



**PROYECTO UPME-01-2014
SUBESTACIÓN LA LOMA 500kV Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ASOCIADAS**

CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



REFERENCIA EEB

EEB-U114-CT100602-G000-HSE8000-A0

ÍNDICE

2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
2.1	LOCALIZACIÓN.....	7
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	8
2.2.1	Características técnicas del proyecto	8
2.2.1.1	Especificaciones técnicas generales.....	9
2.2.1.2	Especificaciones para las líneas de transmisión	9
2.2.1.3	Especificación técnica para la subestación La Loma 500 kV.....	10
2.2.1.4	Espacios de reserva.....	12
2.2.1.5	Sistemas de protección	12
2.2.1.6	Sistema de automatización y control de la subestación	12
2.2.1.7	Registradores de fallas	13
2.2.1.8	Interfaz hombre - máquina IHM de la subestación	13
2.2.1.9	Malla de puesta a tierra y apantallamiento	14
2.2.1.10	Zonas de uso temporal y plazas de tendido:	19
2.2.1.11	Especificaciones para la puesta en servicio del proyecto	21
2.2.2	Duración de las obras, etapas y cronograma de ejecución	21
2.2.3	Costo total del proyecto y costo de operación.....	22
2.2.4	Necesidad de recursos naturales, sociales y culturales	23
2.2.4.1	Uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables ..	23
2.2.4.2	Alternativas para cruces de cuerpos de agua.....	24
2.2.4.3	Alternativas de sitios para obtención de materiales de construcción	25
2.2.4.4	Drenajes y obras existentes que resultarían afectados por su ocupación o desviación.....	25
2.2.4.5	Sitios de disposición de sobrantes de excavación.....	26
2.2.4.6	Demanda de bienes y servicios sociales, incluida mano de obra	27
2.2.4.7	Asentamientos humanos e infraestructuras sociales, culturales y económicas a intervenir	28
2.2.5	Estructura organizacional de la empresa	28
2.2.5.1	Misión, visión y valores corporativos de la Empresa de Energía de Bogotá	28
2.2.5.2	Política ambiental y estructura organizacional.....	29
2.2.5.3	Política social	31
2.3	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	32
2.3.1	Trazado y características geométricas de la línea	32
2.3.2	Tipo y número de estructuras de soporte.....	33
2.3.2.1	Definición de los elementos componentes de un sistema de transmisión aérea	34
2.3.2.2	Metodología de construcción de líneas de transmisión eléctrica aéreas .	39
2.3.3	Descripción de los accesos a los sitios de estructuras de soporte	50
2.3.4	Tipo y número de subestaciones	52
2.3.5	Drenajes de la subestación.....	57
2.3.6	Materiales a utilizar en las estructuras y cables	59

2.3.6.1	Estructuras.....	59
2.3.6.2	Cables.....	60
2.3.7	Tipo de fundaciones	62
2.3.8	Maquinaria y equipo a utilizar	63
2.3.9	Patios de tendido y de almacenamiento	64
2.3.10	Uso y descripción de accesos existentes.....	65
2.3.10.1	Acceso al sitio del proyecto	65
2.3.10.2	Vía El Cruce de La Loma – Ferrocarril a Santa Marta	67
2.3.10.3	Vías de acceso a la subestación y a la línea de conexión	75
2.3.11	Construcción de nuevos accesos	85
2.3.12	Cerramiento perimetral de la subestación.....	90
2.3.13	Estabilización de terreno y conformación de taludes	91
2.3.14	Áreas inundables y susceptibles de inundación.....	91
2.3.15	Infraestructura y servicios interceptados.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Número del anexo	Descripción
1	Anexo Cartográfico
8	Diseños de la Subestación
9	Plan de Manejo Vial
10	Estudio de inundabilidad
11	Consulta SIG web ANLA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas para las líneas de transmisión.....	10
Tabla 2.2. Especificaciones técnicas para la subestación La Loma	12
Tabla 2.3. Descripción de las actividades constructivas.....	22
Tabla 2.4. Número de individuos a aprovechar por especie.....	24
Tabla 2.5. Ubicación del Box coulvert	25
Tabla 2.6. Requerimientos de mano de obra necesaria para la construcción del proyecto	28
Tabla 2.7. Tipo y localización de torres a instalar.....	34
Tabla 2.8. Coordenadas de la locación de la subestación	54
Tabla 2.9. Características técnicas de los drenajes al interior de la subestación	54
Tabla 2.10. Cárcamos, cajas de tiro y ductos	55
Tabla 2.11. Principales equipos a instalar en el patio de conexiones de la subestación ..	55
Tabla 2.12. Características mecánicas de los materiales a utilizar en la construcción de subestación y torres.....	60
Tabla 2.13. Especificaciones de conductores de fase para línea de 500 kV	61
Tabla 2.14. Especificaciones técnicas del conductor	61
Tabla 2.15. Parámetros para cables de guarda para línea de 500 kV.....	62
Tabla 2.16. Criterios de selección del tipo de fundación	62
Tabla 2.17. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía El Cruce – Ferrocarril a Santa Marta.....	69
Tabla 2.18. Vías privadas de acceso a la línea de conexión y a subestación.	75
Tabla 2.19. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía N° 1	77
Tabla 2.20. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía N° 2	83
Tabla 2.21. Características técnicas de las vías internas y vía de acceso a construir.	88
Tabla 2.22. Características geométricas vías internas de la subestación.....	89
Tabla 2.23. Proyectos cercanos licenciados	91
Tabla 2.24. Distancias mínimas eléctricas y de seguridad línea de transmisión.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Ubicación de la subestación La Loma.....	7
Figura 2.2. Mapa de nivel cerámico de Colombia	17
Figura 2.3. Zonas de uso temporal y plazas de tendido	20
Figura 2.4. Cronograma para la construcción de la Subestación La Loma y sus líneas de conexión	22
Figura 2.5. Trazado líneas de conexión Subestación La Loma 500 kV	33
Figura 2.6. Tipo de estructuras de soporte a instalar en el proyecto	34
Figura 2.7. Torres utilizadas para líneas de transmisión de circuito doble.....	35
Figura 2.8. Detalle de la ubicación de los perfiles de acero (Stub) de anclaje de la torre .	37
Figura 2.9. Cadena de aisladores y demás accesorios del montaje de la línea.....	38
Figura 2.10. Vía de acceso a los sitios de torre.....	51
Figura 2.11. Configuración eléctrica de la subestación La Loma 500kV	52
Figura 2.12. Ubicación de la subestación La Loma.....	53
Figura 2.13. Detalles típicos drenajes subestación	59
Figura 2.14. Ubicación de los patios de tendido requeridos para la instalación de los cables	65
Figura 2.15. Ruta Bucaramanga – El Cruce de La Loma	66
Figura 2.16. Puntos de importancia de la Vía El Cruce de La Loma – Ferrocarril a Santa Marta	68
Figura 2.17. Vías internas aledañas al proyecto	75
Figura 2.18. Vía de acceso a Finca La Maravilla.....	76
Figura 2.19. Alterna acceso a Torre 334	82
Figura 2.20. Localización vía de acceso a construir	86
Figura 2.21. Detalle del box couvert a construir en el proyecto	87
Figura 2.22. Secciones y detalles tipo de la vía de acceso a construir.....	89
Figura 2.23. Vías internas de movilización	90
Figura 2.24. Infraestructura existente en la zona del proyecto	94

ÍNDICE DE FOTOS

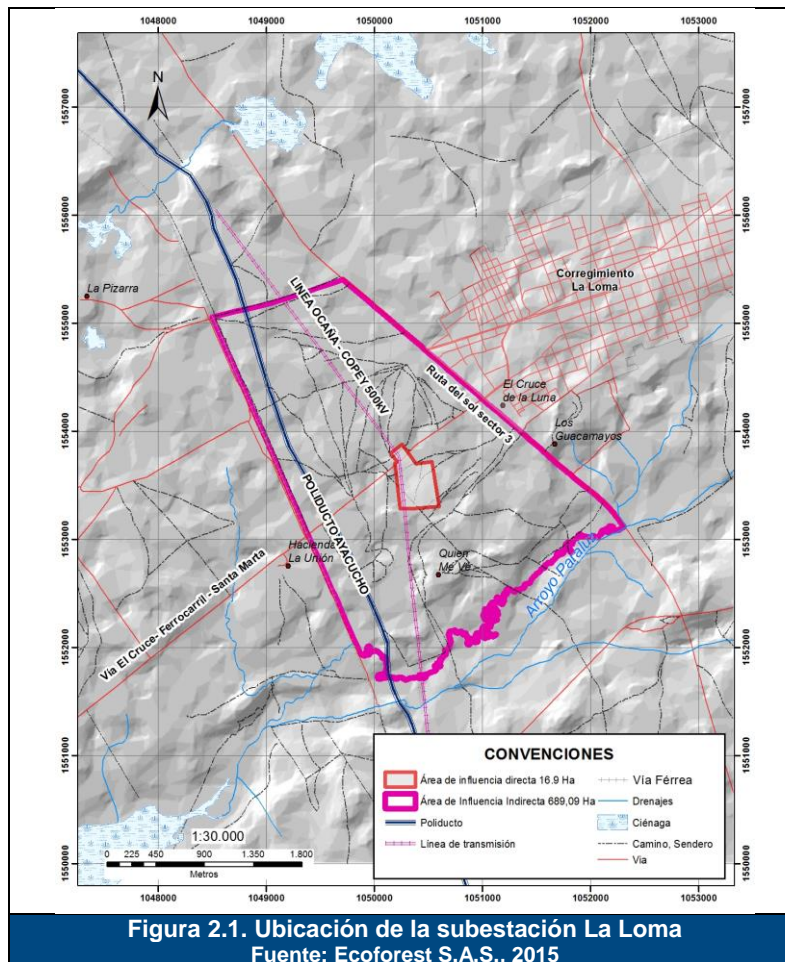
Foto 2.1. Procedimiento constructivo de la malla	16
Foto 2.2. Zonas de uso temporal y plazas de tendido	20
Foto 2.3. Armado de torres	44
Foto 2.4. Izado de torres con el uso de plumas.....	44
Foto 2.5. Armado de torres con el uso de grúas	44
Foto 2.6. Izado de torres con el uso de grúas	44
Foto 2.7. Equipos utilizados para el tendido e izado de conductores	46
Foto 2.8. Detalle de equipos para tendido e izado de conductores	46
Foto 2.9. Portales para el paso de vías existentes.....	47
Foto 2.10. Aspecto general de la Ruta del Sol Sector 3 en la zona del proyecto.....	67
Foto 2.11. Infraestructura existente en el área del proyecto La Loma	96

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto consiste en el diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, operación y mantenimiento de las subestaciones definidas en el “Plan de Expansión de Referencia – Generación – Transmisión 2013 – 2027”, adoptado mediante Resolución del Ministerio de Minas y Energía 90772 del 17 de septiembre de 2013, subrogada por la resolución MME N° 91159 del 26 de diciembre de 2013.

2.1 LOCALIZACIÓN

La nueva subestación La Loma 500 kV, se encuentra ubicada en las inmediaciones del municipio de El Paso, Corregimiento La Loma, en el departamento del Cesar, la localización del lote y la subestación puede ser observado en el plano EEB-U114-CT100609-S207-DIS0001.A0 del Anexo 8. Diseños del proyecto. La Figura 2.1. muestra la localización del proyecto.



En coherencia con la solicitud de pronunciamiento sobre la necesidad de presentar DAA para el desarrollo del proyecto UPME01-2014, subestación La Loma y sus líneas de transmisión asociadas (radicación 2015035269-1-000 del 2 de julio de 2015), se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para la determinación de la ubicación definitiva de la subestación La Loma:

- El área de influencia directa e indirecta del proyecto no se encuentra en zonas de amenaza por inundación o procesos de erosión.
- Se minimiza la intervención de los proyectos existentes.
- El Área de influencia directa, se encuentra aproximadamente a 600 metros del tejido urbano del corregimiento de La Loma.
- El área de influencia directa del proyecto se encuentra alejada de las ciénagas.
- Los ecosistemas a intervenir por el proyecto corresponden a pastos arbolados y pastos limpios, no se intervienen ecosistemas naturales como Bosque de galería y Bosque Seco Tropical.
- Se revisó el EOT y las zonas de desarrollo urbano se encuentran lejos del área de influencia directa del proyecto. Además, la ubicación de la subestación se movió teniendo en cuenta una posible zona de desarrollo urbano por la construcción de la ruta del sol.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

2.2.1 Características técnicas del proyecto

En el presente capítulo se describen las características constructivas y técnicas del Proyecto “Diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, operación y mantenimiento de la subestación La Loma 500 kV y las líneas de transmisión asociadas” definido en el “Plan de Expansión de Referencia – Generación – Transmisión 2013 – 2027”, adoptado mediante Resolución del Ministerio de Minas y Energía 90772 del 17 de septiembre de 2013, subrogada por la resolución MME N° 91159 del 26 de diciembre de 2013, y que fue adjudicado a EEB así:

- I. Construcción de la nueva Subestación La Loma 500 kV, del tipo convencional aislada en aire, en configuración interruptor y medio, con un diámetro completo para dos (2) bahías de línea, un diámetro completo sin equipar para el cierre del anillo de la configuración, y espacio de crecimiento para 3 diámetros adicionales destinados al crecimiento de la subestación, la subestación se encontrará ubicada en las inmediaciones del municipio El Paso del departamento del Cesar.
- II. Construcción de dos (2) líneas circuito sencillo 500 kV desde la nueva Subestación La Loma 500 kV hasta el punto de intercepción de la línea Copey-Ocaña y su respectiva reconfiguración.

La nueva subestación La Loma 500 kV, se encuentra ubicada en las inmediaciones del municipio de El Paso, Corregimiento La Loma, en el departamento del Cesar, la

localización del lote y la subestación puede ser observado en el plano EEB-U114-CT100609-507-DIS0001, hoja 1.

La subestación será del tipo convencional, con equipos con aislamiento en aire, la disposición de equipos puede ser observada en el plano EEB-U114-CT100609-S207-DIS1200-A0, hoja 2.

2.2.1.1 Especificaciones técnicas generales

2.2.1.1.1 Parámetros del sistema

Todos los equipos a instalar en la subestación y en la línea cumplen con las siguientes características técnicas del Sistema de Transmisión Nacional:

- Tensión nominal 500 kV
- Frecuencia asignada 60 Hz
- Puesta a tierra Sólida
- Número de fases 3
- Servicios auxiliares AC 120/208V, tres fases, cuatro hilos.
- Servicios Auxiliares DC 125V
- Tipo de las Subestación Convencional.

2.2.1.1.2 Efecto Corona, Radio interferencia y Ruido Audible

Todos los equipos y los conectores deberán ser de diseño y construcción tales que, en lo relacionado con el efecto corona y radio interferencia, deben cumplir con lo establecido en el RETIE, Código de Redes y Normatividad vigente.

Para niveles máximos de radio - interferencia, se acepta una relación señal - ruido mínima de: a) Zonas Rurales: 22 dB a 80m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo y b) Zonas Urbanas: 22 dB a 40m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo.

En cuanto a ruido audible generado por la línea, deberá limitarse a los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido establecidos en Resolución 0627 de 2006 (Abril 7) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

2.2.1.2 Especificaciones para las líneas de transmisión

Las especificaciones de diseño, suministro y construcción de esta línea de conexión serán básicamente las mismas del diseño de la existente línea Copey – Ocaña 500 kV. En la Tabla 2.1, se presentan las especificaciones técnicas para las nuevas líneas de 500kV:

Tabla 2.1. Especificaciones técnicas para las líneas de transmisión

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MAGNITUD
Tensión nominal trifásica	kV	500
Frecuencia nominal	Hz	60
Número de circuitos por torre	Unidad	1
Cantidad de cables de guarda	Unidad	2
Ancho de servidumbre	M	60
Distancias de seguridad	Se debe verificar el cumplimiento del Artículo 13 del Código de Redes o RETIE donde se especifican las distancias de seguridad a los diferentes elementos presentes en el terreno así como en el cruce con otras líneas de transmisión	
Máximo campo eléctrico y campo magnético	Se debe dar cumplimiento a los límites establecidos en la Tabla 14.3 del Código de Redes o RETIE	
Niveles de Ruido Audible	Se debe dar cumplimiento a los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del MADS	

Fuente: Convocatoria UPME-01-2014

Las Estructuras, Árboles de carga, Herrajes, Cadena de aisladores, Aislamiento, Resistencia de puesta a tierra y Cimentaciones, deberán cumplir los diseños electromecánicos y eléctricos establecidos para el proyecto.

2.2.1.3 Especificación técnica para la subestación La Loma 500 kV

Una subestación es un punto dentro del Sistema de Transmisión Nacional en donde se cambian los niveles de tensión y corriente con el fin de minimizar pérdidas y optimizar la distribución de la potencia por todo el sistema.

Es además el centro donde se recibe y reparte la energía producida en las centrales generadoras, maniobrando y controlando los flujos de potencia a los diferentes centros de consumo, manteniendo los requerimientos de calidad definidos por la CREG.

2.2.1.3.1 Elementos Principales de la Subestación:

La disposición, característica y cantidad de equipo para cada subestación, depende directamente de la configuración definida por la UPME, de acuerdo con el nivel de confiabilidad requerido para la subestación en cuestión. La subestación La Loma 500 kV será en configuración interruptor y medio.

Configuración Interruptor y Medio

Se tienen tres interruptores (diámetro) por cada dos salidas. Se puede hacer mantenimiento a cualquier interruptor o barraje sin suspender el servicio y sin alterar el sistema de protección.

Una falla en un barraje no interrumpe el servicio a ningún circuito. Es segura y confiable tanto por falla en los interruptores como en los circuitos y en las barras. No es flexible porque se opera con ambas barras energizadas y todos los interruptores cerrados. El hecho de tener dos barras no significa que los circuitos puedan ser conectados

independientemente a cualquiera de ellas, como en el caso de la doble barra. La protección y el re-cierre se complican por el hecho de que el interruptor intermedio (entre dos circuitos) debe trabajar con uno u otro de los circuitos asociados. Ver plano EEB-U114-CT100609-S207-DIS1100.

En la subestación eléctrica La Loma 500 kV se encuentran además de las estructuras y soportes que facilitan la llegada y salida de las líneas, un conjunto denominado "elementos principales de la subestación". Estos elementos se clasifican en 3 categorías así:

1. Equipo de patio
2. Equipo de tablero
3. Servicios auxiliares

Equipo de patio: Son elementos constitutivos del sistema de potencia que se encuentran instalados en el patio de conexiones, generalmente a la intemperie, estando expuestos a las condiciones ambientales. Son estos:

- Transformador de Corriente (T.C).
- Transformador de Potencial (T.P)
- Transformador de Potencia
- Interruptor de Potencia (I)
- Seccionador (S) y Seccionador con cuchilla de puesta a tierra (SCPT)
- Pararrayos (PY)
- Barrajes y Estructuras.

El espacio ocupado por el conjunto de equipos pertenecientes a una misma salida de la subestación se denomina "Campo" o "Bahía", por ejemplo Campo de Línea, Bahía de Transformador, etc.

Equipos de tablero: Son todos los elementos de control, medición y protección, indicadores luminosos y alarmas, instalados en la casa de control y soportados por los tableros de la subestación. Su función es facilitar la supervisión y manejo de la subestación, por parte del operador.

Servicios auxiliares: Son todo el conjunto de instalaciones formadas por las fuentes de alimentación de corriente continua y de corriente alterna, de baja tensión que se utilizan para energizar los sistemas de control, protección, señalización, alarmas y alumbrado de una subestación, así como el sistema contra incendio. Las partes del sistema auxiliar son la siguiente:

Servicio de DC: Interruptores, tableros, baterías, alumbrado de emergencia, cargadores.

Servicio AC: Calefacción, alumbrado, aire acondicionado, ventilación, sistemas contra incendio, etc.

Otros

1. Caseta de control
2. Malla de tierra
3. Sistema de apantallamiento.

La Tabla 2.2. , presenta las características de la subestación La Loma 500 kV y la infraestructura que hace parte del proyecto.

Tabla 2.2. Especificaciones técnicas para la subestación La Loma

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Número de cortes centrales a instalar	1
Número de bahías de línea a instalar	2
Número de bahía de transformación a instalar	0

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

2.2.1.4 Espacios de reserva

La Subestación La Loma 500 kV incluirá espacios de reserva para:

- La futura instalación de tres (3) diámetros completos para seis (6) bahías a 500 kV. Todas las bahías podrán ser utilizadas para la conexión de líneas o módulos de transformación. Por lo tanto, deberá dejarse espacio suficiente para la instalación de reactores inductivos de línea con sus equipos de maniobra, para cada línea futura, o para la instalación de bancos de transformación.
- La instalación de dos (2) nuevos bancos de transformación para la conexión al STR al STN y una subestación a 110 kV al menos con dos (2) bahías de transformación y cuatro (4) de línea.

2.2.1.5 Sistemas de protección

Los equipos de protección que serán instalados cumplen con las partes pertinentes establecidas en la publicación IEC 60255 “Electrical relays”, en la IEC 60870 “Telecontrol equipments and systems” y en el caso de los registradores de falla, los archivos de datos utilizarán el formato COMTRADE (Common Format for Transient Data Exchange), recomendación IEEE C37.111.

En todo caso se dará cumplimiento a los requisitos de las protecciones según la Resolución CREG 025 de 1995, incluyendo sus modificaciones o actualizaciones.

2.2.1.6 Sistema de automatización y control de la subestación

Todos los equipos del sistema de automatización deberán cumplir con las norma IEC.

La Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., garantizará que la arquitectura del Sistema de Automatización permita la ampliación a medida que se expandan las Subestaciones y que sin cambios fundamentales en su arquitectura, permita cambios en

la funcionalidad, hardware y software; también garantizará que el Sistema inter - opere (capacidad de intercambiar y compartir recursos de información) con IEDs de diversos fabricantes, razón por la cual deberán utilizarse protocolos abiertos.

Los switches o concentradores de datos de la red de control, serán adecuados para operar en ambientes industriales y cumplir con los siguientes requisitos:

- Cumplir con IEEE 1613 standard - "error free" networking device
- Cumplir con IEC 61850 - standard for networks in substations
- Incluir las siguientes características de red:
 - ✓ IEEE 802.1d, message prioritization y rapid spanning tree en MAC Bridges
 - ✓ IEEE 802.1q VLAN
- Tener funciones de administración SNMP v2 y RMON.
- Soportar las condiciones de estabilidad bajo las condiciones de prueba descritas en las normas IEC 60068

En caso de alguna discrepancia en las normas antes mencionadas, prevalecerá la más exigente.

2.2.1.7 Registradores de fallas

Los registradores de falla deberán programarse de manera que al ocurrir una falla, la descarga del archivo con los datos de la falla, se realice automáticamente a un equipo de adquisición, procesamiento y análisis, en el cual se realizará la gestión de los registros de falla provenientes de equipos instalados en las bahías del Proyecto, incluyendo almacenamiento, despliegue, programación e interrogación remota, cumpliendo con lo establecido en el Código de Redes CREG 025 de 1995, en su última revisión.

2.2.1.8 Interfaz hombre - máquina IHM de la subestación

El sistema de supervisión local debe efectuar el monitoreo y control del proceso a través de una IHM conformada básicamente por computadores industriales y software tipo SCADA.

Las pantallas o monitores de IHM deben ser suficientemente amplias para mostrar la información del proceso. Toda la información, se debe desplegar, almacenar, filtrar, imprimir en los mismos dispositivos suministrados con el sistema de medida, control y supervisión de la Subestación, la cual debe tener como mínimo las siguientes funciones:

- Adquisición de datos y asignación de comandos.
- Auto - verificación y auto - diagnóstico.
- Comunicación con el Centro de Control de la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., ubicado en la ciudad de Bogotá D.C.
- Comunicación con la red de área local.

- Facilidades de mantenimiento.
- Facilidades para entrenamiento.
- Función de bloqueo.
- Función de supervisión.
- Funciones del Controlador de Subestación a través del IHM.
- Guía de operación.
- Manejo de alarmas.
- Manejo de curvas de tendencias.
- Manejo de mensajes y consignas de operación.
- Marcación de eventos y alarmas.
- Operación de los equipos.
- Programación, parametrización y actualización.
- Reportes de operación.
- Representación visual del proceso mediante despliegues de los equipos de la Subestación, incluidos los servicios auxiliares y las redes de comunicaciones.
- Secuencia de eventos.
- Secuencias automáticas.
- Selección de los modos de operación, local, remoto y enclavamientos de operación.
- Supervisión de la red de área local.

2.2.1.9 Malla de puesta a tierra y apantallamiento

2.2.1.9.1 Malla de puesta a tierra:

El objetivo fundamental de la malla de puesta a tierra en la subestación La Loma 500 kV es:

- Evitar tensiones peligrosas entre estructuras, equipos y el terreno durante cortocircuitos a tierra o en condiciones normales de operación que puedan afectar a las personas o equipos de la subestación.
- Evitar descargas eléctricas peligrosas en las personas, durante condiciones normales de funcionamiento.
- Proporcionar un camino a tierra para las corrientes inducidas.
- Permitir la conducción a tierra de cargas estáticas o descargas eléctricas atmosféricas.
- Limitar las tensiones por maniobras.

La malla de puesta a tierra está conformado por un cable de cobre desnudo, generalmente de calibre 4/0 (107 mm²); armado en forma de cuadrícula y sobre la cual se conectan todas las estructuras los equipos de patio por medio de derivaciones o “colas” en cable desnudo con calibre 4/0. La malla de puesta a tierra está formada por los siguientes elementos:

- Cable de cobre desnudo 4/0.
- Varilla de acero con recubrimiento en cobre con diámetro de 5/8” y de 2.4 m de largo.
- Conexión en T y X con soldadura exotérmica.

Para el diseño de la malla de puesta a tierra en la subestación La Loma 500 kV se tuvo en cuenta:

- La resistividad del terreno donde se va a construir la subestación La Loma 500 kV. El método utilizado para determinar la resistividad del terreno fue empleando el método de Wenner o método de los cuatro puntos. Se siguieron los parámetros de la normal IEEE Std 81-2012, Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.
- La resistencia del conductor que conecta los equipos a la malla de tierra.
- El diámetro del conductor debe tener la capacidad de soportar las Corrientes circulantes o la máxima corriente de falla que se pueda presentar en el sistema.
- Tensiones de paso: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).
- Tensión de contacto: Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.
- Se aplicaron los parámetros indicados por la norma Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Ministerio de minas y energía, Resolución N° 90708 de Agosto 30 de 2013, ICONTEC, NTC 2050 Código eléctrico Colombiano, ICONTEC, 2002 y la norma IEEE Std 80-2000, Guide for Safety in AC Substation Grounding.

METODOLOGÍA: La metodología empleada para el diseño de la malla de puesta a tierra de la subestación La Loma 500 kV es descrita a continuación:

- a) Mediciones de resistividad: En el “Estudio de Resistividad del Terreno” se presentan los resultados del modelo de las dos capas en el lote donde se construirá la subestación La Loma 500 kV.
- b) Modelado de la malla de puesta tierra: Con base en el plano “Disposición física – Vista en planta general” de la subestación La Loma 500 kV, se trazan retículas interiores de acuerdo a la ubicación de los equipos y estructuras de la subestación, teniendo en cuenta el tipo de conductor y la resistividad del terreno. Haciendo uso del programa “IEB Malla” se simula la malla para así obtener el valor de resistencia de puesta a tierra.
- c) Simulación del sistema: Se utilizó la base de datos que tiene XM del Sistema de Transmisión Nacional (STN). Se realiza una simulación de cortocircuito en la subestación La Loma 500 kV con el fin de obtener los valores de cortocircuito proyectados en la fecha de entrada en servicio del proyecto y con un horizonte de 5 años (2020). En el caso de estudio se consideró el escenario de cortocircuito máximo.
- d) Modelado del sistema: Se modela la subestación y los diferentes aportes de cortocircuito de las subestaciones vecinas en estado estable del sistema y las líneas de transmisión que se conectan a la subestación. También se consideran

las resistencias de puesta a tierra de las torres de las líneas y subestaciones cercanas al proyecto.

- e) Análisis de fallas eléctricas desbalanceadas: Se hace el análisis de las fallas desbalanceadas que pueden presentarse. Se busca con esto determinar el valor crítico de Ground Potential Rise (GPR), el cual servirá para la evaluación de las tensiones de contacto y paso.
- f) Verificación de tensiones de contacto y paso tolerables por el ser humano: De acuerdo con la información topológica y configuración de la malla de puesta a tierra, con los datos de resistividad del terreno, se realiza la evaluación de las tensiones de contacto y paso a lo largo del área de la malla y se determina si estos son inferiores a los máximos tolerables de acuerdo a lo indicado en el RETIE.

En la Foto 2.1 se observa como es el procedimiento constructivo de la malla de puesta a tierra:



Foto 2.1. Procedimiento constructivo de la malla
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

- Se efectúa una perforación a 50 cm del nivel de suelo.
- La ruta de perforación va de acuerdo a la ubicación de los equipos de patio, caseta de redes y edificio de control.
- Posterior a la perforación se tiende el cable de cobre desnudo de calibre 4/0.
- Se arma la cuadrícula según lo indique el diseño.
- El armado de la malla se efectúa por medio de uniones electrosoldadas.
- Para mejorar la resistencia de la malla de puesta a tierra se entierran varillas de cobre, según diseño.
- Se dejan extensiones de cable para la conexión a las estructuras metálicas y los equipos de potencia.

2.2.1.9.2 Apantallamiento:

El objetivo del apantallamiento de la subestación La Loma 500 kV es proporcionar la protección adecuada a los equipos contra el impacto directo por rayos o descargas atmosféricas.

Diseño: Para determinar el número de rayos que impactan en la zona se utiliza el mapa de nivel cerámico tomado de las investigaciones efectuadas por la universidad Nacional de Colombia, el cual se observa en la Figura 2.2. El mapa indica que en la zona donde se construirá la subestación La Loma 500 kV impactan aproximadamente 10 rayos anuales lo que significa que la probabilidad de impacto de un rayo directo sobre la subestación excede el 98%, por lo tanto al presentarse una alta probabilidad de descargas con magnitudes perjudiciales se requiere un sistema de apantallamiento, con el cual se protejan los elementos susceptibles a daños físicos por el efecto de los rayos en el patio de conexiones, casa de control y caseta de redes.

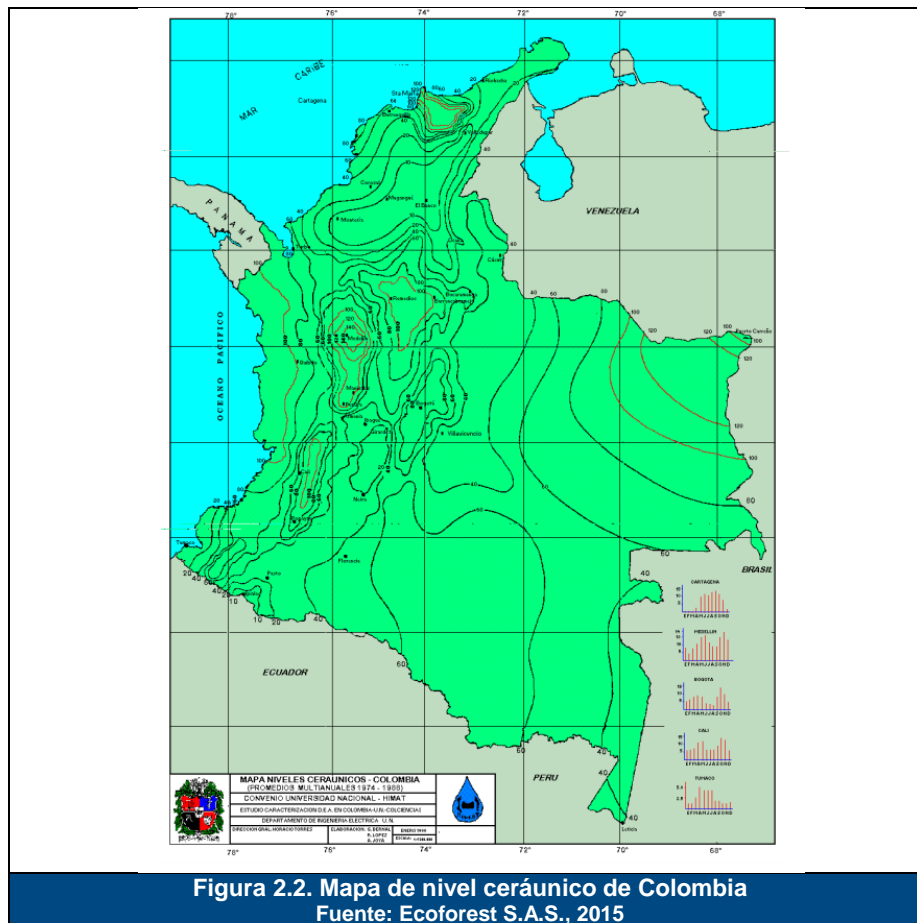


Figura 2.2. Mapa de nivel cerámico de Colombia
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

Para el diseño del apantallamiento se basa en las siguientes normas:

- REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE
- IEEE GUIDE FOR SAFETY IN A.C. SUBSTATION GROUNDING. ANSI/IEEE Std. 80 - 2000.
- STANDARD FOR THE INSTALLATION OF LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS. ANSI/NFPA 780 - 2008.
- PROTECTION OF STRUCTURES AGAINST LIGHTNING. IEC 1024 -1993.
- IEEE GUIDE FOR DIRECT LIGHTNING STROKE SHIELDING OF SUBSTATIONS. IEEE Std. 998 - 1996.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS. NTC 4552 – 2008

La norma NTC 4552 indica que se debe efectuar un estudio de riesgo para determinar si es necesario efectuar un SIPRA “Sistema de Protección contra Rayos”. Al efectuar este análisis se determina que el de riesgo de pérdida de vida humana y servicio público de las edificaciones debido a descargas atmosféricas directas a la estructuras y en la cercanía de estas presenta riesgo no tolerable –de $80,0 \times 10^{-5}$, por lo tanto es necesario implementar un sistema de protección contra rayos o apantallamiento. Para efectos del cálculo del riesgo se consideran elementos captadores, puntas Franklin sobre el edificio de control y cables de guarda sobre la caseta de relés, los cuales minimizan los daños debido a los efectos de las descargas atmosféricas, en el área de atracción de la cercanía a la caseta misma. Tanto los riesgos por exposición a descargas directas a la estructura como en la cercanía –sistemas de alimentación, fuerza, control y comunicaciones– disminuyen a valores aceptables si y solo si se implementan sistemas de protección interna, como lo son:

- Sistema de protección contra sobretensiones debidamente coordinado.
- Cableado de potencia, control, protección y telefonía y datos con pantalla de baja impedancia.
- Pantalla conectada al barraje equipotencial de las edificaciones.

Sistema de Protección contra rayos en el patio de la subestación La Loma 500 kV:

El sistema de protección contra rayos en el patio de la subestación La Loma 500 kV está conformado por el cable de guarda que forma una red ubicada a la altura de los castilletes de los pórticos y de la primera torre de la salida de líneas, que actúa como blindaje para proteger las partes energizadas de la subestación ante las descargas atmosféricas directas, reduciendo la probabilidad del impacto de una descarga atmosférica sobre los conductores de fase o los equipos de potencia que conforman la subestación. La red de cables de guarda actúa como complemento del sistema de tierra.

Todos los bajantes que conforman el sistema de apantallamiento estarán conectados a una varilla de puesta a tierra; ésta servirá como elemento disipador de la corriente de rayo a través del terreno. Las varillas de puesta a tierra se conectarán al sistema general de puesta a tierra de la subestación.

Para determinar la ubicación de esta red se utiliza el método gráfico denominado diseño Electro-geométrico descrito en la NTC 4552. Con esta metodología se determina el manto de protección que hace los cables de guarda en la subestación.

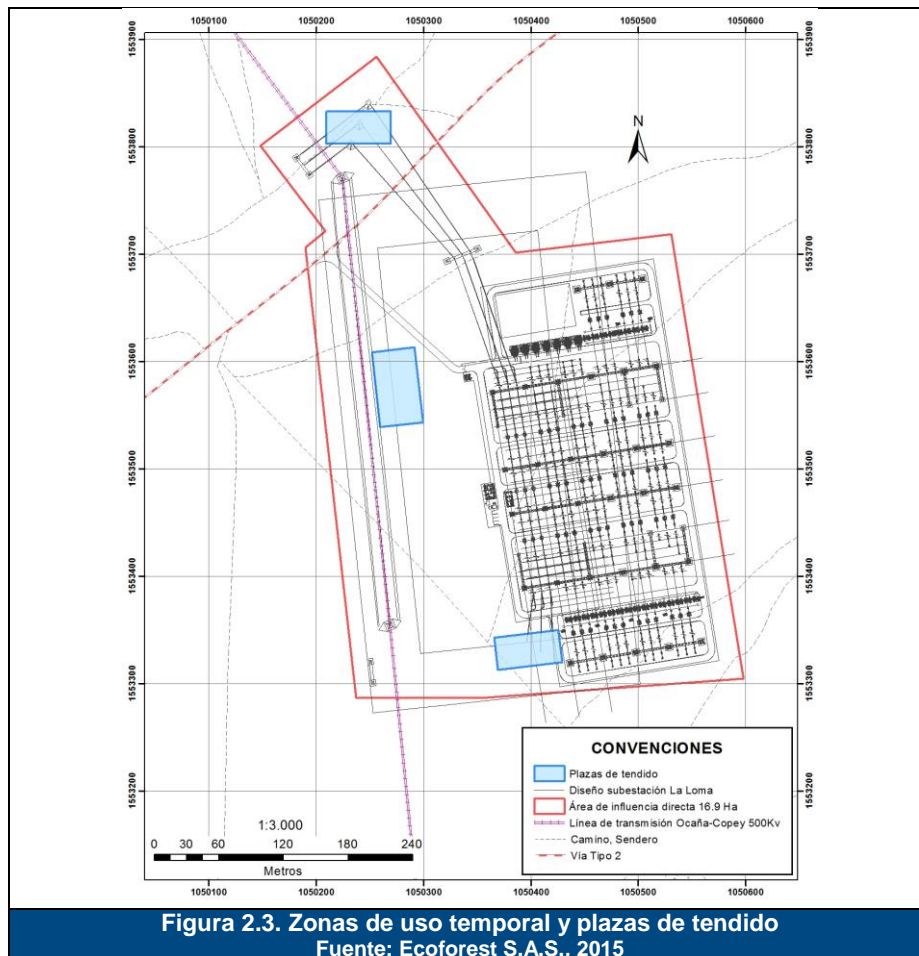
Sistema de Protección contra rayos en el Edificio de Control de la subestación La Loma 500 kV: Está protegido por elementos captadores o Puntas Franklin, ubicados en las esquinas del edificio de tal manera que ofrezcan protección a toda el área del edificio de control.

Sistema de Protección contra rayos para las casetas de relés de la subestación La Loma 500 kV: Estas se encuentran en el área de protección que proporcionan los cables de guarda, por lo tanto no es necesaria la implementación de sistemas de protección externos dedicados; sin embargo para mayor seguridad ante las posibles corrientes circulantes producidas por las descargas atmosféricas, las casetas se protegen por una red completa denominada jaula de Faraday. Esta jaula también cumple la función de protección ante posibles interferencias electromagnéticas que pueden afectar el funcionamiento de los relés.

2.2.1.10 Zonas de uso temporal y plazas de tendido:

Las zonas de uso temporal para la construcción del proyecto se muestran en la Figura 2.3. Estas son áreas que se localizan dentro del AID del Proyecto y tienen como fin el almacenamiento de materiales de construcción, tanto de la subestación como de las líneas de conexión. Estas zonas son planas, no tienen árboles, el suelo es estable sin procesos de erosión. Para su adecuación y operación no requieren descapote ni movimientos de tierra. El manejo de las mismas se incluye en el PMA en la ficha Sz-t-

Las plazas de tendido son dos, como se muestra en la y se localizan estratégicamente para permitir el ingreso de los carretes y el freno para la actividad de tendido del cable. Tienen las mismas condiciones que la zona de uso temporal, es decir, son zonas planas, desprovistas de árboles, de suelo estable y que no requieren movimiento de tierra para su funcionamiento. Se usaran por poco espacio de tiempo mientras dura la actividad del tendido de cable, como se muestra en la Foto 2.2



2.2.1.11 Especificaciones para la puesta en servicio del proyecto

Todos los equipos suministrados y montados deben ser sometidos a pruebas en campo tanto de aceptación para recepción, como individuales, funcionales, de puesta en servicio y de energización de acuerdo con lo especificado por los fabricantes, la normatividad vigente y los requisitos del Centro Nacional de Despacho CND.

Los registros de todas las pruebas (aceptación para recepción, individuales, funcionales, de puesta en servicio y de energización) se consignarán en el documento “Protocolos de Pruebas” de tal forma que la Interventoría pueda verificar el cumplimiento de los requisitos de la Regulación vigente y de las normas técnicas aplicables; por ejemplo: que se cumplen los enclavamientos y secuencias de operación tanto de alta tensión como de servicios auxiliares, que los sistemas de protección y control cumplen con la filosofía de operación en cuanto a polaridades, acciones de protecciones y demás.

2.2.1.11.1 Pruebas de puesta en servicio

La Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., efectuará las siguientes pruebas, cumpliendo con las normas técnicas aplicables y los requerimientos del CND, vigentes:

- Direccionalidad de las protecciones de línea.
- Medición y obtención de los parámetros y las impedancias de secuencia de las líneas asociadas.
- Fallas simuladas monofásicas, trifásicas, cierre en falla con el fin de verificar el correcto funcionamiento de las protecciones, registro de fallas, telecomunicaciones, gestión de protecciones.
- Pruebas de conexión punto a punto con el CND.

2.2.1.11.2 Pruebas de energización

La Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., será responsable por la ejecución de las pruebas de energización. Los Protocolos de las pruebas de energización deben ser verificados para los fines pertinentes por la Interventoría.

La operación del sistema instalado en la Subestación La Loma será realizada de acuerdo con el Código de Operación del Sistema Interconectado Nacional (Resolución CREG 28025 de 1995 y sus actualizaciones) y demás regulación de la CREG que sea aplicable.

2.2.2 Duración de las obras, etapas y cronograma de ejecución

En la Figura 2.3, se observa el cronograma establecido por la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., para el desarrollo de la etapa de construcción de la subestación La Loma y sus líneas de conexión al Sistema de Transmisión Nacional, previsto para un periodo de ejecución de 16 meses.

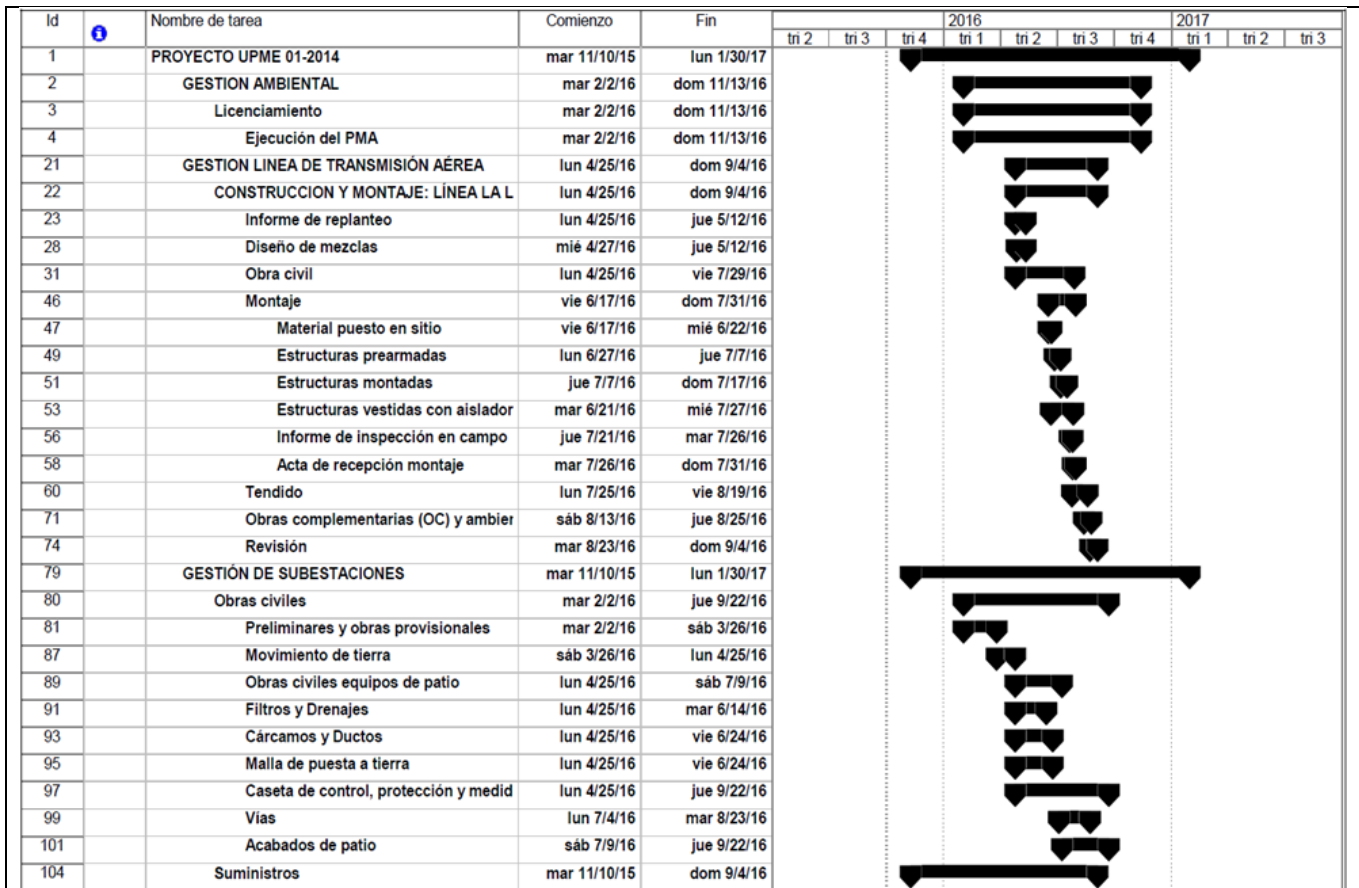


Figura 2.4. Cronograma para la construcción de la Subestación La Loma y sus líneas de conexión
 Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

La etapa de operación de la subestación La Loma se proyecta para un periodo de 25 años, el mantenimiento de la subestación y las líneas de conexión se desarrollará periódicamente de 1 a 2 veces por año de acuerdo con las necesidades.

2.2.3 Costo total del proyecto y costo de operación

El costo estimado para la etapa de construcción de la subestación La Loma y sus líneas de conexión al Sistema de Transmisión Nacional, se pueden observar en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Descripción de las actividades constructivas

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	COSTO APROXIMADO
Suministro de equipos de la subestación	COP \$20.221.195.525
Obras civiles y montaje Subestaciones	COP \$13.914.104.470
TOTALES	COP \$34.135.299.995

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

2.2.4 Necesidad de recursos naturales, sociales y culturales

2.2.4.1 Uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables

El proyecto requiere del uso de los siguientes recursos naturales renovables:

- **Abastecimiento de agua:** Para la etapa de construcción del proyecto, se proyecta realizar la compra del agua cruda necesaria, en el acueducto municipal de Valledupar, en primera instancia, o el que en momento de ejecución de las obras tenga la capacidad de suministrar el recurso. Durante la etapa de operación y mantenimiento, el proyecto mantendrá de manera permanente a un operario y un vigilante al interior de la subestación, los cuales se abastecerán de agua potable comprada en botellones. Se diseñará una red de abasto de agua que suministre al edificio de control y portería de la subestación; esta red será abastecida por un tanque de almacenamiento y su dimensión dependerá de la demanda que la subestación requiera, será abastecido por medio de carro tanques y desde este se abastecerá todos los aparatos sanitarios por gravedad, la ubicación del tanque será definida en la etapa de detalle, pero una posible ubicación para estos elementos es al lado del edificio de control facilitando la conexión de los baños y la cocineta. Durante la etapa de operación de la subestación se almacenará agua en un tanque enterrado el cual tendrá capacidad para suplir de agua la subestación durante un periodo mínimo de 20 días hábiles, pasado este tiempo el tanque deberá ser llenado mediante carrotanque proveniente del acueducto municipal.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, el proyecto no realizará solicitud de Permiso de Captación de Aguas Superficiales. Dentro de los Informes de Cumplimiento Ambiental se presentarán los soportes relacionados con la compra del agua necesaria para las etapas de construcción y operación del proyecto, en alguno de los acueductos anteriormente mencionados. De esta manera el proyecto no realizará captación directa de aguas superficiales o subterráneas y por lo tanto no se solicitará dicho permiso dentro del presente estudio.

- **Vertimientos:** Para la etapa de construcción no se proyecta la construcción de campamentos ni casinos; el manejo de las aguas residuales domésticas se realizará mediante el uso de baños portátiles instalados en los diferentes frentes de obra y su tratamiento y disposición será realizada directamente por el proveedor de los baños portátiles. Para la etapa de Operación y Mantenimiento, se realizará el tratamiento de las aguas residuales domésticas provenientes de las áreas de servicio del edificio de control de la subestación (Cocineta y baños), mediante un sistema séptico conformado por tuberías de descarga, una trampa de grasas, un tanque séptico y un filtro anaeróbico de flujo ascendente FAFA y un sistema de disposición final del efluente.

Para la disposición final del agua residual se realizará un campo de infiltración. Este estará ubicado entre la portería y el edificio de control considerando los criterios dados por las normas para su sitio, respetando el lindero de la subestación (coordenadas: Este: 1.050.354,668; Norte: 1.553.543,136). En el plano EEB-U114-CT100609-507-

DIS0001, hoja 4 Anexo 8 Diseños de la Subestación, se presenta la ubicación del el campo de infiltración, el cual será validado como resultado de los diseños detallados.

➤ **Aprovechamiento forestal:**

Dentro de las actividades de construcción del proyecto se realizará la adecuación de los sitios de intervención para lo cual se requerirá realizar aprovechamiento forestal. Para esto, se llevó a cabo un inventario forestal al 100% de fustales y una muestra para latizales en un área de 16,9 ha que corresponde al AID del proyecto. Las coberturas presentes están representadas en su mayoría por pastos arbolados en un 82,97% (14,02 ha) y pastos limpios en un 14,98% (2,53 ha).

Del inventario forestal realizado se encontró que en total será necesario intervenir 129 individuos, agrupados en 14 especies, el volumen total de aprovechamiento de los árboles a intervenir es de 22,31 m³. En la siguiente Tabla 2.4 se relacionan los individuos a aprovechar.

Tabla 2.4. Número de individuos a aprovechar por especie

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	N° IND	VOLUMEN TOTAL (m ³)
Peralejo hembra	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.)	38	1,197
Palo Prieto	<i>Chrysophyllum euryphyllum</i> T.D.Penn.	34	0,960
Palma de vino	<i>Attalea butyracea</i> (Mutis ex L.f.)	14	17,104
Trébol	<i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.)	1	0,027
Papayote	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	9	0,567
Algarrobo	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	0,133
Corazon fino	<i>Platymiscium hebestachyum</i>	6	0,304
Polvillo	<i>Tabebuia ochracea</i> A.H. Gentry	9	0,568
Hueva berraco	<i>Tabernae montanacymosa</i> Jacq	2	0,114
Puy	<i>Tabebuia billbergii</i> (Bureau & K.Schum.) Standl	3	0,253
Aceituno	<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng	2	0,391
Sangregado	<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	6	0,330
Matapalo	<i>Ficus maxima</i> Mill	2	0,102
Totumo	<i>Crescentia cujete</i> L.	2	0,261
TOTAL		129	22,31

Los detalles de volúmenes, clases diamétricas, número de individuos se presentan en el capítulo 4 del presente estudio.

Ocupación de cauces: El proyecto no contempla la ocupación de ningún cauce para la construcción de la subestación y su vía de acceso, ni para la construcción de las líneas de conexión asociadas.

2.2.4.2 Alternativas para cruces de cuerpos de agua

Dentro de las actividades de construcción de la nueva vía de acceso a la subestación se requerirá la intervención de un canal artificial de drenaje de aguas de escorrentía, para lo cual, según las características particulares del cruce tales como ancho del cauce,

profundidad del mismo, tipo de flujo, caudal, clase de material del subsuelo, etc., se seleccionó como la mejor alternativa la construcción de un box culvert, que permita el flujo normal de las aguas lluvias.

2.2.4.3 Alternativas de sitios para obtención de materiales de construcción

Para la construcción de la vía de acceso a la subestación, la construcción de la cimentación de las torres de las líneas y las obras civiles necesarias para la construcción de la subestación, se requerirá el uso de materiales pétreos y de agua.

El material de construcción requerido será comprado en fuentes que cuenten con título minero y licencia ambiental vigentes.

Las fuentes de materiales identificadas que pueden proveer los materiales de construcción que requiere el proyecto, se relacionan en el Capítulo 4 del presente estudio en lo referente a demanda de materiales de construcción.

2.2.4.4 Drenajes y obras existentes que resultarían afectados por su ocupación o desviación

El proyecto solo realizará intervención sobre el canal de drenaje paralelo a la vía El Cruce – Ferrocarril - Santa Marta, cuyas características se aprecian en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Ubicación del Box culvert

CORRIENTE	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS MAGNA SIRGAS	OBRA TÍPICA A CONSTRUIR
Canal de drenaje paralelo a la Vía El Cruce – Ferrocarril - Santa Marta		1.050.242 E 1.553.725 N	Box culvert en concreto

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

El canal de drenaje de la vía pavimentada en los terrenos aledaños al sitio en el cual será construida la subestación La Loma 500 kV, no posee una sección hidráulica constante, se trata de una concavidad del terreno que conduce las aguas lluvias por pendientes hacia una alcantarilla que atraviesa la vía pavimentada y entrega las aguas al terreno natural.

2.2.4.5 Sitios de disposición de sobrantes de excavación

De acuerdo con las actividades a desarrollar en la etapa constructiva del proyecto, tanto para la subestación La Loma 500 kV y su vía de acceso, como en la instalación de torres de transmisión y el tendido de la línea de transmisión, no se proyecta la necesidad de contar con sitios para la disposición de sobrantes de excavación basados en las siguientes consideraciones:

- Los sitios de torre a instalar requerirán de una excavación promedio de 60 a 80 m³ por cada torre. El material excavado se almacenará temporalmente en sectores cercanos a cada torre con el fin de utilizarlo para la reconfiguración del terreno en los sitios de torre, una vez finalizadas las actividades de fundación.
- En los patios de tendido de cable no se contempla la realización de excavaciones, reconfiguración del terreno, desmonte ni descapote, de esta manera no se presentarán sobrantes de excavación en estos sitios.
- En la franja de servidumbre solo se adelantarán actividades de desmonte y rocería, no presentándose sobrantes de excavación.
- Para la construcción de la subestación La Loma 500 kV, se proyecta utilizar un sistema de corte y relleno compensado, por lo cual se estima un volumen de material de excavación de 36.000 m³ y un volumen de lleno aproximadamente de 120.000m³. Se anexa el plano Adecuación de Terreno
- Para la construcción de la subestación se tienen previstos 1.000 m³ de grava para la mezcla de concretos y 750 m³ para grava de patio.

Los sobrantes de excavación generados por el proyecto serán manejados a través de la adecuación de sitios temporales de almacenamiento y reutilización. La disposición final de los sobrantes provenientes de la excavación en la zona donde se construirá la Subestación La Loma 500 kV y de la excavación para la cimentación de las torres, que no pueda ser aprovechado para rellenos, se deberá realizar en escombreras de la zona que cuenten con las Licencias correspondientes para su funcionamiento.

En la zona donde se construirá la Subestación La Loma, no se encontraron escombreras autorizadas para disponer estos sobrantes. Sin embargo, en el departamento del Cesar se encontraron dos empresas que pueden realizar las actividades de recolección, transporte y disposición final de los sobrantes de excavación.

La primera es la empresa ASEOUPAR S.A. E.S.P., quien presta sus servicios a la ciudad de Valledupar, además de los municipios de Codazzi, La Jagua de Ibirico, Pueblo Bello y La Paz. La disposición final de los residuos la realiza dicha empresa en el Relleno Sanitario Los Corazones, ubicado aproximadamente a 7 Km del casco urbano de la ciudad de Valledupar, a una distancia aproximada de 150 Km al norte del corregimiento La Loma de Calenturas

Otra alternativa es la empresa ASEO URBANO S.A.S. E.S.P., quien presta sus servicios a los municipios de Aguachica, Pelaya, Pailitas, Curumaní, San Alberto, Gamarra, La gloria, Tamalameque, El Carmen de Chucurí, El Carmen y La Esperanza de Norte de Santander,

Río de Oro, San Martín, Ayacucho, Sabana de Torres, Barrancabermeja y El Banco Magdalena. La disposición final de los residuos la realiza dicha empresa en el Relleno Sanitario Las Bateas, ubicado aproximadamente a 5 Km del casco urbano del municipio de Aguachica, a una distancia aproximada de 180 Km al sur del corregimiento La Loma de Calenturas.

2.2.4.6 Demanda de bienes y servicios sociales, incluida mano de obra

La ejecución de actividades a través de las diferentes etapas del proyecto, generará una necesidad de contratación de personal especializado y no especializado, el cual variará su ocupación de acuerdo con las actividades que se estén desarrollando.

El personal especializado incluye profesionales y operarios calificados y está compuesto principalmente por ingenieros o profesionales técnicos profesionales que poseen un grado de conocimiento y experiencia específica en el desarrollo de actividades para este tipo de proyectos; entre este tipo de personal se encuentran jefes de equipos, supervisores, linieros, electricistas, técnicos y operarios de maquinaria.

El personal no calificado, se contratará en la región de influencia del proyecto de acuerdo con las políticas de contratación tanto del contratista de obras civiles como de la EEB, generalmente no cuenta con un entrenamiento previo, ni experiencia en proyectos y/o actividades de la industria, por cuanto su ocupación se distribuirá en labores bajo supervisión de personal calificado.

Se buscará que los trabajadores no calificados cumplan turnos diarios que no excedan la jornada máxima laboral permitida, pero con disponibilidad de 24 horas al día debido a la naturaleza de las labores. En el caso en que la EEB lo considere conveniente, su rotación será periódica, con el fin de ofrecer mayores oportunidades de empleo a la comunidad de la región. Se exigirá a los contratistas otorgar a todo el personal los beneficios y prestaciones laborales legales vigentes, incluyendo la entrega de elementos de dotación personal y de seguridad industrial, así como la capacitación y entrenamiento en programas de seguridad industrial, medio ambiente y salud ocupacional.

También se requerirá para la construcción de la subestación y de las líneas de transmisión, la utilización de maquinaria pesada y maquinaria menor.

En la Tabla 2.6 se presentan los requerimientos de personal distribuido entre funciones administrativas y operativas para la construcción de obras civiles necesarias para la instalación de las líneas de transmisión y la construcción de la subestación La Loma 500 kV. La cantidad de personal presentado es estimado y puede variar de acuerdo a las condiciones específicas de la actividad, en función de las obras a realizar en un momento determinado.

Tabla 2.6. Requerimientos de mano de obra necesaria para la construcción del proyecto

PERSONAL	CANTIDAD MANO DE OBRA	CANTIDAD MAQUINARIA
Ingeniero Civil, Residente de Obra Contratista	1	
Ingeniero Civil, Interventor Técnico Administrativo	1	
Ingeniero Civil Supervisor HSE Contratista	1	
Ingeniero Civil, interventor ambiental o HSE	1	
Topógrafo Contratista	1	
Cadeneros Contratista	3	
Laboratorista de Campo	1	
Almacenista de Obra	1	
Inspector de Interventoría	3	
Topógrafo Interventoría	1	
Cadeneros Interventoría	2	
Operario Retroexcavadora	2	2
Operario de Vibro – Compactador	2	2
Operario de buldózer	1	1
Operario de Motoniveladora	1	1
Conductor de volqueta	10	10
Oficial de Construcción	6	
Ayudante de Construcción	22	
TOTAL PERSONAL	60	16

Fuente: Ecoforest SAS, 2015.

Para la etapa de operación de la subestación, se requerirá únicamente de un operador y un vigilante y eventualmente el ingreso de personal de mantenimiento en un número cercano a las 10 personas.

2.2.4.7 Asentamientos humanos e infraestructuras sociales, culturales y económicas a intervenir

Dado que en el AID del proyecto no existen viviendas u otro tipo de construcción habitacional o comercial, la construcción del mismo no afecta este tipo de infraestructura, tampoco ninguna de carácter social o cultural. La mayoría de las actividades a desarrollar en la construcción del proyecto se realizarán al interior del predio que será adquirido por La Empresa para la construcción de la subestación, así como en la franja de la servidumbre de los dos predios que son afectados, sin que se requiera la afectación de la infraestructura de otros predios vecinos.

Tanto la subestación como las líneas de conexión estarán ubicadas en coberturas de pastos arbolados, los árboles ubicados dentro de esta cobertura serán objeto de aprovechamiento forestal.

2.2.5 Estructura organizacional de la empresa

2.2.5.1 Misión, visión y valores corporativos de la Empresa de Energía de Bogotá

“Somos un Grupo Empresarial con capital mayoritariamente público, que genera valor económico, social y ambiental a sus accionistas, a Bogotá D.C. y demás grupos de interés, a través de la participación relevante en el sector energético

nacional e internacional, con responsabilidad global, prácticas de clase mundial y con un equipo humano comprometido, innovador y eficiente.”

Visión

- Ser reconocida como un Grupo líder en sostenibilidad y como modelo en generación de valor económico, social y ambiental
- Grupo situado en el primer nivel de valor accionario
- Primer grupo empresarial en transporte energético
- Distribuidor más competitivo de gas natural en Perú
- Entre las primeras 5 empresas transmisoras de electricidad en América
- Contar con participación articulada y estratégica en actividades de la cadena de energéticos y servicios asociados

Valores corporativos

- **Transparencia:** Realizamos nuestra gestión de forma objetiva, clara y verificable.
- **Respeto:** Interactuamos reconociendo los intereses colectivos, la diversidad individual, la sostenibilidad de los recursos naturales y la institucionalidad.
- **Equidad:** Procedemos con justicia, igualdad e imparcialidad, buscando un impacto social positivo e inclusivo.
- **Integridad:** Actuamos con firmeza, rectitud, honestidad, coherencia y sinceridad.

2.2.5.2 Política ambiental y estructura organizacional

La política ambiental de la EEB, establece los lineamientos con los que sus empresas se comprometen a orientar su gestión hacia un desarrollo ambientalmente sostenible, incorporando objetivos de ecoeficiencia en su desempeño energético, gestión de residuos y consumo de agua, así como la protección de la biodiversidad y gestión del cambio climático.

La Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., entiende que la operación de sus negocios genera riesgos e impactos ambientales, para lo que establece herramientas de gestión alineadas al desarrollo sostenible en los países donde opera.

2.2.5.2.1 Declaración de compromiso

La Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., declara su compromiso ambiental para lo cual planea, diseña, construye, mantiene y desmantela su infraestructura administrativa y operativa en armonía con el medio ambiente, cumpliendo con la normatividad aplicable, los acuerdos voluntarios adoptados y el desarrollo de estrategias de comunicación, innovación y relacionamiento con sus grupos de interés.

2.2.5.2.2 Marco de actuación

Reconociendo que el cambio climático es una realidad global que implica una visión y gestión integral del entorno, y con el propósito de cumplir el compromiso establecido en la política ambiental de la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., las filiales del portafolio con control del Grupo de Energía de Bogotá:

- Establecen dentro de sus sistemas de gestión (ambiental y energética), mecanismos que contribuyen a la permanente identificación y evaluación de los impactos ambientales, derivados de los procesos de construcción, operación y desmantelamiento de su infraestructura, para lo cual desarrolla estrategias de prevención, mitigación, control y compensación de los mismos.
- Adoptan la política ambiental a través de una declaración de compromiso, acorde a su naturaleza, magnitud e impactos ambientales de su operación.
- Realizan un análisis periódico de su huella ecológica (desempeño energético, consumo de agua, generación de residuos, inventarios de gases efecto invernadero – GEI), y generan acciones con miras a la ecoeficiencia.
- Planifican sus sistemas de gestión bajo el enfoque de mejora continua, para lograr los objetivos de ecoeficiencia en su desempeño energético, gestión de residuos, consumo de agua, protección de la biodiversidad y cambio climático.
- Aseguran que en la estrategia de negocio y en las decisiones de inversión se evalúen y tomen en consideración variables ambientales como desempeño energético, gestión de residuos, consumo de agua, protección de la biodiversidad y cambio climático.
- Desarrollan sus operaciones en el marco del respeto a la diversidad territorial, social, normativa y biológica y al patrimonio arqueológico, histórico y cultural de los países en los que tiene presencia.
- Promueven en su cadena de valor y en sus grupos de interés la alineación a la política ambiental a través del desarrollo de acciones de comunicación, información y formación.
- Generan planes de acción para la identificación, análisis, seguimiento, reducción, mitigación, compensación y adaptación frente a los cambios en el entorno que puedan generarse por actividades de nuestra operación o variabilidad climática.
- Garantizan la disponibilidad de recursos para la implementación de la política ambiental.

2.2.5.2.3 Responsables de la política

La **Vicepresidencia Administrativa**, a través de la Gerencia Sistema de Gestión Integrado, es responsable de hacer operativa la Política Ambiental Corporativa y de realizar la revisión periódica a la adopción, implementación y cumplimiento de la misma en las filiales del portafolio con control del Grupo Energía de Bogotá.

La **Dirección de Relaciones Externas**, a través del Asesor de Responsabilidad Global, monitorea la adopción e implementación de la política ambiental.

2.2.5.3 Política social

La política social de la EEB, establece los lineamientos con los que sus empresas se comprometen a orientar su gestión, en el contexto del desarrollo humano sostenible aplicado a su relación con la sociedad y las comunidades de su área de influencia. Para esto, se parte del reconocimiento de la diversidad territorial, social, cultural y normativa de los países en los que operan; de su patrimonio, de su situación socioeconómica, ambiental y política, de sus formas organizativas y de los distintos niveles para su actuación.

2.2.5.3.1 Declaración de compromiso

El Grupo Energía de Bogotá declara su compromiso, como miembro de la comunidad de sus áreas de influencia, con el respeto a los derechos humanos, el fortalecimiento de las relaciones de vecindad y el apoyo al desarrollo de las mismas.

Asimismo se compromete con el desarrollo de planes de acción efectivos tendientes a la identificación, prevención, mitigación, control y compensación de los impactos sociales generados por su infraestructura y operación.

2.2.5.3.2 Marco de actuación

Con el propósito de lograr el cumplimiento del compromiso establecido por la Política Social, las Empresas del Grupo Energía de Bogotá:

- Desarrollan sus operaciones en el marco del respeto a la diversidad social, cultural, política, religiosa y étnica, de los países en los que tienen presencia, lo que implica actuar de forma tolerante, transparente, ética e imparcial con todos sus grupos de interés, para el mejoramiento de las relaciones con el entorno.
- Actuando de acuerdo con los valores corporativos, establecen relaciones con su entorno, encaminadas a integrarse para ser percibidas como empresas cercanas a la comunidad y que contribuyen al desarrollo social y económico del país.
- Implementan acciones y mecanismos que contribuyen a identificar, prevenir, mitigar y controlar los impactos sociales generados por sus actividades operativas.
- Diseñan y ponen en marcha estrategias de comunicación e información hacia la comunidad y autoridades, que les permiten generar desarrollo de base y una relación de entendimiento y confianza.
- Facilitan y consolidan la relación con las comunidades y sus autoridades mediante el diálogo y la participación activa y positiva que contribuye a su empoderamiento, al fortalecimiento de las instituciones, y al desarrollo de capacidades de control de la gestión local.
- Acompañan la ejecución de programas y proyectos de desarrollo social sostenible, en el área de influencia de su infraestructura, sobre la base del conocimiento de las características más relevantes del entorno donde operan; adicionalmente de la consulta y evaluación de las necesidades y propuestas de las comunidades del área de influencia.

- Desarrollan estrategias de compensación que responden de manera proporcional a la naturaleza de los impactos generados por los proyectos que se están acometiendo, y tienen en cuenta las necesidades y características de las comunidades. Garantizan la gestión de sus servidumbres, asumiendo principios de justicia y equidad.
- Promueven la corresponsabilidad social y ambiental para el fortalecimiento de la gobernabilidad local, la integración regional y el mejoramiento de la calidad de vida de la población de sus áreas de influencia.
- Garantizan que para el cumplimiento de los compromisos adquiridos, disponen de los recursos que permiten el desarrollo de una gestión social responsable, de acuerdo con las particularidades de cada empresa y del país correspondiente.
- Comprometen en la gestión y adopción de los lineamientos definidos en la presente política, a sus contratistas y a quienes las representan ante las comunidades.
- Aseguran que en las decisiones de inversión se evalúa y toma en consideración la gestión social, con el propósito que el portafolio accionario se encuentre alineado con el compromiso social del Grupo Empresarial.
- Previa autorización de sus Juntas Directivas, Directorios y Consejos de Administración, pueden realizar donaciones a organizaciones comunitarias, entidades públicas o privadas sin ánimo de lucro, siempre que no estén constituidas como partidos o movimientos políticos con o sin personería jurídica.
- Aseguran el desarrollo de sistemas de gestión, procesos, procedimientos, protocolos y demás herramientas que garanticen la implementación de la presente política, de acuerdo con sus particularidades.

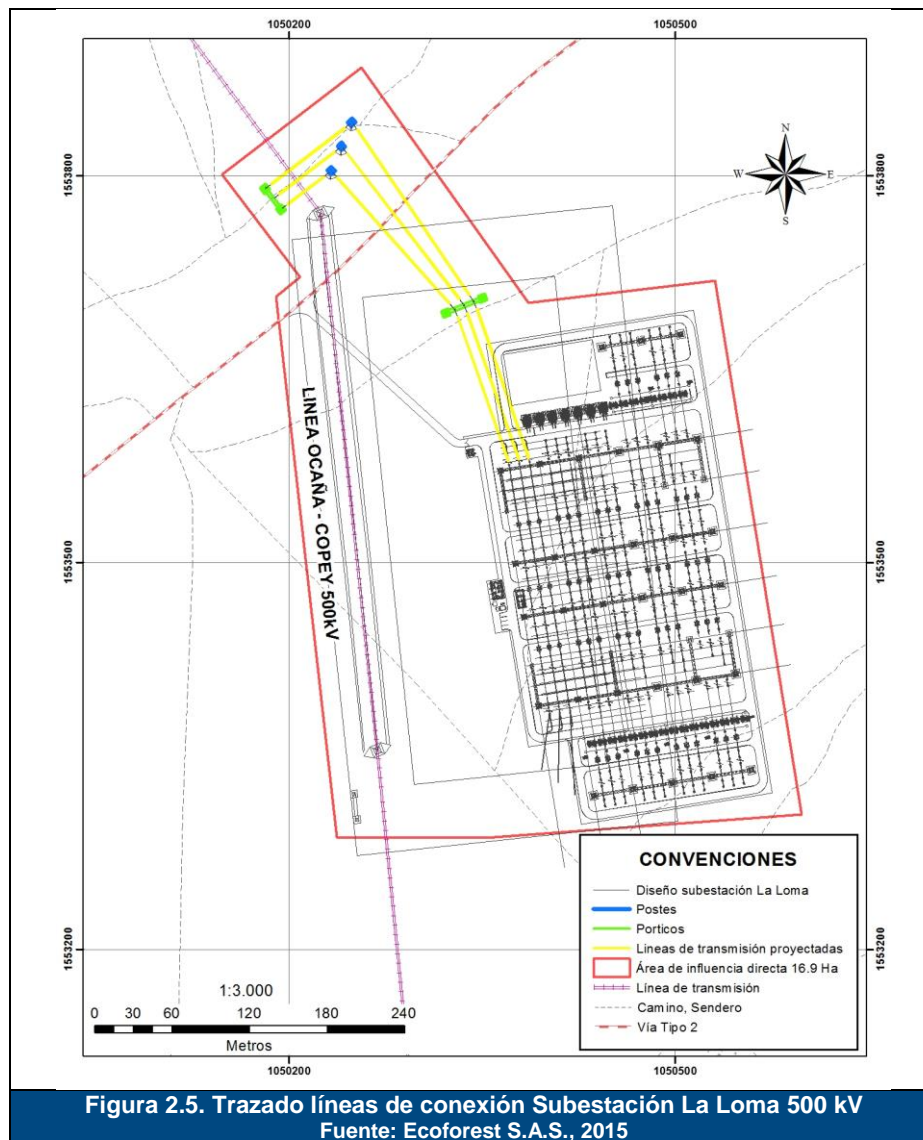
2.2.5.3.3 Área responsable de la política

La gestión para la aplicación en las empresas del Grupo, así como la administración, seguimiento y monitoreo de la presente política estará a cargo de la **Dirección de Relaciones Externas** de EEB.

2.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

2.3.1 Trazado y características geométricas de la línea

Las líneas de conexión entre la Subestación La Loma 500 kV y la Línea de Alta Tensión Copey – Ocaña, del Sistema de Transmisión Nacional, tendrán una longitud aproximada de 250 a 400 m, montadas sobre torres y pórticos de estructura metálica. En la Figura 2.5 se observa en color amarillo el trazado de las líneas de conexión proyectadas.



2.3.2 Tipo y número de estructuras de soporte

El proyecto contempla para la conexión de la Subestación La Loma 500 kV con la Línea Copey – Ocaña 500 kV, la construcción de tres (3) pórticos en estructura metálica con distancia entre patas de 4.5 a 5.5 m y altura al castillete de 32.5 metros el ancho entre columnas será de 30 a 35 metros. Adicionalmente se instalarán dos (2) torres en acero con altura de 35 a 45m. En la Figura 2.6, se detalla el tipo de pórticos y torres a instalar en las líneas de conexión de la Subestación La Loma. En la Tabla 2.7 se presentan las coordenadas de ubicación de dichas torres y pórticos.

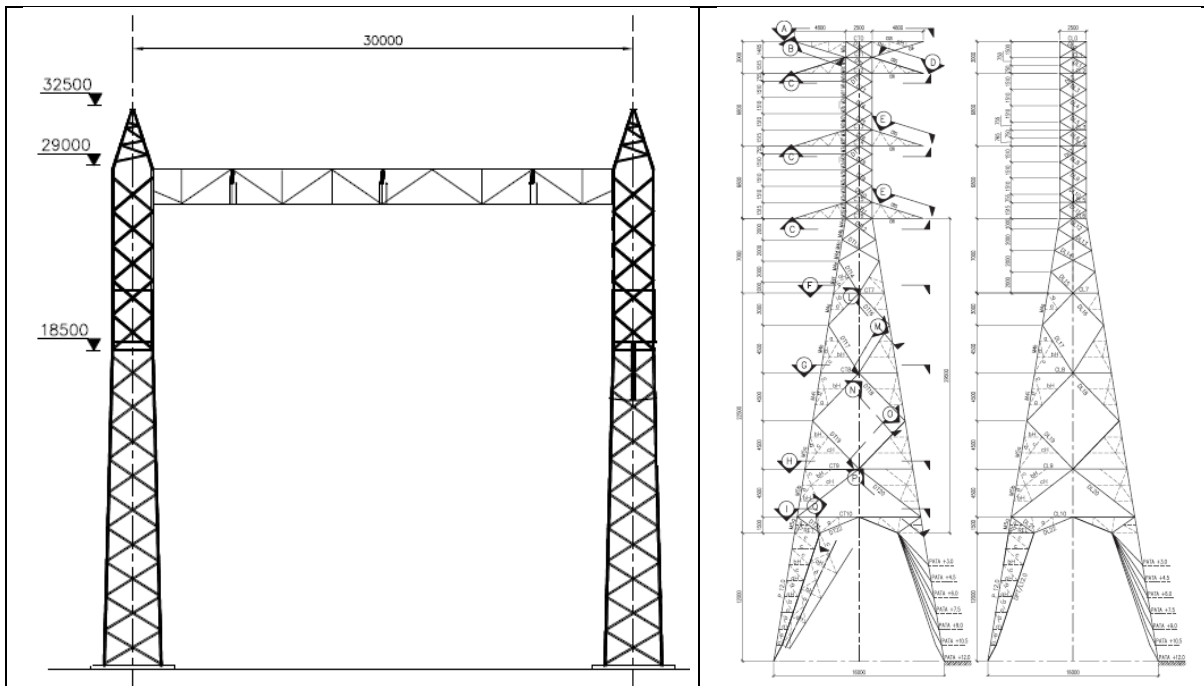


Figura 2.6. Tipo de estructuras de soporte a instalar en el proyecto
 Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

Tabla 2.7. Tipo y localización de torres a instalar

NUMERO DE TORRE O PÓRTICO	COTA (m)	COORDENADAS		TIPO DE ESTRUCTURA	ALTURA DE LA ESTRUCTURA CON PATAS APROX. (m)
		ESTE	NORTE		
DERIVACIÓN LÍNEA HACIA COPEY					
PÓRTICO 1	42.5	1050186.64	1553781.17	PÓRTICO	32.5
TORRE 1	42.5	1050240.94	1553825.61	TORRE	45
PÓRTICO 2	42.35	1050336.46	1553698.24	PÓRTICO	32.5
DERIVACIÓN LÍNEA HACIA OCAÑA					
TORRE 2	42	1050408.54	1553329.76	TORRE	45
PÓRTICO 3	42	1050249.69	1553317.46	PÓRTICO	32.5

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

2.3.2.1 Definición de los elementos componentes de un sistema de transmisión aérea

2.3.2.1.1 Generalidades

Un sistema de transmisión eléctrica está compuesto básicamente por torres, con características mecánicas adecuadas a los requerimientos establecidos en las memorias de diseño, de acuerdo con la topografía del terreno, las condiciones meteorológicas del sector y del material y dimensiones de los conductores a utilizar según las necesidades

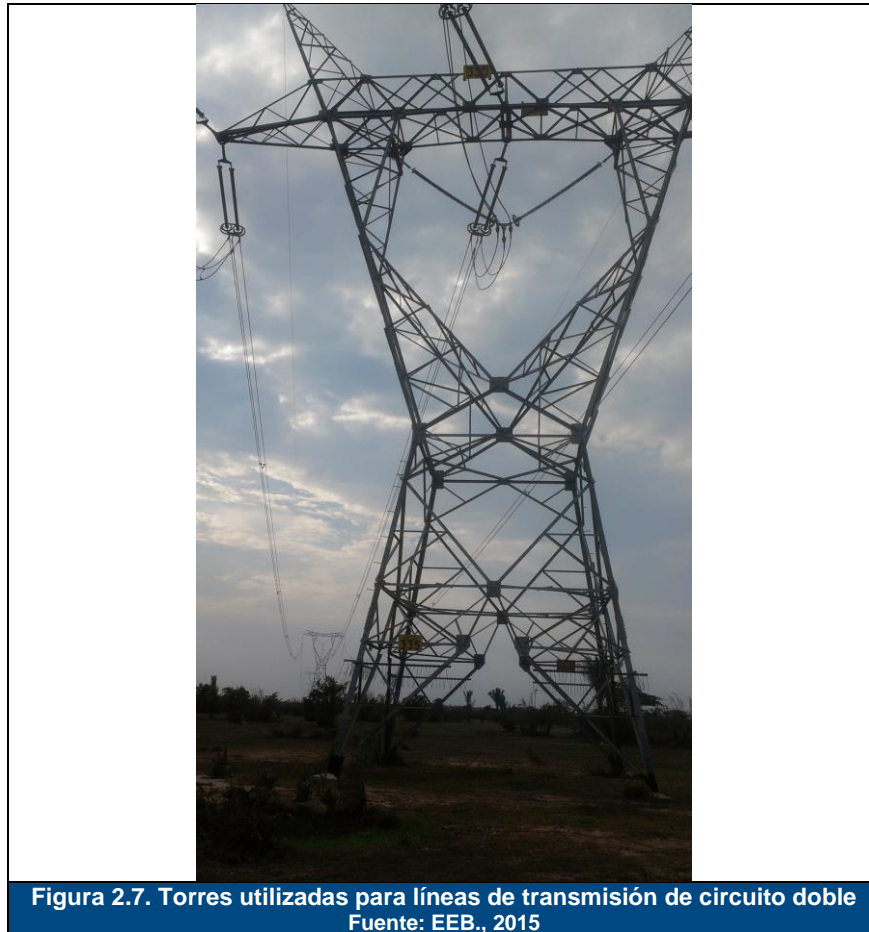
del proyecto. Además de lo anterior, existe una serie de elementos que son los responsables de mantener unidos los conductores a las estructuras.

2.3.2.1.2 Estructuras de acuerdo a cantidad de circuitos

La energía eléctrica se transmite en uno o más circuitos, esto depende de la demanda de energía que exista en el punto de entrega, la diferencia entre las estructuras usadas en estos casos corresponde al diseño electromecánico detallado de la línea.

Las estructuras de circuito sencillo de 500 kV, como es el caso del Proyecto La Loma, están configuradas con un brazo a cada lado de la torre, las cuales portarán una fase cada una, la tercera fase se instalará en la parte intermedia para la configuración de cada circuito en forma independiente.

La transmisión de la energía del Proyecto La Loma se realizará mediante circuito sencillo, para lo cual es necesario utilizar torres, tal como la que se aprecia en la Figura 2.7.



2.3.2.1.3 Estructuras de acuerdo con su uso

Estructura de suspensión: Este tipo de estructura corresponde al tipo autosoportante, esto quiere decir que esta estructura sólo transmite a las fundaciones su peso y el peso de los conductores en el sentido vertical de la estructura, también se le denomina de alineamiento.

Estructura de retención: Este tipo de estructura, además de soportar su peso, está expuesta a tensiones adicionales por giro, esto se debe a que este tipo de torre es construida en las deflexiones o ángulos sufridos por el trazado, pero también cuando los tramos rectos de la línea se extienden demasiado se instala una torre de anclaje para evitar sobre-tensiones en la línea por efectos externos como viento o sobrepeso, también permite proporcionar puntos firmes en la línea que impidan la destrucción total de la misma, en caso de ruptura de un conductor o colapso de alguna estructura contenida en el tramo.

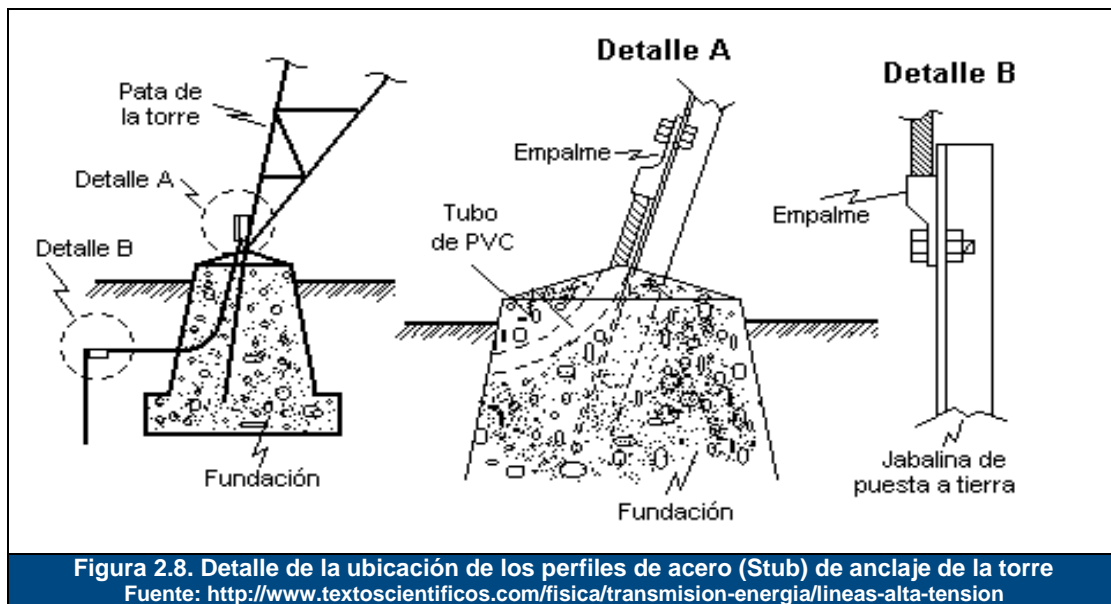
Estructura terminal: Estas son del mismo tipo que las mencionadas anteriormente, la diferencia se debe a que se encuentra al final de la línea, ya sea para su acometida a una subestación o simplemente el término de ésta, por lo que la tensión por un lado en la longitudinal es reducida o simplemente nula. Debido a esto es que en algunos casos se debe estudiar la instalación de tirantes en el lado de menor tensión para compensar los sobreesfuerzos a los que está sometida la estructura.

Estructuras especiales: Este tipo de estructuras serán diseñadas en aquellos puntos de la línea que por razones técnicas sea necesaria su instalación, por ejemplo una de las necesidades puede ser de carácter eléctrico, esto quiere decir que cuando la energía eléctrica viaja distancias considerables se produce una autoinducción entre las fases componentes de los circuitos, que trae un desequilibrio eléctrico en el circuito, por lo que es necesario cambiar la disposición de los conductores, en este caso se debe estudiar una estructura especial para realizar esta maniobra, a este tipo de estructura se le denomina de transposición de conductores, otro caso sería que por razones topográficas se desee ganar altura desde conductores al suelo, por lo que se deberán emparejar las fases a un mismo nivel, en este caso a esta estructura se le denomina de abatimiento.

2.3.2.1.4 Componentes de una estructura de soporte de líneas

Las estructuras utilizadas en este tipo de proyectos, están compuestas por diferentes cuerpos o elementos, básicamente se distinguen los siguientes:

Stub: Cantonera o perfil tipo “L” de acero galvanizado, de dimensiones variables de acuerdo al proyecto, que queda embebido en la base de hormigón (fundación) y que permite transmitir los esfuerzos a que es sometida la estructura a su base y suelo adyacente. Sus longitudes y espesores son variables de acuerdo al cálculo de cada proyecto. En la Figura 2.8. , se observa un detalle de estos perfiles de acero (Stub) comúnmente utilizados.



Perforación de referencia: Corresponde a la perforación en la cual se enlaza el tirante del marco rígido el cual conforma el primer cuerpo de la estructura, dicha perforación se utiliza para controlar la cuadratura y cota final de la fundación.

Plantilla: Estructura de amarre rígida que soporta los stub y posee dispositivos de fijación y chequeo de nivelación, estas plantillas están conformadas por perfiles tipo “L” que se perforarán con las medidas del proyecto, que corresponden a las perforaciones de referencia indicadas en los planos, cabe señalar que estas piezas son de carácter provisorio al igual que las cadenas y otros elementos que se utilizan para afianzar los stub para el proceso de hormigonado de éstos.

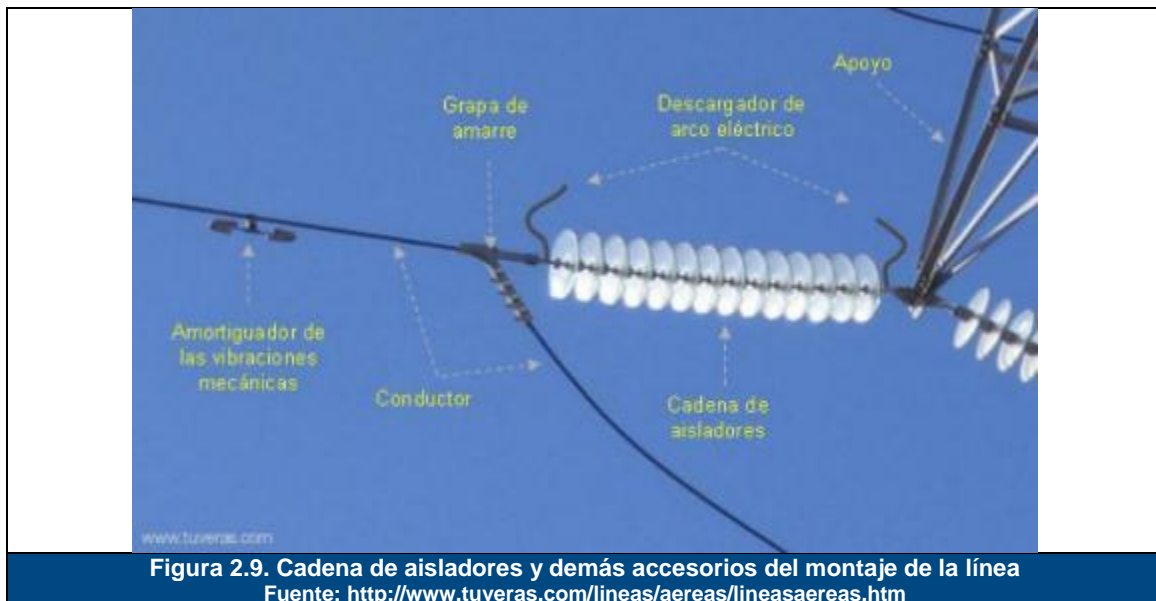
Base: Se refiere a la parte correspondiente a cuatro estructuras denominadas también como patas, las que son unidas por medio de otros elementos formando los soportes sustentables de cada torre. Existen, de acuerdo a la topografía del terreno donde se ubica cada estructura, diversos tipos y combinaciones de ellas cambiando sus dimensiones (alturas).

Cuadro de la base: Corresponde a todos los elementos (piezas metálicas galvanizadas) que unen la parte superior de la base, y es donde se realiza el primer chequeo para verificar la correcta instalación e inclinación de los stub, también se le denomina cinturón o primer cierre de la torre.

Estructura central o cuerpo piramidal: Esta está constituida por diferentes cuerpos que van a permitir poder ganar altura en la estructura en sí, estos cuerpos están conformados en base a enrejados de perfiles tipo “L” de acero galvanizado en caliente, con dimensiones de acuerdo al proyecto estudiado por ingeniería. Esta estructura se montará sobre el cuadro base para así dar la forma a la torre requerida.

Crucetas o Brazos en celosía: Esta parte de la estructura es necesaria para alejar los conductores de la estructura en cuestión, para evitar arcos eléctricos y fallas en el funcionamiento normal del sistema de transmisión, la longitud de este tipo de estructuras dependerá del nivel de tensión eléctrica al cual se va a transmitir y de las condiciones meteorológicas.

Cadena de aisladores: Estos elementos tienen la finalidad de aislar el conductor de los apoyos de soporte, su principal característica es ser un buen dieléctrico, ya que su misión fundamental es evitar el paso de la corriente del conductor al apoyo. Las cadenas están compuestas por varios discos aislantes, que pueden ser de vidrio, loza, porcelana, poliméricos, etc., estos materiales son considerados buenos aislantes eléctricos, esto no significa que se evite el paso total de la corriente, sino que se logra que la corriente de fuga sea despreciable en todos los puntos de apoyo de la línea, la cantidad de discos por la que deberá estar compuesta la cadena dependerá básicamente del nivel de tensión de la línea, los niveles y tipo de contaminación presente y los parámetros meteorológicos. En las líneas de transmisión de alta tensión se utilizan cadenas de aisladores del tipo acoplable y articulado, esto con el fin de poder unir los discos de acuerdo a las necesidades del proyecto, las cadenas de aisladores tanto para estructuras de retención como de suspensión son iguales en lo que refiere a materiales y forma, sólo las diferenciarán los esfuerzos adicionales que deberá soportar. Con respecto a la posición, las cadenas de suspensión quedarán en posición vertical, en cambio las cadenas de retención quedarán en la línea de curva del conductor. En la Figura 2.9. , se observa la ubicación de algunos de los accesorios utilizados durante la instalación de la línea eléctrica de alta tensión.



Grapas: Estos elementos son utilizados para mantener unidos los conductores a la cadena de aisladores, su fabricación se basa en aluminio de alta resistencia y

anticorrosivo, los accesorios de unión entre grapas y cadena de aisladores, tales como pernos, tuercas, golillas, chavetas, etc., son de material de acero galvanizado, para evitar la corrosión de éstos. Los tipos de grapas utilizados en proyectos de transmisión son dos: para suspensión y para retención, la primera sólo transmitirá los esfuerzos propios del conductor más sobrecargas eventuales en el sentido vertical al respectivo punto de apoyo; en cambio la grapa de retención deberá soportar los esfuerzos resultantes de la fase comprometida.

2.3.2.1.5 Conductores y cable de guarda

Conductor: Este elemento es el responsable de transmitir la energía eléctrica desde los distintos puntos de un sistema, en las líneas de alta tensión generalmente se utilizan conductores metálicos desnudos, que se obtienen mediante cableado de hilos metálicos (alambre) alrededor de un hilo central, esta configuración debe tener características eléctricas y mecánicas adecuadas para el fin que van a destinarse, siendo estas inalterables con el tiempo y además de presentar una resistencia a la corrosión atmosférica.

Las características que deben tomarse en cuenta al momento de elegir un conductor son básicamente tres:

- En primer lugar, se ha de tener en cuenta la resistencia eléctrica, ya que cuanto menor sea esta, menores serán las pérdidas por calentamiento.
- El segundo factor es la resistencia mecánica, puesto que en las líneas aéreas se generan grandes esfuerzos, tanto al momento de ser montadas como a través del tiempo debido a las condiciones extremas que deberán soportar los conductores (frío, calor, viento, etc.).
- En tercer lugar el aspecto económico, procurando el mínimo costo de la línea.

Los materiales que satisfacen estas condiciones son el cobre, aluminio, aleación de aluminio y combinación de aluminio acero.

Hoy en día el material utilizado por excelencia en las líneas de alta tensión es el aluminio o aleaciones de este material con acero, esto se debe a que tiene un costo levemente menor que el cobre y por las ventajas del menor peso para igual capacidad de transporte.

Cable de guarda: Cable para proteger la línea contra descargas atmosféricas, este puede estar compuesto de acero puro de alta resistencia o compuesto en su interior por fibra óptica, el uso de cable de guarda con fibra óptica será necesario cuando se requiera transmitir información entre una subestación y otra.

2.3.2.2 Metodología de construcción de líneas de transmisión eléctrica aéreas

En el presente numeral se presenta información sobre la forma de enfrentar los trabajos de construcción de líneas de transmisión eléctrica, relacionado con las obras civiles a ejecutar, el montaje de las estructuras de soporte y el tendido de los conductores.

2.3.2.2.1 Convenios y relaciones con propietarios y terceros afectados durante trabajos de construcción de líneas de transmisión

La Empresa de Energía de Bogotá, EEB, previo a la construcción del Proyecto realiza el acercamiento con el Propietario de los dos predios que son afectados y realiza la gestión para la compra del terreno donde se construirá la subestación así como para la imposición de la servidumbre correspondiente a las líneas de conexión.

De igual forma, realiza las actividades de socialización y divulgación del inicio de las actividades constructivas a la comunidad de El Cruce, conforme se establece en el capítulo 7 PMA.

2.3.2.2.2 Desmote y descapote de la franja de servidumbre

Para las actividades de construcción del proyecto no se usarán áreas de servidumbre, teniendo en cuenta que las estructuras se encuentran dentro de la subestación por tal motivo no se consideran actividades de desmote y descapote dentro de áreas de servidumbre.

2.3.2.2.3 Localización y replanteo

La localización y replanteo consiste en la materialización en terreno, en forma adecuada e inequívoca de los puntos básicos que van a definir el proyecto y que se encuentra consignados en los planos de diseño del proyecto, entre estos se encuentra la ubicación de sitios de construcción de las torres, recorrido de la línea de transmisión y definición de la servidumbre, ubicación de infraestructura especial a construir, entre otros.

Se busca materializar la infraestructura a construir sobre el terreno y definir claramente las distancias de retiro que deben ser respetadas para evitar cualquier impacto sobre áreas sensibles desde el punto de vista ambiental y social.

2.3.2.2.4 Tolerancias en la ubicación de las estructuras

Las estructuras deberán quedar fundadas en terreno firme y estable, evitando de esta manera que se presenten riesgos posteriores a la instalación y que puedan generar la desestabilización del terreno o de la misma estructura.

En el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, se establece en el artículo 13, las distancias mínimas de seguridad que fueron acatadas por parte de los diseñadores para la instalación de las líneas de transmisión, las distancias mínimas entre conductores en la misma estructura y distancias mínimas de seguridad para trabajos en o cerca de partes energizadas.

2.3.2.2.5 Excavaciones para fundaciones

De acuerdo con los estudios geotécnicos que se realizaron en la trayectoria de las líneas a construir y específicamente en los sitios de construcción de las estructuras de soporte, se realizó por parte del área de ingeniería los diseños de las cimentaciones que aseguran la estabilidad de las torres.

Previo a la construcción e instalación de las fundaciones, se deberá realizar en cada ubicación de éstas la limpieza del terreno, la que consiste en la remoción de la capa vegetal y demás elementos que puedan dificultar las operaciones propias de las excavaciones.

Toda excavación para una torre de alta tensión debe cumplir con las siguientes actividades de verificación por parte de los interventores y demás responsables.

- **Verificación de la ubicación:** antes de comenzar las excavaciones inherentes a la construcción de fundaciones para una línea, el equipo de topografía deberá chequear minuciosamente la ubicación exacta de las estructuras a fundar, para ello se debe contar con la recepción de la estaca central de cada torre. Esta estaca debe estar obligatoriamente materializada en cada estructura a construir, además de contar con las estacas auxiliares para verificación de alineamientos y ejes.
- **Seguridad:** El contratista encargado por la EEB está obligado a dar a conocer el procedimiento de trabajo seguro, a todos los trabajadores involucrados, antes de comenzar las labores de excavaciones. Por otro lado, debe dotar al personal de los elementos de protección personal, herramientas y equipos necesarios para la ejecución de las obras y restringir el área de trabajo a personal no autorizado, esto último se controlará con una charla diaria de cinco minutos, donde se informará de los trabajos que se realizarán y los riesgos inherentes a ella, luego de finalizada la charla los trabajadores deben proceder a firmar dicho documento, con lo que se controlará al personal autorizado en el área.
- **Condiciones climáticas:** En caso de presentarse condiciones climáticas adversas (lluvias torrenciales, tormentas eléctricas etc.), que creen condiciones de riesgo a los trabajadores y a los equipos involucrados, se dará la orden a los supervisores directos para la paralización temporal de las tareas, hasta superada la situación.
- **Depósito de material excavado:** El material excavado será retirado de la excavación y depositado a una distancia prudente a modo de tener un libre acceso a la excavación, evitar caída de material al interior del foso y además facilitar posteriormente la manipulación de los stub y si es necesario el acceso de materiales para entibar la excavación. La distancia mínima de acopio de material al lado de la excavación se considera de 0,6 m. y además debe ser mayor a la mitad de la profundidad de la excavación.

- **Método y equipo:** El método y equipo a ser utilizado dependen del tipo de material a excavar, condiciones de acceso al lugar de trabajo. Básicamente la excavación se puede ejecutar por medios manuales o mecanizados, disminuyendo en tanto sea posible la necesidad de ingresar con vehículos hasta el sitio de construcción de las torres.
- **Señalización en las excavaciones:** Toda excavación deberá quedar debidamente señalizada con cinta de peligro, indicando que existen trabajos de esta naturaleza en el área, además las excavaciones que excedan de 1 m de profundidad deberán ser protegidas con tapas después de terminada la jornada para evitar incidentes a terceros o caídas de animales. También se obliga el uso de escaleras en excavaciones con profundidad superior a 1,5 m para facilitar el acceso y evacuación de trabajadores, estas deben quedar apoyadas en el fondo de dicha excavación y sobresalir como mínimo 1 m por sobre esta.

Las excavaciones para la cimentación de cada pata de la torre tendrán las dimensiones que especifican los planos de diseño, de acuerdo al tipo de suelo identificado en los estudios que fueron realizados.

2.3.2.2.6 Instalación de Stub

Dentro de las labores a ejecutar para la construcción y posterior montaje de una torre de alta tensión resulta fundamental que los insertos (stub), en la base de la fundación queden fijados con sus distancias, inclinaciones y niveles exigidos en los planos, para así permitir el montaje de la estructura sin que esta quede expuesta a giro o esfuerzos adicionales.

Los Stub se montarán una vez recibida la excavación por parte de la interventoría técnica del proyecto según indican los planos de diseño. Se comprobará que los stub elegidos sean los adecuados de acuerdo a los planos, esto se debe a que los stub de torres de suspensión son distintos a los usados en las estructuras de retención.

Una vez montados de acuerdo a lo anterior se podrá dar inicio a la etapa de hormigonado. Posteriormente, a cada vaciado y vibrado de una fundación se procede a chequear distancias e inclinaciones finales, con el llenado definitivo del protocolo correspondiente.

2.3.2.2.7 Hormigonado de fundaciones

Una fundación se concibe como un conjunto de materiales que al combinarse en forma ordenada satisface las necesidades de un proyecto, en el caso de las líneas de transmisión estas cumplen la función de sostener las estructuras porta conductores, estas fundaciones deben ser diseñadas de tal forma que su comportamiento sea el adecuado a las condiciones más desfavorables de servicio y además deben satisfacer otros requisitos, tales como mantener los costos dentro de límites razonables y determinadas exigencias estéticas dentro del proyecto.

Para precisar las cimentaciones de las patas de las torres en las dimensiones indicadas en los planos de diseño se utilizarán formaletas.

Con anterioridad al llenado, las formaletas se limpiarán y se les aplicará un producto desmoldante para evitar que estos se adhieran al hormigón, la aplicación se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

2.3.2.2.8 Montaje de estructuras

Una vez recibidos los trabajos de montaje de los stub por parte de la interventoría técnica del proyecto, aprobado el protocolo de montaje de estos y transcurrido el tiempo mínimo exigido para poder cargar las fundaciones se dará el inicio al montaje de las estructuras.

El o los métodos a utilizar dependerán de varios factores: condiciones de accesibilidad al lugar de trabajo, equipos disponibles por parte de la empresa responsable del montaje y por último experiencia del supervisor a cargo del montaje, ya que en definitiva es quien conoce mejor su trabajo.

2.3.2.2.8.1 Clasificación, revisión de materiales y equipos

El supervisor a cargo del montaje de estructuras, cumplirá y hará cumplir las siguientes instrucciones:

- Se ordenarán y clasificarán todos los perfiles angulares, pernos, tornillos y tuercas, que componen la torre, de acuerdo al cuerpo y tipo de estructura que se desee montar. La individualización de las piezas componentes de cada cuerpo y tipo de torre se obtiene comparando la nomenclatura impresa en cada una de éstas y los planos de armado correspondientes.

2.3.2.2.8.2 Tipos de izado

La elección del sistema idóneo de izado vendrá determinado por el estudio previo de los apoyos a izar, su peso y forma, así como los condicionantes del terreno tales como accesos, vegetación, etc. y la existencia de otros servicios o instalaciones, en las proximidades del montaje.

➤ Izado con pluma auxiliar

En este montaje la pluma hace de falso montante. Esto consiste en montar una cantonera correspondiente a una de las patas para luego afianzar la pluma, la pata elegida será la que de mayor maniobrabilidad para el izaje, una vez instalada la pluma se procede a montar las cantoneras de las patas restantes y su tejido para cerrar las estructura, este procedimiento se realiza para todos los cuerpos hasta terminada la estructura, a este tipo de izaje se le denomina barra a barra. Cuando la pluma pierda efectividad debido a la altura, deberá ser trasladada a un lugar más alto y se continuará el montaje de la forma indicada anteriormente.

Otra forma utilizada y que es más eficiente que la anterior, es la de pre-armar las caras que conforman el cuerpo de la estructura a montar para luego ser izadas con la ayuda de la pluma hasta su posición definitiva (Foto 2.3 y Foto 2.4).



Foto 2.3. Armado de torres
Fuente: <http://metalworldgroup.com>



Foto 2.4. Izado de torres con el uso de plumas
Fuente: <http://metalworldgroup.com>

➤ Montaje con apoyo de grúa

Este tipo de montaje consiste en montar cuerpos o caras pre-armadas en el suelo, para luego por medio de una grúa móvil elevarlos hasta su posición final, cuando sea imposible continuar el izaje con grúa debido a su limitación de altura, se deberá continuar el elevamiento de las estructuras por medio de la instalación de una pluma, de la misma forma descrita anteriormente (Ver Foto 2.5 y Foto 2.6).



Foto 2.5. Armado de torres con el uso de grúas
Fuente: <http://metalworldgroup.com>



Foto 2.6. Izado de torres con el uso de grúas
Fuente: <http://metalworldgroup.com>

➤ Recomendaciones

- ✓ El armado de las caras o cuerpos a nivel de suelo, se hará sobre tacos de madera para evitar el contacto con el terreno y a su vez facilitar el atornillado de las piezas.

- ✓ La sujeción de la pluma al montante y el venteo de la misma debe ser ejecutado cuidadosamente, se recomienda siempre usar tres vientos para mantener la pluma siempre en posición segura.
- ✓ Los cordeles tanto para atirantar la pluma como para el izaje propio de las estructuras, deben contar con la resistencia necesaria para asegurar la estabilidad de ésta, en todo momento de las maniobras.
- ✓ Las estructuras o piezas componentes de éstas, deberán ser firmemente aseguradas a los cordeles de subida y la elevación de éstas debe realizarse siempre con el apoyo de un vehículo motorizado y con apoyo de tirantes para evitar que ésta se golpee con las estructuras ya montadas y se dañe el galvanizado.
- ✓ Al momento de los trabajos de levantamiento de pesos, se deberá restringir el acceso de personal bajo el área de la torre y sólo en las cercanías de ésta se ubicarán supervisores para dirigir el correcto izaje de las estructuras.
- ✓ El Jefe de montaje se colocará durante la maniobra de izado en una posición de modo que pueda controlar toda las maniobras.
- ✓ Los trabajadores a cargo de la unión de las caras o cuerpos ya montados con los nuevos, deberán estar provistos de las herramientas de montaje necesarias para hacer coincidir los taladros de las estructuras y poder comenzar a colocar los pernos correspondientes.
- ✓ Una vez que las estructuras estén montadas, deberán contar con todos sus pernos, piezas y planchas de unión, pero sólo con apriete moderado. Todos los pernos deben contar con una armella plana y de presión.

Posterior al montaje total de la estructura se procederá a instalar las cadenas de aisladores que se utilizan en líneas de transmisión eléctrica.

2.3.2.2.8.3 Tendido de conductores

Antes de comenzar el tendido de los cables se debe considerar lo siguiente:

- Identificar los sitios específicos del cruce de la vía El Cruce-Ferrocarril Santa Marta y el sitio de conexión con la línea Copey - Ocaña.
- Señalizar los sitios donde se localizan las plazas de tendido, de acuerdo con el diseño del proyecto, ver Figura 2.3: zonas de uso temporal y plazas de tendido.
- Verificar que dentro de la plaza de tendido, el lugar donde se instalará el freno debe contar con espacio suficiente para poder realizar todas las maniobras, como ubicación de carretes, espacio para carga y descarga de carretes.
- El freno y el equipo de tiro se ubicarán de preferencia en el eje de la línea y fuera del tramo de tendido, la distancia adecuada para estos equipos es de por lo menos 2 veces la altura de la cruceta involucrada al nivel de terreno natural.
- La elección de los tramos a tender, en lo posible deben hacerse de tal forma que el freno pueda ser útil en el mismo punto para tender dos tramos, con sólo girarlo 180 grados.
- Tener claro la longitud del tramo en que se realizará el tendido, para poder optimizar el uso de los carretes porta conductores y cable de guarda, para cumplir con este punto

se deberá realizar previamente una programación de tendido, esto también con el fin de minimizar uniones de conductores innecesarias.

- Topografía deberá revisar las tablas de tendido de conductores y tener claro los vanos de control de dicho tramo indicados por ingeniería, revisando los valores de las flechas indicadas en dichas tablas.

En la Foto 2.7 y Foto 2.8, se observan ejemplos de los equipos utilizados para el tendido e izado de las líneas de transmisión.



Foto 2.7. Equipos utilizados para el tendido e izado de conductores
Fuente: <http://omac-italy.it/hp1es.htm>
<http://www.tesmec.com/es/productos/equipos-de-tendido/tendido-aereo/frenadoras.html>



Foto 2.8. Detalle de equipos para tendido e izado de conductores
Fuente: <http://omac-italy.it/hp1es.htm>
<http://www.tesmec.com/es/productos/equipos-de-tendido/tendido-aereo/frenadoras.html>

2.3.2.2.8.4 Operación de tendido de conductores y cable de guarda

Esta etapa consiste en dejar los conductores y cable de guarda en poleas con la flecha aproximada de proyecto por un tiempo no menor a 24 horas, esto se debe a que los hilos componentes de los conductores deben acomodarse y eliminar sus tensiones internas, estas maniobras se realizan siempre entre dos estructuras de anclajes consecutivas, sin importar si corresponden a estructuras de vértices de la línea o para evitar sobreesfuerzos en ésta por ser tramos rectos demasiado extensos.

Las tareas comenzarán con el tendido del cable guía, dependiendo del terreno el tendido del cable de tracción se hará a brazo o con un móvil de tiro. La razón de tender con cable guía se debe a que el conductor por ningún motivo debe contaminarse con sustancias extrañas y mucho menos estar propenso a ralladuras o corte de alambres componentes del cable que disminuyan sus cualidades mecánicas.

El izado del cable hasta las poleas se hará estando el cable flojo, por medio de cuerdas de servicio y poleas, ya sea por medios mecánicos o manuales dependiendo del terreno. Las crucetas, torres o elementos de éstos donde se prevea que durante el tendido se

podrían producir desequilibrios en los esfuerzos serán convenientemente venteados o arriostrados.

El tiro debe hacerse a velocidad constante, además el malacate deberá tener incorporado un dinamómetro para poder controlar la tensión de tendido y cuando ésta supere los valores establecidos, se accionará un dispositivo en el malacate que detendrá las maniobras.

Una vez que se complete el tendido de los conductores de una fase, se procederá a chequear con topografía las flechas indicadas en los planos de diseño, y se dejarán firmemente afianzados a las estructuras.

Estas maniobras se repetirán de la misma manera para las restantes fases y tramos comprendidos en el proyecto.

En todo momento durante el desarrollo de estas maniobras se deberá estar pendiente, en todo el tramo, para así verificar que el cable está pasando sin problemas por las poleas, en caso de traba tanto del cable guía como de conductores o cable de guarda, los supervisores situados en puntos estratégicos deberán comunicar al operador del winche, para detener la maniobra, tanto los supervisores como los operadores de los equipos deberán estar comunicados por medio de radios con frecuencia única dentro del proyecto.

2.3.2.2.8.5 Condiciones especiales

Previo a la construcción y para el cruce de la vía El Cruce – Ferrocarril Santa Marta se deberá confeccionar un procedimiento específico de trabajo; el cual por lo general se realiza construyendo portales o cerchas a cada lado del sitio de cruce para protegerlos de posibles caídas o cortes en los conductores, como se muestra en la siguiente foto.



Foto 2.9. Portales para el paso de vías existentes

2.3.2.2.9 Regulación y flechado de conductores y cables de guarda.

Previo a la regulación y flechado, se procede a comprimir la grapa de anclaje con el conductor en uno de los extremos del tramo involucrado, una vez realizada esta tarea se

debe unir la grapa a la cadena de aisladores correspondiente, como ya se tiene afianzado un extremo del conductor a la estructura se procederá a tensar el conductor para llevarlo a su posición final y afianzarlo mediante las grapas respectivas a la cadena de aisladores en el resto de los apoyos.

Regular y flechar un conductor consiste en dejar la flecha o catenaria correspondiente a los vanos de acuerdo a los valores con que ha sido calculado. El objetivo de calcular la flecha al tender los conductores se hace con el objeto de que los vientos fuertes y cambios de temperatura, aun cuando se mantengan durante varios días, no sometan a los conductores a esfuerzos superiores a su límite elástico, causen un alargamiento permanente considerable o produzcan la rotura por fatiga como consecuencia de vibraciones continuadas.

2.3.2.2.9.1 Métodos de regulación y flechado de conductores

En general, la regulación y flechado de conductores y cable de guarda se ejecuta por medio topográfico, pero existen situaciones en que es imposible usar este método y se debe buscar otra solución, como es el método de percusión o por medio de dinamómetros. Las razones pueden ser las condiciones del terreno, que impiden la ubicación del equipo a una distancia suficiente de la línea para poder realizar las lecturas, otra razón puede ser un vano de control demasiado corto por lo que las flechas no son apreciables con el equipo y es más conveniente usar otro método.

➤ Método topográfico

El topógrafo deberá instalar el equipo lo más alejado posible de la línea, en sentido transversal a ésta y procederá a tomar las lecturas e indicar si es necesario tensar más los cables o reducir esta tensión hasta llegar a los valores establecidos en las tablas de tensión de acuerdo la temperatura ambiente.

Una vez alcanzados los valores establecidos para las flechas del proyecto, el topógrafo dará la orden de retener el conductor a la otra estructura extrema del tramo, para proceder a ejecutar las marcas correspondientes para el corte de éste y luego su grapado definitivo.

➤ Regulación con dinamómetros

En el proceso de instalación de los conductores se deberá utilizar un dinamómetro para la medición continua en el halado de los cables, en donde se registre la tensión mecánica instantánea y máxima aplicada al conductor. Las tensiones máximas que podrán soportar los conductores dependerán de las especificaciones técnicas dadas por el diseñador de los mismos.

Para la regulación se fijará adecuadamente el dinamómetro a la cruceta por uno de sus extremos, en el otro extremo se sujetará el aparejo para tirar del conductor. La cadena del aparejo se extenderá lo más que se pueda a fin de conseguir suficiente distancia para la

recuperación del conductor, en su extremo se colocará el elemento de sujeción del conductor.

El operario accionará el aparejo para recuperar el conductor hasta obtener la flecha determinada en las tablas de tendido proporcionadas por el diseñador y fabricante del conductor, con la tensión igualmente prevista.

La flecha de los conductores se llevará a cabo de manera que las tensiones y flechas indicadas en la tabla de tensado del fabricante, no sean sobrepasadas para las correspondientes condiciones de carga.

Luego que los conductores hayan alcanzado la flecha establecida en los diseños, serán trasladados a los aisladores de alineación y suspensión para su amarre definitivo. En los extremos de la flecha el conductor se fijará a las grapas de anclaje de la cadena de aisladores.

2.3.2.2.9.2 Grapado de retenciones

Una vez finalizadas las tareas de regulación y flechado se procede a fijar los conductores a su posición definitiva, como se dijo anteriormente ya existe una estructura de retención rematada por lo que se deberá continuar con el afianzamiento definitivo de la otra estructura.

En esta actividad se deben tomar mayores precauciones, debido a que el conductor está sometido a tensiones mecánicas para mantenerlo en posición, por lo que se corre el riesgo que al maniobrar equivocadamente se suelten y puedan ocasionar un accidente de graves consecuencias. Por lo tanto se monitoreará y controlará la circulación por debajo de los conductores en el tramo de trabajo. En el caso de cruce de vías, se deben instalar elementos de protección (pórticos) que eviten que el cable llegue al piso.

2.3.2.2.9.3 Instalación de puentes eléctricos

Como en las estructuras de retención se produce una discontinuidad del circuito, una vez finalizados los trabajos de tendido se deben instalar cables que unan las fases antes y después de una estructura de retención, estos cables reciben el nombre de puentes eléctricos, los cuales deben tener las mismas características del conductor utilizado en la línea.

2.3.2.2.9.4 Pruebas y puesta en servicio

Primero se deberá realizar una inspección de tipo visual del estado de la línea, esto con el objeto de verificar que se hayan instalado todos los puentes eléctricos en las estructuras de anclaje, que la cantidad de aislamiento corresponda a lo indicado en el proyecto, que no existan poleas en las estructuras u otros elementos o herramientas utilizados en las maniobras como pértigas de puesta a tierra, tecles, etc. También se deben chequear los abatimientos y transposiciones de la línea, si fuesen considerados en el proyecto.

Una vez finalizada la inspección visual, se procederá a realizar las pruebas requeridas para puesta en servicio como son secuencia de fases, medición de parámetros.

2.3.3 Descripción de los accesos a los sitios de estructuras de soporte

Para la construcción de las estructuras de soporte, el transporte de materiales, equipos y personal se realizará en vehículos por la vía nacional Bucaramanga - Aguachica – El Cruce – Ferrocarril Santa Marta (Vía Potrerillos). A partir de este punto los materiales, equipos y personal se movilizarán a pie o a lomo de mulas, como es usualmente realizado en la construcción de este tipo de infraestructura en el país.

Las vías de acceso a utilizar para el ingreso a los sitios de construcción de las estructuras de soporte, se pueden apreciar en la y se describen detalladamente en el numeral 2.3.10 del presente capítulo.

Para acceder a la subestación se construirá una vía en pavimento flexible de 6 m de ancho, como se describe más adelante y para ingresar a los sitios de torre se utilizará esta misma vía a construir y a partir de allí, como ya se mencionó, la movilización será a pie o a lomo de mulas. En la Figura 2.10 se pueden observar las vías existentes, aclarando que ninguna de ellas será utilizada por el proyecto.

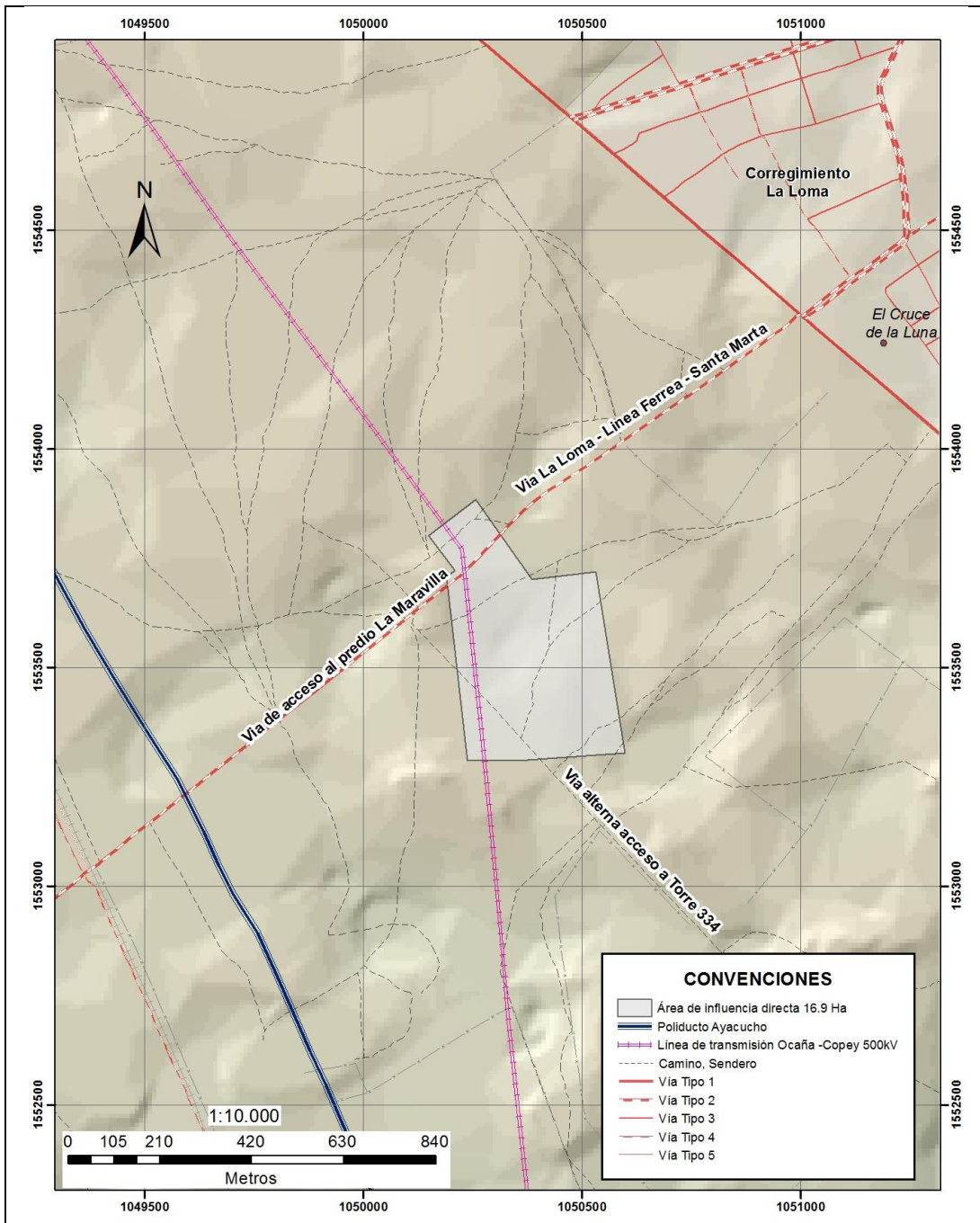


Figura 2.10. Vía de acceso a los sitios de torre
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

2.3.4 Tipo y número de subestaciones

La nueva subestación La Loma 500 kV, se encuentra ubicada en las inmediaciones del municipio de El Paso, Corregimiento La Loma, en el departamento del Cesar, la localización del lote y la subestación puede ser observado en el plano de localización EEB-U114-CT100609-S207-DIS0001.A0. Anexo 8 Diseño del proyecto.

La subestación será del tipo convencional, con equipos con aislamiento en aire, la disposición de equipos se puede ser observada en el plano EEB-U114-CT100609-S207-DIS1200-A0 EEB-U114-CT100609-507-DIS0001, hoja 2. Anexo 8 Diseños del proyecto.

En la Figura 2.11., se muestra la configuración eléctrica de la subestación La Loma.

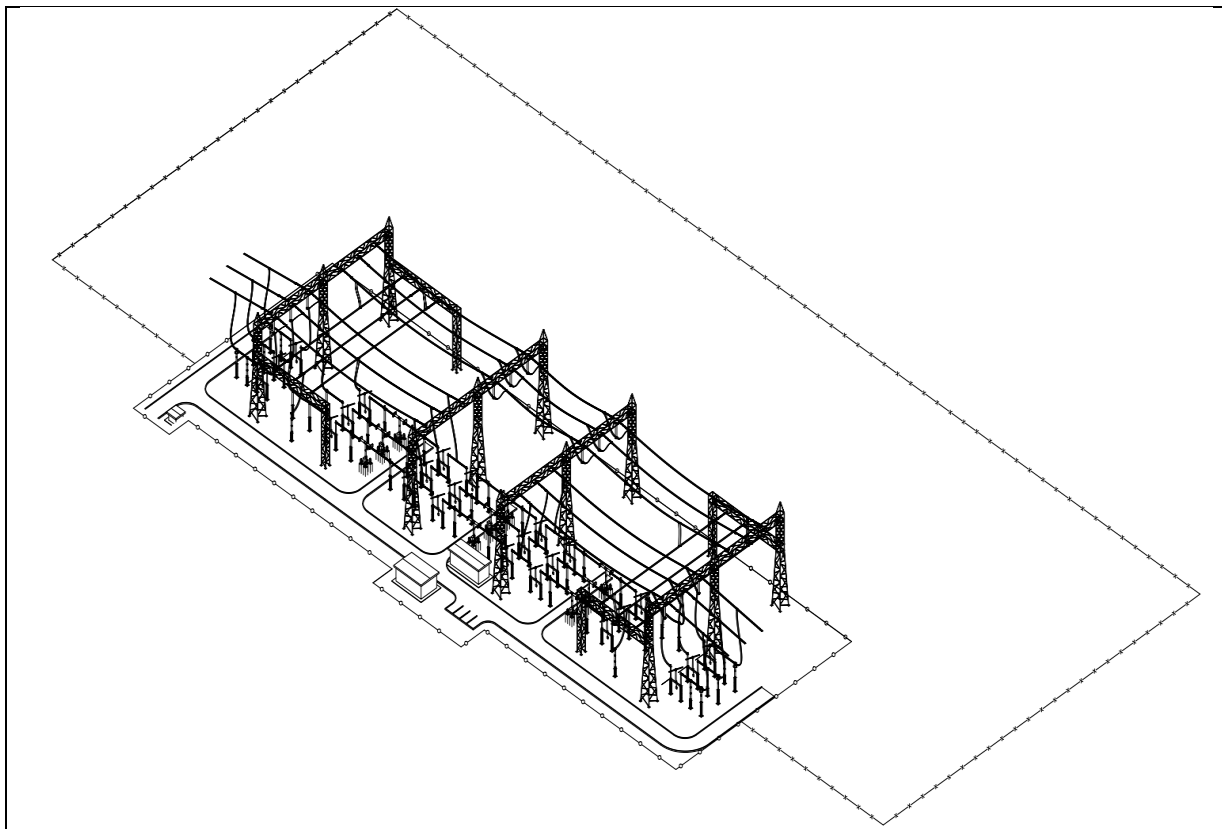


Figura 2.11. Configuración eléctrica de la subestación La Loma 500kV
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

El área en la cual se construirá la subestación La Loma se observa en la Figura 2.12. y las coordenadas de dicha área se presentan en la Tabla 2.8.

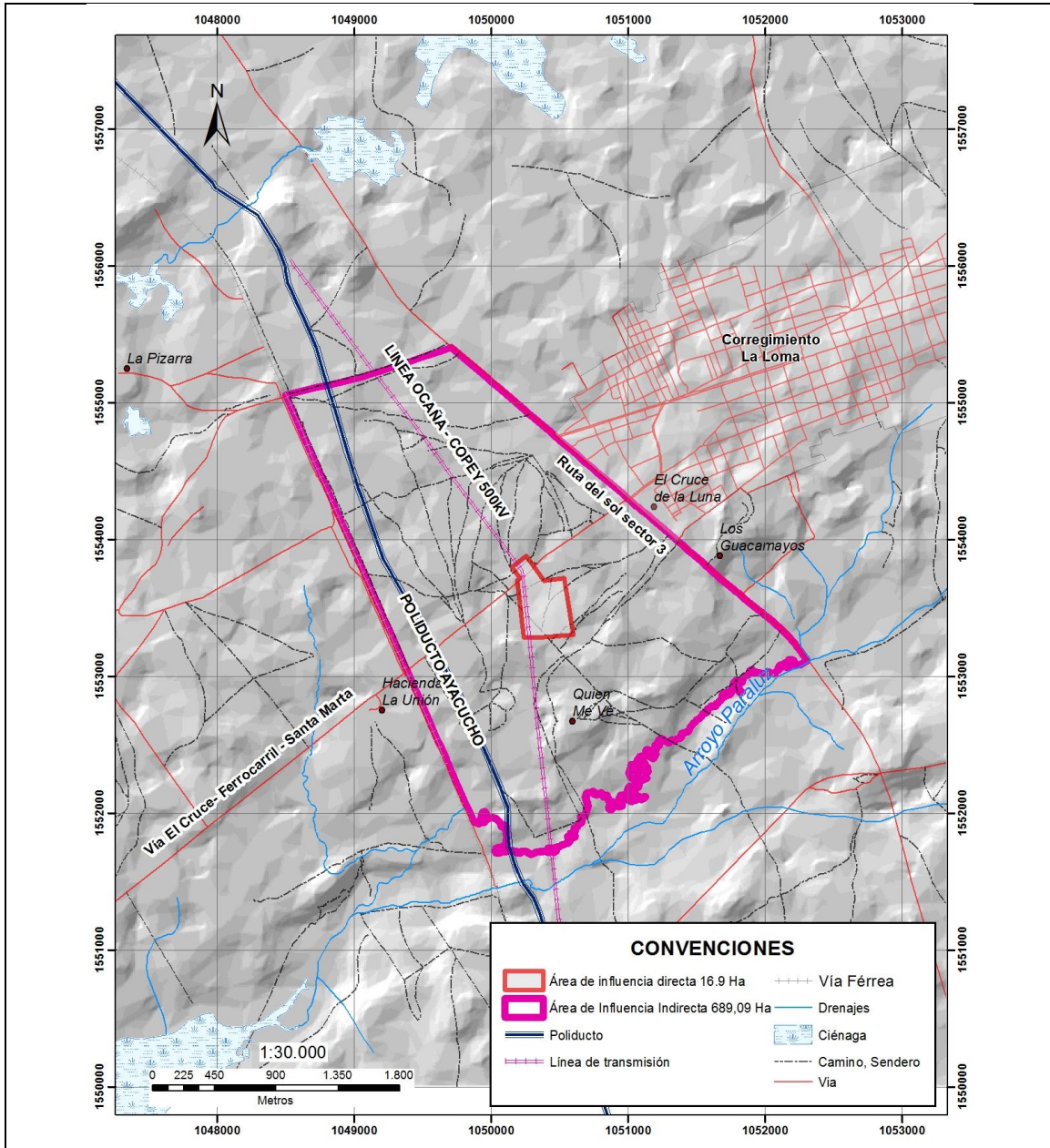


Figura 2.12. Ubicación de la subestación La Loma
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

Tabla 2.8. Coordenadas de la locación de la subestación

FID	ESTE	NORTE
1	1050256.44	1553883.67
2	1050385.54	1553701.50
3	1050530.43	1553718.57
4	1050597.79	1553305.02
5	1050228.54	1553244.88
6	1050211.89	1553347.09
7	1050324.98	1553364.53
8	1050083.83	1553618.76
9	1050204.93	1553718.35
10	1050143.03	1553797.15

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

El área total ocupada por la Subestación es aproximadamente 66.353 m², dentro de los cuales el área de equipos ocupa alrededor de 16.000 m² y el área para equipos futuros será de 36.000 m². Las áreas restantes están conformadas por las vías internas de movilización y los edificios de control y caseta de vigilancia.

En los planos de diseño se detalla la ubicación precisa de cada uno de los componentes de la subestación La Loma 500Kv, los cuales se pueden observar en el Anexo 8.

Las especificaciones de las obras civiles de la Subestación se presentan en la Tabla 2.9 y Tabla 2.10.

Tabla 2.9. Características técnicas de los drenajes al interior de la subestación

EN PATIO	
➤ Tipo de drenaje	Se utilizarán filtros, colectores, pocetas, cámaras y cajas de inspección, cunetas internas y perimetrales. Los filtros incluyen material granular y geotextil no tejido que eviten la entrada de material fino
➤ Altura de lámina de agua en tuberías	Máximo el 75% de la altura libre del filtro o colector.
➤ Coeficiente de escorrentía en patios	Entre 0,6 y 0,8 dependiendo del tipo de suelo
➤ Coeficiente de escorrentía en zonas verdes	Entre 0,25 y 0,50 dependiendo del tipo de suelo
EN VÍAS	
➤ Bordillos	Las vías interiores serán diseñadas de modo que su escurrimiento sea natural hacia, sumideros, cunetas o hacia el exterior previendo pasos en los bordillos o elementos que la delimitan.
➤ Sumideros	En sitios estratégicos y de acuerdo a pendiente de vías
EN CÁRCAMOS	
➤ Pendiente mínima de la losa de fondo	2,0 %
➤ Tipo de drenaje	Sumidero en PVC sanitaria Ø 3", se verificará de acuerdo con las memorias de cálculo
EN PEDESTALES	
➤ Bombeo	2,0 %
➤ Acabado	En punta de diamante

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A.E.S.P. 2015


Tabla 2.10. Cárcamos, cajas de tiro y ductos




CÁRCAMOS Y CAJAS DE TIRO	
➤ Dimensionamiento	Los cárcamos y cajas de tiro se dimensionaran lo suficientemente amplias para permitir el fácil manejo de los cables.
➤ Espesor de muros	Mínimo 0,10 m para cajas o cárcamos, ancho interno máximo para cárcamos de 0,90 m y para cajas de 1,00 m.
➤ Cruces con otras redes	Estarán por encima de las redes de agua y de alcantarillado.
➤ En casetas y/o Edificio	Serán diseñados teniendo en cuenta la disposición de tableros
TAPAS	
➤ En Cajas de tiro y cárcamos de patio	En concreto reforzado, pintadas para demarcación en color amarillo. Encajantes
➤ En cárcamos en casetas	En lámina alfajor 1/4" mínimo, pintadas con 2 capas de pintura anticorrosiva y dos capas de pintura de acabado final, reforzado por debajo con ángulos si se requiere. Si se requieren tapas metálicas en el exterior, serán pintadas de color amarillo como acabado final.
DUCTOS	
➤ Normas aplicables	RETIE (7)
➤ Expuestos	Metálicos galvanizados tipo IMT
➤ Enterrados en patio	PVC-TDP
➤ Bajo vía	PVC-TDP embebidas en concreto



Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. 2015

En la Tabla 2.11 se describen los principales equipos a instalar en el patio de conexiones:

Tabla 2.11. Principales equipos a instalar en el patio de conexiones de la subestación

EQUIPO	CANTIDAD	ESQUEMA
INTERRUPTOR DE POTENCIA: ENCARGADO DE DESCONECTAR LA CARGA EN LA SUBESTACIÓN.	7	

EQUIPO	CANTIDAD	ESQUEMA
SECCIONADOR: EQUIPO DE CORTE VISIBLE.	8	
PARARRAYOS: EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS Y SOBRETENSIONES DEL SISTEMA	6	
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL: EQUIPO DE TRANSFORMACIÓN, PERMITE LA MEDIDA DE VOLTAJE	8	

EQUIPO	CANTIDAD	ESQUEMA
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE: EQUIPO DE TRANSFORMACIÓN, PERMITE LA MEDIDA LA CORRIENTE QUE CIRCULA POR EL CONDUCTOR	9	
REACTOR MONOPOLAR: DISPOSITIVO CUYA FUNCION ES REGULAR EL NIVEL DEL VOLTAJE DE LA RED	3	

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. 2015

2.3.5 Drenajes de la subestación

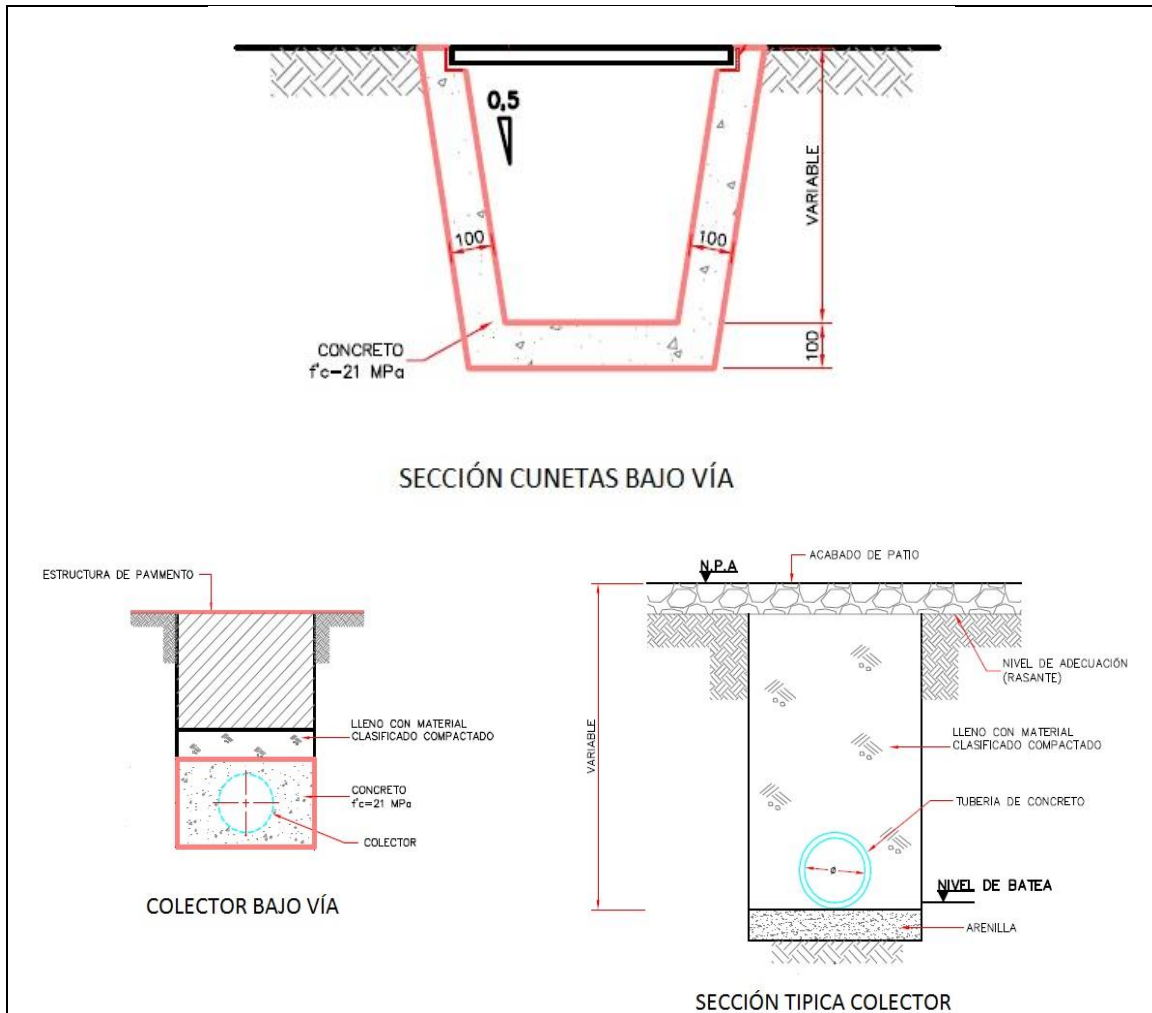
Para el control de aguas lluvias en la subestación se diseñará un sistema de drenajes, con todos los elementos para un buen escurrimiento de estas, tales como cunetas, filtros y colectores; con un periodo de diseño de 25 años y que garantice la capacidad de evacuar el caudal de diseño. En las vías se considerarán sumideros donde se requiera, al igual el terreno se diseñará con una pendiente mínima de acuerdo con la adecuación de esta para evitar empozamientos.

Al diseño del sistema se aplicará la fórmula racional, que determina el caudal de escorrentía para dimensionamiento de cunetas, filtros y colectores a partir de la intensidad de la lluvia, el área aferente y el coeficiente de afluencia; la red de drenajes estará regido por el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS2000. Y por la Norma Técnica Colombiana NTC-1500 para los requerimientos del sistema hidráulico.

Para los filtros se consideraran un geotextil no tejido para evitar la filtración de las partículas del suelo al filtro, pero con la apertura adecuada para un flujo de agua eficiente.

Sin dejar de lado la durabilidad, supervivencia y resistencia a la colmatación.

En la Figura 2.13 se encuentran secciones típicas de Los drenajes a construir, los detalles particulares y especificaciones particulares de estas, serán obtenidas como resultado de los diseños detallados de la subestación.



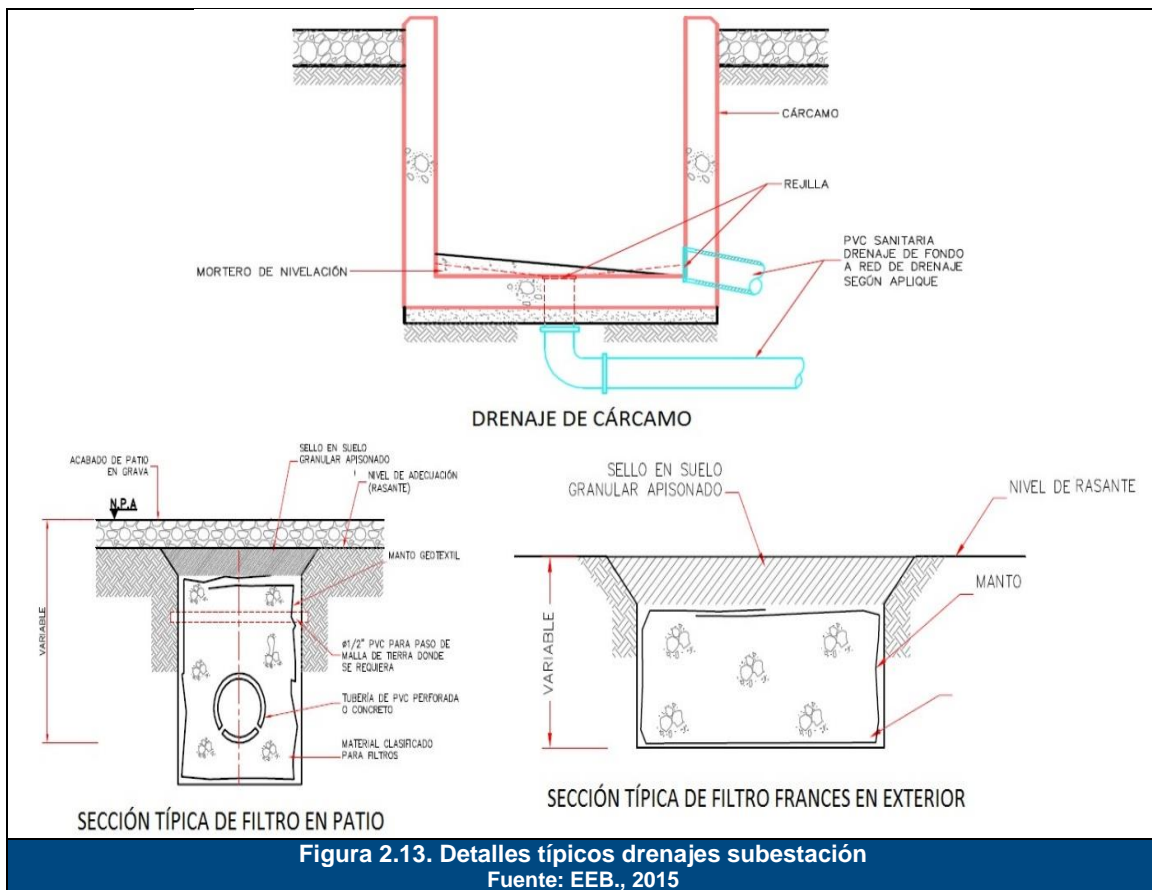


Figura 2.13. Detalles típicos drenajes subestación
 Fuente: EEB., 2015

2.3.6 Materiales a utilizar en las estructuras y cables

2.3.6.1 Estructuras

Para las torres y estructuras de la subestación se emplearán perfiles (ángulos) en acero galvanizado en caliente, de diferentes dimensiones según lo determine el diseño estructural. En todo caso la calidad de los mismos está dada por las normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

Los materiales empleados para la cimentación de estas estructuras, serán concreto y acero de refuerzo y también se utilizarán tubería y mampostería, los cuales tendrán las características consignadas en la Tabla 2.12. donde también se incluyen los sitios en los cuales se prevé su utilización.

Tabla 2.12. Características mecánicas de los materiales a utilizar en la construcción de subestación y torres

CONCRETOS (RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN)	
Tanques de almacenamiento de Agua, estructuras de contención	$f_c = 28$ MPa. Norma NTC 673 (11).
Cimentaciones de pórticos y equipos, edificaciones, cerramientos, fosos de transformadores, sumideros, pocetas, cajas de inspección, cárcamos, cajas de tiro y bordillos, concretos secundarios con aditivo superplastificante y reductor de agua.	$f_c = 21$ MPa. Norma NTC 673 (11).
Empotramientos de ductos bajo vías, Cunetas, concretos ciclópeos	$f_c = 17,5$ MPa. Norma NTC 673 (11).
Solados	$f_c = 14$ MPa. Norma NTC 673 (11).
ACERO DE REFUERZO	
Refuerzo corrugado	$f_y = 420$ MPa. Norma NTC 2289 (11).
Mallas electrosoldadas	$f_y = 490$ MPa. Norma NTC 2310 (11).
TUBERÍA	
Drenajes y sistema de aguas lluvias	Tubería PVC Novafort. Norma NTC 3722-3 S4 (11) o NTC 5055 (11) ASTM F 794 según el diámetro. Tubería PVC corrugada perforada de uso agrícola norma DIN 1187.
MAMPOSTERÍA	
Fachadas y divisiones interiores	Ladrillo (normas NTC 4205-1 (11), 4205-2 (11) y 4205-3 (11) según el uso), a la vista en el exterior y en el interior ladrillo con acabados con revoque, estuco y pintura con calidad equivalente al Viniltex o Acriltex de Pintuco. Color blanco
Sobrecimientos	Bloque de concreto de perforación vertical, según NTC 4026 (11). Solo en la parte enterrada.
Mortero de pega	Tipo M, resistencia $f_{cp} > 17,5$ MPa.
Mortero de relleno de celdas	Tipo S, $f_c > 12,5$ MPa. en cimentaciones
Elementos metálicos estructurales	Tales como pernos de anclaje, ángulos y perfiles, sus características se presentan en la referencia (2)

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

2.3.6.2 Cables

2.3.6.2.1 Conductores de fase

En la Tabla 2.13 y Tabla 2.14. se presenta la gama de conductores que pueden ser utilizados y que cumplen con los requerimientos establecidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas, y las restricciones técnicas impuestas por el Código de Redes y la Resolución 18-1294 de 2008, RETIE. La selección final del conductor depende del costo final de éstos.

Tabla 2.13. Especificaciones de conductores de fase para línea de 500 kV

PARÁMETRO	UNIDAD	CHUKAR	ACAR 1900	AAAC 1000 mm ²	GROASBEAK	ACAR 650	FLINT	ACAR 1200
Calibre	kCMIL	1,780	1,900	1,000	636	650	740	1,200
Cableado (AL/Ac o AL/AA)	Un	84/19	42/19	91	26/7	24/13	37	24/13
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	6,728	5,505	5,352	7,696	5,810	5,810	7,696
Coef., expansión lineal	1°C	20.4E-06	23.0E-06	23.0E-06	18.0E-06	23.0E-06	23.0E-06	23.0E-06
Sección	mm ²	975.61	962.84	1,150.90	374.71	329.16	375.30	608.13
Diámetro	mm	40.69	40.36	44.14	25.15	23.57	25.16	32.03
Peso unitario	kg/m	3.09	2.65	3.17	1.30	0.91	1.04	1.68
Tensión de rotura	kg	23,133.60	18,960.48	35,783.89	11,430.72	6,940.08	11,030.58	11,113.20
Resistencia DC a 20 °C	Ωkm	0.0318	0.0312	0.0289	0.0876	0.0919	0.0892	0.0485
Nivel de R.I., a 3500 msnm	dB	42.02	42.25	42.20	45.30	43.91	46.05	39.34
Capacidad ampérica (Sol+vto)	A	1,510	1,488	1,655	790	755	785	1,279
Capacidad de transmisión (térmica con Ta=11°C)	MVA	602	593	659	629	602	625	1,019

* Canadian Sizes

Fuente: <http://www.nassauelectrical.com/products/aluminum/aac-cowslip>

Tabla 2.14. Especificaciones técnicas del conductor

Technical Specifications Conductor Cowslip	
Size AWG:	2000
Stranding (Al/Stl):	91
Stranding Class:	A
Diameter Individual Wire Aluminum (Inches):	0.1482
Diameter Complete Cable (O.D.) (Inches):	1.630
Cross Sectional Area (Sq. Inches):	1.571
Weight Per 1000ft Total (Lbs.):	1877
Rated Breaking Strength (Lbs.):	32200
Resistance DC 20°C Per 1000ft:	0.00864 Ω
Resistance DC 75°C Per 1000ft:	0.0115 Ω
Allowable Ampacity 90C (Amps):	1518 Amps

Fuente: <http://www.nassauelectrical.com/products/aluminum/aac-cowslip>

2.3.6.2.2 Cable de guarda

El tipo de material para el cable de guarda se definió, considerando las corrientes de corto circuito de las subestaciones involucradas, las restricciones técnicas que imponen el nivel de contaminación existente y el costo de inversión de cada uno de ellos.

A partir de este análisis se obtiene la recomendación de los cables de guarda que podrán ser empleados en el proyecto, tal como se presenta en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Parámetros para cables de guarda para línea de 500 kV

CÓDIGO	UNIDAD	ACERO 3/8	AW 7 N 8	OPGW
Diámetro exterior	mm	9.53	9.78	15.09
Área de la sección recta	mm ²	50	58.56	126.2
Resistencia a la rotura	kg	6,937	7,226	7,408
Módulo de elasticidad (F)	kg/mm ²	19,350	16,200	16,200
Coefficiente de dilatación	1/°C	11.5E-06	13.OE-06	13.OE-06
Peso	kg/m	0.407	0.389	0.571
Corriente de corto circuito (1ø, 0.3s)	kA	27	>27	129

Fuente: <http://www.nassauelectrical.com/products/aluminum/aac-cowslip>

2.3.7 Tipo de fundaciones

Con base en la identificación de los tipos de suelos existentes en la zona donde será construida la subestación y las torres, la evaluación geológica de la zona y teniendo en cuenta las prácticas más comunes empleadas en la construcción de subestaciones y líneas de transmisión, se proyectan los siguientes tipos de fundaciones a utilizar en las estructuras de la subestación La Loma y las líneas de transmisión a 500 kV.

- Zapata y pedestal en concreto reforzado, para suelos con capacidad portante igual o mayor a 0.5 kg/cm².
- Parrilla metálica con perfiles de acero; que puede ser pesada (para suelos de capacidad portante igual o mayor a 1.0 kg/cm² pero menor de 1.5 kg/cm²) o liviana (para suelos de capacidad portante igual o mayor a 1.5 kg/cm²).

El resumen de los criterios de selección del tipo de fundación se muestra en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16. Criterios de selección del tipo de fundación

TIPO DE FUNDACIÓN	CRITERIO DE SELECCIÓN
Parrillas:	Suelo seco, capacidad portante ≥ 1.0 kg/cm ² Suelo no corrosivo (ph ≥ 5) Resistividad del suelo ≥ 50 Ohm-m
Parrilla Pesada	$1.0 \leq q_u < 1.5$ kg/cm ²
Parrilla liviana	$q_u > 1.5$ kg/cm ²
Zapata en concreto	$q_u \geq 0.5$ kg/cm ²
Especial	$q_u < 0.5$ kg/cm ² Riesgo de socavación

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

Para efectos de la estimación de cantidades de obra y requerimientos de material de arrastre (concretos), se tomaron para este Estudio como dimensiones para las cimentaciones de las torres, cuatro zapatas de 3,50 x 3,50 x 0,4 m, con pedestales de 0,60 x 0,60 x 1,80.

Para las cimentaciones y edificaciones de la subestación se utilizará concreto reforzado de 21 MPa de resistencia. La procedencia del material será de la concretera más cercana al proyecto y será entregado vía mixer. Las cantidades estimadas de este material se presentan a continuación:

➤ Cantidad de concreto a usar en edificio de control:	68	m ³
➤ Cantidad de concreto a usar en caseta de rele:	60	m ³
➤ Cantidad de concreto a usar en portería:	10	m ³
➤ Cantidad de concreto a usar en cimentaciones de equipos:	85	m ³
➤ Cantidad de concreto a usar en cimentaciones de pórticos:	183	m ³
➤ Otras obras de patio:	150	m ³

2.3.8 Maquinaria y equipo a utilizar

A continuación se presenta una relación de los equipos y maquinaria que se usarán en la construcción y montaje de líneas de transmisión de alta tensión.

- Excavaciones: Picos, palas, pistoletes, compresores, perforadoras manuales y ocasionalmente retroexcavadoras.
- Cimentaciones en concreto: Mezcladoras de concreto, balanza para pesaje de los agregados o recipientes, patrones para medidas de volumen, vibradores eléctricos, formaletas, cilindro para toma de muestras de resistencia, conos para medida de asentamiento, baldes y contenedores de agua.
- Nivelación de parrillas y ángulos de espera: Distanciómetro o estación total, nivel de precisión, llaves de punta, copas, raches, plomadas, gatos mecánicos, palas, pisones y compactadores con motor a gasolina (ranas).
- Para el patio de torres y de acopio: Montacargas, cargador sobre llantas, cizallas manuales, prensa hidráulica, taladro de banco.
- Prearmado y montaje de torres: Plumas metálicas, malacate, poleas de montaje, raches con copas, guaya, cinturones de seguridad, llaves de punta, estrobos y herramienta menor.
- Riega de pescante y tendido de conductor y cable de guarda: Pescante de acero antitorsión, pescante de nylon liviano y resistente, malacates portátiles, rebobinador, freno, portabobinas, poleas de aluminio, agarradoras para pescante, agarradoras para conductor, agarradoras para cable de guarda, juegos de radios móviles, chicharras, fundas intermedias para conductor, fundas intermedias para cable de guarda, fundas de cabeza para el cable de guarda, giradores para conductor, giradores para cable de guarda, escaleras para blindaje, m, aparejos, binóculos, cinturones de seguridad, poleas de montaje y herramientas varias.
- Para empalme y regulación: Prensas hidráulicas con sus dados, para conductor y cable de guarda, malacate, chicharras, agarradoras para conductor, agarradoras para cable de guarda, aparejos de guaya antitorsión, escaleras para amarre, teodolitos, nivel de precisión, termómetros de vástago, radios portátiles, bicicletas, poleas de montaje, cinturones de seguridad, herramientas varias.
- Otros equipos: Volquetas, camperos, camión grúa, tractores, monta cargas, martillos hidráulicos para demoliciones

A continuación se presenta una relación de los equipos y maquinaria que se usarán en la construcción y montaje de la subestación:

- Excavaciones: Picos, palas, pistoletes, compresores, perforadoras manuales y retroexcavadoras.
- Cimentaciones en concreto: Mezcladoras de concreto, balanza para pesaje de los agregados o recipientes, patrones para medidas de volumen, vibradores eléctricos, formaletas, cilindro para toma de muestras de resistencia, conos para medida de asentamiento, baldes y contenedores de agua.
- Edificaciones: Andamios, formaletas metálicas y de madera, herramientas para figurado de acero de refuerzo, cortadoras mecánicas tipo cierra sin fin.
- Montaje de equipos: Grúas, andamios, montacargas.
- Otros equipos: Volquetas, camperos, camión grúa, tractores, monta cargas, martillos hidráulicos para demoliciones.

2.3.9 Patios de tendido y de almacenamiento

El proyecto requerirá de la adecuación de sitios de almacenamiento temporal de materiales y equipos, los cuales se ubicarán al interior de la subestación, sin que se vea afectada la infraestructura habitacional, social o cultural del área donde se localiza el proyecto.

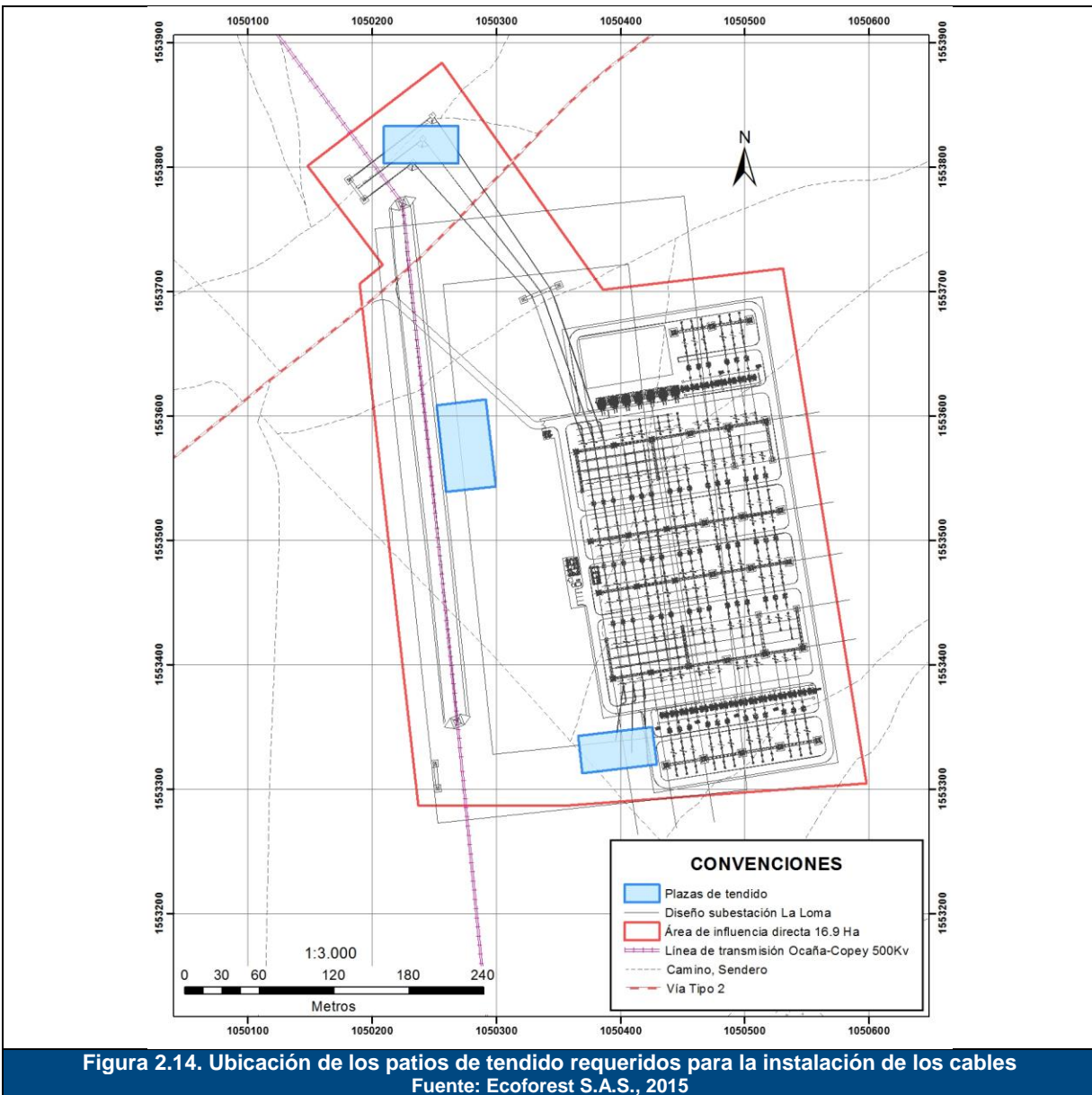
Los sitios de almacenamiento temporal corresponden a áreas planas, no necesariamente descapotadas pero si protegidas, con un área promedio de 20 x 20 m, en donde se localizarán temporalmente los materiales necesarios para la construcción de la subestación y de las torres del sistema de conexión. Los materiales almacenados tendrán un manejo adecuado para prevenir contaminación de suelos o aguas, de acuerdo con sus características. Los materiales como arena, cemento, agregados, entre otros deberán estar adecuadamente cubiertos y protegidos para evitar el arrastre de partículas por efecto de los vientos o las aguas lluvias.

Los equipos y herramientas deberán estar ubicados al interior de casetas en madera u otro material protector que evite su contacto con el agua lluvia, que pueda generar arrastre de lubricantes o combustibles hacia el terreno aledaño. El piso de la caseta deberá garantizar que cualquier derrame accidental de aceites o combustibles sea contenido al interior de la caseta y no se presente contacto con el terreno natural que pueda generar contaminación de suelos o aguas subterráneas.

El proyecto requerirá la adecuación de dos (2) patios de tendido, donde se instalará el malacate que permitirá realizar la instalación de los cables en las torres desde las bahías de la subestación hasta su conexión con el Sistema de Transmisión Nacional.

Los sitios destinados para la ubicación de los patios de tendido corresponden a sitios planos desprovistos de vegetación arbórea, con un área promedio de 20X20 m, donde no se requerirá la realización de actividades de desmonte, descapote o movimiento de tierras.

En la Figura 2.14 se observan los patios de tendido requeridos para el proyecto junto con sus coordenadas de localización.



2.3.10 Uso y descripción de accesos existentes

2.3.10.1 Acceso al sitio del proyecto

Al área del proyecto se puede acceder desde la ciudad de Bucaramanga por la vía nacional doble calzada conocida como Ruta del Sol Sector 3, recorriendo en sentido sur - norte, 348 km desde Bucaramanga, recorriendo entre otras las poblaciones de San Alberto – San Martín – Pelaya – Pailitas y Curumaní, hasta llegar al punto conocido como

El Cruce de La Loma, en el municipio de El Paso, departamento de Cesar. Ver Figura 2.15.

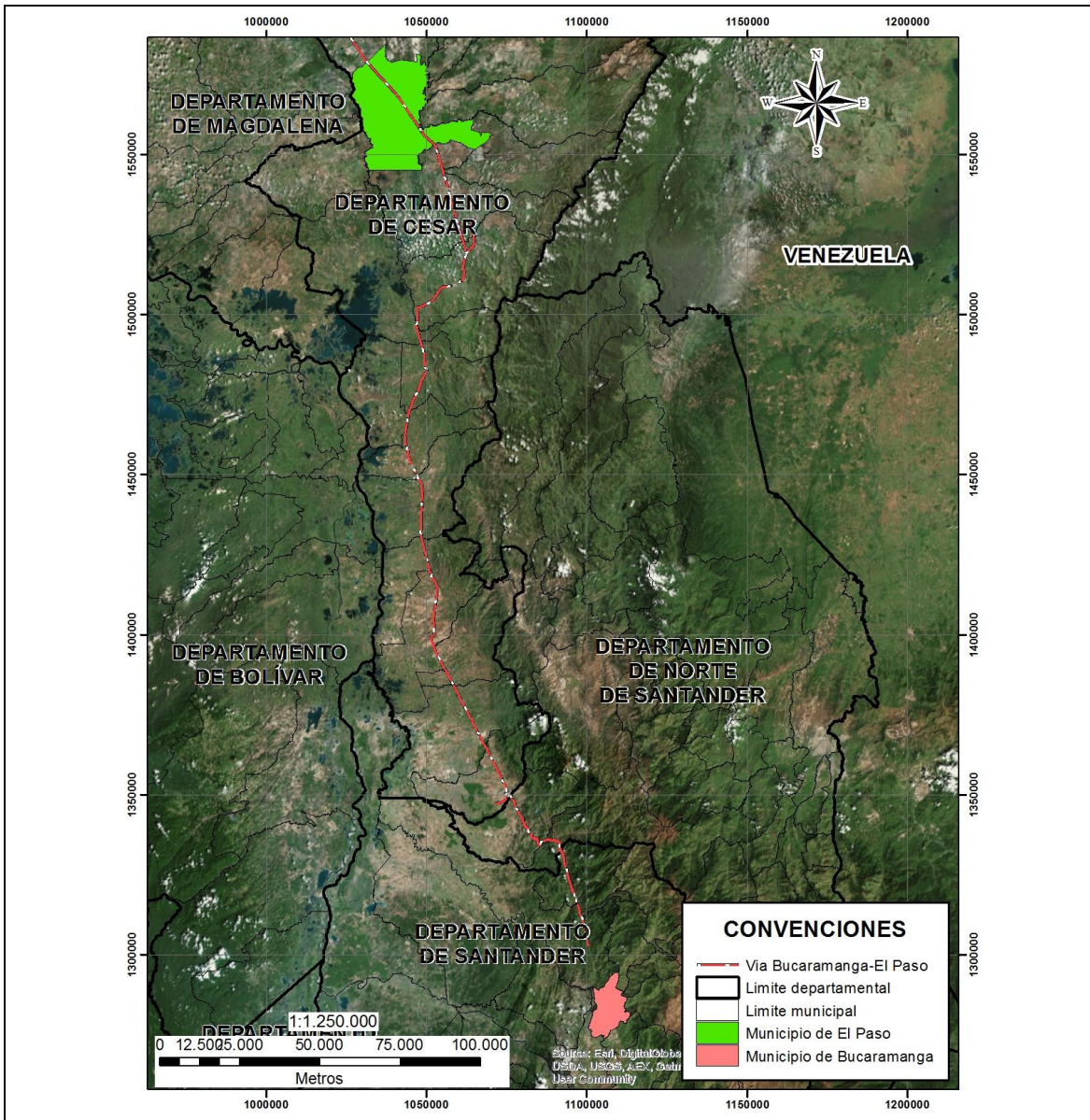


Figura 2.15. Ruta Bucaramanga – El Cruce de La Loma
Fuente: Google Earth modificado por Ecoforest S.A.S., 2015

La vía cuenta con pavimento asfáltico, un ancho de calzada de 7m y se encuentra en muy buenas condiciones de transitabilidad.

En la Foto 2.10 se observan las condiciones de la vía de acceso al área del proyecto.



Foto 2.10. Aspecto general de la Ruta del Sol Sector 3 en la zona del proyecto
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

2.3.10.2 Vía El Cruce de La Loma – Ferrocarril a Santa Marta

Una vez en El Cruce de La Loma, se toma el desvío a la izquierda que conduce al corregimiento de Potrerillos (Vía El Cruce – Ferrocarril Santa Marta) y se recorren aproximadamente 2 km hasta el punto de cruce de la misma con la línea férrea que conduce a Santa Marta, cerca al sitio donde se ubicará la subestación La Loma 500 kV.

La descripción detallada de cada una de las anteriores vías de acceso a las líneas de conexión y a la subestación se presenta a continuación, resaltando que por sus condiciones actuales y la proyección de uso que tendrán por el desarrollo del proyecto no requieren ningún tipo de adecuación. En el Anexo 9. Plan de Manejo Vial, se describen las condiciones de uso que dará el Proyecto a estas vías, buscado la no afectación a la movilidad y la seguridad de los usuarios de la zona de influencia del proyecto (vehículos, peatones y ciclistas) durante las actividades de construcción de la subestación y sus líneas de conexión asociadas, como consecuencia del tránsito de los vehículos que ingresen materiales y equipos para el proyecto. Ver Figura 2.16 y Tabla 2.17.

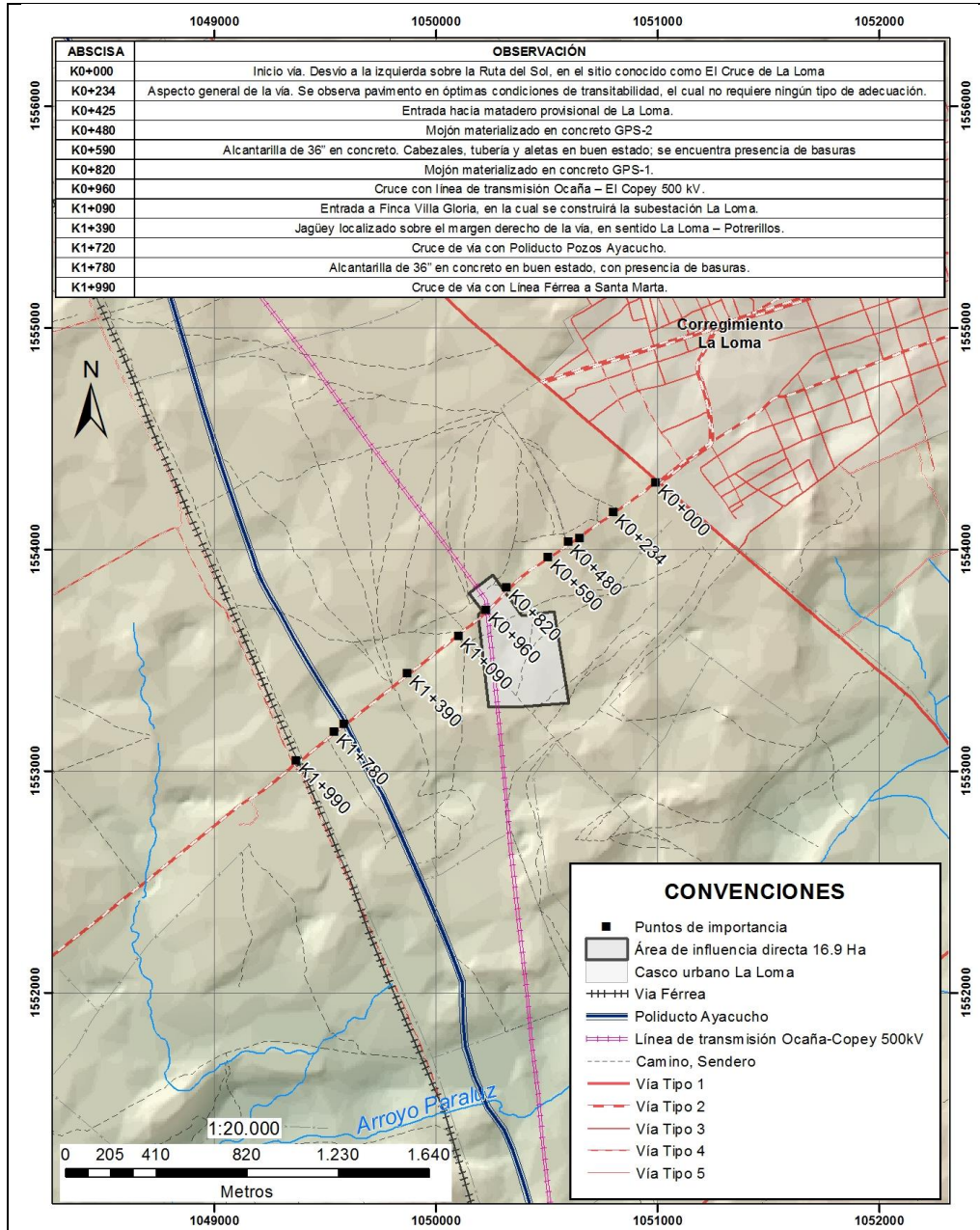






Figura 2.16. Puntos de importancia de la Vía El Cruce de La Loma – Ferrocarril a Santa Marta



Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015



Tabla 2.17. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía El Cruce – Ferrocarril a Santa Marta



ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+000		1.050.992	1.554.301	Inicio vía. Desvío a la izquierda sobre la Ruta del Sol, en el sitio conocido como El Cruce de La Loma
K0+234		1.050.801	1.554.166	Aspecto general de la vía. Se observa pavimento en óptimas condiciones de transitabilidad, el cual no requiere ningún tipo de adecuación.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+425		1.050.650	1.554.049	Entrada hacia matadero provisional de La Loma.
K0+480		1.050.598	1.554.032	Mojón materializado en concreto GPS-2

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+590		1.050.508	1.553.965	Alcantarilla de 36" en concreto. Cabezales, tubería y aletas en buen estado; se encuentra presencia de basuras
K0+820		1.050.320	1.553.827	Mojón materializado en concreto GPS-1.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+960		1.050.227	1.553.725	Cruce con línea de transmisión Ocaña – El Copey 500 kV.
K1+090		1.050.102	1.553.607	Entrada a Finca La Maravilla, en la cual se construirá la subestación La Loma.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K1+390		1.049.873	1.553.440	Jagüey localizado sobre el margen derecho de la vía, en sentido La Loma – Potrerillos (Vía El Cruce – Ferrocarril Santa Marta).
K1+720		1.049.587	1.553.211	Cruce de vía con Poliducto Pozos Ayacucho.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K1+780		1.049.541	1.553.177	Alcantarilla de 36" en concreto en buen estado, con presencia de basuras.
K1+990		1.049.371	1.553.047	Cruce de vía con Línea Férrea a Santa Marta.

2.3.10.3 Vías de acceso a la subestación y a la línea de conexión

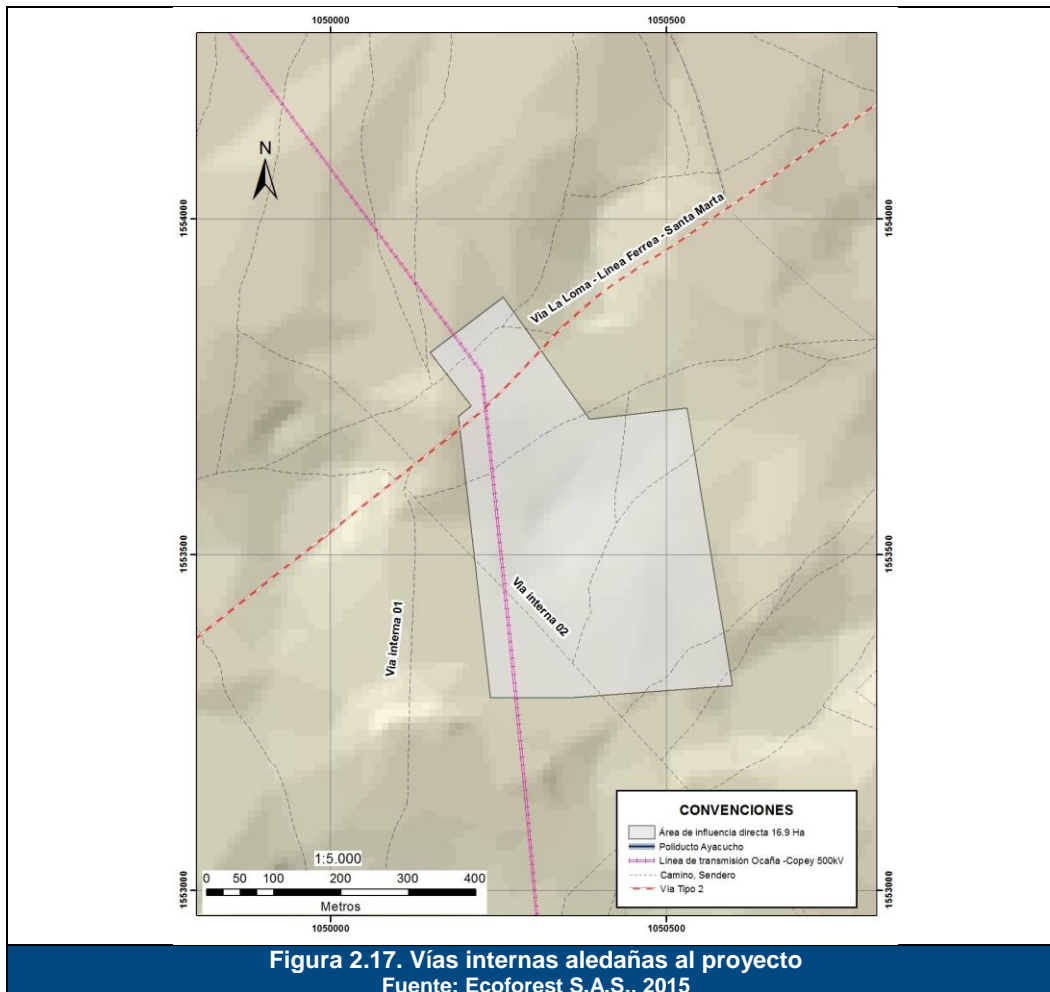
Además de las vías descritas anteriormente, existen otras vías internas de carácter privado que conectan las anteriores con el tramo aéreo de la línea de transmisión y con la subestación La Loma, tal como se muestra en la Tabla 2.18. A continuación se describe cada una de ellas haciendo claridad que no serán usadas para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2.18. Vías privadas de acceso a la línea de conexión y a subestación.

VÍA INTERNA N°	VÍA	LONGITUD (Km)	USO POR EL PROYECTO
01	Vía de acceso al predio La Maravilla	1,1	No se usará
02	Vía alterna acceso a Torre 334	0,30	No se usará

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

La Figura 2.17. muestra la localización de las mencionadas vías.



La descripción detallada de cada una de las anteriores vías de acceso a las líneas de conexión y a la subestación se presenta a continuación:

2.3.10.3.1 Vía N° 1: Vía de acceso al predio La Maravilla

La vía es de carácter privado en su totalidad, tiene una longitud de 1,1 Km y presenta un ancho promedio de 4 m. La vía tiene una capa de rodadura en material granular en su totalidad, transcurre por terrenos planos y su superficie es regular.

A la vía se accede por la vía que de El Cruce conduce a Santa Marta, desviándose a la derecha en el K0+030 de la vía de acceso a torre 334. La descripción detallada de la vía se presenta en la Tabla 2.19. en la cual se pueden observar los puntos relevantes, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía. Esta vía NO será utilizada por el Proyecto. La Figura 2.18. muestra la localización de la mencionada vía.

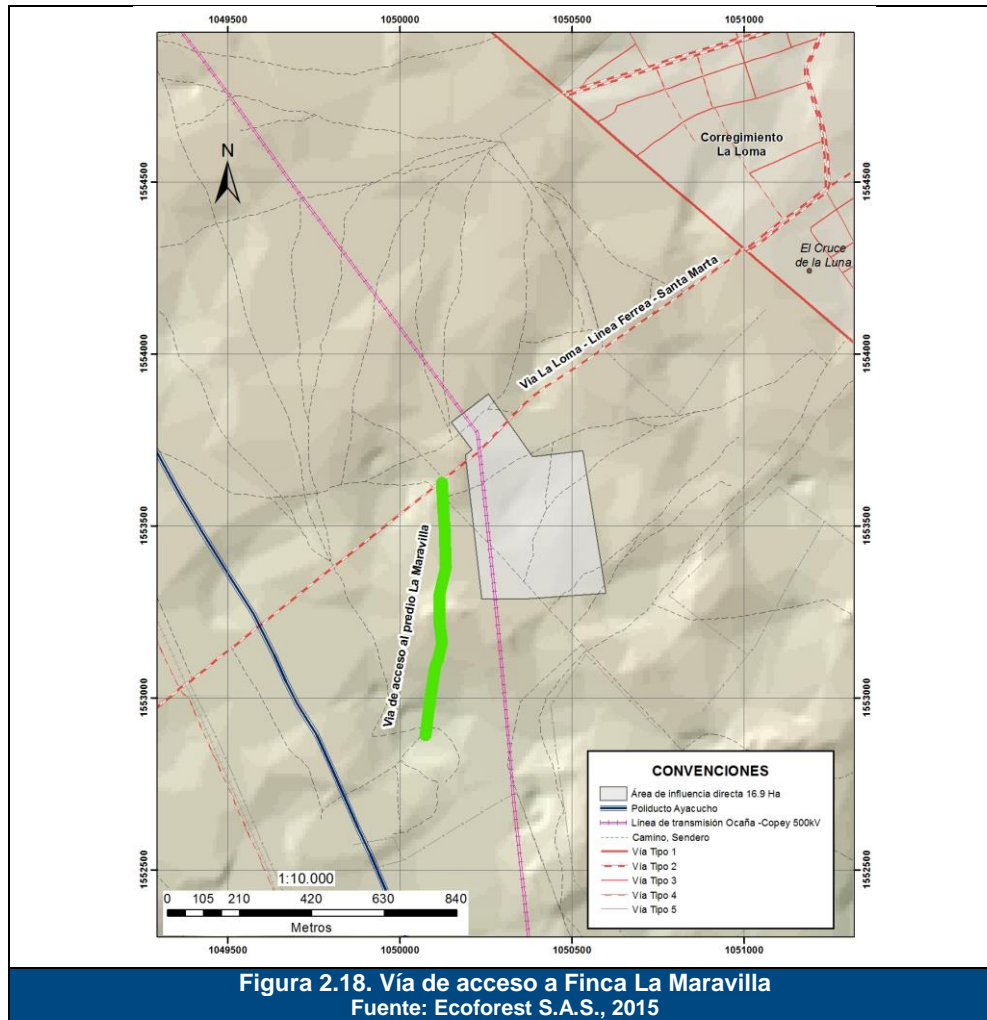





Tabla 2.19. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía N° 1

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+000		1.050.102	1.553.607	Entrada a predio La Maravilla.
K0+030		1.050.124	1.553.594	Jagüey entrada predio La Maravilla

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+030		1.050.124	1.553.594	Aspecto general de la vía.
K0+420		1.050.115	1.553.282	Aspecto de la vía. Se puede observar que la vía no cuenta con cunetas ni obras de drenaje superficial.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+600		1.050.094	1.553.087	Aspecto general de la vía. En este punto la vía se hace más ancha, alcanzando hasta 6 m de banca.
K0+830		1.050.040	1.552.844	Jagüey en cercanías a predio La Maravilla

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+900		1.049.989	1.552.806	Aspecto general de la vía.
K1+000		1.049.906	1.552.755	Quiebrapatas en predio La Maravilla

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K1+100		1.049.772	1.552.667	Vivienda predio La Maravilla. En este punto finaliza la vía de acceso.

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

2.3.10.3.2 Vía N° 2: Vía alterna acceso a Torre 334

La vía tiene una longitud de 0,3 km y es de carácter privado; presenta un ancho promedio de 3m. No posee capa de rodadura y se encuentra a nivel de subrasante. A la vía se accede desde la vía pavimentada El Cruce – ferrocarril Santa Marta, descrita anteriormente.

La descripción detallada de la vía se presenta en la Tabla 2.20. en la cual se pueden observar los puntos relevantes, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía en estudio. La Figura 2.19. muestra la localización de la ruta de acceso.

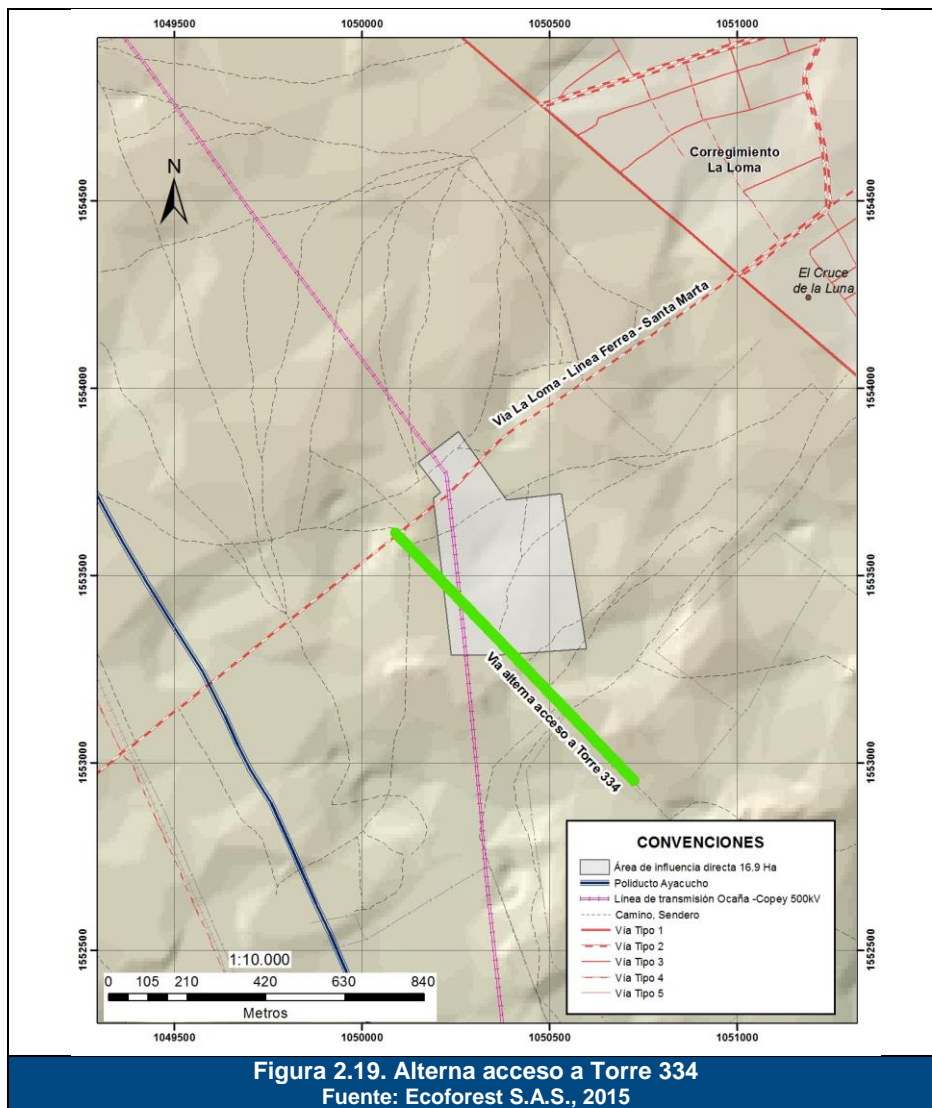



Tabla 2.20. Puntos de importancia, infraestructura asociada y registro fotográfico de la vía N° 2

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+000		1.050.124	1.553.594	Inicio de vía. Desvío a la izquierda en el K0+030 de la vía descrita en el numeral anterior. Al fondo se observa la torre 334 de la línea Ocaña – El Copey.
K0+200		1.050.261	1.553.447	Aspecto general de la vía. Ancho de vía de 3 m, a nivel de subrasante.

ABSCISA	FOTOGRAFÍA	COORDENADAS PLANAS ORIGEN BOGOTÁ		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
K0+300		1.050.265	1.553.346	Torre de transmisión 334 de la línea Ocaña – El Copey 500 kV. Final de la vía.

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

2.3.11 Construcción de nuevos accesos

Como se indicó en numerales anteriores, el proyecto contempla la construcción de una vía de acceso a la subestación, con una longitud aproximada de 180 m y ancho de calzada promedio de 6,0 m que conectará la vía Cruce – Ferrocarril Santa Marta con las áreas operativas de la subestación.

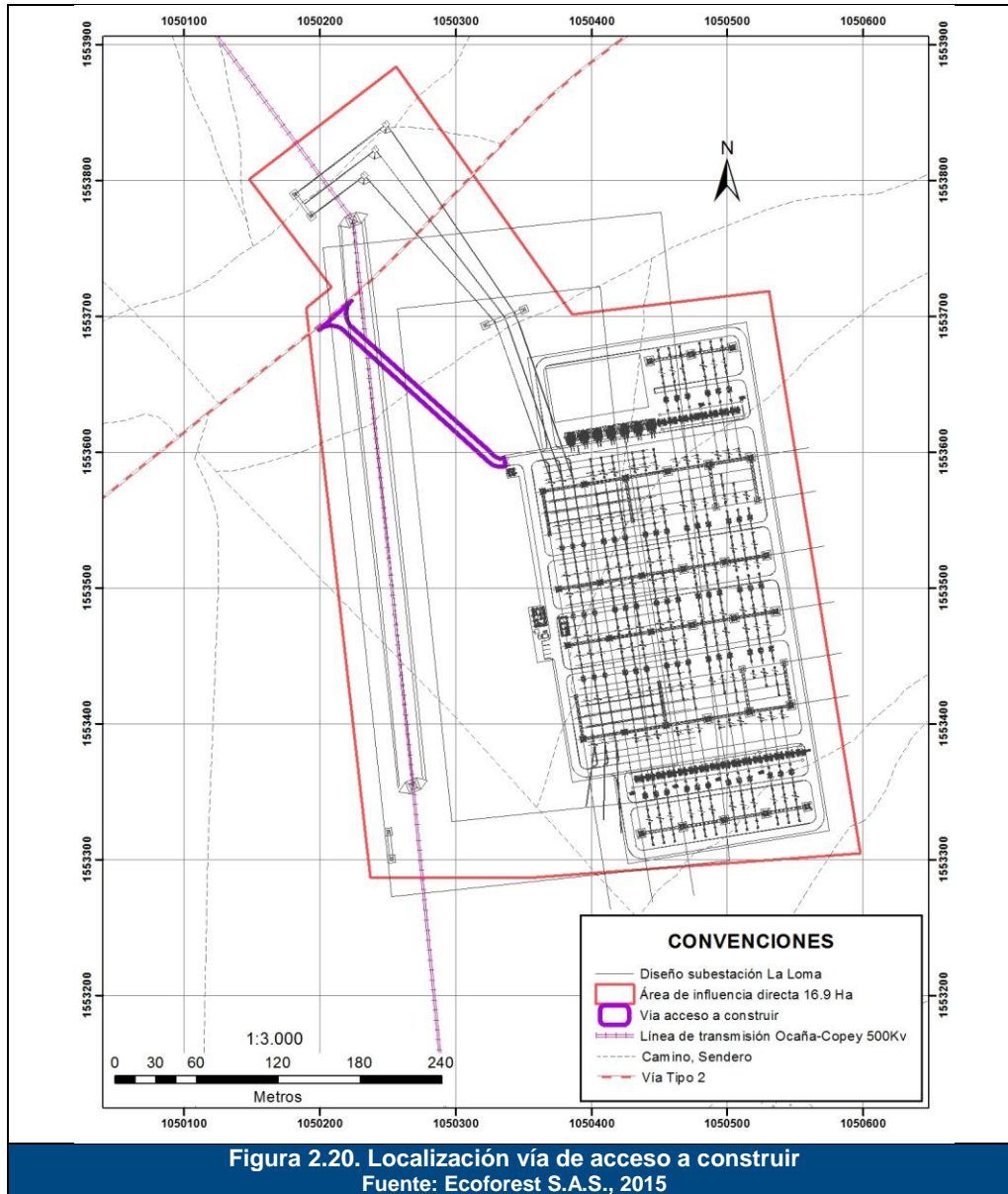
Para la construcción de esta vía se requerirá adecuar un terraplén para alcanzar la cota de subrasante de la vía existente (vía Cruce – Ferrocarril Santa Marta), con altura máxima de 1,20m y talud 1,5: 1. La capa de rodadura será en pavimento flexible con cunetas de recolección y evacuación de aguas lluvias hacia el sistema de drenaje de la vía Cruce – Ferrocarril Santa Marta. El bombeo previsto para la evacuación de aguas lluvias será máximo de 2%.

El diseño del pavimento se realizará de acuerdo a las especificaciones dadas en el artículo 400 del INVIAS. Para el diseño de las vías se tendrá en cuenta el tránsito promedio diario de 5 vehículos y un periodo de diseño adecuado. La base y sub-base estarán regidas por las especificaciones dadas por Invias en el artículo 330-07 y 320-07, respectivamente. Y para la capa asfáltica se basará en función del artículo 450-07. En el caso de llenos estos serán basados en la norma INV E-220-07 para garantizar que el material a utilizar no estén contaminados y se les del uso adecuado.

En el punto de unión de la vía de acceso a la subestación con la vía Cruce – Ferrocarril Santa Marta, se construirá un box culvert de 2,20 x 2,20 x 6,0 m, el cual permitirá el normal flujo de las aguas de escorrentía de las dos vías que se intersectan. En el numeral 2.3.11.1.1 se describe esta estructura.

El material de cantera necesario para la construcción de este acceso se obtendrá de las minas licenciadas ubicadas en cercanías del Proyecto, las cuales se detallan en el capítulo 4, numeral 4.4.1 Potenciales fuentes de materiales de construcción, en el cual se lista los títulos mineros vigentes existentes en inmediaciones al Proyecto.

En la Figura 2.20. se observa la localización de la vía de acceso a construir para el ingreso a la subestación La Loma 500 kV.



2.3.11.1.1 Box coulvert

Los box coulvert son estructuras monolíticas enteramente en concreto reforzado que permiten el paso interno de elementos físicos. Las cargas que se deben tener en cuenta son las vivas, muertas, impacto y sismo, con las combinaciones de carga descritas en el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes (CCP-95).

La losa superior debe soportar los esfuerzos generados por las cargas anteriormente descritas, transmitirlo a los muros y estos a la losa de fondo. La longitud del box coulvert es de 12 m y ancho de 2 m.

Se debe construir adicionalmente estructuras de contención de tierras (aletas), asegurándose que el concreto que esté en contacto con elementos de arrastre debe ser protegido por el impacto y la socavación. En la Figura 2.21, se observa el esquema del box coulvert a construir en el proyecto La Loma 500 kV.

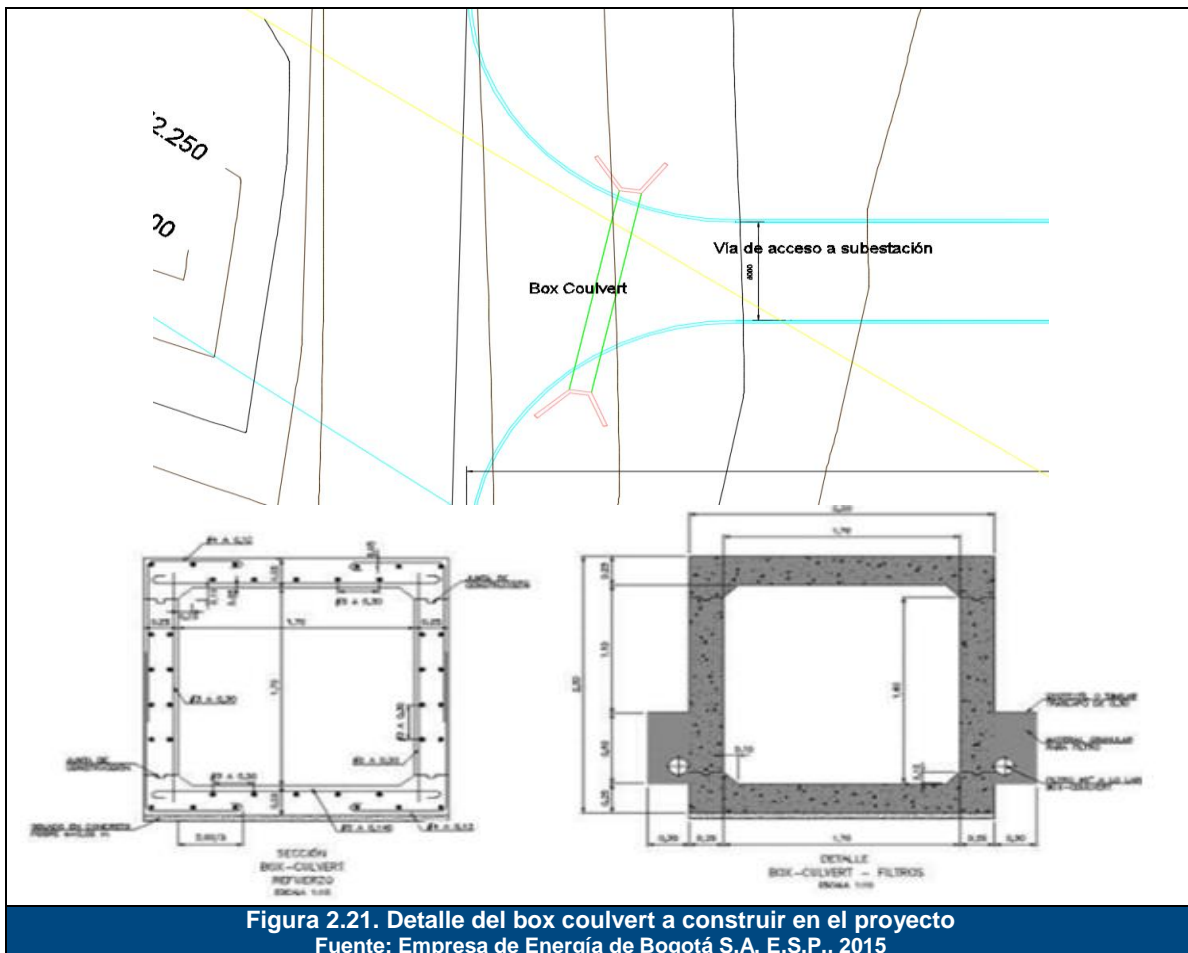


Figura 2.21. Detalle del box coulvert a construir en el proyecto
 Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

Al interior de la subestación se requerirá construir vías de movilización internas que permitirán el ingreso de maquinaria, personal y equipos durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

Las características técnicas de la vía de acceso así como de las vías internas a construir se observan en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Características técnicas de las vías internas y vía de acceso a construir.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
➤ Método de diseño	Multicapa
➤ Ancho de las vías perimetrales e internas	<ul style="list-style-type: none"> - 6,00 m para vía de ingreso de transformadores. - 6,00 m para vías perimetrales. - 3,50 m Para vías de servicio
➤ Acabado de la vía	Pavimento asfáltico: espesor 0,05 m mínimo Base: de acuerdo con el estudio de suelos Sub-base: de acuerdo con el estudio de suelos
➤ Especificaciones generales de diseño	Las secciones de las vías serán diseñadas de acuerdo con el CBR de la subrasante, indicado en el estudio de suelos. Los niveles y espesores de la base se harán de acuerdo con la información indicada en el estudio de suelos, el grado de compactación se hará al 95% del proctor modificado. Periodo de diseño 10 años, trafico 5 Vehículos/día

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. 2015

En la Figura 2.22 y Figura 2.23, se observa el trazado y las características de las vías internas a construir en la subestación.

Para la subestación la Loma 500 kV se considera la construcción de una vía de acceso que conectará la subestación con la vía pública aledaña al lote de la subestación, esta vía tendrá un ancho de 6 m. al interior de la subestación se contará con dos tipos de vías, una principal de 6 m ancho, y una vía de servicio y acceso a equipos como interruptores de potencia, que tendrá un ancho de 3.5 m.

El acabado de las vías será en pavimento flexible, el espesor de este dependerá de la capacidad portante de la subrasante, que se obtiene con el estudio de suelos que se efectuará en la zona de subestación. El diseño del pavimento se realizará de acuerdo a las especificaciones dadas en el artículo 400 del INVIAS. Además la estructura de la vía estará conformada por una capa de base y sub-base granular cuyos espesores se obtendrá según el ensayo CBR. Para el diseño de las vías se tendrá en cuenta el tránsito promedio diario de 5 vehículos y un periodo de diseño adecuado.

La base y sub-base estarán regidas por las especificaciones dadas por Invias en el artículo 330-07 y 320-07, respectivamente. Y para la capa asfáltica se basará en función del artículo 450-07.

En el caso de llenos estos serán basados en la norma INV E-220-07 para garantizar que el material a utilizar no estén contaminados y se les del uso adecuado. En las siguientes figuras se encuentran secciones típicas de las vías a construir, los detalles particulares y especificaciones particulares de estas, serán obtenidas como resultado de los diseños detallados de la subestación.

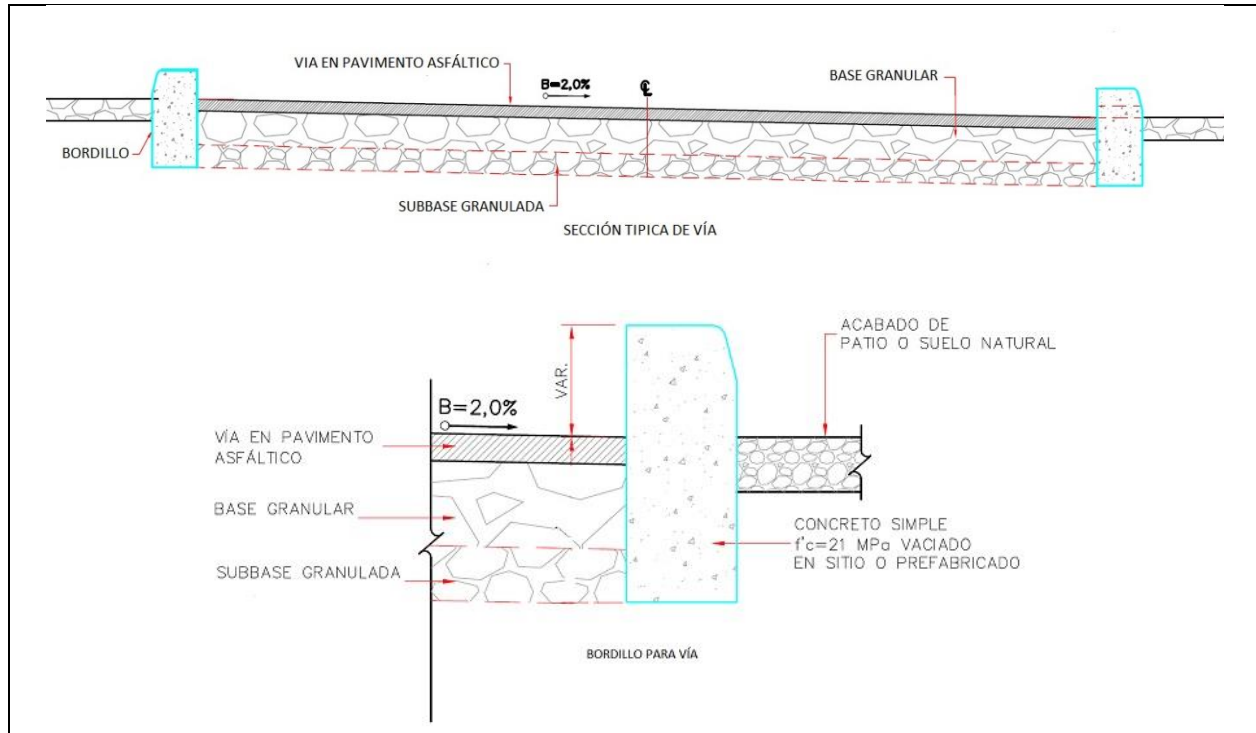


Figura 2.22. Secciones y detalles tipo de la vía de acceso a construir
 Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P., 2015

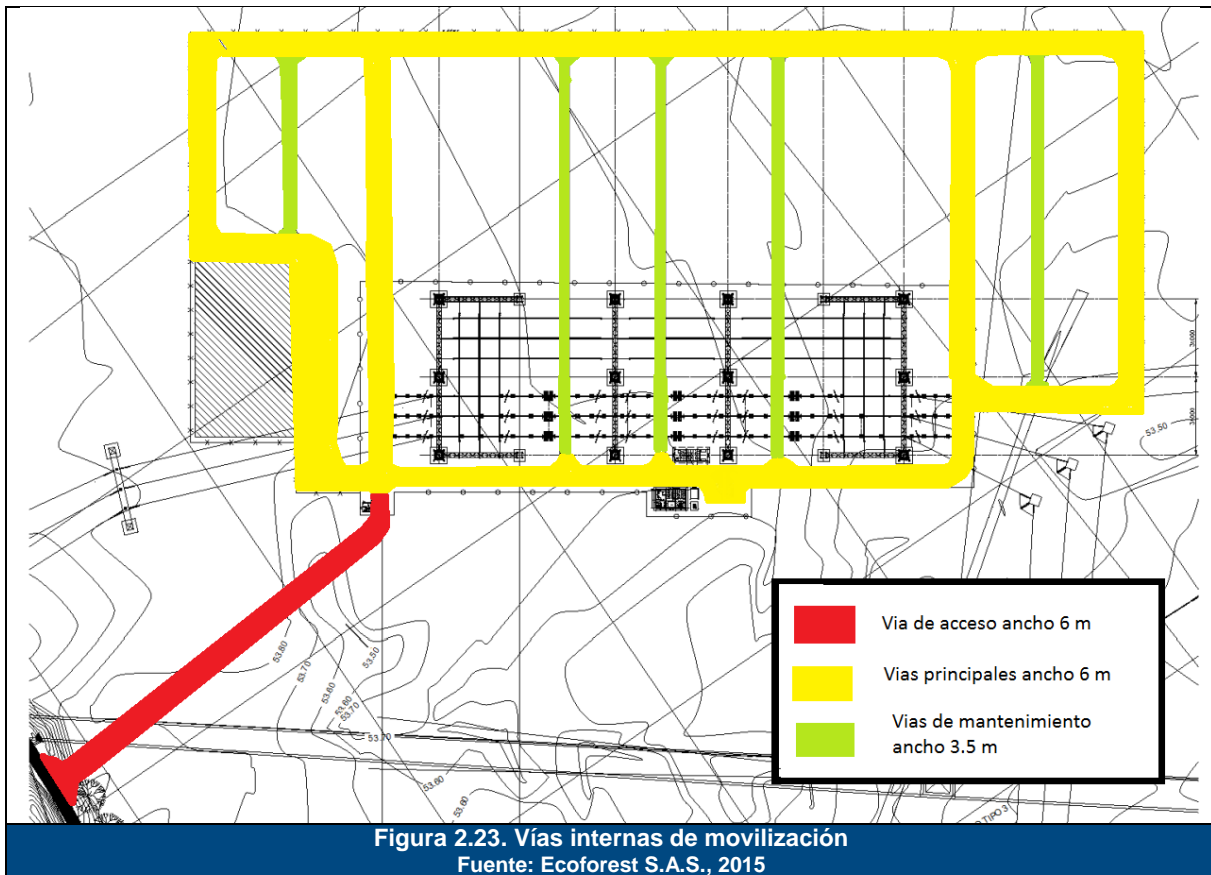
En el plano EEB-U114-CT100609-S207-DIS1200-A0 EEB-U114-CT100609-507-DIS0001, hoja 3 Anexo 8. Diseños del proyecto, se puede observar de forma general la distribución de vías al interior de la subestación y el punto de conexión con la vía pública aledaña al lote de la subestación.

En la Tabla 2.22 se indican las cantidades aproximadas de vías a construir, la cantidad y distribución total dependerán del diseño definitivo de la subestación, sin que se esperen cambios significativos.

Tabla 2.22. Características geométricas vías internas de la subestación

TIPO DE VÍA	ANCHO (m)	LONGITUD APROX (ml)	ÁREA (m ²)
Vía de Acceso	6	180	1080
Vía Principal subestación	6	326	1956
Vías de acceso a equipos	3,5	114	399

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. 2015



El acabado de las vías será en pavimento flexible, el espesor de este dependerá de la capacidad portante de la subrasante, que se obtendrá con el estudio de suelos que se efectuará en la zona de subestación. El diseño del pavimento se realizará de acuerdo a las especificaciones dadas en el artículo 400 del INVIAS. Además la estructura de la vía estará conformada por una capa de base y sub-base granular cuyos espesores se obtendrá según el ensayo CBR. Para el diseño de las vías se tendrá en cuenta el tránsito promedio diario de 5 vehículos y un periodo de diseño adecuado.

La base y sub-base estarán regidas por las especificaciones dadas por Invias en el artículo 330-07 y 320-07, respectivamente. Y para la capa asfáltica se basará en función del artículo 450-07. Para más detalle se incluye el plano "Plano de Vías" en el Anexo 8. Diseños del proyecto.

2.3.12 Cerramiento perimetral de la subestación

El cerramiento de la subestación será construido en malla eslabonada de 2.5 metros de altura apoyada sobre un murete que constará de tres hiladas de ladrillo de perforación vertical. Se incluye el plano "Plano cerramiento" en el Anexo 8. Diseños del proyecto.

2.3.13 Estabilización de terreno y conformación de taludes

La construcción de la subestación La Loma 500 kV no prevé estabilización de taludes debido a que no se realizarán cortes de terreno importantes, de acuerdo al estudio de suelo se deberá descapotar una profundidad de 20 a 50cm donde se retirará la capa orgánica. Los taludes a construir serán en material de relleno tipo Invias autosoportados en relación 2:1 de altura máxima 1.8 metros los cuales harán parte de la vía a construir. Para ver más detalle se incluye el plano “Adecuación de Terreno” en el Anexo 8. Diseños del proyecto.

2.3.14 Áreas inundables y susceptibles de inundación

Para determinar la vulnerabilidad hidráulica del proyecto se realizó un estudio hidrológico de vulnerabilidad en el cual se obtuvo que el área de influencia del proyecto no tiene amenaza alguna de inundación para periodos de retorno hasta de 100 años, para información más detallada remitirse al Anexo 10. EEB-U114-CT100609S207-DIS0004 Estudio Hidrológico.

2.3.15 Infraestructura y servicios interceptados

Uno de los criterios considerados para la localización definitiva de la Subestación La Loma 500kV fue la no intervención de los proyectos existentes en el área establecida por la UPME para el desarrollo del proyecto. Adicionalmente de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, Título 3, Capítulo 3, Sección 6 Artículo 2.2.2.3.6.4 Superposición de Proyectos, se realizó la identificación de proyectos ubicados en inmediaciones al lugar de localización del proyecto Subestación La Loma 500kV y sus líneas de transmisión asociadas, que a la fecha cuentan con licencia ambiental vigente, los cuales se relacionan en el Tabla 2.23.

Como resultado de dicha revisión se confirmó que de estos proyectos únicamente la Línea de Transmisión a 500kV Circuito Sencillo Copey – Ocaña, se superpone con el proyecto Subestación La Loma 500kV. La superposición de las dos líneas es necesaria debido a que uno de los objetivos del proyecto es conectar la Subestación a construir con la Línea existente Copey – Ocaña. Las condiciones técnicas de la línea existente y la futura son similares lo que las hace plenamente coexistentes, no obstante en el Capítulo 5. Evaluación Ambiental, se realiza el análisis detallado de la acumulación y sinergismo de los impactos entre estos proyectos.

Tabla 2.23. Proyectos cercanos licenciados

RESOLUCIÓN	AÑO	CONCEPTO	OTORGADO A:	PROYECTO
0156	2014	“Por la cual se otorga un permiso de vertimientos”	Drummond LTD	Mina La Loma
0685	2014	“Por la cual se otorga una licencia ambiental y se toman otras determinaciones”	Yuma Concesionaria	Ruta del Sol – Doble Calzada Centro Poblado San Roque y corregimiento Cuatro Vientos
0359	2013	“Por la cual se otorga una concesión de agua subterránea”	Drummond LTD	Mina La Loma
0897	2013	“Por medio de la cual se modifica un	Drummond LTD	Mina La Loma

RESOLUCIÓN	AÑO	CONCEPTO	OTORGADO A:	PROYECTO
		permiso de vertimientos"		
1547	2010	"Por la cual se modifica la Resolución 414 de Mayo 17 de 1991 y la Resolución 1800 del 21 de septiembre de 2009"	Ecopetrol S.A.	Pozos Colorados
0464	2009	"Por la cual se modifica un plan de manejo ambiental y se toman otras determinaciones"	Prodeco S.A	Mina Calenturitas
0823	2009	"Por la cual se ordena la apertura de una investigación, se efectúa una formulación de cargos y se toman otras determinaciones"	Drummond LTD	Mina La Loma
1548	2008	"Por medio de la cual se modifica un permiso de vertimientos"	Drummond LTD	Mina La Loma
017	2007	"Por la cual modifican unos actos administrativos, se establece un Plan de Manejo Ambiental y se toman otras determinaciones"	Drummond LTD	Mina La Loma
414	2008	"Mediante la cual se otorgó licencia ambiental para el proyecto minero El Descanso"	Drummond Coal Mining L L C	Mina El Descanso Zona Norte
0766	2013	"Por medio de la cual se modifica una licencia ambiental"	ISA S.A.	Línea de Transmisión a 500 Kv Circuito Sencillo Copey – Ocaña

Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

De acuerdo con lo anterior, el área prevista para la construcción de la subestación La Loma 500 kV no presenta ninguna intersección con infraestructura o servicios existentes en el área. Por su parte el trazado de las líneas de conexión presenta intersección con la línea de transmisión Copey – Ocaña 500 kV, a la cual se realiza la conexión que permite energizar la Subestación La Loma 500kV. Así, desde la concepción del proyecto tanto las estructuras (torres y pórticos) como la subestación a construir deben coexistir, para ello los diseños eléctricos explicados a lo largo del capítulo dos muestran que toda la infraestructura guardará las medidas de seguridad necesarias y respetarán las distancias de retiro suficientes para conservar la integridad y funcionamiento de la línea existente, sin que se presente ninguna alteración de sus condiciones de operación, dando cumplimiento a los requisitos técnicos y de seguridad establecidos en el RETIE.

En la Tabla 2.24 se relacionan las distancias mínimas eléctricas y de seguridad para un proyecto de este tipo, de acuerdo al anexo 10. EEB-U114-CT100609-S207-DIS1200-A0. Estudio hidrológico.

Tabla 2.24. Distancias mínimas eléctricas y de seguridad línea de transmisión

DISTANCIAS MÍNIMAS ELÉCTRICAS Y DE SEGURIDAD 550 kV LIWL: 1550 kV SIWL: 1175 kV IEC: 60071 -2 1996	
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MÍNIMA (mm)
FASE - FASE	
PUNTA – CONDUCTOR (DFF)	5000
CONDUCTOR – CONDUCTOR PARALELO	4200
FASE - TIERRA	
PUNTA – ESTRUCTURA (DFT)	4100
CONDUCTOR – ESTRUCTURA (DCE)	3100

Fuente: Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. 2015

El polígono establecido por la UPME para el desarrollo del proyecto y por consiguiente la ubicación definitiva de la Subestación y sus líneas de transmisión asociadas, está inmersa dentro del Título Minero de la mina el Descanso Zona Norte de DRUMMOND COAL MINING L L C (Ver anexo 11. Consulta SIG web ANLA), si bien es cierto esta área tiene licencia ambiental, no se cuenta con información que indique acerca de proyecciones de actividades por parte de la empresa titular en el área del proyecto, no obstante la Empresa de Energía de Bogotá realizará los acercamientos necesarios de tal manera que se establezcan los acuerdos pertinentes que garanticen la coexistencia de los proyectos.

Otra intersección que presenta el trazado de las líneas de conexión del proyecto, se da con la vía El Cruce –Ferrocarril - Santa Marta, a la altura del K0+901 de la mencionada vía, punto en el cual la línea de transmisión cruza de manera aérea sobre la vía. La coexistencia de los dos proyectos (subestación con la vía) es compatible pues aunque se superponen no se interfieren.

En conclusión en el AID del Proyecto, dentro de la cual se construyen la Subestación La Loma y las líneas de conexión, solo se presenta intercepción con: la línea Copey–Ocaña 500 kV, del cual se deriva la energía para que el proyecto opere y con la vía El Cruce-Ferrocarril Santa Marta. El Proyecto objeto de este estudio puede coexistir con estos dos proyectos.

En el Capítulo 5, numeral 5.4.1 impactos sinérgicos y acumulativos se presenta el manejo y responsabilidad individual de los impactos ambientales generados por la coexistencia de estos proyectos.

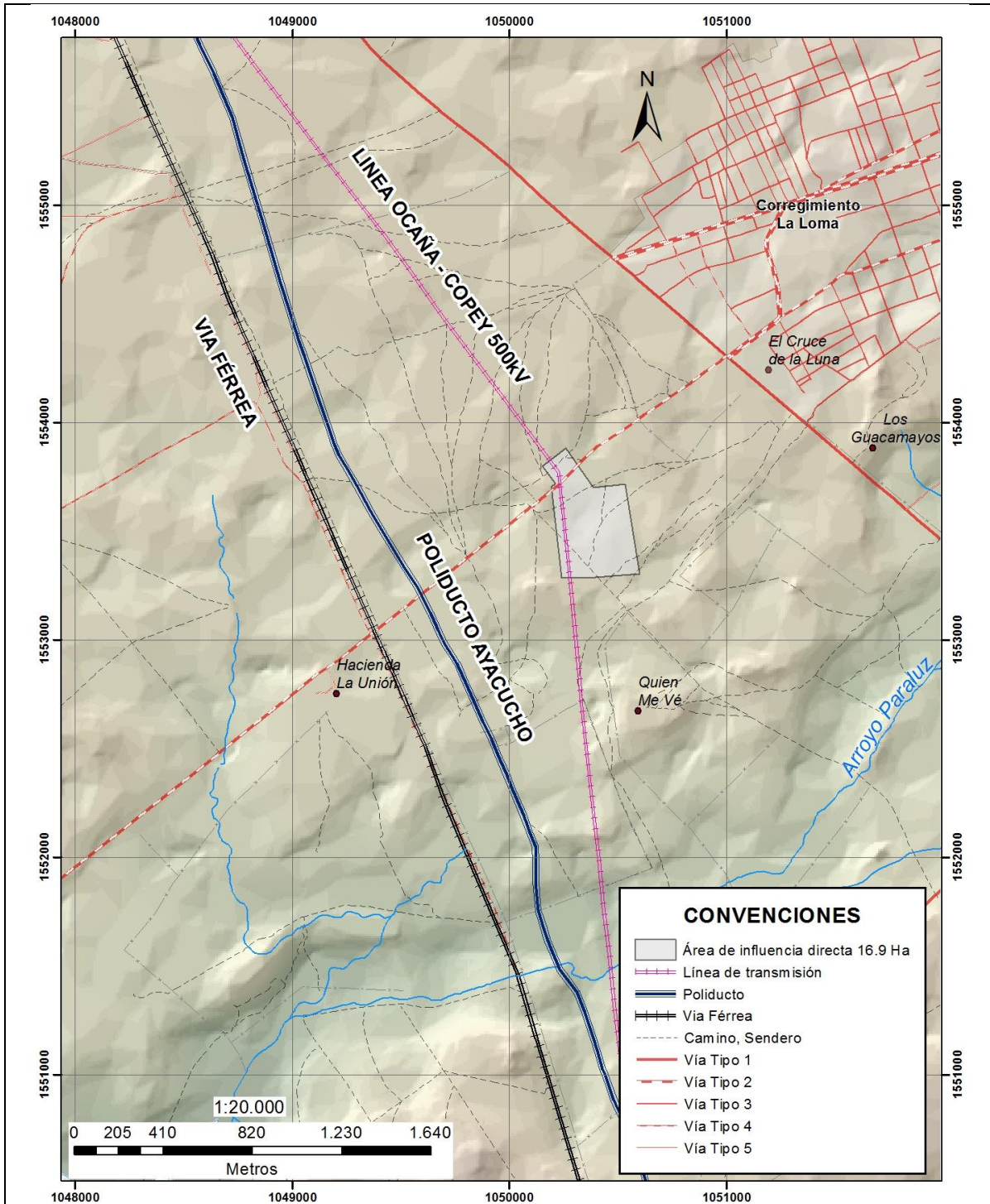







Figura 2.24. Infraestructura existente en la zona del proyecto
Fuente: Ecoforest S.A.S., 2015

En la Foto 2.11 se observan las características de la infraestructura existente en la zona del proyecto.

	
<p>Poliducto Pozos Ayacucho. El proyecto no lo intercepta pero se encuentra en cercanías</p>	<p>Derecho de vía del Poliducto de los Pozos Ayacucho, localizado en cercanías del proyecto.</p>
	
<p>Torre 334 perteneciente a la Red de Alta Tensión Ocaña – El Copey.</p>	<p>Red de Alta Tensión Ocaña – El Copey a la cual se conectará la Subestación La Loma.</p>
	
<p>Aspecto de la vía El Cruce – Ferrocarril - Santa Marta, sobre la cual cruzará la línea aérea de la subestación La Loma</p>	<p>K0+901 de la Vía El Cruce – Ferrocarril - Santa Marta, sitio sobre el cual cruzará la línea de alta tensión.</p>



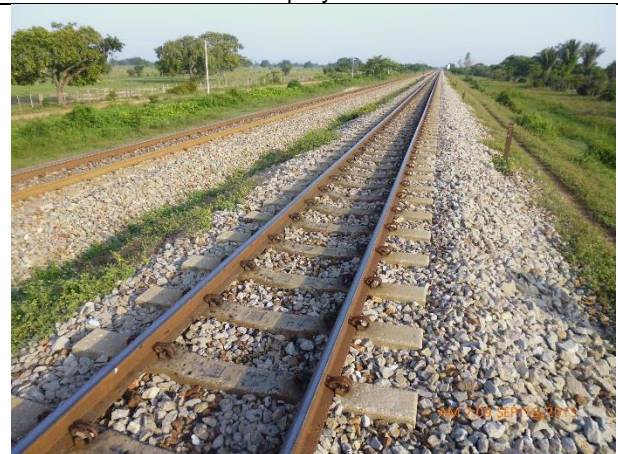
Aspecto general de la Ruta del Sol sector 3, la cual se encuentra en el costado nororiental del área de influencia del proyecto



Aspecto general de la Ruta del Sol sector 3, la cual se encuentra en el costado nororiental del área de influencia del proyecto



Aspecto de la línea del ferrocarril a Santa Marta, utilizado por las compañías carboneras de la zona para transportar carbón hacia el Puerto de Santa Marta



Aspecto de la línea del ferrocarril a Santa Marta, utilizado por las compañías carboneras de la zona para transportar carbón hacia el Puerto de Santa Marta

Foto 2.11. Infraestructura existente en el área del proyecto La Loma

Fuente: Ecoforest S.A.S. 2015