos faltantes de la serie de datos diarios empleadas para el análisis. Dicha tabla presenta los años seleccionados teniendo en cuenta que se contará como mínimo un periodo de registro superior a 10 años de acuerdo con lo establecido en la Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales.

Tabla 7-26 Análisis de los datos de precipitación máxima en 24 horas recopilados

Nombre estación	No. Años	No. Meses	No. Días	Datos faltantes	% datos faltantes	Parametros
C.UNIV.AGROP-UDCA [21206260]	12	140	4380	1037	24	Valores totales de precipitación en 24 horas (mm)

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Según lo mencionado, previo al análisis de consistencia de las series, y al análisis de homogeneidad, se realizó una complementación de datos faltantes, empleando los valores promedio observados en años anteriores y/o posteriores.

7.4.4.4.3 Precipitación máxima en 24 horas

La precipitación es un elemento crítico en el estudio y diseño de infraestructuras hidráulicas y en la gestión del recurso hídrico. Esta variable climática, representada por la cantidad de agua que cae en forma de lluvia durante un período específico, desempeña un papel fundamental en la modelación de eventos hidrológicos, el cálculo de caudales máximos y la evaluación de riesgos de inundaciones.

Para el presente estudio, se estableció que la estación 21206260- C.UNIV.AGROP-UDCA se constituyó como la más representativa para describir las características hidrológicas de la cuenca aferente al Drenaje Canal Guaymaral. A continuación, se presentarán los análisis para la estación C.UNIV.AGROP-UDCA.

Como se observa en la Tabla 7-27, la tendencia de los datos muestra una variabilidad significativa en la precipitación anual a lo largo de los años. Las cantidades de precipitación varían desde valores bajos, alrededor de 30-40 mm en algunos años, hasta valores elevados que superan los 200 mm en otros años. Por otra parte, los meses de mayor precipitación suelen ser abril, octubre y noviembre, con valores que superan los 150 mm en muchos años. Por otro lado, los meses de junio, julio y agosto suelen tener precipitaciones más bajas, a menudo por debajo de 50 mm.

Tabla 7-27 Valores de precipitación máxima en 24 horas mensual multianual

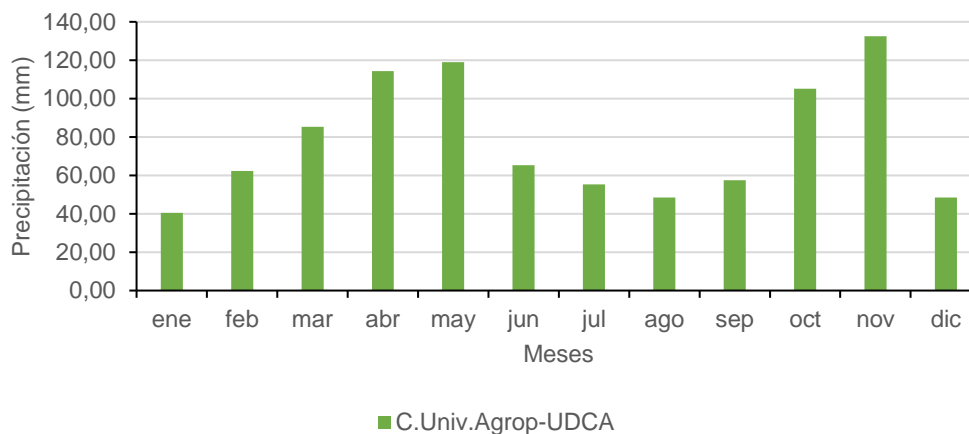
Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Máximo
2011	162.2	113.4	153.6	200.4	139.9	69.7	71.8	31.5	46.9	162.8	292.4	97.2	292.4
2012	95.1	73.1	75.9	191.3	38.3	40.2	88	48.9	24.5	124.1	51.9	53	191.3
2013	24.2	99.2	78.7	105.4	116.9	17	31.9	67.9	42.1	132.53	175.33	86.2	175.33
2014	93.83	95.23	102.73	165.7	98.37	42.3	63.9	49.43	46.3	124.5	121	132.1	165.7

Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Máximo
2015	48.1	65.8	83.9	51.6	25.1	61.1	50.7	41	34.5	31	96.1	3.4	96.1
2016	33.6	15.6	120.5	106.6	139.6	24.5	51.1	70.3	55	74.4	193.8	73.9	193.8
2017	44.7	50.9	150	124.4	146.7	101	24.2	68	57.3	71.6	139.5	55.4	150
2018	42.13	36.6	67.3	158.2	171.8	59.6	52.1	47.2	52	60.5	167.3	0.7	171.8
2019	31	57.5	103.9	139.7	166.3	49.7	60.5	34.2	87.1	60.1	131.6	7.2	166.3
2020	12.8	77	26.1	140.77	161.6	70.1	51.6	0	106.7	22.9	230.5	0.6	230.5
2021	37.8	41.4	151	86.2	172.8	110.9	68.6	87.1	57.1	89.8	103.9	18.9	172.8
2022	22.8	128.2	80.6	110.3	93.2	138.4	19.6	66.4	89.8	93.2	166.4	17.2	166.4

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

En la Figura 7-17, se observa la distribución estacional de la precipitación en la zona de interés. Los meses de noviembre, octubre y mayo registran las precipitaciones más altas, con valores que superan los 100 mm. Esto coincide con la temporada de lluvias en la región. Los meses de agosto, julio y febrero tienden a tener precipitaciones más bajas, con valores que oscilan alrededor de 50 mm o menos. Estos meses son típicamente más secos en el área de estudio.

Figura 7-17 Precipitación máxima en 24 horas promedio mensual multianual



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.4.5 Curva de intensidad, duración y frecuencia – IDF

La intensidad de la lluvia se define como la tasa de precipitación medida en milímetros por intervalo de tiempo, y se elige en función de la duración de la lluvia de diseño. En este contexto, el INVIAS (2009) establece que si el tiempo de concentración (T_c) de la cuenca es menor a 15 minutos, la duración de la lluvia de diseño se fija en 15 minutos.

Por lo general, las intensidades se obtienen a partir de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) creadas específicamente para la estación meteorológica más cercana a la zona de estudio. Sin embargo, cuando no se dispone de la información necesaria para generar estas gráficas, se requiere el uso de metodologías alternativas.

Para el cálculo de las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF), se emplearon los datos de la estación 21206260- C.UNIV.AGROP-UDCA, seleccionada debido a su extensa

serie de registros climáticos, lo que la convierte en la fuente de datos más completa disponible para nuestra área de estudio. Además, esta estación se ubica en proximidad directa a nuestra zona de interés.

Una vez se determinó la serie de datos idónea para la estimación de las curvas IDF, se procedió a utilizar los valores máximos de precipitación obtenidos anualmente desde 2011 hasta 2022. Posteriormente, se realizó el cálculo del promedio de la precipitación máxima en un período de 24 horas, sumando los registros pluviales de todos los años y dividiendo esta suma por la cantidad total de años considerados en el análisis.

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método que se presenta en “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia”, Santafé de Bogotá, 1998, aplicado por VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M.

Una de las alternativas es emplear el método simplificado para el cálculo de las curvas IDF propuesto por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en 2009. Este enfoque se aplica en casos donde no se cuentan con datos históricos de precipitación de corta duración, es decir, datos pluviográficos. Para Colombia se propone la siguiente ecuación.

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

Donde:

I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)

T: Periodo de retorno, en años

M: Promedio multianual de la precipitación máxima anual en 24 horas

d: Duración de la lluvia de diseño, en minutos (min)

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión

Tabla 7-28 Parámetros de ajuste de la regresión (valores para Colombia)

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

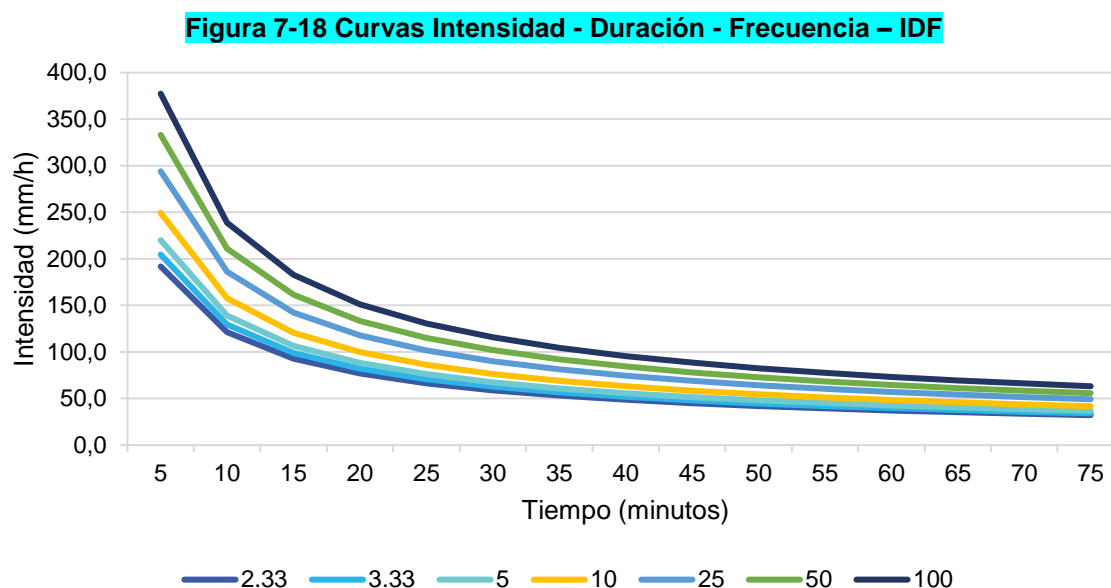
Fuente: Manual para drenajes de carreteras - INVIAS, 2009.

Tabla 7-29 Intensidad (mm/hora) para diferentes periodos de retorno

Intensidad - Duracion - Frecuencia																
Horas		0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75	0.83	0.92	1.00	1.08	1.17	1.22
Minutos		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	73.1
Años	2.33	191.8	121.4	92.9	76.8	66.3	58.8	53.1	48.6	45.0	42.0	39.4	37.2	35.3	33.6	32.7
	3.33	204.6	129.5	99.1	81.9	70.7	62.7	56.6	51.9	48.0	44.8	42.0	39.7	37.6	35.8	34.8
	5	220.1	139.3	106.6	88.2	76.1	67.5	60.9	55.8	51.6	48.2	45.2	42.7	40.5	38.6	37.5
	10	249.4	157.8	120.8	99.9	86.2	76.4	69.0	63.2	58.5	54.6	51.2	48.4	45.9	43.7	42.5
	25	294.1	186.1	142.4	117.8	101.7	90.1	81.4	74.5	69.0	64.3	60.4	57.0	54.1	51.5	50.1
	50	333.1	210.8	161.3	133.4	115.2	102.1	92.2	84.4	78.1	72.9	68.4	64.6	61.3	58.4	56.7
	100	377.4	238.9	182.8	151.2	130.5	115.7	104.5	95.7	88.5	82.6	77.5	73.2	69.4	66.1	64.3

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

En la Tabla 7-29, se realizaron los cálculos de intensidad para diferentes años de retorno con el fin de obtener las curvas IDF, que se muestra a continuación en la Figura 7-18. Se llevó a cabo el análisis de intensidades hasta una duración máxima de 75 minutos, la cual se determinó con base en el tiempo de concentración de la cuenca, es decir, el tiempo que demora una gota de agua en recorrer la distancia total. Durante este análisis, se observó que las intensidades resultantes son, en su mayoría, de carácter alto. En consecuencia, se anticipa que los niveles de precipitación serán generalmente elevados en estas condiciones.



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

La memoria de cálculo se puede consultar la memoria de cálculos en **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoD_CalculosHidrologicos.**

7.4.4.6 Caudal medio (balance hidrológico discreto a largo plazo)


Para la estimación del caudal medio se realizó un balance hidrológico de largo plazo. Para esto, se estimó la precipitación media a nivel multianual y la evapotranspiración real anual y se empleó la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - ETR) \cdot A}{365 \text{ días} \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos}}$$

Q: Caudal medio en m³/s

P: Precipitación en mm/año

ETR: Evapotranspiración real en mm/año

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 48

A: Área de la cuenca en km²

Obteniendo los promedios climatológicos a largo plazo se obtuvo la escorrentía media anual, con la cual determinará el caudal medio multianual que se presentará en la cuenca del Drenaje Canal Guaymaral. A continuación, se explica la metodología empleada:

- **Precipitación:** Con la información de las estaciones de precipitación del IDEAM, se realizó el cálculo de la precipitación total anual a nivel multianual para el área de interés.
- **Evapotranspiración:** Para estimar la evapotranspiración de la cuenca se utilizaron las metodologías propuestas por Cenicafe para la estimación de la evapotranspiración potencial que debe convertirse en evapotranspiración real por medio de la ecuación propuesta por Budyko, y se empleó el método de Turc para la estimación de la evapotranspiración real. Ambas metodologías son, según Barco y Cuartas (1998) las metodologías más confiables para la estimación de la evapotranspiración en Colombia.

En la Tabla 7-30, se registran los valores obtenidos de área y caudal medio obtenidos para cada una de las cuencas.

Tabla 7-30 Caudal medio cuenca Drenaje Canal Guaymaral

Nombre	Área (Km ²)	Precipitación anual multianual (mm)	ETR Budyco (mm/año)	ETR Turc (mm/año)	Caudal Budyco (m ³ /s)	Caudal Turc (m ³ /s)	Promedio (m ³ /s)
Drenaje Canal Guaymaral	0.20	1541.8	1381.4	1261.3	0.0064	0.0032	0.0048

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

El detalle de los cálculos y/o análisis realizados puede ser consultado en el ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO CRUCE DRENAJE CANAL GUAYMARAL elaborado por la empresa Andina de Energía S.A.S. para ENEL Colombia S.A. E.S.P., (ver **Anexos Cap_7, Ocupación Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico.**)

7.4.4.7 Caudales máximos

Acorde a lo estipulado en la norma NS-085 "CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO", específicamente en su Numeral 4.3.1.3, que trata los métodos para calcular caudales de diseño, se presentan dos enfoques. La norma prevé dos métodos para el cálculo de los caudales de diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial. Para tramos pertenecientes a la red local y secundaria de alcantarillado se debe utilizar el Método Racional (áreas de drenaje menores a 80 ha); y para el análisis y/o diseño de elementos de tramos de la red troncal de alcantarillado, canalizaciones y ríos se debe utilizar la Metodología del Hidrograma Unitario del Soil Conservation Service (SCS). En virtud de que el área de la cuenca hidráulica asociada al Drenaje Canal Guaymaral no supera las 80 ha, se decide emplear el Método Racional para la estimación de los caudales máximos.

La aplicación del Método Racional se encuentra limitada exclusivamente para la determinación del caudal pico de diseño de tuberías de la red local y secundaria de

alcantarillado cuya área de drenaje sea menor que 80 hectáreas. La ecuación del método racional es:

$$Q=2.78 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal estimado (L/s)

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y para el periodo de retorno determinado (mm/h)

A: Área de drenaje (Ha)

Para la adopción del valor del coeficiente de escorrentía C, se presentan los siguientes valores a en la Tabla 7-31, como guía para su selección.

Tabla 7-31 Coeficiente de escorrentía (C)

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

De acuerdo con la unidad geológica Formación Sabana (Q1sa), delimitada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) en la plancha 228 (Bogotá noreste), la cuenca hidrográfica del canal Guaymaral, está compuesta principalmente por arcillas, con intercalaciones de arcillas arenosas y arenas arcillosas, asociadas a los sistemas fluviales del río Frío y el río Bogotá. La cuenca presenta una pendiente entre 0 y 5%, con vegetación secundaria alta asociada al canal Guaymaral y pastos a lo largo de la cuenca.

Teniendo en cuenta lo anterior, se adoptó como coeficiente de escorrentía un valor de **0.20**, considerando que la textura predominante son los limos, ubicándose en un valor intermedio entre el coeficiente de escorrentía de los suelos franco arenosos (0.10) y franco limo arcilloso (0.30).

La composición geológica de la cuenca, dominada por materiales con baja permeabilidad, justifica la adopción de un coeficiente de escorrentía de 0.20, en concordancia con la tabla estipulada en el Manual de Drenajes del INVÍAS. Este valor refleja la capacidad de infiltración limitada y la tendencia a generar escorrentía superficial en estas condiciones

específicas. En las siguientes tablas se presentan los cálculos de caudales estimados en m³/s empleando el método racional para los diferentes periodos de retorno.

Tabla 7-32 Intensidades para diferentes periodos de retorno

Cuenca	Intensidad (mm/hora)						
	Tr2.33	T3.33	Tr5	Tr10	Tr25	Tr50	Tr100
Drenaje Canal Guaymaral	32.7	34.8	37.5	42.5	50.1	56.7	64.3

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Tabla 7-33 Caudales máximos estimados para diferentes periodos de retorno

Cuenca	Caudal (m ³ /s)						
	Tr2.33	T3.33	Tr5	Tr10	Tr25	Tr50	Tr100
Drenaje Canal Guaymaral	0.37	0.39	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

La memoria de cálculo se puede consultar la memoria de cálculos en **Anexos Cap_7, Ocupación Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoD_CalculosHidrologicos.**

7.4.5 Caracterización hidráulica del cuerpo de agua a intervenir


La caracterización hidráulica se llevó a cabo mediante el software HEC-RAS v.6.3.1. Es una herramienta computacional de dominio público creada por el Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos de América (*US Army Corps of Engineers*), utilizada para realizar cálculos hidráulicos sobre una red compuesta por canales abiertos naturales o construidos, llanuras de inundación y aluviones.

HEC-RAS tiene la capacidad de simular flujo no permanente, unidimensional o bidimensionalmente y se puede utilizar para modelar regímenes de flujo subcrítico, supercrítico y mixto.

La simulación hidráulica del área de estudio se realizó considerando los caudales estimados para los periodos de retorno de 2.33, 3.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, para el sitio de ocupación de cauce. A continuación, se describen los parámetros de entrada considerados en el análisis y resultados obtenidos para los diferentes escenarios evaluados.

Los resultados de la modelación hidráulica se pueden consultar en **Anexos Cap_7, Ocupación Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoC_Modelo_HECRAS.**

A continuación, se presenta la caracterización y los resultados obtenidos en el ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO CRUCE DRENAJE CANAL GUAYMARAL elaborado por la empresa Andina de Energía S.A.S. para ENEL Colombia S.A. E.S.P., el cual puede ser consultado en **Anexos Cap_7, Ocupación Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico.**

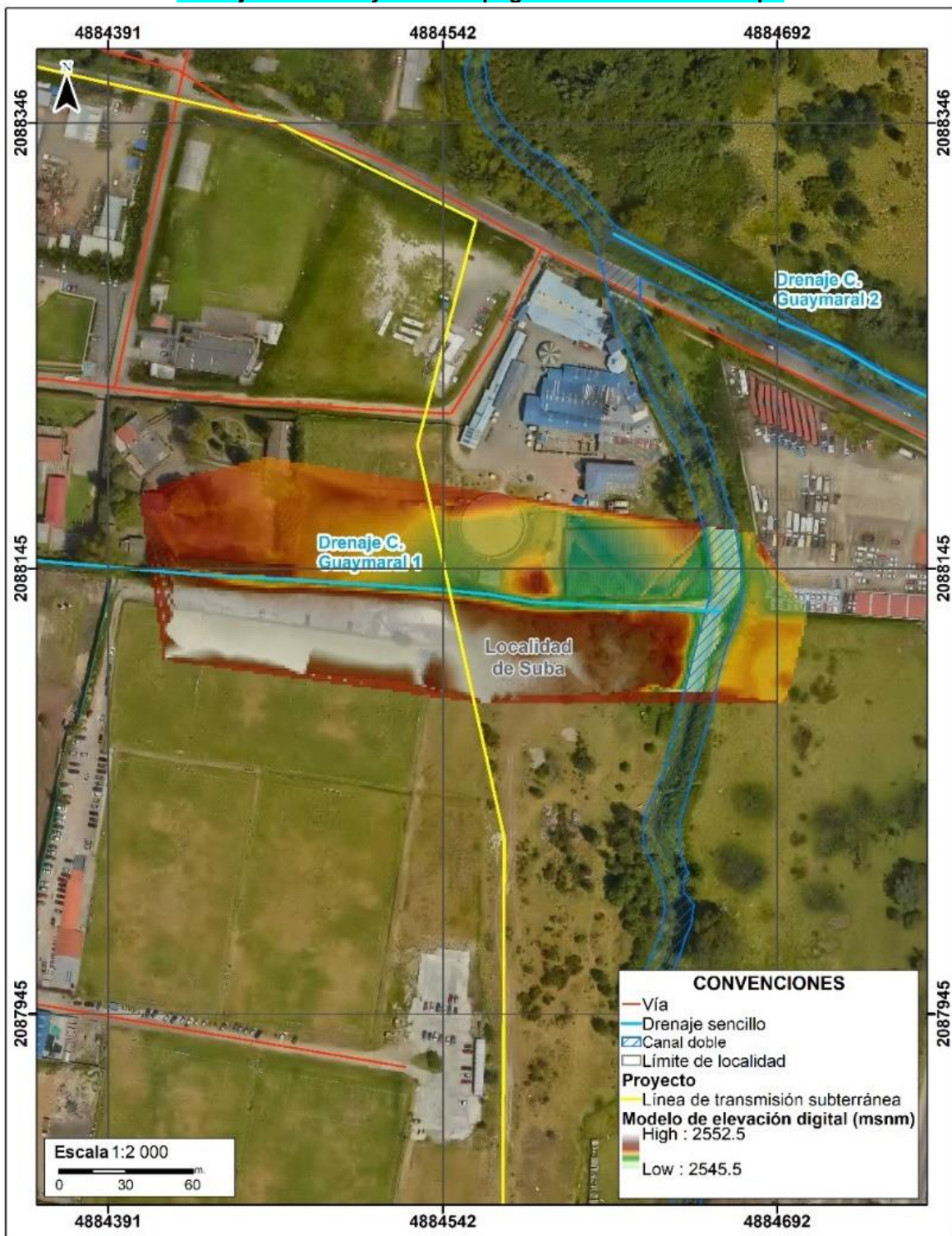
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 51

7.4.5.1 Información de entrada

7.4.5.1.1 Sección topo batimétrica del cuerpo de agua a intervenir

En la Figura 7-19, se muestra el Modelo Digital de Terreno construido a partir de la información topográfica levantada en campo para el sitio de ocupación de cauce. Los trabajos de levantamiento topo-batimétrico realizados en las diecisiete secciones del canal (ver Figura 7-20) se realizó por medio de equipos GPS con tecnología RTK, tomando como puntos base el GPS1A -GPS1B en sistema de proyección CTM12 único origen nacional; con los cuales se les proporcionaron coordenadas a los puntos auxiliares de cada una de las secciones levantadas. En **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\2. Topografía y topobatimetría\DEM topobatimetria** se puede revisar la información en detalle.

Figura 7-19 Modelo de Elevación Digital, sitio de cruce de la Línea de Transmisión con el Drenaje Canal Guaymaral - topografía levantada en campo



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

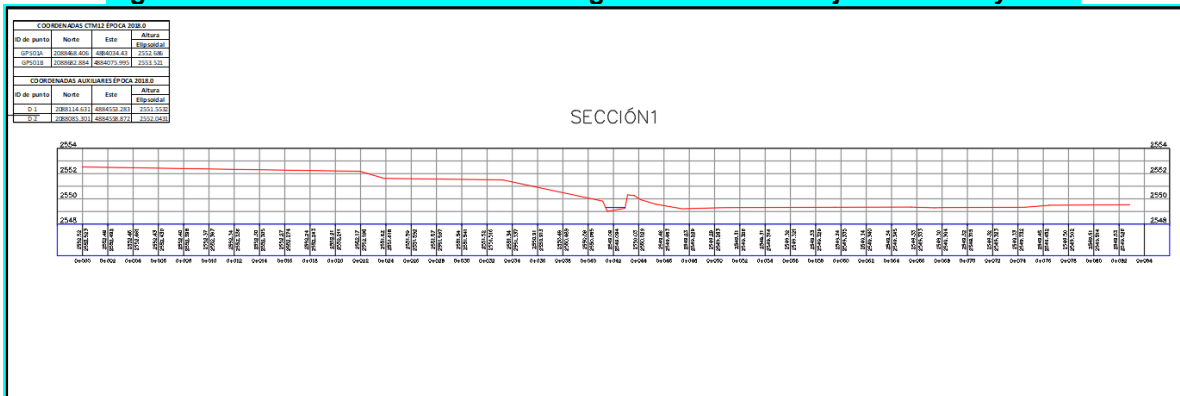
Figura 7-20 Secciones transversales tomadas en campo - Drenaje Canal Guaymaral



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

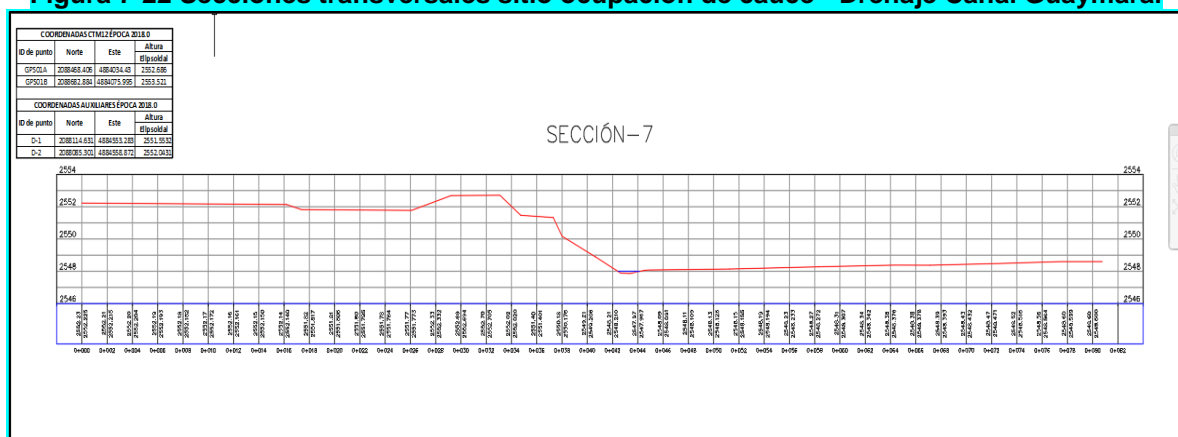
En la Figura 7-21, Figura 7-22 y Figura 7-23 se presentan las secciones transversales aguas arriba, aguas abajo y en el sitio de ocupación de cauce obtenidas a partir del levantamiento topobatimétrico.

Figura 7-21 Secciones transversales aguas arriba - Drenaje Canal Guaymaral



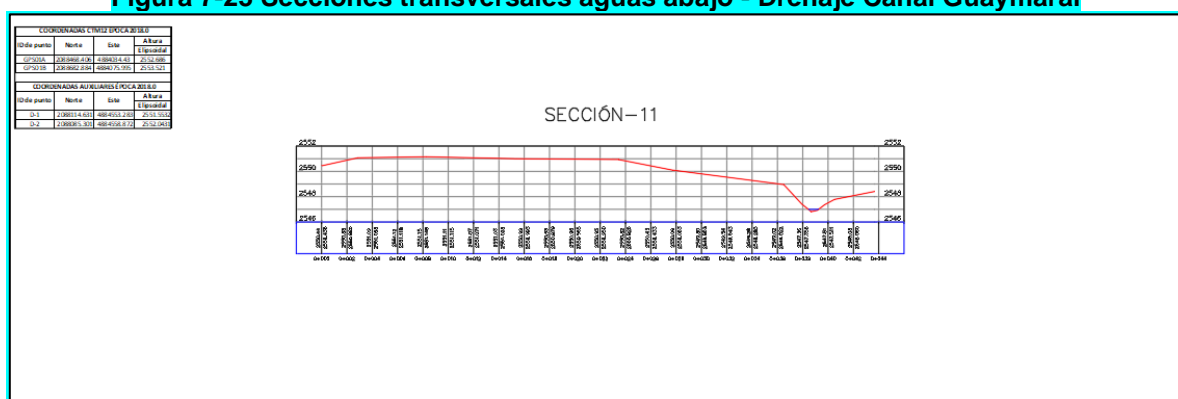
Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Figura 7-22 Secciones transversales sitio ocupación de cauce - Drenaje Canal Guaymaral



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Figura 7-23 Secciones transversales aguas abajo - Drenaje Canal Guaymaral

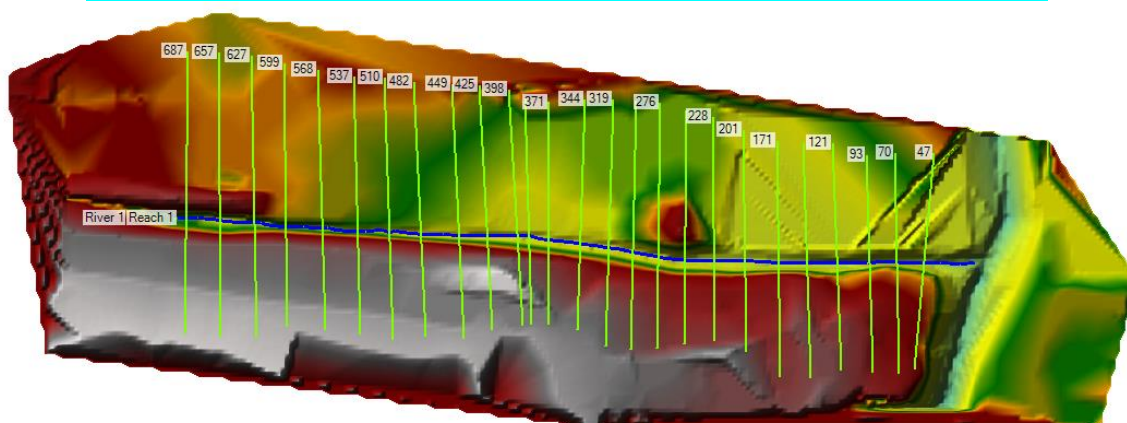
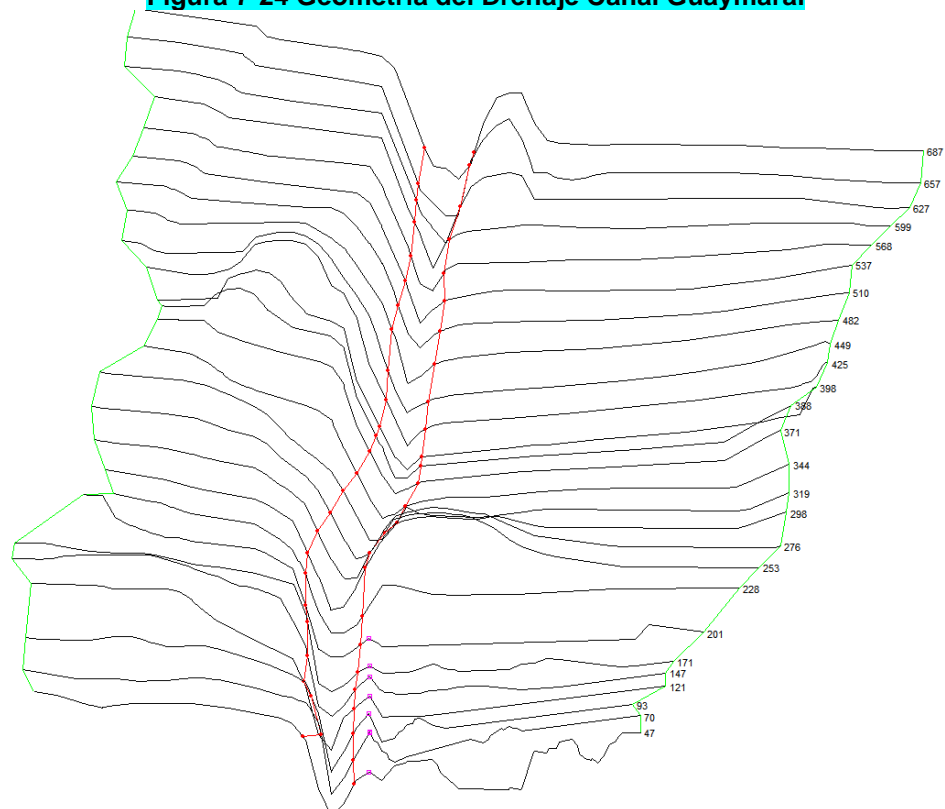


Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.5.1.2 Geometría del cuerpo de agua

Las secciones transversales utilizadas para la implementación del modelo hidráulico en el tramo analizado fueron obtenidas del levantamiento topo-batimétrico realizado en campo, estas secciones transversales se tomaron cada 20 metros. Una vez obtenidas las secciones transversales, se procedió a interpolarlas cada tres (3) metros, lo que permitió obtener un modelo más ajustado a la realidad, como se muestra en la Figura 7-24.

Figura 7-24 Geometría del Drenaje Canal Guaymaral



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.5.1.3 Caudales de diseño

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis hidrológico (ver numeral 7.4.4.7) se emplearon los caudales máximos para los periodos de retorno de 2.33, 3.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años presentados en la Tabla 7-34.

Tabla 7-34 Caudales máximos (m³/s) para diferentes periodos de retorno

Cuenca	Caudal (m³/s)						
	Tr2.33	T3.33	Tr5	Tr10	Tr25	Tr50	Tr100
Drenaje Canal Guaymaral	0.37	0.39	0.42	0.48	0.56	0.64	0.72

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.5.1.4 Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de Manning asignado para las secciones transversales fue el mismo, debido a que el tramo modelado es de corta distancia, tiene el mismo tipo vegetación y geología asignada. En la Tabla 7-35 se muestran las superficies para la selección del coeficiente de Manning recomendados por Ven Te Chow en su libro “Hidráulica de Canales Abiertos”.


Tabla 7-35 Coeficiente de rugosidad “n” de Manning

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente n son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024 a partir de Vente Chow, 1995.

El Drenaje Canal Guaymaral mantiene una sección transversal de similares características en el tramo de análisis, en la que se distingue un cauce principal y zonas inundables.

Para los diferentes tramos estudiados, el coeficiente de Manning se ha estimado en **0.030** para el cauce principal, teniendo en cuenta que es un cauce limpio con presencia de curvas con vegetación herbácea y arbórea en sus orillas en la mayor porción del tramo analizado;

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 57

y para las zonas inundables de **0.020** ya que en ellas hay presencia de pastos y baja vegetación.

7.4.5.1.5 Pérdidas de energía

Las pérdidas de energía se obtienen mediante la ecuación de Manning, con base en las características del cauce, en los taludes y zonas inundables observadas durante la inspección de campo y comparadas con los números recomendados por Ven Te Chow en su libro “Hidráulica de Canales Abiertos”, el cual tiene en cuenta la cobertura vegetal asociada al cuerpo de agua y las unidades de suelo. Para efectos de pérdidas locales, se consideran pérdidas de energía por contracción de **0.10** y por expansión de **0.30** aplicados al valor absoluto del cambio en la cabeza de velocidad.

7.4.5.1.6 Condiciones de frontera

A partir de las características del Drenaje Canal Guaymaral, así como el levantamiento topográfico detallado, se determinaron las condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo. Dada la configuración del cuerpo de agua, se consideró una modelación unidimensional (1D) a condiciones de flujo permanente y de tipo subcrítico. En la Tabla 7-36 se presentan las condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo consideradas en la modelación hidráulica de los sitios de ocupación de cauce.

Tabla 7-36 Condiciones de frontera empleadas en la modelación hidráulica 1D en HEC-RAS

Longitud del tramo (m)	Pendiente (mm)	Aguas arriba	Aguas abajo	Régimen de flujo	Tipo de flujo
190	0.001	No aplica	Profundidad normal	Permanente	Subcrítico

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

7.4.5.2 Resultados

A continuación, se presentan los resultados en la condición sin proyecto para cada uno de los sitios de ocupación de cauce.

De acuerdo con los resultados de la modelación para los diferentes periodos de retorno, entre la Tabla 7-37 y la Tabla 7-39 se presenta el resumen para los tramos localizados aguas arriba, aguas abajo y una sección intermedia del tramo del Drenaje Canal Guaymaral modelado. Así mismo, se indica la cota de fondo, cota de lámina de agua, velocidad de flujo, área, ancho superficial y número de Froude.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la lámina de agua aumenta en promedio entre 0.35 m y 0.48 m, con una pendiente hidráulica promedio de 0.000763 m/m, y una velocidad promedio de 0.56 m/s. Las condiciones de flujo se mantienen en un régimen de tipo subcrítico en la mayoría del tramo con pequeños cambio a flujo supercrítico debido a la presencia de obstáculo en el lecho del cauce. En las siguientes tablas se presentan los resultados para la sección donde se realizará el cruce de las obras y una sección aguas arriba y aguas abajo.

Tabla 7-37 Condiciones hidráulicas sitio ocupación de cauce

Ubicación	Periodo de retorno	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	
Sección transversal Sitio de ocupación de cauce	Tr2.33	0.36	2547.75	2548.08	2548.09	0.001024	0.55	0.71	5.41	0.39
	Tr3.33	0.39	2547.75	2548.09	2548.11	0.000991	0.55	0.78	5.91	0.38
	Tr5	0.42	2547.75	2548.10	2548.12	0.000947	0.56	0.85	6.42	0.38
	Tr10	0.48	2547.75	2548.12	2548.14	0.000889	0.56	0.99	7.28	0.37
	Tr25	0.56	2547.75	2548.15	2548.17	0.000803	0.57	1.22	8.55	0.36
	Tr50	0.64	2547.75	2548.18	2548.19	0.000722	0.56	1.44	9.57	0.34
	Tr100	0.72	2547.75	2548.20	2548.21	0.000654	0.56	1.69	10.71	0.33

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Tabla 7-38 Condiciones hidráulicas aguas arriba

Ubicación	Periodo de retorno	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	
Sección transversal aguas arriba	Tr2.33	0.36	2548.5	2548.79	2548.84	0.008687	1.04	0.35	3.22	1.01
	Tr3.33	0.39	2548.5	2548.79	2548.85	0.008937	1.07	0.37	3.35	1.03
	Tr5	0.42	2548.5	2548.8	2548.86	0.008717	1.08	0.39	3.38	1.02
	Tr10	0.48	2548.5	2548.81	2548.87	0.007933	1.1	0.43	3.45	0.99
	Tr25	0.56	2548.5	2548.83	2548.9	0.007839	1.16	0.48	3.53	1.00
	Tr50	0.64	2548.5	2548.84	2548.91	0.007706	1.2	0.53	3.59	1.00
	Tr100	0.72	2548.5	2548.87	2548.94	0.00514	1.1	0.66	3.76	0.84


Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Tabla 7-39 Condiciones hidráulicas aguas abajo

Ubicación	Periodo de retorno	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)	
Sección Transversal aguas abajo	Tr2.33	0.36	2547.02	2547.48	2547.5	0.000999	0.6	0.6	2.43	0.38
	Tr3.33	0.39	2547.02	2547.5	2547.52	0.001001	0.61	0.64	2.49	0.38
	Tr5	0.42	2547.02	2547.51	2547.53	0.001	0.62	0.68	2.55	0.38
	Tr10	0.48	2547.02	2547.54	2547.56	0.000999	0.64	0.74	2.65	0.39
	Tr25	0.56	2547.02	2547.57	2547.6	0.000999	0.67	0.84	2.8	0.39
	Tr50	0.64	2547.02	2547.6	2547.63	0.001002	0.69	0.92	2.91	0.4
	Tr100	0.72	2547.02	2547.63	2547.66	0.001002	0.72	1	3.04	0.4

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

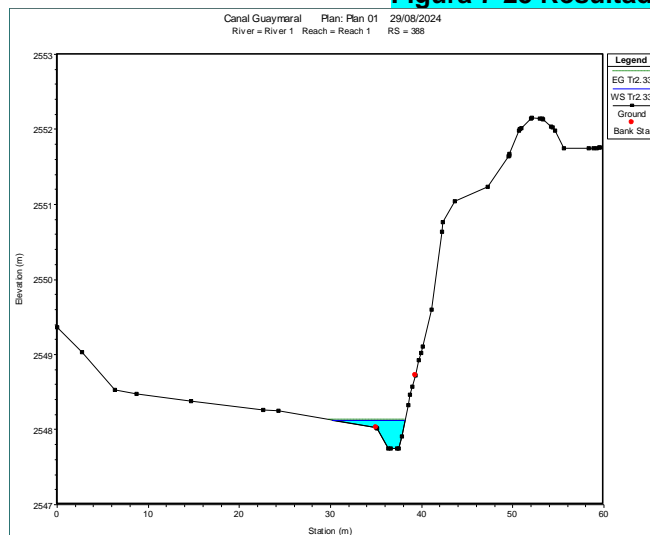
Entre la Figura 7-25 y la Figura 7-31 se presentan el tránsito hidráulico en la sección transversal representativa con respecto a la ubicación del cruce aéreo entre el tramo subterráneo de la línea de transmisión y el canal, indicando la cota máxima de la lámina de agua, el perfil de flujo a lo largo del tramo modelado y la espacialización de la mancha de inundación para los periodos de retorno correspondientes a 2.33, 3.33, 5, 10, 25, 50, y 100

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 59

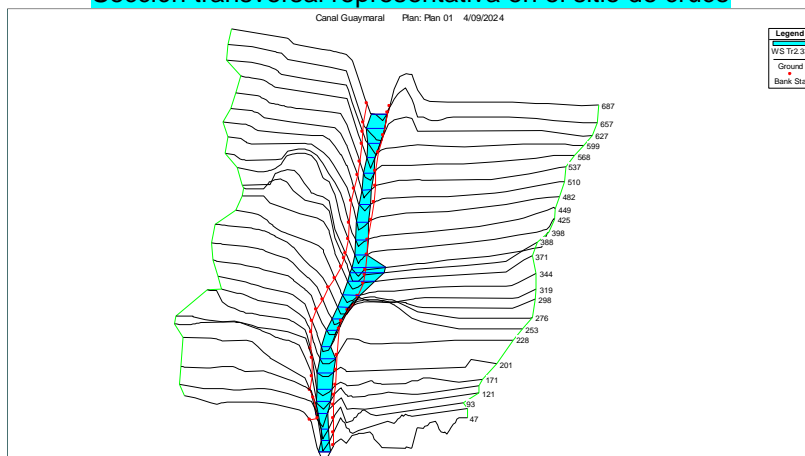
años. Por otro lado, en la Tabla 7-40 se indican los niveles máximos de la lámina de agua en el sitio de cruce, evidenciando una variación de 12 cm entre el periodo de retorno de 2.33 y el de 100 años.

Los resultados permiten comprender el efecto de las crecidas y tomar decisiones con relación a la gestión de riesgos y la planificación de la infraestructura del proyecto. Lo anterior, permitió realizar un adecuado dimensionamiento y ubicación de la obra en el sitio de cruce, en este caso, un paso elevado mediante una cercha e infraestructura complementaria, como lo son las zanjas y las cámaras o cajas de empalmes. Esto permitió identificar las áreas seguras para la construcción del paso elevado, minimizando cualquier posible interferencia con el drenaje y garantizando la seguridad de la infraestructura, así como la NO interferencia del cauce.

Figura 7-25 Resultados modelación hidráulica: Tr 2.33 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



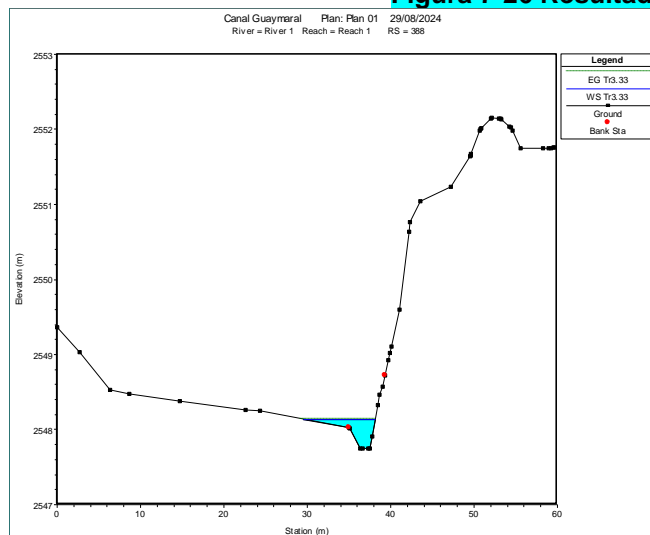
Tránsito hidráulico



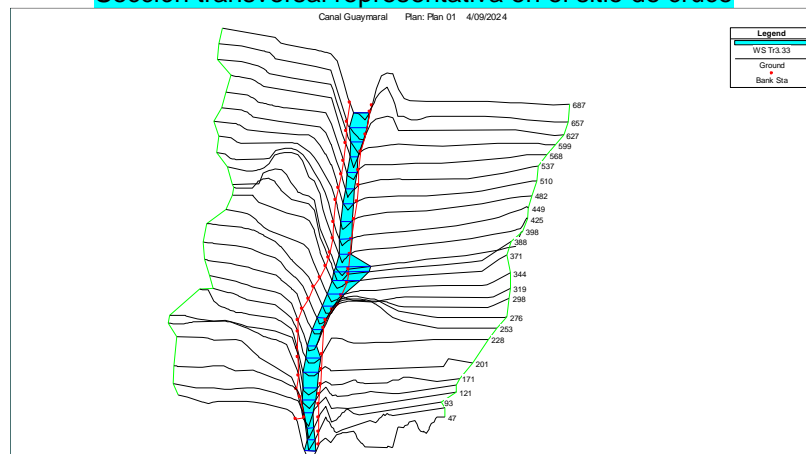
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

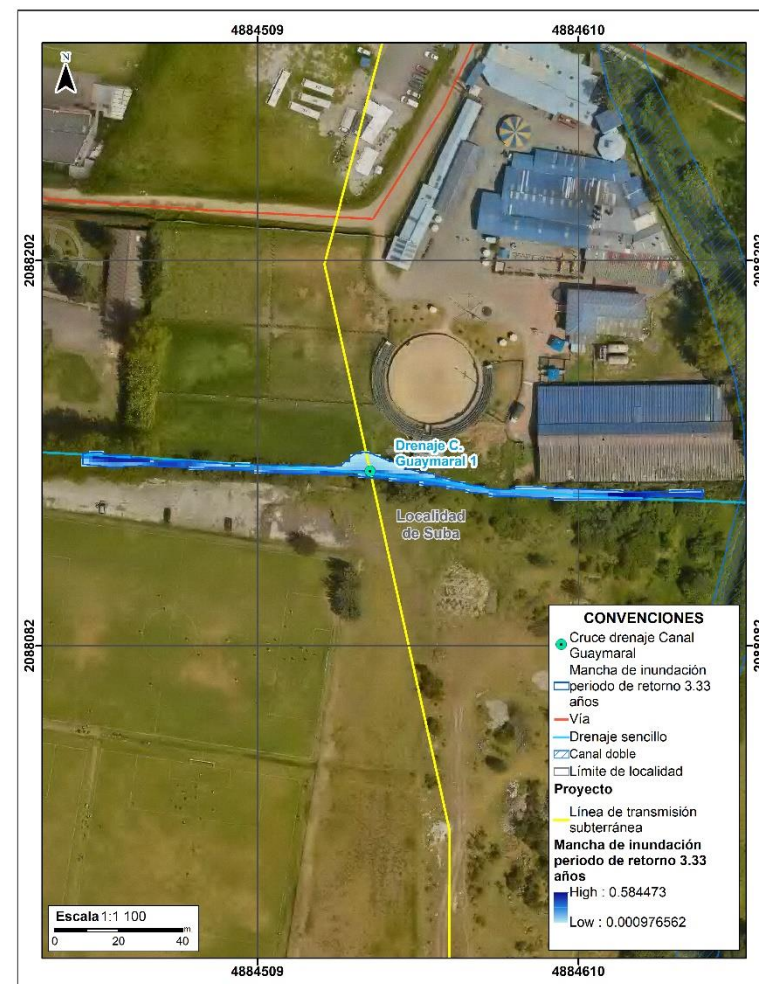
Figura 7-26 Resultados modelación hidráulica: Tr 3.33 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



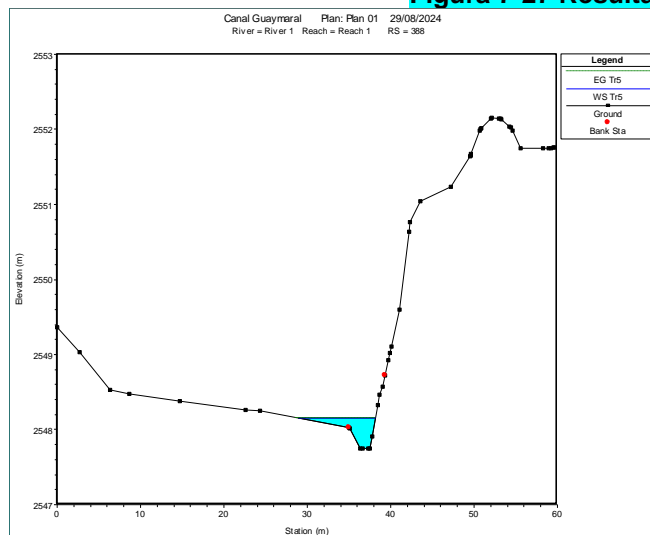
Tránsito hidráulico



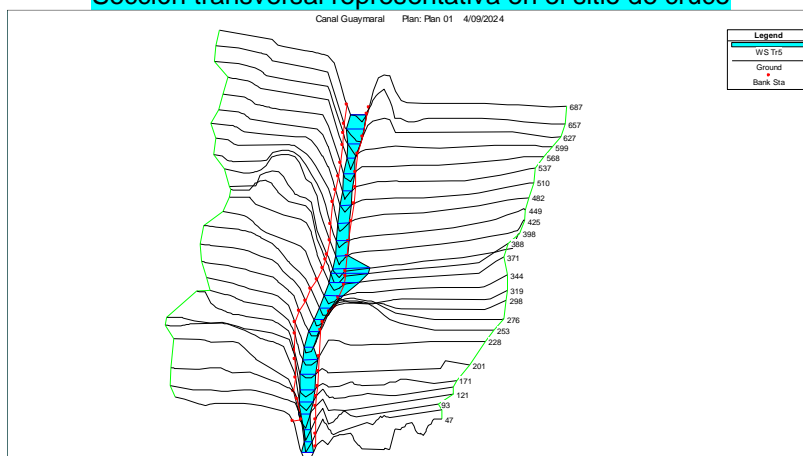
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

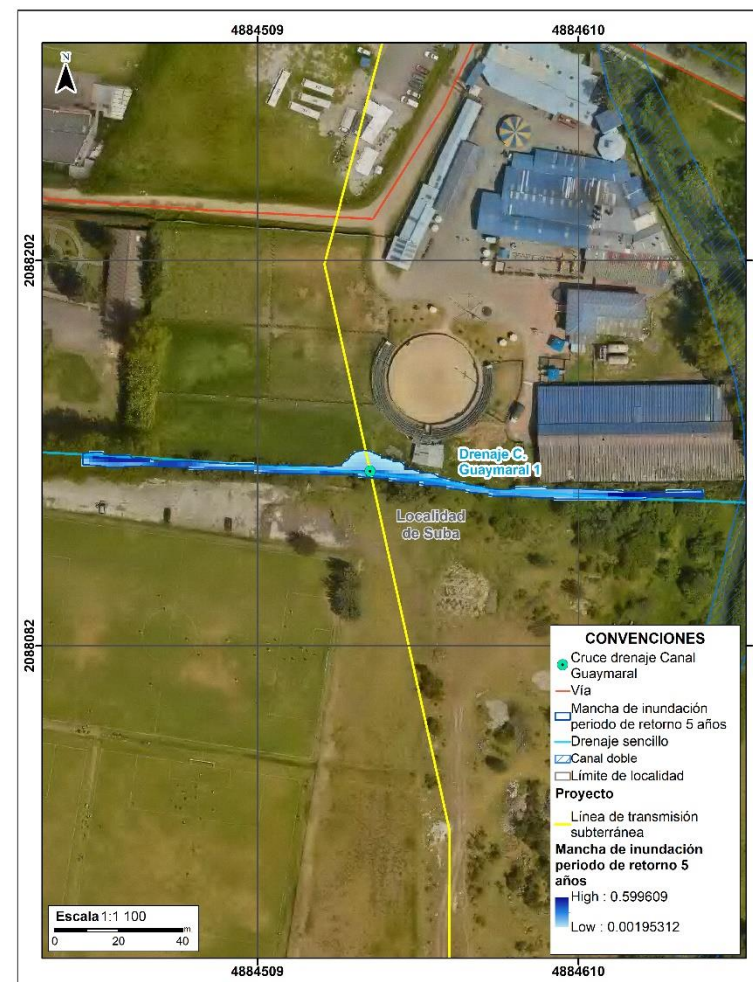
Figura 7-27 Resultados modelación hidráulica: Tr 5 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



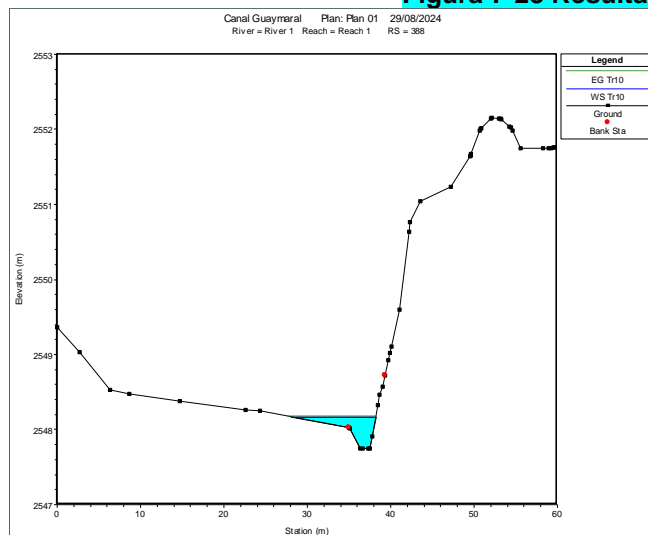
Tránsito hidráulico



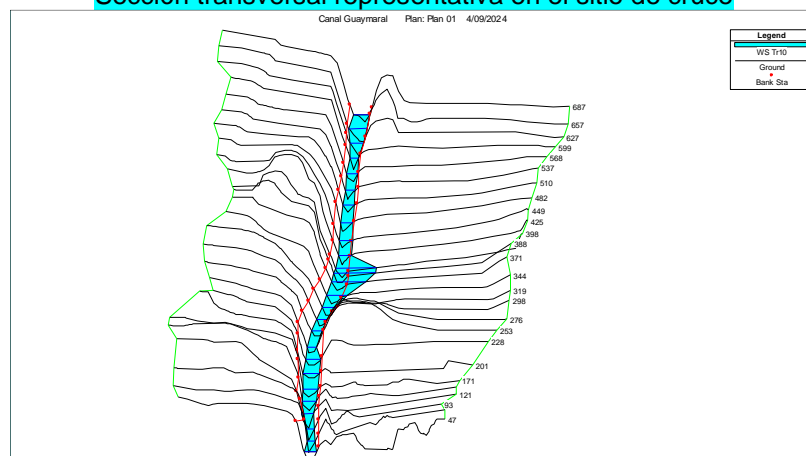
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Figura 7-28 Resultados modelación hidráulica: Tr 10 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



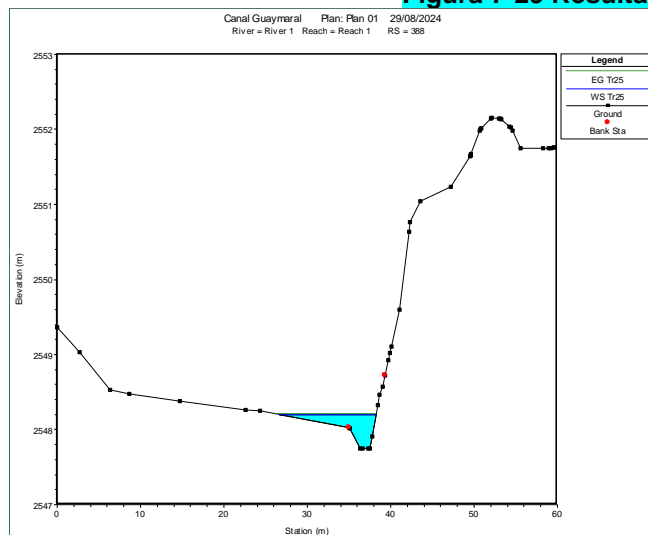
Tránsito hidráulico



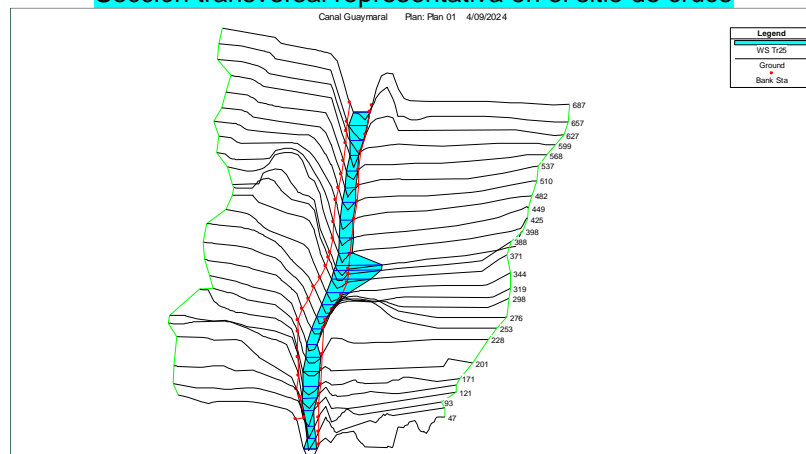
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

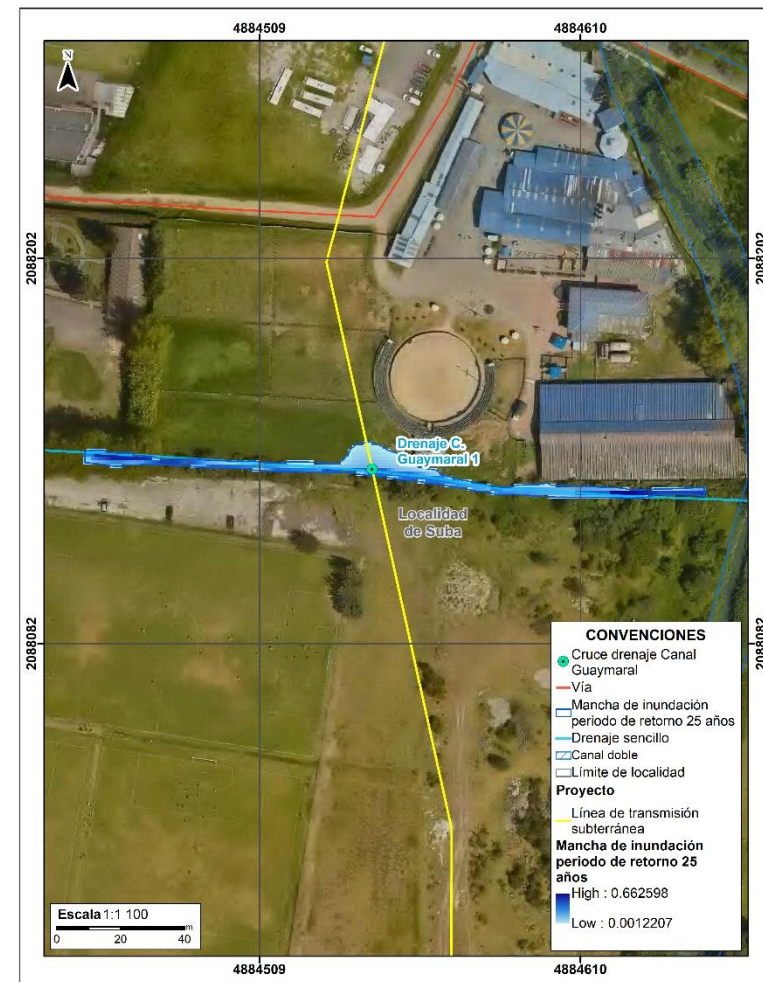
Figura 7-29 Resultados modelación hidráulica: Tr 25 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



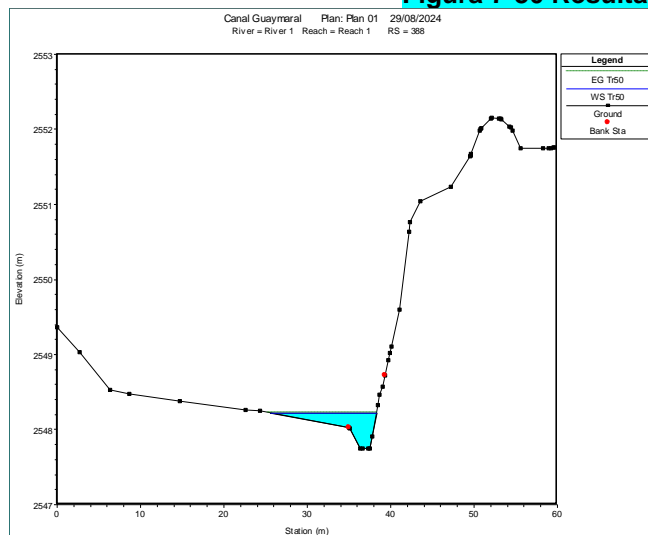
Tránsito hidráulico



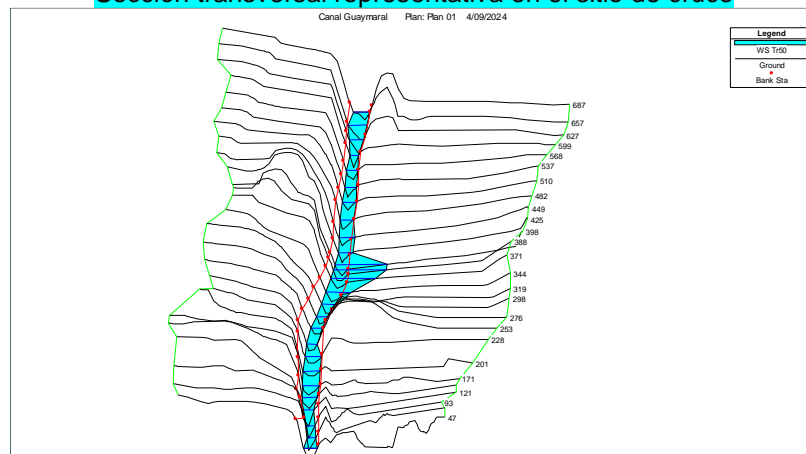
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

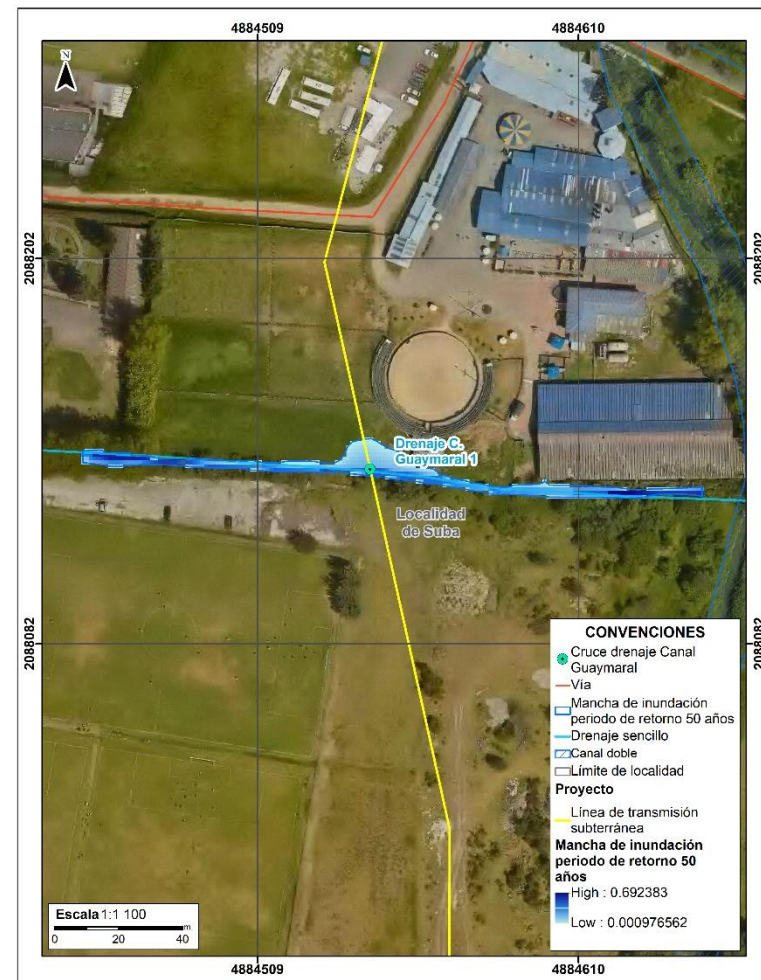
Figura 7-30 Resultados modelación hidráulica: Tr 50 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



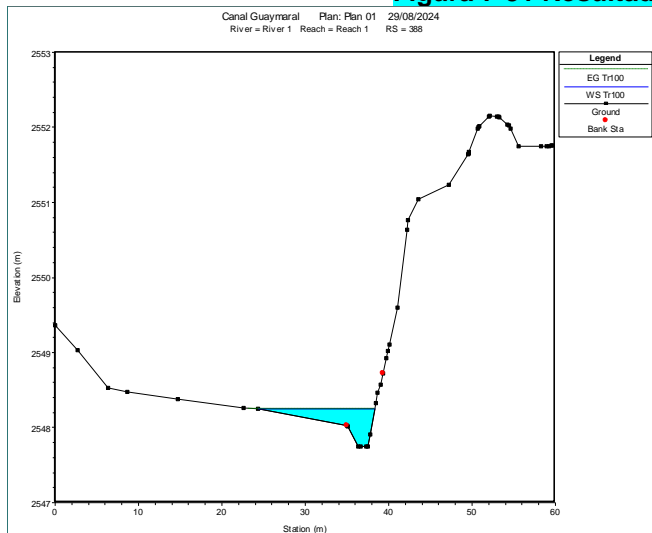
Tránsito hidráulico



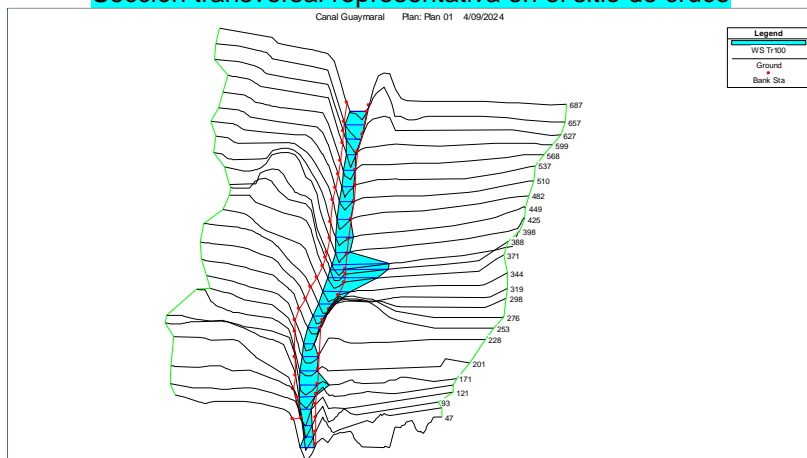
Espacialización lámina de agua

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

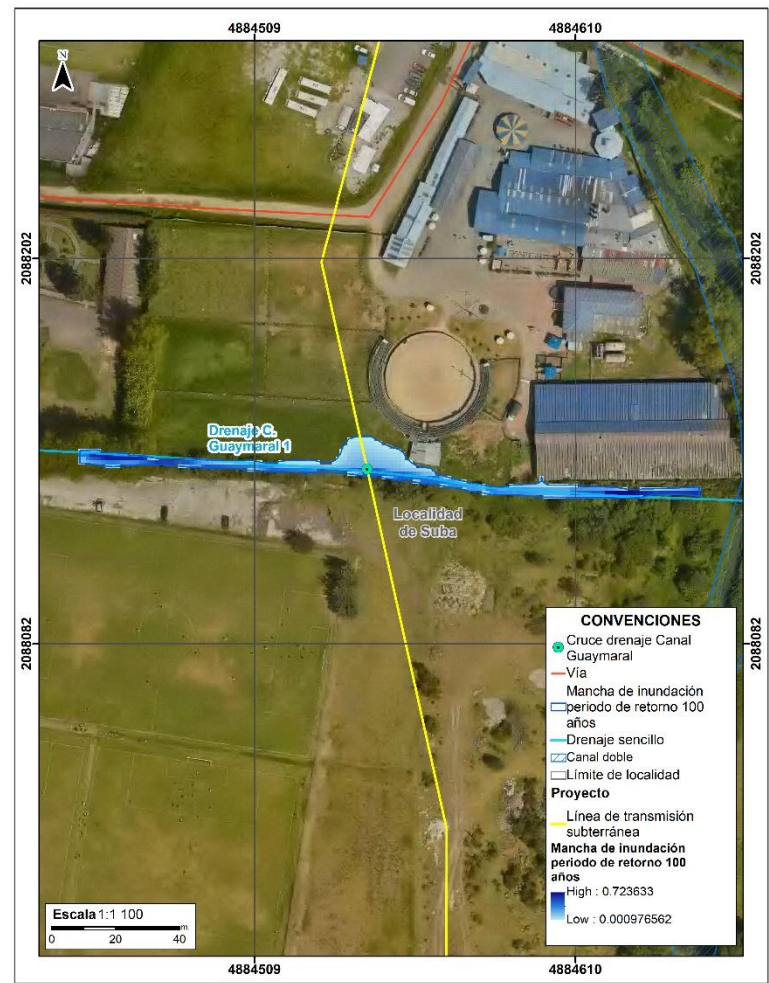
Figura 7-31 Resultados modelación hidráulica: Tr 100 años



Sección transversal representativa en el sitio de cruce



Tránsito hidráulico



Espacialización lámina de agua

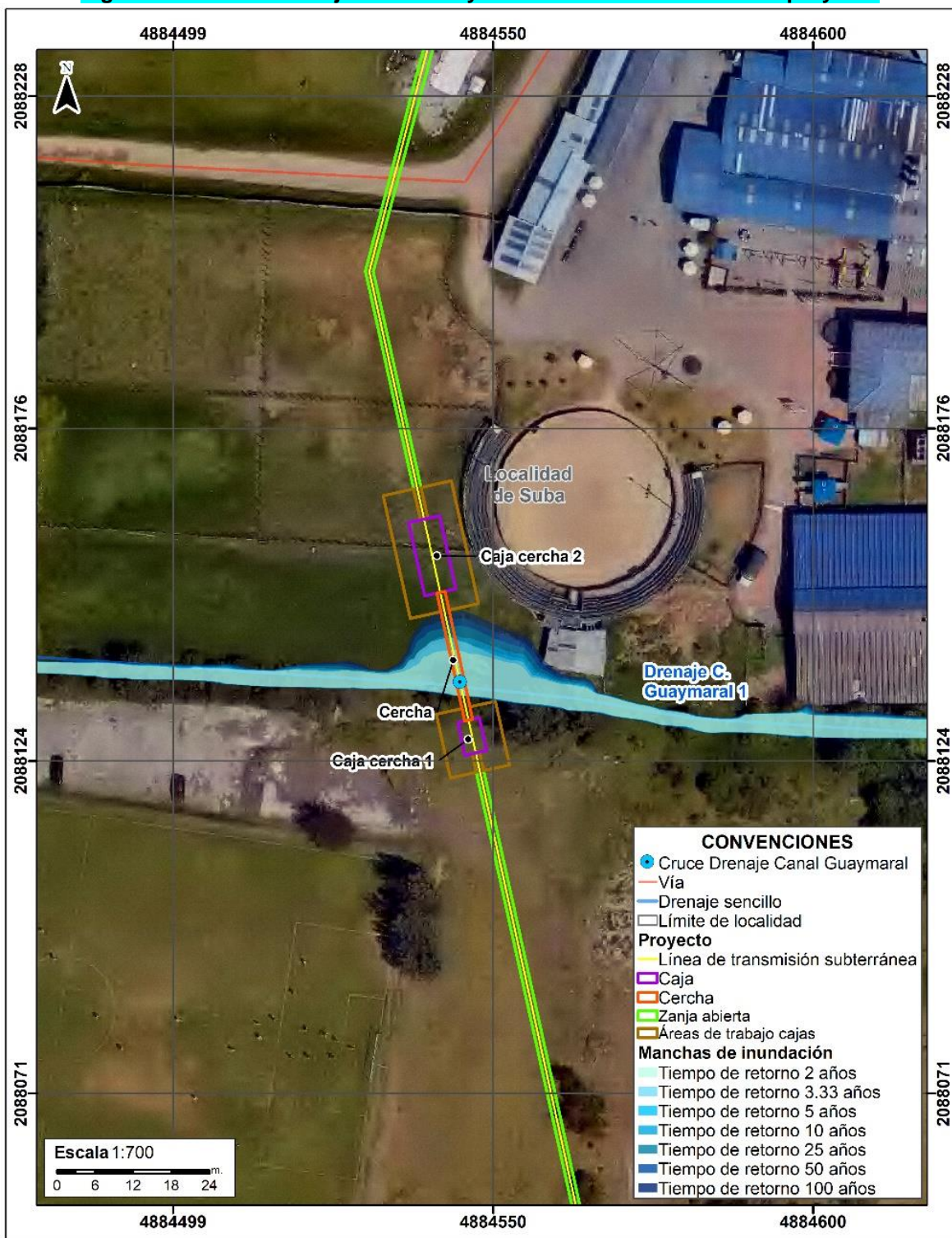
Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Tabla 7-40 Niveles máximo de lámina de agua en el sitio de cruce para diferentes periodos de retorno


Tr (años)	Caudal máximo (m³/s)	Cota (m.s.n.m)
2.33	0.36	2548.08
3.33	0.39	2548.09
5	0.42	2548.10
10	0.48	2548.12
25	0.56	2548.15
50	0.64	2548.18
100	0.72	2548.20

Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

Figura 7-32 Cruce Drenaje Canal Guaymaral con infraestructura del proyecto



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 69

Es fundamental resaltar que el paso elevado diseñado para cruzar el Drenaje Canal Guaymaral (ver numeral 7.4.2) no afectará la integridad del cuerpo de agua subyacente ni modificará su morfología. Esta construcción se lleva a cabo de manera tal que se respeten las dimensiones de la mancha de inundación de los caudales estimados, garantizando que las condiciones hidráulicas y fluviales del canal permanezcan inalteradas. En consecuencia, la obra no tendrá un impacto directo en el funcionamiento del canal ni afectará su entorno acuático. Para ilustrar este punto, en la Figura 7-32 se presenta el cruce del Drenaje Canal Guaymaral con la obra proyectada, mostrando claramente que no existe ninguna interferencia ni alteración de la mancha de inundación para el período de retorno T_r de 100 años.

Las manchas de inundación obtenidas pueden ser consultadas **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce\3. Modelo hidrológico e hidráulico\Anexos\AnexoA_CartografiaShapefile**

7.4.6 Análisis sedimentológico del cauce

7.4.6.1 Características geológicas

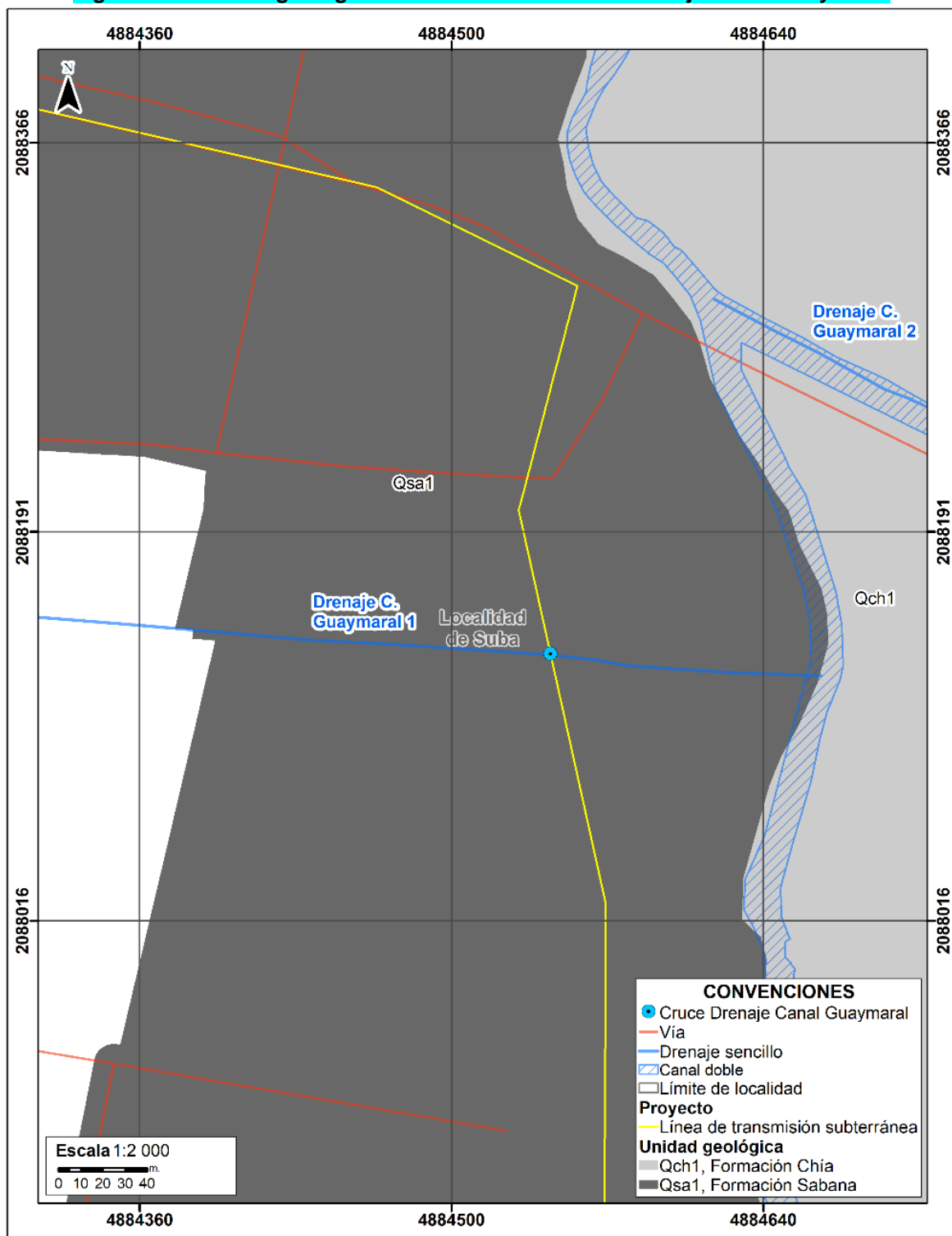
La ocupación de cauce hace parte de la unidad Formación Sabana (Q1Sa), la cual consiste principalmente de material fino, limos y arcillas de color grisáceo que conforman depósitos extensos, aterrazados y morfología ondulada a suavemente inclinada. Esta unidad se encuentra disectada por el río Bogotá y sus afluentes (Helmens & Van der Hammen, 1995). Data del Pleistoceno medio-superior (ver Figura 7-33 y Figura 7-34).

Figura 7-33 Material tomado del Drenaje Canal Guaymaral que hace parte de los depósitos de la Formación Sabana, composición textural identificada al tacto 85% limo y 15% arcilla




Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2023.

Figura 7-34 Unidad geológica en el sitio de cruce del Drenaje Canal Guaymaral



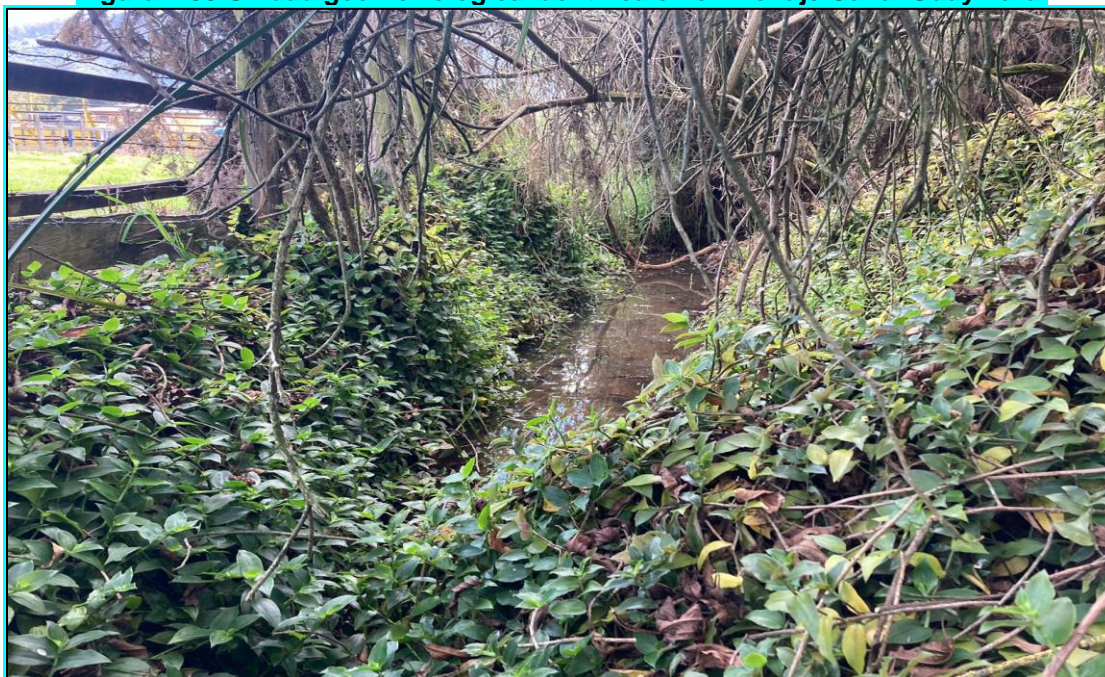
Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 71

7.4.6.2 Características geomorfológicas

La ocupación de cauce está relacionada localmente con la unidad geomorfológica Cauce aluvial o Cauce activo (Fca), caracterizado por su tipo de relieve plano, con índice de relieve relativo muy bajo. Esta geoforma corresponde a un canal de forma irregular, la cual ha sido generado por la sobre excavación de corrientes estacionales dentro de sedimentos aluviales. Pendientes planas a inclinadas entre 5° y 10° (ver Figura 7-35 y Figura 7-36).

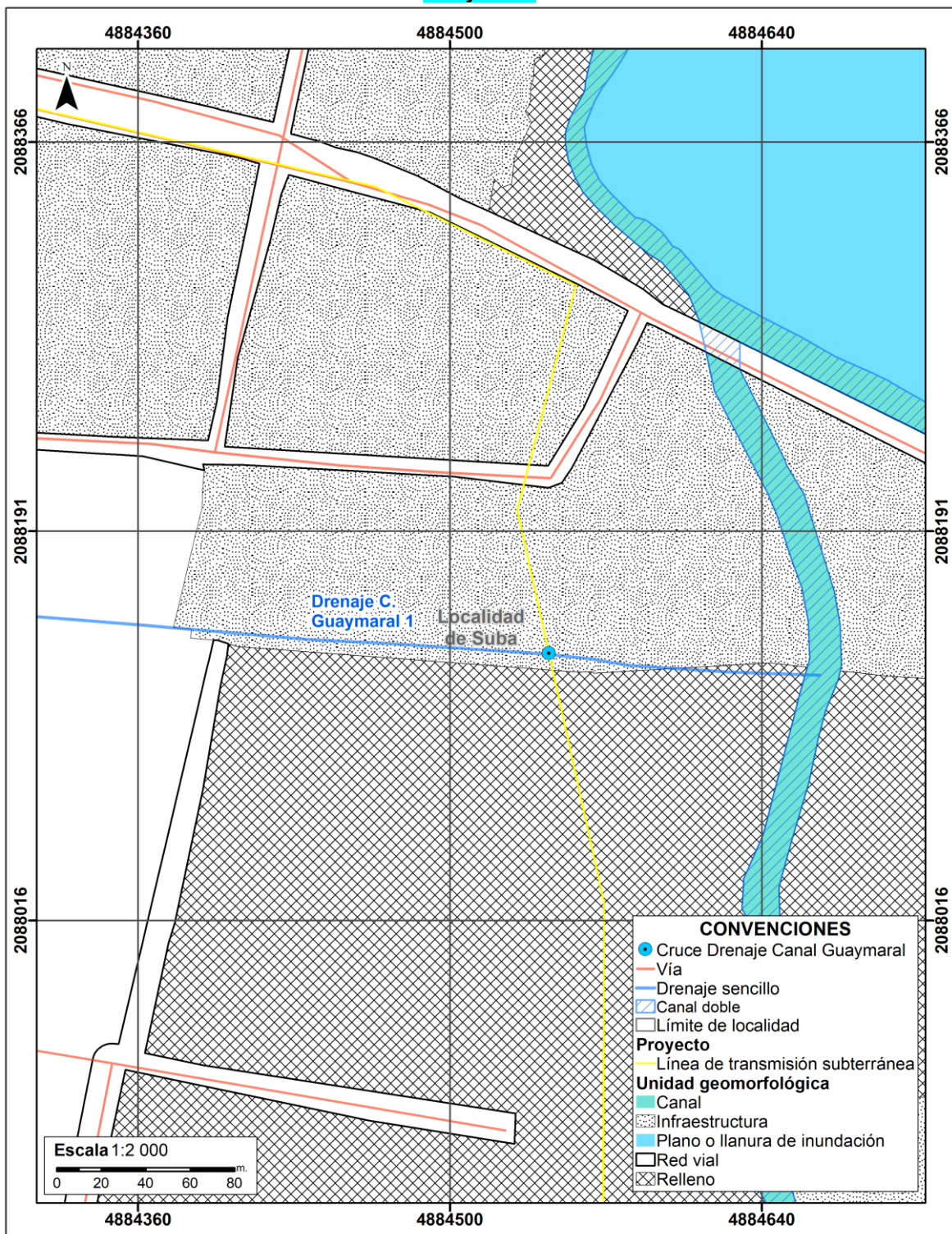
Figura 7-35 Unidad geomorfológica identifica en el Drenaje Canal Guaymaral




Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2023.

La forma de la trayectoria que desarrolla el Drenaje Canal Guaymaral en su recorrido es de tipo rectilíneo.

Figura 7-36 Unidad geomorfológica y tipo de drenaje en el sitio de cruce del Drenaje Canal Guaymaral



Fuente: Andina de Energía S.A.S., 2024.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 73

7.4.6.3 Características granulométricas

Para determinar la granulometría del material que conforma la ocupación de cauce, se tomó una muestra del fondo del canal, a partir de la cual se determinó la composición textural y posterior distribución de tamaños de las partículas de suelo a nivel porcentual.

Se empleó el método de ensayo de campo rápido de prueba de sacudimiento de la bola, dando como resultado una clase textural limosa con proporciones de limo del 85% y arcilla del 15%, siendo material fino con diámetros inferiores a los 0,05 mm, con base en la clasificación del USDA de las partículas según su tamaño. En **Anexos Cap_7, Ocupación_Cauce**4. Estudio de suelos se puede consultar los resultados obtenidos a partir de los sondeos de suelos

7.4.7 Características fisicoquímicas, microbiológicas e hidrobiológicas del Drenaje Canal Guaymaral


En los capítulos 5.1.7 Calidad del agua y 5.2.2. Eco. Acuáticos se incluye la caracterización del cuerpo de agua.

7.5 Aprovechamiento Forestal

El aprovechamiento forestal se entiende como la demanda de los individuos arbóreos inventariados en el censo forestal en el área de intervención del proyecto. La cual corresponde a la relacionada con la infraestructura, obras y actividades en donde se aprovechará el recurso forestal, estas son referentes al sitio de la subestación, postes, plazas de tendido, algunos vanos que requieren aprovechamiento por cumplimiento de las distancias de seguridad, zanjas, ductos y áreas de uso temporal para la línea de transmisión subterránea (áreas definitivas para la infraestructura y necesidades del proyecto).

El desarrollo de este capítulo se realiza de acuerdo con los lineamientos establecidos por los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TdR 17), se desarrolla el presente numeral, correspondiente al tema de demanda y uso de los recursos naturales del componente de flora arbórea, en el escenario de aprovechamiento forestal identificado para el área de intervención del proyecto, determinado por la construcción de obras necesarias para el desarrollo del proyecto. Los resultados son presentados en términos de volumen total y comercial para las diferentes infraestructuras del proyecto. Además, de los correspondientes tipos de cobertura y asumiendo que se encuentra bajo la jurisdicción de la secretaria Distrital de Ambiente-SDA., Bogotá D.C.

Para la actividad correspondiente al aprovechamiento forestal fue necesario ejecutar la evaluación del área de intervención del proyecto mediante censo forestal al cien por ciento (100%) de los individuos identificados, los cuales se encontraba en estado de desarrollo fustal (DAP mayor o igual 10 cm) y algunos que componente la categoría Latizal. Considerando qué, las áreas de intervención tienen lugar en áreas con presencia de coberturas intervenidas, o con suficiente área para la construcción y ejecución de las obras, el proyecto no requiere la intervención de individuos en la categoría brinzal. Los individuos

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 74

evaluados, cumplen con las características determinadas para las respectivas consideraciones de cálculo de volumen de aprovechamiento. La descripción detallada de la solicitud de aprovechamiento forestal se puede consultar en el Formulario Único Nacional de solicitud (FUN), en el **Anexo Cap 7.5 FUN**.

7.5.2 Descripción del aprovechamiento forestal por tipo de obra


A continuación, en la **Tabla 7-41** se indican las actividades que requieren la intervención del área de aprovechamiento forestal recurso forestal, de acuerdo con las actividades de construcción proyectadas.

Tabla 7-41 Actividades que requieren intervención

Actividad	Descripción
Despeje para construcción de Subestación	Corresponde al área definida para el levantamiento de la subestación donde es necesario el aprovechamiento forestal y despeje del área para las instalaciones de la Subestación Eléctrica y Líneas Asociadas. Para ello se realizó la revisión sobre un área de 0,50 ha. se identificaron 204 individuos para aprovechamiento.
Áreas para la adecuación de la zanja abierta, cajas de empalme y giro	Se incluyen en estas áreas, zonas constructivas de la Lt subterránea, que requieren la apertura de la zanja abierta, cajas de empalme y de giro para los conductores que se instalarán en la zanja. Para ellos, se validó la totalidad de las áreas de trabajo, la zanja y cajas, siendo en total el aprovechamiento de dos (2) individuos.
Adecuación de áreas de uso temporal	Comprende la remoción de la capa superficial, la extracción de todas las raíces, troncos y demás cobertura vegetal; comprendiendo de esta manera la intervención de cinco (5) individuos arbóreos sobre las plazas de tendido requeridas en el proyecto.
Despeje para la implementación de estructuras (postes) de la LT aérea	Corresponde a las áreas que comprenden la implementación de estructuras requeridas para el desarrollo del proyecto en sus líneas asociadas. Estas se componen postes y plazas de tendido. En total se proyectan un total de 32 postes, cada uno con un área de intervención asociada en la que se incluyen aquellas para el trabajo. Se requiere el aprovechamiento forestal de un total de 39 individuos
Despeje de áreas de servidumbre	Corresponde al aprovechamiento forestal y manejo de esta a través de actividades de aprovechamiento forestal o poda, presentes en aquellas áreas de acercamiento e incumplimiento de las distancias de seguridad, entre los conductores y la vegetación presente bajo los vanos del proyecto, ya sea en la franja de servidumbre y áreas aledañas que tienen riesgo de por caída de la vegetación a los conductores, ello interfiere con la construcción u operación del proyecto. Es de anotar, que esto se realizará dependiendo del tipo y altura de la vegetación, si la altura del espécimen alcanza niveles manejables que puedan afectar el tendido, se procederá a realizar la poda de los árboles que se ubican en áreas donde genere interferencia con maniobras civiles. En total, se proyecta una intervención de un total de 52 individuos para tala y 242 para poda .

Fuente: INGEDISA S.A., **2024**

En la Tabla 7-42 se muestran las porciones de área revisadas para la verificación de aprovechamiento forestal requerido para el desarrollo del proyecto “Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV”, obteniéndose que un total de **1,85** ha son

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 75

aquellas que requieren aprovechamiento forestal (área optimizada como parte del proceso de revisión y validación en el marco de la solicitud de información adicional), de un total de 4,51 ha aseguradas durante la fase del censo forestal (actividades de campo), es decir, se verificó la presencia de individuos arbóreos susceptibles a la intervención, además de aquellas áreas que han sufrido un cambio en la densidad arbórea que no requiere la intervención.

Tabla 7-42 Áreas verificadas para intervención mediante censo forestal y áreas de intervención del proyecto

Tipo de infraestructura	Área (ha)
Área de intervención revisada para las obras y actividades del proyecto	4,51
Área requerida para el aprovechamiento forestal	1,85

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Es importante aclarar, con respecto a la Tabla 7-42, que el valor indicado para el “área de intervención revisada para las obras y actividades del proyecto” asciende a 4,51 ha, toda vez que esta corresponde al área total verificada durante las actividades de campo para conocer los requerimientos de aprovechamiento forestal del proyecto. Esta área fue inspeccionada previo los requerimientos de información adicional y la optimización de las áreas de aprovechamiento forestal. Igualmente, se aclara que el área a intervenir por parte del proyecto corresponde a 2,617 ha, mientras que las áreas sujetas a aprovechamiento forestal son de 1,85 ha.

7.5.3 Metodología para el cálculo de volúmenes por área para aprovechamiento

Para realizar el cálculo del volumen total y comercial de los individuos arbóreos con objeto de aprovechamiento forestal presentes en las áreas de intervención del proyecto, el cálculo requiere de las siguientes variables: **DAP** (diámetro a la altura del pecho), **altura** (total y comercial) y el **Factor forma** el cual es, corresponde a 0,47 para efectos de las especies y experiencia en el territorio (Ver Ecuación 7-1 Ecuación para el cálculo del volumen forestal por individuo Ecuación 7-1).

Ecuación 7-1 Ecuación para el cálculo del volumen forestal por individuo

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h * f$$

Fuente: CARDER, 2013

Donde:

V: Volumen (m³)


d²: Diámetro (DAP) elevado al cuadrado (m)

h: Altura (m)

F: Factor forma (0,7) para eucalipto, (0,6) Coníferas y (0,47) Latifoliadas.

7.5.4 Aspectos legales

Teniendo en cuenta lo expuesto en el Decreto 1791 de 1996 y en sus definiciones

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 76

contenidas en artículo 5 hoy compilado en el Artículo 2.2.1.1.3.1, del Decreto 1076 del año 2015, se han establecido tres tipos de aprovechamiento forestal (Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de Colombia), estos corresponden a: aprovechamiento de tipo persistente, doméstico y único; este último siendo el tipo de aprovechamiento forestal identificado para el proyecto, considerando que el aprovechamiento forestal es necesario para llevar a cabo la intervención del área del proyecto en el proceso constructivo de la Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV, realizado por única vez, de acuerdo a la destinación de uso del suelo y por las razones de utilidad pública e interés social que recaen sobre la construcción de la subestación y líneas asociada.

7.5.5 Volumen de aprovechamiento forestal en la construcción de la Subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV


Seguidamente, se enuncian los resultados obtenidos para el cálculo del volumen total de 76,82 m³ y comercial aprovechable de 29,79 m³, según el requerimiento de área para las obras constructivas contempladas para el desarrollo del proyecto: Construcción de la subestación eléctrica Guaymaral y sus líneas de transmisión a 115 kV. El área total de donde se prevé el aprovechamiento forestal es de 1,85 ha.

7.5.6 Volúmenes para las especies identificadas por tipo de cobertura para el censo forestal – fustales

A continuación, se presentan los resultados a partir de la información obtenida en el censo forestal necesaria para determinar el volumen de aprovechamiento forestal. Se identificaron para el Censo forestal (ver Tabla 7-43) un total de trescientos dos (302) individuos arbóreos en la categoría fustal y latizal, los cálculos se pueden ver en el **Anexo/cap7.5/Base de datos**. Es importante resaltar que dentro del predio de la subestación se identificaron 3 individuos de la especie *Carica pubescens* (Papayuelo), y de acuerdo con la Resolución Conjunta 001 de 2017, esta especie no requiere de permiso para su aprovechamiento.

Tabla 7-43 Individuos identificados en el área de intervención para aprovechamiento forestal

Especie	Nombre común	Familia	No. Individuos	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
<i>Pittosporum undulatum</i>	Laurel huesito	Pittosporaceae	90	5,51	1,21
<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	Viburnaceae	63	8,74	2,65
<i>Lafoensia acuminata</i>	Guayacan de Manizales	Lythraceae	35	18,69	8,59
<i>Senna viarum</i>	Alcaparro	Fabaceae	21	3,36	0,85
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Salicaceae	12	17,69	7,97
<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Melastomataceae	10	0,27	0,06
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Betulaceae	9	2,63	0,78
<i>Inga cf. edulis</i>	Guamo santafereño	Fabaceae	9	5,79	2,28
<i>Cotoneaster pannosus</i>	Holly liso	Rosaceae	7	0,13	0,00
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauraceae	7	0,26	0,02
<i>Fuchsia boliviana</i>	Arete zarcillo	Onagraceae	5	0,01	0,00
<i>Escallonia pendula</i>	Mangle de tierra fria	Escalloniaceae	4	4,51	2,45


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 77

Especie	Nombre común	Familia	No. Individuos	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arboloco	Asteraceae	4	0,05	0,00
<i>Tecoma stans</i>	Chicala	Bignoniaceae	4	0,67	0,32
<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Cajeto	Verbenaceae	3	0,23	0,09
<i>Escallonia paniculata</i>	Tibar	Escalloniaceae	3	4,27	0,77
<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia negra	Fabaceae	2	0,91	0,34
<i>Cupressus lusitanica</i>	Pino cipres	Cupressaceae	2	1,91	0,85
<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	Oleaceae	2	0,00	0,00
<i>Acacia decurrens</i>	Acacia gris	Fabaceae	1	0,59	0,36
<i>Baccharis latifolia</i>	Chilco	Asteraceae	1	0,04	0,00
<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	Papaveraceae	1	0,04	0,00
<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	Piperaceae	1	0,05	0,00
<i>Platycladus orientalis</i>	Pino libro	Cupressaceae	1	0,00	0,00
<i>Schinus molle</i>	Falso pimienta	Anacardiaceae	1	0,01	0,00
<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de arbol	Solanaceae	1	0,00	0,00
<i>Morella pubescens</i>	Aromo	Myricaceae	1	0,03	0,00
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	Eugenia	Myrtaceae	1	0,00	0,00
<i>Delostoma integrifolium</i>	Chicala rosado	Bignoniaceae	1	0,41	0,21
Total			302	76,82	29,79

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Como se describe en la anterior tabla la especie con mayor demanda de aprovechamiento forestal es el Laurel huesito (*Pittosporum undulatum*), con 90 individuos y un volumen total de 5,51 m³, seguida de las especies Sauco (*Sambucus nigra*) con 63 individuos y un volumen total 8,74 m³, seguida de la especie de Guayacán de Manizales (*Lafoensia acuminata*) con 35 individuos, y un volumen total de 18,69 m³.

Seguidamente, se evidencia el registro fotográfico correspondiente a las actividades desarrolladas en campo para el censo forestal en las áreas de intervención del proyecto.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 78

Fotografía 7-3 Marcado y registro de variables dasométricas de individuos fustales en el área de intervención



Municipio: Bogotá DC
Coordenadas: E 4884527.49 N 2086291.61
Fuente: INGEDISA S.A, 2023

En la siguiente Tabla 7-44 se indican los resultados de los volúmenes de aprovechamiento forestal obtenidos por tipo de cobertura y ecosistema para las especies registradas en el censo forestal en el área de intervención del proyecto.

Tabla 7-44 Volumen de aprovechamiento forestal para las especies identificadas en el área determinada para la intervención de la Subestación eléctrica y líneas asociadas


Clasificación Cob	Cobertura tierra CLC	Especie	Nombre común	Familia	No. Ind.	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
	Zonas industriales o comerciales	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilco	Asteraceae	1	0,04	0,00
		<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	Papaveraceae	1	0,04	0,00
		<i>Cupressus lusitanica</i>	Pino cipres	Cupressaceae	2	1,91	0,85
		<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Cajeto	Verbenaceae	2	0,08	0,02
		<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	Oleaceae	2	0,00	0,00
		<i>Fuchsia boliviana</i>	Arete zarcillo	Onagraceae	4	0,00	0,00
		<i>Lafoensia acuminata</i>	Guayacan de Manizales	Lythraceae	18	7,17	3,69
		<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauraceae	7	0,26	0,02
		<i>Pittosporum undulatum</i>	Laurel huesito	Pittosporaceae	70	1,69	0,40
		<i>Platycladus orientalis</i>	Pino libro	Cupressaceae	1	0,00	0,00
		<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Melastomataceae	9	0,18	0,03
		<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Salicaceae	5	3,34	1,21
		<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	Viburnaceae	58	8,11	2,65
		<i>Senna viarum</i>	Alcaparro	Fabaceae	19	2,93	0,80

Clasificación Cob	Cobertura tierra CLC	Especie	Nombre común	Familia	No. Ind.	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
Territorios articializados		<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arboloco	Asteraceae	4	0,05	0,00
		<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de arbol	Solanaceae	1	0,00	0,00
		<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	Eugenia	Myrtaceae	1	0,00	0,00
		<i>Delostoma integrifolium</i>	Chicala rosado	Bignoniaceae	1	0,41	0,21
	Total Zonas industriales o comerciales				206	26,23	9,87
	Zonas verdes urbanas	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia gris	Fabaceae	1	0,59	0,36
		<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia negra	Fabaceae	2	0,91	0,34
		<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Betulaceae	9	2,63	0,78
		<i>Cotoneaster pannosus</i>	Holly liso	Rosaceae	7	0,13	0,00
		<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Cajeto	Verbenaceae	1	0,15	0,07
		<i>Escallonia pendula</i>	Mangle de tierra fria	Escalloniaceae	4	4,51	2,45
		<i>Fuchsia boliviana</i>	Arete zarcillo	Onagraceae	1	0,00	0,00
		<i>Inga cf. edulis</i>	Guamo santafereño	Fabaceae	9	5,79	2,28
		<i>Lafoensia acuminata</i>	Guayacan de Manizales	Lythraceae	17	11,52	4,89
		<i>Piper bogotense</i>	Cordoncillo	Piperaceae	1	0,05	0,00
		<i>Pittosporum undulatum</i>	Laurel huesito	Pittosporaceae	20	3,82	0,81
		<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Melastomataceae	1	0,08	0,03
		<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Salicaceae	7	14,36	6,76
		<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	Viburnaceae	5	0,63	0,00
		<i>Schinus molle</i>	Falso pimienta	Anacardiaceae	1	0,01	0,00
		<i>Senna viarum</i>	Alcaparro	Fabaceae	2	0,42	0,06
		<i>Tecoma stans</i>	Chicala	Bignoniaceae	4	0,67	0,32
		<i>Morella pubescens</i>	Aromo	Myricaceae	1	0,03	0,00
		<i>Escallonia paniculata</i>	Tibar	Escalloniaceae	3	4,27	0,77
Total Zonas verdes urbanas				96	50,59	19,92	
Total				302	76,82	29,79	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Según los resultados obtenidos para el cálculo de volumen total y conforme con lo planteado para el aprovechamiento forestal, se identificó que la cobertura que mayormente requiere intervención por aprovechamiento forestal **corresponde a Zonas industriales o comerciales**, en esta, es necesario el aprovechamiento de un total **de 206 individuos**, cuyo volumen total y comercial **corresponde a 26,23 m³ y 9,87m³**. Le sigue entonces, la cobertura de Zonas verdes urbanas, con 96 individuos, volumen total y comercial igual a 50,59 m³ y 19,92 m³.


Ahora bien, para los resultados que tienen relación a la unidad territorial donde tiene objeto la presente solicitud de aprovechamiento forestal, como que se presenta en la Tabla 7-45, este se distribuye en la localidad de Suba y Usaquén, siendo Usaquén, con dos barrios

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 80

(Tibabita rural y Torca I), la unidad territorial donde se encontró la menor necesidad de aprovechamiento forestal, con un volumen total y comercial de 38,30 m³ y 16,27m³ representados en 66 individuos. Por su parte, la localidad de Suba tiene la mayor cantidad de individuos y el mayor volumen a demandar. En cuanto a la localidad de Suba, se requiere el aprovechamiento forestal de 38,51 m³ de volumen total, y 13,52 m³ de volumen comercial, en un total de 236 individuos.

Tabla 7-45 Volumen de aprovechamiento forestal por unidad territorial


Localidad	Barrio	Especie	Nombre común	Familia	No. Ind	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
SUBA	CASABLANCA SUBA URBANO	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia negra	Fabaceae	1	0,05	0,02
		<i>Alnus acuminata</i>	Aliso	Betulaceae	5	1,39	0,36
		<i>Baccharis latifolia</i>	Chilco	Asteraceae	1	0,04	0,00
		<i>Bocconia frutescens</i>	Trompeto	Papaveraceae	1	0,04	0,00
		<i>Cotoneaster pannosus</i>	Holly liso	Rosaceae	1	0,02	0,00
		<i>Cupressus lusitanica</i>	Pino cipres	Cupressaceae	2	1,91	0,85
		<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Cajeto	Verbenaceae	2	0,08	0,02
		<i>Fraxinus chinensis</i>	Urapan	Oleaceae	2	0,00	0,00
		<i>Fuchsia boliviana</i>	Arete zarcillo	Onagraceae	4	0,00	0,00
		<i>Inga cf. edulis</i>	Guamo santaferoño	Fabaceae	1	0,34	0,14
		<i>Lafoensia acuminata</i>	Guayacan de Manizales	Lythraceae	23	11,01	5,66
		<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauraceae	7	0,26	0,02
		<i>Pittosporum undulatum</i>	Laurel huesito	Pittosporaceae	75	2,39	0,45
		<i>Platycladus orientalis</i>	Pino libro	Cupressaceae	1	0,00	0,00
		<i>Prunus serotina</i>	Cerezo	Melastomataceae	9	0,18	0,03
		<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce	Salicaceae	8	7,00	1,93
		<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	Viburnaceae	62	8,63	2,65
		<i>Schinus molle</i>	Falso pimienta	Anacardiaceae	1	0,01	0,00
		<i>Senna viarum</i>	Alcaparro	Fabaceae	20	3,14	0,85
		<i>Smallanthus pyramidalis</i>	Arboloco	Asteraceae	4	0,05	0,00
		<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de arbol	Solanaceae	1	0,00	0,00
		<i>Tecoma stans</i>	Chicala	Bignoniaceae	2	0,27	0,14
		<i>Escallonia paniculata</i>	Tibar	Escalloniaceae	1	1,26	0,19
		<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	Eugenia	Myrtaceae	1	0,00	0,00
		<i>Delostoma integrifolium</i>	Chicala rosado	Bignoniaceae	1	0,41	0,21

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 81

Localidad	Barrio	Especie	Nombre común	Familia	No. Ind	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
	Total CASABLANCA SUBA URBANO				236	38,51	13,52
Total Suba					236	38,51	13,52
USAQUÉN	TIBABITA RURAL	Lafoensia acuminata	Guayacan de Manizales	Lythraceae	5	1,07	0,30
		Salix humboldtiana	Sauce	Salicaceae	1	0,57	0,14
	Total TIBABITA RURAL				6	1,64	0,44
	TORCA I	Acacia decurrens	Acacia gris	Fabaceae	1	0,59	0,36
		Acacia melanoxylon	Acacia negra	Fabaceae	1	0,86	0,32
		Alnus acuminata	Aliso	Betulaceae	4	1,24	0,42
		Cotoneaster pannosus	Holly liso	Rosaceae	6	0,11	0,00
		Cytharexylum subflavescens	Cajeto	Verbenaceae	1	0,15	0,07
		Escallonia pendula	Mangle de tierra fria	Escalloniaceae	4	4,51	2,45
		Fuchsia boliviana	Arete zarcillo	Onagraceae	1	0,00	0,00
		Inga cf. edulis	Guamo santafereño	Fabaceae	8	5,45	2,13
		Lafoensia acuminata	Guayacan de Manizales	Lythraceae	7	6,61	2,63
		Piper bogotense	Cordoncillo	Piperaceae	1	0,05	0,00
		Pittosporum undulatum	Laurel huesito	Pittosporaceae	15	3,11	0,76
		Prunus serotina	Cerezo	Melastomataceae	1	0,08	0,03
		Salix humboldtiana	Sauce	Salicaceae	3	10,12	5,90
		Sambucus nigra	Sauco	Viburnaceae	1	0,12	0,00
		Senna viarum	Alcaparro	Fabaceae	1	0,22	0,00
		Tecoma stans	Chicala	Bignoniaceae	2	0,39	0,18
		Morella pubescens	Aromo	Myricaceae	1	0,03	0,00
		Escallonia paniculata	Tibar	Escalloniaceae	2	3,01	0,58
	Total TORCA I				60	36,66	15,83
	Total Usaquéen				66	38,30	16,27
Total				302	76,82	29,79	

Fuente: INGEDISA S.A., 2024

Respecto a los resultados obtenidos, para el total de área de intervención, en la cual se contienen las áreas de aprovechamiento forestal, es posible apreciar en la [Tabla 7-46](#) el volumen requerido, número de individuos y cobertura asociada, no menos importante el tipo de obra por el cual se adelanta la presente solicitud de aprovechamiento forestal.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 82


De manera general, se aprecia que, la línea de transmisión subterránea requiere un aprovechamiento de dos (2) individuos, de la especie *Cupressus lusitanica* (Pino ciprés), con volumen total y comercial de 1,91 m³ y 0,85 m³ respectivamente, los cuales están ubicados uno sobre el eje de la línea subterránea caja 2, y el otro sobre el espacio de tendido, zona para maniobra, esta sería el área que requiere menor intervención por aprovechamiento forestal, contemplando que se distribuye mayormente sobre zonas con coberturas que registran una alta intervención, con baja presencia de individuos de tipo arbóreo. Por su parte, en el área donde se emplazará la subestación, se presenta el mayor número y volumen a demandar, en esta área se requiere un total de 204 individuos arbóreos con un volumen total de 24,32 m³ y comercial de 9,02 m³.

El contraste con el anterior resultado corresponde a los individuos solicitados para aquellas áreas bajo los vanos que requieren un manejo diferencial, debido al acercamiento que tienen los conductores justamente en aquellas zonas en las que no se cumplen las distancias de seguridad para la construcción y operación de la línea de transmisión, en necesario entonces un aprovechamiento forestal de 52 individuos con volumen total y comercial de 39,51 m³ y 16,79 m³. Por lo anterior, se precisa que, para estas zonas, si bien se solicita un aprovechamiento forestal de los individuos, se establen medidas de manejo claras que buscan la mitigación de los impactos asociados a la actividad de aprovechamiento forestal, considerando el uso de podas que permitan la armonía entre los conductores de la línea de transmisión aérea y la vegetación arbórea.

La información del censo y aprovechamiento forestal, además de las particularidades de la vegetación que requiere un manejo específico por podas se encuentra dentro de los anexos en la ruta **Anexos, Cap 7.5 Base de datos**, además, se menciona la prioritariamente este tratamiento en las fichas entregadas para cada uno de los individuos objeto de la presente solicitud. **Anexos, Cap 7.5 Fichas SDA**. Referente al Código SIGAU, considerando que los puntos del censo forestal y la información de este sistema viene de una información cartográfica levantada con instrumentos de captura ágil, no es posible asociarse uno al otro, lo cual, es justificable en términos de imposibilidad de la correspondencia cartográfica total; la presencia de datos que asocian parámetros similares entre unos puntos y otros, por ejemplo, un solo punto puede corresponder con la especie, pero esta especie está tiene diferentes repeticiones que no se pueden asociar a este.

Tabla 7-46 Volumen total y comercial por tipo de obra para el aprovechamiento de fustales a intervenir para el proyecto

Tipo de obra del proyecto	Cobertura tierra CLC	No. Individuos	Vol. T (m3)	Vol. C (m3)
Plaza de tendido	Zonas verdes urbanas	5	0,88	0,16
Total Plaza de tendido		5	0,88	0,16
Poste	Zonas verdes urbanas	39	10,20	2,96
Total Poste		39	10,20	2,96
Subestación	Zonas industriales o comerciales	204	24,32	9,02
Total Subestacion		204	24,32	9,02
Vano	Zonas verdes urbanas	52	39,51	16,79
Total Vano		52	39,51	16,79
la Lt subterránea	Zonas industriales o comerciales	2	1,91	0,85

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 83

Total la Lt subterránea	2	1,91	0,85
Total general	302	76,82	29,79

Fuente: INGEDISA S.A., 2024


7.5.7 Relación de individuos afectados por podas

La actividad silvicultural de poda se encuentra relacionada con dar el manejo a individuos de tipo arbóreo que pueden verse afectados en la ejecución y obra del proyecto. Por esta razón, se consigna este tratamiento silvicultural en el Anexo K.04.03 Formulación de recolección de información silvicultural por individuo – ficha 1-, aquellos individuos que puedan ser objeto de manejo de poda, ya sea de tipo radicular o de copa, en el transcurso de ejecución de obra del proyecto.

7.5.8 Destinación de los productos forestales

En cuanto a la destinación de los productos forestales parte de los lineamientos y el manejo establecidos en el Capítulo 10.1.1 Plan de manejo ambiental del presente estudio, indicada dentro del Programa de manejo de la cobertura vegetal y denominada como: Ficha MB-01 Manejo de remoción de cobertura vegetal, descapote y MB-02 Manejo del aprovechamiento forestal y poda, permitiendo dar un manejo de forma adecuada a los productos forestales resultantes según lo indicado por ENEL COLOMBIA E.S.P y la empresa contratista que realice el aprovechamiento forestal.

Su manejo se ejecutará inicialmente dentro de la fase de construcción, los residuos generados en obra, que presenten dimensiones óptimas y que puedan ser reutilizados, se donarán a la comunidad, en el dado caso que sean requeridos, realizando el registro en acta del volumen entregado y, para los casos en que los residuos no cuentan con las características para ser aprovechados en la obra o comunidad se procederá a la reducción de estos, para luego apilarlos con el fin de ser dispuestos por terceros autorizados, que se encargaran de su transporte, en este caso el usuario para movilizar los residuos productos del aprovechamiento forestal, deberá tramitar con anterioridad ante la autoridad competente el debido salvoconducto único nacional (SUN), atendiendo las disposiciones de la Resolución 438 de 2001 o aquella que la modifique, sustituya o derogue, estos residuos deben disponerse de acuerdo con lo indicado en la ficha correspondiente, denominada como: MAB-03 Manejo de residuos sólidos, peligrosos, especiales y líquidos, para el presente estudio en su Capítulo 10.1.1 Plan de manejo ambiental. Referido a ello, estos residuos son considerados como de tipo no peligrosos y para su disposición final, de acuerdo con lo indicado para este tipo de residuos, el contratista encargado de la ejecución del proyecto deberá hacer uso de los servicios de un tercero autorizado que este en la capacidad de llevar a cabo esta actividad de la disposición de los residuos. De esta manera, las acciones relativas se encuentran contenidas dentro del Instructivo IN551 Control Ambiental para la Gestión de Arbolado (Versión 2) y la ES009 Ambiental para la Gestión de Arbolado.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 84

7.5.9 Especies en categoría de amenaza, veda, o endémicas identificadas en el inventario forestal

Con el fin de identificar una posible categoría de amenaza, veda o endemismo de las especies identificadas en el área de intervención del proyecto, Por este motivo se consultó la normatividad vigente: MADS Resolución 1912 de 2017, las correspondientes vedas regionales indicadas por la Corporación Autónoma Regional, CAR y los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) , así como de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) donde se hace especial énfasis sobre las especies que poseen diferentes estados de amenaza y que así mismo merecen especial atención sobre su protección. De acuerdo con lo anterior, se realizó la evaluación de las especies objeto de aprovechamiento forestal en las categorías de clasificación planteadas, donde se identificó en el registro en el listado CITES una especie, en cuanto al registro de la UICN: en preocupación menor (LC) 27 especies, una especie como casi amenazada (NT), y dos (2) en categoría Vulnerable (V). Para el listado de especies contenido en la resolución MADS 1912 de 2017, se identifican dos especies, finalmente en categoría y/o estado de veda, correspondientes a *Quercus humboldtii* (Roble) y *Retrophyllum rospigliosii* (Pino romerón), de acuerdo con lo contenido en las Resoluciones 0316 de 1974 y Resolución 2132 de 1975 emitidas por el INDERENA, como puede observarse en la [Tabla 7-47](#).

Tabla 7-47 Listado de las especies identificadas con algún grado de amenaza dentro del censo forestal para el aprovechamiento forestal y poda con su estado

Especie	Familia	N. Común	CITES	UICN	MADS	VEDA	No. Ind
<i>Alnus acuminata</i>	Betulaceae	Aliso		Preocupación Menor (LC)			31
<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae	Chilco		Preocupación Menor (LC)			2
<i>Bocconia frutescens</i>	Papaveraceae	Trompeto		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Cedrela montana</i>	Meliaceae	Cedro	Apéndice II	Vulnerable (VU)			17
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cupresaceae	Pino cipres		Preocupación Menor (LC)			2
<i>Cytharexylum subflavescens</i>	Verbenaceae	Cajeto		Preocupación Menor (LC)			9
<i>Delostoma integrifolium</i>	Bignoniaceae	Chicala rosado		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Escallonia paniculata</i>	Escalloniaceae	Tibar		Preocupación Menor (LC)			5
<i>Escallonia pendula</i>	Escalloniaceae	Mangle de tierra fría		Preocupación Menor (LC)			6
<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Eucalipto común		Preocupación Menor (LC)			2
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	Myrtaceae	Eugenia		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Ficus elastica</i>	Moraceae	Caucho sabanero		Preocupación Menor (LC)			5
<i>Fraxinus chinensis</i>	Oleaceae	Urapán		Preocupación Menor (LC)			2
<i>Fuchsia boliviana</i>	Onagraceae	Arete zarcillo		Preocupación Menor (LC)			7
<i>Inga cf. edulis</i>	Fabaceae	Guamo santaferño		Preocupación Menor (LC)			17

Especie	Familia	N. Común	CITES	UICN	MADS	VEDA	No. Ind
<i>Lafoensia acuminata</i>	Lythraceae	Guayacán de Manizales		Preocupación Menor (LC)			74
<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Laurel		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Altingiaceae	Liquidambar		Preocupación Menor (LC)			2
<i>Morella pubescens</i>	Myricaceae	Aromo		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Aguacate		Preocupación Menor (LC)			7
<i>Piper bogotense</i>	Piperaceae	Cordoncillo		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Platycladus orientalis</i>	Cupressaceae	Pino libro		Casi Amenazada (NT)			1
<i>Prunus serotina</i>	Rosaceae	Cerezo		Preocupación Menor (LC)			13
<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	Roble		Preocupación Menor (LC)		Nacional	1
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	Podocarpaceae	Pino romeron		Vulnerable (VU)		Nacional	5
<i>Salix humboldtiana</i>	Salicaceae	Sauce		Preocupación Menor (LC)			51
<i>Sambucus nigra</i>	Viburnaceae	Sauco		Preocupación Menor (LC)			64
<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Falso pimiento		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Symplocos theiformis</i>	Symplocaceae	Té de Bogotá		Preocupación Menor (LC)			1
<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	Chicala		Preocupación Menor (LC)			27

Fuente: INGEDISA S.A., 2023


Las especies que registran en estado de veda nacional, correspondientes a *Quercus humboldtii* (Roble) y *Retrophyllum rospigliosii* (Pino romenrón), tienen como objetivo de manejo la mitigación y compensación, siendo viabilizada la mitigación a través de la evaluación *in-situ* durante la construcción, además de la potencial implementación de podas que permitan la armonización y permanencia del individuo y el proyecto.

En cuanto a la compensación, como bien se presenta en el Plan de manejo del presente estudio de impacto ambiental, se propone la compensación 1 a 10 de los individuos que finalmente sean aprovechados durante la fase constructiva del proyecto.

- **Afectación de las especies vasculares y no vasculares en veda nacional**

Partiendo de la Resolución 0213, dictada por el (INDERENA, 1997)¹², la cual es ampliamente reconocida por imponer restricciones a nivel nacional sobre la explotación, transporte y comercio de una variedad de especies, entre las que se encuentran musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches, orquídeas, lama, capote y broza. Estas especies son oficialmente designadas como plantas y productos protegidos, marcando así un hito en la regulación ambiental para su preservación. En el contexto del proyecto, que afecta especies

¹² INDERENA. (1997). *Resolucion 0213, por la cual se establece la veda nacional* .

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 86

vasculares como Bromelias y Orquídeas, se proponen medidas de manejo como el rescate, traslado y reubicación, para el caso de las especies vasculares. Asimismo, para las especies no vasculares, se aplicarán medidas de retribución mediante la rehabilitación ecológica de un área, teniendo en cuenta el factor de retribución con respecto a las áreas de intervención. Estas medidas están alineadas con las sugerencias de la metodología para la caracterización de flora en veda (MADS, 2019)¹³ y la Circular No.00016 del (ANLA, 2019)¹⁴ así como el instrumento ambiental "Cálculo del área de retribución por afectación a especies no vasculares y líquenes en veda y sus criterios de evaluación" (ANLA, 2022)¹⁵

Por lo cual, en este apartado, se aborda la necesidad de intervenir especies de flora silvestre que están restringidas para su aprovechamiento, según regulaciones nacionales. Se proporciona información técnica de respaldo para la imposición de medidas destinadas a la conservación de especies de flora silvestre sujetas a la veda.

7.5.10 Afectación de las especies vasculares de hábito epífito, terrestre y/o rupícola

Basándonos en la detallada caracterización llevada a cabo en las áreas de intervención correspondientes al componente de líquenes y flora con hábitos epífitos, terrestres y otros, se ha logrado discernir la presencia de especies vasculares sujetas a veda nacional, entre las que se incluyen orquídeas y bromelias. Estas especies, posiblemente, se verán amenazadas por las actividades planificadas, tales como la remoción de la cobertura vegetal y el aprovechamiento forestal de los individuos arbóreos en los polígonos destinados a la construcción del proyecto en cuestión.

En este contexto, en la Tabla 7-48 se presentan las especies identificadas, donde se pueden identificar las cinco (5) especies,

Tabla 7-48 Especies vasculares en veda nacional registradas en la caracterización

Grupo	Familia	Nombre científico
Vascular	Bromeliaceae	<i>Tillandsia biflora</i>
		<i>Tillandsia fendleri</i>
	Orchidaceae	<i>Epidendrum porquerense</i>
		<i>Epidendrum sp.</i>
		<i>Epidendrum sp. 1</i>


Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Por ende, en el marco del componente biótico descrito en el **Capítulo 10.1.1.2 PMA Medio Biótico, Programa de manejo de la cobertura vegetal, Ficha MB-03 Manejo de especies vasculares epífitas y con otros hábitos de crecimiento en veda nacional**, se proponen diversas medidas destinadas al rescate, traslado y reubicación de los individuos y/o colonias de orquídeas y bromelias identificadas en los polígonos de intervención (bajo veda nacional). El propósito de estas acciones es mitigar los impactos negativos y preservar el acervo genético de estas especies

¹³ MADS. (2019). Circular MADS 8201-2-2378, por lo cual dicán las directrices las el estudio de la flora en veda nacional

¹⁴ ANLA. (2019). Circular No.00016 del 31 de diciembre de 2019

¹⁵ ANLA, (2022). Circular N° 00002, Implementación de instrumentos técnicos en el marco del nuevo modelo de licenciamiento ambiental para proyectos, obras y/o actividades de competencia de la ANLA. 21 de abril de 2022

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 87

El enfoque central de estas medidas reside en la ejecución de prácticas responsables que permitan la continuidad de las actividades de construcción en cada polígono correspondiente, una vez liberado de las restricciones del componente biótico, que abarca tanto la fauna como la flora. El rescate, traslado y reubicación de estas especies en áreas designadas para su conservación garantizará no solo la supervivencia de las mismas, sino también la preservación de su diversidad genética, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo de la biodiversidad local.

7.5.11 Afectación de las especies no vasculares de hábito epífita, terrestre y/o rupícola


Por su parte, la diversidad de las especies no vasculares en veda nacional fue mucho mayor en este grupo (en comparación con las vasculares en veda nacional), ya que fueron registradas un total de 19 especies, entre líquenes, hepáticas y musgos; dichos taxones se verán afectados por la remoción de la cobertura vegetal y el aprovechamiento forestal de los forófitos, ya que son especies muy sensibles a los cambios, así las cosas en la Tabla 7-49, se puede apreciar el listado de las especies registradas en el área del proyecto

Tabla 7-49 Especies no vasculares en veda nacional registradas en la caracterización

Grupo	Familia	Nombre científico
Hepática	Frullaniaceae	<i>Frullania rio-janeirensis</i>
	Metzgeriaceae	<i>Metzgeria lindbergii</i>
Liquen	Caliciaceae	<i>Buellia sp</i>
	Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>
	Opegraphaceae	<i>Opegrapha sp. 1</i>
		<i>Opegrapha sp.2</i>
	Parmeliaceae	<i>Flavopunctelia flaventior</i>
		<i>Parmotrema reticulatum</i>
		<i>Usnea sp</i>
	Ramalinaceae	<i>Ramalina celastri</i>
	Roccellaceae	<i>Dichosporidium nigrocinctum</i>
	Teloschistaceae	<i>Teloschistes exilis</i>
		<i>Xanthoria parietina</i>
Musgo	Bryaceae	<i>Bryum argenteum</i>
	Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>
	Hypnaceae	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i>
	Leskeaceae	<i>Leskeadelphus angustatus</i>
	Neckeraceae	<i>Neckera chilensis</i>
	Pottiaceae	<i>Syntrichia papillosa</i>

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Debido a las intervenciones del hábitat de epífitas no vasculares y en conformidad con las directrices establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, que enfatizan la necesidad de implementar acciones de compensación para restaurar el hábitat de estas especies, se reconoce la dificultad de llevar a cabo el rescate y traslado de líquenes, hepáticas y musgos. En respuesta a esta limitación, se propone una estrategia de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 88

rehabilitación mediante la siembra de árboles en un área de 0,048 hectáreas¹⁶, con el objetivo de fomentar la creación de nuevos hábitats propicios para la colonización de estas especies no vasculares.

Esta propuesta, detallada en el Ver **Capítulo 10.1.1.2 PMA Medio Biótico, Programa de manejo de la cobertura vegetal, Ficha MB-05 Manejo de especies no vasculares epífitas y con otros hábitos de crecimiento en veda nacional**, busca abordar de manera integral la conservación de la biodiversidad. La siembra de árboles se plantea como una medida efectiva para restablecer y crear entornos propicios que faciliten la colonización y el desarrollo de las especies no vasculares afectadas por las actividades del proyecto.

Este enfoque de rehabilitación no solo cumple con los requisitos normativos, sino que también contribuye a la promoción de la diversidad biológica, generando condiciones adecuadas para el establecimiento y crecimiento de estas especies en áreas impactadas


7.6 Recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad

Conforme a los lineamientos establecidos en los Términos de Referencia para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en proyectos de energía eléctrica (TdR-07) (MADS, 2018) y en proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica (TdR-017) por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018) la realización de actividades que involucren la recolección de especímenes de la biodiversidad durante la implementación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) aprobado por la autoridad ambiental exige la obtención previa de un permiso de recolección.

Sin embargo, en la Circular Externa No. 00001, emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, 2022) precisa la aplicación en el marco del licenciamiento ambiental de las actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, en consecuencia y según la interpretación normativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, tal como se detalla en la Circular Externa No. 00001 (Ver **Anexos, Cap 7, Circular Externa No. 00001**), cuando se requiere la recolección de especímenes con fines de manejo en proyectos que se encuentran en la fase de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o en la etapa de evaluación, no se debe incluir la solicitud de un permiso. En su lugar, se deben incorporar medidas de manejo específicas en el EIA (Tales medidas se encuentran en el capítulo 10.1.1 Plan de Manejo Ambiental). Estas medidas deben abordar aspectos relacionados con la prevención, mitigación, corrección y/o compensación, según sea necesario, derivados de los procesos de captura, remoción o extracción temporal o definitiva de especímenes de la diversidad biológica durante la ejecución del proyecto, obra o actividad.

En el capítulo 10 Plan de Manejo Ambiental (PMA), se identifican las actividades específicas de recolección o manipulación de individuos durante las fases de construcción y/o operación del proyecto. Estas proporcionan una visión detallada de las acciones planificadas para gestionar la interacción con la biodiversidad en diferentes etapas del proyecto. Esta

¹⁶ Valor calculado según los términos de referencia para el componente de veda nacional, teniendo presente el tamaño de las áreas de intervención y las áreas a retribuir

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 89

conexión directa entre el PMA y las operaciones prácticas del proyecto refuerza la coherencia y efectividad de las estrategias diseñadas para minimizar el impacto sobre la diversidad biológica. Además, facilita la identificación de las acciones preventivas, correctivas o compensatorias necesarias en el caso de intervenciones que involucren la recolección o manipulación de individuos.

7.7 Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas son salidas de sustancias al medio ambiente, que pueden causar afectación y daño al mismo y pueden ser originadas desde fuentes fijas o móviles. Este tipo de sustancias pueden causar enfermedades respiratorias dependiendo de factores como su nivel de concentración, tiempo de exposición, combinación de contaminantes entre otros. Además de causar efectos desfavorables en plantas y ecosistemas.

Contemplando lo dispuesto en el Artículo 2.2.5.1.7.2 Casos que requieren permiso de emisión atmosférica, del Decreto 1076 de 2015¹⁷, 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 “Subestación eléctrica Guaymaral y sus Línea de transmisión a 115kV”, 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 2015¹⁸, el proyecto durante el desarrollo de sus diferentes etapa y actividades razón por la cual no se requerirá solicitar permiso de emisiones atmosféricas.


7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica

7.7.1.1 Fuentes móviles

Los cuatro (4) puntos seleccionados para la realización del aforo vehicular en el área de influencia físico-biótica paisaje, se seleccionaron en las principales vías que servirán de acceso para las diferentes fases de este, las cuales están conformadas por la Autopista Norte y la Calle 222, ambas en los dos (2) sentidos. En la Tabla 7-50 se indican las

¹⁷ REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1076. “Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. 2015

¹⁸ Ibid.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 90

coordenadas de ubicación de cada punto de aforo vehicular realizado.

Tabla 7-50 Localización Geográfica de Puntos de Aforo Vehicular

Estación	Cota (m.s.n.m.)	Georreferenciación	
		Coordenadas Origen Nacional	
		Este	Norte
AV-1	2560	4884464.32	2086191.65
AV-2	2555	4884875.09	2088105.16
AV-3	2257	4884053.70	2088453.91
AV-4	2258	4884078.92	2088431.46

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

Adicional a lo anterior, en la Tabla 7-51 se muestran las características de estas vías.

Tabla 7-51 Características Principales de las Vías Objeto de Aforo

Estación	Vía Aforada	Ancho de Calzada	Nº de Carriles	Sentido	Material de Rodadura
AV-1	Autopista Norte	12	3	Norte a Sur	Asfalto
AV-2	Autopista Norte	12	3	Sur a Norte	Asfalto y Adoquinado
AV-3	Calle 222 con Cra 53	4,5	1	Oriente a Occidente	Asfalto y Adoquinado
AV-4	Calle 222 entre Cra 53 y 54	4,5	1	Occidente a Oriente	Asfalto

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

• Resultados Aforos vehiculares

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos en los cuatro (4) puntos de aforo vehicular durante veinticuatro horas continuas, tanto para día hábil como para día no hábil. Cabe resaltar que este aforo para tanto el día hábil como el no hábil fue tomado desde las 00:00 horas hasta las 23:59 horas, sin embargo, en los resultados se presentan conforme a lo dispuesto en el Artículo 2 de la Resolución 0627 de 2006 del MAVDT, con una jornada diurna desde las 07:01 hasta las 21:00 horas, y una jornada nocturna de las 21:01 hasta las 07:00 horas (para profundizar, ver **Anexos, Cap. 5_1, 5_1_11, Aforo**). En la Tabla 7-52 se expone la totalidad de resultados del aforo vehicular realizado por el laboratorio SERAMBIENTE S.A.S. los días 24 y 25 de julio de 2022.

Tabla 7-52 Resultados Aforo Vehicular

Punto	Tipo de Día	Jornada	Tipo de Vehículo									
			Moto	Automóvil	Camioneta	Bus	Camión					Total
							C-2P	C-2G	C3 -C4	C5	C>5	
AV-1	Hábil	Diurno	1.187	2.432	3.039	552	585	680	1.005	465	2	9.947
		Nocturno	532	1.933	390	448	479	438	753	220	15	5.208
	Total		1.719	4.365	3.429	1.000	1.064	1.118	1.758	685	17	15.155
	No	Diurno	693	3.088	602	463	477	74	556	465	2	6.420

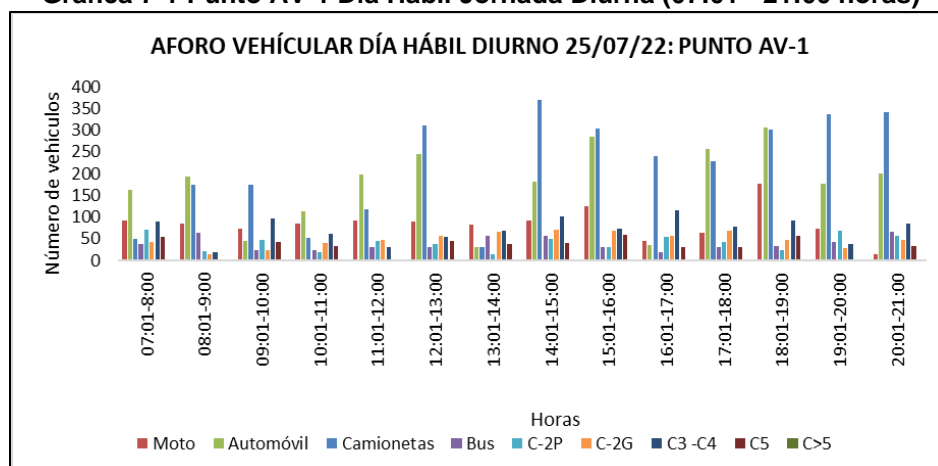
Punto	Tipo de Día	Jornada	Tipo de Vehículo									Total
			Moto	Automóvil	Camioneta	Bus	Camión					
							C-2P	C-2G	C3-C4	C5	C>5	
	Hábil	Nocturno	433	1.135	422	303	263	53	420	220	15	3.264
	Total		1.126	4.223	1.024	766	740	127	976	685	17	9.684
AV-2	Hábil	Diurno	4.232	2.368	1.785	2.032	578	515	1.159	358	4	13.031
		Nocturno	1.101	902	1.060	429	428	293	734	131	4	5.082
	Total		5.333	3.270	2.845	2.461	1.006	808	1.893	489	8	18.113
	No Hábil	Diurno	556	2.068	1.729	399	543	465	214	11	0	5.985
		Nocturno	382	1.305	1.737	109	192	221	129	5	0	4.080
	Total		938	3.373	3.466	508	735	686	343	16	0	10.065
AV-3	Hábil	Diurno	14	9	9	446	14	0	1	0	0	493
		Nocturno	1	4	0	283	1	0	1	0	0	290
	Total		15	13	9	729	15	0	2	0	0	783
	No Hábil	Diurno	13	16	5	84	2	0	1	0	0	121
		Nocturno	4	5	0	32	1	0	1	0	0	43
	Total		17	21	5	116	3	0	2	0	0	164
AV-4	Hábil	Diurno	60	9	30	205	29	0	1	0	0	334
		Nocturno	24	4	0	112	1	0	0	0	0	141
	Total		84	13	30	317	30	0	1	0	0	475
	No Hábil	Diurno	25	7	10	84	2	0	1	0	0	129
		Nocturno	8	0	0	32	1	0	1	0	0	42
	Total		33	7	10	116	3	0	2	0	0	171

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-1 (Día Hábil)

Para la jornada diurna en día hábil en el punto de aforo AV-1, se logró identificar que la franja horaria que presentó mayor flujo vehicular fue la comprendida entre las 14:01 hasta las 16:00 horas, con un promedio de 972 vehículos por hora; Adicionalmente, se observó un gran flujo vehicular también desde las 18:01 hasta las 19:00 horas, con un total de 1.040 vehículos. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron desde las 07:01 hasta las 12:00 horas, con un promedio de 539 vehículos por hora. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en el periodo diurno para este día hábil, estuvo compuesta de “Automóviles” y “Camionetas”, con un total de 5.471 vehículos; y en menor proporción se encontraron los Camiones de Categoría “C>5”, presentando un total de dos (2) vehículos en toda la jornada. En la Gráfica 7-1 se puede ver los registros del aforo vehicular para la jornada diurna del día hábil en el punto de aforo vehicular AV-1.

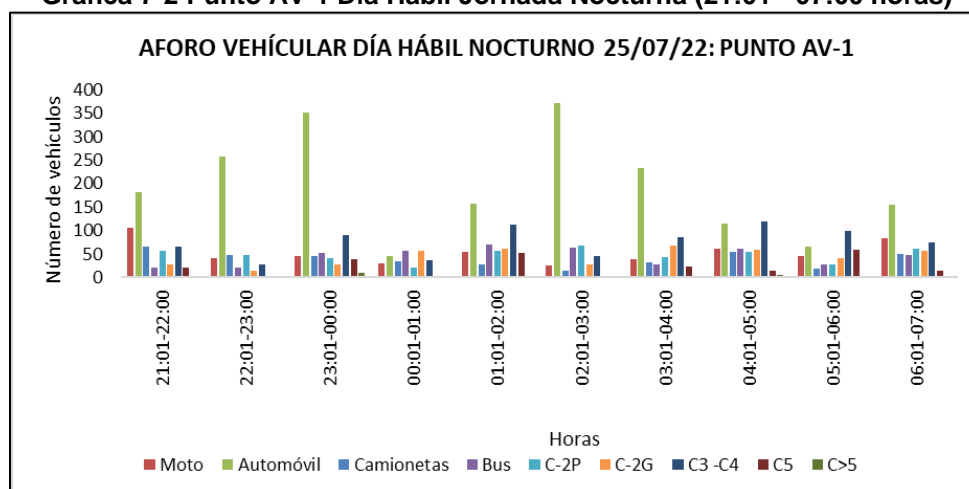
Gráfica 7-1 Punto AV-1 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022


Respecto a la jornada nocturna del día 25 de julio de 2022 en el punto de aforo AV-1, se evidenció que se alcanzó el mayor flujo vehicular entre las 23:01 hasta las 00:00 horas, con un total de 701 vehículos. Por otro lado, la hora con menor flujo vehicular se presentó desde las 00:01 hasta las 01:00 horas, con un total de 281 vehículos. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en este periodo nocturno estuvo asociada a los “Automóviles” y camiones de categoría “C3-C4”, con un total de 1.933 y 753 vehículos respectivamente. La categoría vehicular con menor representatividad en este periodo de tiempo fue para los camiones de categoría “C>5”, con un total de 15 vehículos. El comportamiento del flujo vehicular hora a hora en esta jornada nocturna, puede observarse en la Gráfica 7-2.

Gráfica 7-2 Punto AV-1 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas las categorías vehiculares que predominaron para el día hábil en el punto AV-1, fueron los “Automóviles” y las “Camionetas”, mientras que la categoría de camiones “C>5” fue la que la menor representatividad tuvo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 93

Adicionalmente, es importante resaltar que la cantidad de vehículos pesados para este día hábil en este punto AV-1 fue significativa, por lo que se determina que esta vía (Autopista Norte) es fundamental para el transporte de productos de primera necesidad.

▪ **Emissiones Atmosféricas en Punto AV-1 (Día Hábil)**

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-53 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por los automóviles que transitan por este punto durante la jornada hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-53 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-1 día hábil

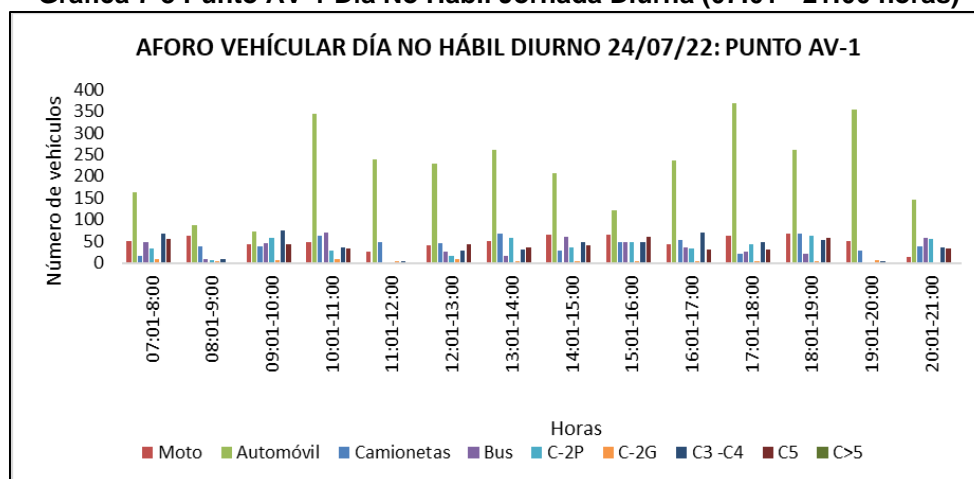
Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	33775,307	7638,480	9,278	527839,080
Automóvil	55527,059	31785,079	281,434	587593,572
Bus	2159,691	472,086	1,585	2633,363
Pesados	436321,468	44406,802	265,113	480993,383
TOTAL	527783,525	84302,447	557,41	1599059,4

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ **Aforo Vehicular en Punto AV-1 (Día No Hábil)**

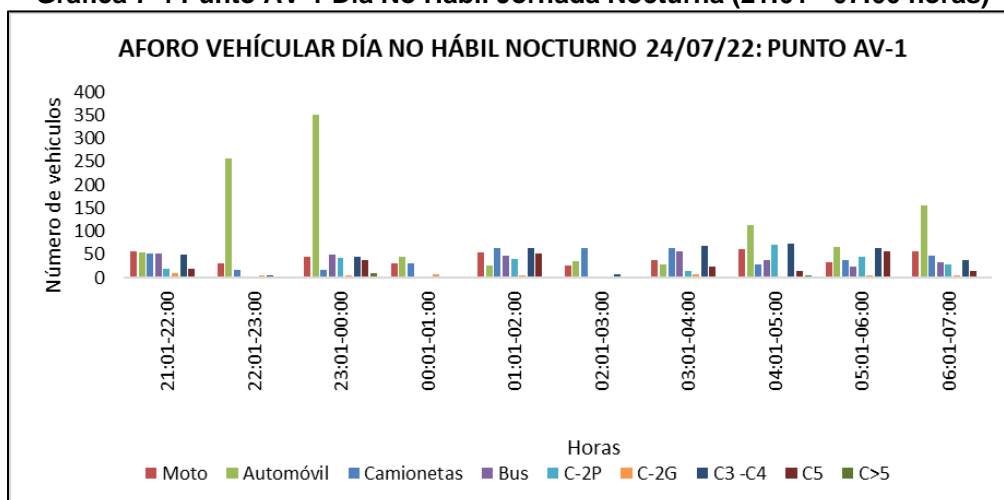
En cuanto a la jornada diurna del día festivo 24 de julio de 2022, en el punto de aforo AV-1 se presentó un mayor flujo vehicular desde las 10:01 hasta las 11:00 horas, reportándose un total de 634 vehículos, y desde las 17:01 hasta las 19:00 horas, donde se contó con un promedio de 599 vehículos por hora. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron desde las 08:01 hasta las 09:00 horas, con un total de 217 vehículos. En relación con la categoría vehicular mayor aportante en el periodo diurno, esta correspondió a los Automóviles, quienes registraron un total de 3.088 unidades, y el grupo con menor aporte fue el de camiones de categoría C>5 y C-2G, quienes contaron con un total de dos (2) y 74 vehículos respectivamente (Gráfica 7-3).

Gráfica 7-3 Punto AV-1 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



En la jornada nocturna se alcanzó un mayor flujo vehicular desde las 23:01 hasta las 00:00 horas con un total de 602 vehículos, y la hora con menor flujo vehicular se presentó desde las 00:01 hasta las 01:00 horas con un total de 117 vehículos. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en esta jornada nocturna fue la de Automóviles con 1.135 unidades, y la menor representatividad se presentó en los camiones de categoría C-2G y C>5, quienes registraron un total de 53 y 15 unidades respectivamente (Gráfica 7-4).

Gráfica 7-4 Punto AV-1 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



A nivel general, durante las 24 horas continuas las categorías vehiculares que predominan fueron los Automóviles, seguido de las Motocicletas; sin embargo, su diferencia es significativa, puesto que se registraron 4.223 Automóviles y 1.126 Motocicletas.

▪ Emisiones Atmosféricas en Punto AV-1 (Día No Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-54 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por los automóviles que transitan por este punto durante la jornada no hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-54 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-1 día no hábil

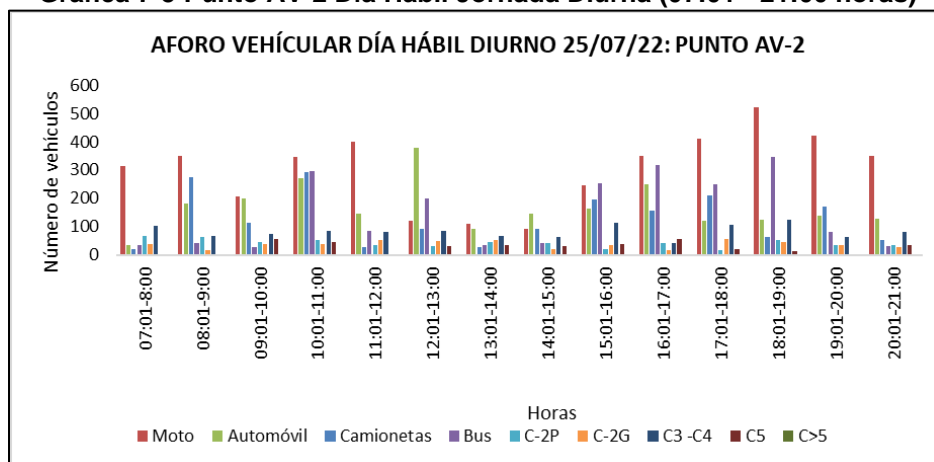
Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	351418,908	5044,406	6,684	356469,999
Automóvil	375489,041	21543,382	191,468	397223,891
Bus	1597,368	354,456	1,133	1952,956
Pesados	280674,523	25356,300	151,171	306181,994
TOTAL	1009179,84	52298,544	350,456	1061828,84

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-2 (Día Hábil)

Para la jornada diurna del día 25 de julio de 2022 en el punto de aforo AV-2, se logró identificar que la franja horaria que presentó mayor flujo vehicular fue la comprendida entre las 10:01 hasta las 11:00, horas con un total de 1.428 vehículos por hora; además se registró un gran flujo vehicular desde las 16:01 hasta las 19:00 horas, con un promedio de 1.235 vehículos por hora. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron desde las 13:01 hasta las 15:00 horas, con un promedio de 489 vehículos por hora. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en el periodo diurno, se encontró que fueron las “Motocicletas” y los “Automóviles”, con un total de 6.600 vehículos entre los dos; y la menor proporción se encontró en los camiones de categoría “C>5” con un total de cuatro (4) unidades en toda la jornada. Estos resultados se pueden observar en la Gráfica 7-5.

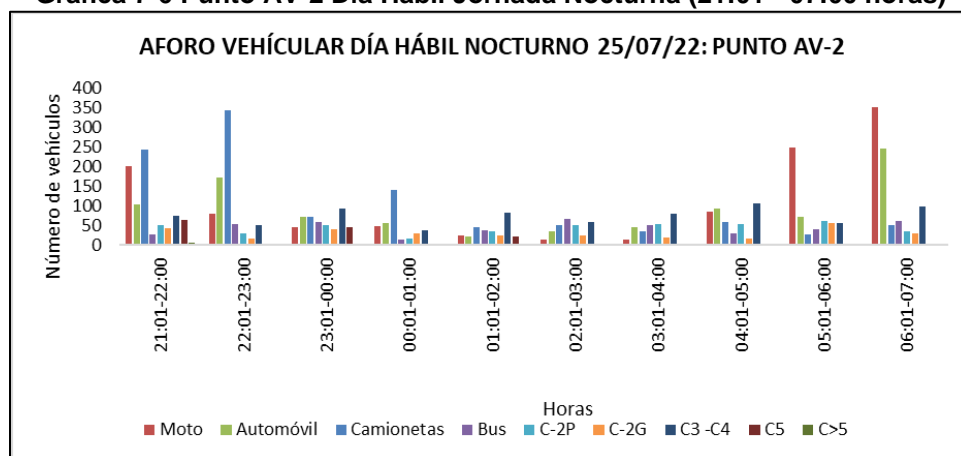
Gráfica 7-5 Punto AV-2 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

Adicionalmente, se evidenció que la franja horaria para la jornada nocturna del día 25 de julio de 2022 (Día Hábil) en el punto de aforo AV-2, alcanzó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 06:01 hasta las 07:00 horas con un total de 864 vehículos. Además, se presentó un mayor flujo vehicular entre las 21:01 hasta las 23:00 con un promedio de 770 vehículos por hora. Por otro lado, las horas con menor flujo vehicular se presentaron entre las 00:01 hasta las 04:00 horas, con un promedio de 302 vehículos por hora. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en el periodo nocturno estuvo asociada a las “Motocicletas” y las “Camionetas”, con un total de 1.101 y 1.060 vehículos respectivamente; y la categoría vehicular con menor representatividad en esta jornada fue para los camiones de categoría “C>5”, con un total de cuatro (4) vehículos. En la Gráfica 7-6 se muestra el comportamiento de los vehículos registrados en esta jornada nocturna.

Gráfica 7-6 Punto AV-2 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022


A nivel general durante las 24 horas continuas, las categorías vehiculares que predominaron fueron las “Motocicletas” (5.333 vehículos) y los “Automóviles” (3.270 vehículos); y en cuanto a la categoría con menor representatividad se encontraron los camiones categoría “C>5”, con un total de ocho (8) vehículos durante el día.

▪ Emisiones Atmosféricas en Punto AV-2 (Día Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-55 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por las motos que transitan por este punto durante la jornada hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-55 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-2 día hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	3044,053	37,336	0,329	3081,718
Automóvil	1978,020	174,718	3,108	2155,846
Bus	606,693	131,661	0,451	738,805
Pesados	9211,889	516,256	2,840	9730,986

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 97

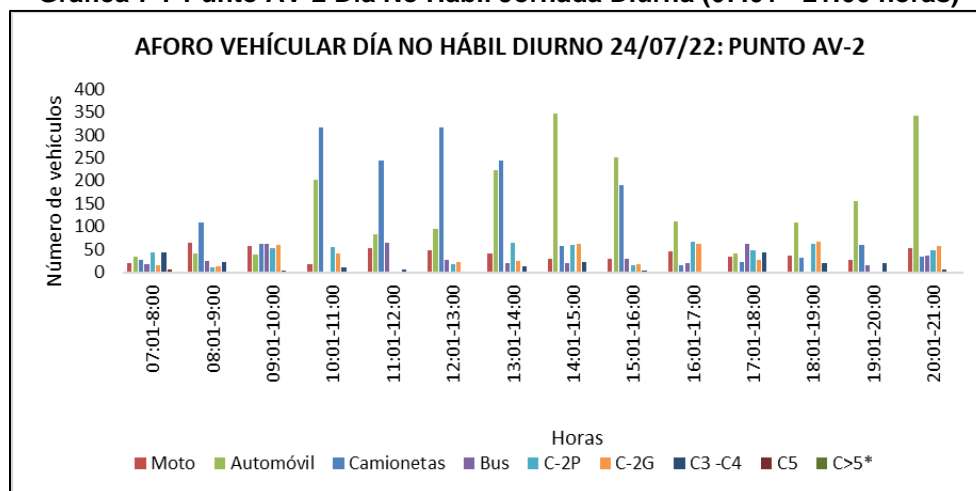
TOTAL	14840,655	859,971	6,728	15707,355
-------	-----------	---------	-------	-----------

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-2 (Día No Hábil)

Se identificó que para la jornada diurna del día 24 de julio de 2022 (No Hábil) en el punto de aforo AV-2, se presentó un mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 10:01 hasta las 11:00 horas, con un total de 643 vehículos; igualmente, otro periodo con mayor flujo vehicular fue el comprendido entre las 12:01 hasta las 16:00 horas, con un promedio de 571 vehículos por hora. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron entre las 16:01 hasta las 20:00 horas, con un promedio de 301 vehículos por hora. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en esta jornada diurna, fueron los “Automóviles” y las “Camionetas”, con un total de 2.068 y 1.729 vehículos respectivamente; y como menor aportante se encontraron los camiones de categoría “C>5”, los cuales no presentaron registro, seguido de la categoría de camiones “C5”, los cuales registraron un total de 11 vehículos. En la Gráfica 7-7 se evidencia el comportamiento de los registros del aforo vehicular en jornada diurna y día hábil, para el punto AV-2.

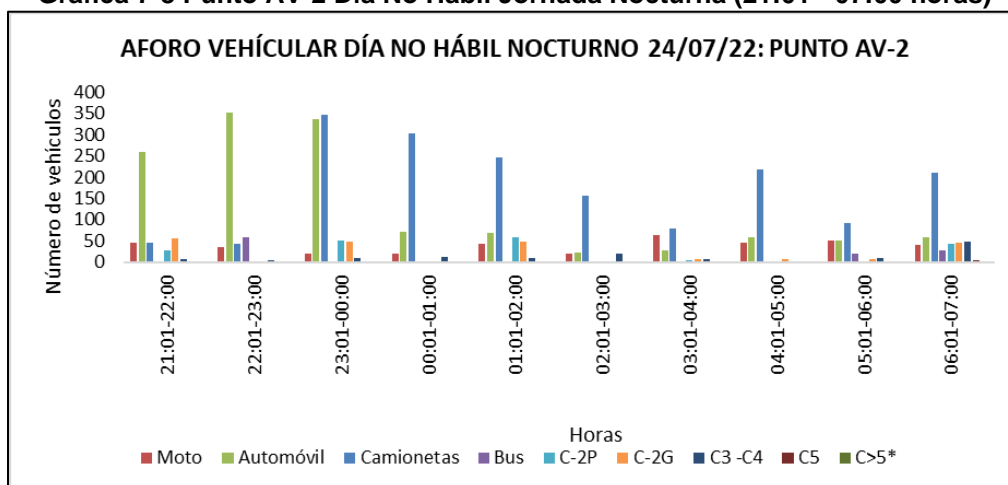
Gráfica 7-7 Punto AV-2 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

En cuanto a la jornada nocturna, se alcanzó un mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 23:01 hasta las 00:00 horas, con un total de 815 vehículos. Por otro lado, las horas con menor flujo vehicular se presentaron en el horario comprendido entre las 02:01 a las 06:00 horas, con un promedio de 244 vehículos por hora. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en el periodo nocturno estuvo asociada a los “Automóviles” y “Camionetas”, con un total de 1.305 y 1.737 vehículos respectivamente. La categoría vehicular con menor representatividad en esta jornada fueron los camiones de categoría “C>5” debido a que no presentaron registro, seguido de la categoría de camiones “C5”, los cuales registraron un total de cinco (5) unidades. En la Gráfica 7-8 se muestra el comportamiento hora a hora de los registros del aforo vehicular en esta jornada nocturna.

Gráfica 7-8 Punto AV-2 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas de Día No Hábil en el punto AV-2, las categorías vehiculares que predominaron fueron las “Camionetas” y los “Automóviles”, con un total de 3.466 y 3.373 vehículos respectivamente.

▪ Emisiones Atmosféricas en Punto AV-2 (Día No Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-56 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por los automóviles que transitan por este punto durante la jornada no hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-56 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-2 día no hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	262600,254	3739,537	5,261	266345,052
Automóvil	436846,802	25334,870	222,765	462404,437
Bus	954,554	214,095	0,677	1169,326
Pesados	188646,402	16891,355	96,812	205634,570
TOTAL	889048,012	46179,857	325,515	935553,385

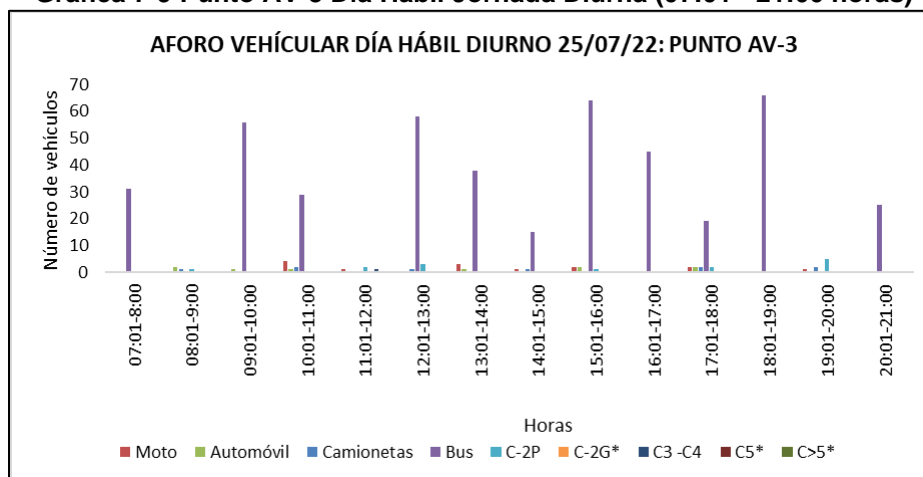
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-3 (Día Hábil)

En la jornada diurna del día 25 de julio de 2022 en el punto de aforo AV-3, se presentó un mayor flujo vehicular en los horarios comprendidos entre las 15:01 hasta las 16:00 horas, con un total de 69 vehículos; entre las 18:01 hasta las 19:00 horas, con un total de 66 vehículos; y desde las 12:01 hasta las 13:00 con un total de 62 vehículos. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron en los horarios comprendidos entre las 08:01 hasta las 9:00 horas, y desde las 11:01 hasta las 12:00 horas, con un total de cuatro

(4) vehículos en cada hora. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en este periodo diurno, se evidenció que fueron los “Buses” con un total de 446 vehículos, y los menores aportantes fueron los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, ya que estos no presentaron registro, seguido de la categoría de camiones “C3-C4”, que solo tuvo un vehículo registrado en toda la jornada. En la Gráfica 7-9 se puede ver el comportamiento hora a hora en la jornada diurna, de los vehículos registrados para este punto AV-3 en Día Hábil.

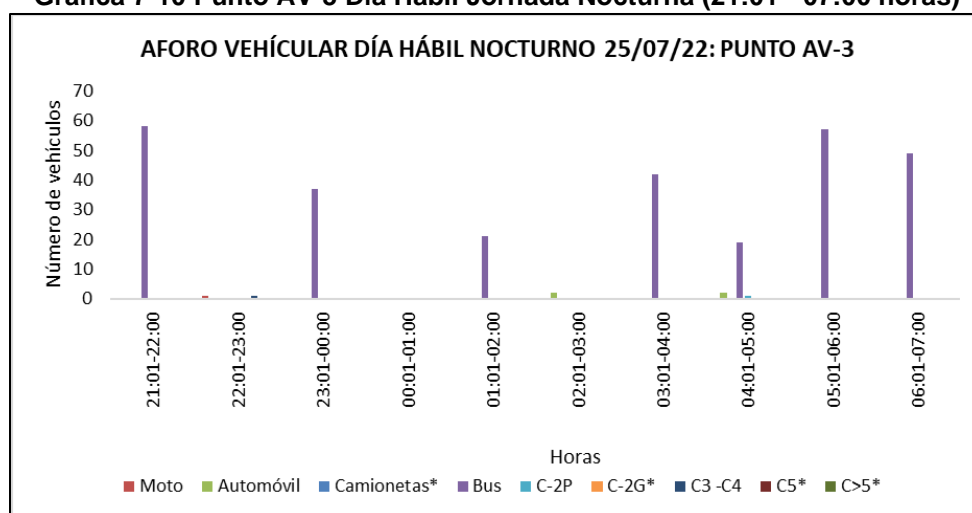
Gráfica 7-9 Punto AV-3 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

En cuanto a la jornada nocturna, en esta se alcanzó el mayor flujo vehicular en los horarios comprendidos entre las 21:01 hasta las 22:00 horas con un total de 58 vehículos; y entre las 05:01 hasta las 07:00 horas, con un promedio de 53 vehículos por hora. Por otro lado, las horas con menor flujo vehicular se presentaron entre las 00:01 hasta las 01:00 horas, ya que no se presentó registro de vehículos; seguido de entre las 02:01 hasta las 03:00, con un total de dos (2) vehículos. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en la jornada nocturna estuvo asociada a los “Buses”, con 283 vehículos; y la categoría vehicular con menor representatividad en esta jornada fue para las “Camionetas”, los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, ya que no presentaron registro; seguido de la categoría de camiones “C3-C4”, con solamente un total de un vehículo registrado. En la Gráfica 7-10 se ilustran los resultados obtenidos para esta jornada en el mencionado punto de aforo vehicular.

Gráfica 7-10 Punto AV-3 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas, las categorías vehiculares que predominaron fueron los “Buses” con un total 729 vehículos registrados. Cabe resaltar que en esta vía se encuentran diferentes instituciones donde el paso de las rutas escolares es muy frecuente, según lo evidenciado al momento de realizar el aforo.

▪ Emisiones Atmosféricas en Punto AV-3 (Día Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-57 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por los vehículos pesados que transitan por este punto durante la jornada hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-57 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-3 día hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	3044,053	37,336	0,329	3081,718
Automóvil	1978,020	174,718	3,108	2155,846
Bus	606,693	131,661	0,451	738,805
Pesados	9211,889	516,256	2,840	9730,986
TOTAL	14840,655	859,971	6,728	15707,355

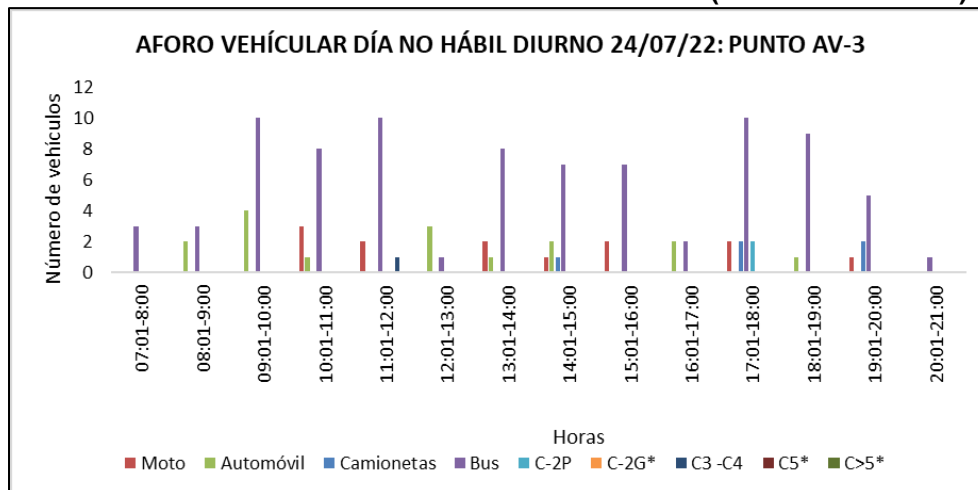
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-3 (Día No Hábil)

En la jornada diurna del día 24 de julio de 2022 (Día No Hábil) en el punto de aforo AV-3, se presentó mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 17:01 hasta las 18:00 horas, con un total de 16 vehículos; igualmente, otro horario que presentó el mayor flujo vehicular fue el comprendido entre las 09:01 hasta las 12:00 horas, con un promedio de 13 vehículos por hora. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron

entre las 20:01 hasta las 21:00 con un solo vehículo registrado. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en el periodo diurno, se encuentra que fueron los “Buses”, con un total de 84 vehículos; y los menores aportantes fueron los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, debido a que no presentaron registros; seguidos de los camiones de categoría “C3-C4”, los cuales presentaron en total de un vehículo en toda la jornada. En la Gráfica 7-11 se muestran los resultados anteriormente descritos.

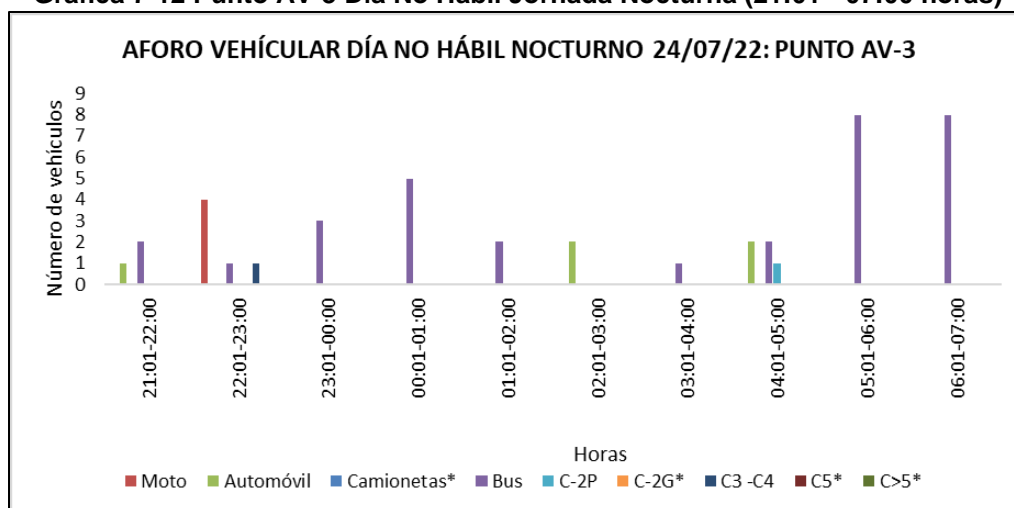
Gráfica 7-11 Punto AV-3 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

En cuanto a la jornada nocturna, se alcanzó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 05:01 hasta las 07:00 horas, con un promedio de 8 vehículos por hora. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron entre las 01:01 hasta las 04:00 horas, con un promedio de 2 vehículos por hora. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en el periodo nocturno estuvo asociada a los “Buses” con un total de 32 vehículos; y la categoría vehicular con menor representatividad en esta jornada fueron las “Camionetas” y los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, debido a que no presentaron registro alguno, seguido de los camiones categoría “C3-C4”, los cuales registraron un total de un vehículo. En la Gráfica 7-12 se muestran los registros de las diferentes categorías vehiculares en la mencionada jornada.

Gráfica 7-12 Punto AV-3 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas, las categorías vehiculares que predominaron fueron los “Buses”, los cuales registraron un total de 116 vehículos.

Emisiones Atmosféricas en Punto AV-3 (Día No Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-58 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por los vehículos pesados que transitan por este punto durante la jornada no hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-58 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-3 día no hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	27,361	25,295	0,009	52,665
Automóvil	2347,228	210,2203,671	3,671	2561,120
Bus	305,063	66,147	0,281	371,490
Pesados	4472,342	245,137	1,277	4718,756
TOTAL	7151.994	336.579	5.238	7704.031

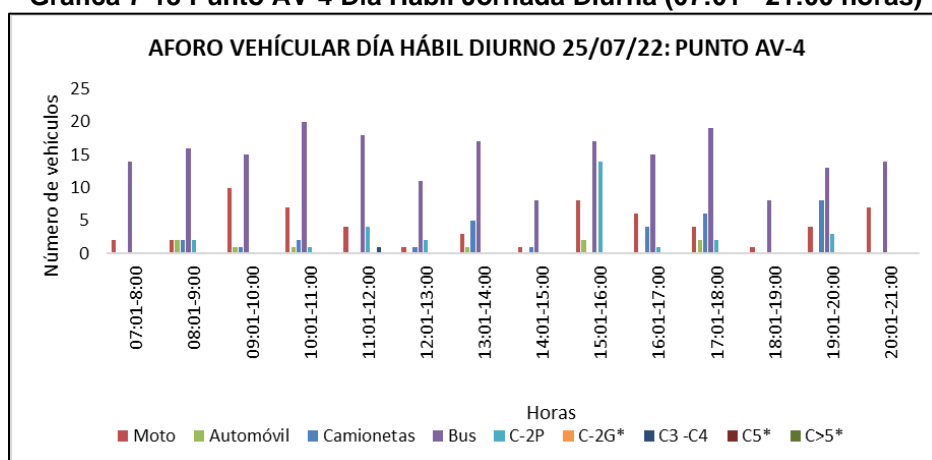
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-4 (Día Hábil)

En la jornada diurna del día 25 de julio de 2022 (Día Hábil) en el punto de aforo AV-4, se presentó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 15:01 hasta las 16:00 horas con un total de 41 vehículos, seguido del horario comprendido entre las 17:01 hasta las 18:00 con un total de 33 vehículos. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron entre las 18:01 hasta las 19:00 horas con un total de 9 vehículos, seguido del horario comprendido entre las 14:01 hasta las 15:00 horas con un total de 10 vehículos. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en la jornada diurna, correspondieron a

los “Buses” con un total de 205 vehículos; y las menores aportantes fueron los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, ya que no presentaron registro alguno, seguido de los camiones categoría “C3-C4”, los cuales registraron una unidad. En la Gráfica 7-13 se muestran los resultados obtenidos en el punto AV-4 para jornada diurna en día hábil.

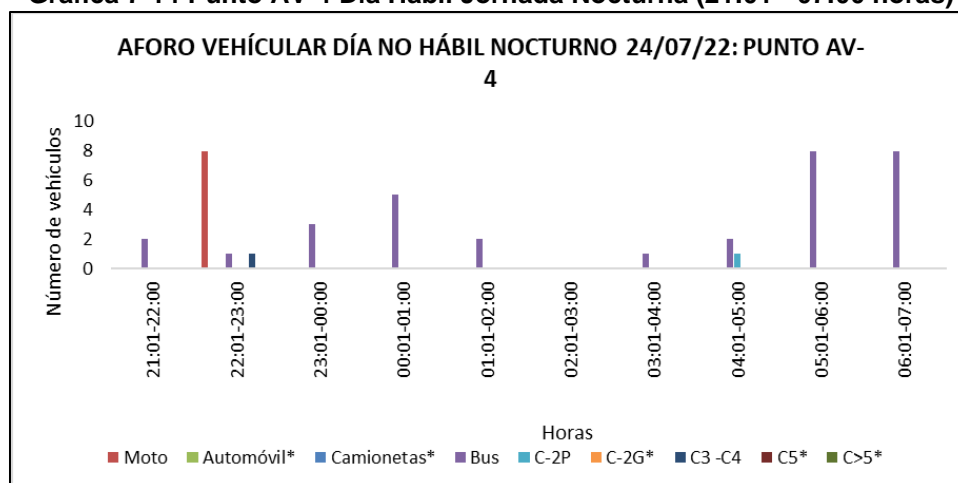
Gráfica 7-13 Punto AV-4 Día Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

Para la jornada nocturna, en esta se alcanzó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 21:01 hasta las 00:00 horas, con un promedio de 23 vehículos por hora; otro horario con gran flujo vehicular fue el comprendido entre las 06:01 hasta las 07:00 horas, con un total de 28 vehículos. Por otro lado, las horas con menor flujo vehicular se presentaron entre las 03:01 hasta las 06:00 horas con un promedio 4 vehículos por hora. En cuanto a las categorías vehiculares, la que tuvo mayor representatividad en esta jornada nocturna estuvo asociada a los “Buses” con 112 vehículos; y la categoría vehicular con menor representatividad en este periodo de tiempo fue para las “Camionetas”, y los camiones de categorías “C-2G”, “C3-C4”, “C5” y “C>5”, los cuales no presentaron registro alguno; seguidos de la categoría de camiones “C-2P”, la cual presentó un total de un vehículo. Los registrados mencionados anteriormente, se pueden ver al detalle en la Gráfica 7-14.

Gráfica 7-14 Punto AV-4 Día Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas las categorías vehiculares que predominaron fueron los “Buses”, con un total 317 vehículos.

▪ Emisiones Atmosféricas en Punto AV-4 (Día Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-59y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por las motos que transitan por este punto durante la jornada hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-59 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-4 día hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	6362,127	85,217	0,400	6447,744
Automóvil	1313,051	107,767	1,778	1422,597
Bus	215,139	47,204	0,179	262,522
Pesados	5298,644	307,876	1,649	5608,169
TOTAL	13188,961	548,064	4,006	13741,032

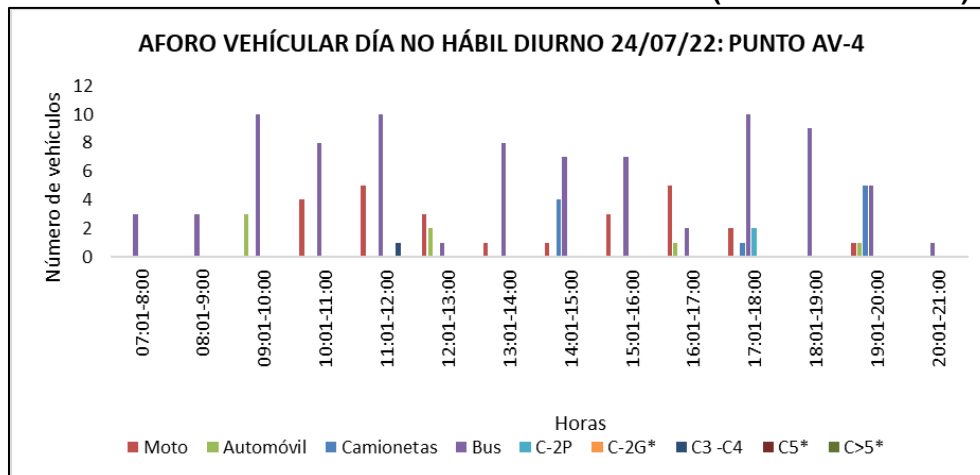
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ Aforo Vehicular en Punto AV-4 (Día No Hábil)

Para la jornada diurna del día 24 de julio de 2022 (Día No Hábil) en el punto de aforo AV-4, se presentó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 11:01 hasta las 12:00 horas con un total de 16 vehículos; igualmente, otro horario flujo vehicular fue el comprendido entre las 17:01 hasta las 18:00 horas, con un total de 15 vehículos. Por otro lado, los horarios con menor flujo vehicular se presentaron desde las 07:01 hasta las 09:00 horas con un promedio de tres (3) vehículos por hora. En cuanto a la categoría vehicular mayor aportante en el periodo diurno, esta correspondió a los “Buses” con un total de 84

vehículos; y las menores aportantes fueron los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, debido a que no presentaron registro alguno, seguido de la categoría de camiones “C3-C4”, que registraron en total un vehículo (ver Gráfica 7-15).

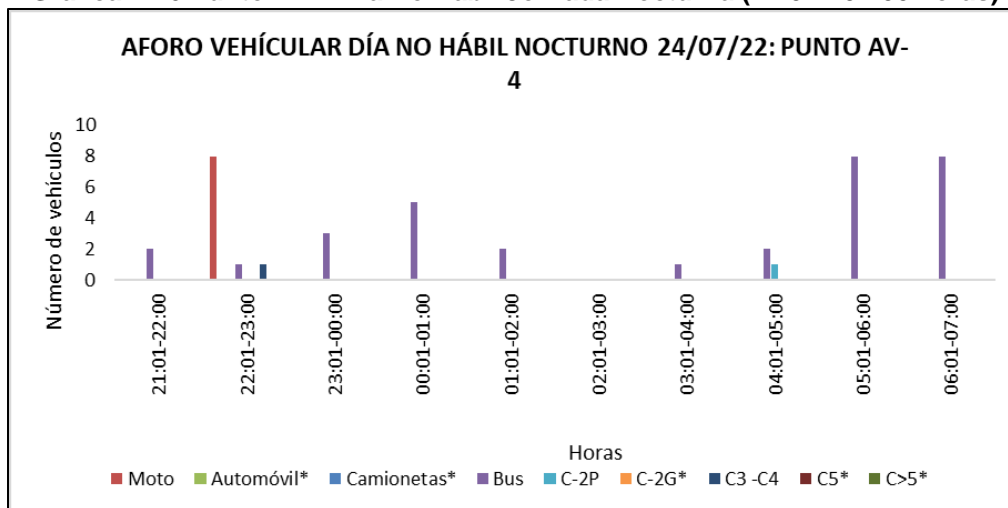
Gráfica 7-15 Punto AV-4 Día No Hábil Jornada Diurna (07:01 - 21:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

En la jornada nocturna del día 24 de julio de 2022 (Día No Hábil) en el punto de aforo AV-4, se alcanzó el mayor flujo vehicular en el horario comprendido entre las 22:01 hasta las 23:00 horas con un total de 10 vehículos, seguido el horario de las 05:01 hasta las 07:00 horas, el cual registró un promedio de 8 vehículos por hora. Por otro lado, las horas con menor flujo vehicular se presentaron desde las 02:01 hasta las 03:00 horas, debido a que no se registraron vehículos. La categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en el periodo nocturno estuvo asociada a los “Buses” con un total de 32 vehículos. Las categorías vehiculares con menor representatividad en este periodo de tiempo fueron los “Automóviles”, “Camionetas” y los camiones de categoría “C-2G”, “C5” y “C>5”, debido a que no presentaron registro alguno; seguidos de las categorías de camiones “C-2P” y “C3-C4”, las cuales registraron un vehículo cada una. En la Gráfica 7-16 se muestran los resultados aquí descritos.

Gráfica 7-16 Punto AV-4 Día No Hábil Jornada Nocturna (21:01 - 07:00 horas)



Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

A nivel general durante las 24 horas continuas las categorías vehiculares que predominaron fueron los “Buses”, con un total de 116 vehículos.

Emisiones Atmosféricas en Punto AV-4 (Día No Hábil)

Como se observa en el escenario de línea base en la Tabla 7-60 y conforme a los resultados del aforo vehicular, la mayor cantidad de emisiones se encuentran generadas por las motos que transitan por este punto durante la jornada no hábil, ahora bien, vale la pena destacar que el mayor aporte de emisiones se encuentra asociado al CO.

Tabla 7-60 Consolidado de las emisiones en concentraciones gr/h para estación AV-4 día no hábil

Tipo automotor	Concentración emisiones			Total g/h
	CO	NOx	SOx	
Moto	2631,244	36,936	0,210	2668,390
Automóvil	597,173	51,209	0,849	649,231
Bus	147,674	32,020	0,136	179,830
Pesados	2164,955	118,665	0,618	2284,239
TOTAL	5541,046	238,83	1,813	5781,69

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

- **Emisiones Atmosféricas PM10 y PM2.5**

- **Día hábil**

Con respecto a las emisiones de PM10 y como se observa en la Tabla 7-61, las mayores emisiones asociadas a la jornada hábil se encuentran reportadas en los puntos de aforo AV01 y AV02, y el menor se encuentra reportado en el punto AV-04


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 107

Tabla 7-61 Emisión por factor de emisión de PM₁₀ día hábil

Factor de Emisión	g/KVT	Punto AV-1	Punto AV-2	Punto AV-3	Punto AV-4
		0.031	0.031	1.397	3.796
k, Multiplicador de tamaño de partícula.	g/KVT	0,620	0,620	0,620	0,620
sL, Carga de finos (pasa malla 200) del material manejado o de la superficie de las vías.	g/m ²	0,003	0,003	0,200	0,600
W, peso promedio vehículos.	Ton	9,320	9,320	9,320	9,320
Longitud de la vía aforada	Km	3,750	3,340	1,570	0,760
Número de vehículos registrados	Unidades /Día	15155	18113	783	475
Total VKT	Unidades /Día	56831,3	60497,4	1229,3	361,0
Emisión Másica	g/día PM10	1737,65	1849,75	1717,10	1370,32

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

Ahora bien, con respecto a las emisiones de PM_{2.5} y como se observa en la Tabla 7-62, se pudo observar que el punto AV-2 es el mayor aportante de PM₁₀ con un total de 1849.75 g y el menor aportante de PM₁₀ es el punto AV-4 con 1370.32 g. Así mismo para PM_{2.5} los puntos se encuentran muy cercanos sin embargo el mayor aportante es el punto AV-2 con 447.52 g.

Tabla 7-62 Emisión por factor de emisión de PM_{2.5} día hábil

Factor de Emisión	g/KVT	Punto AV-1	Punto AV-2	Punto AV-3	Punto AV-4
		0.031	0.031	1.397	3.796
k, Multiplicador de tamaño de partícula.	g/KVT	0,150	0,150	0,150	0,150
sL, Carga de finos (pasa malla 200) del material manejado o de la superficie de las vías.	g/m ²	0,003	0,003	0,200	0,600
W, peso promedio vehículos.	Ton	9,320	9,320	9,320	9,320
Longitud de la vía aforada	Km	3,750	3,340	1,570	0,760
Número de vehículos registrados	Unidades /Día	15155	18113	783	475
Total VKT	Unidades /Día	56831,3	60497,4	1229,3	361,0
Emisión Másica	g/día PM2.5	420,40	447,52	415,43	331,53

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

▪ **Día no hábil**

Con respecto a las emisiones de PM₁₀ y como se observa en la Tabla 7-61, las mayores emisiones asociadas a la jornada no hábil se encuentran reportadas en los puntos de aforo AV01 y AV02, y el menor se encuentra reportado en el punto AV-04.

Tabla 7-63 Emisión por factor de emisión de PM₁₀ día no hábil

Factor de Emisión	g/KVT	Punto AV-1	Punto AV-2	Punto AV-3	Punto AV-4
		0,467	0,031	3,796	3,796
k, Multiplicador de tamaño de partícula.	g/KVT	0,620	0,620	0,620	0,620
sL, Carga de finos (pasa malla 200) del material manejado o de la superficie de las vías.	g/m ²	0,060	0,003	0,600	0,600
W, peso promedio vehículos.	Ton	9,320	9,320	9,320	9,320
Longitud de la vía aforada	Km	3,750	3,340	1,570	0,760
Número de vehículos registrados	Unidades /Día	9684	10065	164	171
Total VKT	Unidades /Día	36315,0	33617,1	257,5	130,0
Emisión Másica	g/día PM10	16958,98	1027,87	977,37	493,31

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

Ahora bien, con respecto a las emisiones de PM_{2.5} y como se observa en la Tabla 7-62, se pudo observar que el punto AV-1 es el mayor aportante de PM₁₀ con un total de 16958.98 g y el menor aportante de PM₁₀ es el punto AV-4 con 493.31 g. Así mismo para PM_{2.5} los puntos se encuentran muy cercanos sin embargo el mayor aportante es el punto AV-1 con 4102.98 g.


Tabla 7-64 Emisión por factor de emisión de PM_{2.5} día hábil

Factor de Emisión	g/KVT	Punto AV-1	Punto AV-2	Punto AV-3	Punto AV-4
		0,113	0,007	0,918	0,918
k, Multiplicador de tamaño de partícula.	g/KVT	0,150	0,150	0,150	0,150
sL, Carga de finos (pasa malla 200) del material manejado o de la superficie de las vías.	g/m ²	0,060	0,003	0,600	0,600
W, peso promedio vehículos.	Ton	9,320	9,320	9,320	9,320
Longitud de la vía aforada	Km	3,750	3,340	1,570	0,760
Número de vehículos registrados	Unidades /Día	9684	10065	164	171
Total VKT	Unidades /Día	36315,0	33617,1	257,5	130,0
Emisión Másica	g/día PM2.5	4102,98	248,68	236,46	119,35

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2022

• Conclusiones Aforo Vehicular y Emisiones Atmosféricas Vehiculares

Se realizaron aforos en cuatro (4) sitios de interés estableciendo el flujo vehicular en las vías cercanas al Área de Intervención del Proyecto, donde se evidenció que para los sitios aforados, la categoría vehicular predominante se encuentra influenciada según la vía de acuerdo con las diferentes categorías vehiculares, puesto que en el caso de los puntos ubicados sobre la Autopista Norte (AV-1 y AV-2), esta se caracteriza por tener mayor cantidad de vehículos como motos, automóviles y camionetas, en cambio para los puntos

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 109

ubicados en la calle 222, allí se encuentra influenciada la vía por los buses que transitan por esta vía.

Para los puntos de aforo ubicados sobre la Autopista Norte (AV-1 y AV-2), se presentó una gran cantidad de vehículos, debido a que es una vía principal para la entrada y salida de vehículos, personas, bienes y servicios de primera necesidad para la ciudad de Bogotá D.C.

El total de los vehículos que transitaron en día hábil por los cuatro (4) puntos de aforo estudiados fue de 34.536, y en día no hábil de 20.084, lo que indica que para el día no hábil se tuvo una disminución de aproximadamente del 41,84% relacionado directamente con el descanso laboral de la ciudad.

La categoría vehicular que tuvo menor representatividad en el estudio fue la categoría de camiones “C>5”, con un valor total de 42 vehículos en todos los puntos estudiados tanto en Día Hábil como Día No Hábil; lo que indica que es un vehículo que no transita con la misma frecuencia que otras categorías vehiculares. Por otro lado, la categoría vehicular que tuvo mayor representatividad en el estudio fueron los “Automóviles”, con un total de 15.285 vehículos en todos los puntos tanto en Día Hábil y como Día No Hábil.

Los resultados obtenidos para el escenario de línea base, más específicos para la estación AV-1 y AV-2, se encuentran en mayor proporción para todos los contaminantes emitidos, debido al alto flujo vehicular que se observa en esta vía de interés.

Las emisiones de los contaminantes varían conforme a las categorías vehiculares, debido a que dependiendo las características del combustible y características de conducción; los valores de cada contaminante predominan según su categoría, así mismo se logró observar que el monóxido de carbono (CO), es el mayor contaminante en todas de categorías vehiculares.


Las emisiones generadas por Óxidos de azufre se encuentran en una mínima concentración en las cuatro (4) estaciones tanto en día hábil como no hábil, debido a que es un contaminante más representativo de fuentes fijas, productos de combustión de carbón.

Se logró observar que en el % de reducción en relación con la jornada nocturna depende de la categoría vehicular estudiada, como por ejemplo los buses que se transportan por las estaciones AV-3 y AV-4 debido a que estos presentan un flujo continuo durante toda la jornada, donde solo se observa un valor de 0.4% de reducción en cambio en las otras categorías vehiculares se presenta valores de 70% de reducción debido al descanso laboral de las personas.

En cuanto a los contaminantes de PM10 y PM2.5 se observa que la estación AV-1 y AV-2 presenta la mayor concentración de emisiones de ambos contaminantes tanto en el día hábil como día no hábil.

7.7.1.2 Fuentes fijas

Toda vez que el proyecto no requiere de la construcción u operación de fuentes fijas objeto de permiso de emisiones atmosféricas, no se presenta la cuantificación de emisiones

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 110

atmosféricas asociadas a fuentes fijas, no obstante, es posible evidenciar los resultados de fuentes móviles en el ítem 7.7.1.1 y a detalle en **Anexos, Cap 5_1,5_1_11,aforo**.

7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos

Considerando que, como se mencionó con anterioridad, el proyecto no requiere de la construcción u operación de fuentes fijas objeto de permiso de emisiones atmosféricas, no se presenta la modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos en el presente capítulo, no obstante, es posible evidenciar los resultados en el ítem 7.7.1.1 en el Capítulo 5.1.11 Atmosfera y a detalle en **Anexos, Cap 5_1,5_1_11,aforo**.

7.8 Materiales de construcción

Partiendo de los insumos requeridos para el proyecto, los cuales se encuentran asociados principalmente las características mecánicas que presentan los suelos circundantes al proyecto se ve necesario hacer uso de material para relleno de préstamo con mejores características mecánicas, en tal sentido en la Tabla 7-65, se presenta un estimado de los volúmenes requeridos para el desarrollo del proyecto durante su fase constructiva.

Tabla 7-65 Volumen estimado de materiales reutilizables


Infraestructura	Volumen	Unidad	Cantidad
Líneas de transmisión	Material de relleno de préstamo	m³	3480,45
Subestación			2393,78

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

En tal sentido, y con la finalidad de satisfacer la demanda de los recursos requeridos para el proyecto, los materiales de construcción serán obtenidos en sitios autorizados para su explotación y distribución. En la Tabla 7-66, se presentan las canteras autorizadas en las inmediaciones del proyecto de acuerdo con lo referenciado por la CAR en el Radicado No.20232038087 del 29 de mayo del 2023.

Tabla 7-66 Canteras autorizadas


Expediente	Título minero	Titular	Área título minero(m2)	Instrumento ambiental	Resolución de otorgamiento	Material explotado	Fiscalización
7411	Contrato de concesión 17415	Gildardo Rodríguez	2.184.190	Plan de Manejo Ambiental	Rsl 0407 del 02/04/2002	Materiales de construcción	Agencia Nacional de Minería
7778	Contrato de concesión 16432	MINER GROUP SAS Ricardo Matallana Andrade	247.592	Plan de Manejo Ambiental	Rsl 1334 del 12/11/2002	Materiales de construcción	Agencia Nacional de Minería
31422	Contrato de concesión	COMPAÑÍA MINERA	135.077	Licencia Ambiental	Rsl2221 del 07/07/2010	Materiales de construcción	Agencia Nacional de Minería

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 7
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 111

Expediente	Título minero	Titular	Área título minero(m2)	Instrumento ambiental	Resolución de otorgamiento	Material explotado	Fiscalización
	on FLH-154	LA SACAN SAS					

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, modificado por INGEDISA S.A., 2023

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 que se elijan posibles proveedores del proyecto.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 7
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 112

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA YS ANEAMIENTO BÁSICO-CRA.Revista Regulación no. 7. <https://www.cra.gov.co/prensa/revistas-regulacion/revista-ndeg-7-consumo-basico-metodologia-procesos-cra-plan-quinquenal> s.f

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 142 de 1994. “Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.”

Equitek. (2018). *Portafolio Sanidad Portatil*. Recuperado el 28 de noviembre de 2022 , de <http://www.equitek.co/wp-content/uploads/2016/02/sanidad-portatil-equitek.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE- AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Metodología General para la elaboración y presentación de Estudios Ambientales.2018

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE- AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-EIA Proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17.2018

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.DECRETO 1594 DE 1984 “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.”

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA.DECRETO. DECRETO 3930 DE 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. Decreto 229. “Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 302 del 25 de febrero de 2000”. 2002

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto1076. “Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” .2015

Secretaría Distrital de Ambiente- SDA. Permiso de ocupación de cauce, playas y lechos. <https://bogota.gov.co/servicios/guia-de-tramites-y-servicios/permiso-de-ocupacion-de-cauce-playas-y-lechos>. 06 de diciembre de 2023.