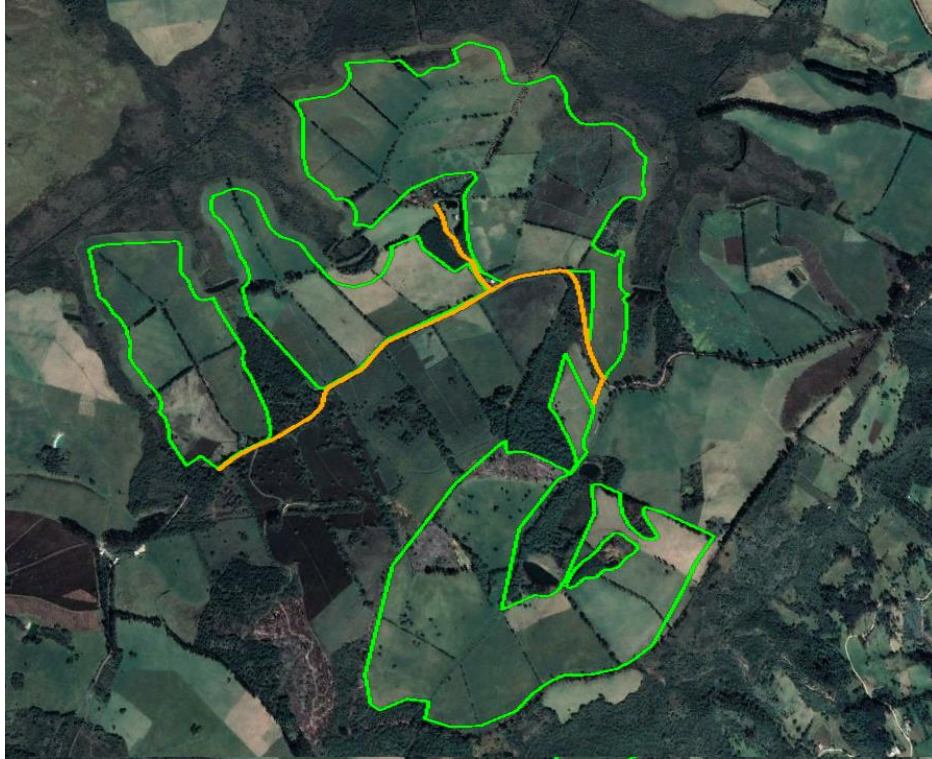


PSR 4 S.A.S

PAIPA II – PSR 4



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

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



Vicepresidencia de Estudios Ambientales y Sociales

15/02/2019

Bogotá D.C.

Proyecto-1398

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

| Índice de Revisión | Sección Modificada | Fecha Modificación | Observaciones |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| A | | | Versión original |
| B | | | Entrega primera revisión |
| C | Todas | 28/12/18 | Atención a observaciones del cliente |
| | | | |
| | | | |

REVISIÓN Y APROBACIÓN

| Número de Revisión | | C |
|-----------------------------|--------|-------------------|
| Responsable por elaboración | Nombre | Gustavo Roa |
| | Nombre | Carsten Hafferman |
| | Firma | |
| Responsable por revisión | Nombre | Daniela Nieto |
| | Firma | |
| Coordinador de proyecto | Nombre | Carolina Mora |
| | Firma | |
| Responsable por aprobación | Nombre | Sandra González |
| | Firma | |
| Gerente de proyecto | Nombre | Sandra González |
| | Firma | |
| | Fecha | 01/2019 |

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA FOTOVOLTAICA
PAIPA II – PSR 4**

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 7 |
| 3.1 LOCALIZACIÓN | 7 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO | 12 |
| 3.2.1 Infraestructura existente | 12 |
| 3.2.2 Fases y actividades del proyecto | 14 |
| 3.2.3 Diseño del proyecto | 31 |
| 3.2.4 Características técnicas..... | 33 |
| 3.2.5 Insumos del proyecto..... | 79 |
| 3.2.6 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición..... | 82 |
| 3.2.7 Residuos peligrosos y no peligrosos..... | 82 |
| 3.2.8 Costos del Proyecto..... | 84 |
| 3.2.9 Cronograma del Proyecto | 85 |
| 3.2.10 Organización del Proyecto..... | 87 |

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA FOTOVOLTAICA
PAIPA II – PSR 4**

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 3-1 Descripción de los componentes del proyecto | 8 |
| Tabla 3-2 Unidades territoriales asociadas al proyecto | 12 |
| Tabla 3-3 Volumen de desmonte y el de terraplén | 20 |
| Tabla 3-4 Especificaciones de equipos durante la etapa de construcción..... | 25 |
| Tabla 3-5 Descripción de vías de acceso al proyecto | 36 |
| Tabla 3-6 Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a red..... | 39 |
| Tabla 3-7 Datos técnicos de los módulos..... | 43 |
| Tabla 3-8 Datos técnicos del conjunto inversor - transformador..... | 45 |
| Tabla 3-9 Especificaciones de equipos durante la etapa de operación | 69 |
| Tabla 3-10 Áreas a ocupar de las instalaciones en el campamento..... | 72 |
| Tabla 3-11 Tabla de volúmenes de desmonte y terraplén..... | 73 |
| Tabla 3-12 Insumos por área del proyecto..... | 81 |
| Tabla 3-13 Cronograma de ejecución del Proyecto | 86 |

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA FOTOVOLTAICA
PAIPA II – PSR 4**

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 3-1 Localización general del Proyecto | 7 |
| Figura 3-2 Área paneles y línea de media tensión | 9 |
| Figura 3-3 Línea de Alta Tensión – AT a 115 kV..... | 10 |
| Figura 3-4 Vía logística | 11 |
| Figura 3-5 Infraestructura existente | 13 |
| Figura 3-6 Sección tipo de las vías de servicio | 16 |
| Figura 3-7 Ejemplo de zanjas en construcción..... | 18 |
| Figura 3-8 Dimensiones de las instalaciones de cables para usar | 19 |
| Figura 3-9 Montaje de módulos con posición vertical y horizontal..... | 21 |
| Figura 3-10 Ejemplo de una estación meteorológica en una planta solar..... | 23 |
| Figura 3-11 Ejemplo de caseta de control tipo contenedor | 24 |
| Figura 3-12 Detalle fundación del vallado perimetral | 25 |
| Figura 3-13 Sistema de limpieza de módulos | 29 |
| Figura 3-14 Imágenes de termografías a realizar en Subestaciones Eléctricas | 29 |
| Figura 3-15 Distribución planta fotovoltaica PAIPA II – PSR 4..... | 32 |
| Figura 3-16 Identificación de vías de acceso al proyecto | 33 |
| Figura 3-17 Componentes principales de una planta fotovoltaica a gran escala | 40 |
| Figura 3-18 Ejemplo de estructura de soporte con dos módulos verticales (“portrait”) | 41 |
| Figura 3-19 Modelo de la estación inversor-transformador | 45 |
| Figura 3-20 Modelo de una subestación colectora..... | 46 |
| Figura 3-21 Subestación 34.5/115 kV | 50 |
| Figura 3-22 Vista en planta tipo de la subestación eléctrica 34.5/115 kV | 51 |
| Figura 3-23 Vista lateral de la subestación eléctrica 34.5/115 kV | 52 |
| Figura 3-24 Localización general GIS en la subestación Paipa..... | 53 |
| Figura 3-25 Interruptor con aislamiento de gas..... | 54 |
| Figura 3-26 Sección tipo de línea de alta tensión AT | 55 |
| Figura 3-27 Cables para AT..... | 57 |
| Figura 3-28 Características técnicas Cables para AT. | 57 |
| Figura 3-29 Tubería de plástico y accesorios..... | 58 |
| Figura 3-33 Ejemplo de cruce de conductos de cables de AT y líneas de telecomunicaciones (TT)..... | 60 |
| Figura 3-34 Cruce de conductos de cables de AT y líneas de telecomunicaciones (TT) .. | 61 |
| Figura 3-35 Cruce de conductos de cables de AT y tuberías metálicas. | 62 |
| Figura 3-36 Cruce de conductos de cables de AT y tuberías con gas metano. | 63 |
| Figura 3-37 Pozos de concreto | 64 |
| Figura 3-38 Esquema de operación comercial del proyecto..... | 65 |
| Figura 3-39 Esquema de operación técnica del proyecto..... | 66 |
| Figura 3-40 Ejemplo de cámara de vigilancia | 68 |

| | |
|--|----|
| Figura 3-41 Distribución del Campamento temporal de obra | 71 |
| Figura 3-42 Ejemplo de cerramiento provisional para áreas de trabajo..... | 72 |
| Figura 3-43 Sección típica de las cunetas de drenaje en las vías de servicio | 74 |
| Figura 3-44 Secciones transversales típicas | 75 |
| Figura 3-45 Punto a acondicionar Vía Logística..... | 75 |
| Figura 3-46 Punto a acondicionar Vía logística | 76 |
| Figura 3-47 Punto a acondicionar | 76 |
| Figura 3-48 Punto a acondicionar | 77 |
| Figura 3-49 Punto a acondicionar | 77 |
| Figura 3-50 Esquema de la planta de tratamiento de lluvia..... | 78 |
| Figura 3-51 Organigrama durante la fase de construcción..... | 87 |
| Figura 3-52 Organigrama durante la fase de operación | 88 |

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PLANTA FOTOVOLTAICA
PAIPA II – PSR 4**

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Fotografía 3-1 Vía Ruta Nacional Tunja – Paipa | 37 |
| Fotografía 3-2 Vía logística – Sectores con Pavimento | 37 |
| Fotografía 3-3 Vía logística – Sectores en afirmado | 38 |
| Fotografía 3-4 Vía de acceso al predio Hermanos Benítez | 38 |

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En concordancia con lo establecido en el Capítulo 3 de los Términos de Referencia para elaboración de estudios de impacto ambiental para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica, emitidos por Corpoboyacá, a continuación, se desarrolla en esta sección del estudio la descripción de las principales características técnicas del Proyecto, el cual contempla la instalación, montaje y operación de una planta fotovoltaica para la generación de energía limpia con una potencia de 72,00 MVA (lado del inversor) y a 81,79 MWp (lado de los módulos fotovoltaicos).

3.1 LOCALIZACIÓN

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, en los municipios de Sotaquirá y Paipa tal como se presenta en la Figura 3-1.

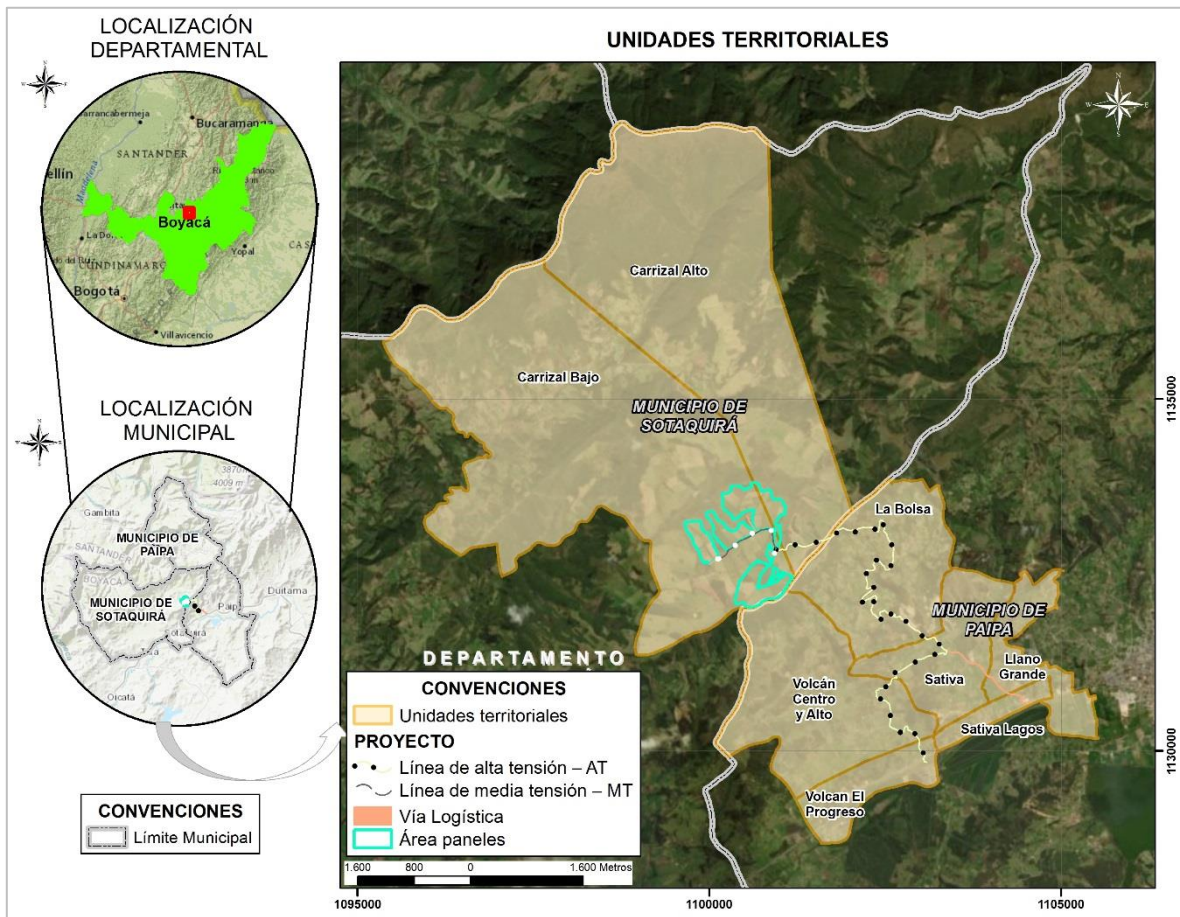


Figura 3-1 Localización general del Proyecto

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 existente llamada 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 3-1. Cabe resaltar que la línea de Alta Tensión – AT, se instalará de manera soterrada por la vía existente y la línea de Media Tensión MT, ubicada dentro del campo del proyecto, será aérea. 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.

| Área proyecto | |
|---|----------|
| Tipo | Área |
| Área paneles (Ver Figura 3-2) | 97,05 ha |
| Línea de Alta Tensión – AT (Ver Figura 3-3) | 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 (Ver Figura 3-2) | 0,04 ha |
| Vía Logística (Ver Figura 3-4) | 0,60 ha |

Tabla 3-1 Descripción de los componentes del proyecto

Fuente: WSP, 2018

¹ Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

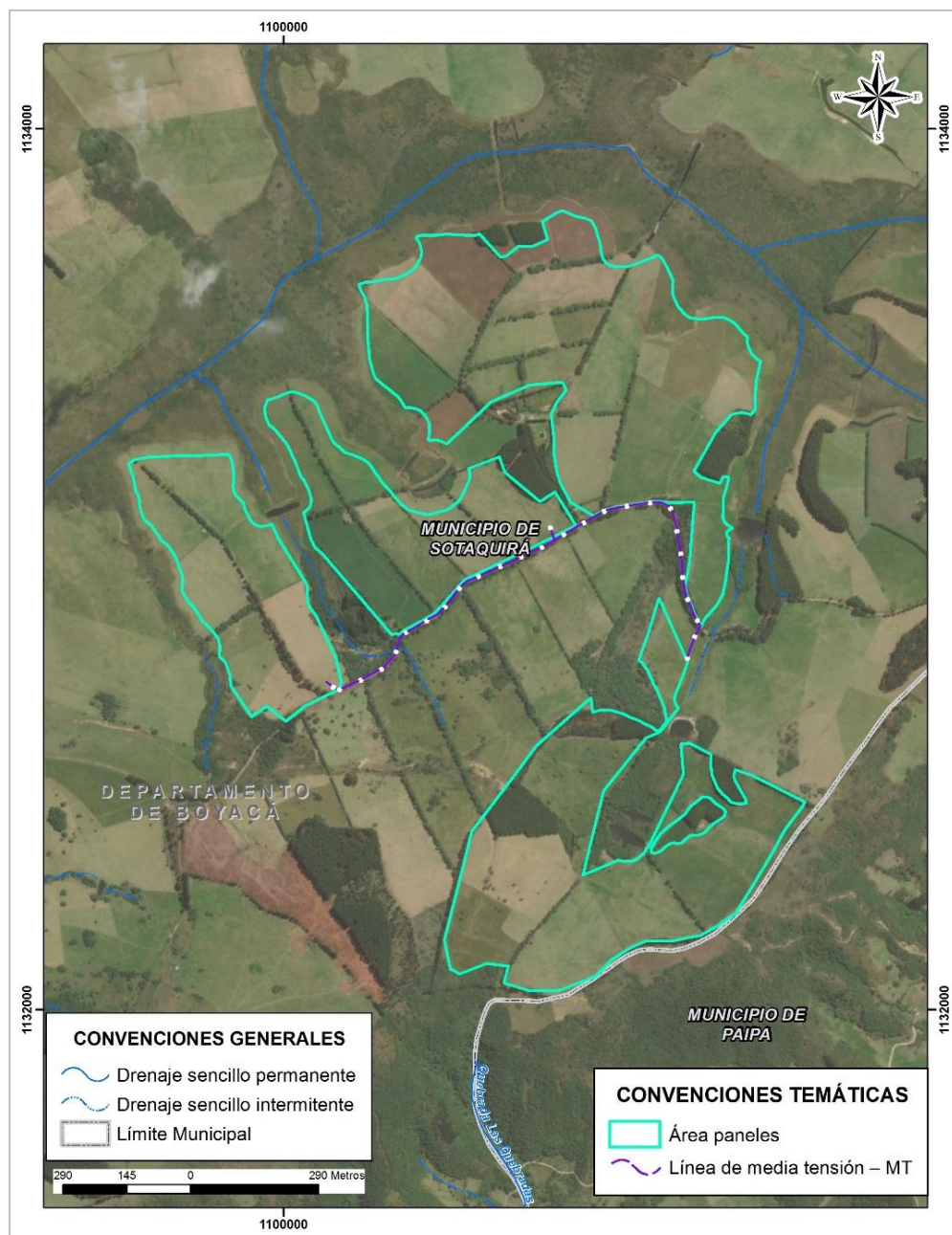


Figura 3-2 Área paneles y línea de media tensión
 Fuente: WSP, 2018

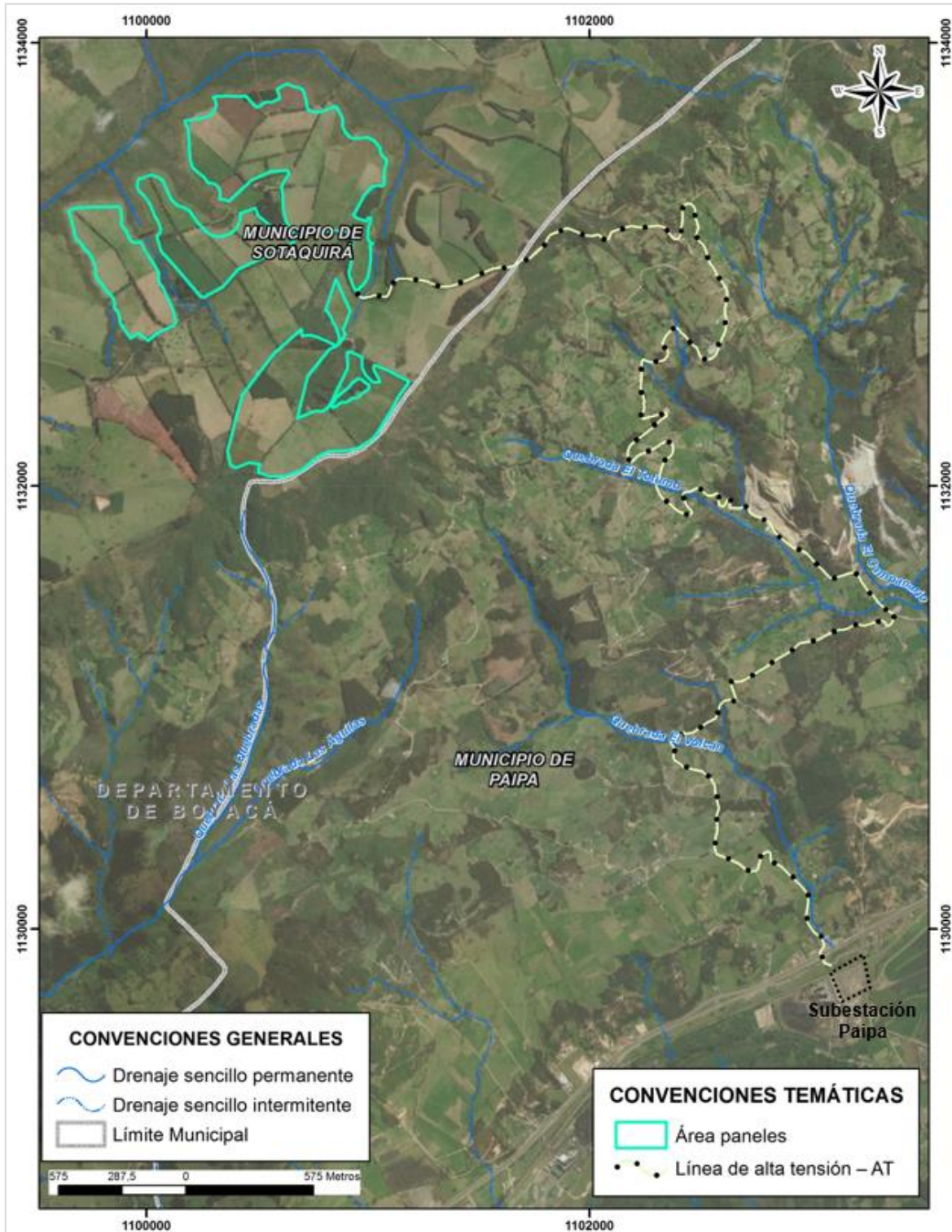


Figura 3-3 Línea de Alta Tensión – AT a 115 kV

Fuente: WSP, 2018

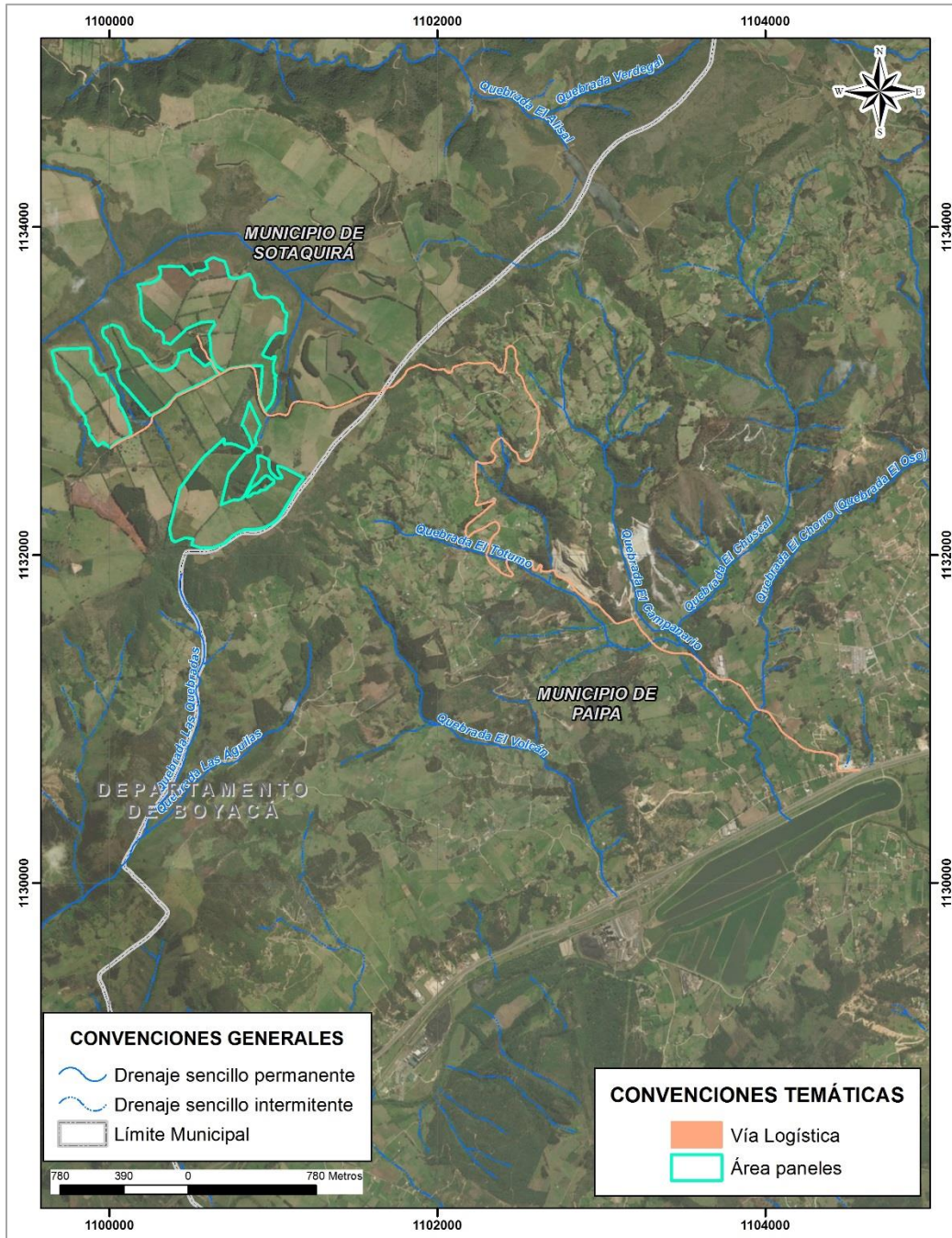


Figura 3-4 Vía logística

Fuente: WSP, 2018

En cuanto a la localización político-administrativa, se destaca que el proyecto involucra cinco unidades territoriales (veredas), de los municipios de Sotaquirá y Paipa en el departamento de Boyacá como lo muestra la Tabla 3-2, 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 / Centro y Alto | | | | X | | |

Tabla 3-2 Unidades territoriales asociadas al proyecto

Fuente: WSP, 2018

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

3.2.1 Infraestructura existente

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. Es importante mencionar que 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.

Adicionalmente, se encuentra la vía Nacional 55 que comunica a los municipios de Tunja y Paipa. Es una vía en doble calzada y se encuentra pavimentada, en buenas condiciones de estado (Ver Numeral 3.2.4.1.1). Por otro lado, la descripción de la infraestructura social y/o productiva asociada a las veredas del área de influencia, se presenta en el capítulo 5.3 de Caracterización socioeconómica, Numeral 5.3.6.2.2 Servicios Sociales.

La infraestructura mencionada se puede observar en la Figura 3-5, y en el plano SOPA_004_EIA_AE_IE_SIG_001 del Anexo 01 Cartografía.

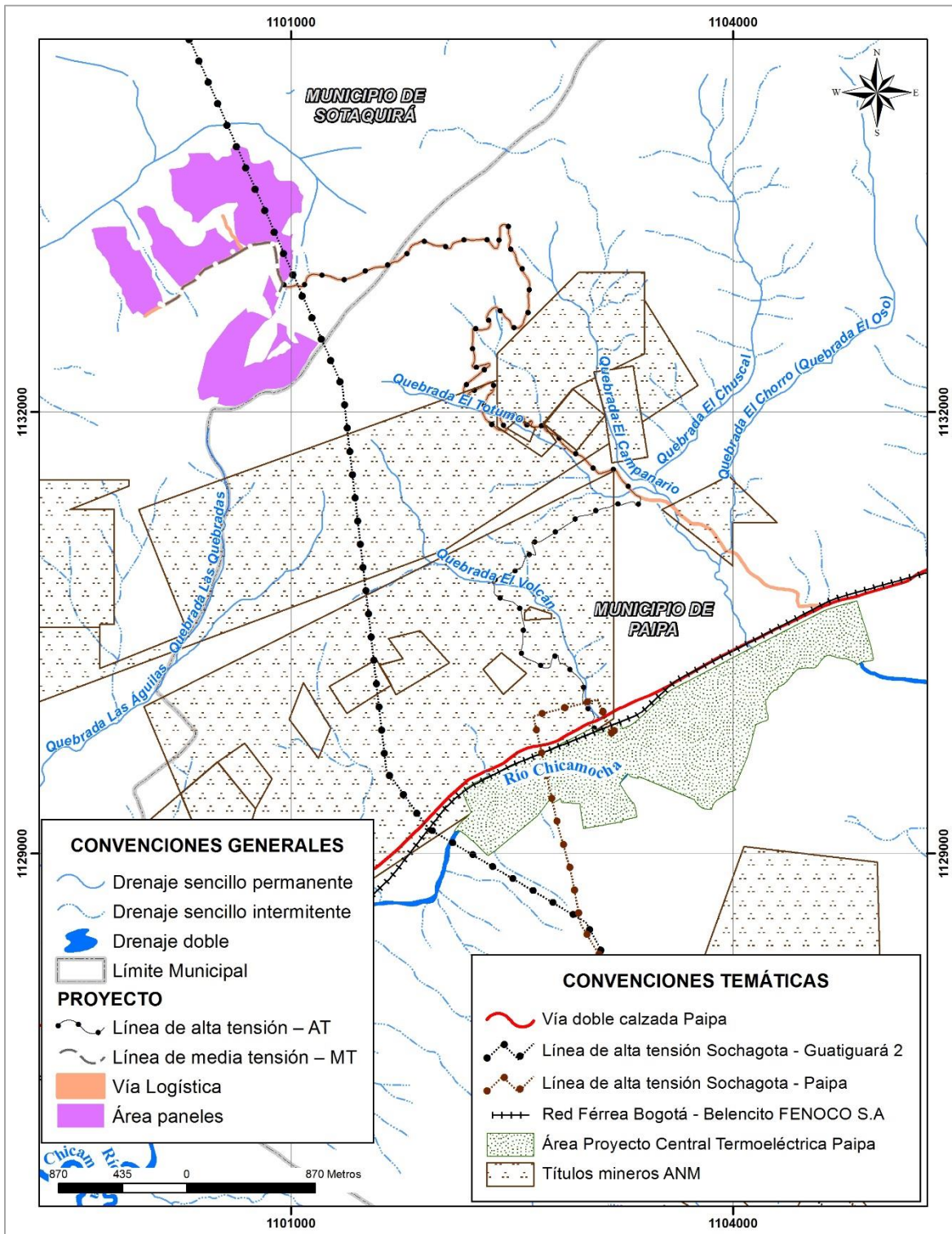


Figura 3-5 Infraestructura existente

Fuente. WSP. 2018

3.2.2 Fases y actividades del proyecto

A continuación, se describen las etapas bajo las cuales se desarrollará el proyecto solar, incluyendo las actividades previas a la construcción y operación, de construcción e instalación y de operación, 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.

3.2.2.1 Etapa Preconstructiva y Preoperativa

Esta etapa contempla principalmente actividades de evaluación, análisis y algunas actividades de recolección de información in-situ como es levantamientos topográficos y muestreo de suelos. Igualmente, en esta etapa se incluye la gestión predial y de permisos, la adquisición de bienes y servicios la cual es transversal a todas las etapas del proyecto, así como la contratación de personal necesario para el desarrollo de los trabajos y actividades de las diferentes etapas del proyecto.

3.2.2.1.1 Gestión de permisos, predial e inmobiliaria

Realización de concertaciones y/o compensaciones con los propietarios de cada uno de los predios que posiblemente sean afectados o utilizados por las actividades a realizar durante cada etapa del Proyecto. Estas acciones generalmente se realizan de forma previa a la ejecución de las obras y actividades.

3.2.2.1.2 Adquisición de bienes y servicios

Hace referencia a la adquisición de todos los elementos necesarios para el funcionamiento y operación del Proyecto. Consta de bienes como alimentos, bebidas, materiales para la construcción y servicios como transporte de personal (para lo cual se subcontratará a una empresa autorizada), exámenes médicos, alimentación, hospedaje, entre otros, los cuales se adquieren en su gran mayoría en los municipios del área de influencia del Proyecto.

3.2.2.1.3 Contratación de personal

Hace referencia al personal necesario para el desarrollo de los trabajos y actividades involucradas en las etapas de: construcción, operación, desmantelamiento y cierre. Aquí se realiza la organización laboral, donde se define la cantidad de mano de obra no calificada que requiere el Proyecto y la forma de contratación. Generalmente se realiza la gestión con las alcaldías y juntas de acción comunal (JAC) de las veredas y municipios del área de influencia del Proyecto.

3.2.2.1.4 Replanteo topográfico y demarcación

Previo a las actividades de obra civiles, se deben realizar los trabajos de topografía para georreferenciar y materializar por medio de estacas y otros elementos, los puntos de cortes y rellenos en caso de requerirse, y las áreas a intervenir.

3.2.2.2 Etapa de Construcción e instalación

En esta etapa es donde se presentan la mayoría de los impactos, ya que el periodo de construcción es muy corto, comparado con los tiempos que se requieren para construcción de centrales de generación como hidroeléctricas o termoeléctricas. Típicamente una planta de menos de 100 MW puede instalarse entre 12 y 18 meses dependiendo de las condiciones físicas del terreno. A continuación, se describen las actividades que componen la etapa de construcción e instalación del proyecto.

3.2.2.2.1 Movilización de maquinaria, materiales, equipos y personal

Consiste en el ingreso y salida hacia las áreas a intervenir a través de vías de acceso, de: maquinaria pesada (hincadoras, retroexcavadoras, buldóceres, cargadores, grúas, etc.), equipos (inversores, módulos fotovoltaicos, etc.), materiales (acero, perfiles, tuberías, combustibles, triturados, cemento, arena, etc.) y personal (profesional, técnico y obrero), necesarios para la ejecución de las actividades. Generalmente el transporte se realiza en camabajas, tractomulas, camiones, volquetas y vehículos livianos.

3.2.2.2.2 Desmote y descapote

El desmote y descapote solo se realizará donde se requieren excavaciones e intervenciones puntuales. Para la preparación del terreno se requiere en algunos casos desmote, el cual corresponde a la tala y retiro de árboles, la remoción de arbustos, rastrojos, incluyendo la remoción de tocones y raíces. Es del interés del promotor no quitar la capa vegetal ya que ésta protege contra la erosión y evita el levantamiento de polvo y el ensuciamiento de los módulos fotovoltaicos. El descapote se hace removiendo la capa superficial del terreno natural para eliminar la tierra vegetal, materia orgánica y demás materiales indeseables para la realizar las labores de construcción. Esta actividad contempla las áreas a intervenir tanto de la planta, la infraestructura de apoyo, el sitio de control, y las vías internas.

3.2.2.2.3 Adecuación de terreno, movimientos de tierra (excavaciones y rellenos)

Las excavaciones corresponden al conjunto de actividades de remover el material del terreno según especificaciones de cotas (profundidades), pendientes, dimensiones, entre otras, indicadas en los diseños, utilizando retroexcavadoras y cargadores.

Los rellenos comprenden las labores de cargar, transportar, extender y compactar los materiales retirados de las excavaciones y/o extender y compactar los materiales pétreos (recebos, afirmados, otros) estipulados en las especificaciones; los rellenos se realizan por capas utilizando maquinaria como volquetas, motoniveladoras, buldóceres y compactadores. Esta actividad solo se realizará donde se requieren excavaciones e intervenciones puntuales en áreas tanto de la planta, la infraestructura de apoyo, sitio de control, como de las vías internas, línea de Alta Tensión - AT.

Vías de servicios: Para la circulación en el interior de la planta se realizarán viales que serán de los siguientes tipos:

- Vías de servicio: son los viales perimetrales y de acceso a zonas de estaciones inversor-transformador de 4 m de ancho (Figura 3-6), para permitir el paso de camiones de grandes dimensiones. Serán utilizadas también por vehículos turismo.
- Zona de circulación entre mesas: para la instalación de los paneles y posterior mantenimiento es necesario dejar zonas de circulación entre las mesas de la estructura, esta distancia es de 1,5 a 2,0 m lo que permite el acceso con vehículos cuatrimoto y tractores de pequeñas dimensiones. Estas zonas de circulación no requieren ningún acondicionamiento.

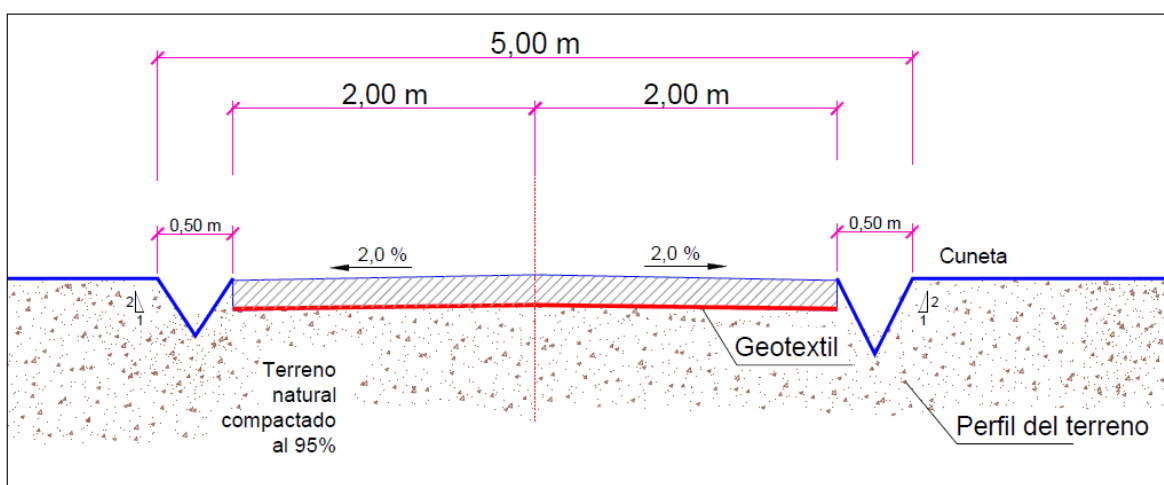


Figura 3-6 Sección tipo de las vías de servicio

Fuente. PSR4, 2018

Preparación y nivelación del terreno: El terreno del proyecto tiene una topografía relativamente regular y solo en algunas partes existirá la necesidad de nivelar el terreno. Esta necesidad será definida en función del replanteo que se llevará a cabo dependiendo de la tecnología que se aplicará para la estructura de soporte (estructura fija o seguidores de un eje).

Excavaciones para las estaciones inversor-transformador: El proyecto consta de 36 losas de cimentación para las estaciones inversor-transformador. Las losas se realizarán de acuerdo con las características de la estación. Previamente a la colocación de la losa de cimentación, constituida por una losa de hormigón con armadura, se colocará una capa de limpieza, que será de hormigón “pobre” o de grava. La estación se fijará a la losa de cimentación mediante los anclajes necesarios determinados por el fabricante.

Excavaciones para la subestación colectora: El proyecto consta de 5 subestaciones colectoras. Las losas se realizarán de acuerdo con las características de la estación. Previamente a la colocación de la losa de cimentación, constituida por una losa de hormigón con armadura, se colocará una capa de limpieza, que será de hormigón “pobre” o de grava.

La estación se fijará a la losa de cimentación mediante los anclajes necesarios determinados por el fabricante.

Excavaciones para la subestación elevadora: El proyecto consta de 1 subestación elevadora. Para la construcción de la subestación, los movimientos de tierras serán relacionados con la excavación de toda el área con un espesor de aproximadamente 0,4 m, para eliminar la porción de suelo con la presencia del sistema de raíces de la vegetación, Luego se procede con la colocación del manto geotextil y la colocación de una capa de mezcla natural de material de cantera estabilizado (Recebo), obteniendo un piso para realizar las obras a una planimetría constante.

Posteriormente a la construcción de las obras civiles y electromecánicas (cimientos, vías de cables, drenaje, etc.), se procede al relleno del material estabilizado de cantera mixta y a la reutilización de terrenos previamente excavados para lograr una mayor estabilidad y uniformidad del suelo.

Excavaciones para la línea AT de evacuación: En cuanto a la construcción e instalación de la línea de AT de 115 kV, se removerán secciones de +/- 1,3 metros de profundidad por +/- 0,65 metros de ancho aproximadamente, en la mayor parte del trazado de la línea. Este suelo excavado será ubicado al costado de las zanjas, con la finalidad y facilidad de que, una vez terminadas las obras, se realice el relleno y posterior compactación con este mismo suelo anteriormente removido. Debido a la inclusión de cables eléctricos y de más componentes en estas zanjas, se tendrán algunos excedentes de tierras, las cuales serán transportadas a otros sitios del proyecto en donde pueden servir como material de relleno para nivelación de superficies.

3.2.2.2.4 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.

La instalación de tubería y cableado se instalará mediante excavación con zanja a cielo abierto, la cual tendrá aproximadamente un ancho de 0,5 m y una profundidad variable entre 0,5 y 1,5 m. Incluye los procesos de excavación con maquinaria o realizada de forma manual según los alineamientos y cotas indicadas en los planos de construcción. Las excavaciones serán entibadas cuando sea necesario para prevenir el deslizamiento del material de excavación, evitando daños a la obra, a las redes o a estructuras de las construcciones adyacentes. El fondo de la zanja debe ser conformado en forma uniforme y quedará libre de rocas sueltas, gravas, raíces y materiales extraños que pudieran dañar la tubería o su revestimiento.

En el desarrollo del proyecto se contemplan distintos tipos de zanjas de acuerdo con el tipo y función del cableado a instalar:

- Zanjas para las canalizaciones eléctricas: Los cables que salen de las cajas de conexión de los subcampos (en baja tensión), serán enterrados en zanjas y dirigidos a las estaciones inversor-transformador más cercano.
- Zanjas para las canalizaciones de seguridad: Discurriendo adyacente al vallado o cerramiento perimetral se instalarán las zanjas para las canalizaciones del sistema de seguridad. Estas zanjas consistirán en una excavación de aproximadamente de 0,20 m de ancho y 0,35 m de profundidad. Sobre el fondo de la excavación se alojará

un tubo canalizador de seguridad de PEHD (Polyethylene High Density) reforzado de un diámetro de aproximadamente 90 mm.

- Zanjas para la instalación de la línea de Alta Tensión AT: Se realizarán a los costados de las vías existentes de acuerdo con el diseño de detalle. Tendrá aproximadamente un ancho de +/- 0,65 m y una profundidad de +/- 1,30 m.
- Zanjas para canalizaciones bajo drenajes: Debido a que la línea de Alta Tensión AT será soterrada por vía existente, se tiene la necesidad de atravesar los drenajes que cruza dicha vía. Las canalizaciones del cableado eléctrico bajo dichos drenajes. dispondrán en los márgenes de los drenajes de aproximadamente 1 m de profundidad y 900 mm de ancho. En ellas se alojarán tubos de PEHD los cuales serán embebidos en hormigón bajo el nivel de los drenajes.

La Figura 3-7 muestra un ejemplo de zanjas en construcción para la instalación del cableado eléctrico.



Figura 3-7 Ejemplo de zanjas en construcción

Fuente. PSR 4 SAS

Las dimensiones de las zanjas podrán variar según los tramos, dependiendo del número de tubos y cables que discurran por su interior. A continuación, se presentan algunos ejemplos de zanjas que se aplicarán en el emplazamiento según los detalles que aparecen en la NFPA (por sus siglas en inglés National Fire Protection Association):

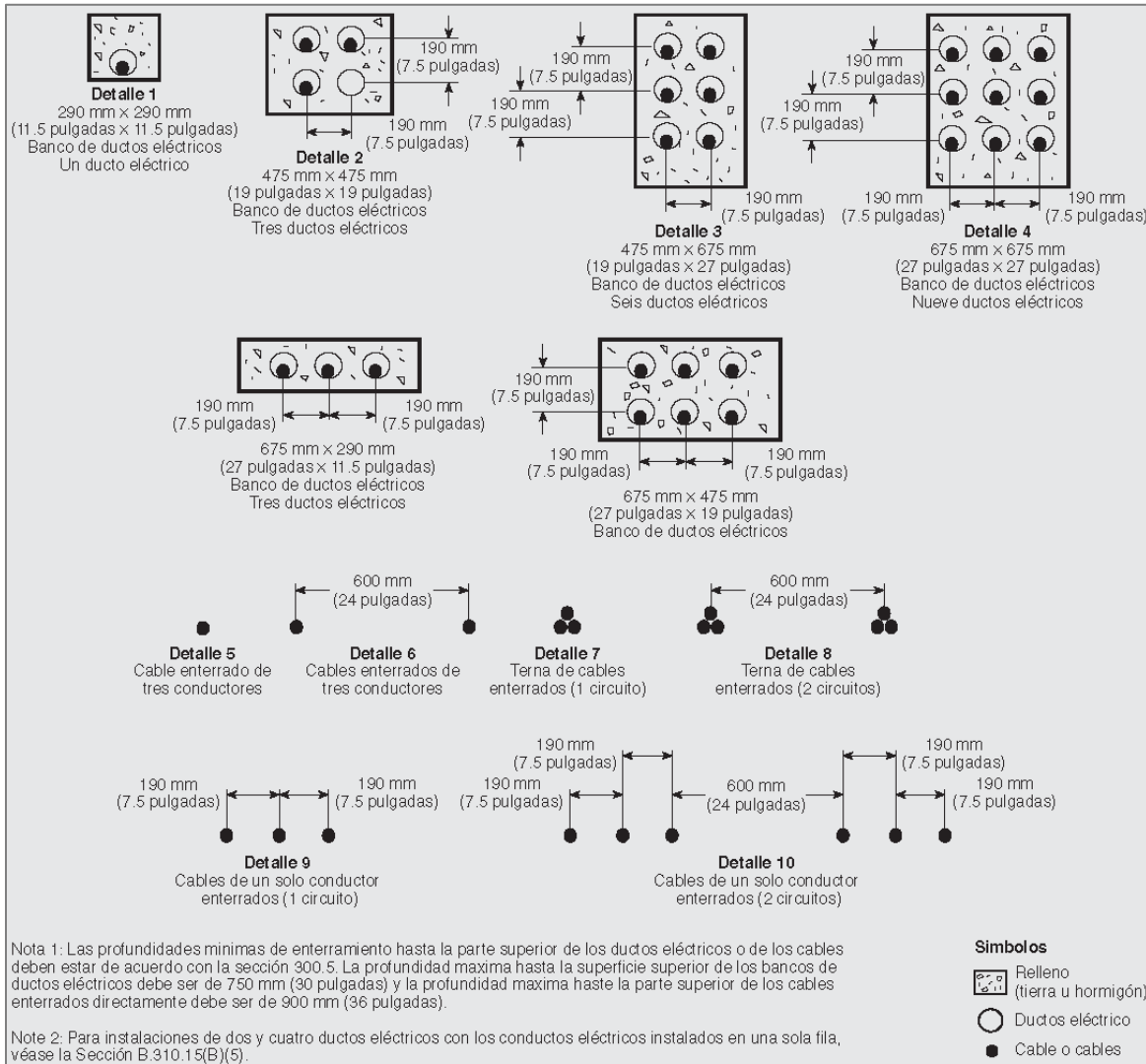


Figura 3-8 Dimensiones de las instalaciones de cables para usar
Fuente. NFPA

A continuación, se relaciona el volumen de desmonte y el de terraplén, así como el saldo de volúmenes resultantes. El trazado como las cotas definitivas de esta explanación quedarán definidos en los planos del estudio de ejecución:

| Nº | DESCR. | VOLUMEN DESMONTE [m³] | VOLUMEN TERRAPLÉN [m³] | SALDO | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|-------------------|
| | | | | DESMONTE [m³] | TERRAPLÉN [m³] |
| 1 | Vías de acceso | - | 1.195 | - | 1.195 |
| 2 | Vías interna existente | - | 505 | - | 505 |
| 3 | Vías de servicio | - | 2.129 | - | 2.129 |
| 4 | Preparación y nivelación del terreno | 6.000 | 6.000 | - | - |
| 5 | Estaciones inversor-transformador | 428 | 428 | - | - |
| 6 | Subestacion colectora | 47 | 47 | - | - |
| 7 | Subestacion elevadora | 0 | 1.672 | - | 1.672 |
| 8 | Zanjas | 4.090 | 4.090 | - | - |
| 9 | Línea de evacuación | 8.078 | 6.460 | 1.618 | - |
| SUBTOTAL | | | | 1.618 | 5.501 |
| TOTAL | | | | | 3.883 |

Tabla 3-3 Volumen de desmonte y el de terraplén

Fuente: PSR4 SAS

3.2.2.2.5 Adecuación de instalaciones provisionales (campamentos y/o almacén de materiales y herramientas)

Se adecuará un sitio donde los trabajadores se alojarán en localidades vecinas. Se habilitará un comedor y guardarropas para los trabajadores y un recinto para primeros auxilios además de un sector de almacenamiento de materiales de construcción, equipos eléctricos, cables eléctricos, contenedores y un sitio para almacenar temporalmente los residuos sólidos. Estos residuos serán retirados y trasladados a un sitio autorizado para disposición de residuos. Los servicios sanitarios serán del tipo baños portátiles y cuyo mantenimiento estará a cargo de terceros que cuenten con autorización sanitaria expresa. Se habilitarán patios de salvataje para el almacenamiento de residuos sólidos no peligrosos provenientes de la etapa de construcción, y una bodega de acopio temporal para el almacenamiento de residuos y desechos peligrosos provenientes de la etapa de construcción (aceites y grasas lubricantes).

3.2.2.2.6 Manejo y disposición de sobrantes de construcción

La actividad consiste en extender y compactar por capas con ayuda de maquinaria, el material sobrante de las excavaciones y descapote. El material de excavaciones será depositado al costado de las zanjas, en lo posible sobre el borde de los caminos, para ser reutilizado en el relleno de las zanjas, con la compactación adecuada para evitar la formación de depresiones y canaletas que puedan generar procesos erosivos. El material excavado será reutilizado para la nivelación del terreno y en caso de existir excedentes será trasladado mediante volquetas a sitios de disposición autorizados.

3.2.2.2.7 Instalación y montaje de equipos, elementos y estructuras en general

Actividades referentes a la construcción y montaje de infraestructura, equipos y elementos que conformarán la parte física y operativa de la planta. En estas acciones se utilizan grúas, poleas, montacargas, equipos de soldadura, andamios, formaletas, y equipos y maquinaria de construcción en general para unir e instalar elementos metálicos, tuberías, máquinas, entre otras. La infraestructura por instalar se compone de: módulos fotovoltaicos, estaciones inversor transformador, cableado e infraestructura permanente de soporte.

- Instalación de los módulos

La instalación mecánica de los módulos consiste en el hincado de postes de acero galvanizado sobre los cuales luego se instalan las viguetas que sujetarán los módulos solares. Posteriormente se procede a la sujeción de los módulos a la estructura usando pinzas que se atornillan sobre la estructura (ver Figura 3-9). El diseño óptimo es colocar los módulos en modo de forma vertical ("portrait") con 2 x 10 módulos en cada estructura. Una estructura forma una mesa. Las estructuras se instalan a una profundidad de aproximadamente 1200 cm.

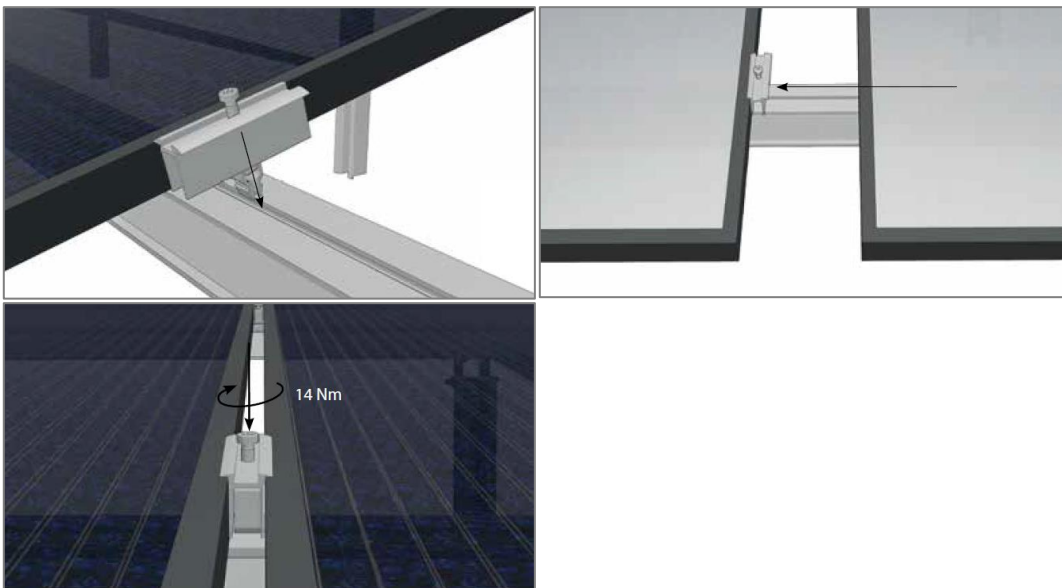


Figura 3-9 Montaje de módulos con posición vertical y horizontal

Fuente: SCHLETTER

- Estaciones inversor-transformador

Las estaciones inversor-transformador transforman la corriente directa (CC) de los módulos solares en corriente alterna (CA) y elevan la tensión al nivel deseado. Dichas estaciones son sistemas estandarizados de contenedor y se instalan al aire libre. Las estaciones se apoyarán en una placa de concreto reforzado a modo de cimentación.

- Instalación de cableado y conexión eléctrica

Esta actividad considera la instalación de la conexión eléctrica (cableado, puesta a tierra, protecciones), de baja y media tensión, las cuales conectarán los paneles solares con los inversores, centros de transformación y línea de Alta Tensión - AT. Los cables de CA dentro de las instalaciones se colocan en rejillas metálicas para su protección mecánica, mientras que los cables de CA fuera de la instalación están directamente enterrados o puestos en conductos enterrados.

- Instalación de infraestructura permanente de soporte

Como infraestructura permanente en la etapa operativa, se instará una estación meteorológica, una caseta de control y una cerca perimetral.

- Estación meteorológica

El proyecto contará con una estación meteorológica (Ver Figura 3-10) que se compone de:

- Anemómetro
- Sistema de medición de precipitación
- Termómetro de temperatura ambiente del aire
- Sistema de medición de la humedad del aire



Figura 3-10 Ejemplo de una estación meteorológica en una planta solar

Fuente: PSR 4 SAS

- Caseta de control

Dentro del terreno se ubica un edificio prefabricado compacto con estructura metálica y cuatro zonas independientes separadas por tabicado, de dimensiones exteriores aproximadas de 7 x 6 m y altura vista de 2,7 m cuya utilidad será la de albergar todos los dispositivos de control y manejo de la planta, dar servicio a las labores de vigilancia durante la obra y al personal de operación y mantenimiento durante el funcionamiento de la planta (ver Figura 3-11). Se ha previsto proveerla de:

- Compartimentación interior: zona de oficinas, zona de sistemas de control y seguridad, baño y almacén.
- Alumbrado interior para cada una de las estancias.
- Alumbrado de Emergencia.
- Tomas de corriente para los distintos dispositivos interiores de control y auxiliares.
- Instalación de saneamiento con biodigestor.
- Suministro de agua para baños.



Figura 3-11 Ejemplo de caseta de control tipo contenedor

Fuente: PSR 4 SAS

– Cerca perimetral

Para la instalación de la cerca perimetral se deberán realizar excavaciones para los cimientos con un tamaño de 30 x 30 x 75 cm y a una distancia de entre 2,50 m y 3,00 m. Se realizará un vaciado en sitio en cada excavación, en el cual se deberá colocar el tubo galvanizado de 2" de diámetro con sus respectivos entramados de varillas colocados en dicha excavación como soporte para la estructura. Adicionalmente, se instalarán mallas y portones para completar la estructura. En la Figura 3-12 se presenta un esquema del vallado o cerca perimetral y las fundaciones asociadas.

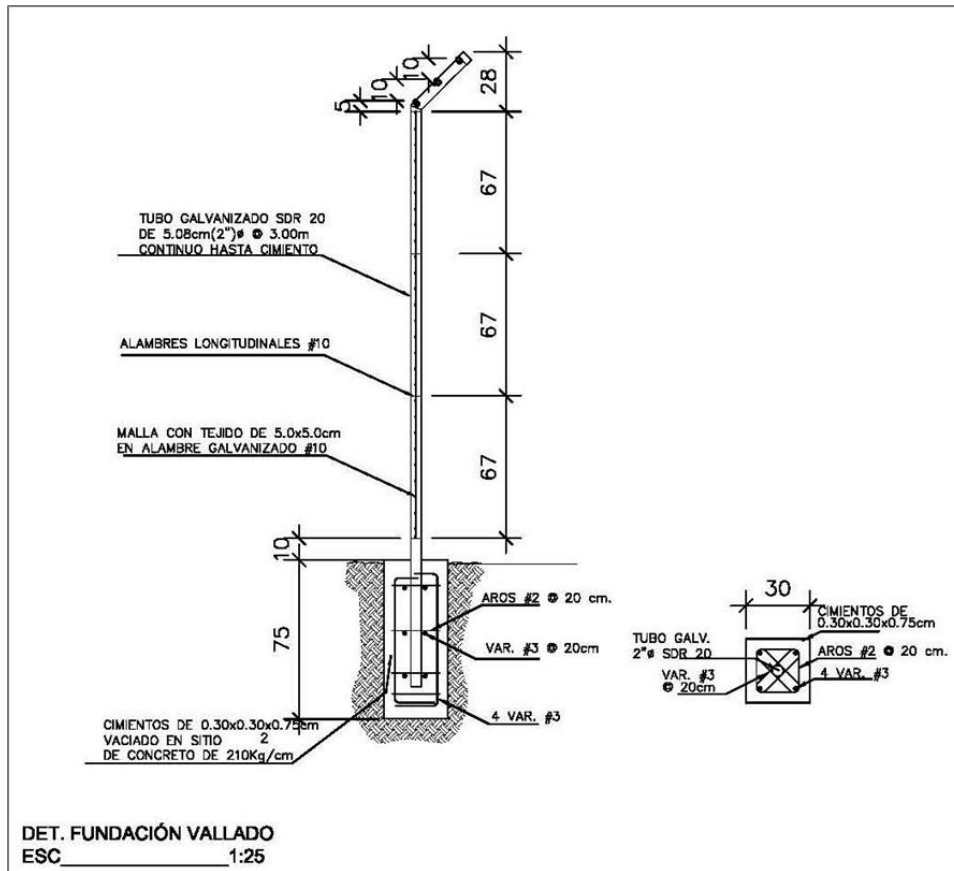


Figura 3-12 Detalle fundación del vallado perimetral

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.2.2.1 Identificación de maquinaria y equipos

Durante la fase de construcción se estima el uso de la maquinaria presentada en la Tabla 3-4.

| EQUIPO | CANT. [-] | TAMAÑO Alt. x Long. x Ancho [m] | PESO (unidad) [kg] | COMBUST. [l/obras] |
|------------------------|----------------|--|----------------------------|-------------------------|
| Motoniveladoras | 6 | 3,72 x 12,05 x 3,41 | 32.411 | 1.300 |
| Retroexcavadora | 3 | 3,12 x 9,96 x 3,39 | 23.780 | 2.300 |
| Excavadora giratoria | 3 | 3,12 x 9,96 x 3,39 | 23.780 | 1.500 |
| Camiones Volquete | 9 | 2,49 x 7,65 x 3,17 | 28.000 | 1.600 |
| Rola Compactadora | 3 | 3,07 x 5,51 x 2,29 | 10.840 | 350 |
| Autohormigonera | 6 | 3,50 x 6,64 x 2,08 | 6.000 | 8.500 |
| Hincadoras | 12 | 2,00 x 2,20 x 2,20 | 2.950 | 2.200 |
| Camiones | 12 | 4,10 x 13,20 x 2,60 | 16.500 | 800 |
| Carretillas cargadoras | 6 | 2,11 x 2,50 x 1,16 | 2.500 | 2.200 |
| Manitou | 6 | 2,30 x 4,76 x 1,85 | 7.330 | 6.500 |
| Minicargadora | 6 | 2,10 x 3,61 x 1,83 | 1.800 | 1.500 |

Tabla 3-4 Especificaciones de equipos durante la etapa de construcción

Fuente: PSR 4 SAS

En general, los equipos y maquinaria más utilizados para la instalación de la planta solar y su infraestructura asociada son:

- Motoniveladoras

Se emplean motoniveladoras para realizar los trabajos de nivelación de terrenos la cual tiene mayor precisión que una topadora o buldócer. Se compone de un tractor sobre ruedas y de una cuchilla de perfil curvo, que descansa sobre un tren delantero también con ruedas. Puede perfilar taludes en terraplenes y desmontes.

- Retroexcavadora

Se emplean retroexcavadoras básicamente para abrir zanjas destinadas a tuberías, cables, drenajes y también para la excavación de cimientos instalaciones temporales y permanentes.

- Miniexcavadora giratoria

Se emplean miniexcavadoras giratorias para pequeñas excavaciones o demoliciones. Gracias a sus dimensiones compactas y su alta maniobrabilidad, pueden ser utilizada en espacios reducidos, donde una excavadora de mayor tamaño no podría acceder.

- Camión volquete

Se emplean camiones volquete para el movimiento de tierras y para el acarreo de materiales en general. Está dotado de una caja abierta basculante que descarga por vuelco.

- Compactadora

Se emplean compactadoras para estabilizar la tierra, comprimiéndola, amasándola o vibrándola para eliminar bolsas de aire y aumentar su densidad. Se usan diferentes compactadoras dependiendo de la naturaleza del terreno.

- Hormigonera

Se emplean hormigoneras para la elaboración del hormigón o concreto. Su principal función es la de suplantar el amasado manual de los diferentes elementos que componen el hormigón: cemento, áridos y agua.

- Hincadora

Se emplean hincadoras para introducir en el suelo y extraer de nuevo los postes de la estructura de perfiles de acero como soporte de los módulos solares. La colocación de los elementos de hincado se hace de forma dinámica con la percusión. Un martillo hidráulico golpea el elemento de hincado con ayuda de una maza.

- Carretilla cargadora

Se emplean carretillas cargadoras para para la manipulación de materiales tanto dentro como fuera de la bodega y área de acopio y para la carga y descarga de camiones.

- Manipulador telescópico

Se emplea un manipulador telescópico que cuenta con una pluma que resulta en una mayor versatilidad al poderse extenderse hacia adelante y hacia arriba desde el vehículo.

- Estructura soporte bobina

Los gatos mecánicos permiten extraer los cables de las bobinas con total seguridad. Se pueden usar en combinación con una máquina bobinadora de cable, o para la ayuda en la instalación del cable.

3.2.2.2 Adecuación de caminos internos

Se prevé dar acceso vial desde todas las estaciones y/o edificios de instalación, mantenimiento de la planta y de los equipos donde se consideran las vías internas vehiculares, así como senderos peatonales.

3.2.2.3 Construcción o instalación de cajas de empalme y deflexión línea de Alta Tensión - AT

Las cajas de deflexión o giro se construirán con el fin de permitir la instalación de la tubería y de los cables que deben adecuarse dentro de la misma.

3.2.2.4 Relleno y compactación

El soterramiento de la línea de Alta Tensión - AT incluye construcción de llenos estructurales en las zanjas para la canalización y para las cajas de empalme y de paso, adecuación de espacios temporales, adaptados de acuerdo con las especificaciones del cable seleccionado, alrededor o bajo estructuras o redes existentes interceptadas, entre otras.

3.2.2.5 Limpieza de sitios de obra

Corresponde a la restauración de las áreas intervenidas, con lo que se propone efectuar limpieza de las áreas donde se realizaron actividades de construcción e instalación, con el fin de dejar las zonas habilitadas para la fase de operación. Se generan residuos que tendrán que disponerse en sitios adecuados o manejados por terceros autorizados.

3.2.2.3 Operativa y mantenimiento

Esta fase se caracteriza por la presencia de la planta solar y de sus instalaciones, la generación de energía, la operación técnica y comercial y el mantenimiento preventivo y correctivo. Los módulos fotovoltaicos no requieren de mayor mantención mecánica. Se requerirá limpiar los módulos periódicamente para librarlos de polvo, el cual reduce la eficiencia de éstos, para ello se realizará la limpieza empleando agua sin ningún tipo de aditivo o detergente. A continuación, se describen las actividades principales en la etapa Operativa y de mantenimiento.

3.2.2.3.1 Operación de la planta

La planta será monitoreada por la sala de control, desde la cual se controlará el funcionamiento de los paneles y los demás equipos. Durante la fase de operación del proyecto, trabajará una cantidad suficiente de personas para la vigilancia y el mantenimiento de la planta. Se considerará la instalación de máquinas surtidoras de agua potable en bidones, manteniendo un stock permanente de al menos 500 litros en botellas de repuesto.

La caseta de control contará con un depósito de agua potable para su consumo y uso sanitario. El agua será suministrada por una empresa sanitaria autorizada; será transportada por medio de carrotanques hasta la planta. Se generarán aguas residuales domésticas provenientes de baños y duchas, se manejarán por medio de baños portátiles cuyo mantenimiento estará a cargo de terceros autorizados. En esta actividad se considera la generación de residuos domésticos, industriales y peligrosos, debido a:

- Oficinas, genera residuos sólidos domésticos: orgánicos, papel, cartón, plástico, papel higiénico, etc.
- Actividades de mantenimiento, genera residuos sólidos industriales: restos de ferretería, cartón, plásticos, chatarra, conductores, aisladores de paneles en desuso.
- Residuos peligrosos: Elementos de Protección Personal (EPP) contaminados, envases contaminados con aceites y lubricantes, etc.

3.2.2.3.2 Limpieza de los paneles, mantenimiento e inspección de la infraestructura asociada a la generación

Las instalaciones solares requieren un mínimo de mantenimiento que corresponde en general a una inspección visual periódica para comprobar el buen estado de los paneles. La limpieza de los espejos reflectores es una de las actividades de mantenimiento más relevantes para contrarrestar las pérdidas que en promedio están entre un 5 y 8% del total de la producción. Se requerirá limpiar los módulos periódicamente para librarlos de polvo, el cual reduce la eficiencia de éstos. Para ello se realizará la limpieza empleando agua sin ningún tipo de aditivo o detergente. La frecuencia de la limpieza depende de la periodicidad de las lluvias que limpiarían los módulos gracias a la inclinación de estos permitiendo escurrimiento. En el caso de que sea necesario la limpieza, esta se llevará a cabo con el uso de un cepillo circular y una barra telescópica (ver Figura 3-13) que funciona con alta presión de agua fría con un sistema de descalcificación del agua.

Es importante destacar que no se generarán efluentes producto de la limpieza de los módulos, el agua utilizada se evaporará desde la superficie de cada estructura o en su defecto, ésta caerá a la superficie del terreno y será absorbida. Dicha agua (que se absorberá) presenta características similares a las de agua lluvia, puesto que sólo contiene restos de polvo, no presenta contaminantes que puedan afectar la calidad del suelo y/o cursos superficiales o subterráneos.



Figura 3-13 Sistema de limpieza de módulos

Fuente: Kärcher

3.2.2.3.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades no programadas que se ejecutan posterior a un evento de falla y que tienen como fin corregirlo. Se aplica en equipos donde su salida de operación no afecta a la producción y en los cuales el costo de la reparación es bajo comparado con las actividades de mantenimiento preventivo.

3.2.2.3.4 Mantenimientos en la Subestación eléctrica 34.5/115 KV

Para los mantenimientos en la subestación eléctrica es necesario realizar una inspección visual para comprobar las condiciones de los equipos y elementos, la ausencia de corrosión e infiltración del agua. Se verifica el estado de los equipos de alta tensión y media tensión y el estado de los equipos y servicios auxiliares.

Los principales equipos utilizados en este tipo de mantenimientos son de termografía con el fin de realizar los ajustes preventivos (Mantenimientos Preventivos – Correctivos) y ubicar los puntos que no se encontrar operando adecuadamente.

Dentro de las aplicaciones de la Termografía se encuentra la inspección de sistemas eléctricos, detección de puntos calientes, falsos contactos, desbalance entre fases, inspección en sistemas mecánicos, inspección y monitoreo de procesos de producción, seccionadores, interruptores y demás procesos.

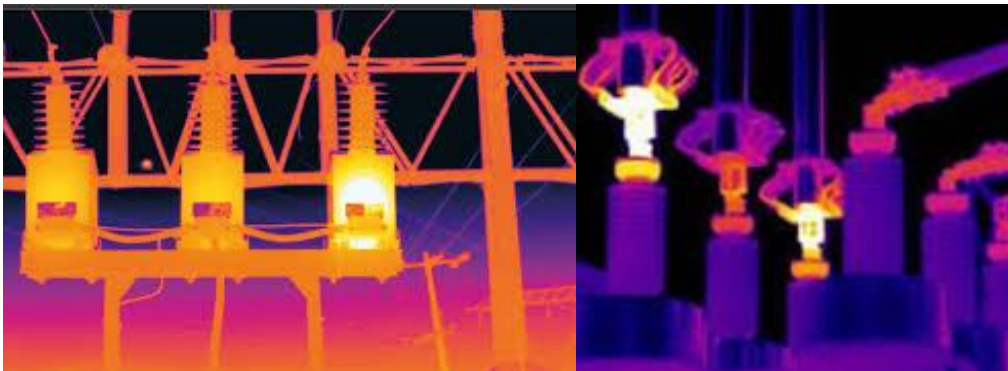


Figura 3-14 Imágenes de termografías a realizar en Subestaciones Eléctricas

Fuente: PSR4 SAS

3.2.2.3.5 Mantenimientos en la línea de AT 115 kV

Para los mantenimientos de la línea de AT 115 kV, basta con realizar inspecciones periódicas a los pozos de control, realizando las inspecciones en los empalmes y puntos de conexión, siempre y cuando los pozos de control lo permitan.

Para realizar estos mantenimientos también será necesario la utilización de tecnologías como la termografía, con el fin de detectar puntos calientes o falsos contactos y evitar el deterioro prematuro de los aislantes de los cables o posibles futuras fallas.

3.2.2.4 Desmantelamiento y cierre

La vida útil de la instalación se estima entre 20 a 25 años. Una vez finalizada la vida útil, se procederá al desmantelamiento y retirada de todos los equipos.

Durante esta etapa se realiza el proceso la desenergización de las instalaciones mediante la inhabilitación del paso de energía a todo el circuito entre módulos y la subestación de interconexión. Esta inhabilitación se realiza mediante el corte (puesta en “off”) de todos los interruptores de las instalaciones. Además de lo anterior, se requiere desconectar los módulos de la interfaz más próxima a cada uno de estos. La desconexión se realizará de acuerdo con el proceso y estándar de la empresa operadora.

Esta fase se caracteriza por:

3.2.2.4.1 Desmantelamiento de estructuras y obras

Cuando cesen las operaciones, todos los equipos utilizados en la operación del proyecto, tales como, contenedores, sistemas de almacenamiento de agua potable, etc., serán desmanteladas y retirados del lugar para su enajenación. Además, se realizará la disposición final y posterior reciclado de los módulos solares. Dicha actividad estará a cargo de la empresa que fabrica los módulos por lo que éstos serán devueltos al proveedor. Además, para el cierre y clausura de las instalaciones, se realizará un cierre de accesos al área del proyecto. Se generarán residuos sólidos provenientes del desmantelamiento de los equipos, dependiendo de las condiciones en que se encuentren estos serán vendidos para ser reutilizados o reciclados, todo el material de desecho será debidamente almacenado y dispuesto en un sitio de disposición final, según lo establecido por la norma.

3.2.2.4.2 Reconformación del terreno y limpieza

Se realizará un análisis de la zona ocupada para establecer si, debido a las actividades realizadas, existen áreas que requieran limpieza especial. Las obras de reconformación y de protección en la etapa de abandono, son todas aquellas que se realizan con el fin de mantener la estabilidad de las áreas intervenidas, protegerlas de procesos erosivos y mitigar los efectos constructivos y operativos de la planta y la línea de Alta Tensión - AT.

Solo en las partes de construcciones se procede a la restitución del suelo en la totalidad de la superficie afectada. En general durante la restitución topográfica se deberán obtener

superficies regularizadas, integradas en la medida de lo posible con las formas fisiográficas de los terrenos circundantes, adecuadamente uniformizadas y refinadas, eliminando aristas en las zonas de transición de talud y zonas llanas y entre taludes de distinta inclinación, suavizando pendientes y nivelando depresiones, caballones y otras irregularidades del terreno existente, hasta su correcta terminación. Se tendrá especial cuidado en la adaptación y ajuste fisiográfico adecuados en las zonas de contacto con el terreno natural.

3.2.3 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 3-15. Estos se presentan también en el Anexo 03. Diseños.

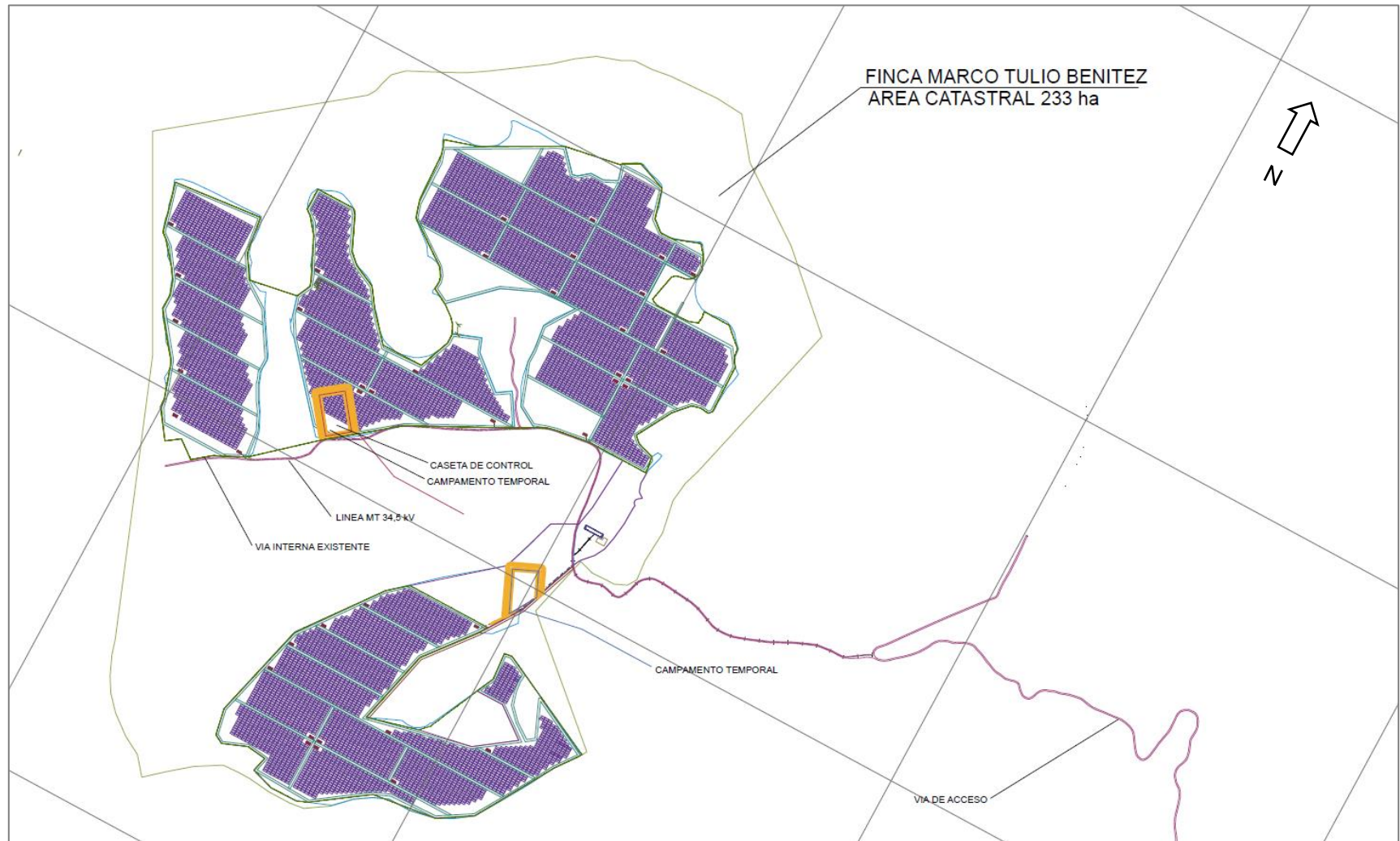


Figura 3-15 Distribución planta fotovoltaica PAIPA II – PSR 4
Fuente: PSR 4. 2018

3.2.4 Características técnicas

3.2.4.1 Adecuación y construcción

El proyecto no contempla la construcción de vías nuevas en el área externa a la zona de la planta. Se tiene contemplado la utilización de vías existentes de orden terciario y las cuales 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. En la Figura 3-16 y Tabla 3-5 se identifican las vías de acceso a utilizar por el proyecto.

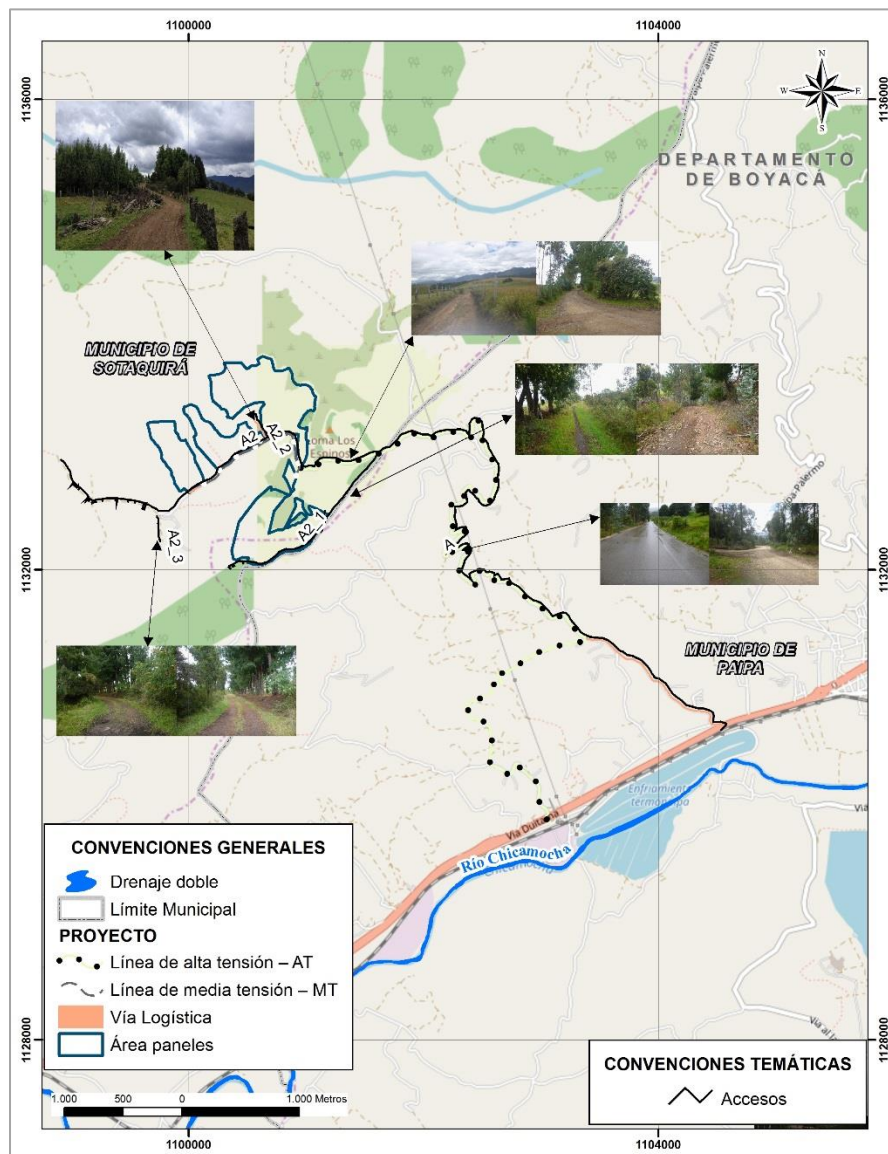






Figura 3-16 Identificación de vías de acceso al proyecto

Fuente: WSP. 2018

| Acceso | Longitud (km) | Tipo | Nombre | Código | Descripción | Fotografía |
|--------|---------------|------------|---|----------|--|--|
| A | 6,44 | Secundaria | Labania- Monterredondo- Carrizal- Termopaipa | D1576311 | <p>Vía secundaria en calzada sencilla con tramo inicial en pavimento asfáltico en buen estado, hasta K1+597, desde la vía primaria. En adelante vía en afirmado en buen estado, con curvas pronunciadas en algunos sectores. Buen estado, ancho de calzada promedio 7 m.</p> |  |
| A2 | 3,57 | Terciaria | N/A | N/A | <p>Vía en afirmado en regular estado, transitable en tiempo seco, ancho promedio de calzada de 6 m, algunos sectores presentan cuentas en tierra en mal estado</p> |  |

| Acceso | Longitud (km) | Tipo | Nombre | Código | Descripción | Fotografía |
|--------|---------------|-------------|--------|--------|---|--|
| A2_1 | 1,75 | Carreteable | N/A | N/A | Camino de herradura, no carreteable, poco transitado |  |
| A2_2 | 0,26 | Carreteable | N/A | N/A | Carreteable en terreno natural compactado, buen estado. Ancho promedio de 6 m |  |


| Acceso | Longitud (km) | Tipo | Nombre | Código | Descripción | Fotografía |
|--------|---------------|-------------|--------|--------|--|---|
| A2_3 | 0,27 | Carreteable | N/A | N/A | Carreteable en terreno natural, condición regular, poco transitado |  |

Tabla 3-5 Descripción de vías de acceso al proyecto

Fuente: WSP. 2018

3.2.4.1.1 Vías de acceso

Como acceso vial principal, se tiene contemplado la utilización de la vía Nacional 55 que comunica a los municipios de Tunja y Paipa. Es una vía en doble calzada y se encuentra pavimentada, en buenas condiciones de estado según refleja la visita de campo, ver Fotografía 3-1.



Fotografía 3-1 Vía Ruta Nacional Tunja – Paipa

Fuente: WSP. 2018

El Proyecto propone la utilización de la vía de acceso existente (Acceso A, ver Figura 3-16 y Tabla 3-5) como vía logística, la cual comunica la vía nacional con el predio donde se instalará la planta de generación de energía fotovoltaica. Es una vía de orden terciario, con una longitud aproximada de 6,44 km, con un ancho promedio de 5 m y contiene sectores pavimentados (Fotografía 3-2) y otros en material granular (Fotografía 3-3).



Fotografía 3-2 Vía logística – Sectores con Pavimento

Fuente: WSP. 2018



Fotografía 3-3 Vía logística – Sectores en afirmado

Fuente: WSP. 2018

Adicional a lo anterior, existe una vía de acceso que permite la movilidad en el predio privado perteneciente a los hermanos Benítez. Es una vía de orden terciario, y tiene unas condiciones de estado buenas en época seca debido a que el material que la conforma es granular. Tiene una longitud aproximada de 3,7 km y un ancho promedio de 4,0 m. Ver Fotografía 3-4



Fotografía 3-4 Vía de acceso al predio Hermanos Benítez

Fuente: WSP. 2018

Por otra parte, el Proyecto contará con una serie de vías de acceso internas, que servirán para la instalación y puesta en operación de la planta solar. El diseño contempla 17.024 m de vías de servicio, con un ancho tipo de 4 m (Figura 3-6) y estarán constituidas en material granular.

Con el fin de establecer de manera preliminar las condiciones de la vía de acceso al proyecto, se realizó un estudio de inspección visual el cual refleja la condición de algunos sitios críticos relacionados a sección de vía, radios de giro y estabilidad del suelo.

El estudio de caracterización de la vía de acceso fue realizado por la empresa CRANES AND PROJECTS JL S.A.S y hace parte de los anexos complementarios al presente EIA (Anexo 09 Informe Vial).

3.2.4.1.2 Infraestructura de generación de energía

El generador fotovoltaico está formado por un conjunto de módulos o paneles del mismo modelo conectados eléctricamente entre sí, encargados de transformar la energía del sol en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiancia solar que incide sobre ellos. Los paneles se conectan en serie; el número de éstos depende del rango de tensión de entrada admisible del inversor (ver Figura 3-17). Además, las series se conectan en paralelo, y el número de ramas en paralelo que se conectan a cada inversor dependen de la corriente máxima admisible por el mismo.

La energía del generador fotovoltaico precisa ser transformada en corriente alterna para acoplarse a la red. La corriente del generador se conduce al inversor, que la convierte en corriente alterna a la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica. La planta estará subdivida en varios subcampos y cada subcampo cuenta con su propia estación inversor-transformador (ver Figura 3-17).

Todas las estaciones inversor-transformador se conectarán a una o más subestaciones colectoras con el objetivo de fusionar las líneas de MT de los circuitos provenientes de las estaciones inversor-transformador en una sola línea de conducción de 34,5 kV sin transformar el voltaje. Esto reduce el diámetro del ducto y permite mayor maniobrabilidad en las actividades constructivas, reduciendo el riesgo de interacción con otras líneas de conducción. El circuito eléctrico desde la salida de las subestaciones colectores hasta la subestación elevadora se realiza mediante una línea aérea a la misma tensión de 34,5 kV. En la subestación elevadora se unificarán las líneas de MT (una por cada estación inversor-transformador) y se realizará la elevación a 115 kV y la medida de la energía generada. Además, de esta subestación sale la línea subterránea a Alta Tensión AT (de 115 kV) para evacuar la energía hacia la subestación Paipa operada.

Por ende, toda planta fotovoltaica se compone de los siguientes elementos:

| GENERADOR FOTOVOLTAICO | ACONDICIONAMIENTO DE POTENCIA | EVACUACIÓN DE ENERGÍA |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Paneles fotovoltaicos. • Estructura Soporte. • Cajas de distribución • Protecciones DC | <ul style="list-style-type: none"> • Inversores • Protecciones • Dispositivos de control • Monitorización | <ul style="list-style-type: none"> • Protecciones AC • Contadores de energía • Centros de transformación • Línea de Alta Tensión – AT • Conexión a la SE Paipa |

Tabla 3-6 Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a red

Fuente: PSR 4 SAS

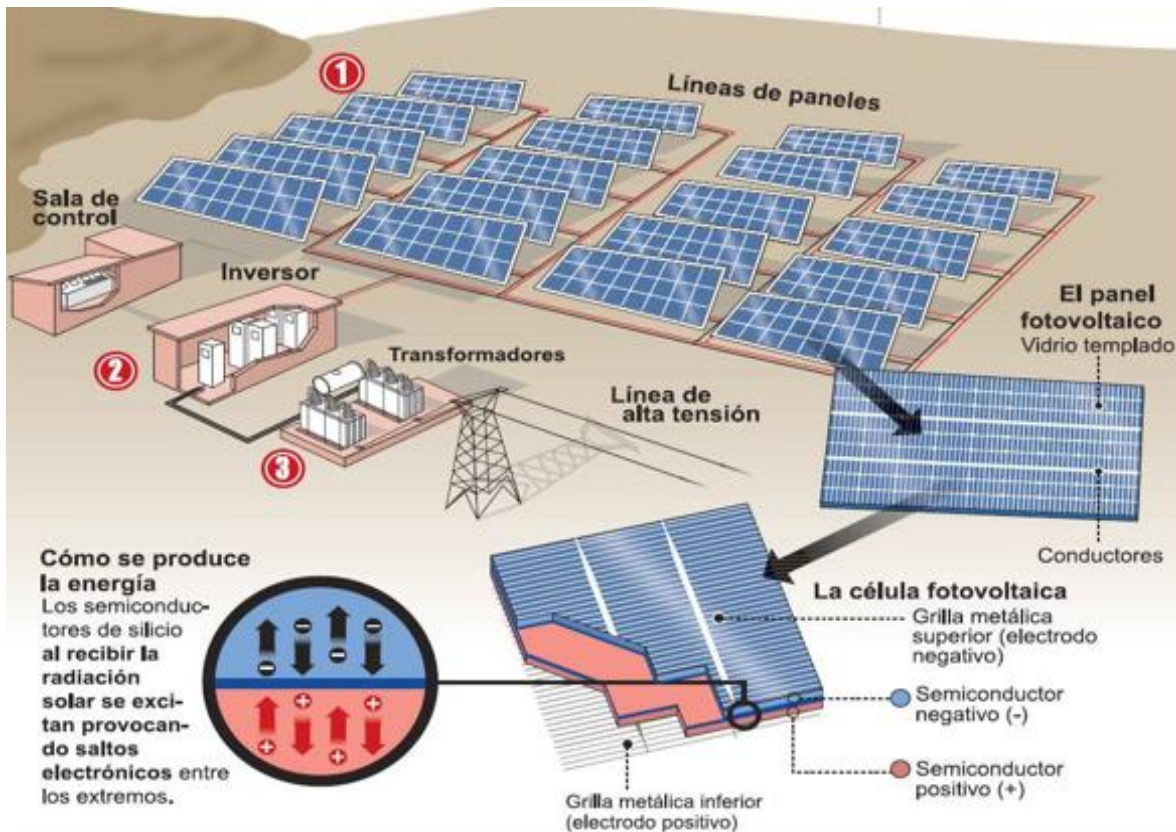


Figura 3-17 Componentes principales de una planta fotovoltaica a gran escala

Fuente: www.unesa.com

- **Estructura de soporte**

El diseño óptimo es colocar los módulos en modo de forma vertical (“portrait”) con 2 x 10 módulos en cada estructura. Una estructura forma una mesa. Los módulos se fijan a la estructura con abrazaderas de acero galvanizado. Las estructuras por utilizar habrán superado las pruebas de condición extrema y cumplirán con la norma ISO 14713 que establece una clase corrosiva C3.

La estructura está dimensionada de acuerdo con los análisis estáticos y dinámicos de acuerdo con el código de carga de viento para el diseño de edificaciones en Colombia. También se consideran los Eurocódigos en el dimensionamiento de la estructura. Se tienen en cuenta diferentes tipos de tensión, como momento de flexión, desgaste normal y fuerza del viento, ver Figura 3-18.

Se reserva la opción de instalar una estructura con seguimiento a un eje para optimizar el rendimiento de la planta por cada MW instalado.

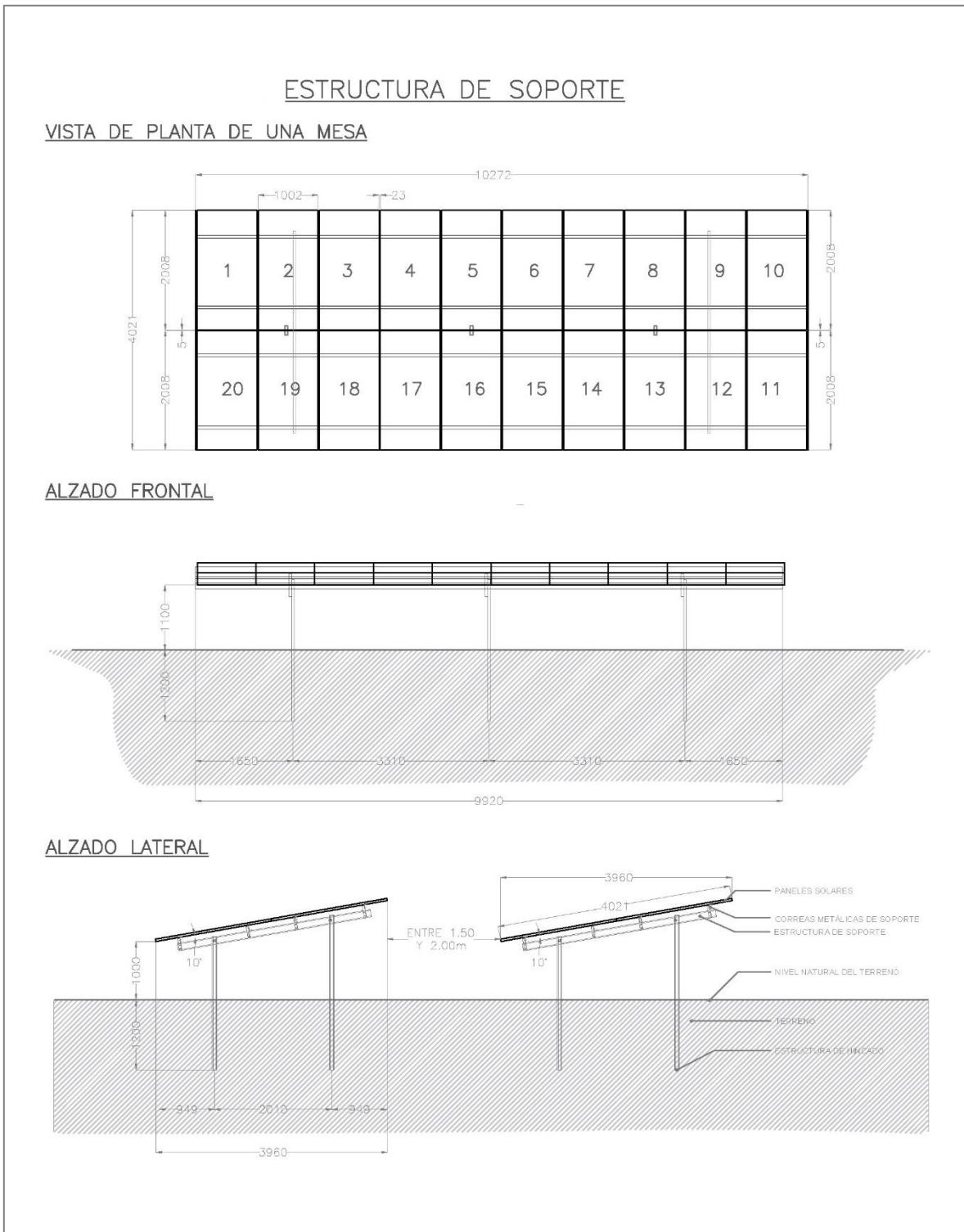


Figura 3-18 Ejemplo de estructura de soporte con dos módulos verticales (“portrait”)
 Fuente: PSR 4. 2018

- **Módulos fotovoltaicos**

En general, los módulos fotovoltaicos (FV) tienen las siguientes características:

- Eficiencia: módulos de tecnología cristalina, los más eficientes del mundo (mejor relación Wp/m²).
- Experiencia y garantías: La tecnología de silicio cristalina es reconocida y fiable ya que ha sido probada durante años, representando el 90 % del mercado mundial.
- Vida útil de los módulos FV y su rendimiento: Los fabricantes de módulos cristalinos garantizan una potencia de hasta el 80% durante 25 años. La vida útil de los módulos es típicamente superior a 30 años.
- Reciclaje de los módulos instalados al final de su vida útil: Las instalaciones puedan ser enteramente desmanteladas y recicladas. Los procesos ya existen en la actualidad en el mercado.

- **Número de unidades**

Se instalará una planta fotovoltaica con un total de aproximadamente 204.480 módulos fotovoltaicos de silicio policristalino o monocristalino. De acuerdo con la hoja de datos sólo se utilizarán los módulos con una tolerancia positiva. La tolerancia de potencia positiva es de 5 W que corresponde a 2 % de la capacidad inicial del módulo. Los módulos están certificados de acuerdo con IEC61215 y IEC61730. Además, el fabricante ofrece una garantía de producto de 10 años y una potencia de salida garantizada del 91,2 % de la potencia de salida mínima durante los primeros 10 años de operación y de 80,7 % en 25 años.

- **Datos técnicos del módulo**

La selección definitiva de los módulos se realizará al confeccionar el estudio de ejecución. Se presenta como ejemplo los datos técnicos de un módulo (modelo JKM400M-72H-V) con las características deseadas. Ver Tabla 3-7.

| Propiedades mecánicas | | |
|--|------------------------------------|-----------------|
| Longitud | 2.008 | mm |
| Ancho | 1002 | mm |
| Altura | 40 (incluyendo caja de conexiones) | mm |
| Peso | 22,5 | kg |
| Caja de conexión (grado de protección) | ≥ IP67 | - |
| Material de la célula | m-Si | - |
| Marco | de aluminio anodizado | - |
| Encapsulante (material) | Etileno acetato de vinilo (EVA) | - |
| Enchufe del conector | Amphenol UTX, IP68 | - |
| Cable (longitud / sección transversal) | 1.200 mm / 4 mm ² | - |
| Propiedades eléctricas | | |
| P _{máx} Potencia máxima | 400 | W |
| Tolerancias de potencia de salida | + 3 | % |
| Tensión de circuito abierto V _{oc} | 49,80 | V |
| Corriente de cortocircuito I _{sc} | 10,36 | A |
| Tensión en el punto de máxima potencia V _{mpp} | 41,70 | V |
| Corriente en el punto de máxima potencia I _{mpp} | 9,60 A | A |
| Eficiencia del módulo | ≥ 19,88 | % |
| Tensión máxima del sistema | 1500 | V _{DC} |
| Coefficientes de temperatura | | |
| Coefficiente de temperatura - voltaje circuito abierto β | - 0,28 | % / ° K |
| Coefficiente de temperatura - corriente de cortocircuito α | 0,048 | % / ° K |
| Coefficiente de temperatura – P _{máx} | -0,36 | % / ° K |

Tabla 3-7 Datos técnicos de los módulos

Fuente: PSR 4 SAS

• **Cableado de corriente continua (CC)**

De acuerdo con lo anterior, los cables de bajo voltaje (CC) de la instalación fotovoltaica deberán conectar lo siguiente:

- Módulos fotovoltaicos en serie
- Los módulos fotovoltaicos conectados en serie a las cajas de conexión FV (se colocan en rejillas metálicas en la estructura de soporte para su protección mecánica).
- Desde las cajas de conexión a las entradas de las estaciones inversor-transformador (directamente enterrados o puestos en conductos enterrados).

Las secciones de los cables de CC se calculan a fin de minimizar las pérdidas de potencia entre los módulos fotovoltaicos e inversores. Las corrientes eléctricas que fluyen en éstos se calculan sobre la base de las características del módulo FV, para una irradiación media de 1000 W/m².

Los cables del sistema de distribución solar se utilizan entre los módulos fotovoltaicos y las cajas de conexión fotovoltaica (FV). Estos cables están diseñados para minimizar las pérdidas y los costos y garantizar un funcionamiento óptimo incluso en altas temperaturas, son extremadamente robustos y resisten a la alta carga mecánica y a la abrasión. Las

características de resistencia ante altas temperaturas y una excelente impermeabilización proporcionan una larga vida útil.

Las cajas de conexión FV estarán situadas al norte de las hileras de módulos fotovoltaicos con el fin de beneficiarse de las sombras de las estructuras, y contarán con un mínimo grado de protección IP 54.

Cada caja de conexión está equipada con un dispositivo de protección contra sobretensiones en los tres puntos de conexión (+, - y tierra), protegiendo a su vez a los módulos FV contra sobretensión atmosférica.

Las cajas de conexión FV están diseñadas para facilitar las operaciones de mantenimiento.

• Estaciones Inversor-Transformador

El diseño de proyecto divide la planta en sub-sistemas fotovoltaicos, cada uno compuesto por un generador fotovoltaico a una estación Inversor-Transformador. Ver Figura 3-19. Durante la fase de la ingeniería a detalle también se podrá tomar en consideración la opción de aplicar inversores a cadenas que se instalan directamente a la estructura de soporte o debajo de ella sin la necesidad de construir una caseta para el inversor.

Las principales funciones de la estación de inversor y transformador son:

- Convertir la energía de baja tensión de corriente continua (CC) del generador fotovoltaico a una energía de corriente alterna (CA) de baja tensión.
- Elevar el voltaje de baja tensión de CA a un voltaje medio para su transmisión.

Aparte del alto grado de fiabilidad y rendimiento los componentes antes mencionados son de materiales industriales estandarizados cuya disponibilidad de piezas de repuesto es garantizado.

Los Inversores están equipados con un módulo de MPPT (Maximum Power Point Tracker) que mide y ajusta el punto de potencia al máximo de los generadores fotovoltaicos (con base en las curvas de módulos I-V)

Las características de los transformadores de tres devanados para convertir la tensión alterna de baja tensión generada por los inversores a un nivel de voltaje medio compatible con la tensión de la línea eléctrica de Alta Tensión - AT en el punto de conexión

El equipo auxiliar requerido para el funcionamiento de las estaciones Inversor-Transformador se alimenta desde un panel de distribución (baja tensión, LV) de potencia. Se utilizarán en total 36 estaciones inversor-transformador que se instalarán al aire libre.

La selección definitiva de las estaciones inversor-transformador se realizará al confeccionar el estudio de ejecución. Se presenta como ejemplo los datos técnicos de una estación de ABB (modelo PVS800-MWS-2000kW-C) con las características deseadas:

| Entrada (DC) | ABB |
|---|---------------------|
| | PVS800-MWS-2000kW-C |
| | Al aire libre |
| Max. Alimentación de CC (con $\cos \varphi = 1$) | 2.400 kWp |
| Max. Tensión de entrada | 1.100 V |
| Rango de tensión MPP | 600 V a 850 V |
| Tensión nominal de entrada | 449 V |
| Max. Corriente de entrada | 2 x 1.710 A |
| Número de entradas de CC | 2 x 8 ... 10 |
| Lado de media tensión (AC) de salida | |
| Potencia de salida nominal | 2.000 kVA |
| Potencia de salida máxima | 2.400 kVA |
| Tensión nominal de CA | 6 kV ... 36 kV |
| Frecuencia de alimentación de CA | 50/60 Hz |
| Max. Total de las distorsiones armónicas | < 3% |
| Eficiencia del inversor | |
| Max. eficiencia | 98,80% |
| Rendimiento europeo | 98,60% |

Tabla 3-8 Datos técnicos del conjunto inversor - transformador

Fuente: PSR 4 SAS



Figura 3-19 Modelo de la estación inversor-transformador

Fuente: ABB

- **Subestación Colectora**

El objetivo de las subestaciones colectoras es fusionar las líneas de MT de las estaciones inversor-transformador en una sola línea de conducción de 34,5 kV. Esto reduce el diámetro del ducto y permite mayor maniobrabilidad en las actividades constructivas.



Figura 3-20 Modelo de una subestación colectora

Fuente: PSR 4 SAS

- **Subestación elevadora**

El objetivo es conectar la planta fotovoltaica a través de la línea de evacuación al punto de conexión, dado en la subestación Paipa. Sus funciones principales son:

- Interconectar las subestaciones colectoras de MT (34,5 kV) a la Subestación Elevadora.
- Elevar, por medio de un transformador, el nivel de tensión de 34,5 kV a 115 kV.
- Conectar con la línea subterránea de evacuación de 115 kV.
- Medir la energía generada.
- Proporcionar un centro de control para la gestión de la red de la planta fotovoltaica.

Los equipos provistos deben proveer seguridad en todas las condiciones de operación normales y anormales que puedan implicar un peligro para el personal y/o daños a la instalación fotovoltaica, equipos, cableado, etc.

Todos los equipos provistos para este proyecto deberán superar las pruebas pertinentes, sustentadas en un procedimiento de pruebas aprobado por las partes o realizadas por una autoridad independiente, de conformidad con las normas nacionales y/o internacionales pertinentes.

- **Cableado AC**

El cable de corriente alterna de baja tensión se utilizan para:

- Alimentar los servicios auxiliares;
Conectar las salidas de las cajas de distribución con las estaciones inversor-transformador (directamente enterrados o puestos en conductos enterrados).

El cable de corriente alterna de media tensión se utilizan para:

- Conectar las estaciones inversor-transformador con las subestaciones colectoras (directamente enterrados o puestos en conductos enterrados);
- Conectar las subestaciones colectoras con la subestación elevadora (en líneas aéreas);
- Conectar la subestación elevadora con el punto de conexión en la subestación Paipa (puestos en conductos enterrados).

- **Sistema de Monitoreo**

Todos los parámetros relacionados con la operación de la planta serán centralizados por un sistema de almacenamiento/trasmisión de datos. Así, el análisis del funcionamiento se puede hacer de forma remota o local de acuerdo con los requerimientos operativos de la instalación fotovoltaica.

Los puntos de medición dentro de los Inversores permiten al operador recopilar datos en tiempo real sobre el generador y facilitar el mantenimiento. Los equipos incluyen un sistema de recuperación de datos que registra la evolución de los parámetros de funcionamiento medidos por los inversores, a los cuales se puede acceder de forma local o remota con un computador.

Se realiza un seguimiento de dos tipos de datos:

- Aquellos relacionados con la gestión de la producción (históricos).
- Aquellos que facilitan el mantenimiento (datos en tiempos reales e históricos de mal funcionamiento).

Los datos en tiempos reales o almacenados estarán disponibles local o remotamente a través de la conexión de un módem integrado. El sistema de adquisición de datos estará provisto de un software que permite la transferencia a un PC y el análisis de todos los datos recopilados.

Los datos recopilados permiten monitorear, entre otros, lo siguiente:

- Energía, potencia eléctrica, voltaje y frecuencia de salida de cada Inversor.
- Energía, potencia eléctrica y entrada de tensión a cada Inversor.
- Energía potencial y real producida.
- La irradiación solar en Wh/m² y la temperatura de los módulos fotovoltaicos;
- Alarmas de seguridad.

A través de una plataforma SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos, SCADA por sus siglas en inglés Supervisory, Control And Data Acquisition), se garantiza al operador la gestión remota de la planta FV. Este sistema permite que los datos generados sean inmediatamente compilados y procesados en informes y cuadros de fácil análisis.

- **Estación meteorológica**

Para evaluar el rendimiento del equipo se mide la radiación solar y los datos meteorológicos a través de una estación meteorológica.

La estación meteorológica se compone de:

- Anemómetro;
- Sistema de medición de precipitación;
- Termómetro de temperatura ambiente del aire;
- Sistema de medición de la humedad del aire;
- Piranómetro.

- **Sistema SAI**

Se requiere de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) en las estaciones Inversor-Transformador para niveles críticos de operación de los equipos que requieren un respaldo de emergencia. El sistema SAI instalado tendrá las dimensiones necesarias para permitir el reinicio de la instalación después de 4 horas de interrupción del suministro eléctrico.

Los sistemas que pueden requerir un respaldo de energía SAI son:

- Sistemas de seguridad y circuito cerrado de televisión en la instalación fotovoltaica
- Control de acceso
- Sistema SCADA
- Sistema de telecomunicaciones

Los paneles son instalados sobre estructuras metálicas de acero inoxidable al igual que todos los accesorios de tornillería, los soportes son hincados a la superficie con una profundidad entre 100 y 150 centímetros bajo tierra según le tipo de suelo, y a cierta distancia de forma que se evite las sombras entre ellos.

Sobre la estructura de soporte, los módulos están conectados eléctricamente entre sí, generando una corriente continua proporcional a la irradiancia solar que incide sobre ellos. Sin embargo, no es posible inyectar directamente la energía del generador fotovoltaico en la red eléctrica precisando ser transformada en corriente alterna para acoplarse a la misma.

Las casetas de inversores son de bloque de hormigón y se apoyarán en una placa de concreto reforzado a modo de cimentación. Los inversores se instalan de forma modular, ya que en el caso de fallar un inversor el resto pueden seguir funcionando.

La electricidad se produce a baja tensión. Para inyectarla a la red, es necesario elevar la tensión a media o alta tensión, según los requerimientos de la compañía eléctrica. Por este motivo es necesario incorporar un transformador al sistema.

3.2.4.1.3 Subestación elevadora

Se considera la construcción de una subestación eléctrica principal dentro del área del proyecto para la instalación de producción, cuyo objeto es tomar la energía proveniente del parque fotovoltaico en niveles de tensión de 34.5 kV (media tensión) y elevarla mediante transformador de potencia a un nivel de voltaje de 115 kV adecuado para transmisión y posterior conexión. Para la Subestación se estima una superficie aproximada de 76,8 metros de largo por 54,55 metros de ancho, cubriendo una superficie aproximada de 4190 metros cuadrados.

Se llevará a cabo la realización de un estudio de ejecución incluyendo la ingeniería al detalle de la subestación. Los trabajos previos a la construcción de la subestación corresponderán al montaje de las instalaciones temporales, señalización temporal y la implementación del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Dentro de las primeras actividades que se realizarán, se encuentra el acondicionamiento de las vías principales. Una vez terminadas las actividades relacionadas con los accesos, se procederá al acondicionamiento del terreno donde se ubicará la subestación eléctrica, esto consiste en la nivelación del terreno por medio del retiro de la capa vegetal y únicamente en el lugar donde se requiera el movimiento de tierra se realizará la remoción de la superficie. El material que se extrae de esta remoción podrá ser utilizado en otros sitios en donde sea necesario el relleno y compactación de este tipo de tierras para lograr la nivelación necesaria del terreno. Es importante aclarar que el movimiento de tierras estará condicionado por las características del terreno y las recomendaciones del estudio topográfico previamente realizado.

Luego de la nivelación del terreno en el sector de la plataforma de la Subestación transformadora, se procederá con las siguientes actividades:

- Instalación de cercos perimetrales provisorios en el sector de la Subestación Transformadora.
- Excavaciones y construcción de fundaciones en hormigón armado para equipos principales de la Subestación.
- Construcción e instalación de la caseta de Control de la Subestación.
- Apertura de zanjas para la instalación de Malla de Puesta a Tierra, canalizaciones y ductos.
- Instalación del vallado o cerramiento perimetral permanente

Los montajes electromecánicos se realizarán en una sola fase y se efectuarán de la siguiente manera:

- Montaje de estructuras metálicas para el soporte de equipos y conductores desnudos de Alta Tensión.
- Montaje de equipos de Alta y Media Tensión.
- Montaje de herrajería y aisladores para conductores desnudos de alta tensión.
- Tendido, engrampado y conexionado de conductores de alta tensión.
- Montaje de equipos de control, protección, comunicaciones y de servicios auxiliares.

- Tendido y conexionado de conductores de control y fuerza en baja tensión.

| SUPERFICIE | |
|-------------|----------|
| SUBESTACIÓN | SUELO 1 |
| 0.419 ha | 0.930 ha |

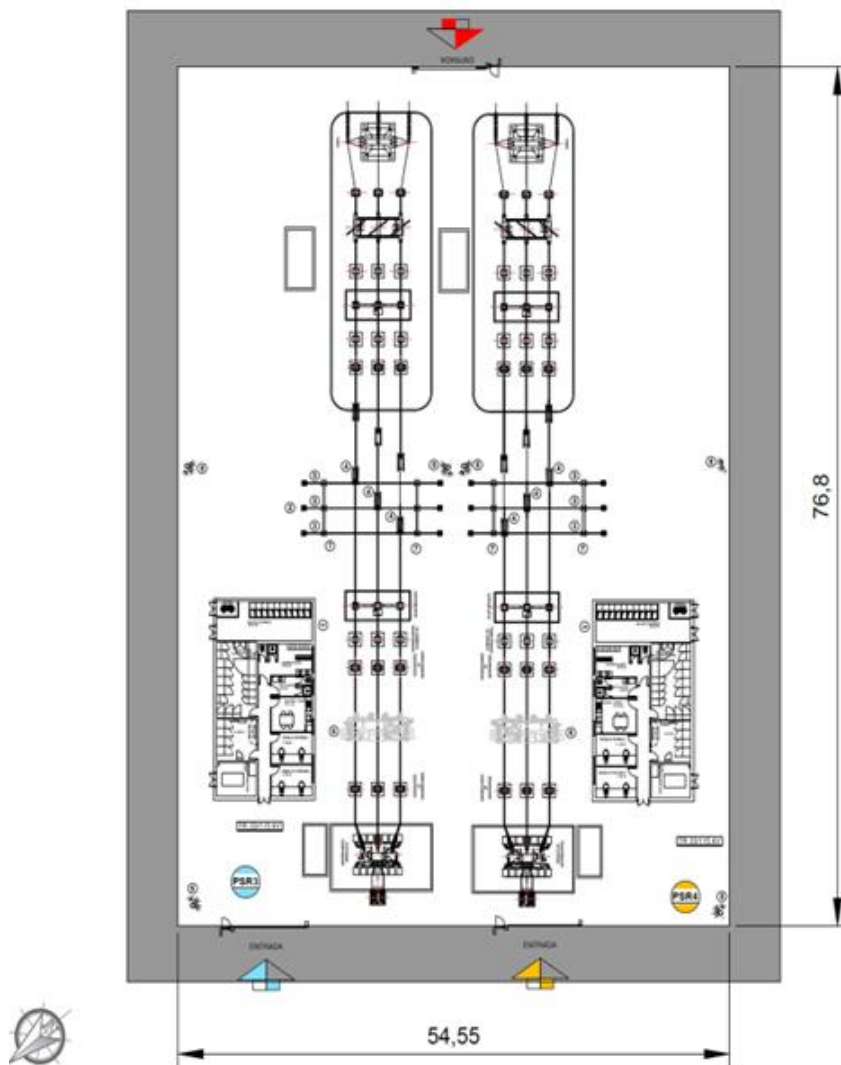


Figura 3-21 Subestación 34.5/115 kV

Fuente: PSR 4 SAS

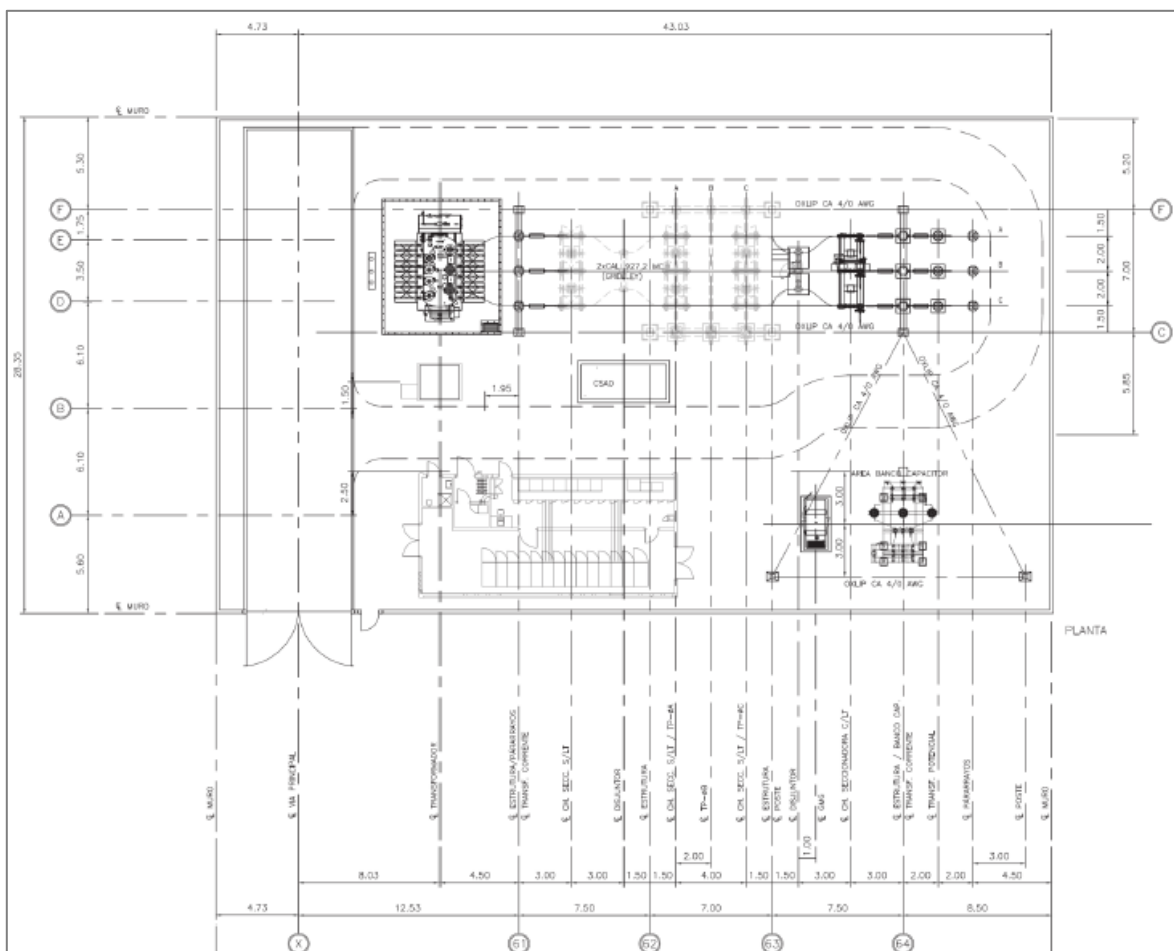


Figura 3-22 Vista en planta tipo de la subestación eléctrica 34.5/115 kV

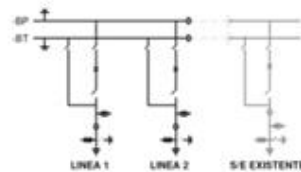
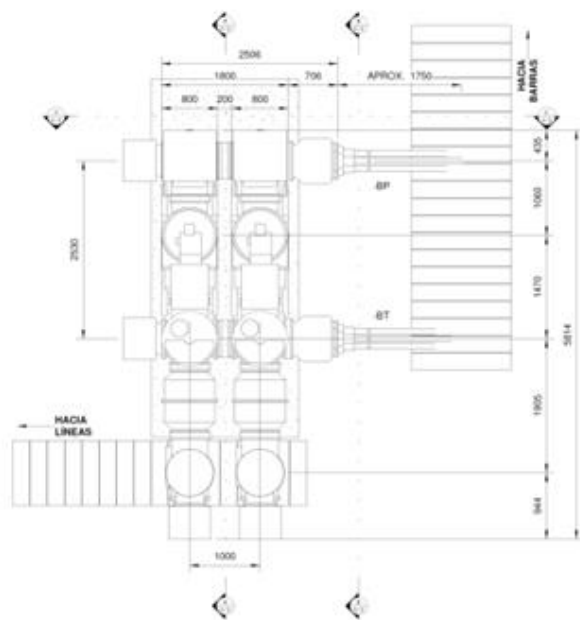
Fuente: <http://www.tuveras.com/lineas/lineas.htm>

La llegada a la subestación de Paipa (Figura 3-24) se realizará mediante un interruptor aislado en gas GIS (por su sigla en inglés Gas Insulated Switchgear), dispositivo que se muestra en la Figura 3-25.



Figura 3-24 Localización general GIS en la subestación Paipa
Fuente: EBSA

| CONTINGENCIA OPERATIVA CLAVE SEGUN LA 02 00071.2 | | | | |
|--|-------------|-----------|---------|----------|
| NO. DE CONTINGENCIA | DESCRIPCION | SEVERIDAD | IMPACTO | ACCIONES |
| 1 | ... | ... | ... | ... |



PROYECTO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PAIPA II

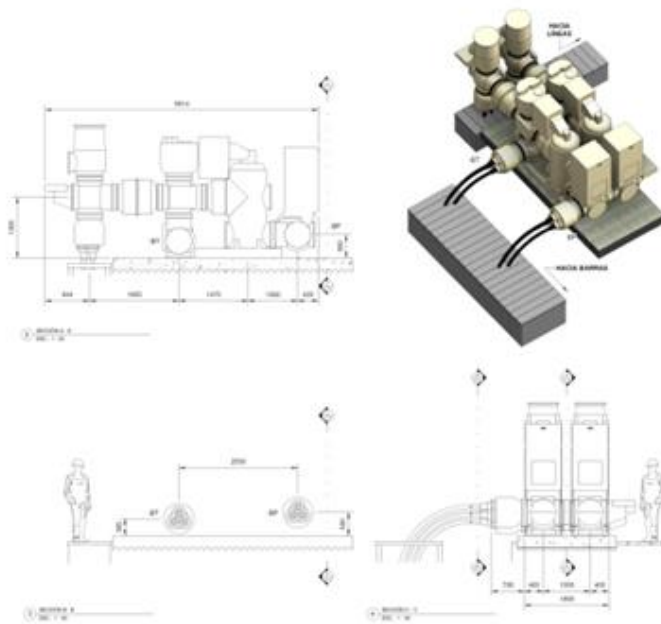


Figura 3-25 Interruptor con aislamiento de gas

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.1.4 Línea de evacuación a alta tensión AT

Para la evacuación de energía generada durante la etapa de operación del proyecto está considerada la construcción de una línea de Alta Tensión de 115 kV soterrada al costado de la vía terciaria existente en el área de influencia. Ver Figura 3-3. Las características técnicas de la línea soterrada son las siguientes:

- Longitud línea AT: 8,8 km
- Ancho de la zanja: +/- 0,65 m
- Profundidad zanja: +/- 1,30 m

Se considera la construcción de las canalizaciones mediante tubos de PVC tipo pesado, y serán de tipo recto, Los empalmes se realizarán mediante manguitos, que garantice su estanqueidad, para evitar la entrada de hormigón en su interior. La separación mínima de los tubos de los cables de alta tensión será de 50 mm.

En la Figura 3-26 se presenta una sección tipo de una zanja para soterrar la línea de transmisión de energía asociada al proyecto.

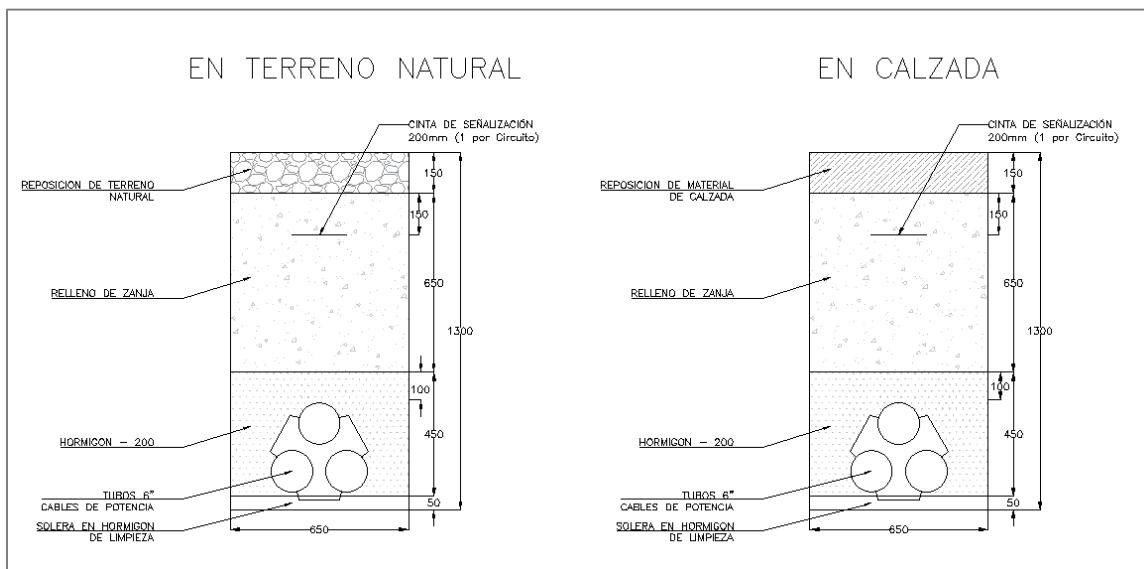


Figura 3-26 Sección tipo de línea de alta tensión AT

Fuente: PSR4 SAS

Se tendrá especial cuidado en evitar el “serpenteo” de los tubos tanto horizontal como verticalmente. Si fuera necesario la ejecución de un ángulo de 90° se ejecutará una arqueta en ángulo. El radio de curvatura mínimo del cable es aproximadamente 1.200 milímetros para confirmar por el fabricante del cable de alta tensión.

Antes de la colocación del banco de tubos se ejecutará una solera de hormigón de limpieza de unos 5 centímetros de espesor aproximadamente, en el fondo de la zanja, dejando

empotrada la parte inferior de los separadores. Una vez colocados los separadores y los tubos de cables de alta tensión se procede al vertido y vibrado del hormigón.

La cinta de señalización debe ser de polietileno reticulado, PVC plastificado u otros materiales con características similares color amarillo, con palabras negras CABLES ELÉCTRICOS repetidos para toda la longitud, soldados térmicamente a una segunda película en polipropileno transparente para proteger la escritura. La escritura anterior debe estar intercalada con un espacio de aproximadamente 150 mm, dentro de la cual se insertará el nombre del fabricante o la marca comercial.

3.2.4.1.5 Cables Subterráneos

Como se mencionó anteriormente, con la finalidad de intervenir la menor área posible con el trazado de la línea, la mejor opción fue, realizar el diseño de la línea de AT subterráneo.

Para la construcción de la línea de transmisión se realizará lo siguiente:

- Localización y demarcación de puntos y áreas de trabajo.
- Localización y habilitación de accesos y vías de servicio.
- Excavación e instalación del conducto.
- Instalación de puesta a tierra.
- Relleno de concreto, arena y tierra.

La siguiente imagen muestra la sección indicativa del cable a utilizar. Teniendo en cuenta la potencia de las plantas de generación y la distancia respectiva de la subestación eléctrica Paipa, se utilizará la sección mínima igual a 750 Kcmil, obteniendo una caída de voltaje muy baja, aproximadamente entre 0.41% y 0.46%.



Construcción

- Conductor de cobre suave (o aluminio) cableado, con bloqueo contra migración de humedad.
- Blindaje en Polietileno Reticulado semiconductor (supersmooth).
- Aislamiento en Polietileno Reticulado XLPE (extra-clean).
- Blindaje del aislamiento en Polietileno Reticulado semiconductor adherido al aislamiento.
- Pantalla en hilos (PH) más cinta de cobre (PC), apta para manejar corrientes de corto circuito.
- Cinta de aluminio recubierta de Copolímero.
- Chaqueta en Polietileno (PE), resistente a la abrasión, al calor y la humedad.

Características

Temperatura de operación: 90°C.
 Tensión de operación: 115kV.
 Chaqueta tipo barrera contra humedad.
 El espesor de aislamiento está determinado por el máximo esfuerzo eléctrico.

Aplicaciones

Los cables monopolares para 115kV **CENTELSA** son usados en distribución y transmisión de energía eléctrica en alta tensión y en instalación subterránea.

Especificaciones

Los cables monopolares para 115kV **CENTELSA** cumplen con las normas IEC 60840 e ICEA S-108-720.

Figura 3-27 Cables para AT.
 Fuente CENTELSA

115kV 90°C Cables Monopolares 115kV

| Cable Monopolar para 115kV 90°C Espesor de Aislamiento según Gradiente de Tensión | | | | | |
|---|----------|----------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| 1. Conductor | | 3. Aislamiento | 6. Chaqueta | Diámetro Exterior | Peso Total Aproximado |
| Calibre | Diámetro | Diámetro | Espesor | | Cobre |
| AWG/kcmil | mm | mm | mm | mm | kg/km |
| 750 | 23,1 | 61,2 | 3,81 | 76,3 | 7527 |
| 1000 | 26,68 | 63,1 | 3,81 | 78,1 | 8775 |
| 1250 | 31,76 | 65,2 | 3,81 | 80,3 | 9903 |
| 1500 | 34,81 | 67,3 | 3,81 | 82,4 | 11170 |
| 2000 | 40,20 | 71,5 | 3,81 | 86,6 | 13706 |

Notas:
 Los datos aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de fabricación y pueden ser cambiados sin previo aviso.
 Otras configuraciones y calibres no especificados en este catálogo están disponibles bajo pedido.

Figura 3-28 Características técnicas Cables para AT.
 Fuente CENTELSA

Para la construcción de la línea de transmisión de AT, se utilizarán tubos de PVC o PE, estos deberán cumplir con los requerimientos de características como la resistencia al aplastamiento, deben ser tipo pesado y ser aptos para la conducción de cable mínimo de 750 AWG.

Estos ductos podrán ser:

- PVC rígido y liso (en Tubo);
- PE. rígido corrugado (en Tubo);
- Doblado corrugado en PE (en rollos).

Los tubos corrugados deben tener una superficie interna lisa. En la Figura 3-29 se muestran los tipos mencionados anteriormente. Las tuberías rígidas deben usarse normalmente en elementos rectos.

La unión entre 2 tubos corrugados debe realizarse con los accesorios adecuados suministrados por el fabricante, normalmente deben usarse tubos con un diámetro nominal de 160 mm.

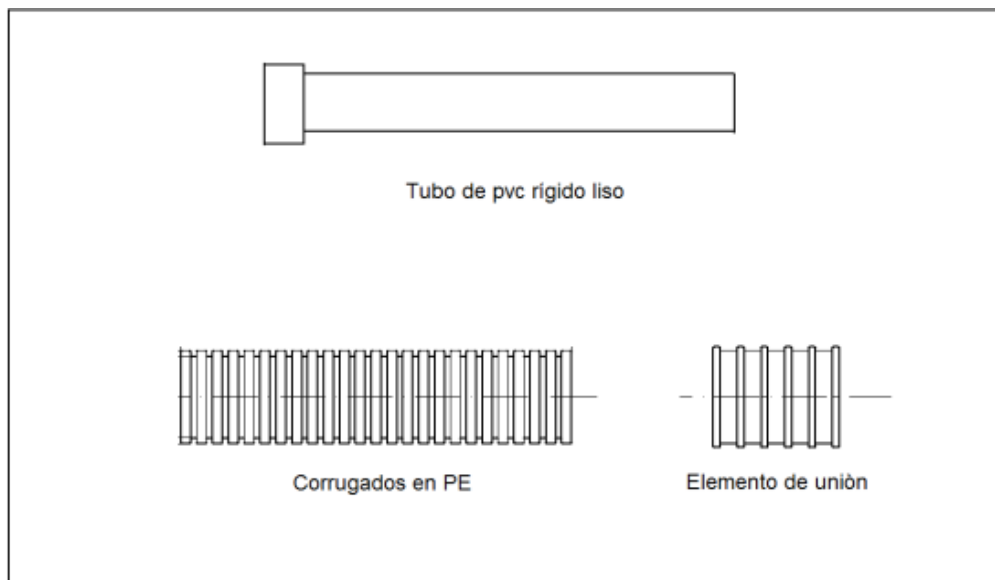


Figura 3-29 Tubería de plástico y accesorios

Fuente: PSR 4 SAS

El trazado de la línea de transmisión se ha realizado en conformidad con lo que dicta la legislación colombiana.

Al definir el trazado de la línea se adoptaron los siguientes criterios:

- Limitar al máximo la ocupación de la vía, y no exceder ciertos límites de conveniencia económica y técnica;

- Mantener la ruta del cable tanto como sea posible en las carreteras existentes, teniendo en cuenta las futuras transformaciones y expansiones urbanas;
- Adoptar las distancias mínimas requeridas por la legislación vigente para la construcción de este tipo de líneas de transmisión;
- Minimizar al máximo la interferencia o daño con cualquier área de valor natural, escénico y arqueológico.

3.2.4.1.6 Cruces con la línea AT

Cruce de servicios de alcantarillado

Para cumplir con las reglas de las buenas prácticas y técnicas de trabajo, se debe asegurar que los cables se puedan quitar y volver a ubicar, utilizando tubos de protección de diámetro y características apropiadas, dispuestos de manera que se evite el sedimento que puedan obstruirlos, para esto se tendrán en cuenta lo siguiente:

- Elegir los diámetros de las tuberías que cumplan con las características y normas aplicables.
- Usar únicamente cables con aislamiento doble y diseñados para este tipo de instalaciones.
- La disposición más confiable es colocar en cemento o tubos de plástico tipo pesado, en donde sea posible.
- Durante la construcción, proporcionar un poco de tubería adicional más para futuras extensiones, o ductos de reserva.

Cruces de los cables de AT de 115 kV con otros ductos

- **Cruces entre cables de energía y cables de telecomunicaciones**

Cuando ambos cables están directamente enterrados, se deben cumplir los siguientes requisitos (ver, Figura 3-31):

- El cable de alimentación debe, por regla general, estar ubicado debajo del cable de telecomunicación;
- La distancia entre los dos cables no debe ser inferior a 0,30 m;
- El cable colocado arriba debe estar protegido, por una longitud no inferior a 1 m, con una protección mecánica adecuada que debe estar dispuesta simétricamente con respecto al otro cable. Si, por razones técnicas, la distancia mínima indicada anteriormente no se puede respetar, la protección anterior debe aplicarse en ambos cables.

La protección mecánica mencionada anteriormente debe consistir en cubrimientos (cajas o tubos), preferiblemente de acero galvanizado en caliente o acero inoxidable, con paredes de un espesor de no menos de 2 mm. Se permiten diferentes envoltorios de protección siempre que tengan una resistencia mecánica adecuada y estén protegidos contra la corrosión cuando el material del que están hechos lo haga necesario.

Cuando al menos uno de los cables se coloca dentro de las estructuras de cubrimientos (tuberías, túneles, etc.) que protegen el cable y permiten su instalación y mantenimiento sin la necesidad de excavar, no es necesario observar las prescripciones anteriores.

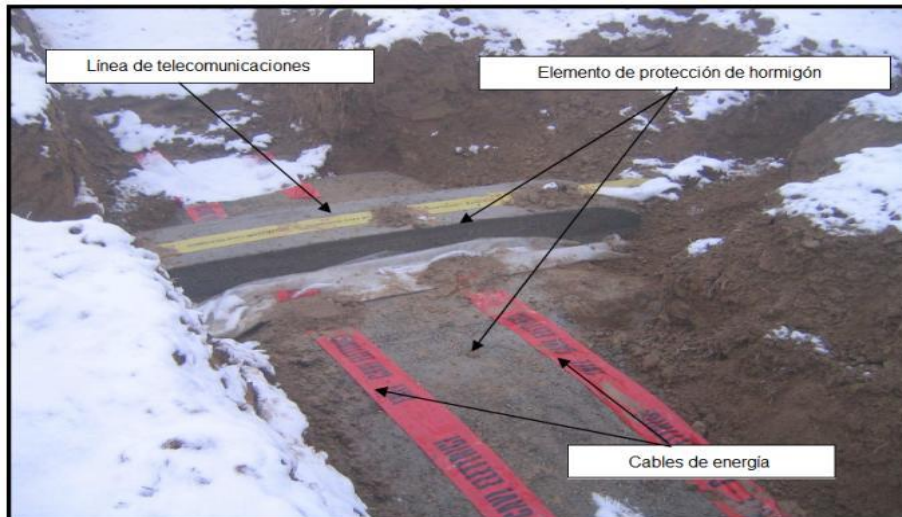


Figura 3-30 Ejemplo de cruce de conductos de cables de AT y líneas de telecomunicaciones (TT)

Fuente: PSR 4 SAS

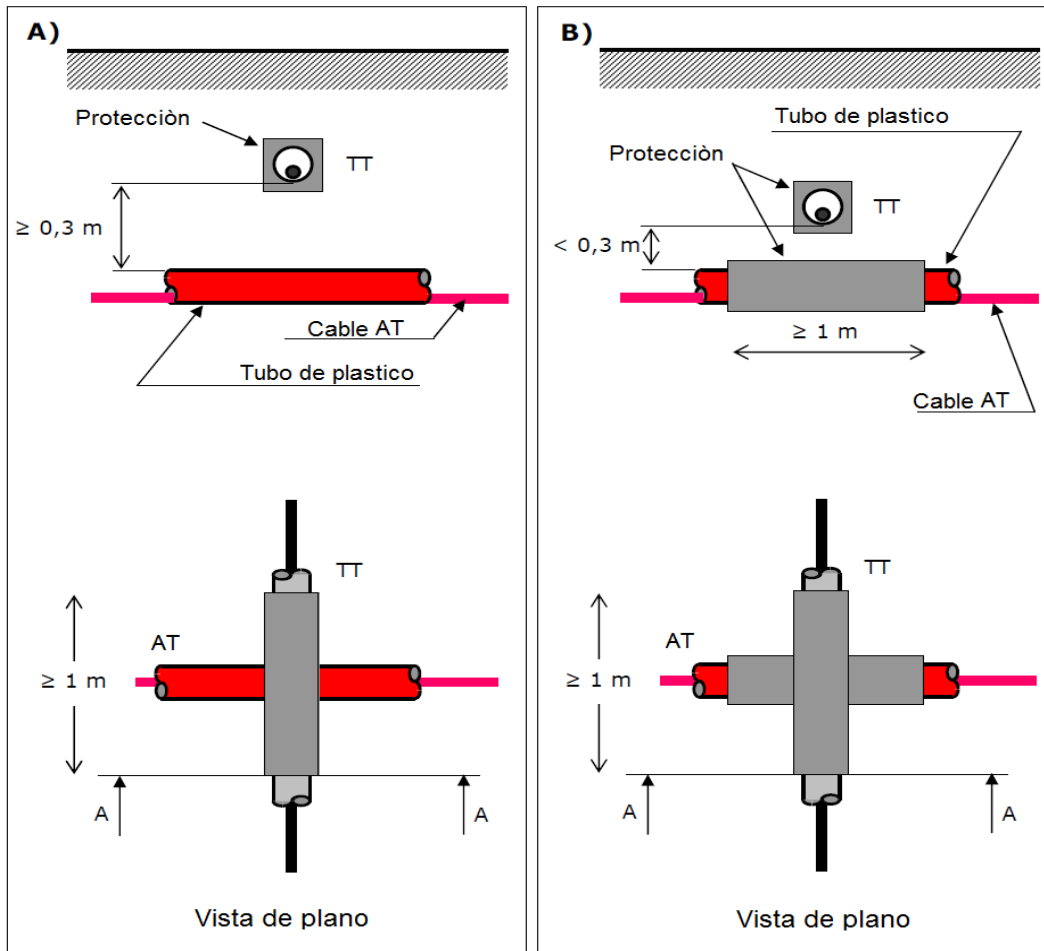


Figura 3-31 Cruce de conductos de cables de AT y líneas de telecomunicaciones (TT)

- **Cruces entre cables de energía y tuberías metálicas, subterráneos**

La intersección entre los cables de energía y las tuberías de metal utilizadas para el transporte y la distribución de fluidos (acueductos, oleoductos y similares) o servicios neumáticos de aire no debe realizarse en la proyección vertical de uniones no soldadas de las tuberías de metal. No debe tener juntas en los cables de energía a una distancia de 1 m del punto de cruce, a menos que se implementen las medidas que se describen a continuación.

Si la distancia mínima medida entre las superficies externas de los cables de energía y las tuberías de metal o entre las estructuras de protección, es superior a 0,50 m. Esta distancia puede reducirse a un mínimo de 0,30 m, cuando una de las estructuras de cruce está contenida en un artículo de protección no metálico, prolongada durante al menos 0,30 m por lado con respecto al tamaño total del otra estructura o cuando un elemento separador no metálico (por ejemplo, losas de hormigón o material aislante rígido) se interpone entre las estructuras de intersección; este elemento debe poder cubrir, además de la superficie superpuesta de las estructuras de intersección, la de una franja de aproximadamente de 0,30 m de ancho que es contigua a ella.

Las distancias indicadas anteriormente se pueden reducir aún más, teniendo en cuenta los acuerdos entre las Entidades de Propiedad, dueñas o las Concesiones, y si ambas obras están contenidas en elementos de protección no metálicos.

Si no es posible mantener el cruce a una distancia igual o mayor a 1 m desde la unión de un cable o en las secciones que preceden o siguen inmediatamente los cruces realizados en ángulos inferiores a 60 ° y para los cuales Es posible observar puntualmente las prescripciones en los "paralelos" mencionados en el siguiente punto.

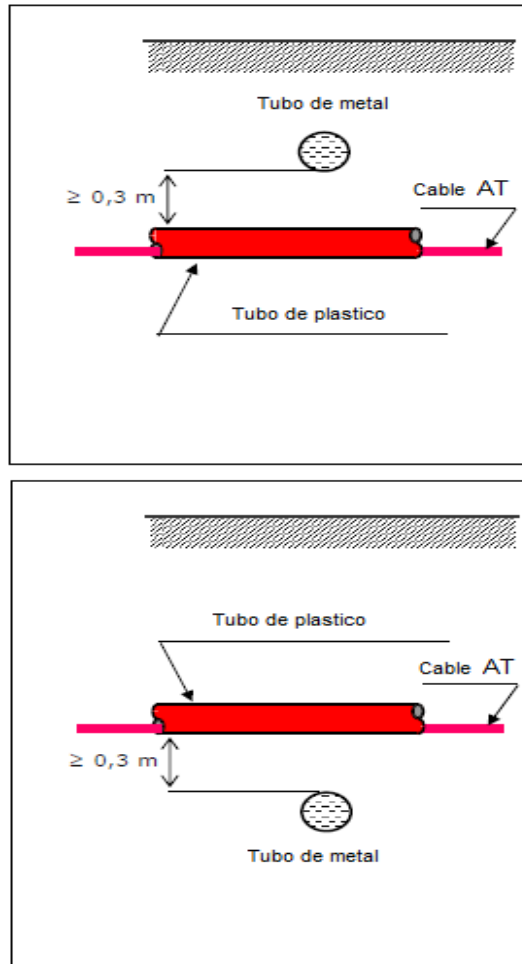


Figura 3-32 Cruce de conductos de cables de AT y tuberías metálicas.

- **Cruces entre cables de energía de AT y los ductos de gas de metano**

Debe tenerse en cuenta que, en general, las tuberías utilizadas en la distribución de la ciudad son <5 bar: los requisitos para estas categorías de tuberías son muy generales y se limitan a mantener una distancia que permita cualquier intervención de Mantenimiento en ambos servicios subterráneos.

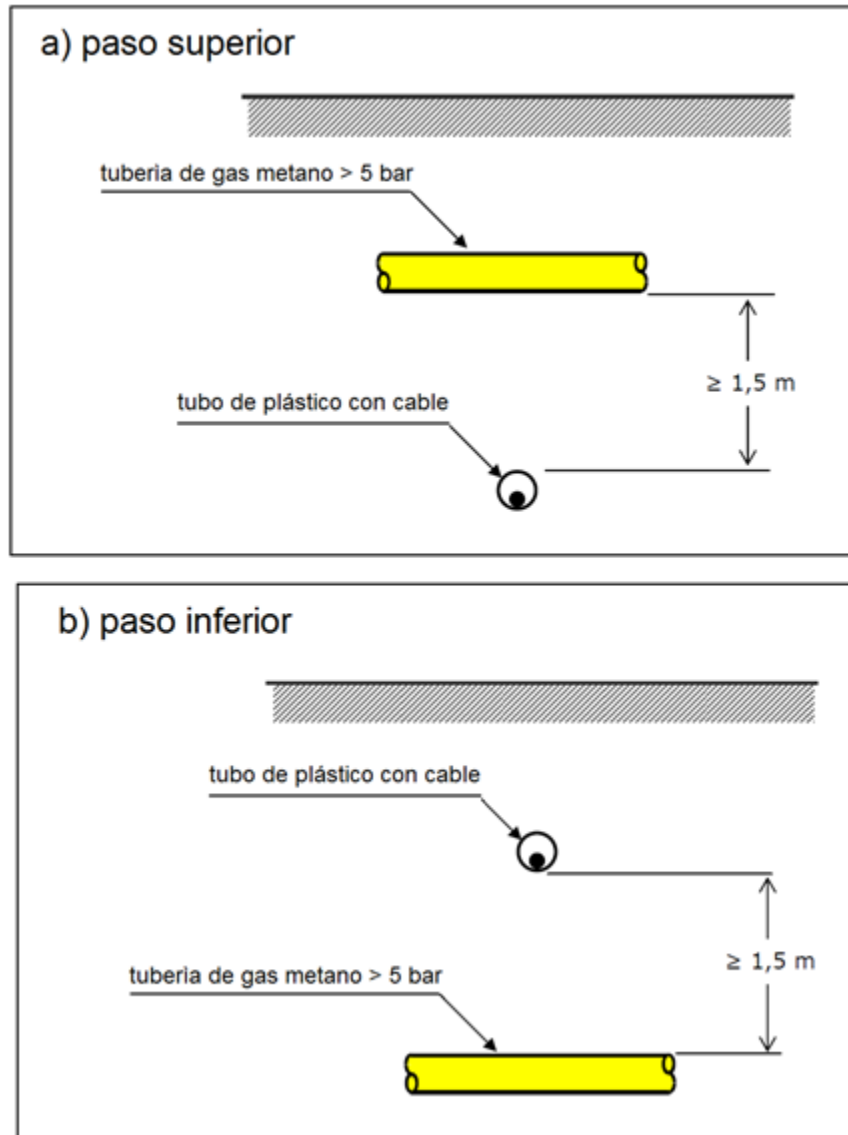


Figura 3-33 Cruce de conductos de cables de AT y tuberías con gas metano.

3.2.4.1.7 Pozos de control y tapas

Los pozos deben estar hechos de concreto reforzado vibrado del tipo "reforzado" (es decir, con características de resistencia que le permitan soportar el tráfico vehicular que normalmente pasa por las carreteras). Las características similares deben tener la losa de recubrimiento y la posible extensión para mantener la profundidad de instalación de las tuberías en correspondencia con el pozo. Para drenar el agua debe haber agujeros en el fondo del pozo.

Dentro de los pozos, una vez que los orificios para las tuberías se han hecho y colocado en la misma posición, el punto de injerto debe estar correctamente enlechado con mortero de cemento, eliminando cualquier excedente. A continuación, se muestra los pozos para uso normal como ejemplos.

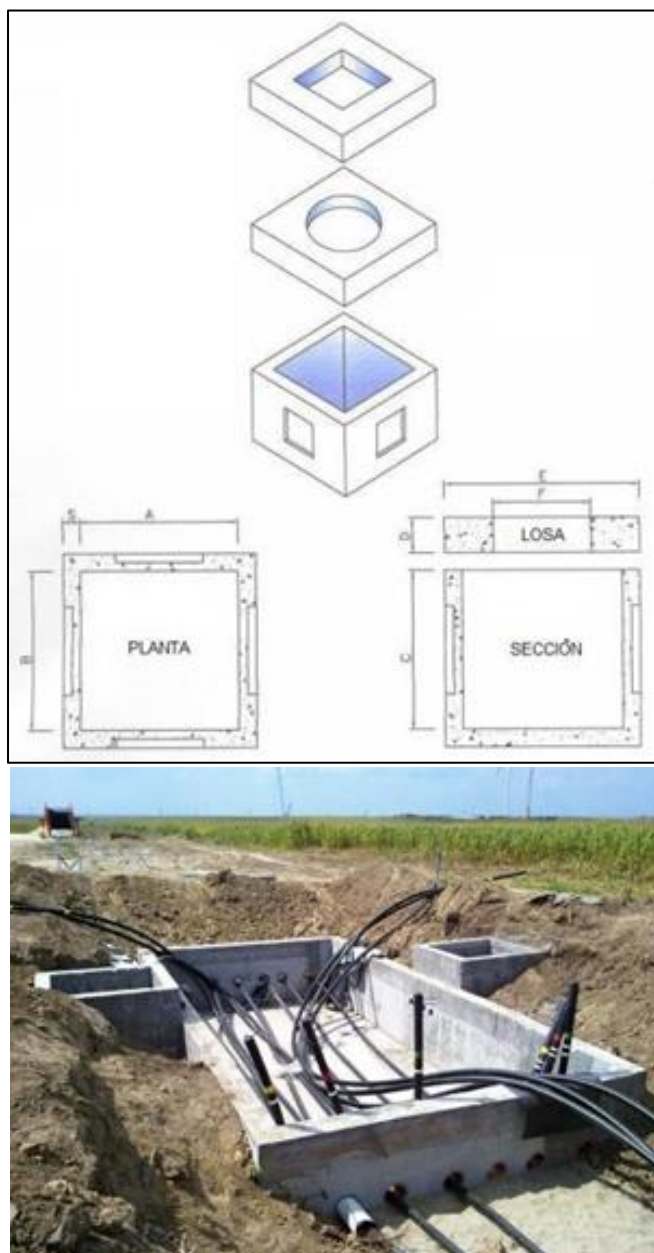


Figura 3-34 Pozos de concreto

3.2.4.2 Operación

3.2.4.2.1 Esquema de operación

La operación del proyecto se puede dividir en la operación técnica y la operación comercial tal como lo detallan la Figura 3-35 y Figura 3-36 . Durante la fase de operación del proyecto, una cantidad suficiente de personas trabajará para la vigilancia y el mantenimiento de la planta. Toda operación de la planta será monitoreada de la sala de control y operaciones, desde la cual se controlará y monitoreará el funcionamiento de los paneles, y de los equipos

de control. Adicionalmente, dentro del sistema de evacuación, los contadores de energía medirán la producción de la planta y determinarán la facturación de esta.

- **Operación comercial**

La operación comercial consiste en las siguientes actividades:



Figura 3-35 Esquema de operación comercial del proyecto

Fuente: PSR 4 SAS

- Administración de la empresa promotora

Es la administración legal, financiera, fiscal y laboral de la empresa promotora en todos sus aspectos, incluyendo la facturación y el cobro de la energía generada y vendida.

- Elaboración de informes comerciales y contables

Consiste en presentaciones periódicas de una evaluación detallada del estado de las finanzas y la situación económica de la promotora contrastándolo con las metas planteadas.

- Gestión de contratos

Es la gestión de contratos con los proveedores de cualquier tipo como por ejemplo el constructor de la planta, la empresa encargada del mantenimiento, suministro de agua, luz, internet, telefonía, etc.

- Gestión de garantías

Es la gestión de garantías sobre componentes y servicios de los proveedores.

- Gestión de seguros

Es la gestión de seguros como p. ej.:

- El Seguro Integral de Construcción y Montaje (Responsabilidad Civil, Errores en diseño, Periodo de pruebas, Periodo de mantenimiento, Transporte Marítimo, Huelgas, Motín y Conmoción Civil; Flete Aéreo, Bienes almacenados fuera del sitio, Equipo y Maquinaria de Construcción y Montaje, Transporte terrestre, Terrorismo entre otros.)
 - El Seguro de Operación (pérdida de beneficios, Incendios, Terremotos, Inundaciones, Huracanes, Robo, Terrorismo, Responsabilidad Civil para cubrir daños a terceros en bienes o personas)
- Gestión de relación publicas

Es la suma de actividades que establecen vínculos entre las partes interesadas. También abarca dar respuestas a posibles requerimientos de entidades y autoridades.

• **Operación técnica**

La operación técnica consiste en las siguientes actividades:

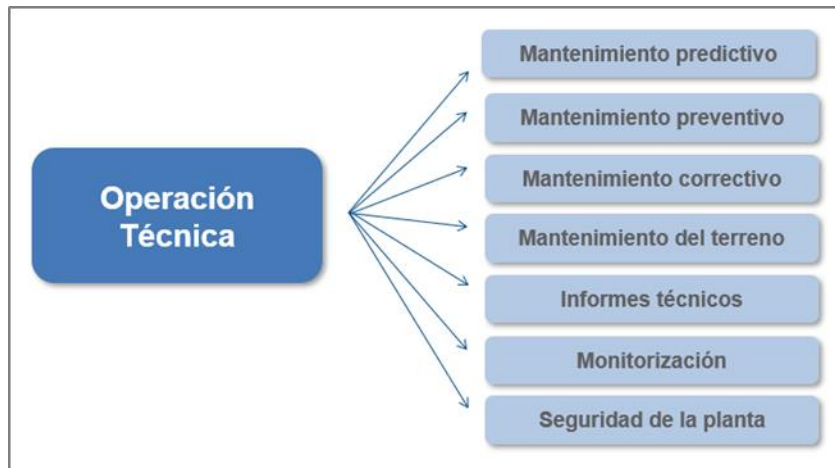


Figura 3-36 Esquema de operación técnica del proyecto
Fuente: PSR 4 SAS

- Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo corresponde al conjunto de actividades que permiten anticipar un posible fallo de algún equipo o componente antes de que ocurra; este tipo de mantenimiento permite planificar acciones preventivas a fin de evitar que la posible falla se vuelva real. El mantenimiento predictivo es posible cuando se dispone de un conjunto de pruebas predictivas, registros históricos y de un sistema de monitoreo especializado que permita llevar un análisis continuo de los parámetros de operación de los equipos.

- Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas que tienen por objetivo evitar fallos en los equipos, debido al desgaste normal de sus componentes a corto,

mediano y largo plazo. El análisis histórico del comportamiento de los equipos al igual que el conocimiento y experiencia con los mismos son de ayuda para la ejecución del mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades no programadas que se ejecutan posterior a un evento de falla y que tienen como fin corregirlo. Se aplica en equipos donde su salida de operación no afecta a la producción y en los cuales el costo de la reparación es bajo comparado con las actividades de mantenimiento preventivo.

- Mantenimiento del terreno

Los principales factores que influyen negativamente en el terreno son la maleza y la lluvia. La maleza influye indirectamente sobre los paneles, ya que cuando crece entre ellos y alcanza una altura que sobrepasa la instalación de estos se produce un sombreado parcial, lo cual lleva a una disminución de la producción y a su vez a la continua operación de los diodos de protección debido a que la sombra generada es puntual y permanente. Cuando la maleza crece por detrás del panel y alcanza a tocarlo, se deteriora el material que cubre la parte trasera del panel, ya sea debido a acumulación de humedad o debido a las características físicas de la maleza, espinas, por ejemplo. Si bien esta maleza no afecta directamente a la producción de energía del panel a largo plazo puede reducirse el tiempo de vida útil de los componentes del panel. La lluvia puede crear grietas o surcos en el terreno, aumentando la erosión.

- Elaboración de informes técnicos

Los informes técnicos incluyen entre otros:

- Informes sobre el estado de la planta y su rendimiento para el inversionista, el operador y las entidades financieras.
- Documentación del mantenimiento e inspecciones
- Documentación de consumo propio.
- Organización y backup del archivo de datos.
- Creación y registro de indicadores de rendimiento.
- Creación y registro de la historia técnica de la planta.

– Monitorización

La monitorización incluye entre otros:

- Recepción y procesamiento de los mensajes de alarma y fallos
- Análisis de anomalías e interrupciones
- Análisis diario y evaluación de los datos operativos
- Comparación de los datos de rendimiento con simulaciones
- Comunicación de errores al operador y al servicio técnico
- Clasificación de los incidentes y evaluación de su impacto a los ingresos, definición del tiempo de respuesta
- Sistema de monitoreo 24/7/365

– Seguridad de la planta

La seguridad de la planta incluye entre otros:

- Inspección periódica de la seguridad de la planta
- Inspección del vallado
- Control de la planta con cámaras de vigilancia (ver Figura 3-37)



Figura 3-37 Ejemplo de cámara de vigilancia

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.2.2 Procesos de energización

Para conseguir la calidad necesaria en la plata fotovoltaica es necesario efectuar primeramente una comprobación de todos los elementos que la componen a medida que se reciben del fabricante. El conexionado de los equipos se realizará siguiendo estrictamente las recomendaciones de los fabricantes. A medida que se vayan montando elementos, se irán comprobando todas las conexiones por partes, de manera que se obtenga un control de toda la planta.

La compañía electrificadora encargada de la distribución eléctrica y el ente competente realizarán las comprobaciones oportunas de la instalación antes de la conexión a la red verificando que todas las protecciones del sistema funcionen correctamente, lo que puede implicar pruebas de conexión durante días. Una vez verificado que el sistema funciona correctamente, comprobando todos los voltajes e intensidades de los diferentes puntos del sistema, y verificando también la conexión a tierra, sólo queda conectarlo manualmente con los interruptores y seccionadores y empezar la inyección de energía en la red eléctrica.

3.2.4.2.1 Identificación de equipos

Los equipos estimados que se usarán durante la fase de operación se relacionan en la Tabla 3-9.

| EQUIPO | CANT. | TAMAÑO | PESO | COMBUST. |
|-----------------------------------|---------|--------------------------------|--------------------|-------------|
| | [-] | Alt. x Long. x Ancho [m] | (unidad) [kg] | [l/obras] |
| Estructura de soporte | n/a | n/a | 260 t (total) | n/a |
| Módulos fotovoltaicos | 204.480 | 0,40 x 2,08 x 1,02 m | 22,5 kg/unidad | n/a |
| Cable DC | 480 km | 4,00 ... 10,00 mm ² | 68 t (total) | n/a |
| Cable AC | 3 km | 150 mm ² | 7 t (total) | n/a |
| Caja de conexión | 852 | 550 x 260 x 650 mm | 26 kg/unidad | n/a |
| Estaciones inversor-transformador | 36 | 2,90 x 12,19 x 2,44 m | 21 t | n/a |
| Subestación colector | 1 | 2,90 x 12,19 x 2,44 m | 21 t | n/a |
| Subestación elevadora | 1 | 43,03 x 47,76 | n/a | n/a |

Tabla 3-9 Especificaciones de equipos durante la etapa de operación

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.2.2 Rutas y frecuencias de movilización

La vía logística, como se presenta en la Figura 3-4 será la ruta por utilizar para la movilización de materiales, equipos y personal.

El flujo de camiones y frecuencia para la planta solar desde el origen al destino estará compuesto por:

- 849 camiones con módulos solares desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 20 camiones diarios durante 42 días.
- 900 camiones con estructuras de soporte desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 10 camiones por día durante 90 días,

- 18 camiones con cajas de conexión desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 2 camiones por día durante 9 días,
- 160 camiones de hormigón desde empresas en la zona de Paipa, a razón de 10 camiones diarios durante 16 días.
- 88 camiones con estaciones transformador-inversor desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 2 camiones diarios durante 44 días.
- 300 camiones con cables y conductores desde el almacén del proveedor local o desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 5 camiones diarios por día durante 60 días.
- 180 camiones con productos varios como ferretería eléctrica, mecánica, etc.) desde el almacén del proveedor local o desde el puerto de Buenaventura a la obra, a razón de 5 camiones diarios por día durante 36 días.
- 3 camiones con edificios prefabricados desde un proveedor local a la planta al inicio del proyecto.

El flujo de camiones y frecuencia para la subestación desde el origen al destino estará compuesto por:

- 2 camiones con transformadores de poder desde la fábrica del fabricante nacional
- 2 camiones con el edificio de control de la subestación desde la fábrica del fabricante nacional
- 4 camiones con seccionadores, interruptor, aisladores varios, desde la fábrica del fabricante nacional

Además, se movilizará el personal necesario en función del avance del proyecto. Como máximo se trata de aproximadamente 74 personas por día trabajando en la obra.

3.2.4.3 Infraestructura asociada al proyecto

3.2.4.3.1 Campamentos

En el emplazamiento del proyecto se implementarán dos zonas para albergar las instalaciones de campamentos temporales de obra o de faena. En estas instalaciones se centralizarán las actividades generales de control de proyecto, administración, planificación y manejo de materiales, además de toda la infraestructura logística para la gestión de recursos materiales y humanos. Se utilizarán instalaciones modulares para las dependencias de oficinas, almacenes y salas de reunión.

Como zona de instalaciones de faenas provisorias de obra se propone un área de aproximadamente 10.000 m², en las proximidades del acceso a la planta. Esta zona dispondrá de buena accesibilidad y cuenta con suficiente superficie para albergar los talleres, oficinas y demás instalaciones necesarias. El perímetro de la zona contará con un cierre provisorio, además de la señalización y letreros de obra necesarios.

La distribución del campamento se presenta en la Figura 3-38 y las áreas a ocupar por cada instalación en la Tabla 3-10.

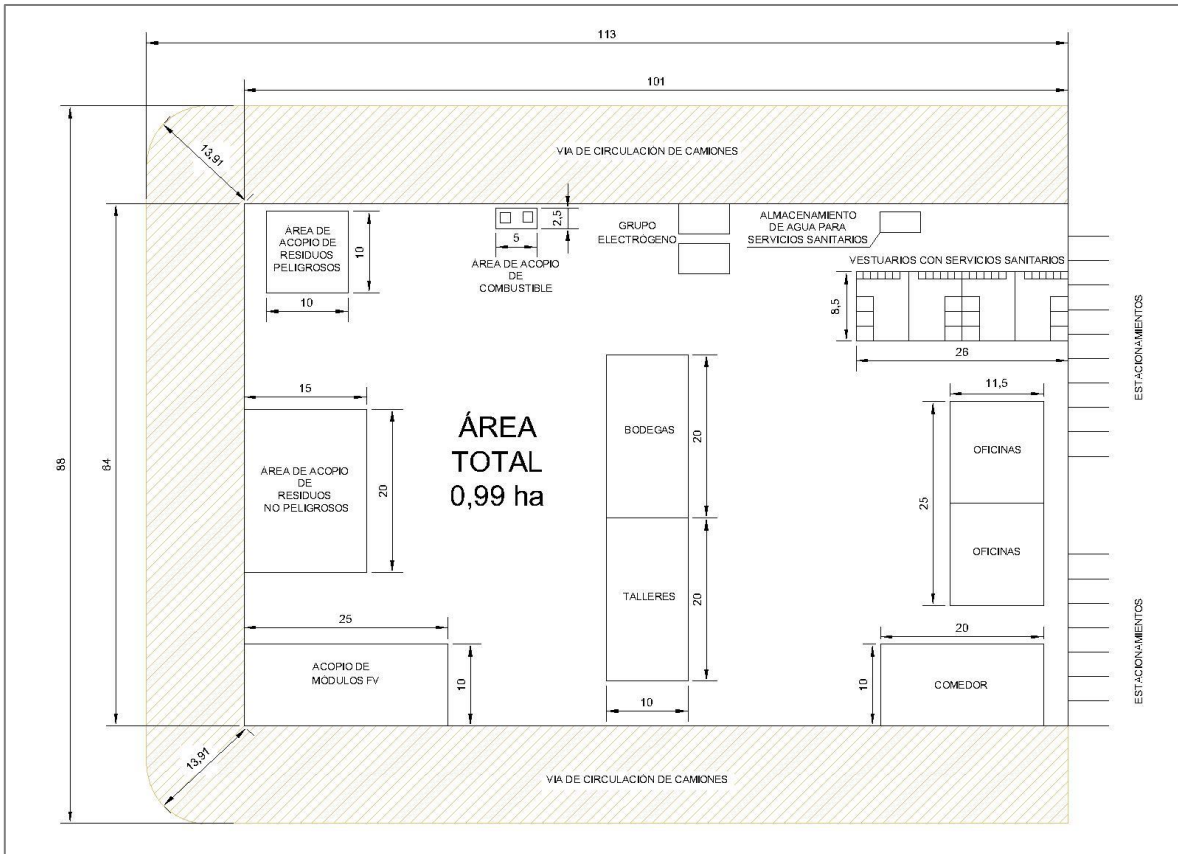


Figura 3-38 Distribución del Campamento temporal de obra

Fuente: PSR 4 SAS

| INSTALACIÓN | SUPERFICIE [m ²] |
|--|------------------------------|
| Talleres, bodegas | 400 |
| Oficinas | 287 |
| Grupos Electrógenos | 53 |
| Vestuarios con servicios sanitarios | 221 |
| Depósito de agua para servicios sanitarios | 12 |
| Comedor | 200 |
| Área de acopio de módulos fotovoltaicos | 250 |
| Área de acopio de residuos peligrosos | 100 |
| Área de acopio de residuos no peligrosos | 300 |
| Área de acopio de combustible | 12 |
| TOTAL INSTALACIONES | 1.835 |
| ÁREA TOTAL INTERIOR | 6.436 |
| ÁREA TOTAL VÍA DE CIRCULACIÓN | 3.457 |
| ÁREA TOTAL DEL CAMPAMENTO TEMPORAL | 9.920 |

Tabla 3-10 Áreas a ocupar de las instalaciones en el campamento

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.3.2 Cerramiento provisional para los trabajos en vías

Durante el tiempo que duren las obras o trabajos de construcción e instalación de la línea subterránea de AT en todos los tramos intervenidos se ubicará un cerramiento por medio de polisombra color verde, mitigando la polución y emisión de partículas al ambiente y, además, como medida preventiva para los transeúntes, indicando que se están realizando actividades y trabajos en este sector. A continuación, se indica una imagen del cerramiento provisional durante las obras:



Figura 3-39 Ejemplo de cerramiento provisional para áreas de trabajo

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.3.3 Sitios de acopio y almacenamiento

Con relación a los sitios dispuestos para el acopio y almacenamiento de materiales, insumos, equipos y herramientas entre otros, se tiene contemplado la instalación de contenedores al interior del predio privado que cumplirán esta función.

3.2.4.3.4 Fuentes de material

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.

3.2.4.3.5 Plantas de proceso

El proyecto no considera la instalación de plantas de procesamiento de asfalto, triturados o concretos. De requerirse estos materiales, se realizará la compra a proveedores autorizados.

3.2.4.3.6 Infraestructura de drenaje

Los viales secundarios tendrán un ancho entre 4 y 5 m y contarán con cunetas recubiertas en tierra en ambos lados paralelamente a las bermas. Su dimensión dependerá teniendo en cuenta la intensidad de la lluvia prevista, la naturaleza del terreno, la pendiente y el área que drenan. El trazado como las cotas definitivas de esta explanación quedarán definidos en los planos del estudio de ejecución:

| Nº | DESCR. | VOLUMEN DESMONTE [m³] | VOLUMEN TERRAPLÉN [m³] | SALDO | |
|----|------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------|-------------------|
| | | | | DESMONTE [m³] | TERRAPLÉN [m³] |
| 1 | Vías de servicio | 2.129 | 2.129 | - | - |

Tabla 3-11 Tabla de volúmenes de desmonte y terraplén

Fuente: PSR4 S.A.S.

Las cunetas recogen y canalizan longitudinalmente las aguas superficiales y de infiltración. La sumatoria volumétrica de las nuevas cunetas será la misma del sistema de drenaje y riego actual, garantizando así su buen funcionamiento. En la Figura 3-40 se presenta un esquema de las cunetas para el drenaje.

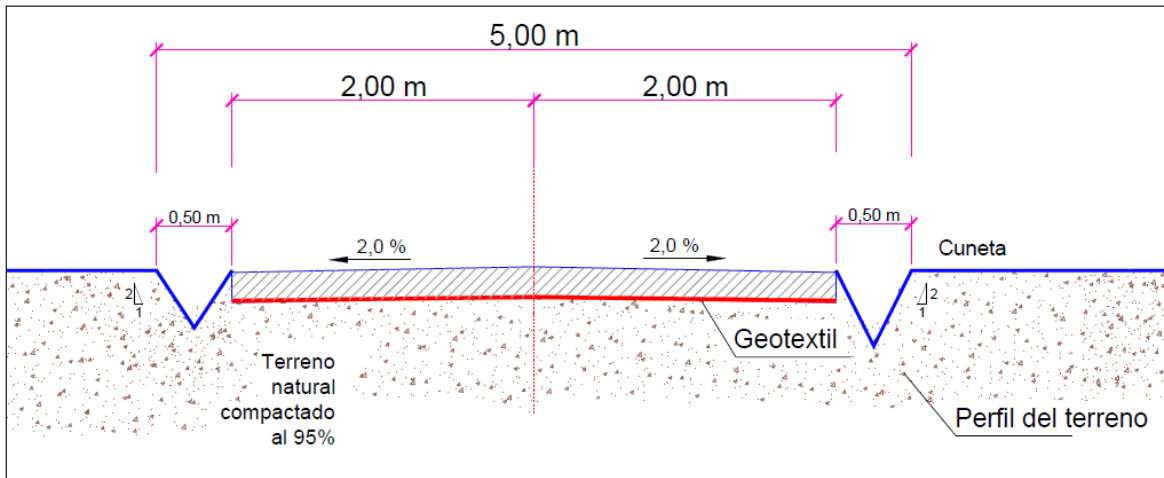


Figura 3-40 Sección típica de las cunetas de drenaje en las vías de servicio

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.4.3.7 Infraestructura de geotecnia

La vía logística requiere algunas obras de geotecnia para posibilitar el tránsito de vehículos y maquinaria durante la fase de construcción y luego, con menor intensidad, durante la fase de operación. Igualmente, se requiere intervenir algunos tramos en cortes y rellenos para facilitar el acceso de los vehículos de acuerdo con las recomendaciones técnicas especificadas en el Anexo 09 Informe vial. Esta intervención se acordará con el municipio a través de un PAGA (Plan de Adaptación a la Guía Ambiental), establecido por el INVIAS para el mejoramiento, rehabilitación, pavimentación u operación de vías; la rehabilitación de puentes y construcción obras de drenaje, recuperación de sitios críticos, remoción de derrumbes y obras para atención de emergencias².

Los criterios de trabajo para el trazado geométrico son los siguientes:

- Deberá tener las características de pendiente, trazado, drenaje y capa de rodadura adecuadas para el tránsito normal del equipo y vehículos de construcción.
- El trazado debe ceñirse a los contornos naturales del terreno, a manera de minimizar los cortes y terraplenes.
- El ancho de los caminos de acceso será el mínimo necesario, al igual que los radios de curvatura y con una pendiente longitudinal máxima de 15%, con el objeto de disponer de condiciones de seguridad e impactar lo menos posible en el entorno.
- En el caso de que se trate de un camino unidireccional se dispondrá de la señalización adecuada.

En el caso del presente proyecto se realizó un recorrido de la vía y se identificaron en campo las abscisas en las cuales se presentan tramos necesarios a intervenir. Se establecerá si

² INVIAS, 2011. Guía Ambiental para proyectos de infraestructura, Subsector vial.

el tramo a intervenir debe ser rellenado con material o por su parte si se debe hacer un corte.

En las siguientes imágenes se presentan ejemplos de tipo de sección transversal:

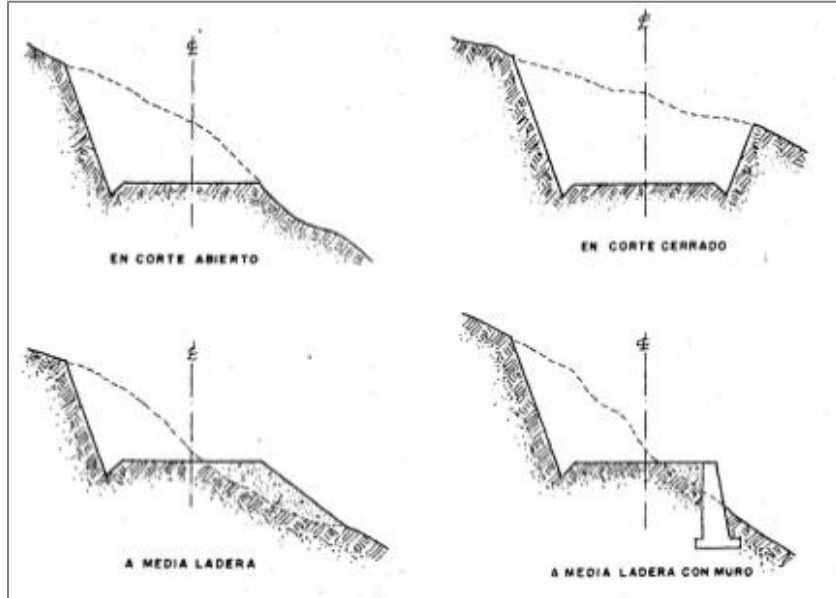


Figura 3-41 Secciones transversales típicas

Fuente: PSR 4 S.A.S.

Se presenta a continuación según el recorrido, los puntos necesarios de revisión mediante topografía para definir sección transversal:

Punto K2+631 – K2+920: La vía se encuentra en recebo, el ancho de vía tiene una longitud de 5.00 m, se recomienda hacer sobre anchos a 7.00 m, para que el paso sea viable.



Figura 3-42 Punto a acondicionar Vía Logística

Fuente: PSR 4 S.A.S.

Punto K3+290 – K4+240: La vía se encuentra en recebo. Se recomienda sobre anchos de 2.00 m hacia el talud hasta alcanzar los 7.00 m para vehículos de 3 ejes.



Figura 3-43 Punto a acondicionar Vía logística

Fuente: PSR 4 S.A.S.

Punto K3+290 – K4+240: La vía se encuentra en recebo. Se recomienda sobre anchos de 2.00 m hacia el talud hasta alcanzar los 7.00 m para vehículos de 3 ejes.



Figura 3-44 Punto a acondicionar

Fuente: PSR 4 S.A.S.

K5+020 – K5+852: La vía se encuentra en recebo. Se recomienda sobre anchos en las curvas de 6.00 m hacia el talud y mejoramiento de peraltes negativos a positivos en la abscisa final.



Figura 3-45 Punto a acondicionar

Fuente: PSR 4 S.A.S.

K5+852 – K6+210: la vía se encuentra en recebo. Se recomienda sobre anchos en las curvas de 2.00 m hacia el talud y contemplar la tala de árboles en algunos tramos.



Figura 3-46 Punto a acondicionar

Fuente: PSR 4 S.A.S.

3.2.4.3.8 Infraestructura de suministro de energía

Para abastecer de energía eléctrica a los campamentos temporales de obras o faenas de construcción, se instalarán provisoriamente grupos generadores fijos y móviles.

3.2.4.3.9 Infraestructura de suministro de agua

Se buscará como primera opción abastecimiento mediante compra a terceros autorizados. El agua será transportada por medio de camiones aljibes desde el punto de toma hasta la obra. Durante la etapa constructiva el agua adquirida se utilizará en las siguientes actividades:

- Preparación de concretos: para las losas para las estaciones inversor-transformador, y los cimientos para la cerca perimetral
- Control de polvo: Se proveerá un suministro adecuado de agua y el riego cuando sea necesario a cualquier hora mientras el proyecto esté abierto al tránsito del público. El agua se aplicará uniformemente usando distribuidores del tipo de presión, con tubería equipada con sistemas de rocío o mangueras con boquillas.
- Agua para el uso doméstico e instalaciones sanitarias: El agua necesaria para instalaciones sanitarias será suministrada por una empresa o acueducto veredal autorizado, con el fin de contar con un punto de toma.
- Agua potable para el consumo: Se considera la instalación de máquinas surtidoras de agua potable en bidones, manteniendo un stock permanente de al menos 500 litros en botellas de repuesto, para el consumo de los trabajadores.

Para disponer de agua para la limpieza de los módulos fotovoltaicos se construirá un sistema de tratamiento de aguas lluvia (Figura 3-47).

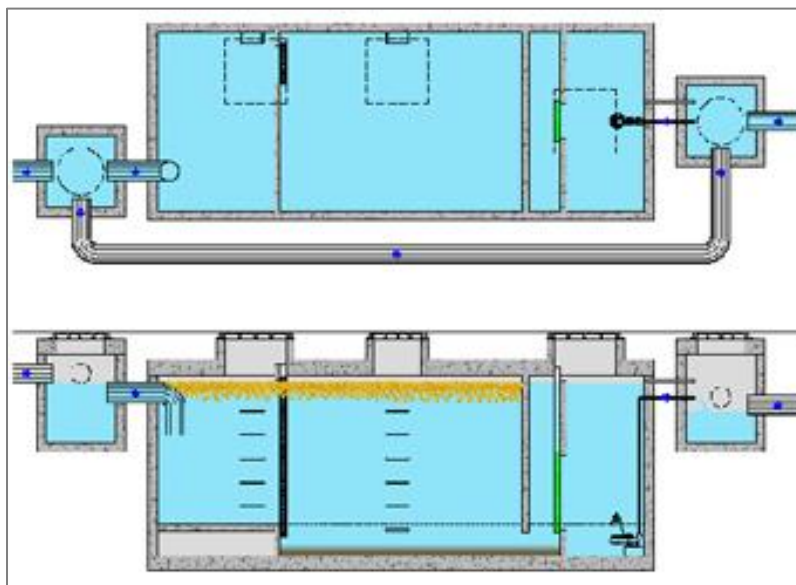


Figura 3-47 Esquema de la planta de tratamiento de lluvia

Fuente: PSR 4 S.A.S.

3.2.4.4 Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto

Con relación a la infraestructura y servicios interceptados por el proyecto, se identifica el cruce de la línea de Alta Tensión – AT para la evacuación de energía del Proyecto con la Red férrea Bogotá – Belencito a cargo de FENOCO S.A., ver Figura 3-5. Adicionalmente, la vía Nacional 55 es interceptada por la línea de Alta Tensión - AT para la conexión a la Subestación Paipa.

Por otra parte, considerando que la línea de Alta Tensión - AT transcurre a borde de vía terciaria existente, se tendrán en cuenta las redes de energía de distribución, de telecomunicaciones, gas domiciliario y tuberías de acueductos veredales.

3.2.5 Insumos del proyecto

Ripios: Serán usados para la construcción de caminos y construcción de subestaciones entre otros.

Sub base granular: El material de sub base granular se utilizará principalmente para la estabilización del terreno de caminos proyectados y subestaciones.

Hormigón: se utiliza principalmente para la construcción de las cimentaciones de las estaciones inversor-transformador y de las subestaciones.

Agua potable para baños y consumo humano: “Consumo de agua por WC” se refiere al consumo de agua por descarga de baños, se consideró un volumen de 20 l por descarga y una frecuencia de 3 descargas diarias, dando como resultado un volumen de 60 l/día (0,06 m³/día). Como “Consumo humano” se contempla un consumo humano (bebida y lavado de manos) de 10 l por persona al día (0,010 m³/día). Luego, considerando ambos consumos se estima que se utilizará un total de 70 l/día/persona (0,07 m³/día/persona). Este volumen se obtendrá desde estanques de almacenamiento de agua potable (tres de 8 m³ c/u). Durante el mes de máximo empleo, trabajarán en forma simultánea un máximo de 148 personas por lo que el monto total de agua será de 10.360 l/día (10,4 m³/día).

Agua para humectación de vías: Tomando en cuenta el gasto en 1 m², el gasto por pasada y un periodo de 14 meses de aplicación con una frecuencia diaria de 2 y 4 veces en los meses de invierno y verano, respectivamente, el consumo mensual de agua es de aprox. 10.000 m³/mes (Tabla 3-12).

Madera: Se utilizará como apoyo auxiliar a las actividades de construcción. Se estima un total de 20.000 m².

Grasas y aceites: Corresponde al aceite a utilizar en las labores eventuales de mantención de maquinaria, se considera en total un consumo de 0,2 t/mes.

Combustible (petróleo diesel): Se utilizará para el abastecimiento de la maquinaria y equipos de construcción y para los grupos electrógenos. En el caso de las maquinarias, se estima que se requerirán 1.600 l/día, por otro lado, se requerirán 130 l/día aproximadamente de combustible para la operación de los grupos electrógenos, para lo cual se dispondrá de un estanque en el área de los campamentos temporales, el cual será alimentado por un camión de combustible autorizado para tales efectos. Este estanque de almacenamiento de combustible y su uso cumplirá con los requisitos exigidos por la normativa vigente establecida. Todo el combustible será suministrado por una empresa distribuidora del mercado nacional, utilizando un camión surtidor. Los equipos serán abastecidos, con la frecuencia requerida según las necesidades de construcción.

Energía eléctrica: Se utilizará para el funcionamiento de equipos y otros usos menores, y provendrá de un grupo electrógeno el cual posee la capacidad de generar 50 kVA de potencia, y opera con diesel; las emisiones de material particulado se encuentran controladas por un sistema de control que regula la emisión de partículas. El grupo electrógeno también está equipado con cubiertas que atenúan el ruido, mediante la inclusión de un silenciador crítico montado en el exterior, y otra cubierta con un silenciador montado en el interior. Se utilizará principalmente para el abastecimiento de las oficinas de campamento o cuando haya que realizar actividades nocturnas. Adicionalmente para actividades nocturnas se considera la utilización de torres de iluminación en la faena, las que deberán aportar la luminosidad equivalente a la de día o similar.

Alojamiento y transporte: No existirá campamento de alojamiento en el área de influencia directa del proyecto, por lo que los trabajadores serán trasladados desde Paipa o Tunja. El traslado del personal en el sector de trabajo se podrá hacer con apoyo de buses. El personal de la dirección del proyecto se movilizará en vehículos menores y camionetas. Los viajes se realizarán diariamente, asociado a los cambios de turno, es decir por lo menos dos veces al día.

| Área del proyecto | INSUMOS | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|
| | Ripio | Sub Base granular | Hormigón | Agua: Baños y consumo humano | Agua humectación de vías | Madera | Grasas y aceites | Combustible |
| Caminos proyectados (vías internas) | 1703 m ³ | 851 m ³ | | | | | | |
| Caminos mejorados (vías de acceso) | 1700 m ³ | | | | | | | |
| Cimentaciones de edificios (inversor) | | | 47 m ³ | | | | | |
| Cableado subterráneo | 3000 m ³ | | | | | | | |
| SE colectora | 24 m ³ | 12 m ³ | 12 m ³ | | | | | |
| SE elevadora | 836 m ³ | 418 m ³ | 418 m ³ | | | | | |
| Línea de evacuación | | | 1680 m ³ | | | | | |
| Campamento temporal | | | | 10000 l/d | | | | |
| Humectación vías | | | | | 10000 l/mes | | | |
| TOTAL | 7262 m³ | 1281 m³ | 2157 m³ | 10000 l/d | 10000 l/mes | 20000 m³ | 0,2 t/mes | 20000 l/mes |

Tabla 3-12 Insumos por área del proyecto

Fuente: PSR 4 SAS

3.2.6 Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición

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

3.2.7 Residuos peligrosos y no peligrosos

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.

3.2.7.1 Residuos domésticos

Residuos reciclables y/o reutilizables: Corresponden a envolturas y envases limpios de vidrio, plástico, cartón, madera, papel o PET (envases de gaseosas); periódicos, revistas, folletos, catálogos, cuadernos, hojas de papel, fotocopias, sobres, tarjetas, cartón, bolsas de papel, cajas, cartulinas y cartones, latas vacías y aplastadas; todos en buen estado, que no estén húmedos o sucios, ni con restos de alimentos.

Residuos peligrosos o contaminados: Son aquellos que plantean un peligro sustancial, actual o potencial a los seres humanos u otros organismos vivos debido a que no son degradables, pueden acumularse biológicamente, pueden ser letales o pueden causar efectos perjudiciales acumulativos. Se consideran en este grupo los residuos provenientes de la enfermería, como gasas, algodones, jeringas, etc., que han estado en contacto con fluidos corporales.

Residuos orgánicos: Todos los desperdicios orgánicos (restos de alimentos, cáscaras de frutas y verduras, alimentos descompuestos etc.) que pueden ser transformados en suelo orgánico o abono a través del proceso de compostaje, o aprovechados para alimento de especies domésticas.

Residuos no aprovechables – basuras –: Como su nombre lo indica son residuos que no tienen ningún valor para el reciclaje y van normalmente a los rellenos sanitarios; en general los que estén sucios, con restos de comida, o mojados, como empaques o envases de papel, cartón, plástico o caucho, bolsas de mecató, icopor, tetra pack, papel carbón, servilletas y papel higiénico, barrido y colillas de cigarrillo.

3.2.7.2 Residuos industriales

Residuos reciclables y/o reutilizables: A este grupo corresponden materiales sobrantes de construcción como el vidrio, aluminio, madera, embalajes de cartón y plástico, y la chatarra.

Residuos peligrosos o contaminados: Se consideran en este grupo los geotextiles (geomembranas), lonas, guantes, zapatos, estopa, en general, los materiales utilizados para contener o recoger derrames de combustibles o aceites, los filtros de aceite y gasolina, empaques de sellos de caucho impregnados de aceites y/o hidrocarburos, como producto de las actividades normales de mantenimiento de maquinaria, equipos y herramientas; empaques y envases provenientes de los combustibles, lubricantes, solventes, cemento, pinturas, aceites, anticorrosivos, etc., y las colillas de soldadura. También en este grupo se incluyen baterías de aparatos eléctricos, equipos de telefonía móvil o sus partes, equipos de oficina, tales como computadores o sus partes, equipos de conectividad (módems, decodificadores), fax, copiadoras, impresoras, etc.

Residuos no aprovechables – basuras –: Son residuos que no pueden ser reciclados o aprovechados después, y van normalmente a los rellenos sanitarios; corresponden a pedazos de láminas de metal, tubería, trapos, etc.

En caso de generarse otros residuos industriales, peligrosos o contaminados, la empresa se encargará de almacenarlos debidamente hasta que una empresa certificada, que cuente con licencia ambiental se haga cargo del manejo y disposición final de esta clase de residuos.

3.2.7.3 Generación de residuos domésticos en las etapas de instalación y operación del proyecto

Para este tipo de residuos, se tiene en cuenta el estimativo de que una persona genera 3 kg/día. Es importante tener en cuenta que algunos de estos residuos se generarán a diario, pero que otros sólo se generarán con alguna periodicidad, por lo cual la producción diaria real será menor.

3.2.7.4 Recolección y almacenamiento temporal

Según la clasificación descrita anteriormente, los residuos se recolectarán inicialmente en canecas, ubicadas en el área del proyecto. Estos recipientes estarán debidamente rotulados para la colocación de los residuos según su tipo, y se utilizarán bolsas plásticas con colores distintivos para cada uno.

3.2.7.5 Disposición final

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

- Residuos reciclables y/o reutilizables: Se podrán entregar a la Empresa de Servicios Públicos de la zona.
- Residuos peligrosos o contaminados: Los residuos provenientes de la enfermería deberán ser entregados al centro de salud más cercano o tercero autorizado, que cuente con autorización para su disposición.
- Residuos orgánicos: Aprovechamiento para compostaje, disposición en relleno sanitario autorizado o entrega a un tercero autorizado.
- Residuos no aprovechables – basuras –: Se dispondrán en el relleno sanitario que se encuentra localizado en la zona del proyecto.

Los residuos industriales se entregarán a terceros para su disposición final, según como sigue:

- Residuos reciclables y/o reutilizables: se podrán utilizar en otros proyectos o construcciones; también pueden ser entregados a las organizaciones de recicladores, identificadas en la zona.
- Residuos peligrosos o contaminados: tanto los residuos contaminados con aceites, hidrocarburos, pinturas, como los residuos de tipo electrónico, las baterías corrientes, entre otros, se entregarán a una empresa que cuente con la prestación de servicios de recolección, transporte, tratamiento (Incineración) y disposición final de residuos sólidos industriales especiales, hospitalarios y similares dando cumplimiento a la normatividad legal vigente.
- Residuos del tratamiento de fluidos (Lodos contaminados, aceites y aguas aceitosas), limpieza de tanques de agua potable y residual con la respectiva recolección, transporte y disposición final serán entregados a un tercero autorizado.
- Residuos no aprovechables – basuras –: se llevarán al relleno sanitario que usa el municipio.

3.2.8 Costos del Proyecto

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

3.2.9 Cronograma 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 3-13 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 3-13 Cronograma de ejecución del Proyecto

Fuente: PSR 4 SAS, 2018

3.2.10 Organización del Proyecto

En la Figura 3-48 y Figura 3-49 se presentan los organigramas para la fase de construcción y de operación del proyecto respectivamente.

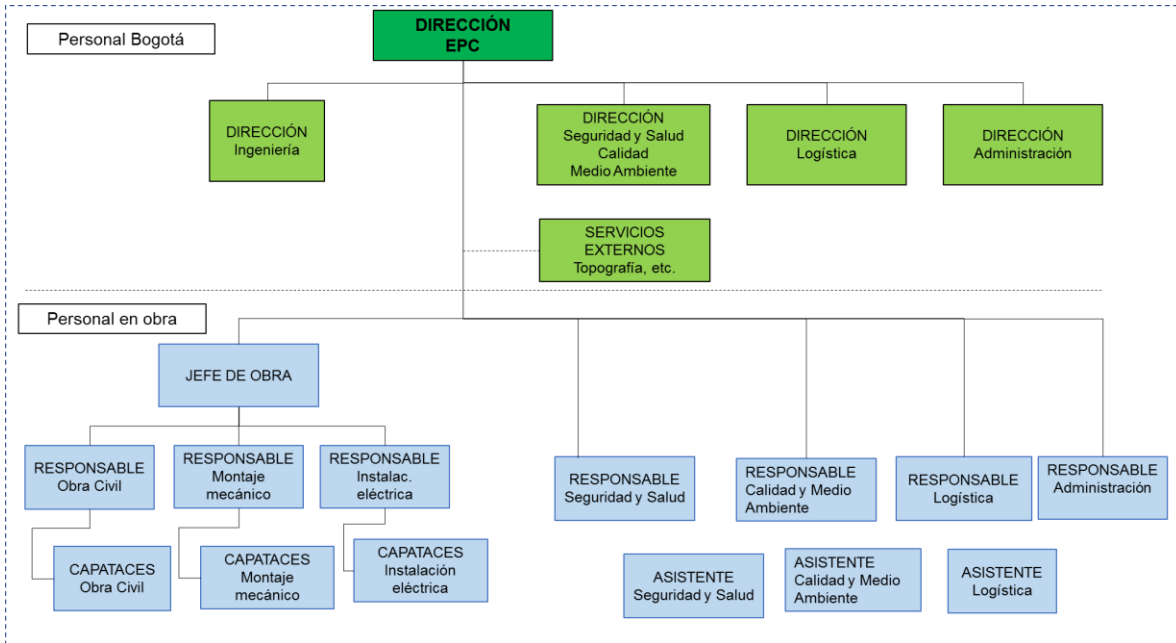


Figura 3-48 Organigrama durante la fase de construcción

Fuente: PSR 4 SAS

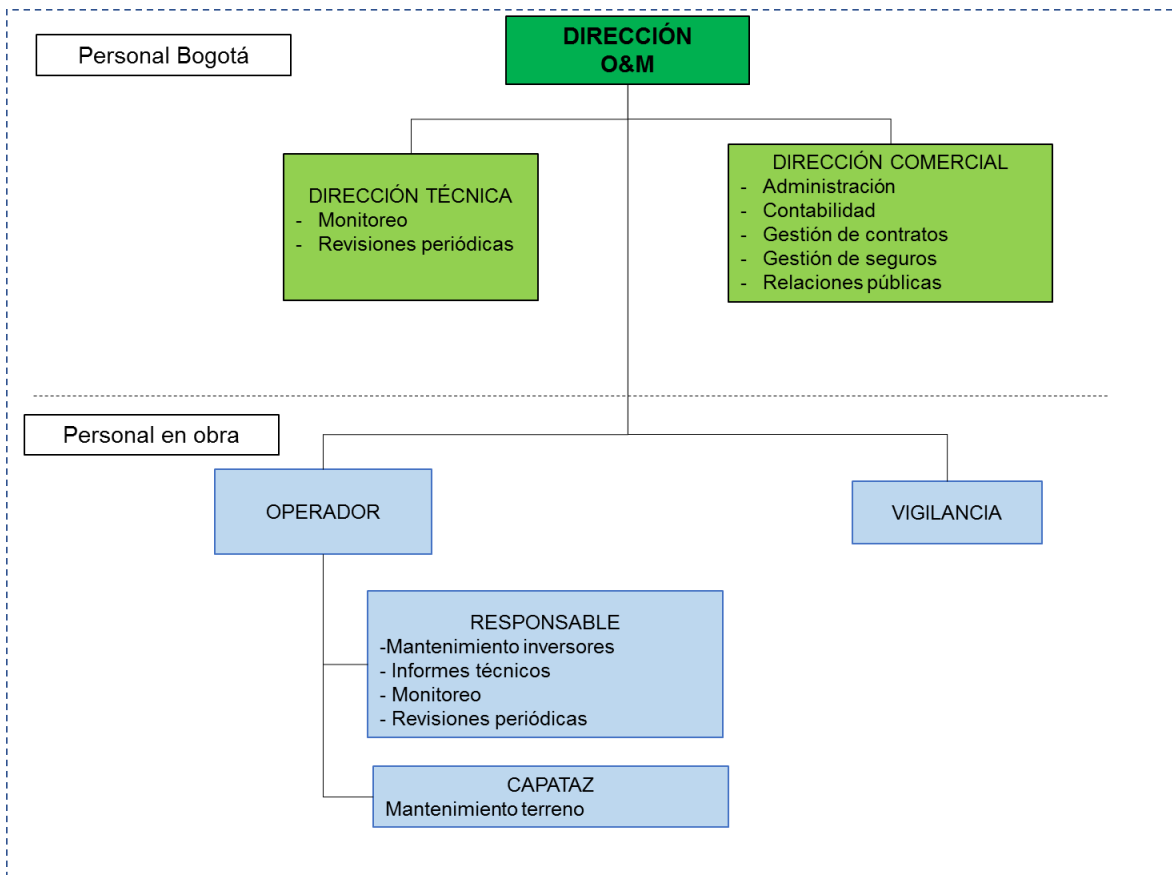


Figura 3-49 Organigrama durante la fase de operación

Fuente: PSR 4 SAS