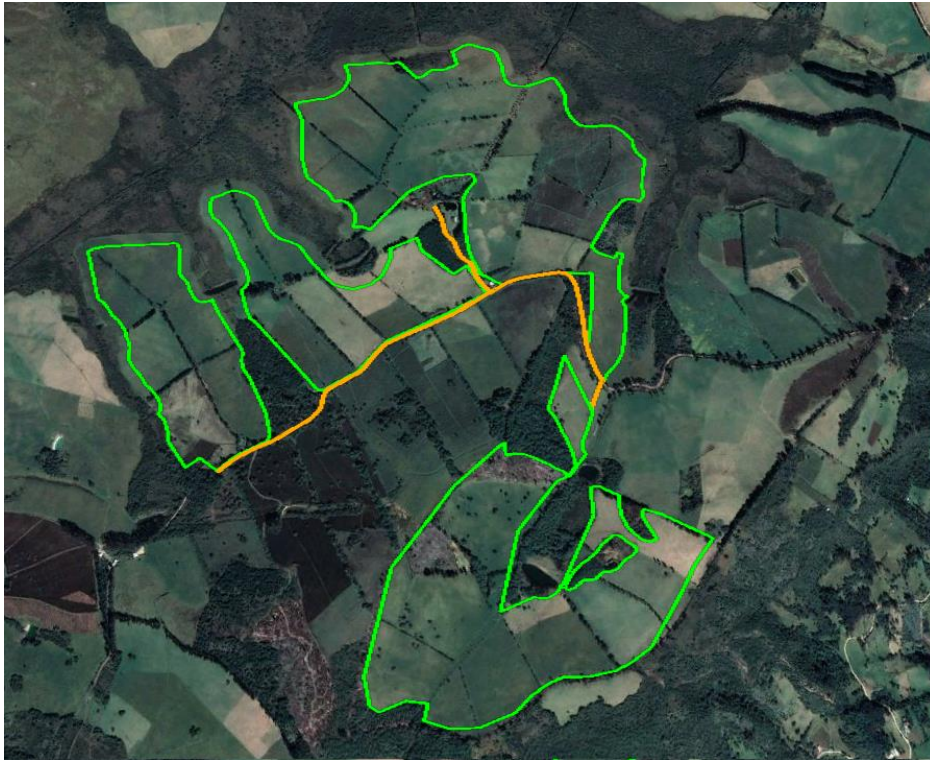


PSR 4 S.A.S

PAIPA II – PSR 4



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PAIPA II – PSR 4

CAPITULO 0 RESUMEN EJECUTIVO



Vicepresidencia de Estudios Ambientales y Sociales

18/02/2019

Bogotá D.C.

Proyecto-1398

Página 1 de 53

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones
A			Versión original
B			Primera entrega al cliente

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de Revisión		B
Profesional componente geosférico	Nombre	Fabian Fuentes
	Firma	
Profesional componente hidrología y clima	Nombre	Carlos González
	Firma	
Profesional componente edafología y paisaje	Nombre	Tito Fandiño
	Firma	
Profesional componente Flora	Nombre	Jenny Ramírez
	Firma	
Profesional componente Flora	Nombre	Natalia Sánchez
	Firma	
Profesional componente Fauna	Nombre	Andrea Ospina
	Firma	
Profesional componente Socioeconómico	Nombre	Maribel Ortiz Franco
	Firma	
Profesional componente Socioeconómico	Nombre	Natalia Gómez
	Firma	
Profesional Evaluación Ambiental / Valoración económica	Nombre	Cristhian Rivera
	Firma	
Responsable por revisión	Nombre	Daniela Nieto
	Firma	
Coordinador de proyecto	Nombre	Daniela Nieto
	Firma	
Gerente de proyecto	Nombre	Sandra González
	Firma	
	Fecha	25/01/2019

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA****PAIPA II – PSR 4****CAPITULO 0 RESUMEN EJECUTIVO****TABLA DE CONTENIDO**

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	7
0.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
0.1.1 ETAPAS DEL PROYECTO.....	11
0.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	12
0.2.1 Infraestructura existente	12
0.2.2 Infraestructura asociada al proyecto	12
0.2.3 Diseño del proyecto	13
0.2.4 Manejo y disposición de materiales sobrantes.....	15
0.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA	16
0.3.1 Medio abiótico	16
0.3.2 Medio biótico	34
0.3.3 Medio socioeconómico	36
0.3.4 PAISAJE.....	38
0.3.5 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	39
0.4 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....	41
0.5 DEMANDA, USO Y/O APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES ..	43
0.6 EVALUACIÓN AMBIENTAL	43
0.7 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL	47
0.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)	48
0.9 COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO	50
0.10 CRONOGRAMA GENERAL ESTIMADO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO... 50	50
0.11 CRONOGRAMA GENERAL ESTIMADO DE EJECUCIÓN DEL PMA CONCORDANTE CON LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	52
0.12 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO	52

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA**

PAIPA II – PSR 4

CAPITULO 0 RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 0-1 Descripción de los componentes del proyecto	9
Tabla 0-2 Unidades territoriales asociadas al proyecto	11
Tabla 0-3 Fases y actividades del proyecto	12
Tabla 0-4 Unidades geológicas presentes en el área de influencia.....	16
Tabla 0-5 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia.....	17
Tabla 0-6 Unidades acuíferas en el área de influencia.....	18
Tabla 0-7 Unidades Geomorfológicas del área de influencia	19
Tabla 0-8 Estaciones IDEAM utilizadas para la caracterización meteorológica del área de influencia	28
Tabla 0-9 Categorías de amenaza relativa del terreno.....	33
Tabla 0-10 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia.....	33
Tabla 0-11 Unidades de paisaje en el AI.....	38
Tabla 0-12 Impactos y dependencia de servicios ecosistémicos	40
Tabla 0-13 Representatividad de la zonificación ambiental.....	41
Tabla 0-14 Volúmenes a aprovechar por cobertura censada para el área total de intervención del proyecto PSR 4.....	43
Tabla 0-15 Distribución de las categorías de manejo ambiental del proyecto	48
Tabla 1-1 Listado de programas y fichas de manejo para el medio abiótico	49
Tabla 1-2 Listado de programas y fichas de manejo para el medio biótico	49
Tabla 1-3 Listado de programas y fichas de manejo para el medio socioeconómico	49
Tabla 3-1 Cronograma de ejecución del Proyecto	51

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA**

PAIPA II – PSR 4

CAPITULO 0 RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 0-1 Localización general del Proyecto	8
Figura 0-2 Área de intervención del proyecto.....	10
Figura 0-3 Distribución planta fotovoltaica Paipa II – PSR4	14
Figura 0-4 Microcuencas transversales al área del proyecto.....	22
Figura 0-5 Red hidrográfica de las cuencas transversales al área de intervención del proyecto.....	24
Figura 0-6 Ubicación de las estaciones IDEAM	29
Figura 0-7 Clasificación climática de las cuencas transversales al área de intervención del proyecto.....	30
Figura 0-8 Temperatura media multianual, Estación Surbatá Bonza.....	31
Figura 0-9 Temperatura media multianual, Estación Tinguavita	31
Figura 0-10 Temperatura media multianual, Estación Andalucía	31
Figura 0-11 Precipitación total media multianual – estaciones Sotaquirá, Tinguavita y Antena TV La Rusia.....	32
Figura 0-12 Zonificación Ambiental global del proyecto	42
Figura 0-13 Zonificación de manejo ambiental del proyecto.....	47

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA**

PAIPA II – PSR 4

CAPITULO 0 RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 0-1 Excavaciones utilizadas como reservorios, depósitos o jagüeyes para almacenar agua o dar de beber al Ganado.....	25
Fotografía 0-2 Tanques en concreto usados como bebederos para Ganado, el suministro se lleva a cabo mediante líneas de aducción.....	25
Fotografía 0-3 humedal que almacena y conforma una corriente lítica tributaria del río Ocosa.....	25
Fotografía 0-4 Consumo humano sector plantas fotovoltaicas, línea de media conducción y vía logística.....	26
Fotografía 0-5 Bocatoma acueducto vereda La Bolsa, quebrada El Totumo.....	26
Fotografía 0-6 Uso de la quebrada El Totumo en procesos industriales de las canteras (izquierda), Uso del agua para la generación de energía eléctrica en Termopaipa (derecha).....	27
Fotografía 0-7 Río Chicamocha (izquierda) y canal perimetral TERMOPAIPA (derecha)	27

0 RESUMEN EJECUTIVO

Dentro de los objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas, se encuentra el de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos; específicamente aumentar la participación de energías renovables en el conjunto de fuentes de energía, así como también aumentar la mejora en eficiencia energética, contribuyendo de esta manera a las acciones contra el cambio climático.

Dentro de estas fuentes de energía renovable, o no convencionales (FNCE), se encuentra la energía solar fotovoltaica, la cual, después de la eólica, representa la segunda fuente avanzada de energía renovable en el mundo, con un crecimiento promedio de 55% anual los últimos 5 años (UPME, 2015).

El país cuenta con una irradiación solar promedio, mayor a la del promedio mundial, de 4,5 kWh/m²/d frente a 3,9 kWh/m²/d (UPME, IDEAM, 2005), presentando una buena disponibilidad del recurso solar, al no contar con estaciones a lo largo del año (UPME, 2015). Lo anterior, sumado a otros factores como el decrecimiento en los precios de la tecnología fotovoltaica en los últimos años, y el menor impacto ambiental frente a otros sistemas de generación, hace de la energía solar un nicho de oportunidad importante para la diversificación de la matriz energética del país y la mitigación del cambio climático. En este contexto, es de interés de la empresa PSR4 S.A.S el desarrollo de Proyectos Solares Fotovoltaicos en el territorio colombiano.

Por lo tanto, el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se presenta con el objetivo de solicitar el Licenciamiento Ambiental del Proyecto de Energía Solar Fotovoltaica Paipa II – PSR 4, promovido por la empresa PSR4 S.A.S, a la Corporación Autónoma Regional del departamento de Boyacá CORPOBOYACÁ. Este documento se fundamenta en los Términos de Referencia emitidos por esta entidad, para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Energía Solar Fotovoltaica.

0.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto de energía solar fotovoltaica fue estructurado por la empresa PSR 4 S.A.S, y se encuentra localizado al norte del departamento de Boyacá, entre los municipios de Sotaquirá y Paipa (ver Figura 0-1).

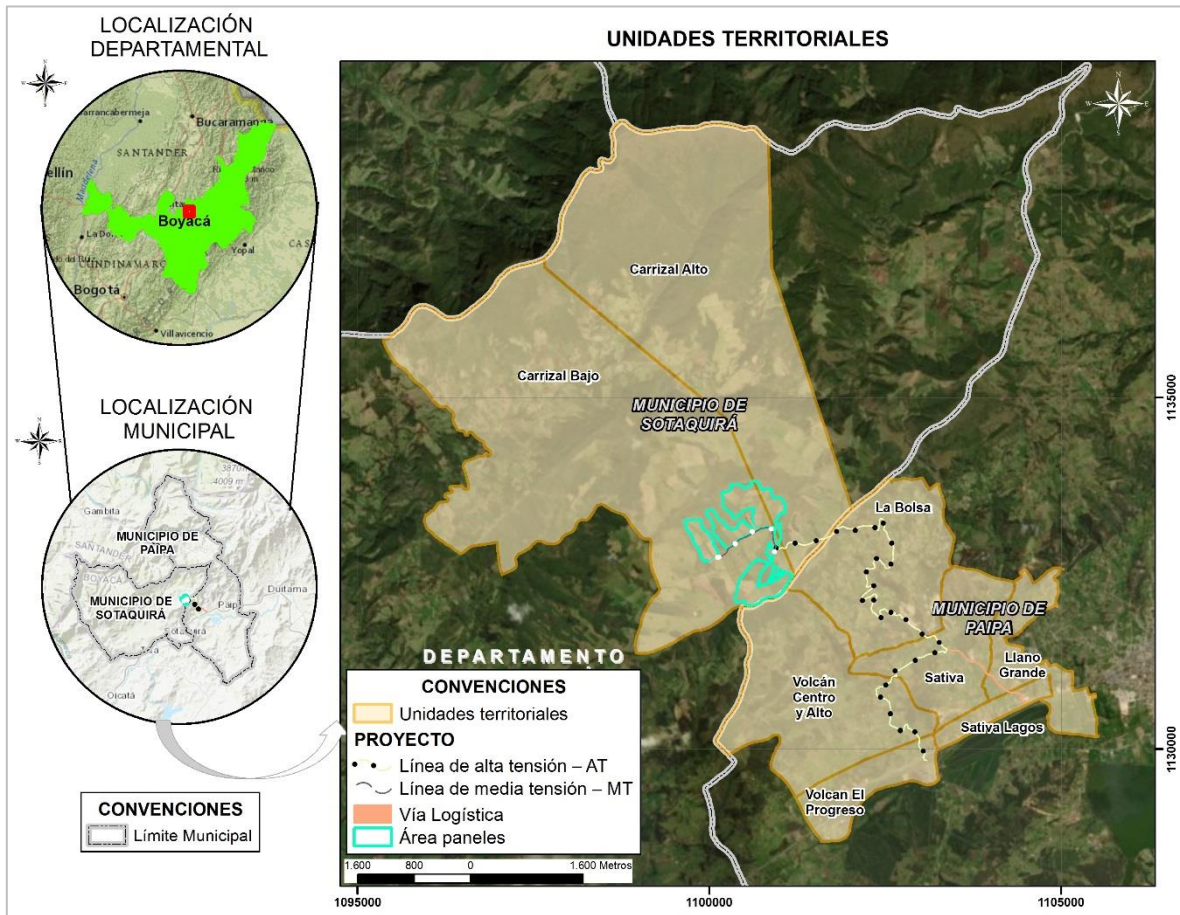


Figura 0-1 Localización general del Proyecto

Fuente. WSP. 2018

El proyecto está conformado por: a) un área de módulos fotovoltaicos (también denominados “paneles”), donde se localizará la planta solar, b) la línea de media tensión – MT (34,5 kV) que realiza la interconexión entre las áreas de paneles con la subestación elevadora, c) la línea de alta tensión – AT (115 kV) que evacuará la energía generada desde la subestación elevadora (situada dentro del campo del proyecto) hacia la subestación Paipa, y d) la vía logística que se utilizará para la movilización de maquinaria, materiales y equipo. Los componentes del proyecto se presentan en la Tabla 0-1.

Área proyecto	
Tipo	Área
Área paneles	97,05 ha
Línea de Alta Tensión – AT	0,88 ha
Línea de Alta Tensión y Vía Logística	1,76 ha
Línea de Media Tensión y Vía Logística	0,34 ha
Línea de Media Tensión	0,04 ha
Vía Logística	0,60 ha

Tabla 0-1 Descripción de los componentes del proyecto

Fuente: WSP, 2018

La línea de Alta Tensión – AT, se instalará de manera soterrada por la vía existente, y la línea de Media Tensión MT será mediante tendido aéreo. Debido a que esta última operaría a una tensión de 34,5 kV, no requiere del licenciamiento ambiental de acuerdo con el ARTÍCULO 2.2.2.3.2.3. del Decreto 1076 de 2015¹.

¹ Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

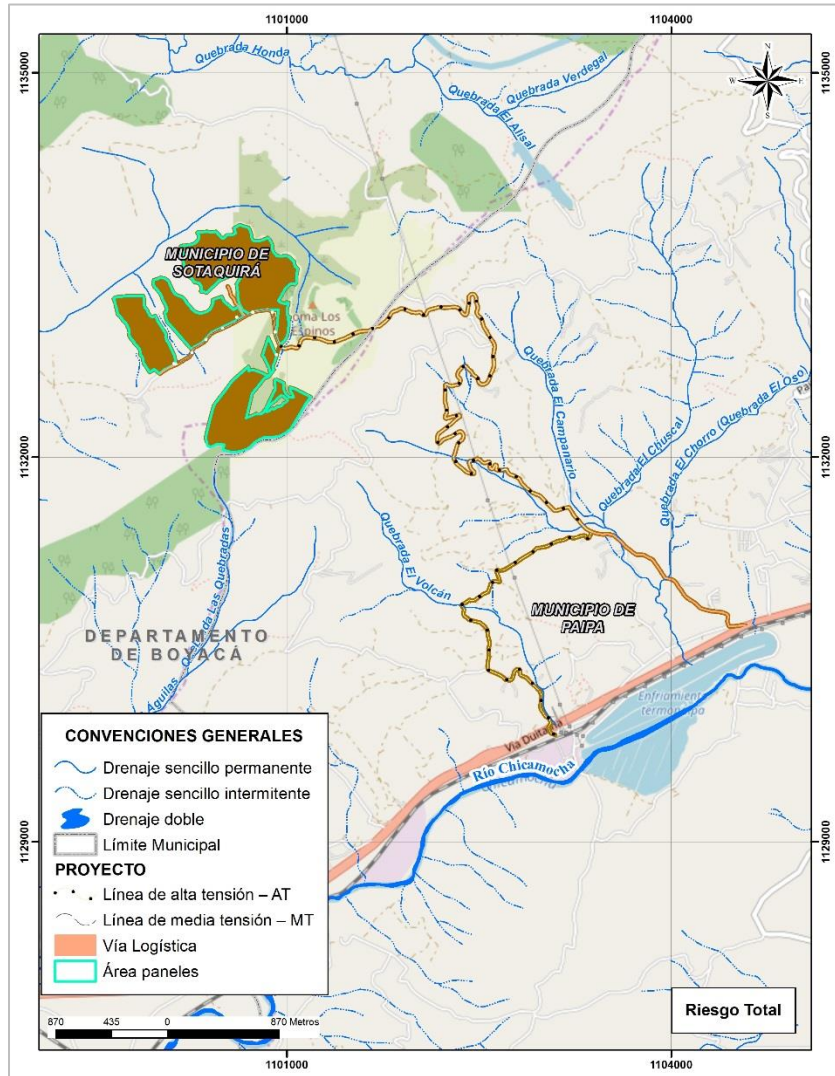


Figura 0-2 Área de intervención del proyecto

Fuente: WSP, 2018

El proyecto PAIPA II-PSR 4 involucra cinco unidades territoriales, de los municipios de Sotaquirá y Paipa en el departamento de Boyacá como lo muestra la Tabla 0-2, donde se presenta igualmente el tipo de intervención asociada al proyecto fotovoltaico.

Municipio	Vereda	Sector	Tipo de intervención			
			Área Paneles	Líneas de Media Tensión - MT	Línea de alta Tensión - AT	Vía logística
Sotaquirá	Carrizal	Carrizal Bajo	X	X	X	X
		Carrizal Alto	X		X	X
Paipa	La Bolsa	N/A			X	X
	Llano Grande	N/A				X
	Sativa	Sativa			X	X
		Sativa Lagos				X
	El Volcán	El Volcán/El Progreso			X	
El Volcán Alto				X		

Tabla 0-2 Unidades territoriales asociadas al proyecto

Fuente: WSP, 2018

0.1.1 Etapas del proyecto

Las etapas bajo las cuales se desarrollará el proyecto solar incluyen las actividades previas a la construcción y operación, construcción e instalación, operación y mantenimiento, así como las de desmantelamiento, restauración, cierre y clausura y/o terminación de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura temporal y permanente, relacionados y asociados con el desarrollo del proyecto (ver Tabla 0-3).

Etapa	Actividad
Preconstructiva y Preoperativa	Gestión de permisos, predial e inmobiliaria
	Adquisición de bienes y servicios
	Contratación de personal
	Replanteo topográfico y demarcación.
Etapa de Construcción e instalación	Movilización de maquinaria, materiales, equipos y personal
	Desmante y descapote
	Adecuación de terreno, movimientos de tierra (excavaciones y rellenos)
	Adecuación de zanjas para drenaje e instalación de tubería y cableado soterrado en áreas internas a la planta y para la línea de Alta Tensión - AT.
	Adecuación de instalaciones provisionales (campamentos y/o almacén de materiales y herramientas)
	Manejo y disposición de sobrantes de construcción
	Instalación y montaje de equipos, elementos y estructuras en general
	Adecuación de caminos internos
	Construcción o instalación de cajas de empalme y deflexión línea de Alta Tensión - AT
	Relleno y compactación
	Limpieza de sitios de obra

Etapa	Actividad
Operativa y mantenimiento	Operación de la planta
	Limpieza de los paneles, mantenimiento e inspección de la infraestructura asociada a la generación
	Mantenimiento correctivo
Desmantelamiento y cierre	Desmantelamiento de estructuras y obras
	Reconformación del terreno y limpieza

Tabla 0-3 Fases y actividades del proyecto

Fuente: WSP, 2018

0.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

0.2.1 Infraestructura existente

La zona tiene una vocación hacia la actividad de generación eléctrica con la presencia de La Central Termoeléctrica Termopaipa, la cual cuenta con una capacidad instalada de 321 MW, distribuida en la unidad I con 31 MW, la unidad II con 70 MW y la unidad III con 70 MW.

En el área de influencia del proyecto, existe una serie de infraestructura relacionada con líneas de transmisión de energía de alta tensión operadas por ISA Interconexión eléctrica S.A. (Sochagota - Guatiguará 2 y Sochagota – Paipa); también se tiene la presencia de la Red férrea Bogotá – Belencito a cargo de FENOCO S.A.

Adicionalmente, se encuentra la vía Nacional 55 que comunica a los municipios de Tunja y Paipa. Es una vía bajo la responsabilidad de la Concesión Briceño – Tunja – Sogamoso, cuyo contratista es el Consorcio Solarte Solarte y que tiene unas características técnicas en doble calzada pavimentada, en buenas condiciones de estado.

El proyecto no contempla la construcción de nuevas vías en el área externa a la zona de la planta. Se tiene contemplado la utilización de vías existentes de orden terciario y deberán recibir algún tipo de intervención con el fin de garantizar la movilidad de los vehículos, maquinaria, equipos y personal para la instalación del proyecto.

De igual forma, el proyecto de generación de energía fotovoltaica no contempla la explotación de fuentes de materiales de construcción. Los materiales de construcción que se requieren para el proyecto serán adquiridos a proveedores o terceros que cuenten con los permisos ambientales vigentes. Como tampoco, la instalación de plantas de procesamiento de asfalto, triturados o concretos. De requerirse estos materiales, se realizará la compra a proveedores autorizados

0.2.2 Infraestructura asociada al proyecto

Dentro de la infraestructura asociada para el desarrollo del proyecto se contemplan: Campamentos para albergar las instalaciones de faena provisionarias de obra (con un área de aproximadamente 10.000 m²). Esta zona albergará los talleres, oficinas y demás instalaciones necesarias y los Sitios de acopio y almacenamiento de materiales, insumos, equipos y herramientas, entre otros.

0.2.3 Diseño del proyecto

El sector de generación de energía fotovoltaica está localizado en la finca del señor Marco Tulio Benítez y contaría con las siguientes características

Superficie útil:	105,4 ha
Potencia Nominal:	72.000 kW
Potencia Pico:	81.792 kWp
Número de módulos:	204.480 módulos de 400 Wp
Número de mesas:	10.224 mesas de 20 módulos
Número de Inversores:	36 estaciones de 2 MVA
Mesas por inversor:	142 mesas

A continuación, se presenta el planteamiento de los diseños (Layout), donde se identifican los elementos que conformaran la planta de generación de energía fotovoltaica, Ver Figura 0-3. Estos se presentan también en el Anexo 03. Diseños.

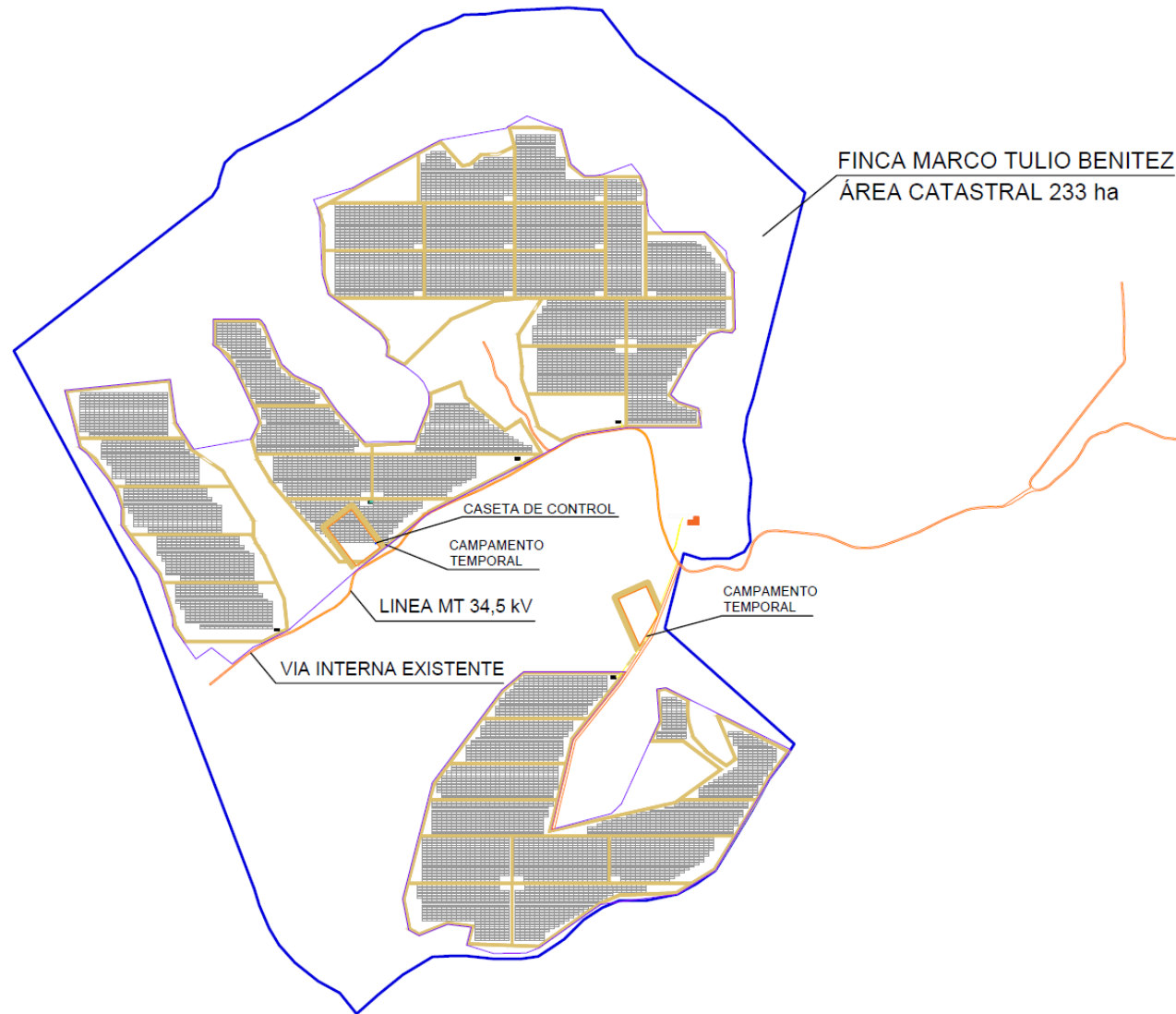


Figura 0-3 Distribución planta fotovoltaica Paipa II – PSR4
Fuente: PSR 4. 2018

0.2.4 Manejo y disposición de materiales sobrantes

El proyecto no contempla la adecuación de zonas de manejo y disposición de materiales de excavación sobrante y demoliciones - ZODME. De requerirse el manejo de sobrantes de excavación, estos, serán dispuestos en sitios autorizados para tal fin y que cuenten con los permisos ambientales pertinente.

Con respecto a los residuos sólidos, con base en las características del Proyecto se realiza la clasificación de los residuos sólidos no peligrosos, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2981 de 2013 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y de los residuos sólidos peligrosos según lo previsto en el Decreto 4741 de 2005.

Por su parte, tanto los residuos domésticos como los industriales, en la fase de construcción como de operación, serán entregados a terceros para su adecuada disposición final.

0.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA

0.3.1 Medio abiótico

0.3.1.1 Geología

En el área de influencia se encuentran dos estructuras geológicas regionales: El Sinclinal de los Medios y la falla de Boyacá.

Las unidades geológicas se realizaron basadas en la información secundaria tomada del Servicio Geológico Colombiano (SGC), correspondiente al departamento de Boyacá, más específicamente la planchas 171 Duitama y trabajo de campo realizado para el desarrollo del componente. De igual forma se realizó una homologación de acuerdo con la edad y la posición estratigráfica de cada unidad.

En el área de influencia se encuentran siete (7) unidades geológicas de edad Jurásica hasta edad Cuaternaria, están representadas por rocas de la Formación Arcabuco (Jar), Formación Los Medios miembro inferior (Kimi), Formación los Medios miembro superior (Kims), Formación Ritoque (Kiri), Formación Guaduas (Ktg), Formación Tilata (Tst) y depósitos aluviales (Qal) en **Tabla 0-4** se observan las unidades litoestratigráficas del área.

EON	ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDAD GEOLÓGICA	SÍMBOLO	ha	%
Fanerozoico	Mesozoico	Jurásico	Superior	Formación Arcabuco	Jar	0,02	0,02
		Cretácico	Inferior	Formación Los Medios Miembro Inferior	Kimi	0,31	0,31
			Inferior	Formación Los Medios Miembro Superior	Kims	0,66	0,66
			Inferior (Valanginiano)	Formación Ritoque	Kiri	97,60	96,95
			Superior (Maastrichtiano)	Formación Guaduas	Ktg	0,01	0,01
	Cenozoico	Neógeno	Plioceno - Pleistoceno	Formación Tilata	Tst	0,38	0,38
		Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales	Qal	1,68	1,67
Total						100,68	100

Tabla 0-4 Unidades geológicas presentes en el área de influencia

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.2 Amenazas naturales

Las amenazas naturales que se consideran representativas para el área de influencia corresponden a amenaza sísmica, fenómenos de remoción en masa y amenaza cerámica.

0.3.1.2.1 Amenaza sísmica

La amenaza por sismicidad se determinó con base en los resultados del Mapa de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & UNAL, 2010), el cual presenta una zonificación de la amenaza sísmica en términos de aceleración horizontal máxima en roca (PGA por sus siglas en inglés), que representa un modelo probabilístico para el movimiento del terreno que podría esperarse por la ocurrencia de sismos en Colombia.

El área de influencia se encuentra en una sola zona de amenaza, en la cual existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración horizontal máxima en roca entre 150 a 200 cm/s^2

0.3.1.2.2 Amenaza cerámica

La Amenaza Cerámica está relacionada con los eventos atmosféricos como rayos y truenos, los cuales son considerados eventos cerámicos. La amenaza cerámica se determina por el nivel cerámico; el cual corresponde a el número de veces en el año que se manifiestan eventos cerámicos (rayos y truenos).

Los niveles cerámicos se suelen llevar a mapas isocerámicos, es decir, a mapas con curvas de igual nivel cerámico. El área de influencia se encuentra dentro de una Zona de Amenaza Moderada donde el 100% se encuentra dentro de la categoría entre 40 y 60 descargas/ km^2 .

0.3.1.2.3 Amenazas fenómenos de remoción en masa

Esta amenaza natural se encuentra asociada a los fenómenos erosivos y de remoción en masa, consisten en la separación, traslado y sedimentación de materiales que conforman el suelo y roca, ocasionados por diferentes agentes como son el agua, viento, clima y fuerza de gravedad. De los agentes geomorfológicos erosivos, el agua es el más importante en la zona de estudio y es el responsable de la erosión pluvial y fluvial. El proceso de erosión pluvial se inicia por la acción de las gotas de lluvia sobre un suelo desprovisto de vegetación que provoca la disgregación de las partículas que lo conforman y luego por escorrentía se remueve este material. En la siguiente tabla se relacionan las categorías de amenaza y su distribución espacial.

UNIDAD	CATEGORÍA AMENAZA	ÁREA (ha)	ÁREA %
IB	Alta	0,19	0,19
II	Moderada	0,56	0,55
IIIA	Baja	20,57	20,43
IIIB	Muy baja	79,36	78,83

Tabla 0-5 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia.

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.3 Hidrogeología

A pesar de no estar en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental EIA – en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica emitidos por CORPOBOYACÁ, se realiza la caracterización de hidrogeología como insumo para geotécnica (capítulo 5.1.8).

El objetivo principal de la caracterización hidrogeológica es evaluar el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes en el área de influencia para almacenar y transmitir agua, la productividad de los acuíferos, y describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico en el área.

En la Tabla 0-6 se encuentran la descripción de los sistemas acuíferos encontrados en el área de influencia.

Sistemas acuíferos presentes en el área de influencia				
Sistema de Acuífero		Características de los Acuíferos		Unidades Hidrogeológicas
Sedimentos y rocas con flujo intergranular				
A1	Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Sistemas de acuíferos continuos de extensión regional a local, conformados por sedimentos Cuaternarios no consolidados de ambiente fluvial y continental, representan acuíferos libres y confinados. Almacena aguas dulces que requieren tratamientos para algunos usos.		Depósitos aluviales Qal
Rocas con flujos esencialmente a través de fracturas (Rocas fracturadas y/o carstificadas)				
B1	Acuíferos de Baja productividad capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Sistemas acuíferos continuos de extensión regional, depositados en ambiente continental y marino, conformados por rocas de edad Cretácica y Jurásica. Presenta acuíferos confinados pertenecientes a la Formación Guaduas en su miembro arenoso; tienen un bajo potencial de almacenamiento de aguas.		Formación Arcabuco Jar Formación Los Medios Miembro Conglomerático superior Kims Formación Guaduas Ktg
Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea				
C1	Acuíferos con muy baja productividad, capacidad específica promedio < de 0.05 l/s/m.	Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad, constituidos por rocas sedimentarias del Neógeno y Cretácico, de origen marino y continental, almacenan aguas de baja calidad que requieren tratamientos para su uso.		Formación Ritoque Kiri Formación Los Medios Miembro Limolítico inferior Kimi Formación Tiltatá Tst

Tabla 0-6 Unidades acuíferas en el área de influencia

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.3.1 Inventario de aguas subterráneas

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología y que proceden de la información de usuarios de los denominados puntos de agua; se utiliza para conocer rápidamente las características hidrogeológicas de una zona dada. En sentido estricto se puede definir un punto de agua subterránea como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero, estos pueden incluir perforaciones existentes (pozos o aljibes), también se cuentan las fuentes o surgencias naturales. El inventario se realizó entre el 28 de agosto y el 31 de agosto de 2018 con un periodo climático lluvioso, se inventariaron un total de tres (3) manantiales.

0.3.1.4 Geomorfología

En el área de influencia se identificaron cuatro (3) ambientes morfogénéticos, ambiente denudacional (D), ambiente fluvial (F) y ambiente estructural (S).

➤ Ambiente Denudacional (D)

Determinado por la actividad de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y principalmente producto de procesos de meteorización, erosión y remoción en masa, sobre geoformas pre-existentes. (INGEOMINAS, 2011).

➤ **Ambiente Fluvial (F)**

Corresponde a las geoformas generadas por procesos (erosión – sedimentación), generadas por corrientes de agua tales como ríos, arroyos, lagos y lagunas respectivamente. (INGEOMINAS, 2011)

➤ **Ambiente Estructural (S)**

Corresponde a geoformas de terreno que son producto de procesos tectónicos, se pueden asociar con plegamientos o fallamientos del terreno. (INGEOMINAS, 2011).

A continuación, se resumen las diferentes unidades y subunidades geomorfológicas caracterizadas en el área de influencia (Tabla 0-7).

GEOMORFO-ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGIÓN	UNIDAD	SUB-UNIDAD	SÍMBOLO	Área	
						(ha)	(%)
OROGÉNICO ANDINO	CORDILLERA ORIENTAL	Morfoestructural (S)	Sierra Sinclinal	Valle estructural	Sssv	18,62	18,49
				Lomerío disectado bajo Sierra Sinclinal	Sssl db	37,66	37,41
				Lomerío disectado moderado Sierra Sinclinal	Sssl dm	41,30	41,02
			Ladera sinclinal	Sslc	1,00	1,00	
			Ladera	Sle	0,01	0,01	
		Denudacional (D)	Lomas Denudadas	Lomeríos denudacionales disectados	Dld	0,38	0,38
		Fluvial y lagunar (F)	Aluviales	Planicie de inundación	Fpi	1,70	1,69
		TOTAL					

Tabla 0-7 Unidades Geomorfológicas del área de influencia

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.5 Suelos y uso del suelo

En el componente de suelos y usos de tierras se realizó la identificación de las unidades presentes en el área de estudio, la identificación de la capacidad de uso y los usos potenciales, determinación del uso actual y los conflictos del uso del suelo.

0.3.1.5.1 Caracterización de los suelos

La caracterización de los suelos presentes en el área de estudio identifico que el mayor porcentaje del área corresponde a la unidad MHV, asociada al área del proyecto, la cual se distribuye en 90 ha y corresponde al 96 % del AI. En segundo lugar, se presentan las áreas categorizadas como zonas urbanas, las cuales hacen referencia a la vía de la línea de evacuación, la cual no presenta suelo. Esta corresponde al 4 % del área.

0.3.1.5.2 Capacidad de uso del suelo

La determinación de la capacidad de uso se realizó a partir de la identificación de las clases agrológicas del suelo de las unidades de suelo. La categoría de capacidad de uso más representativa es la agroforestal de sistemas de producción agrosilvopastoril (96% del AI).

Esta capacidad de uso se asocia a limitantes del suelo como la erosión y desbalances nutricionales, lo cual conlleva a que el suelo no pueda soportar sistemas agrícolas intensivos, sino que requiera sistemas productivos asociados (agrícolas, pecuarios y forestales), que generen un menor impacto en el suelo. El porcentaje restante corresponde a zonas urbanas, las cuales por no presentar suelo no les aplica la determinación de capacidad.

0.3.1.5.3 Uso actual del suelo

A partir del mapa de coberturas desarrollado para el proyecto, se determinaron cinco categorías de uso actual del suelo, junto con siete subcategorías de uso específico. En importancia, el 89 % del área corresponde a usos ganaderos de pastoreo extensivo, los cuales se desarrollan en praderas de pastos limpios, arbolados o enmalezados.

En segundo lugar, de importancia se distribuyen los sistemas productivos de cultivos transitorios intensivos principalmente de papa y presentan una cobertura del 7 %. El 4 % restante, se distribuye en usos de infraestructura de transporte y sistemas forestales de producción y de conservación.

0.3.1.5.4 Conflictos de uso del suelo

La determinación del conflicto de uso del suelo, desarrollada a partir de la comparación del uso actual del suelo con respecto a la oferta ambiental (capacidad de uso), evidencia que el 90% del AI las tierras no presentan conflicto de uso ya que el uso actual, principalmente ganadería, es consistente con la oferta ambiental de los suelos, que para este caso corresponde a sistemas agrosilvopastoriles, en los que se contempla la explotación ganadera no intensiva.

En segundo lugar, con un 7% de cobertura se reportan los conflictos por sobreutilización severa O3, los cuales se asocian a tierras que actualmente están siendo utilizadas para la producción de papa en sistemas intensivos, pero que su capacidad de uso se identificó con sistemas menos extractivos, como sistemas agroforestales. El porcentaje restante corresponde a áreas sin determinación de conflicto ya que estas no presentan suelo.

0.3.1.6 Hidrología

El proyecto en el contexto hidrológico regional se localiza al sur de la cuenca del río Chicamocha sector Alto Chicamocha, ordenado territorialmente por el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Alto Chicamocha – NSS (2403-01). Localmente el área de intervención del proyecto es transversal a ocho microcuencas (ver Figura 0-4), la cuenca (1) acoge la planta fotovoltaica, líneas de media tensión, un tramo de la línea de alta tensión y de la vía logística, también es la cuenca aferente del humedal cuyo efluente es tributario del río Ocosa afluente del río Sotaquirá, este a su vez del río Chicamocha. Posteriormente los tramos restantes de la línea de alta tensión y vía logística son transversales de norte a sur de las microcuencas de la quebrada El Totumo, El Campanario, El Chorro afluentes de la quebrada El Chuscal también transversal al proyecto, dicha cuenca es afluente del canal perimetral de la piscina de enfriamiento de Termopaipa cuyo efluente es vertido de manera directa al río Chicamocha. Así mismo el proyecto es transversal al suroccidente de la cuenca El Volcán afluente directo del río Chicamocha y al suroriente de la cuenca que abarca drenajes directos afluentes también del canal perimetral de Termopaipa.

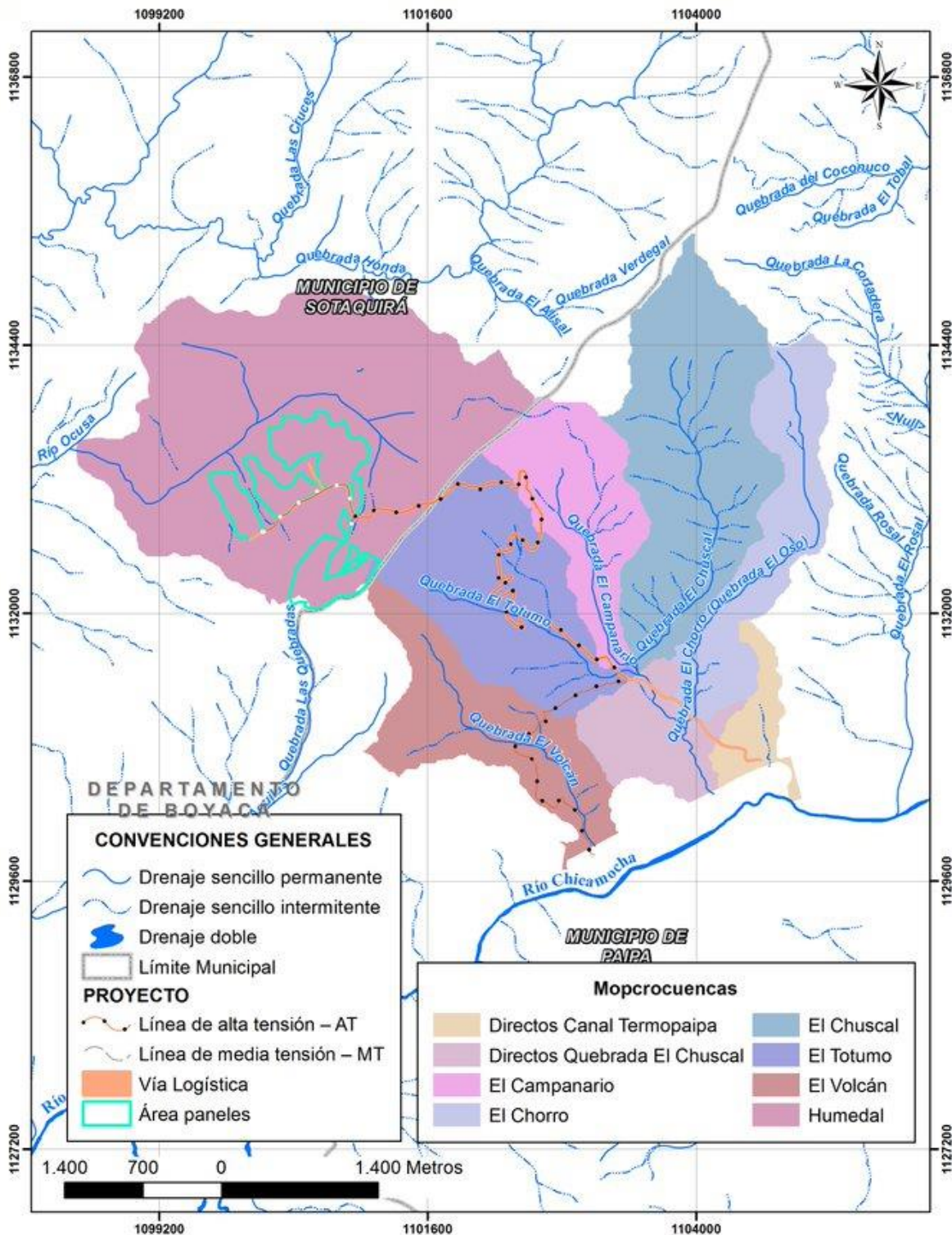


Figura 0-4 Microcuencas transversales al área del proyecto

Fuente: (WSP, 2018)

Las cuencas según características morfométricas no son tendientes a generar avenidas torrenciales, no obstante, las cuencas del humedal y El Chuscal son tendientes a generar inundaciones en condiciones extraordinarias. Dicho escenario no representa riesgos en la operación del proyecto en primer lugar porque éste no requiere construir obras en los cruces con las corrientes debido que su infraestructura lineal tal como la línea de alta tensión será instalada de manera soterrada, en los cruces con corrientes superficiales el cruce se realiza mediante perforación dirigida y abarca únicamente la calzada de las vías.

La red hidrográfica de las cuencas está conformada por un humedal, numerosos jagüeyes o reservorios, principalmente ubicados en la cuenca (1); drenajes perennes, correspondientes a las corrientes principales de las microcuencas cuyo régimen hidrológico fue determinado de acuerdo con los resultados del balance hídrico realizado para cada una de las cuencas; drenajes intermitentes principalmente afluentes de las corrientes principales y un canal de origen artificial asociado a la piscina de enfriamiento de Termopaipa.

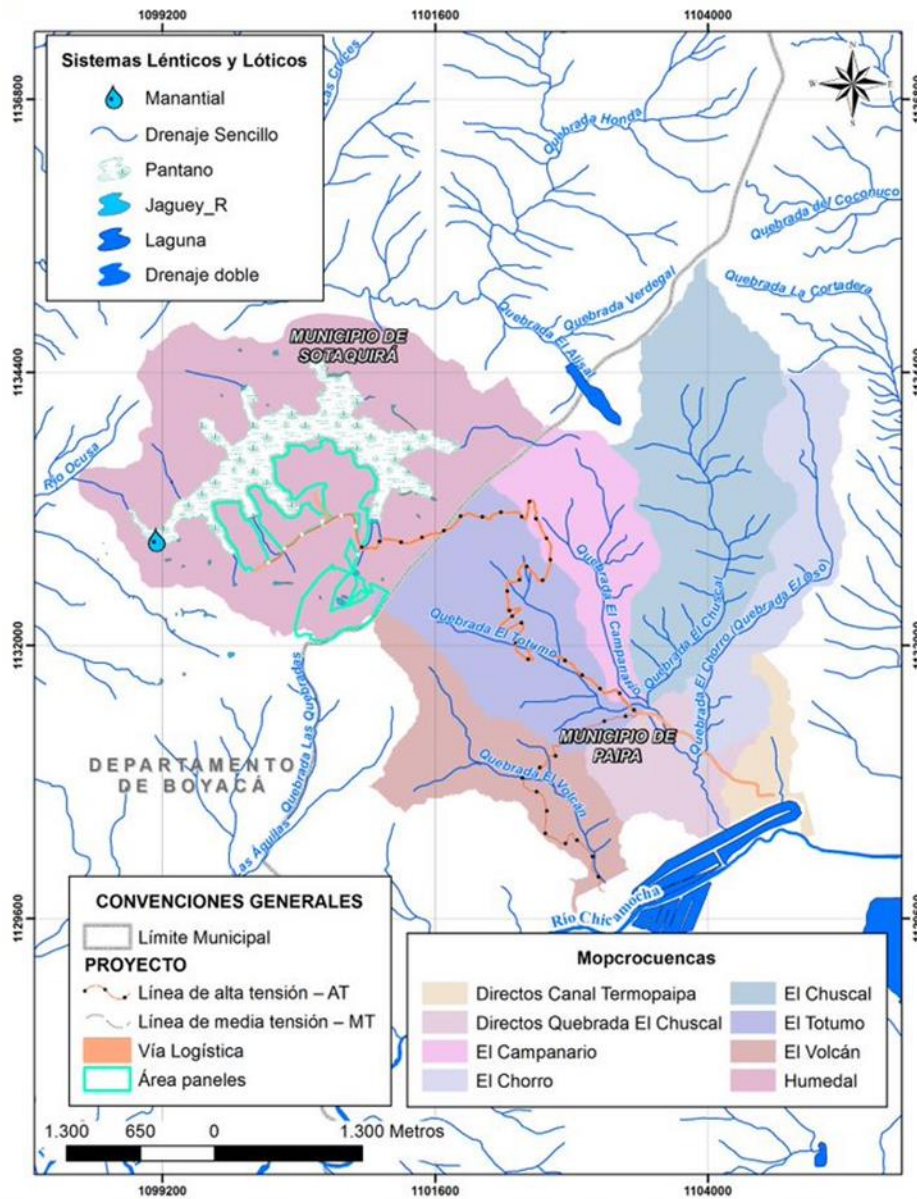


Figura 0-5 Red hidrográfica de las cuencas transversales al área de intervención del proyecto

Fuente: (WSP, 2018)

Los usos del agua identificados en los sectores transversales al área de intervención fueron los siguientes:

- **Reservorios o jagüeyes (uso pecuario):** usados como bebederos de ganado, conformados por excavaciones que en algunas ocasiones logran autoabastecimiento debido que se recargan por la filtración de nivel freático; los demás jagüeyes o reservorios son alimentados externamente mediante mangueras que transportan el agua desde manantiales u otros reservorios. Para el mismo fin, los predios se encuentran equipados con tanques en concreto cuyo suministro de agua se logra

mediante un distrito de riego conformado por puntos de almacenamiento de agua, línea de aducción y respectivas acometidas que alimentan cada uno de los tanques. El control al suministro en los tanques se lleva a cabo con flotadores.



Fotografía 0-1 Excavaciones utilizadas como reservorios, depósitos o jagüeyes para almacenar agua o dar de beber al Ganado

Fuente: (WSP, 2018)



Fotografía 0-2 Tanques en concreto usados como bebederos para Ganado, el suministro se lleva a cabo mediante líneas de aducción

Fuente: (WSP, 2018)

- **Conservación:** el humedal cuyo efluente es tributario del río Ocura se encuentra cercado con el fin de evitar el acceso de semovientes.



Fotografía 0-3 humedal que almacena y conforma una corriente lótica tributaria del río Ocura

Fuente: (WSP, 2018)

- **Consumo humano:** El agua es captada mediante motobombas cuya captación se realiza en los reservorios que se autoabastecen de nivel freático o manantiales. La línea de aducción corresponde a manguera o agrotubo y su almacenamiento es en tanques plásticos.



Fotografía 0-4 Consumo humano sector plantas fotovoltaicas, línea de media conducción y vía logística.

Fuente: (WSP, 2018)

Respecto a los usos del agua asociados al sector de línea de alta tensión y vía logística se identificaron los siguientes usos del agua:

- **Consumo doméstico:** En dicho sector se identificó el acueducto veredal de la vereda La Bolsa, cuya captación se realiza directamente de un manantial, posteriormente el agua es conducida a tanques donde se le realiza tratamiento primario (sedimentación), no se realiza desinfección, la línea de aducción es mediante tubo de PVC de 0,5", el acueducto cuenta con 35 acometidas, el uso permitido es doméstico, hay restricción para uso agrícola y/o pecuario. El acueducto cuenta con administrador y fontanero.



Fotografía 0-5 Bocatoma acueducto vereda La Bolsa, quebrada El Totumo

Fuente: (WSP, 2018)

- **Uso de las quebradas como colectores de agua residual doméstica e industrial o en procesos industriales**

Se identificaron dos corrientes superficiales que son utilizadas como colectores de aguas residuales, en primer lugar, el río Chicamocha el cual abastece la industria en el municipio, principalmente la central termoeléctrica Termopaipa, también recibe el agua residual industrial producto de los procesos de dicha industria y agua residual mixta proveniente del sistema de alcantarillado de los cascos municipales que lo rodean.



Fotografía 0-6 Uso de la quebrada El Totumo en procesos industriales de las canteras (izquierda), Uso del agua para la generación de energía eléctrica en Termopaipa (derecha)

Fuente: (WSP, 2018)

El agua de la quebrada El Totumo es utilizada en canteras para lavado del material extraído, no se le observa tratamiento alguno. El uso se realiza mediante derivación de una parte del caudal, pasa por el lavado de material y es entregada nuevamente al cauce de dicha quebrada. Por último, el canal perimetral de la piscina de enfriamiento de Termopaipa el cual colecta el efluente de la quebrada El Chuscal y pequeños afluentes directos



Fotografía 0-7 Río Chicamocha (izquierda) y canal perimetral TERMOPAIPA (derecha)

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.7 Atmosférico

La caracterización meteorológica se realizó con base en los datos de las siguientes estaciones del IDEAM:

CODIGO	NOMBRE	TIPO	CORRIENTE	FECHA_INST	ESTE	NORTE	ALTITUD
24035120	SURBATA BONZA	AM ¹	SURBA	15/03/1944	1111095	1133489	2485
24035170	TUNGUAVITA	AM	SALITRE	15/01/1968	1106465	1127229	2470
24015280	GAMBITA	CO ²	LENGUARUCO	15/05/1974	1081263	1149178	1900
24025030	SIERRA LA	CP ³	LA RUCIA	15/02/1967	1101160	1151604	2700
24035350	ANDALUCIA	CP	SURBA	15/09/1996	1112863	1144408	3265
24030350	DUITAMA	PG ⁴	CHITICUY	15/01/1959	1114397	1136552	2540
24010870	PALERMO	PM ⁵	CHONTALES	15/12/1970	1097595	1144204	2200
24030380	SOTAQUIRÁ	PM	SOTAQUIRÁ	15/09/1960	1093331	1127622	2860
24030510	CEREZO EL	PM	SALITRE	15/01/1970	1111416	1122082	2900
24030840	ANTENA TV RUSIA LA	PM	SURBA	15/08/1980	1110200	1143352	3650

(1)Agrometeorológica, (2)Climatológica ordinaria, (3)Climatológica principal, (4) Pluviográfica, (5)Pluviométrica

Tabla 0-8 Estaciones IDEAM utilizadas para la caracterización meteorológica del área de influencia

Fuente: IDEAM (2018)

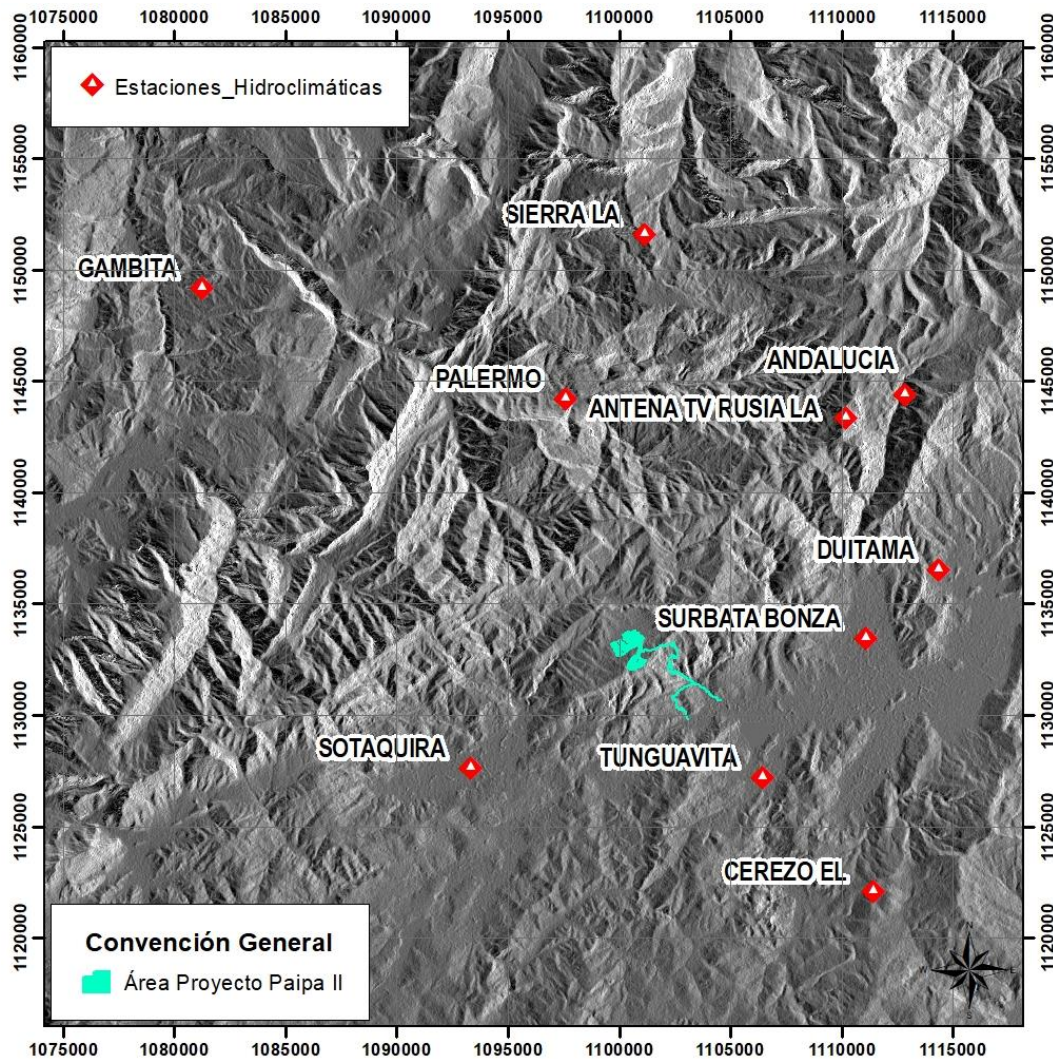


Figura 0-6 Ubicación de las estaciones IDEAM

Fuente: (WSP, 2018)

Las estaciones en su totalidad y en conjunto fueron utilizadas para realizar la zonificación de cada uno de los parámetros analizados (temperatura, presión atmosférica, precipitación, humedad relativa, dirección y velocidad del viento y radiación solar), no obstante, para los análisis estadísticos y gráficos a nivel diario, mensual y anual únicamente se realizó para las estaciones que por su ubicación y según polígonos de Thiessen tienen representatividad directa sobre las cuencas transversales al área de intervención del proyecto. Los análisis pueden consultarse ampliamente en el capítulo de caracterización del área de influencia, sin embargo, las conclusiones de la caracterización se plasman concretamente en la caracterización climática cuyo resultado fue el siguiente (Figura 0-7):

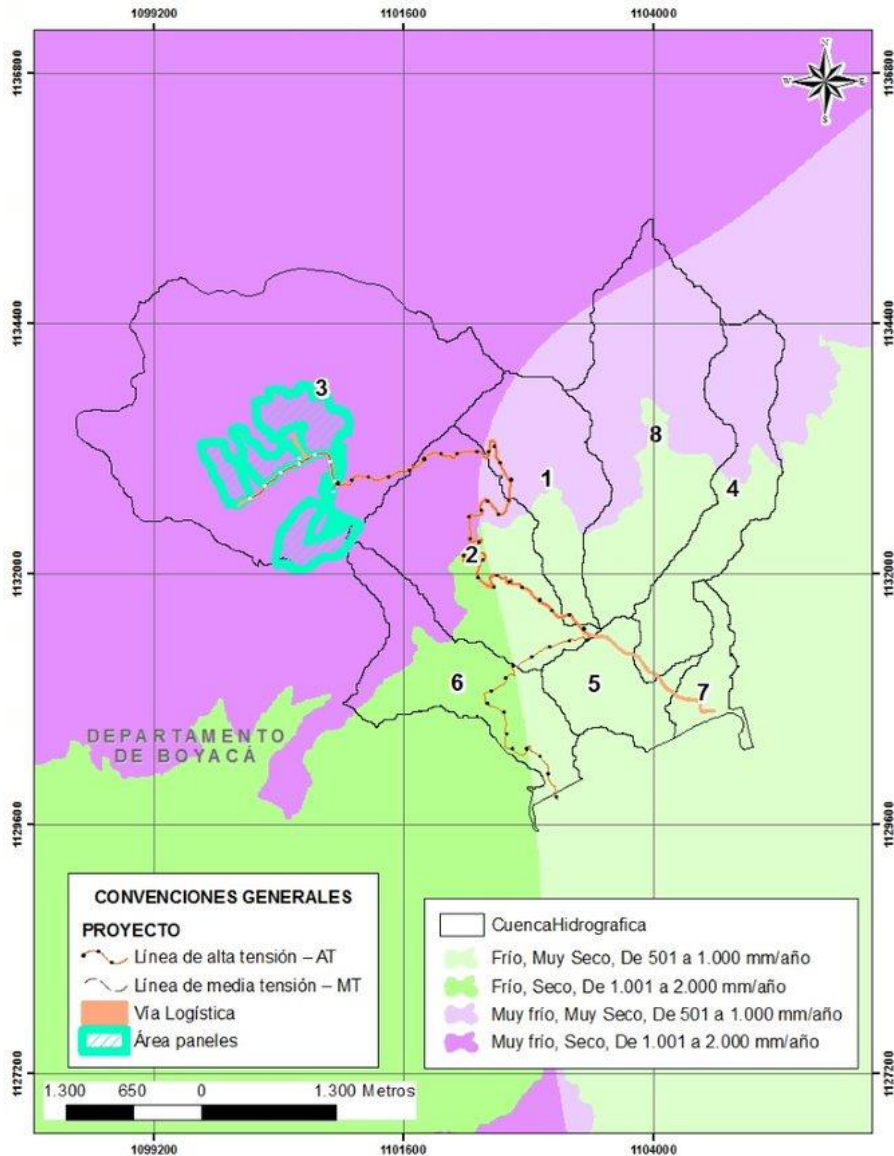


Figura 0-7 Clasificación climática de las cuencas transversales al área de intervención del proyecto

Fuente: (WSP, 2018)

Por último, es importante resaltar que los análisis multianuales de la precipitación y temperatura, parámetros con un importante rol dentro de la dinámica climática, cuya fluctuación genera efectos sobre los demás parámetros manifiestan evidencias del cambio climático, si bien las estaciones no cuentan con una temporalidad de registros de 50 o 100 años como característica común que permita un análisis integral del área estudiada se evidenciaron los siguientes resultados:

- Temperatura

Las estaciones Surbatá Bonza y Tinguavita expresan mediante una tendencia lineal que, si bien dicha tendencia es construida con base a registros de 35 años que relativamente es

una temporalidad muy corta y puede considerarse no representativo para definir escenarios de cambio climático, es claro que ha ocurrido un aumento progresivo de la temperatura, de +/- 1°C. Dicho cambio puede ser una oscilación de un periodo más largo como lo puede ser el último quinquenio (50 años) o realmente manifestar los efectos del cambio climático sobre la temperatura media.

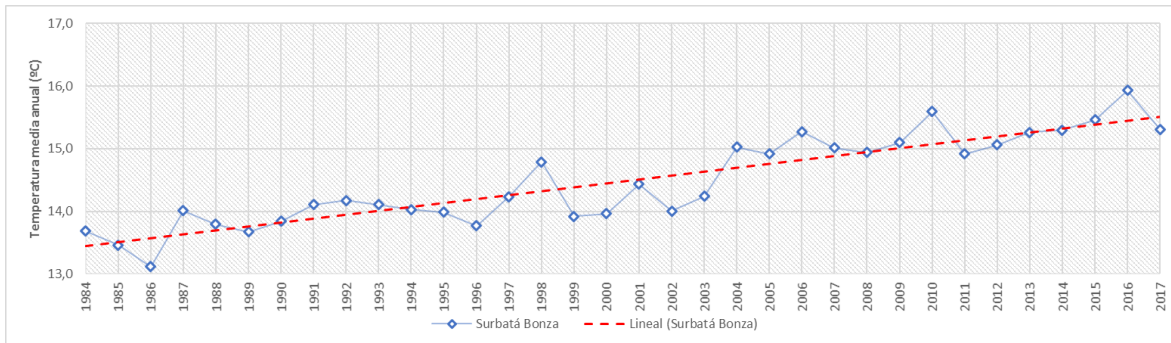


Figura 0-8 Temperatura media multianual, Estación Surbatá Bonza
Fuente: (WSP, 2018)

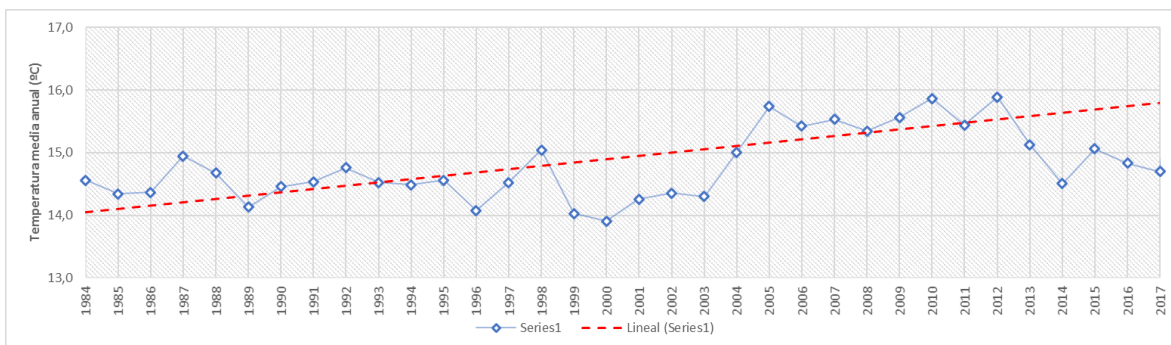


Figura 0-9 Temperatura media multianual, Estación Tinguavita
Fuente: (WSP, 2018)

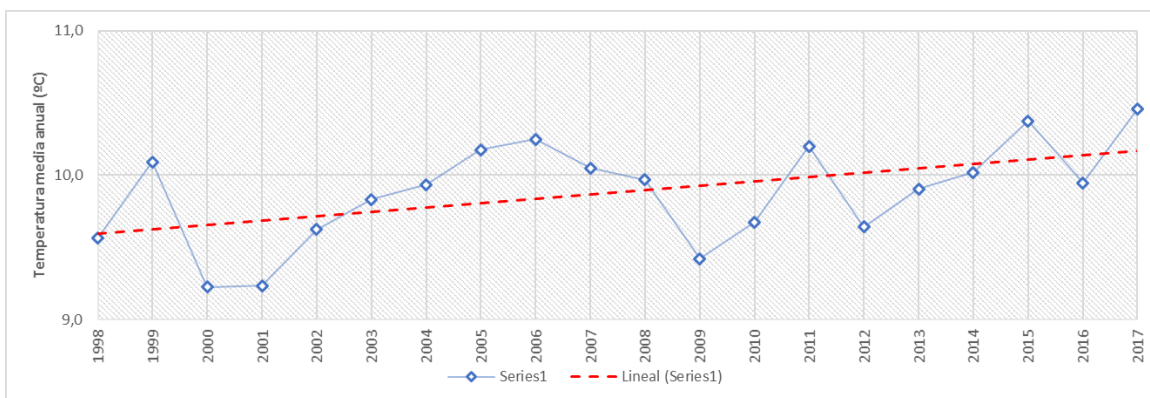


Figura 0-10 Temperatura media multianual, Estación Andalucía
Fuente: (WSP, 2018)

- Precipitación

Los resultados indican que desde 1981 hasta 2017 la precipitación en los sectores representados por las estaciones Antena TV La Rusia y Sotaquirá ha tendido a disminuir +/- 200mm/año mientras que en el sector de la estación Tinguavita se ha incrementado +/- 200mm/año.

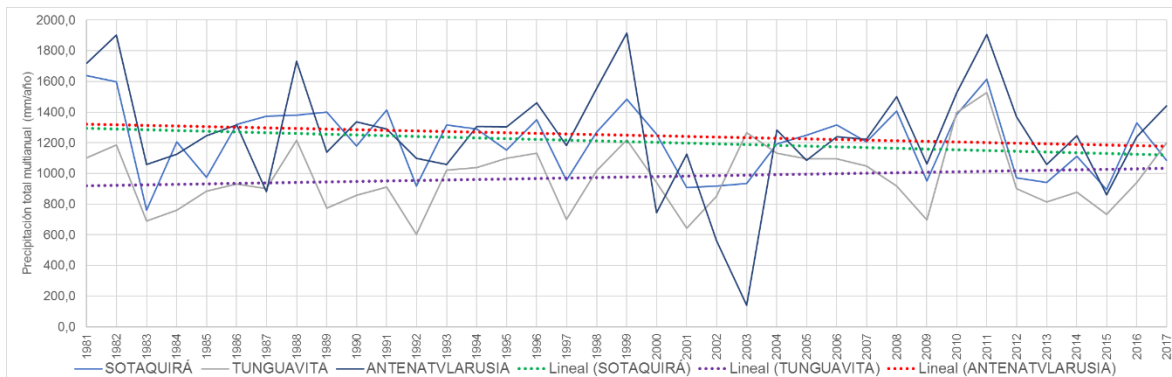


Figura 0-11 Precipitación total media multianual – estaciones Sotaquirá, Tinguavita y Antena TV La Rusia

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.1.8 Geotecnia

La zonificación geotécnica del área de influencia consiste en la división del terreno en zonas geotécnicamente homogéneas, calificadas de acuerdo con las condiciones de estabilidad que pueden afectar, para lo cual en un ambiente SIG, se definen áreas con características similares en cuanto a litología (geología), geomorfología, hidrogeología, cobertura de la tierra, densidad de drenajes, densidad de fallas, intensidad de erosión y pendientes.

Al incorporar los factores detonantes precipitación y amenaza sísmica se obtiene la amenaza relativa (zonificación geotécnica) a la ocurrencia de procesos de remoción en masa, calificada desde muy baja a muy alta, de acuerdo con el esquema metodológico de modificado de (Vargas, 1999).

Con base en la interacción de los factores intrínsecos y los factores desencadenantes o detonantes que intervienen en la generación de los fenómenos de remoción en masa, se establece la amenaza relativa del terreno.

La zonificación geotécnica del área de influencia se dividió en cinco categorías de amenazas, como se muestra en la Tabla 0-9, que van desde muy alta a muy baja (IA, IB, II IIA y IIB) y corresponden a la agrupación metodológica de zonas homogéneas de los factores de ponderación evaluados.

RANGOS DE VALORES	CATEGORÍA DE AMENAZA		ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
< 12	Muy Baja	IIIB	Muy Alta
12 – 15	Baja	IIIA	Alta
16 – 20	Moderada	II	Moderada
21 – 25	Alta	IB	Baja
> 25	Muy Alta	IA	Muy Baja

Tabla 0-9 Categorías de amenaza relativa del terreno

Fuente: (WSP, 2018)

En la Tabla 0-5 se muestra un resumen de las características de las áreas resultantes en la clasificación de amenazas por procesos de remoción en masa en el área del proyecto.

UNIDAD	CATEGORÍA AMENAZA	ESTABILIDAD GEOTÉCNICA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (ha)	ÁREA %
IB	Alta	Baja	Son zonas de terreno en donde la mayoría de las condiciones son propensas a generar PRM. La litología es de rocas que presentan intercalaciones de litologías blandas, con alta densidad de fallas y drenaje, con un relieve relativo alto, presenta precipitaciones moderadas y amenaza sísmica moderada, la vegetación en esta zona es limitada.	0,31	0,29
II	Moderada	Moderada	Son zonas del terreno que presentan algunos riesgos de generación PRM como cárcavas locales, caídas de rocas y erosión laminar severa. Presenta pendientes fuertemente inclinadas, precipitaciones moderadas, amenaza sísmica moderada, y poca cobertura vegetal protectora.	0,56	0,52
IIIA	Baja	Alta	Son zonas en donde las condiciones del terreno no presentan mayores riesgos de generación de PRM y procesos erosivos. Se caracterizan por un predominio de depósitos aluviales, Las pendientes presentes en las zonas son los rangos de 7 -12% y de 3 – 7%. La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 150 - 200 PGA, el factor de precipitación es moderado.	68,00	63,24
IIIB	Muy baja	Muy alta	Son zonas donde no se presentan PRM ni procesos erosivos, presenta pendientes entre 3 y 12°, La sismicidad en esta zona se caracteriza por estar entre los rangos de 150 – 200 PGA, el factor de precipitación es bajo para esta zona.	38,66	35,95
Área total				106,55	100,00

Tabla 0-10 Leyenda del mapa de zonificación geotécnica del área de influencia

Fuente: (WSP, 2018)

0.3.2 Medio biótico

0.3.2.1 Ecosistemas

0.3.2.2 Ecosistemas terrestres

0.3.2.2.1 Flora

Dentro del área de intervención del proyecto PSR 4, se identificaron 11 ecosistemas terrestres, los cuales corresponden a ecosistemas antrópicos:

- Pastos y árboles plantados del Orobioma de Páramo Altoandino cordillera oriental
- Pastos y árboles plantados del Helobioma Altoandino cordillera oriental
- Papa del Helobioma Altoandino cordillera oriental
- Red vial y territorios asociados del Orobioma Azonal Andino Altoandino cordillera oriental
- Red vial y territorios asociados del Orobioma de Páramo Altoandino cordillera oriental
- Herbazal denso inundable del Helobioma Altoandino cordillera oriental
- Red vial y territorios asociados del Orobioma Andino Altoandino cordillera oriental
- Plantación forestal del Orobioma de Páramo Altoandino cordillera oriental
- Papa del Orobioma de Páramo Altoandino cordillera oriental
- Arbustal denso alto del Orobioma de Páramo Altoandino cordillera oriental
- Red vial y territorios asociados del Helobioma Altoandino cordillera oriental

Dentro del área de estudio se evidenciaron varias actividades que podrían estar ejerciendo una presión sobre la vegetación, entre estas se destacan la ganadería extensiva y agricultura tradicional. Las actividades en mención generan desechos contaminantes, deforestación, pérdida de hábitats para las especies y cambios en las variables ecológicas y ambientales de los ecosistemas.

Respecto al aprovechamiento forestal, se realizó el censo forestal sobre ecosistemas antrópicos, obteniendo un total de 1486 fustales con un volumen comercial de 45,78 m³ y un volumen total de 495,60 m³, en donde la mayoría de los individuos se registran en la cobertura de Pastos y árboles plantados, con 1453 fustales que representan 341,49 m³ de volumen comercial y 488,17 m³ de volumen total.

Durante el censo forestal en las áreas de intervención del proyecto, se registró una (1) especie en categoría de veda, amenaza, peligro y/o vulnerables siendo la especie *Quercus humboldtii* considerada en veda indefinida en el territorio nacional, con excepción de los departamentos de Cauca, Nariño y Antioquia (Resolución 0316 de 1974), a la cual se solicita el levantamiento de veda ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS.

Asimismo, se registra la especie *Sambucus nigra* en la categoría En peligro (EN) y *Pinus radiata* en la categoría Vulnerable (VU), de acuerdo con la UICN; al considerar que estas especies están enfrentando un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

0.3.2.2.2 Fauna

La fauna silvestre representa uno de los componentes de mayor significado en el patrimonio natural de Colombia, colocando al país a nivel global, en el primer lugar de especies de aves, en el segundo respecto a anfibios, tercero en reptiles y cuarto respecto a mamíferos (Mayr-Maldonado, 1999), (Ramírez-Chaves & Suárez-Castro, 2014).

Además de su valor intrínseco (o de existencia), la fauna silvestre es un componente clave de la biodiversidad y de la dinámica de los sistemas naturales ya que intervienen en ciclos de materia y energía en todos los ecosistemas, tanto los naturales como los intervenidos. Además, la fauna es fuente de ingresos económicos y de captación de divisas, desempeñando un papel importante en el desarrollo del país (Mayr-Maldonado, 1999).

Se reportaron un total de 17 especies probables de Anfibios, pertenecientes a los órdenes Anura y Caudata; para el área de influencia de fauna se encontraron dos (2) especies de anfibios pertenecientes al orden Anura y a las familias, Craugastoridae (*Pristimantis bogotensis*) e Hylidae (*Dendropsophus molitor*), las dos especies presentan distribución endémica para Colombia, pero ninguna se encuentra en alguna categoría de amenaza global ni nacional, ni están registradas en apéndices (CITES, 2017).

En cuanto a Reptiles se reportaron nueve (9) especies de reptiles potencialmente presentes, pertenecientes al orden Squamata. Para el área de influencia de fauna se registraron tres (3) especies de reptiles del orden Squamata, pertenecientes a tres (3) familias Gymnophthalmidae (*Riama striata*), Tropiduridae (*Sternocercus trachycephalus*) y Colubridae (*Erythrolamprus epinephelus*). Ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de amenaza global (IUCN, 2018), ni nacional (Resolución 1912, 2017), ni se encuentran registradas en apéndices (CITES, 2017), sin embargo, dos (2) especies presentan distribución endémica para Colombia (*Riama striata* y *Sternocercus trachycephalus*).

En aves, se obtuvo un listado de 166 especies con probabilidad de ocurrencia en el área del proyecto asociadas a 40 familias y 19 órdenes, que representan el 8.7% de la avifauna nacional, la cual actualmente asciende a 1909 especies (Avendaño, et al., 2017). En el área de influencia de fauna se registraron 24 especies de aves distribuidas en 13 órdenes y 20 familias taxonómicas. La especie *Porphyriops melanops* se encuentra categorizada en peligro (EN) a nivel nacional según la (Resolución 1912, 2017) y los libros rojos de aves de Colombia (Renjifo, et al., 2016), (Renjifo, et al., 2014). En cuanto a los apéndices (CITES, 2017), se encontraron un colibrí (*Colibrí coruscans*), una rapaz (*Elanus leucurus*) y el cernícalo (*Falco sparverius*) todos registrados en el apéndice II. Se registran según (Chaparro-Herrera, et al., 2013), dos (2) especies en categoría casi-endémicas (*Gallinago nobilis* y *Spinus spinescens*). No se reportaron especies con comportamiento migratorio; de acuerdo con las categorías establecidas (MAVDT & WWF, 2009).

En mamíferos, se encontraron, 41 especies potenciales asociadas a nueve (9) órdenes y 18 familias entre mamíferos terrestres y voladores. En el área de influencia de fauna se registraron seis (6) especies, distribuidos en seis (6) familias y cuatro (4) órdenes. Ninguna de las especies registradas se encuentra en alguna categoría de amenaza global (IUCN, 2018), ni nacional (Resolución 1912, 2017), en el apéndice II de (CITES, 2017) se encuentra

el zorro perro (*Cerdocyon thous*). Ninguna de las especies registradas presenta distribución endémica para Colombia, ni está reportada como migratoria.

0.3.2.3 Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas

En cuanto a Ecosistemas estratégicos, sensibles y/o áreas protegidas en el Área de Influencia presenta la existencia de traslape del proyecto con tres áreas de importancia ambiental: El DRMI del Lago Sochagota, el Complejo de Páramos Guantiva – La Rusia y el POMCA Cuenca Alta Río Chicamocha.

No se presenta concurrencia con Áreas Protegidas Nacionales, Zonas de Reserva Forestal de Ley 2ª ni con alguna área de importancia ambiental nacional.

0.3.3 Medio socioeconómico

En este capítulo se abordaron los aspectos técnicos establecidos en la realización de la caracterización socioeconómica y cultural de las áreas de influencia del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Energía Solar Fotovoltaica PAIPA II – PSR 4. La caracterización abordó siete (7) aspectos fundamentales, mediante los cuales se describen aspectos socioeconómicos, culturales ambientales de las áreas de influencia del EIA de acuerdo con la estructura metodológica y temática establecida en los términos de referencia formulados por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá.

Los temas desarrollados incluyen la descripción de los espacios de participación generados para interactuar con las comunidades con el propósito de brindar información referente a las características y alcance del Estudio de Impacto Ambiental adelantado en la zona, así como las características técnicas del proyecto, las actividades de construcción, los impactos que podrían desencadenarse por éstas y las medidas de manejo correspondientes para prevenir, mitigar, corregir o compensar sus efectos.

Durante el proceso de participación se presentaron dificultades que impidieron cumplir a cabalidad con las reuniones programadas lo cual representó la no consecución de información primaria en algunas unidades territoriales, donde sus habitantes manifestaron prevención y rechazo hacia el proyecto, bajo el argumento que éste generará impactos socioambientales de alta magnitud, así mismo expresan su inconformidad ya que no identifican beneficios comunitarios a causa del proyecto. En cuanto a las autoridades municipales, indican que la empresa promotora PSR 4 S.A.S., debe mantener una comunicación clara y pertinente con las comunidades y proporcionar espacios de vinculación laboral para la mano de obra local presente en el área de influencia.

Previo a la descripción de los demás componentes abordados en la caracterización del medio socioeconómico, cabe resaltar que tal como se mencionó anteriormente, algunas unidades territoriales no participaron en el proceso de recolección de información primaria, por tanto, los siguientes componentes se encuentran sujetos a la información brindada por las comunidades o disponible en fuentes oficiales.

En el componente demográfico, se describen y analizan aspectos a nivel municipal y de unidades territoriales, relacionados con las dinámicas de poblamiento, estructura de

población, patrones de asentamiento, presencia de población en situación de desplazamiento y demás información que permite caracterizar la dimensión.

En este aspecto, cabe resaltar que no se identifican comunidades étnicas en el área de influencia, respecto a la población la vereda con mayor número de habitantes es El Volcán – El Progreso, en la cual reportan 1000 habitantes; el menor número de habitantes se encuentra en la vereda Sátiva con 119 personas. Llama la atención la situación referida por la vereda El Volcán – El Progreso, en cuanto al número de viviendas y hogares, ya que la cantidad de hogares (200) supera el número de viviendas (80), razón que permite estimar que la población de dicha unidad territorial se encuentra en situación de hacinamiento.

El componente espacial presenta una síntesis regional y local de los servicios públicos y sociales presentes en los escenarios socioeconómicos estudiados, evidenciando una caracterización de su calidad y cobertura. Al respecto se encontró que en las unidades territoriales del municipio de Paipa los acueductos son suministrados por el nacedero Peña Negra a excepción de El Volcán – Alto que se abastece de la Quebrada La Salvia, de esta misma quebrada y del nacedero El Chuscal se provee Carrizal Alto, por su parte la vereda Carrizal Bajo se abastece de nacederos ubicados en sus propias fincas.

En el componente económico se describen y analizan las dinámicas económicas regionales relacionadas con el área donde se ubica el proyecto, al interior de ese escenario se identificó la estructura de la propiedad, las actividades económicas locales procesos productivos tecnológicos, características del mercado laboral, entre otros temas.

En las unidades territoriales se encontraron predios con dedicación agrícola con productos como la papa, frijol, frutas, legumbres, maíz y hortalizas, además, existe una importante producción pecuaria principalmente de bovinos, destinados en su mayoría a la producción de leche. En el sector secundario se identifica la extracción minera, de hecho, en las unidades territoriales se ubican las canteras San José y Granulados Máster Card. Estas dos actividades (pecuaria y extracción minera), son las mayores generadoras de empleo en las unidades territoriales.

Adicionalmente se aborda el componente cultural, el cual se divide en comunidades no étnicas y comunidades étnicas, en el primero se identifican entre otras cosas el patrimonio cultural inmaterial, áreas de uso cultural, modificaciones culturales, uso y manejo del entorno y bases del sistema sociocultural, en cuanto a las comunidades étnicas se da a conocer el pronunciamiento del Ministerio del Interior.

Pese a que los habitantes de las unidades territoriales no se identifican con comunidades étnicas, los hechos históricos relatados indican que las raíces poblacionales se asocian a los muiscas y chibchas principalmente, quienes fueron colonizados por españoles, a partir de esto se introdujo el catolicismo como práctica religiosa, adicionalmente se estructuraron las cabeceras municipales acorde a la arquitectura usada en la época en el país colonizador. Por su parte, en las unidades territoriales no se brindó información particular que permitiera definir características de orden histórico, debido principalmente a que las comunidades desconocen los antecedentes de sus territorios.

El componente político-organizativo, presenta una descripción de la organización política a nivel regional, municipal y local, así como la identificación de las instituciones u

organizaciones presentes en el área de proyecto. Al respecto se puede decir que cada una de las veredas cuenta con Junta de Acción Comunal y algunas unidades territoriales la asociación de usuarios del acueducto como únicas organizaciones comunitarias.

Posteriormente se realiza un análisis de las tendencias de desarrollo desde la perspectiva nacional, departamental y municipal, articulando además su relación con el proyecto en mención. En este capítulo se observa que en ambos municipios se evidencia el planteamiento de proyectos de tipo energético especialmente en Paipa con la termoeléctrica TERMOPAIPA de propiedad de Gensa.

Por último, se desarrolla la dimensión de población a reasentar, sin embargo, el proyecto no contempla la ejecución de este proceso, por lo tanto, la información presentada corresponde a la caracterización de los predios donde se desarrollará el proyecto.

0.3.4 Paisaje

El componente paisajístico se desarrolló a partir de la determinación de las unidades de paisaje, las cuales surgen de la interacción de la geomorfología y las coberturas, componentes que se agrupan en unidades visualmente homogéneas o que cumplen servicios similares para la comunidad.

En la Tabla 9, se presentan las unidades de paisaje determinadas, las cuales corresponden a la interacción de seis tipos de relieves y cuatro agrupaciones de coberturas, lo que genero un total de ocho unidades de paisaje.

Unidad	Sub unidad	Sistema	Subsistema	Símbolo	Área (ha)	Área (%)
Sierra sinclinal	Ladera contrapendiente	Cultural	Agropecuario	Ssslc-Cag	13,35	4,09
	Lomerío disectado bajo	Cultural	Agropecuario	Sssldb-Cag	68,52	21,02
			Forestal	Sssldb-Cfo	6,08	1,86
	Lomerío disectado moderado	Cultural	Vegetación natural	Sssldb-Nvn	3,14	0,96
			Agropecuario	Sssldm-Cag	71,30	21,87
	Forestal	Sssldm-Cfo	4,42	1,36		
Valle estructural	Cultural	Agropecuario	Sssv-Cag	38,58	11,83	
Aluvial	Cauce aluvial	Natural	Vegetación natural	Fca-Nvn	116,87	35,85
Zonas antrópicas		Cultural	Transporte	ZA-Ctp	3,78	1,16
Total					326,04	100

Tabla 0-11 Unidades de paisaje en el AI

Fuente: (WSP, 2018)

A nivel general, las unidades Fca-Nvn y Sssldm-Cag son las unidades más representativas para el área de influencia, con porcentajes de cobertura de 36 y 22 %, respectivamente. La primera de ellas presenta vegetación natural de herbazales densos y cuerpos de agua, los cuales se ubican en un cauce aluvial, mientras que la segunda de ellas corresponde a un paisaje agropecuario ubicado en lomeríos disectados moderados, caracterizados por presentar praderas de pastoreo y cultivos de papa en pendientes moderadas con ondulaciones.

Las unidades SsslDb-Cag y SSSv-Cag, presentan coberturas de 21 y 12 %, mientras que las cinco unidades restantes presentan valores inferiores al 5 % con respecto al total del área, en las que se incluyen la unidad ZA-Cit que representa el paisaje asociado a las vías e infraestructura de transporte, y paisajes asociados a plantaciones forestales.

0.3.4.1 Evaluación de la calidad paisajística

La evaluación de la calidad paisajística de las unidades determinadas en el AI se realizó a través de la determinación de la calidad visual, la capacidad de absorción y un análisis de visibilidad. Adicional a esto se realizó una indagación por sitios de interés paisajístico, dando como resultado que el área de influencia no cuenta con ninguno de ellos. El análisis de calidad visual determinó que el 51 % del área de influencia corresponde a áreas con calidad alta, mientras el 49 % restante corresponde a unidades con calidad media.

En cuanto a la determinación de la capacidad de absorción, el 66 % del área corresponden a unidades de paisaje que presentan una capacidad de absorción media, las cuales presentan pendientes de inclinación suave, erosión moderada y alta, baja y media diversidad de vegetación y contrastes de color medio.

En segundo lugar, se reportan las áreas de capacidad alta, que corresponde a la unidad Fca-Nvn, la cual presenta pendientes poco inclinadas, erosión baja, un potencial estético alto, diversidad de vegetación y contrastes de color moderados. Esta unidad se distribuye en el 36 % del AI. Por último, las unidades de capacidad de absorción bajo se distribuyen en el 1 % del AI.

El análisis de visibilidad del paisaje tiene como objetivo determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos, simultáneamente. Este análisis determinó que el 90 % del AI se considera no visible para los observadores identificados. Esto se debe por una parte a que geomorfológicamente el área de influencia se encuentra ubicada en una sierra sinclinal, la cual entre otras cosas se caracteriza por presentar una forma cóncava y al estar en la parte alta de la montaña la visibilidad se reduzca considerablemente.

0.3.5 Servicios ecosistémicos

El análisis de los servicios ecosistémicos en el área de influencia mostró que las comunidades indicaron que los servicios más importantes que influyen directamente en su bienestar son suministro de agua, biomasa, plantas ornamentales, plantas medicinales, arena y roca/ otros minerales o agregados, ganadería, agricultura. También se identificaron los servicios de aprovisionamiento de comida, madera y fibras y resinas además de los servicios culturales de valores espirituales y religiosos, patrimonio cultural, recreación y turismo y educacionales como de dependencia baja.

Por último, la dependencia del proyecto por los SEEE es alta en los servicios de aprovisionamiento de madera (aprovechamiento forestal), además de ganadería y agricultura asociados al cambio de uso del suelo en las áreas a intervenir. Ver Tabla 0-12.

TIPO DE SSEE	SSEE	IMPORTANCIA FINAL	DEPENDENCIA COMUNIDAD	IMPACTO DEL PROYECTO SOBRE EL SE	DEPENDENCIA DEL PROYECTO
Aprovisionamiento	Agricultura	MODERADO	ALTA	ALTO	ALTA
	Arena y roca/otros minerales o agregados	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Biomasa	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Comida	MODERADO	BAJA	BAJO	---
	Fibras y resinas	MODERADO	BAJA	BAJO	---
	Ganadería	MODERADO	ALTA	ALTO	ALTA
	Madera	MODERADO	BAJA	BAJO	ALTA
	Plantas medicinales	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Plantas ornamentales	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Recursos genéticos	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Suministro de agua	MODERADO	ALTA	ALTO	---
Regulación	Calidad del agua	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Control de plagas	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Ecosistemas de purificación de agua	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Polinización y dispersión de semillas	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Recarga de aguas subterráneas	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación de la calidad del aire	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación de la erosión	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación de recursos genéticos	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación de riesgos naturales	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación del agua	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Regulación del clima	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Reserva de Carbono	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Retención de sedimentos y exportación de nutrientes	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
	Salinidad/alcalinidad/acidez	MODERADO	MEDIA	MEDIO	---
Culturales	Calidad del paisaje/valores estéticos	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Educacionales (investigación y monitoreo)	MODERADO	BAJA	BAJO	---
	Patrimonio Cultural	MODERADO	BAJA	BAJO	---
	Recreación y turismo	MODERADO	BAJA	BAJO	---
	Sentido de pertenencia	MODERADO	ALTA	ALTO	---
	Valores espirituales y religiosos	MODERADO	BAJA	BAJO	---

Tabla 0-12 Impactos y dependencia de servicios ecosistémicos

Fuente: (WSP, 2018)

0.4 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La síntesis ambiental del área analiza la sensibilidad e importancia de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y los aspectos normativos y reglamentarios existentes en el área de influencia preliminar del proyecto. Una vez son valorados de forma independiente, se integran a través de la relación sensibilidad/importancia para definir la zonificación ambiental del territorio.

La zonificación ambiental para el área de influencia entonces corresponde al resultado de la relación de la sensibilidad total con la importancia total de los medios evaluados, considerando la superposición de las diferentes áreas de influencia preliminar definidas en el Capítulo 4 del presente estudio.

En general, el área de influencia preliminar presenta una zonificación ambiental Moderada, con un 59,60%, que corresponde a 2542,81 hectáreas, seguida de una zonificación ambiental Baja que representa el 32,79% del área de influencia preliminar total. Por otro lado, en proporciones menores se identifica una zonificación ambiental Alta con 4,81% y con la menor área se encuentra la zonificación ambiental Muy Alta, ocupando 119,65 hectáreas, que corresponden a 2,80% (asociada al humedal Carrizal al sur del área del proyecto); finalmente no se registran áreas en la categoría Muy Baja.

Con relación al área de intervención, se identifica que la mayor área se reporta en categoría Moderada con el 76,46% que corresponde a 76,97 hectáreas, seguida de la categoría Alta con el 19,24% que corresponde a 19,37 hectáreas, estas últimas correspondientes a la ronda hídrica de puntos hidrogeológicos identificados en campo.

Zonificación Ambiental	Área de Influencia preliminar total		Área de Intervención	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Muy alta	119,65	2,80%	4,33	4,30%
Alta	205,15	4,81%	19,37	19,24%
Moderada	2542,81	59,60%	76,97	76,46%
Baja	1398,98	32,79%	0,00	0,00%
Muy baja	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Total	4266,60	100,00%	100,68	100,00%

Tabla 0-13 Representatividad de la zonificación ambiental

Fuente: WSP. 2018

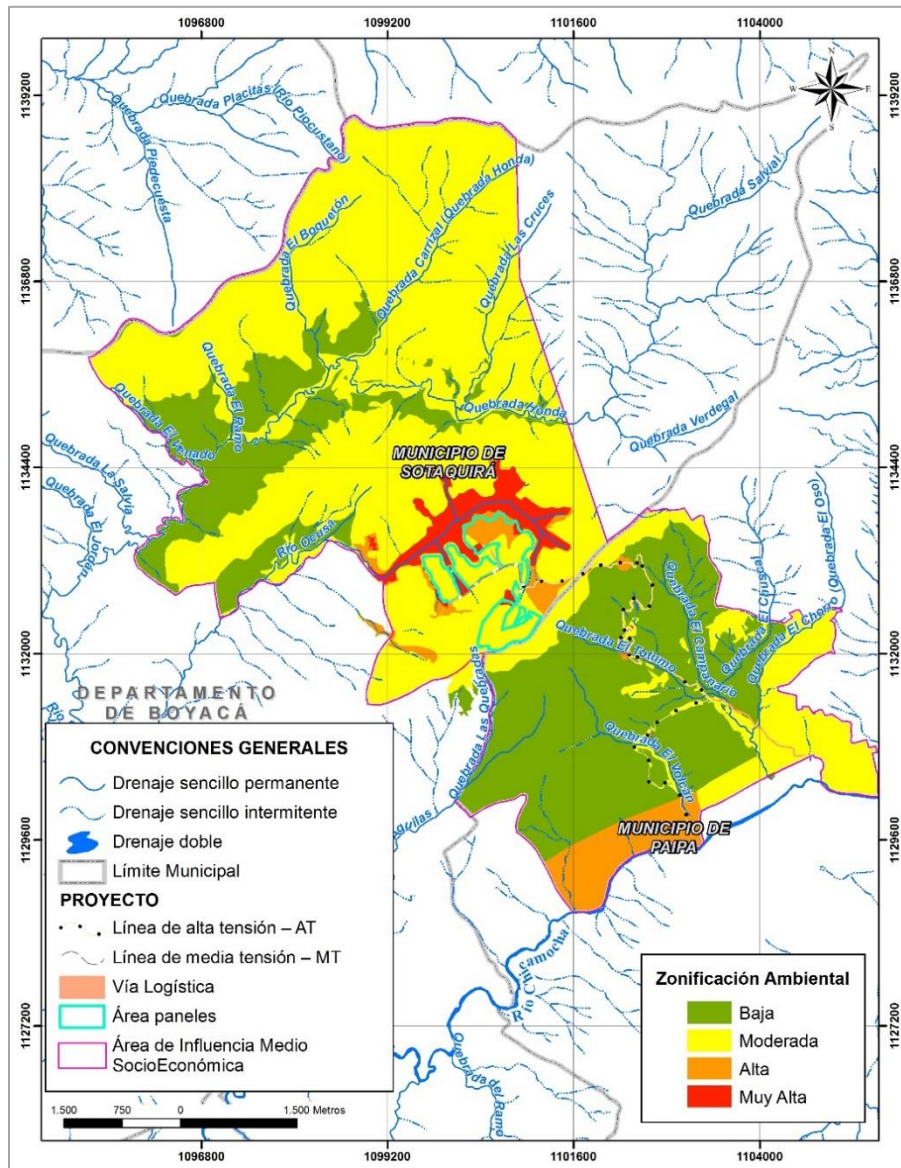


Figura 0-12 Zonificación Ambiental global del proyecto
 Fuente: WSP. 2018

0.5 DEMANDA, USO Y/O APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

El proyecto no solicitará captación de agua superficial, ya que el suministro del recurso hídrico para el desarrollo de las actividades de instalación, operativas y abandono, se realizará mediante compra en bloque a terceros que cuenten con la debida concesión vigente de aguas superficiales.

El proyecto no realizará vertimientos de Agua Residual Industrial (ARI) durante la instalación y/u operación, sin embargo se estima que se generarán Aguas Residuales Domésticas (ARD) durante dichas etapas. Durante la etapa de construcción se contará con baños portátiles para el personal; el manejo y disposición de las ARD de las unidades sanitarias estará a cargo de terceros autorizados que cuente con los respectivos permisos para el manejo y tratamiento de estos residuos.

En cuanto al aprovechamiento forestal, en la Tabla 0-14 se presentan los resultados del volumen total y comercial del censo forestal para las coberturas antrópicas, producto de este censo, se obtuvo un total de 1486 fustales con un volumen comercial de 345,78 m³ y un volumen total de 495,60 m³

Cobertura	Cantidad de individuos	Volumen Comercial (m ³)	Volumen Total (m ³)
Papa	25	0,89	1,61
Pastos y árboles plantados	1453	341,49	488,17
Red vial y territorios asociados	8	3,39	5,82
Total	1486	345,78	495,60

Tabla 0-14 Volúmenes a aprovechar por cobertura censada para el área total de intervención del proyecto PSR 4

Fuente: (WSP, 2018)

La compensación por el aprovechamiento forestal de dichos individuos se establece en la Ficha PMB-03 Manejo del Aprovechamiento Forestal, del plan de manejo ambiental del proyecto.

0.6 EVALUACIÓN AMBIENTAL

El Impacto Ambiental (IA) se define como un “cambio en una o más características físicoquímicas, ecológicas y socioeconómicas del entorno”, se dice que hay IA cuando una acción o actividad humana produce una alteración favorable o desfavorable en alguno de los componentes del medio (Conesa, 2010). En ese sentido, La evaluación ambiental analiza los efectos adversos o benéficos del proyecto por medio de la identificación y evaluación de los cambios potenciales que puedan suceder en el ambiente como consecuencia de la ejecución de un proyecto. Bajo esta definición, se realizó un taller de identificación de impactos con las comunidades locales ubicadas en el área de influencia, con el fin, de identificar desde su percepción los impactos derivados en las etapas del proyecto, donde se obtuvo un total de treinta y seis (36) impactos de naturaleza negativa y veinte (20) impactos positivos.

Posteriormente, se hizo un análisis, donde identificaron un total de veintiún (21) impactos potenciales asociados a las actividades desarrolladas en las diferentes etapas del proyecto solar fotovoltaico, los cuales, están sujetos al proceso de evaluación en los escenarios SIN proyecto y CON proyecto, discriminados en diferentes componentes del medio a evaluar: Abiótico, biótico y socioeconómico; estableciendo los efectos generados por la ejecución de las actividades del proyecto, es decir, la variación neta (positiva o negativa de calidad ambiental).

Con base en el juicio de los profesionales especialistas en cada temática y utilizando como herramienta la matriz causa efecto, se proporciona la valoración cualitativa de los impactos ambientales SIN y CON proyecto. De este modo, en la evaluación de impactos SIN proyecto, se determinó una gran porción de interacciones con naturaleza negativa, donde se destacan impactos como la modificación a la calidad del aire, modificación de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, modificación de la calidad paisajística y alteración a las comunidades faunísticas, entre otros. Adicionalmente se identifican las actividades como agricultura, ganadería y remoción en masa, principalmente, como las actividades que actualmente generan la mayor parte de interacciones tanto positivas como negativas en el área de influencia.

Por su parte, en el escenario CON proyecto los resultados de la matriz indican que los impactos con mayor número de interacciones corresponden modificación en la calidad paisajística, modificación en los niveles de presión sonora, y Modificación de las propiedades fisicoquímicas de aguas superficiales; comprobando que es el medio abiótico el de mayor afectación por las actividades constructivas del proyecto, por lo tanto, se deberá prestar mayor atención en la implementación de las medidas de manejo ambiental planteadas y propuestas.

Entre los resultados, se obtienen niveles de importancia ambiental irrelevantes, moderados y severos. Estos últimos, corresponden a aquellos cuya reciprocidad entre el efecto y la actividad/acción se deriva principalmente de la asignación de valores altos en los parámetros de intensidad, extensión y momento, principalmente, y es por esto, por lo que se consideran significativos en el contexto del análisis. En total setenta y seis (76) interacciones son carácter negativo, de las cuales, cuatro (4 interacciones) son consideradas significativas en nivel de importancia ambiental severo. Las interacciones que se consideran significativas son las asociadas a los niveles de importancia ambiental en las categorías severa, grave o crítica.

Adicionalmente, Como producto de la integración de capas que contienen la representación en el espacio de los impactos negativos disgregados en ámbitos de manifestación o unidades espaciales, se obtiene la zonificación de impacto ambiental, a través de la técnica del “valor máximo”, de esta manera, en la síntesis del proceso de zonificación de impactos muestra que el 51% del área de influencia (547,52ha) se presentan impactos de nivel moderado, el 35%, corresponde a el área donde se manifiestan los impactos significativos con categoría severa (380,81ha) y por último, el 14% del área asociada a impactos de nivel irrelevante (14%).

- **Valoración Económica Ambiental**

La evaluación económica parte de los resultados de la evaluación ambiental, en cuanto a la identificación de los impactos con una categoría de importancia ambiental significativa (severa, grave o crítica). Los cuales son sometidos a un proceso de internalización, a través de la aplicación de las medidas de manejo ambiental para determinar cuáles son prevenidos o corregidos (Capítulo 8 Evaluación Ambiental, análisis de residualidad). Posteriormente, en cumplimiento con los lineamientos propuestos por el Ministerio de Medio Ambiente y ANLA se realiza la valoración económica de dichos impactos relevantes, y la estimación de los beneficios ambientales el flujo económico y Análisis Costo Beneficio-ACB y Análisis de sensibilidad de los impactos del proyecto, con el fin de determinar la viabilidad socioambiental ante cambios de los parámetros en escenarios con mayores incertidumbres.

El análisis económico, comienza con la valoración del impacto modificación de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo se desarrolla con las metodologías enfocadas, tanto en el valor de uso y no uso. En este sentido, las estimaciones de valor de uso se estiman utilizando la metodología de pérdidas en productividad, relacionando el Costo de oportunidad del terreno, pérdidas en productividad y de empleo del área afectada; por su parte, el valor de no uso se desarrolla implementando la metodología de costos de reemplazo y precios de mercado (MADS & ANLA, 2017). La monetización del impacto es estimada en \$ 26.551.773 pesos anuales.

Para abordar la valoración económica del impacto por modificación de la calidad paisajística se emplea el método de transferencia de beneficios, empleando la Disponibilidad a Pagar-DAP por la conservación del paisaje de 0.05 USD o de \$ 298,65 pesos, estimada en el estudio realizado por Hee-Jong, Seul-Ye, & Seung-Hoon que se titula “The Environmental Costs of Photovoltaic Power Plants in South Korea: A Choice Experiment Study”. De esta manera, se obtiene un valor de \$ 250.966,48 pesos anuales.

En cuanto a los impactos positivos, se estiman los beneficios por reducción de emisiones de acuerdo con el factor de emisiones de la red nacional a través de los precios de los certificados de reducción de carbono CER, que son bonos emitidos por la Junta Ejecutiva del MDL para las reducciones de emisiones logradas por los proyectos del MDL con arreglo a las normas del Protocolo de Kyoto, donde se obtuvo un valor económico total de \$ 29.192.373,78 pesos al año.

Para calcular el valor estimado por la generación temporal de empleo se aplicó el método de “costo de oportunidad” del empleo utilizando los salarios de la industria fotovoltaica y locales, teniendo en cuenta tanto la población empleada como la desempleada del área de la zona, donde, se obtuvo un valor económico por la generación de empleo en actividades constructivas \$ 504.521.246,88 pesos y por generación de empleo en actividades operativas de \$ 19.567.362,13 pesos para los (25) años de vida útil del proyecto.

El proyecto cuenta con un beneficio-costo en VPN con una TSD² del 12%, de \$ 698.782.740,42 pesos evidenciando que los beneficios del proyecto son mayores a sus costos, con una relación beneficio/costo del proyecto resulta ser favorable al obtener un índice mayor a 1 (3,99). Adicionalmente, el proyecto muestra una gran viabilidad, encontrando una relación socioambiental positiva aumentado los costos hasta un 295% en costos socioambientales y se encontró que el proyecto no es sensible a cambios en la TSD.

² TSD: Tasa social de descuento. Representa un coste de oportunidad, mientras más baja implica que las generaciones actuales deberán costearlo y los beneficios permanecerán para las futuras, mientras que, con tasas más altas, se traslada la inversión para las generaciones futuras (BID, 2016).

0.7 ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo con la metodología planteada se obtiene la zonificación de manejo ambiental del proyecto que se muestra en la Figura 0-13 para el área de influencia definitiva definida en el Capítulo 4.

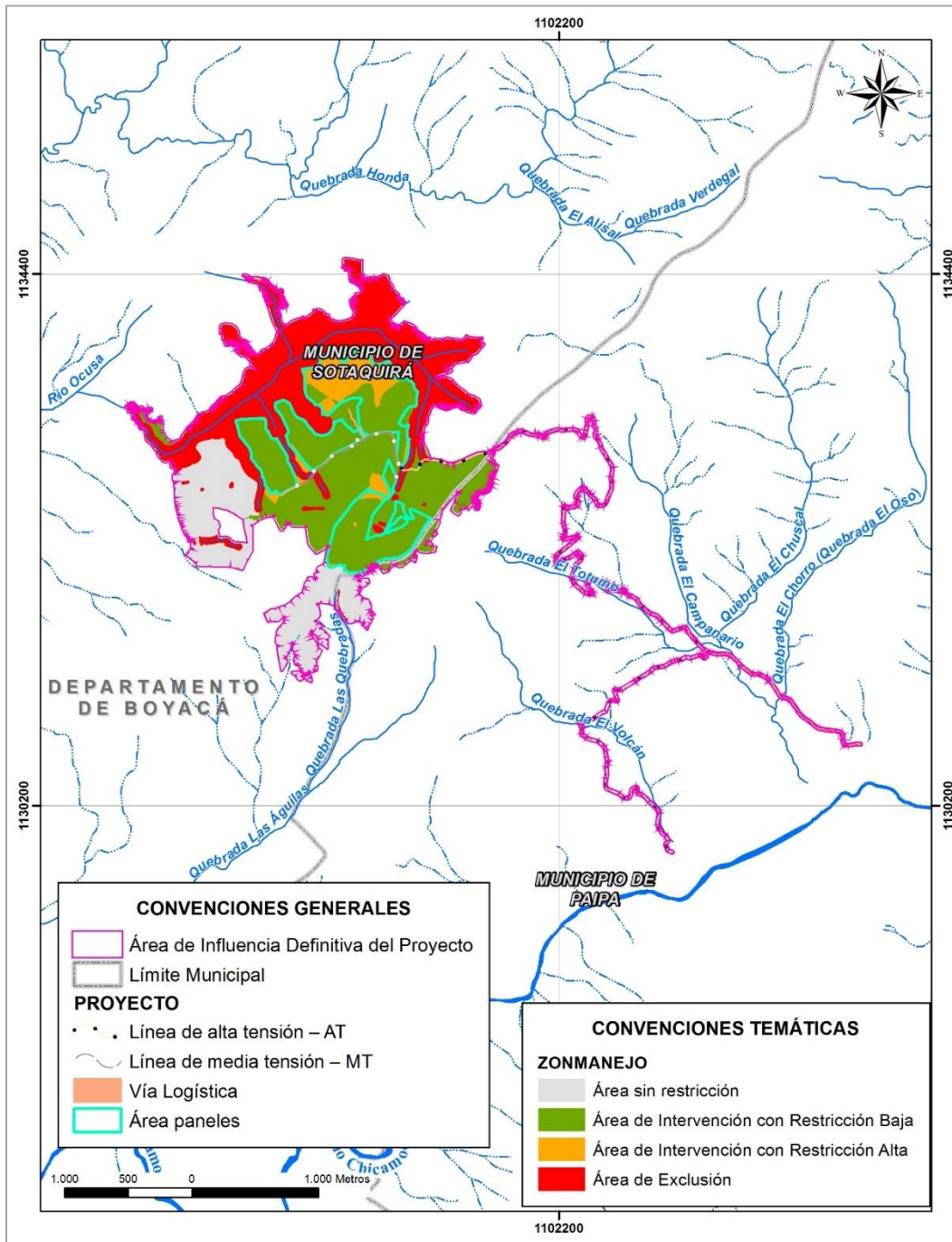


Figura 0-13 Zonificación de manejo ambiental del proyecto

Fuente: (WSP, 2018)

De los resultados obtenidos se observa lo siguiente en cuanto a las categorías de manejo (ver Tabla 0-15):

En el área de influencia definitiva, se encuentra un 35,69% del área en categoría de Exclusión, correspondiente a las áreas que no podrán ser intervenidas por el proyecto. Estas están asociadas principalmente a las coberturas naturales en el área de Páramo Guantiva – La Rusia.

En cuanto a las áreas de restricción Alta o restricción mayor, se tiene un 6,72% del área de influencia definitiva las cuales corresponden a zonas donde la sensibilidad e importancia del medio biótico es alta, dado el estado de conservación de la cobertura vegetal y las especies faunísticas identificadas en esta. En el área de influencia definitiva, también se encuentra un porcentaje importante en restricción baja o menor (40,15%) y un área sin restricción (17,44%), ésta última asociada a zonas con S/I baja y moderada dónde además no se plantean actividades del proyecto.

Categoría de Manejo	Área de Influencia definitiva		Área de Intervención del Proyecto	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Exclusión	143,86	35,69%	0,00	0,00%
Restricción Alta	27,10	6,72%	22,76	22,61%
Restricción baja	161,81	40,15%	77,92	77,40%
Área sin restricción	70,28	17,44%	0	0
Total	403,05	100.00%	100,68	100.00%

Tabla 0-15 Distribución de las categorías de manejo ambiental del proyecto

Fuente: WSP, 2018

Por otro lado, en el área de intervención del Proyecto se localizan áreas de manejo ambiental principalmente con restricción Baja, las cuales corresponden al 77,40% del área total de intervención (100,68 ha). Un porcentaje menor lo representa la restricción Alta con 22,61% asociada a las rondas hídricas de puntos de agua subterránea, los cuales están inmersos en las coberturas transformadas por la actividad agropecuaria existente. Se plantean las medidas de manejo de la Ficha PMA-06 del Capítulo 10.1.1 Plan de Manejo Ambiental.

Dichas medidas de manejo no solo establecen estrategias para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos identificados como significativos, sino evitar la ocurrencia de otros, que, aunque sean de carácter moderado o irrelevante, se deben establecer unas medidas básicas para su manejo, por ejemplo, la gestión adecuada de los residuos sólidos y líquidos, de materiales y equipos de construcción, el manejo de especies de importancia biótica y la gestión social, entre otros.

0.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

Las estrategias de manejo ambiental durante las etapas pre-construtiva y preoperativa, de construcción e instalación, de operación y de desmantelamiento y cierre del proyecto, se establecen en el Capítulo 10.1.1 en el Plan de Manejo Ambiental. Dichas estrategias se

presentan para cada medio del entorno involucrado en el proyecto, es decir el medio abiótico, el medio biótico y el medio socioeconómico como se muestra en la Tabla 0-16, Tabla 0-17 y Tabla 0-18.

Listado de programas y fichas de manejo para el medio abiótico	
Programas Manejo del Suelo	
Código	Subprogramas
PMA-01	Manejo de materiales sobrantes de excavación
PMA-02	Manejo de materiales y equipos de construcción
PMF-03	Manejo paisajístico
PMA-04	Manejo de residuos sólidos, domésticos, industriales y especiales
Programa de manejo del recurso hídrico	
Código	Nombre de la ficha
PMA-05	Manejo de residuos líquidos
PMA-06	Manejo de aguas subsuperficiales y subterráneas
Programa de manejo del recurso atmosfera	
Código	Nombre de la ficha
PMA-07	Manejo y control de fuentes de emisiones y ruido

Tabla 0-16 Listado de programas y fichas de manejo para el medio abiótico

Fuente: WSP, 2018

Listado de programas y fichas de manejo para el medio biótico	
Programas de manejo del suelo	
Código	Nombre de la ficha
PMB-01	Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote
PMB-02	Manejo de flora
PMB-03	Manejo de aprovechamiento forestal
PMB-034	Revegetalización de áreas intervenidas
Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas, protección y conservación de hábitats	
Código	Nombre de la ficha
PMB-05	Manejo de fauna silvestre, protección y conservación de hábitats

Tabla 0-17 Listado de programas y fichas de manejo para el medio biótico

Fuente: WSP, 2018

Código	Listado de programas y fichas de manejo para el Medio socioeconómico
PGS-01	Atención al Usuario. SGS – 01
PGS-02	Educación y Capacitación del Personal Vinculado al Proyecto. SGS-02
PGS-03	Información y Participación Comunitaria. SGS – 03
PGS-04	Capacitación, Educación y Concientización de la Comunidad Aledaña al Proyecto. SGS-04
PGS-05	Cultura Vial. SGS – 05
PGS-06	Manejo de Infraestructura de Predios y de Servicios Públicos. SGS – 06

Tabla 0-18 Listado de programas y fichas de manejo para el medio socioeconómico

Fuente: (WSP, 2018)

0.9 COSTO TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO

El proyecto tendrá un valor estimado de USD\$ 59.813.460 (CINCUENTA Y NUEVE MILLONES OCHO CIENTOS TRECE MIL CUATROCIENTOS SESENTA DÓLARES).

0.10 CRONOGRAMA GENERAL ESTIMADO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto PSR 4 se realiza en 4 etapas a saber:

- Pre-constructiva y Preoperativa
- Construcción e instalación
- Operación y mantenimiento
- Desmantelamiento y cierre

La Tabla 0-19 presenta el cronograma de la duración de las actividades de cada una de las etapas del proyecto.

ACTIVIDADES	TIEMPO																									
	MESES														AÑOS						MESES					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5	10	15	20	25	30	1	2	3	4	5	6
PRECONSTRUCTIVA Y PRE-OPERATIVA																										
Gestión de permisos, predial e inmobiliaria	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Adquisición de bienes y servicios	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Contratación de personal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Replanteo topográfico y demarcación.	■																									
CONSTRUCTIVA E INSTALACIÓN																										
Movilización de maquinaria, materiales, equipos y personal				■																						
Adecuación de instalaciones provisionales (campamentos y/o almacén de materiales y herramientas)				■																						
Desmante y descapote					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Adecuación de terreno, movimientos de tierra (excavaciones y rellenos)					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Adecuación de zanjas para drenaje e instalación de tubería y cableado soterrado en áreas internas a la planta y para la línea de Alta Tensión – AT, Construcción o instalación de cajas de empalme y deflexión					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Manejo y disposición de sobrantes de construcción					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Instalación y montaje de equipos, elementos y estructuras en general					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Adecuación de caminos internos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Relleno y compactación					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Limpieza de sitios de obra					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO																										
Operación de la planta															■	■	■	■	■	■						
Limpieza de los paneles, mantenimiento e inspección de la infraestructura asociada a la generación															■	■	■	■	■	■						
Mantenimiento correctivo															■	■	■	■	■	■						
DESMANTELAMIENTOS Y CIERRE																										
Desmantelamiento de estructuras y obras																					■	■	■	■	■	
Reconformación del terreno y limpieza																					■	■	■	■	■	

Tabla 0-19 Cronograma de ejecución del Proyecto

Fuente: PSR 4 SAS, 2018

0.11 CRONOGRAMA GENERAL ESTIMADO DE EJECUCIÓN DEL PMA CONCORDANTE CON LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La ejecución de las medidas y actividades orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales identificados por el desarrollo del proyecto, se ejecutarán siguiendo el cronograma establecido en los programas y subprogramas descritos en el Plan de Manejo Ambiental – PMA (Capítulo 10.1.1).

0.12 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO

El plan de desmantelamiento y abandono define las acciones que comprenderán la etapa post – operativa que permitan el desmantelamiento de la infraestructura de forma ordenada, segura y limpia de los componentes del parque fotovoltaico y la línea de conexión eléctrica de Alta Tensión – AT una vez finalizada la vida útil del parque en 30 años.

Se iniciará con el proceso de Abandono el cual es precedido por un inventario general de la infraestructura que incluya datos de ubicación, dimensiones (área y volumen) y peligrosidad según el caso; obteniendo un informe con el fin de establecer la definición de sitios temporales para el almacenamiento de equipos y materiales, el acopio de residuos y residuos de construcción y demolición de acuerdo con su cantidad, volumen y peligrosidad, y la definición de las estrategias de movilización.

Continuará con el Desmantelamiento de la instalación eléctrica que consistirá en la desconexión de cableado de interconexión de módulos, acopio y entrega a terceros autorizados, recuperación de cableado eléctrico, disposición por medio de terceros o entrega para su posterior reciclado y desconexión y desmontaje de elementos de conexión y protección. Por último, se procederá a desenergizar la línea de conexión conectadas a las subestaciones eléctricas y los equipos, de acuerdo con las políticas de seguridad y medio ambiente.

En paralelo se llevará a cabo el Desmantelamiento de las cabinas de conversión los cuales serán entregados a terceros autorizados para su manejo y reutilización. Se ejecutará recuperación morfológica en caso de ser necesario.

La reconformación de vías y la limpieza y reconformación final de áreas contendrá labores de adecuación de áreas intervenidas, que incluyen: señalización, estabilización de áreas afectadas por las actividades de movimiento de maquinaria y equipos con el objetivo de mantener el nivel del terreno; y obras para el manejo de la escorrentía, procurando mantener la condición natural de los drenajes existentes al máximo posible.

Durante el Plan de desmantelamiento se implementará el Manejo y Disposición de Residuos generados de acuerdo con el tipo, que consiste en retirar todos los materiales y residuos que aún quedan después del desmantelamiento, los cuales serán entregados a un tercero autorizado o de acuerdo con su clasificación y origen podrán ser reutilizados en

otras actividades. Se llevará a cabo la inspección final por parte del contratista y del interventor ambiental para constatar el cumplimiento de esta obligación.

Se implementará el Plan de Revegetalización, que contiene las actividades encaminadas al restablecimiento de la cobertura vegetal de las áreas intervenidas, mediante la implementación de especies de rápido crecimiento, para evitar que el suelo quede desprotegido.

Finalmente, se implementarán los Lineamientos de la Gestión Social para la fase de abandono de la construcción, con el fin de hacer un cierre de las actividades de la gestión social del proyecto en la fase de abandono.