



METRO LÍNEA 1

PRIMERA LINEA DEL METRO DE BOGOTÁ



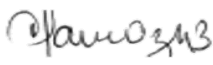


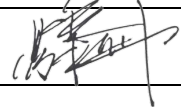
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA RECEPTORA SER 1 Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 115 KV. CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

L1T1-0000-000-CON-ED-AMB-ES-0002

CONTROL DE EMISIONES		
REVISIÓN	FECHA	EMITIDO PARA
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios

El contenido de este documento no podrá ser divulgado a terceros ya sea en parte o en su totalidad sin autorización escrita de METRO LINEA 1 SAS
The content of this document may not be disclosed to third parties either in part or in full without written authorization from METRO LINEA 1 SAS
未经 METRO LINEA 1 SAS 的书面授权，不得将本文件的内容部分或全部透露给第三

CONTROL DE CAMBIOS		
REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO
VBB	21/12/2022	Emitido para revisión y comentarios del cliente e Interventoría
VA0	21/12/2022	Emitido para comentarios internos – Emisión preliminar para comentarios

APROBACIÓN ML1			
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
REVISÓ		Claudia Marcela Diaz	Coordinadora Ambiental
REVISÓ		Oscar Rene Avella	Director Ambiental y SST
REVISÓ		Alexandra Coredor	Director Ambiental y SST
APROBÓ		Yi Liming	Vicepresidente Ambiental y SST


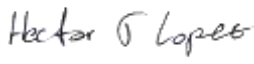


	APROBACIÓN CPA INGENIERÍA S.A.S.		
	FIRMA	NOMBRE	CARGO
ELABORÓ		Hector Julian Lopez	Coordinador de proyectos
REVISÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos
APROBÓ		Sonia Ardila	Directora de proyectos

Tabla de contenido

3	CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
3.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	7
3.2.1	Infraestructura Existente.....	7
3.2.2	Fases y actividades del Proyecto	9
3.2.3	Características técnicas.....	14
3.2.4	Insumos del proyecto.....	60
3.2.5	Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación y de construcción y demolición	66
3.2.6	Residuos peligrosos y no peligrosos	67
3.2.7	Costos del proyecto	69
3.2.8	Cronograma de proyecto	69
3.2.9	Organización del proyecto	71

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER1	6
Tabla 2. Infraestructura social existente cerca al área del proyecto	8
Tabla 3. Etapas de Construcción de Subestación y Líneas de Transmisión	9
Tabla 4. Características zonales	15
Tabla 5. Resistividades superficiales de materiales	18
Tabla 6. Disposición física de equipos en la SER-1	32
Tabla 7. Nodos principales dentro del diagrama unifilar de la PLMB	34
Tabla 8. Distribución tramos por Tecnología Sector SER-1	37
Tabla 9. Secciones Típicas pantalla cable subterráneos	41
Tabla 10. Valores de U, U0, Um y UP normalizados	42
Tabla 11. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos	44
Tabla 12. Características principales del cable de fibra óptica para líneas subterráneas	46
Tabla 13. Carga transformadores SER – Escenario N	48
Tabla 14. Carga de transformadores SER – Escenario N-1 (SER 2 y SER 3 en servicio)	49
Tabla 15. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)	49
Tabla 16. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)	50
Tabla 17. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 2 en servicio)	50
Tabla 18. Volumen aproximado de Materiales pétreos	64
Tabla 19. Cantidad aproximada de Insumos procesados	64
Tabla 20. Información ambiental proveedores de material	65
Tabla 21. Cronograma del Proyecto	69

Índice de Figuras

Figura 1. Localización del Proyecto	6
Figura 2. Ubicación de subestaciones eléctricas a 115 kV	9
Figura 3. Isométrico malla de puesta a tierra	19
Figura 4. Configuración malla de puesta a tierra	20

Figura 5. Distribución potencial de contacto SER 1 (Cs: Gravilla).....	21
Figura 6. Esquema general de canalizaciones	23
Figura 7. Distancias de seguridad mallas perimetrales	24
Figura 8. Vista Isométrica de la subestación SER1	32
Figura 9. Arquitectura general del sistema eléctrico de la PLMB	35
Figura 10. Conexión Subestación SER 1.....	36
Figura 11. Diagrama unifilar SER 1.....	36
Figura 12. Sistema eléctrico del Patio taller	37
Figura 13 Ubicación de la conexión a 115 kV a Subestación SER 1	38
Figura 14 Radio de Curvatura para conductores Subterráneos	39
Figura 15 Sección longitudinal y transversal cables para alta tensión Subterráneos.....	40
Figura 16 Densidad de Campo magnético.....	44
Figura 17. Banco de ductos a evaluar.....	47
Figura 18. Acción de protecciones bahía transformador FUENTE: WSP 2022	58
Figura 19. Acción de protecciones mecánicas del transformador de potencia	59
Figura 20. Organigrama de la Vicepresidencia ASST	72

3 CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se presenta las características técnicas del proyecto objeto de licenciamiento, el cual corresponde a la construcción y puesta en marcha de una Subestación Eléctrica Receptora y su Línea de Transmisión a 115 kV, que alimentará parte de la infraestructura de la Primera Línea del Metro de Bogotá.

3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “*Construcción de la Subestación Receptora SER 1 y su Línea de Transmisión a 115 kV*”, se localiza en la ciudad de Bogotá D.C, en la Localidad de Bosa, dentro de las instalaciones del Patio Taller Metro de Bogotá sobre los 2576 msnm, tiene una extensión de 1400 m² y corresponde a un proyecto de tipo puntual y la línea de transmisión que responden a características de un proyecto lineal; donde se contemplan las obras para la construcción de la línea de transmisión a zanja abierta en un tramo de 14 metros (Figura 1).

La subestación Receptora SER 1 hace parte del sistema de abastecimiento de energía para la Primera Línea del Metro de Bogotá, alimentará de energía la infraestructura de estacionamiento y zonas de mantenimiento de los trenes, la subestación se conectará a través de una línea de transmisión de 115 kV, subterránea a la Subestación Eléctrica Porvenir de Enel Colombia.

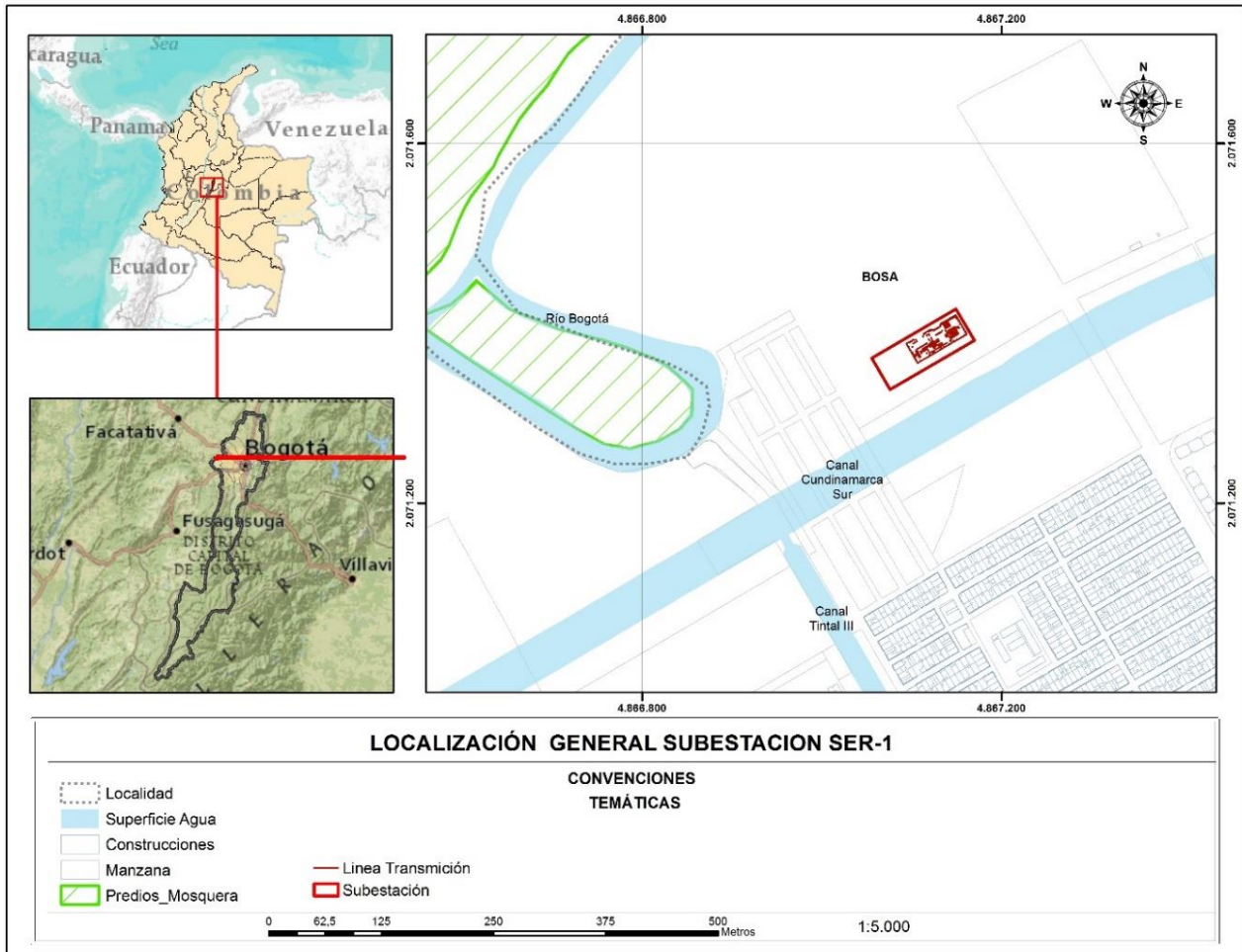


Figura 1. Localización del Proyecto

FUENTE: CPA INGENIERÍA SAS. 2022

El proyecto se encuentra ubicado en los barrios El Corzo y El Cañavalejo, que pertenece a la UPZ Porvenir (UPL 15 Provenir¹) en la Localidad de Bosa, enmarcada en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de la Subestación Eléctrica SER1

COORDENADAS MAGNA Colombia_CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
1	4867075,93	2071326,38
2	4867169,76	2071381,06
3	4867149,32	2071416,14

¹ De acuerdo con el Decreto 555 del 2021 del 29 de diciembre del 2021, por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá.

COORDENADAS MAGNA Colombia CTM12		
VERTICES	ESTE	NORTE
4	4867055,49	2071361,46
5	4867075,93	2071326,38
Línea de Transmisión 1	4867095,93	2071353,38
Línea de Transmisión 2	4867094,5	2071355,67

FUENTE: CPA INGENIERÍA SAS. 2022

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

A continuación, se presenta las características técnicas del proyecto en las diferentes fases, y la presentación de los diseños de la infraestructura a construir, con su respectivo cronograma de actividades y estructura organizacional.

3.2.1 Infraestructura Existente

3.2.1.1 Vías de Acceso

La localidad de Bosa se ubica al sur occidente de la ciudad; limita al norte con la localidad de Kennedy, con la Calle 49 Sur, Diagonal 49 Sur, Carrera 85, Calle 52 A Sur, Carrera 82 B, Calle 55 Sur, Carrera 81, Diagonal 56 Sur, Carrera 84 C, Calle 58 D Sur, río Tunjuelito; al oriente con la localidad de Ciudad Bolívar, de por medio con la Autopista Sur y Diagonal 57 C Sur; al sur con el municipio de Soacha, de por medio con río Tunjuelito y Avenida Terreros – Carrera 77 G; por el occidente con el municipio de Mosquera, de por medio con río Bogotá (Alcaldía de Bogotá, 2013. p 6).

La UPZ Porvenir se ubica al costado occidental de la localidad; limita al La UPZ El Porvenir se ubica al costado noroccidental de la localidad; limita al norte la localidad de Kennedy, de por medio con Calle 49 Sur; al oriente con la UPZ Bosa Occidental, de por medio con la Avenida Tintal, al sur con la UPZ Tintal Sur, de por medio la Calle 63 Sur; al occidente con el municipio de Mosquera, de por medio con río Bogotá (Alcaldía de Bogotá, 2013. p 65).

En la zona del proyecto se cuentan con accesos viales correspondientes a la red vial primaria de la ciudad; a la zona del Patio Taller, donde se ubica la Subestación Eléctrica Receptora SER 1, se accede a través de la Calle 49 sur, que se encuentra en su costado oriental, colinda en el costado Norte y Occidente con la carrera 106 A, las cuales se encuentran en buenas condiciones para transitar.

3.2.1.2 Infraestructura Social y/o Productiva

En el barrio El Corzo, donde se encuentra ubicado el Patio Taller, se encuentra un predio propiedad de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), el cual es utilizado como escombrera para el material de excavación de las obras de alcantarillado sanitario y pluvial del Tintal y del canal Cundinamarca en el sur occidente de la ciudad (EAAB, 2008).

Así mismo en el costado sur del Patio Taller, cruzando el canal Cundinamarca, se ubica el barrio Cañaveralejo, donde se encuentra la siguiente infraestructura social y cultural (Tabla 2):

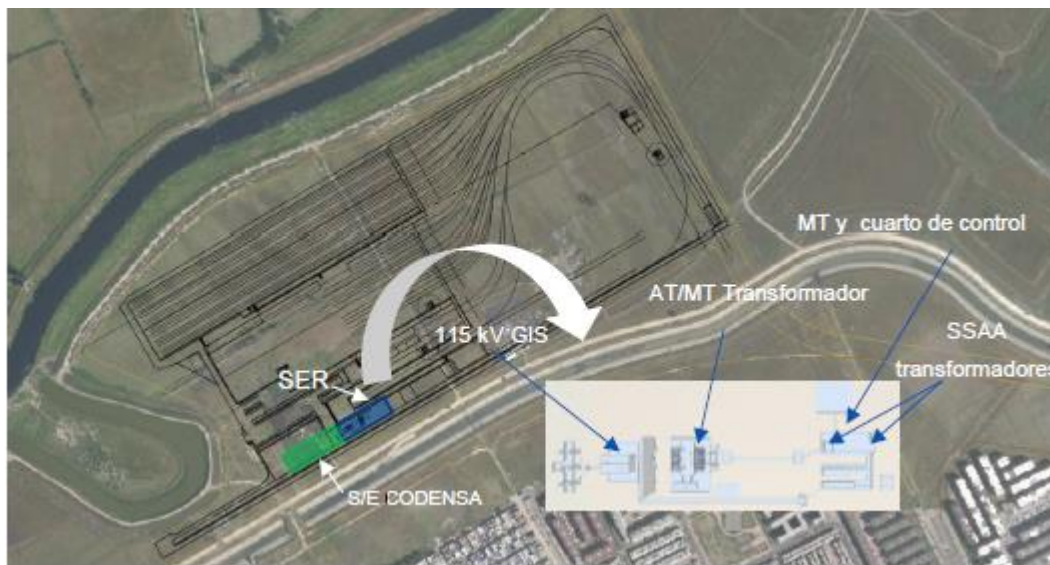
Tabla 2. Infraestructura social existente cerca al área del proyecto

TIPO	NOMBRE	DIRECCIÓN
Social	Salón comunal Santa Fe El Recuerdo	Calle 58 Sur No. 106- 21
Educativa	Colegio Villas del Progreso	Carrera 102 No. 126 d 34
Educativa	IED Porvenir	Calle 58 Sur No. 104 a 50
Educativa	Jardín Infantil La Casita de los Sueños	Calle 57 No. 102 a 22
Educativa	Jardín Infantil Los Simpson	Carrera 106 No. 56 – 67
Cultural	Parroquia Nuestra Señora de la Natividad	Calle 58 Sur No. 105 b -1
Cultural	Iglesia Adventista del Séptimo Día Éfeso	Carrera 102 c No. 57 Sur 1

Fuente: Google earth. 2022

3.2.1.3 Infraestructura Sistema Interconectado Nacional

La Subestación eléctrica Receptora SER 1, estará conectada a la Subestación Eléctrica Porvenir de la empresa ENEL Colombia, a través de una línea de transmisión de 14 metros de distancia (Figura 2), la subestación se encuentra en proceso de licenciamiento ambiental por parte de la empresa ENEL, por tanto, se encuentran en proceso de diseños técnicos finales.



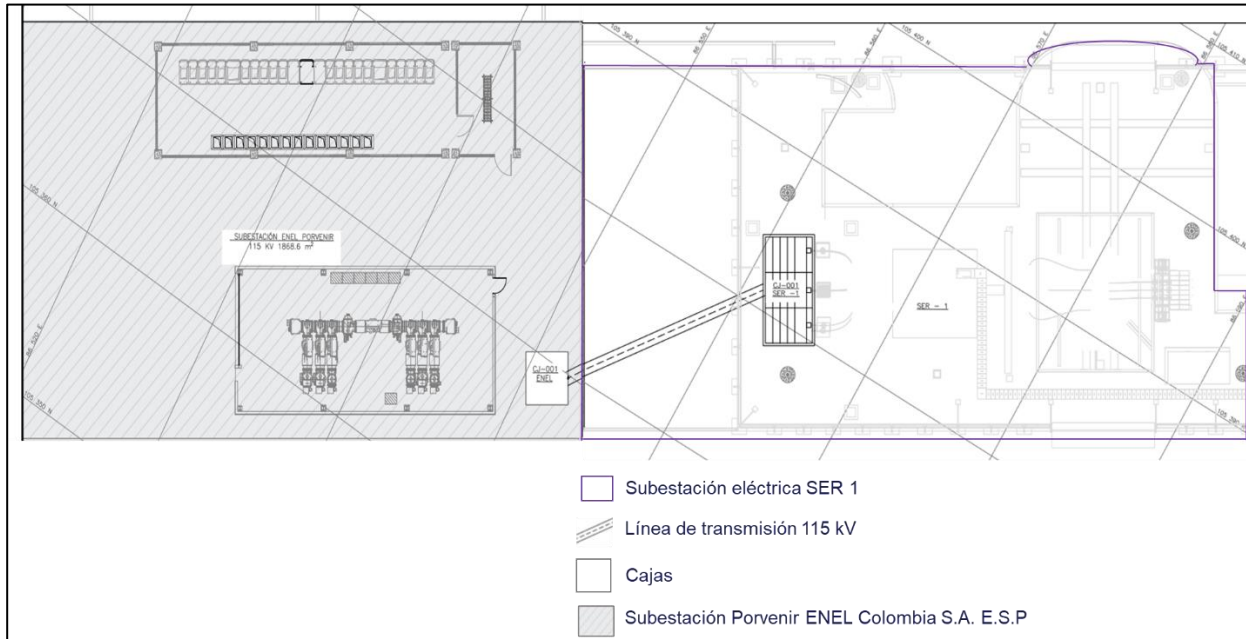


Figura 2. Ubicación de subestaciones eléctricas a 115 kV

FUENTE: CPA INGENIERÍA SAS. 2022

3.2.2 Fases y actividades del Proyecto

El proyecto de la Subestación Eléctrica Receptora SER 1 incluye las fases pre-constructivas, constructivas de operación y mantenimiento; y finalmente la etapa de desmantelamiento del proyecto; cuyas actividades y descripción se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Etapas de Construcción de Subestación y Líneas de Transmisión

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Etapa Pre-Constructiva	Organización Laboral.	Esta actividad consiste en la contratación del personal y la agrupación del equipo necesario para realizar los trabajos.
	Localización y replanteo topográfico	El replanteo se realizará luego de la revisión del diseño y previo al inicio de la fase constructiva de la subestación y Línea de Transmisión, este replanteo consiste en la ubicación de puntos referenciales, desde los cuales se tomarán las medidas precisas de las ubicaciones de cimentaciones para los diferentes equipos y en general para todas las obras civiles a ser construidas.
	Establecimiento de Áreas de trabajo, cerramiento provisional, áreas de almacenamiento de material y sustancias especiales. señalización	Consiste en la planificación de los espacios dispuestos para la operación y la gestión administrativa y técnica del proyecto, en los cuales se ubicarán en contenedores oficina para las áreas administrativas, SSTA, Almacén y depósitos para almacenamiento de materiales y equipos

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		para obra civil y electromecánico, herramientas, elementos químicos y otros que se requieran para desarrollar la operación de la obra. Y la debida señalización de las áreas dispuestas.
	Construcción de campamento temporal.	Consiste en la planificación de los espacios dispuestos para la operación y la gestión administrativa y técnica del proyecto, en los cuales se ubicarán en contenedores oficina para las áreas administrativas, SSTA, Almacén y depósitos para almacenamiento de materiales y equipos para obra civil y electromecánico, herramientas, elementos químicos y otros que se requieran para desarrollar la operación de la obra. Y la debida señalización de las áreas dispuestas. Este espacio debe contar con servicios básicos como baños portátiles, de suministro de agua, energía y comunicación.
	Trasporte de Elementos Constructivos.	Consiste en el traslado de los elementos constructivos hasta y desde el sitio de montaje; para esta actividad se analiza el tipo de acceso y movilidad de transporte para el acarreo adecuado de los materiales. Se elabora y presenta el Plan de Manejo de Tránsito a la Secretaría Distrital de Movilidad.
Etapa Constructiva	Implementación de medidas de manejo de residuos. Generación, manejo y disposición de Residuos Líquidos y Sólidos.	Esta actividad hace referencia a la generación y manejo de residuos sólidos y líquidos durante el desarrollo de las demás actividades que hacen parte de la etapa constructiva y a su adecuada disposición de acuerdo con la normatividad aplicable.
	Capacitación al Personal en Seguridad, Salud y Medio Ambiente.	Esta actividad se lleva a cabo con el personal que hace parte de la ejecución del proyecto, esto con el fin de que conozca las obligaciones establecidas sobre seguridad, salud y medio ambiente, esto incluye las obligaciones que contiene la Licencia Ambiental.
	Implementación de los Programas Sociales.	Esta actividad es la que permite la interacción y la adecuada comunicación entre los encargados de la ejecución del proyecto y la comunidad circundante a este.
	Adecuación de Accesos.	Para la construcción de la subestación, se emplearán y mantendrán las vías de acceso y vías perimetrales existentes, que permiten la movilidad de vehículos pesados como grúas para la instalación de equipos y demás actividades operativas. Teniendo en cuenta que las acometidas de Alta Tensión serán subterráneas, se buscará realizar el menor impacto visual y ocupación del espacio público, no obstante, en la etapa constructiva se emplearán como vías de acceso: las vías perimetrales existentes, andenes viales y vías principales.
	Construcción de cerramiento perimetral.	Consiste en la ejecución de obras civiles de una estructura perimetral compuesta de dados y vigas de cimentación en concreto reforzado, mampostería, parales metálicos y bastidores en malla eslabonada.

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		sirve para encerrar el espacio de la subestación, restringiendo el acceso de personal No autorizado, se genera un acceso controlado para ingreso y descargue de equipos y mantenimientos periódicos.
	Excavación y Adecuación del Terreno Subestación.	En la etapa de construcción y con equipo mecánico, se harán excavaciones hasta llegar a los diferentes niveles establecidos en los diseños estructurales. En la planificación de las obras se debe prever los carretables de trabajo y los sitios de acopio de materiales y ubicación de la maquinaria y equipos necesarios.
	Excavación y Adecuación del Terreno Línea de Trasmisión.	Con equipo mecánico o de forma manual se llegará hasta los diferentes niveles de los cárcamos establecidos por el Diseño paras el recorrido de las líneas de transmisión. desde las obras de cimentación, cajas de subterranización y la perforación de ductos subterráneos, si es necesario se harán los mejoramientos de suelo que indiquen los estudios de suelo y las recomendaciones del Diseño estructural.
	Construcción dados de cimentación	Construcción de las canastas de acero de refuerzo de los dados y de las vigas de cimentación con sus respectivos empalmes por traslapos establecidos en Norma NSR 10. El acero de preferencia será figurado por el proveedor, las canastas serán armadas en sitio para posterior traslado al punto definido previamente con topografía, se hará empalme entre el acero de refuerzo de las vigas de cimentación y el de los dados, dejando previsto el arranque del acero de los pedestales, se instala el encofrado para evitar desperdicio de concreto y deformaciones y se realiza el vaciado y posterior vibrado de concreto obtener una mezcla homogénea, asegurado la resistencia y calidad requerida, posteriormente se realiza el complemento del acero de refuerzo de los pedestales en concreto, se encofran y se funden acuerdo a las resistencias definidas en el diseño, se deja embebido y nivelado el paral estructural que será el soporte de los paneles en marcos de ángulo metálico y malla eslabonada que conforma el cerramiento.
	Construcción y Obras Civiles de cimentación, super estructura y acabados de la Subestación	Para la construcción de la subestación eléctrica y la infraestructura (equipos y red subterránea) de la línea de trasmisión, se realizará la construcción de las obras civiles necesarias, de forma manual o mediante el uso de equipo mecánico para suministro y compactación del material de mejoramiento hasta alcanzar las densidades necesarias para adelantar las obras de dados y vigas de cimentación de los muros de concreto que conforman la barrera cortafuego que rodea el transformador de potencia, banco de capacitores así como de los muros de los diferentes espacios como el cuarto de baterías, baños, edificio de control y escaleras. También se hará conformación del piso técnico necesario, cárcamos, tapas en concreto prefabricado, cajas,

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		mediacañas, tuberías, canalizaciones y cubierta metálica tipo standing sean, por último, se harán obras de adecuación del urbanismo con vías en concreto reforzado y sardineles prefabricados en concreto.
	Construcción, Cimentación y Obras Civiles de la Línea de Transmisión	Para la construcción de la infraestructura de la línea de trasmisión, se realizarán sobre las excavaciones la construcción de la cimentación de los cárcamos, utilizando para ello, acero de refuerzo que podrá ser instalado en sitio, se funde la base y posteriormente se instala formaleta contra terreno y se funden las paredes, Para el tramo subterráneo se empleará maquinaria de perforación para los ductos y trabajo manual para las cajas de transición.
	Instalación de Equipos Subestación Eléctrica	Esta etapa consiste en el montaje de todos los equipos y estructuras previstas, cableado y conexionado hasta la caseta de alta tensión, caseta de la subestación GIS y la caseta de control de la subestación en donde finalmente se ubican los mandos y sistemas de operación y control de cada uno de los equipos y de la subestación en su conjunto. Las instalaciones de la subestación GIS y las celdas de alta tensión se instalarán directamente sobre las bases de hormigón armado y estará ubicados en una caseta construida para el efecto. Se costurarán bases en hormigón armado para instalar los transformadores de potencia los cuales estarán provistos de rieles de carga y muros cortafuego cumpliendo con la normatividad vigente.
	Construcción de canalizaciones de Alta Tensión entrada a subestación.	Actividades de infraestructura civil para las redes eléctricas subterráneas los cuales comprende los aspectos de construcción de canalizaciones, cámaras, cajas de inspección, cárcamos, cajas y tapas, en los cuales se busca que la disposición de los conductores dentro del ducto conserve su posición y adecuación a lo largo del recorrido, La ductería de PVC se utiliza para canalizar redes primarias, en los cuales se considera la construcción de cajas de inspección para hacer la transición y tendido de cables aislados en Alta Tensión.
	Montaje, tendido, conexión de la línea.	Esta actividad consiste en el montaje de estructura metálica, vestido de estructuras, instalación de herrajes y aisladores, tendido de conductores, templado y engrampado de conductores y cable de guarda, pruebas y puesta en servicio. Las actividades realizadas en una red subterránea de Alta Tensión consideran el tendido de cables aislados XLPE, instalación de soportes y aisladores de Transición, elaboraciones de terminales de conexión para cables aislados, tendido de conductor de tierra y fibra óptica, conexión de conductores, pruebas y puesta en servicio

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Etapa Operativo	Energización Líneas de Trasmisión.	Corresponde a la energización o puesta en servicio, al nivel de tensión previsto en el diseño y el transporte de la energía eléctrica durante la operación del proyecto, cumplimiento de las distancias de seguridad verticales para cada fase del conductor, todo dentro del marco de las especificaciones técnicas.
	Energización de Subestación AT/MT. Eléctrica	Corresponde a la energización o puesta en servicio al nivel de tensión previsto en el diseño, cumpliendo las normas y protocolos previstos para la operación segura de los equipos.
	Operación de Equipos.	La operación del proyecto consiste en la transmisión de la energía en forma continua, de acuerdo con las normas de seguridad y cumpliendo los criterios de calidad respecto a la frecuencia, la regulación de tensión, las pérdidas de energía y la distorsión producida por armónicos.
	Mantenimiento Subestación y Líneas de Trasmisión.	Mantenimiento preventivo: En esta fase se prevendrán los posibles daños en los equipos de las redes de distribución que puedan afectar la continuidad del servicio. Mantenimiento correctivo: En esta fase se repararán los daños ocasionados en los equipos de las redes de distribución que afecten el suministro de energía eléctrica. El mantenimiento de los equipos híbridos se realizará cada seis años y el de los transformadores cada 10 años. Estos mantenimientos serán realizados por profesionales especializados.
	Generación, manejo y disposición de Residuos.	Esta actividad hace referencia a la generación y manejo de residuos sólidos y líquidos durante el desarrollo de las demás actividades que hacen parte de la etapa operativo del proyecto y a su adecuada disposición de acuerdo con la normatividad aplicable.
Etapa de Desmantelamiento de la infraestructura existente y entrega de predio.	Desenergización	Es la actividad mediante la cual se corta el flujo de corriente eléctrica en la línea de trasmisión, la subestación
	Desmantelamiento de línea de trasmisión y subestación.	Se refiere a la actividad de realizar el desmonte de conductores y equipos que hacen parte de las líneas de conexión a la subestación.
	Embalaje, transporte y almacenamiento de Equipos de potencia, control, protección y comunicaciones Subestación Eléctrica que serán reutilizados.	Las actividades de embalaje consisten en la fabricación de huacales, cajas de madera, embalajes tipo jaula y bases en madera con el fin de preservar el estado de los equipos eléctricos de potencia, control, comunicaciones, tableros y gabinetes eléctricos que se requieren transportar. Las actividades de transporte de equipos hacen referencia al traslado de los equipos desmontados y embalados adecuadamente para llevarlos a un sitio de almacenamiento o disposición final. Las actividades de almacenamiento están relacionadas con guardar, proteger y conservar correctamente los equipos durante el periodo de tiempo que sea necesario, a su vez se realizan

ETAPA	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
		actividades de transporte, ubicación, manipulación y acondicionamiento de las mismas desde su recepción hasta su expedición.
	Reutilización y reciclaje de elementos.	Se refiere a las alternativas para manejar los elementos que se retiran de la red de distribución, subestación AT/MT y Línea de transmisión. Los elementos producto del desmantelamiento pueden ser reciclados y reutilizados en la construcción de otro proyecto.
	Retiro y disposición final de residuos.	Los materiales sobrantes deberán ser dispuestos adecuadamente en sitios autorizados por la Autoridad Ambiental Competente.
	Restauración de áreas intervenidas.	Implica la ejecución de labores para la recuperación de las áreas que fueron intervenidas por las obras. la SER 1 estará ubicada en las instalaciones de del Patio Taller, una vez terminadas las obras, el terreno aledaño debe ser nivelado y compactado para las obras de urbanismo posteriores.

FUENTE: CPA INGENIERÍA S.A.S. 2022.

3.2.3 Características técnicas

3.2.3.1 Adecuación y construcción

3.2.3.1.1 Vías de acceso

Teniendo en cuenta que las vías a utilizar corresponden a la red vial primaria de la ciudad de Bogotá, no será necesario realizar adecuaciones a los accesos a los sitios de trabajo donde sea posible el ingreso que prácticamente se encuentra a la red vial de la zona, considerando que se emplearán vehículos livianos para el transporte del personal, de herramienta y equipos requeridos para las actividades.

Debido a que las estructuras se van a ubicar dentro de Patio Taller, no se requiere hacer obras adicionales para adecuar accesos (Ver Anexos\AnexoG_Aspectos_Tecnicos\Planos). Se hará el cerramiento de las excavaciones y de los campamentos restringiendo el ingreso solo a personal autorizado y cumpliendo con los estándares Metro Línea 1.

En ese sentido, se llegará a las áreas de trabajo ingresando por la Calle 49 sur hasta los campamentos provisionales.

3.2.3.1.2 Infraestructura de transmisión de energía eléctrica

El proyecto contempla la construcción de una Subestación Eléctrica en un área aproximada de 1400 m² y una Línea de Transmisión de 14 metros, a continuación, se presenta la información referente a la etapa de construcción tanto para la Subestación como su Línea de Transmisión.

Dentro de la construcción e los diseños de la Subestación se realizó la consulta a cerca del trazado de las redes subterráneas que se presentan debajo del área del proyecto, dando como resultado que el predio donde se ubicará la subestación no presenta redes de servicios que puedan llegarse a intervenir.

La subestación Eléctrica Receptora SER 1, tomará energía de la Subestación Porvenir de la empresa Enel Colombia, esta realizará la transformación de 115/34.5 kV de 67 MVA. Las características ambientales y operacionales de la subestación se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características zonales

ÍTEM	VALOR
Frecuencia [Hz]	60
Tensión del Sistema [kV]	115
Max. Altitud [msnm]	2.650
Temperatura ambiente máxima [°C]	-25
Humedad Relativa promedio (%)	50
Nivel de contaminación*	Media
Zona de respuesta sísmica	Aluvial 200
Nivel de calificación sísmica	Moderada

FUENTE: WSP, 2021

A continuación, se hace una descripción general de cada una de las características técnicas de la subestación eléctrica y la línea de transmisión en las diferentes etapas contempladas en el proyecto.

- **Actividades previas a la construcción de la Subestación eléctrica Receptora SER 1**
- ▶ Instalaciones provisionales de Obra:
 - Movilización e instalación de equipos de construcción, campamentos y demás facilidades necesarias para la construcción de las obras.
 - Suministrar y movilizar hasta el sitio de las obras todos los equipos, elementos de trabajo y personal, como también hacer las instalaciones temporales que se requieran para ejecutar normal y eficientemente todas las obras objeto del proyecto.
- ▶ Oficinas, talleres y otras instalaciones provisionales

Las actividades a que se refiere esta especificación son las siguientes:

- Localización, construcción de edificaciones y mantenimiento de las instalaciones provisionales, abastecimiento de agua, energía eléctrica para construcción, alcantarillados y servicios sanitarios, orden y limpieza, vigilancia, remoción de las instalaciones de construcción.
- ▶ Ubicación del lote para construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 1

La subestación se construirá dentro del Patio Taller en un Lote que limita al sur con el canal Cundinamarca, al costado oriental con la Subestación Eléctrica Porvenir, dentro la localidad de Bosa, la cual se encuentra circunscrita dentro de los siguientes límites indicados anteriormente.

El lote tiene un área aproximada de 1400 m², el ingreso a la Subestación se realiza por la calle 49 sur, accediendo al Patio Taller.

► Organización laboral

Esta actividad consiste en la contratación del personal y la agrupación del equipo necesario para realizar los trabajos.

► Uso y adecuación de accesos

La Subestación Eléctrica Receptora SER 1 cuenta con vías de acceso y vías perimetrales que permiten la movilidad de vehículos pesados como grúas para la instalación de equipos, y para el mantenimiento preventivo y correctivo que se realice en la subestación.

► Replanteo

El replanteo se realizará luego de la revisión del diseño y previo al inicio de la fase constructiva de la subestación. Este replanteo consiste en la ubicación de puntos referenciales, desde los cuales se tomarán las medidas precisas de las ubicaciones de cimentaciones para los diferentes equipos y en general para todas las obras civiles a ser construidas. En esta actividad se determinará como referencia planimetría y altimétrica el sistema de coordenadas y el mojón respectivamente empleando el levantamiento topográfico, se verificarán los linderos, cabida del lote y aislamientos; se emplearán niveles de precisión para obras de alcantarillado y drenajes. Se empleará nivel de manguera para trabajos de albañilería.

► Adecuación del terreno

La adecuación del terreno se realizará usando maquinaria como retroexcavadoras, canguro operado con grúa, concretadoras, vibrocompactador, volquetas, bombas de agua, vibroapisonadores mecánicos, herramienta diferencial y esporádicamente se utilizará grúa de canasta.

► Transporte de elementos constructivos

Consiste en el traslado de los elementos constructivos hasta el sitio de montaje; para esta actividad se analiza el tipo de acceso y movilidad de transporte para el acarreo adecuado de los materiales.

• **Actividades de construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 1**

La Subestación Eléctrica SER 1, estará construida sobre un terraplén de relleno con material seleccionado cuyas características deberán cumplir con las especificaciones 310 – 18 código ET –IC - 01 de las especificaciones técnicas generales de materiales y construcción para proyectos de infraestructura y espacio público de Bogotá del IDU (Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá). Para los parámetros requeridos de diseño se utilizará información correspondiente a este material y no al suelo característico de la zona.

► Adecuación estructural y construcción civil

1. Excavaciones estructurales

Este trabajo comprende la excavación necesaria para alojar las estructuras que incluye el proyecto tales como: fundaciones para estructuras de casa subestación GIS, caja para tendido de cable de Alta y Media Tensión, fundaciones para equipos de transición para conexión de transformadores de potencia, fosos de transformadores, muros cortafuego, instalación de tuberías de alcantarillado y acueducto, filtros, andenes, cárcamos, cunetas, cimentación y sistema de carrileras, malla de puesta a tierra, postes de iluminación y sistema de apantallamiento.

La actividad incluye el control y protección de las excavaciones por medio de desagües, bombeos, drenajes, entibados, apuntalamientos y construcción de ataguías, cuando fueren necesarios. Así como, el suministro de los materiales para dichas construcciones y el subsiguiente retiro de estos.

2. Retiro y disposición de materiales provenientes de excavaciones

Incluye el retiro y disposición en forma satisfactoria de todo el material excavado sobrante. Cuando sea posible el material extraído de las excavaciones deberá ser empleado en labores de relleno. Cuando el aprovechamiento no es inmediato, deberá ubicarse en una zona conveniente para su utilización posterior, en un espacio dentro del predio. El material que no sea conveniente utilizar para otras obras, debe ser transportado a las zonas de desecho.

En ningún caso debe dejar el material a los costados de la excavación de la línea por más de 24 horas o colocarse en sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno. (Ver Capítulo 10 Fichas de Manejo PMA 2.1 Programa de manejo de RCD).

3. Obras en concreto

Comprende la ejecución de las obras de concreto reforzado, de limpieza o ciclópeo para la construcción de estructuras. Tales como: Columnas, vigas, muros, losas, fundaciones de soporte de equipo, fosos para transformadores, tanque de recolección de aceite, bases para transformadores de auxiliares, celdas para el sistema, cárcamos, tapas para cárcamos, estructuras menores y elementos prefabricados de conformidad con las dimensiones indicadas en los planos estructurales, considerando los requisitos establecidos en la NSR-10.

4. Colocación de malla de puesta a tierra

Como parte inicial de la construcción de la subestación, se debe instalar la malla de puesta a tierra, a fin de que todos los voltajes que se originen dentro de la subestación sean descargados a tierra. La malla de puesta a tierra consiste en un tejido de cables de cobre unidos entre sí mediante procesos termo fundentes, mediante soldadura exotérmica enterrados a una profundidad aproximada de 50 cm aterrizado con varillas “copperweld” de 5/8” y 2,4 m de longitud que van hincadas en el terreno.

Para el diseño del sistema de puesta a tierra de la SER 1 se considerarán los siguientes supuestos:

1. Para la construcción del sistema de puesta a tierra, se considera varillas tipo Copperweld de diámetro mínimo de 5/8 pulgadas.
2. Se considerará una resistividad superficial en gravilla de 3000 Ω -m. Se deberá validar en sitio los valores de resistividad de la capa superficial para asegurar que se cumplan con los valores tomados como base de la Tabla 5 extractada de la IEEE 80, la cual nos muestra valores típicos de materias que se implementan para limitar las tensiones de paso y de contacto:

Tabla 5. Resistividades superficiales de materiales

Número	Descripción Del Material De La Superficie (Estado De EE.UU. Donde Se Encuentra)	Resistividad De La Muestra [Ω -m]	
		Seco	Húmedo
1	Granito con finos de la trituradora (NC)	140 x 10 ⁶	1300 (Aguas subterráneas, 45 Ω -m)
2	1 ^{1/2} pulgada (0.04 m) Granito triturado (GA) con multas	4000	1200 (Agua de lluvia, 100 Ω -m)
3	De 3/4 de pulgada a 1 pulgada (0.02m a 0.025m) Granito (CA) con multas	---	6513 (10 minutos después 45 Ω -m agua drenada)
4	No. 4 (1 in to 2 in) (0.025 m to 0.05 m) granito lavado (GA)	1.5 x 10 ⁶ a 4.5 x 10 ⁶	5000 (agua de lluvia, 100 Ω -m)
5	No. 3 (De 2 a 4 pulgadas) (0.05 m to 0.1 m) granito lavado (GA)	2.6 x 10 ⁶ a 3 x 10 ⁶	10000 (agua de lluvia, 100 Ω -m)
6	Tamaño desconocido, piedra caliza lavada (MI)	7 x 10 ⁶	2000 a 3000 (aguas subterráneas 45 Ω -m)
7	Granito lavado, similar a la grava de 3/4 de pulgada (0.02 m)	2 x 10 ⁶	10000
8	Granito lavado, similar a la gravilla	40 x 10 ⁶	5000
9	No. 57 (3/4 pulgadas) (0.02 m) Granito lavado (NC)	190 x 10 ⁶	8000 (aguas subterráneas, 45 Ω -m)
10	Asfalto	2 x 10 ⁶ a 30 x 10 ⁶	10000 a 6 x 10 ⁶
11	Hormigón	1 x 10 ⁶ a 1 x 10 ⁹	21 a 200

FUENTE: TABLA 7 DE LA IEEE 80 [2], 2013

Para realizar la medición de la resistividad del terreno se utilizó el método de Wenner, el cual está referenciado por el RETIE. Las medidas se realizaron sobre dos (2) ejes de medidas, dejando una separación entre electrodos de 2 metros, aumentando la separación de estos en cada medición realizada y conservando el mismo centro o eje de medición.

En esta etapa se definen los parámetros básicos del diseño de la malla, como son: profundidad de enterramiento de la malla, longitud del electrodo enterrada, número de electrodos enterrados y el espaciamiento entre conductores de la malla.

En la Figura 3 y Figura 4 se indica la configuración de la malla de puesta a tierra de la subestación SER 1.

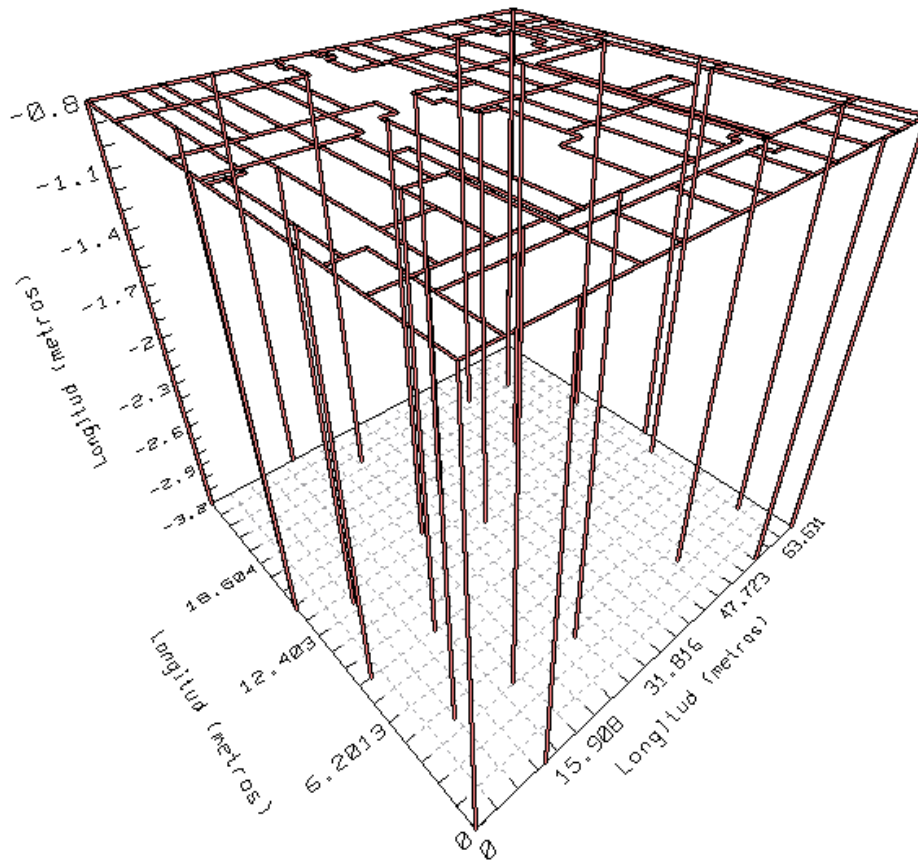


Figura 3. Isométrico malla de puesta a tierra

FUENTE: WSP 2022

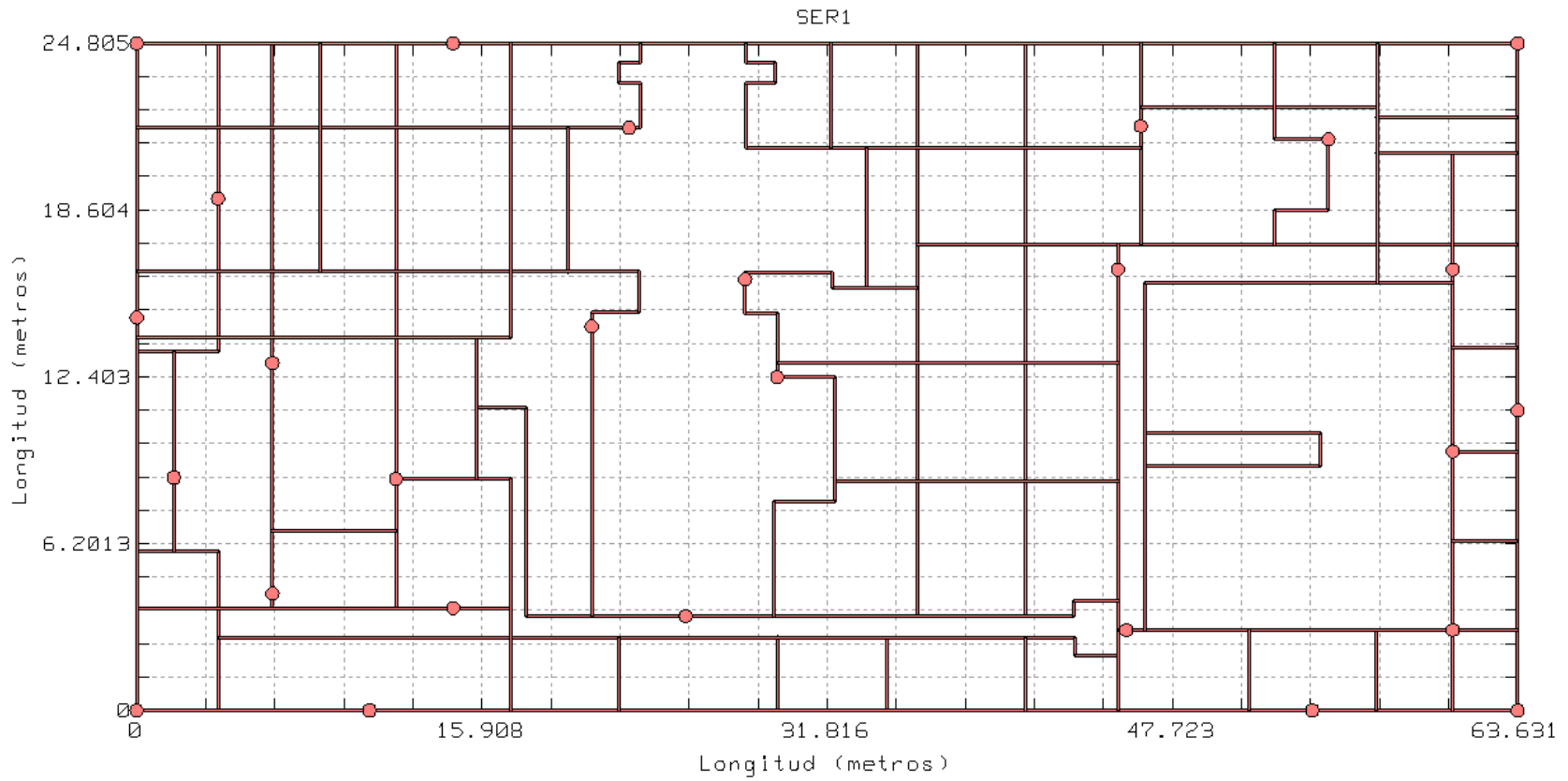


Figura 4. Configuración malla de puesta a tierra

FUENTE: WSP 2022

En la Figura 5 se presenta la distribución tridimensional de los potenciales de contacto de la malla propuesta para el presente proyecto.

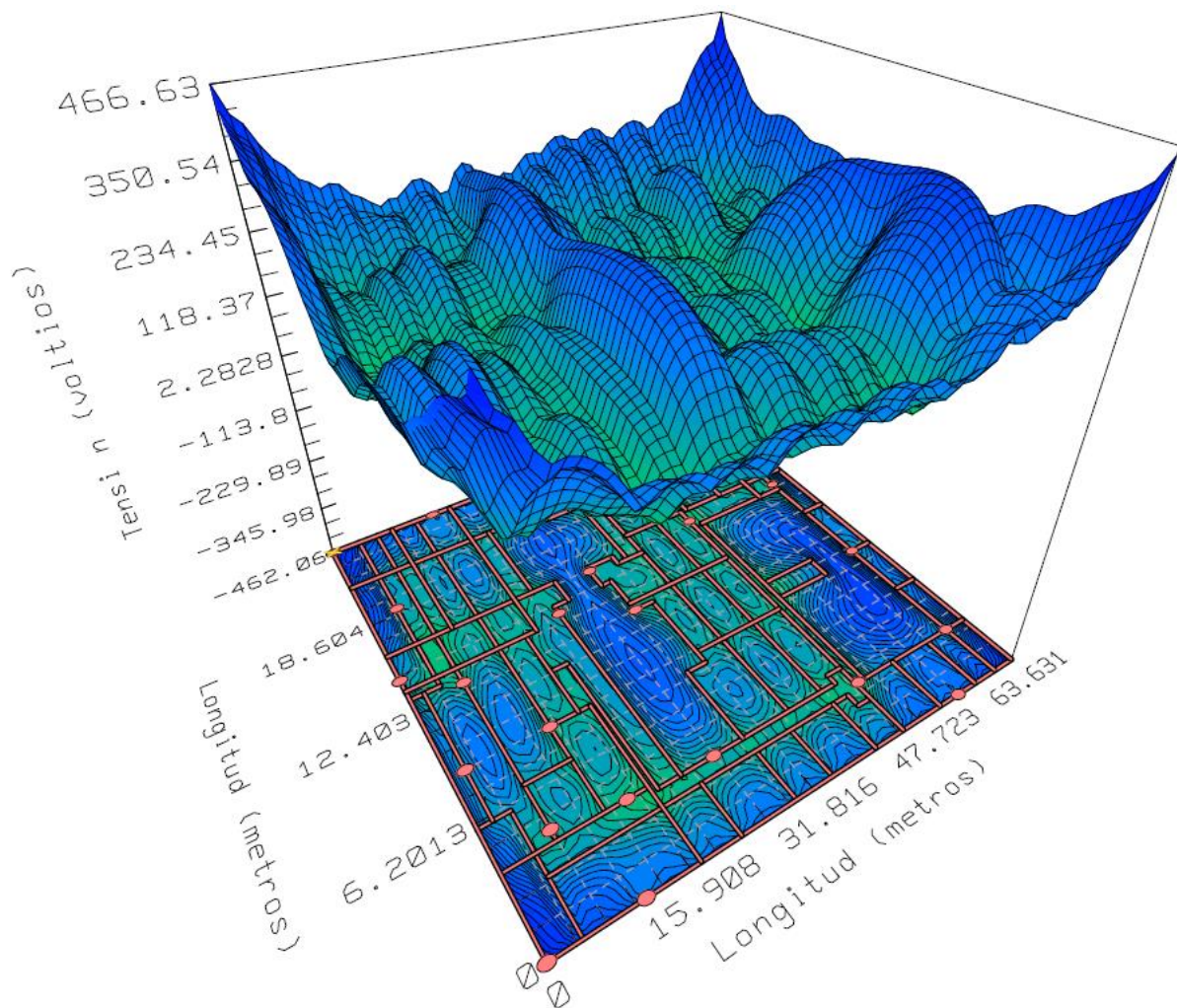


Figura 5. Distribución potencial de contacto SER 1 (Cs: Gravilla)

FUENTE: WSP 2022

Se deben cumplir con lo siguiente para la construcción del sistema de puesta a tierra:

3. Se debe validar el cerramiento de la subestación para la malla de puesta a tierra perimetral.
4. Se deben instalar como mínimo dos cajas de inspección para la malla de puesta a tierra.
5. El conductor de la malla de puesta a tierra debe ser cable certificado de Cu.
6. La malla de puesta a tierra tendrá una profundidad mínima de 0,8 m.

7. Los conductores que conforman la malla de puesta a tierra de la subestación deben ser 4/0 Cu AWG desnudo.
8. Los conductores de conexión a tierra de equipos eléctrico y estructuras metálicas de la subestación deben ser 2/0 Cu AWG.
9. Todas las conexiones de la malla de puesta a tierra se deben realizar mediante procesos de soldadura exotérmica aprobado por normas nacionales.
10. Los electrodos de tierra o varillas serán de longitud mínima de 2,4 metros en cobre.

5. Construcción de cimentaciones

Se realizarán excavaciones a fin de llevar a cabo la construcción de cimentaciones, en forma manual. Si las condiciones del terreno no son las adecuadas, será necesario utilizar material de mejoramiento y compactar el suelo hasta alcanzar las densidades necesarias.

6. Cimentación transformador de potencia

La cimentación del transformador consistirá en una losa de fondo, que soportará unas vigas centrales de apoyo para el transformador donde la distancia entre ejes de dichas vigas corresponde a la separación entre ruedas del transformador. La losa también soportará vigas perimetrales formando un foso central y dos fosos laterales cuya capacidad de almacenamiento corresponde a un buen porcentaje del volumen de aceite del equipo.

El área del foso se determinará de acuerdo con el tamaño del equipo seleccionado garantizando que cualquier fuga que se llegará a presentar, sea recogida dentro del foso.

Alrededor de la cimentación del transformador, y como parte integral de ésta para evitar filtraciones, se tiene una fosa de derrames, completa de concreto y con brocal a una altura ligeramente superior al nivel de piso terminado. La fosa está llena hasta nivel de piso, de grava gruesa. La capacidad de la fosa con grava más el contenedor es el volumen del aceite del transformador. La grava es usada para disminuir el peligro de incendio. El piso debe tener una pendiente tal que permita el desalojo del agua o del aceite.

7. Ductos, bandejas cárcamos

Para el enrutamiento o canalización de los conductores proyectados en la subestación, se implementarán ductos, bandejas portacables y cárcamos, los cuales serán dimensionados de acuerdo con los requerimientos del sistema y cumpliendo con la NTC2050 sección 300-34. Para identificar las canalizaciones proyectadas, se dividirán en diferentes tipos de acuerdo con el diámetro de la canalización, las dimensiones de las bandejas portacables y los cárcamos; para identificar el tipo de canalización propuesto, se destaca cada una de ellas en la Figura 6.

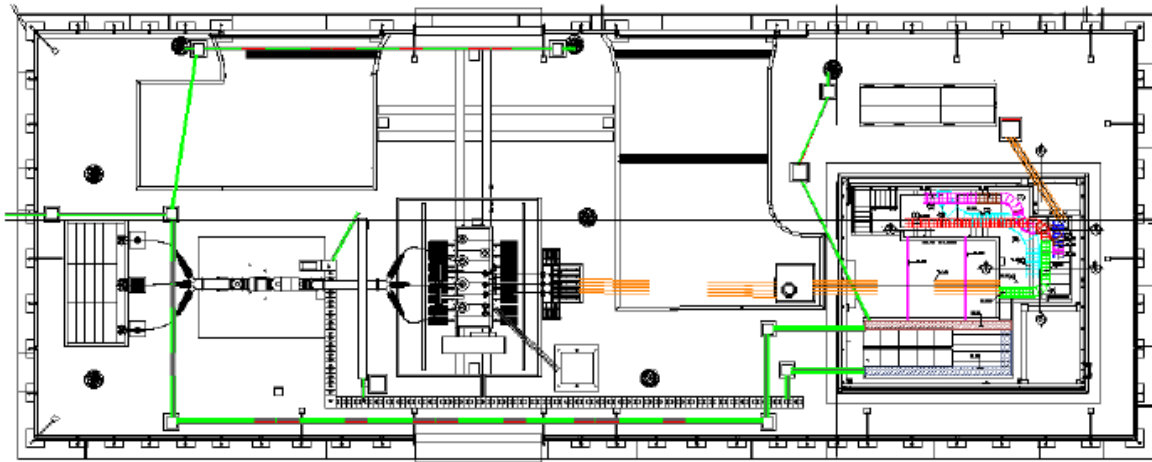


Figura 6. Esquema general de canalizaciones

FUENTE: WSP 2022

8. Construcción de obras civiles en general

Para el funcionamiento de la Subestación se requerirá la construcción de las siguientes obras civiles:

- Casa Subestación GIS.
- Casa de Media Tensión.
- Casa de Tableros de control y Protección.
- Cerramiento exterior.
- Sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, independientes.
- Sistema de canalizaciones: Cárcamos, ductos y bandejas.
- Vías internas.
- Sistema de abastecimiento de agua potable (cisterna y otros).
- Banco de ductos para cables circuitos de salida MT.

9. Cerramiento exterior

La subestación se debe aislar y cerrar para evitar el ingreso de personas que no autorizadas y delimitar el predio mediante la construcción de un muro de cerramiento, cumpliendo con la normativa de distancias de seguridad Figura 7.

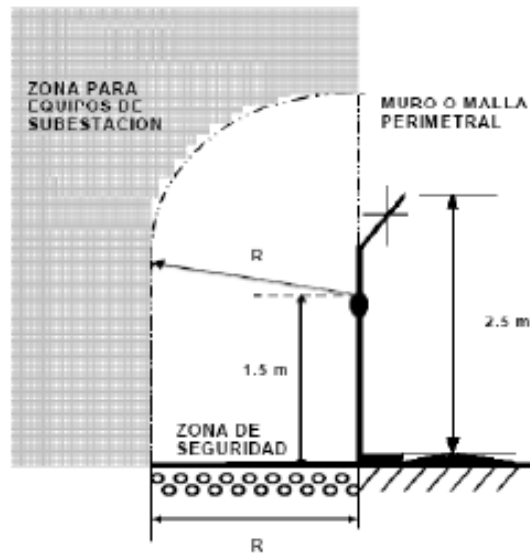


Figura 7. Distancias de seguridad mallas perimetrales

FUENTE: WSP 2022

10. Sistema de alcantarillado pluvial y sanitario

Las edificaciones que hacen parte de la subestación tendrán una red de tubería en PVC para el sistema pluvial y otro independiente para el sanitario con el fin de no contaminar. Las aguas lluvias que se recojan a lo largo de la subestación serán transportadas a cajas sumidero de inspección para luego ser evacuadas hacia el sistema de aguas lluvias de la red de alcantarillado público de la zona. Las actividades para el manejo de aguas lluvias y residuos líquidos se presenta en el Capítulo 10 Plan de Manejo Ambiental.

11. Manejo de aguas residuales

El agua servida que se recoja del baño será llevada por tuberías independientes a la red de alcantarillado de aguas negras de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

12. Muro cortafuegos

El muro cortafuegos es una estructura que permite controlar el fuego en caso de incendio aislando de manera adecuada los transformadores de potencia. El muro cortafuegos consiste en un pórtico de concreto compuesto de columnas, adicionalmente tiene módulos de muro en bloque de concreto.

13. Manejo de aceite de los transformadores

Para cada uno de los transformadores se construirá un foso de recolección para captar derrames o fugas del aceite dieléctrico. Este foso tendrá la capacidad de almacenar hasta el 110% del volumen de aceite del transformador de Potencia.

Dentro del tanque se dispondrá de un sistema que separa el aceite del agua. El agua se conectará al sistema de alcantarillado previsto, dando cumplimiento a la normatividad aplicable existente. Para el retiro del aceite que se almacena en el foso, se deberá disponer en su momento de un vehículo carrotanque apropiado.

14. Montaje de estructuras metálicas

El armado de las estructuras metálicas estará acorde a los planos proporcionados por el fabricante y la memoria de diseño. Se iniciará con el ordenamiento y clasificación de piezas para luego proceder con el armado de estas sin ajustar completamente los pernos, utilizando herramientas como plumas, grilletes, poleas y materiales como cabos de nylon o de otro material no metálico; sin que se permita la utilización de cuerdas metálicas, alambres desnudos o cadenas de acero que puedan dañar el galvanizado. El montaje de estructuras corresponde a las estructuras de soporte de los bujes de transición para conexión de los cables de AT y de las estructuras de soporte para conexión de cable de Media Tensión que conectan al transformador de Potencia.

Una vez montadas las estructuras, se procederá a verificar la verticalidad, para finalmente proceder al ajuste definitivo de los pernos con el torque que corresponda a cada diámetro.

15. Montaje de equipos

Esta etapa consiste en el montaje de todos los equipos, tableros eléctricos y de comunicaciones y estructuras previstas, incluyendo actividades de cableado y conexión hasta la casa de la subestación GIS, casa de control y protección y la casa de media Tensión.

Una parte de los equipos se montan sobre las estructuras metálicas, tales como pararrayos y bujes de transición, en tanto que otros se colocan directamente sobre las bases de hormigón armado construidas para el efecto, tales como Transformadores de auxiliares, Tableros, celdas y Subestación GIS 115 kV.

16. Pruebas y energización

Una vez concluido el montaje de equipos y el cableado de estos, se procederá con la ejecución de todas las pruebas eléctricas de estos, a fin de verificar el correcto funcionamiento de los equipos, así como de

los circuitos de control y protección. Estas pruebas se realizan sin energizar la subestación, utilizando los equipos y procedimientos normados para el efecto. Una vez que el resultado de las pruebas sea satisfactorio, se procede a la energización de la subestación.

- **Actividades de construcción de la Línea de Transmisión a 115 kV**

- ▶ **Trazado de la conexión para la SER 1**

El trazado de la línea definido como método constructivo zanja abierta la cual se realizará entre la caja de interfase con la conexión a 115 kV dispuesta por Enel/Codensa en la Subestación El Porvenir y la SER 1 en las instalaciones del Patio Taller, tal como se muestra en la Figura 13.

Por otro lado, no se identifican interferencias de ninguna índole en el trazado de la conexión a 115 kV entre la Subestación El Porvenir y la SER1. Adicionalmente la profundidad para la instalación de la parte baja de la canalización está limitada a una profundidad máxima a 2 m desde el nivel del terreno acabado.

- ▶ **Validación de Diseños**

Esta actividad deberá realizar la validación del diseño de cada uno de los cruces con los datos del equipo seleccionado para cada uno de los cruces, teniendo en cuenta que la capacidad de la máquina sea la requerida para cada uno de los cruces a realizar, siempre que su capacidad de halado exceda en un 30% la fuerza requerida para instalar las lingadas.

Este análisis se debe hacer teniendo como base que se realizará la instalación del conjunto de las tuberías donde se instalaron los conductores, fibra óptica y reserva, además la camisa exterior de 630 mm simultáneamente.

Se deberá en el diseño detallado determinar las longitudes reales de los cruces de carretera principal, así como, el diámetro del túnel perforado para colocar la tubería, permitiendo que cuando la tubería sea empujada ésta corra fácilmente sin atascamientos que puedan dañar el revestimiento.

Los trabajos no consideran interrupción de los servicios públicos (energía, teléfono, acueducto, alcantarillado), en caso tal de sucesos imprevistos con estos, se deberá coordinar y colaborar con las entidades encargadas de la operación de tales servicios, para que las interrupciones sean mínimas y el servicio afectado sea restablecido en el menor tiempo posible.

Se protegerá el pavimento en los puntos de apoyo de la retroexcavadora o cualquier otra maquinaria pesada en caso de que se utilicen, en las áreas aledañas requeridas por fuera de la construcción del METRO de Bogotá, para la preparación de las lingadas de tubería y posicionamiento previo al halado de estas. Se prohíbe el tránsito del equipo pesado con oruga por la vía sin las protecciones debidas en las zonas que están por fuera del área de construcción del METRO de Bogotá.

► Localización de Replanteo

Para la localización y replanteo de la línea definitiva, se realizará todo el levantamiento topográfico que contemplará lo siguiente:

1. Levantamiento de planimetría y altimetría del eje y corredor de la línea.
2. Replantar y marcar los puntos de interés de la línea.
3. Elaboración del informe topográfico del levantamiento
4. Cálculo y chequeo de los amarres respectivos que se hicieron
5. Carteras topográficas
6. Georreferenciación de puntos topográficos

El levantamiento se realizará con personal que tenga experiencia amplia y suficiente (Ingeniero topográfico o topógrafo con licencia profesional vigente) certificando experiencia en proyectos lineales.

Para el levantamiento topográfico se determinará el sistema de coordenadas en que requieren la información producto de todo el levantamiento topográfico.

Se tendrá cerca de los trabajos, oficinas adecuadas para la buena dirección y administración de la obra, se dispondrá también de las bodegas necesarias para el almacenamiento y clasificación de los materiales y para los equipos, herramientas, repuestos y demás elementos del proyecto.

De igual manera, construirá o adaptará y hará mantenimiento de todos los campamentos e instalaciones temporales, incluyendo las necesarias para el suministro de agua potable, protección contra incendio, redes eléctricas, servicios médicos, sanidad, seguridad del público, etc., donde éstas se requieran.

Una vez terminados los trabajos se desmontará las instalaciones provisionales y entregar al propietario, tales áreas en perfecto estado.

► Mantenimiento de las zonas

Se construirá las obras civiles de drenaje y protección necesarias y ejecutar el mantenimiento y la limpieza a satisfacción del supervisor, para conservar tanto los accesos como las obras provisionales, en estado adecuado para su utilización.

Al finalizar la obra, se removerá los campamentos e instalaciones provisionales, se retirará y dispondrá los escombros, todo tipo de residuos sólidos (carretes, concreto, entre otros) y residuos líquidos, en los sitios autorizados por la Autoridad Ambiental y otros elementos o materiales de desecho, todos los lugares utilizados en desarrollo de los trabajos.

► Personal y Equipo

Se dispondrá del personal necesario, aplicará los procedimientos técnicos, ambientales, prediales, arqueológicos, de seguridad industrial y el equipo necesario, para la correcta ejecución de los trabajos de construcción de la línea.

Para todos los equipos de seguimiento y medición se tendrá registro de los certificados de calibración. En el certificado de calibración será claramente identificado: el equipo calibrado, la vigencia de la calibración, el ente que realizó la calibración, datos del patrón empleado en la calibración, trazabilidad, norma / procedimiento utilizado, condiciones ambientales al momento de la calibración, incertidumbre en la medición y los datos obtenidos durante la calibración.

► Inducción y Verificación de Herramientas y Equipos de Seguridad

Antes del inicio de las actividades el personal de Salud Ocupacional del contratista realizará una inducción en prevención de riesgos a todos los trabajadores de la empresa contratista que vayan a participar y posteriormente se verificará el estado de los elementos de protección personal, herramientas, equipos de seguridad, vehículos y documentos de afiliación al sistema de seguridad integral

► Excavaciones de Zanjas

Este ítem consiste en el conjunto de actividades de excavar, remover, cargue interno y externo y disponer los residuos y/o desechos provenientes de esta actividad. Las excavaciones en zanja para la línea se deberán hacer en manera simultánea con la excavación para las cimentaciones de las pilas del viaducto.

Antes de iniciar la actividad, se revisarán planos aprobados de diseño conforme al alineamiento, detallando pendientes, dimensiones y otros detalles objeto del diseño. Respecto con la información del levantamiento de redes y otras estructuras subterráneas evidenciadas con el estudio geofísico y de tecnología no invasiva, se deberá revisar los planos de detalle para validar la ubicación precisa y evitar afectaciones a ellos.

Para el desarrollo de esta actividad se considerará previamente los siguientes aspectos:

1. Tener los planos de diseño finales y actualizados respecto con los cortes de vías y reposición de rasante.
2. Contar con un plan de manejo de aguas pluviales y nivel freático para el inicio de esta actividad
3. Tener planos topográficos de localización y replanteo finales aprobados.
4. Respetar los anchos y profundidades establecidas en los planos de diseño.
5. En caso de tener profundidades mayores a 1.5m considerar los criterios de trabajos en alturas.
6. Dependiendo del tipo de material encontrado y las condiciones de tiempo atmosférico prever la utilización de entibados y tabla estacados. El uso del entibado de madera se limitará a suelos

en donde por su capacidad y ángulos de reposo lo permitan. La presencia de nivel freático a profundidades mayores de 0.70 m determinará el uso del entibado metálico, así como para profundidades mayores de 2.00 metros.

Las excavaciones se realizarán de acuerdo con el tipo de suelo encontrado o de acuerdo con los análisis de los estudios de suelos. Es de considerar y garantizar la estabilidad de la infraestructura aledaña existente.

Las excavaciones se podrán realizar de manera manual y/o maquinaria (retroexcavadora, retrocargador, compresor, martillo eléctrico, entre otras).

El fondo de cada una de las zanjas se apisonará y nivelará cuidadosamente. Además, se tomarán las precauciones necesarias para el manejo adecuado de las aguas subterráneas y aguas pluviales.

► Disposición de Material Sobrante

Respecto con el material extraído de las excavaciones será utilizado para los rellenos de acuerdo con las zonas a cubrir. Cuando no se disponga de forma inmediata, se dispondrá temporalmente en una ubicación conveniente para su posterior uso. Este material será cubierto para evitar que su contenido de saturación aumente.

El material sobrante de la excavación que no se utilice será transportado y depositado en sitios autorizados por la alcaldía u otra entidad distrital a cargo de este procedimiento. Las zonas de acopio o desecho serán dejadas en condiciones aceptables de drenaje y nivelación, así como también garantizando la estabilidad de la zona donde se dispongan estos materiales de desecho.

► Rellenos

Una vez de realizada la instalación de ductos y las placas de concreto de los ductos se procederá con el lleno del material seleccionado del sitio donde se realizó la actividad previa de excavación.

Las disposiciones generales para los rellenos se considerarán como las bases granulares, subbase granular, arenilla y material seleccionado.

La disposición de los rellenos considerará las siguientes características:

Los materiales cumplirán con las normas vigentes, deberán ser agregados duros, durables sin materia orgánica y libres de agentes químicos.

El material de relleno cumplirá con lo establecido en el INVIAS respecto con la procedencia y clasificación del material. Los materiales deben ser extraídos de canteras certificadas y con licencia ambiental.

Los agregados acopiados en la zona del proyecto serán cubiertos con plásticos para evitar contaminación de este y saturación, adicionalmente estarán distribuidos o separados de donde se extraiga con el fin de no afectar su granulometría.

Con el fin de evitar segregaciones el transporte del material se realizará de manera cuidadosa con el fin de mantener al máximo la naturalidad de este.

Para la compactación de los rellenos este se realizará por capas no mayores a 0.15m de espesor y se podrán utilizar medios mecánicos o manuales. Para la correcta compactación se tendrá en cuenta la humedad adecuada. La compactación se suspenderá cuando esta no presente más reducción de volumen. Los controles de calidad se realizarán con el fin de obtener un contenido de humedad ideal y un numero de repeticiones que garanticen un Proctor modificado del 95%.

Es preciso relacionar que durante la compactación se tendrá un plan de mitigación en el caso de que los ductos o placas de concreto de la línea misma o aledaños sufran algún daño. Los rellenos terminarán en el nivel de inicio de la capa de concreto que conforman el andén o calzada correspondiente.

► Transportes

Este ítem contempla todo lo relacionado con el movimiento interno y externo de los materiales, los cuales deberán estar considerados dentro del presupuesto del proyecto.

El transporte interno corresponde a los desplazamientos de todo lo relacionado en la obra y los equipos que la desarrollaran.

El transporte externo contempla el desplazamiento de los insumos en vehículos apropiados y que cuenten con toda la documentación necesaria solicitadas por las autoridades de tránsito.

• **Características técnicas de la Subestación eléctrica Receptora SER 1**

Los siguientes son los criterios para el desarrollo de los diseños electromecánicos de la subestación SER 1 en el nivel de tensión de 115 kV y la tensión nominal de distribución en MT de 34,5 kV.

La SER 1 permitirán la alimentación de los dos anillos de distribución de MT, con la conversión de la potencia del operador de red, a un nivel de tensión de distribución de 34,5 kV; con redundancia de los equipos del circuito de potencia en la alimentación de la PLMB, y con la presencia de equipos de emergencia.

La SER 1 será de tipo GIS, y se ubicarán en las áreas designadas dentro del patio taller, las estaciones o en el espacio público circundante a las mismas, para lo cual se cumplirá con los requerimientos del Apéndice Técnico 8, la normativa aplicable, los requerimientos urbanísticos y el procedimiento de conexión establecido por el distribuidor de energía Enel Codensa.

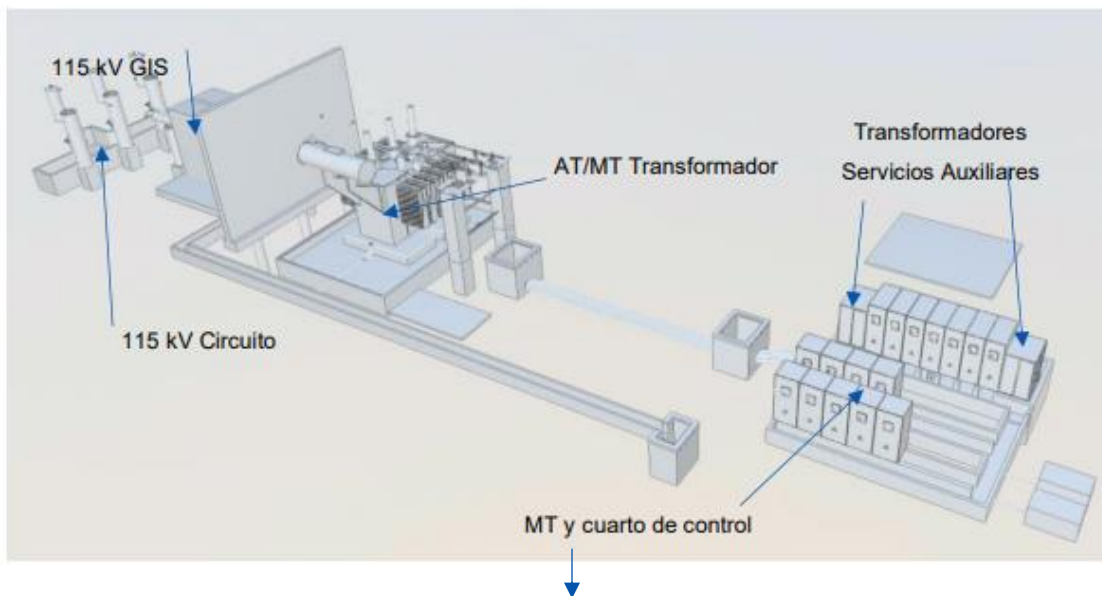
La SER tendrá un transformador de potencia 115 kV/34,5 kV, dos transformadores auxiliares y una celda de medida para la facturación de los consumos. La SER 1 incluirá:

1. Un cable de llegada de 115 kV y sus accesorios
2. Un interruptor (circuit breaker) 115 kV y los seccionadores 115 kV asociados
3. Un transformador de tensión 115 kV

4. Un transformador de corriente en 115 kV
5. Una bahía de medida
6. Un transformador de potencia 115 kV/34,5 kV
7. Tres bahías con interruptor 34,5 kV extraíble
8. Un transformador de tensión en 34,5 kV
9. Cables de 34,5kV, requeridos para su operación
10. Dos bahías con seccionador bajo carga – fusibles
11. Dos transformadores auxiliares
12. Una cabina de mando y control
13. Dos cargadores de baterías y baterías asociadas.

Los diseños se presentarán de acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), la normativa aplicable de ENEL-Codensa y los criterios definidos por la Empresa Metro de Bogotá.

En la Figura 8 se presenta en vista isométrica de la Subestación SER 1.



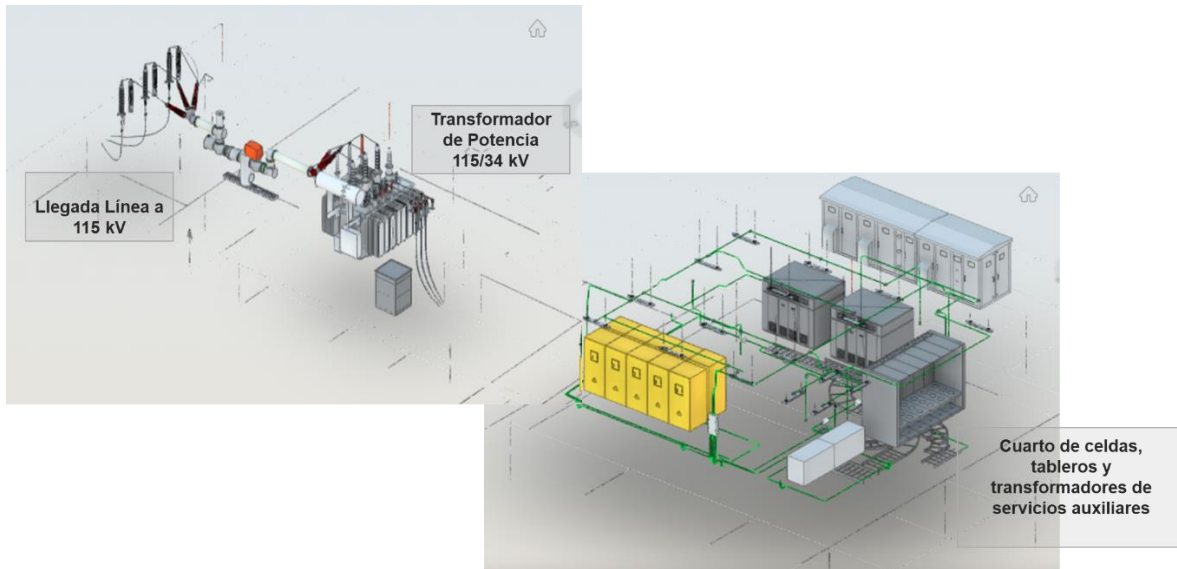


Figura 8. Vista Isométrica de la subestación SER1

FUENTE: WSP. 2022

► Disposición Física de equipos en la Subestación

En la Tabla 6 se presenta la disposición física de equipos que tendrá la Subestación SER 1:

Tabla 6. Disposición física de equipos en la SER-1

DISPOSICIÓN FÍSICA DE EQUIPOS	
Niveles de tensión	0,208 kV, 34,5 kV, 115 kV
Tipo de Subestación	GIS (Exterior SER 1)
Transformadores de potencia	*51/67 MVA 115/34,5/11,4 Kv Conexión Yn Y0D1 Con el neutro del secundario conectado a tierra mediante resistencias de puesta a tierra Con grupo de conexión Yny0d1 (requisito Codensa), la necesidad y uso del tercer devanando se definirá conjuntam ente con CODENSA - ENEL
Configuración de la Subestación	34,5 Kv: Configuración barra sencilla celdas MT 115 Kv Transformador bahía de línea 115 Kv (Módulo GIS)
Edificios	Una (1) sala técnica de celdas de MT, con armarios de control, alimentación de CA y CC y cargadores de baterías (SER 1).
Vías Internas	Acceso a equipo
Cerramiento de la subestación	Según desarrollo de ingeniería (malla y/o muro de mampostería). Cerramiento interior
Consideraciones para la disposición	Distancias mínimas y de seguridad. El diagrama unifilar de la subestación. El nivel de aislamiento requerido. Los accesos de circulación de vehículos férreos. La facilidad para labores de ensamble, mantenimiento y desmontaje de equipos y estructuras. El área disponible para la construcción. Optimización de los recursos de materiales.
SERVICIOS AUXILIARES	

DISPOSICIÓN FÍSICA DE EQUIPOS	
Transformador de servicios auxiliares	Dos (2) transformadores de servicios auxiliares de 34,5 kV / 0,208 kV, tipo seco, clase F.
Cargador de baterías	Dos (2) cargadores de baterías
Banco de baterías	Un (1) banco de baterías
Tableros de alimentación	Un (1) tablero AC. Dos (2) tableros DC. Un (1) panel de transferencia automática, según el desarrollo de la ingeniería y la petición del cliente.
Consideraciones para la disposición	Distancias mínimas y de seguridad. El diagrama unifilar de la subestación. El nivel de aislamiento requerido. Los accesos de circulación de vehículos a facilidad para labores de ensamble, mantenimiento y desmontaje de equipos y estructuras. El área disponible para la construcción. Optimización de los recursos de materiales.

FUENTE: WSP. 2022

La SER 1 hace parte de sistema de suministro de energía de la PLMB, junto con la SER 2 y SER 3 ubicadas a lo largo del trazado de la línea del metro; cada SER alimentará 2 anillos de 34.5 kV, que funcionarán abiertos, impidiendo que cualquier carga sea alimentada simultáneamente por más de una SER. Sin embargo, para el arranque del PLMB se energizará todo el sistema desde la SER 1.

En los anillos se conectarán diez subestaciones de media tensión de 34.5 kV denominadas SET, que a través de dos o tres transformadores de 34.5/0.2925/0.2925 kV a una corriente continua, con doble devanado en baja tensión, permitirán conectar los sistemas de rectificación que convierten la carga de Corriente Alterna (CA) en Corriente Continua (CC) para alimentar los trenes del sistema, teniendo una tensión 2x293V CA del secundario del transformador de potencia

Además de las SET, se conectarán al anillo veintidós (22) subestaciones de 34.5 kV / 0.208 kV denominadas CTE, que utilizarán dos transformadores para suministrar los servicios auxiliares y otros necesarios para el funcionamiento de los sistemas eléctricos de la PLMB.

Dentro de la infraestructura descrita, en el Patio Taller se dispondrá de una de las SET y 5 subestaciones CTE especialmente para los trabajos de mantenimiento de los trenes, en la Tabla 7 se muestra toda la topología de la PLMB con su respectivo nombre y codificación en el modelo.

Tabla 7. Nodos principales dentro del diagrama unifilar de la PLMB

Ubicación	Subestaciones del PLMB	Codificación diseño de subestaciones
PATIO TALLER	CTE 1D-Mantenimiento menor	CTE-1D
	CTE 2D-Administración e infraestructura de mantenimiento	CTE-2D
	CTE 3D-Edificio OCC	CTE-3D
	CTE 4D- Garaje y mantenimiento mayor	CTE-4D
	CTE-Área de máquina de lavado	CTE-5D
	Servicios auxiliares de la SET del PATIO TALLER	AC SET
	SET PATIO TALLER	SET-1

FUENTE: WSP. 2022

A continuación, en la Figura 9, se puede ver la disposición de todas las subestaciones que conforman el sistema de alimentación de energía del PLMB. En las subestaciones que se indican con un círculo en color verde, es en donde se realizan los seccionamientos para la alimentación en funcionamiento normal, con las tres subestaciones SER alimentando todo el sistema.

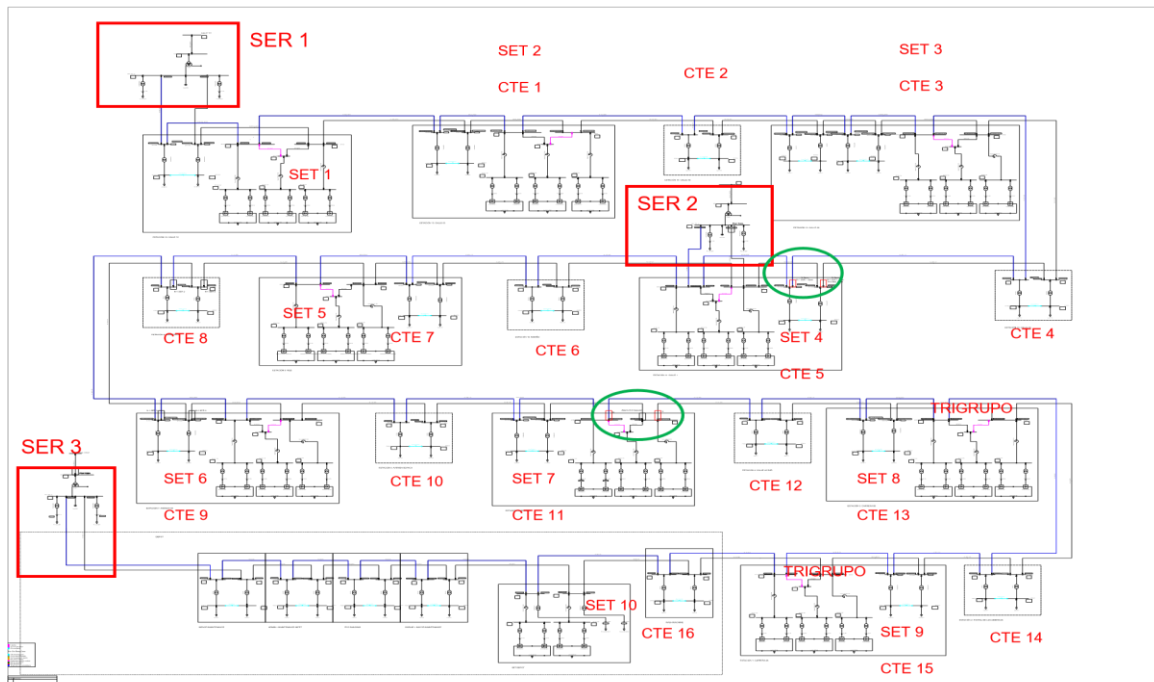


Figura 9. Arquitectura general del sistema eléctrico de la PLMB

FUENTE: WSP. 2022

Dentro de cada una de las estaciones se instalará una subestación, en la cual se pueden ubicar una o dos tipos de cargas:

- ▶ Subestaciones CTE (Subestaciones de servicio estación) – Con cargas de servicio (iluminación, tomas, AA, etc)
- ▶ Subestaciones SET (Subestaciones de tracción) – Con cargas para el sistema de tracción

3.2.3.1.3 Subestación SER 1

La SER 1 se alimentará desde la nueva subestación Porvenir (que será construida y operada por ENEL COLOMBIA), mediante una línea subterránea (cable de aluminio 630 mm²).

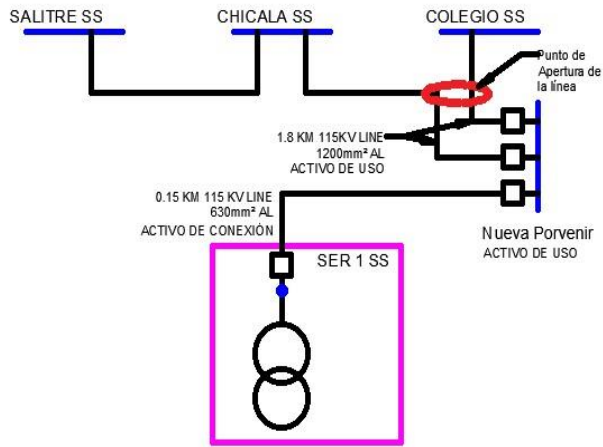


Figura 10. Conexión Subestación SER 1

FUENTE: WSP. 2022

El esquema final de la S/E SER 1, es el siguiente:

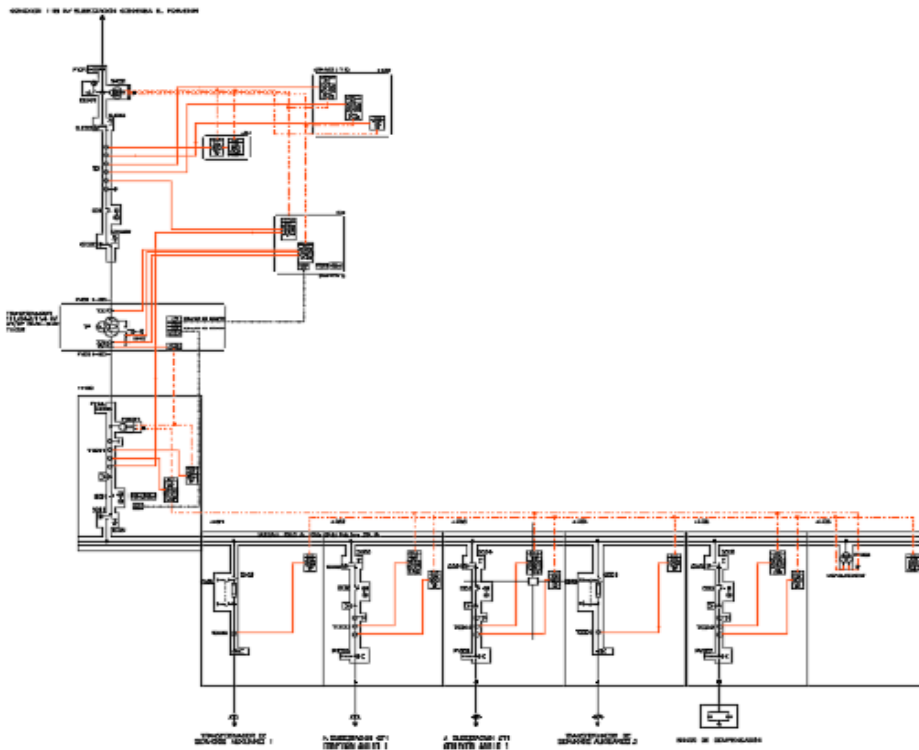


Figura 11. Diagrama unifilar SER 1

FUENTE: WSP. 2022

El sistema eléctrico del Patio Taller (DEPOT) está conformado por seis (6) subestaciones:

- ▶ CTE 1D – Mantenimiento menor
- ▶ CTE 2D – Administración – Mantenimiento - Infraestructura
- ▶ CTE 3D – Edificio OCC
- ▶ CTE 4D – Garaje – Mantenimiento mayor
- ▶ CTE 5D – Máquina de lavado
- ▶ SET Patio Taller

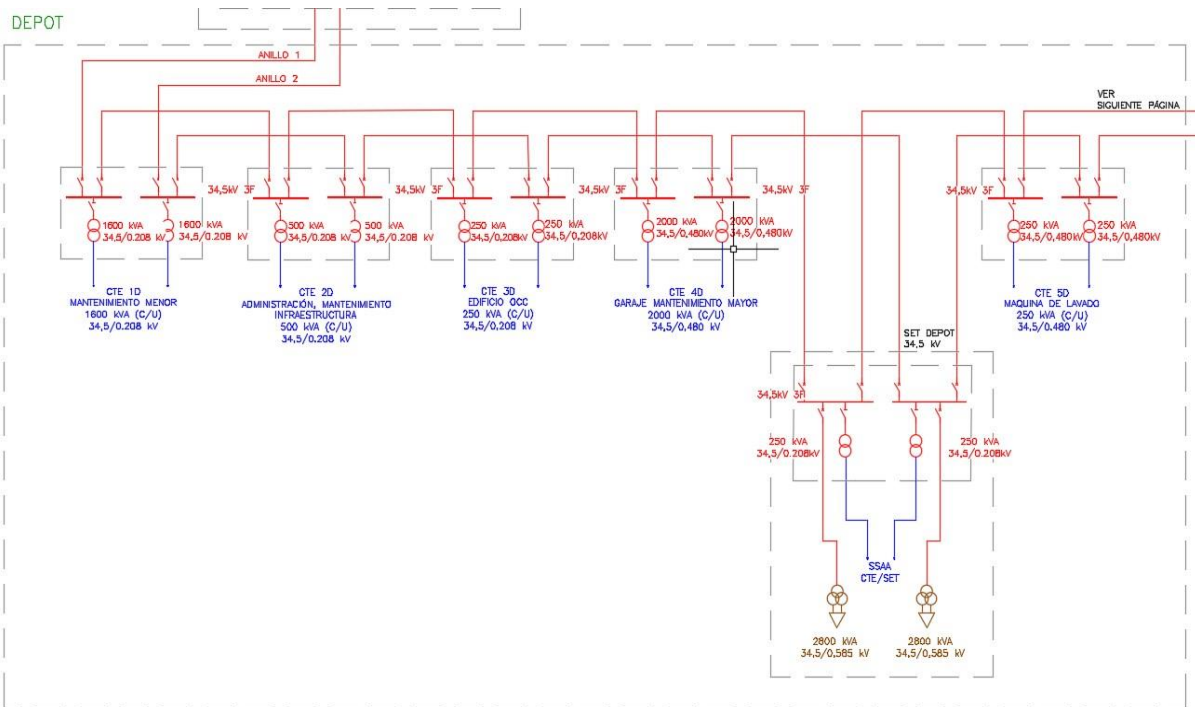


Figura 12. Sistema eléctrico del Patio taller

FUENTE: WSP. 2022

- **Características técnicas de la Línea de Transmisión a 115 kV**

Se contemplan diferentes tecnologías de construcción para la instalación de las redes eléctricas a las diferentes Estaciones, en los puntos donde no se realizará zanjas a cielo abierto. El cruce tendrá una longitud estimada de 14 metros.

Tabla 8. Distribución tramos por Tecnología Sector SER-1

TRAMO	LONGITUD TRAZADO	PK INICIO	PK FIN	PROF MAX	TECNOLOGÍA
1	14	000+000	0+014	1.2	Cielo Abierto

FUENTE: WSP 2022

La conexión a 115 kV entre la SER 1 y la subestación de ENEL/CODENSA se presenta en la Figura 13.

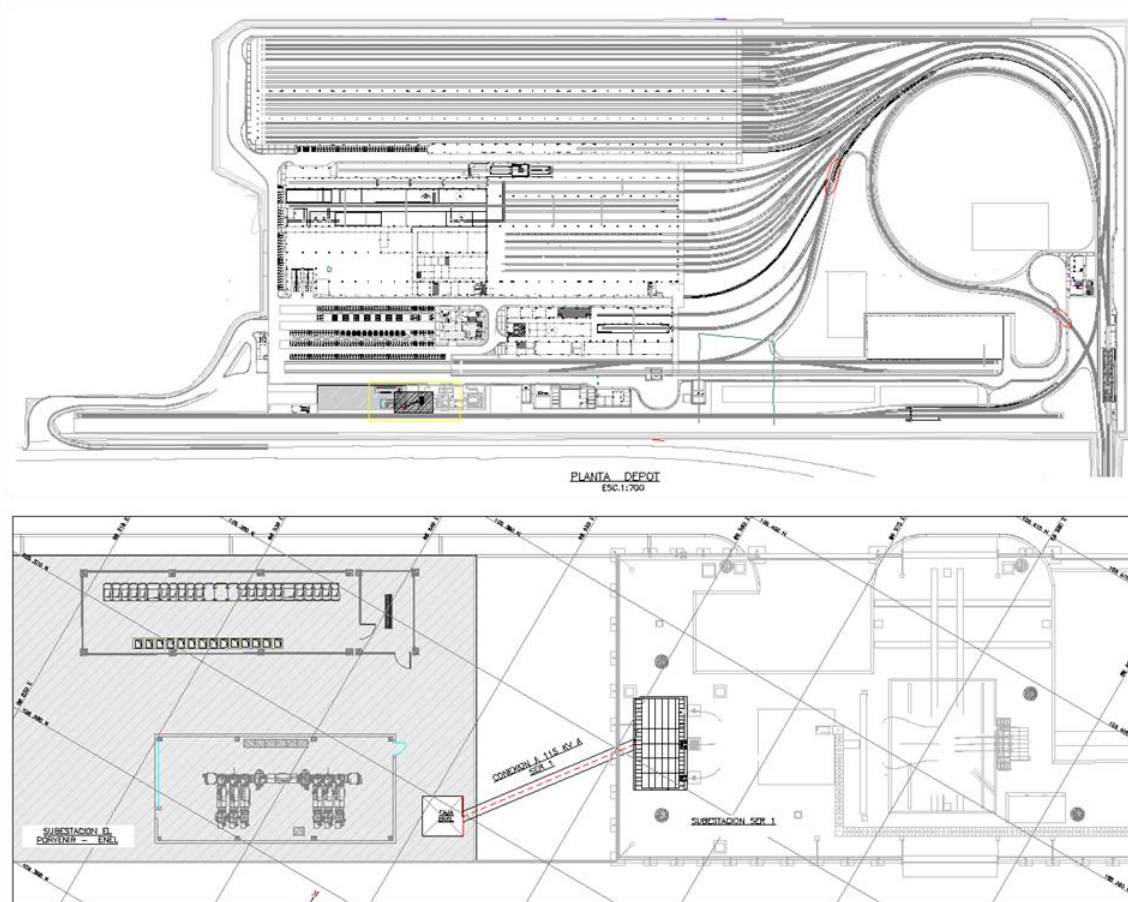


Figura 13 Ubicación de la conexión a 115 kV a Subestación SER 1

FUENTE: WSP 2022

➤ Selección de la ruta

La selección de la ruta tuvo en cuenta toda la información posible sobre otros servicios (teléfonos, redes de comunicación, agua, alcantarillado, gas, alumbrado público y redes eléctricas de MT o BT) que utilicen instalaciones subterráneas en la zona de influencia del proyecto de la línea AT subterránea. Como también los posibles cruces o ruta en paralelo con redes de Líneas de AT existente que se puedan ver afectadas.

En la etapa de contratación, se llevará a cabo una revisión de la información, asegurando la ausencia de obstáculos en la ruta escogida en el subsuelo, mediante la inspección física de las redes existentes

confrontadas con levantamiento. Del mismo modo, se realizarán el estudio de la capacidad de soporte admisible del suelo, las características de la acidez y otros factores. Se debe prestar especial atención al nivel freático que se encuentre en el sitio.

A continuación, se listan las consideraciones básicas para tener en cuenta:

11. Se respetarán las condiciones y usos particulares de las zonas por donde se planteó el diseño.
12. La ruta será lo más recta posible, y las curvas tendrán el radio de curvatura necesario de acuerdo con la especificación del cable, para evitar posibles daños. Las curvas para superar obstáculos (curvas dobles o curvas S) y continuar en la misma dirección tal como se muestra en la Figura 14.

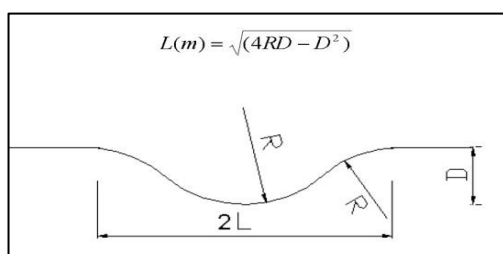


Figura 14 Radio de Curvatura para conductores Subterráneos

WSP 2022

Donde:

R: radio de curvatura, (mayor que el mínimo permitido de tuberías y cables utilizados, en metro).

D: Desplazamiento horizontal o vertical que se necesita lograr, en metros.

➤ Diseño electromecánico

La capacidad requerida por el Conductor y requerimientos de Corto Circuito será determinada por los requerimientos de la norma KNE001 y los estudios eléctricos para AT y MT² de la SER 1 al Sistema de Transmisión Regional de ENEL/CODENSA.

Se considerará como mínimo los siguientes aspectos dentro del cálculo y diseño del sistema aislado de cables.

Selección Conductor

El material utilizado para el conductor será Aluminio (Al), mientras que la pantalla utilizará Cobre (Cu) o Aluminio (Al) según las solicitudes eléctricas. Además, se indica que la sección mínima del conductor a

² L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-MC-0003

considerar es de 630 mm². Esto de conformidad con los requerimientos de ENEL/CODENSA³. La Figura 15 muestra el diseño básico para la tecnología del cable a emplear del 100%.

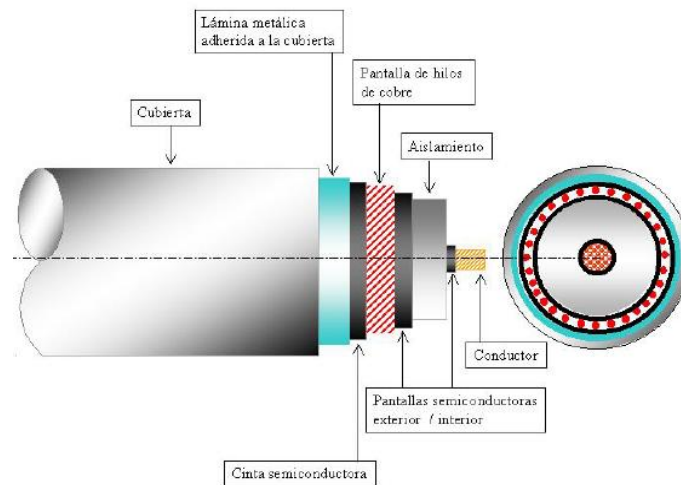


Figura 15 Sección longitudinal y transversal cables para alta tensión Subterráneos

WSP 2022

A continuación, se listan otros parámetros para tener en cuenta para el dimensionamiento del cable:

1. Espesor nominal del aislamiento (mils/mm).
2. Frecuencia nominal.
3. Carga normal del circuito.
4. Factor de carga diario.
5. Resistividad térmica del suelo.
6. Temperatura ambiente del suelo.
7. Resistividad térmica del concreto de la canalización.
8. Resistividad térmica del relleno las canalizaciones.
9. Espaciamiento entre ductos.
10. Tipo de ductos.
11. Diámetro de ductos.

³ De acuerdo con el numeral 7.7.1 del documento Instructivo de Operación no. 1839 y el numeral 5.1 del documento KNE 001 - Norma de Cables Subterráneos de Alta Tensión.

12. Configuración del banco de ductos.

Corto circuito

La capacidad de corto circuito del conductor se verificará de acuerdo con el estándar IEC 60949, se tomará como criterio un tiempo máximo de despeje de 500 ms⁴.

El diseño de las pantallas y del aterramiento del cable se realiza de acuerdo con las condiciones de las zonas donde se construirán las secciones subterráneas de las líneas de transmisión.

Para dimensionar de la pantalla del cable, los valores mostrados en la Tabla 9 pueden tomarse como referencia.

Tabla 9. Secciones Típicas pantalla cable subterráneos

Secciones Típicas (mm ²)
50
95
120
160
200
240

FUENTE: WSP 2022

Para el cálculo de capacidad de corto circuito de las pantallas para los cables se verificará de acuerdo con el estándar IEC 60949, se tomará como criterio un tiempo máximo de despeje de 500 ms⁵.

Los cálculos de cortocircuito se realizan teniendo en cuenta el aumento de temperatura en el conductor y en las pantallas metálicas, considerando que para el conductor no debe superar los 250°C partiendo de la temperatura máxima de operación en condición normal (90°C). Para la pantalla metálica se admitirá una temperatura máxima de 200 °C partiendo de una temperatura de operación normal de 75°C⁶.

Aislamiento

Los cables utilizados en las líneas subterráneas de alta tensión deben tener aislamiento XLPE y serán del tipo de un solo polo⁷.

⁴ Conforme a lo indicado en el Código de Redes y el numeral 5.1 del documento KNE 001 - Norma de Cables Subterráneos de Alta Tensión.

⁵ Ibid.

⁶ Tabla 4 ANSI/ICEA P-45-482 2017

⁷ De acuerdo con el numeral 7.7.2 del documento Instructivo de Operación no. 1839 [8]

El nivel de aislamiento de los cables y accesorios de alta tensión debe ser de acuerdo con los valores estándar indicados en IEC 60071-1 y los niveles de aislamiento normalizados para las líneas a 115 kV indicados en los criterios de ENEL/CODENSA (Ver Tabla 10).

Donde:

1. Tensión U_0 : Tensión nominal eficaz a frecuencia industrial, entre cada conductor y la pantalla o la cubierta, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
2. Tensión U : Tensión nominal eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualesquiera para la que se han diseñado el cable y sus accesorios.
3. Tensión U_m : Tensión máxima eficaz a frecuencia industrial, entre dos conductores cualesquiera, para la que se han diseñado el cable y sus accesorios. Es el valor eficaz más elevado de la tensión que puede ser soportado en condiciones normales de explotación, en cualquier instante y en cualquier punto de la red. Excluye las variaciones temporales de tensión debidas a condiciones de defecto o a la supresión brusca de cargas importantes.
4. Tensión U_p : Valor de cresta de la tensión soportada a los impulsos de tipo rayo, aplicada entre cada conductor y la pantalla o cubierta, para el que se han diseñado el cable y sus accesorios.

Tabla 10. Valores de U , U_0 , U_m y U_p normalizados⁸

Tensión asignada U [kV]	Tensión más elevada para el material U_m [kV]	Valor de U_0 para determinar la tensión de ensayo [kV]	Tensión soportada a impulsos U_p [kV]
115	145	76	650

FUENTE: WSP 2022

Accesorios para el Conductor

Terminales

Los terminales se instalan en los extremos de los cables para garantizar la conexión eléctrica con otras partes de la red, manteniendo el aislamiento hasta el punto de conexión.

Los terminales deben admitir al menos las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el que se instalarán.

Con el fin de garantizar la compatibilidad entre el cable y los terminales, los diámetros nominales y las tolerancias de fabricación, tanto del conductor como del aislamiento, deben adaptarse a los valores especificados para los cables seleccionados en el diseño.

Para la conexión en los extremos de las subestaciones se emplearán terminales tipo GIS o SF6. Este permitirá las conexiones a equipos GIS (equipo de potencia aislamiento interno SF6 en la subestación)

⁸ De acuerdo con el numeral 7.7.2 del documento Instructivo de Operación no. 1839

y debe diseñarse de manera que la interfaz entre el terminal y el GIS esté de acuerdo con el estándar IEC 62271-209.

Empalmes

Para la unión de diferentes secciones de la línea subterránea, se realizará a través de empalmes hechos de un cuerpo premoldeado que se instalará en los dos extremos del cable para garantizar la continuidad del aislamiento principal.

Los empalmes no deben limitar la capacidad de transporte de los cables, tanto en servicio normal como en régimen de sobrecarga. Para ello, se elegirán de acuerdo con la naturaleza, composición y sección de los cables, realizándose con elementos de unión de tal naturaleza que no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos.

De la misma manera, los empalmes deben admitir las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el que se instalarán.

Para garantizar la compatibilidad correcta entre el cable y los empalmes, los diámetros nominales y las tolerancias de fabricación, el conductor y el aislamiento deben adaptarse a los valores especificados en las características del cable de alimentación seleccionado.

Campo Eléctrico y Densidad de Flujo Magnético

Campo Eléctrico

En los cables aislados la pantalla metálica que envuelve el conductor se encarga de distribuir uniformemente el campo eléctrico para un mejor control de los esfuerzos eléctricos en el aislamiento de los cables. La intensidad de campo eléctrico en el exterior de la cubierta del cable será nula, por tanto, no existirá exposición al público de campo eléctrico durante la operación normal de los cables aislados de alta tensión.

Densidad de Flujo Magnético

El campo magnético generado por los cables aislados subterráneos puede ser calculado con suficiente precisión mediante un análisis bidimensional simplificado, se hará un análisis electromagnético dentro de un corte transversal a una sección representativa de la línea sobre un ancho estimado y medido sobre el nivel del suelo tal como se muestra en la Figura 16.

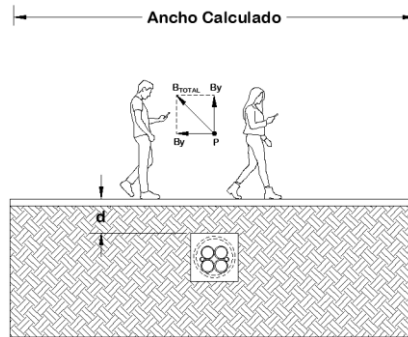


Figura 16 Densidad de Campo magnético

FUENTE: WSP 2022

El campo magnético generado por una corriente I , está dado por⁹ :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R}$$

De acuerdo con el RETIE los valores límites de exposición a los campos electromagnéticos, se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO [KV/M]	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO [μT]
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	18.3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4.16	200

FUENTE: (TABLA 14.1) RETIE, 2013

Para el diseño se validará el cumplimiento la densidad de flujo magnético medida a nivel del suelo y a 1 metro de la superficie, para ello se empleará el módulo de Campos Magnéticos (EMF) de CymCap.

Ruido Audible

De acuerdo con lo señalado en el CIGRE Green Books¹⁰ las líneas aéreas pueden producir un ruido audible en condiciones meteorológicas desfavorables y es asociados al efecto corona para este tipo de instalaciones. Mientras que los cables subterráneos no producen ruido audible dado que los campos eléctricos fuera del conductor son nulos.

⁹ EPRI Underground Transmission Systems Reference Book

¹⁰ En el numeral 19.5.3 Audible Noise, Induced Voltages, Impact on Other Services

Tensión de halado

Para el diseño se validó el cumplimiento de las tensiones de halado y presión lateral teniendo en cuenta el trazado de la conexión de la SER 1.

Diseño Sistema de Puesta a Tierra

Para el diseño del sistema de puesta a tierra se consideraron los siguientes aspectos:

1. Soportes de transición bajo tierra: Se realizará la conexión a tierra del soporte en sí y los elementos instalados en él. Ese sistema de puesta a tierra se dimensionará de acuerdo con los requisitos de resistencia mecánica y térmica, la corrosión, la seguridad de las personas y la protección contra los rayos.
2. Dispositivo de seguridad de sobretensión (SVL) y descargadores de sobretensiones: Los cables deben estar protegidos contra sobretensiones internas y externas peligrosas. Se instalarán dispositivos de seguridad de sobretensión o disipadores de sobretensiones en todas las zonas de transición subterránea. Para cada uno de los dispositivos de seguridad de sobretensión instalados, se instalará un cable de tierra aislado e independiente, con un contador de rayos instalado. El conductor que se instalará debe cumplir con el estándar de cable monopolar. La conexión no puede hacerse a través de la estructura del soporte en sí, y tendrá su propia conexión a tierra.
3. La conexión a tierra de los descargadores de sobretensiones para cada fase se puede combinar en una sola línea a tierra, que se unirá con el cable de salida de la caja de pantallas de conexión, conectando desde allí.
4. Para el sistema de puesta a tierra del tramo subterráneo y la selección de la pantalla de retorno de corrientes de sobretensión se tiene en cuenta la mejor alternativa entre conexión en un solo punto (single-point bonding), en ambos extremos o conexión en múltiples puntos con o sin transposición de corrientes de retorno (multi-point / cross-bonded).
5. El voltaje inducido máximo aceptable en la pantalla es de 90 V, entre la pantalla y el sistema de tierra.
6. Cajas de Puesta a tierra: Cuando sea necesario conectar las pantallas metálicas se instalarán cajas de conexión a tierra. Estas serán trifásicas y tendrá un gabinete con la provisión para las conexiones de las pantallas, cables de conexión a tierra y SVL, si es necesario. Serán accesibles para permitir la puesta en servicio y las pruebas de mantenimiento periódico. Para facilitar estas operaciones, no contendrán ningún tipo de relleno. Tendrán un grado de protección IP56.
7. Los recintos serán de acero galvanizado o acero inoxidable y podrán contener los efectos de falla térmica o eléctrica de cualquiera de los elementos ubicados en ellos, sin causar daños a los elementos externos. Además, siempre deben estar conectados a la tierra a través de una conexión independiente.

8. Los materiales para emplear para el Sistema de Puesta a tierra estarán conforme a los requerimientos indicados en el RETIE.

Fibra Óptica

El medio para el sistema de comunicaciones a implementar en líneas con cable subterráneo siempre será fibra óptica colocada junto con los cables de potencia. La Tabla 12 muestra las características principales de la fibra óptica a implementar.

Tabla 12. Características principales del cable de fibra óptica para líneas subterráneas

Ítem	Valor
Número de Fibras	48
Diámetro exterior del cable (mm)	≤ 18
Máxima resistencia a la tracción (daN)	≥ 1000
Masa (kg/km)	≤ 300
Ratio de Curvatura (mm)	≤ 300
Disposición por Ducto	4 ductos de 12 fibras
Humedad Relativa	Min: 65% to 55
Rangos de Temperatura	-20°C to +70°C

FUENTE: WSP 2022

► Diseño Canalizaciones

Cables instalados en bancos de conductos de concreto: La construcción de estos bancos de ductos requieren de la excavación de una zanja para la instalación de la tubería.

Banco de ductos utilizados en la zanja

Para el análisis estructural, se tuvo en cuenta lo especificado en el reglamento ACI 318, en su capítulo referente al concreto simple, se realizaron los chequeos estructurales con cargas de diseño para las acciones de compresión axial, flexión, cortante y acciones combinadas de flexión y carga axial de compresión; concluyendo que se considerará una viga simplemente apoyada como se muestra a continuación.

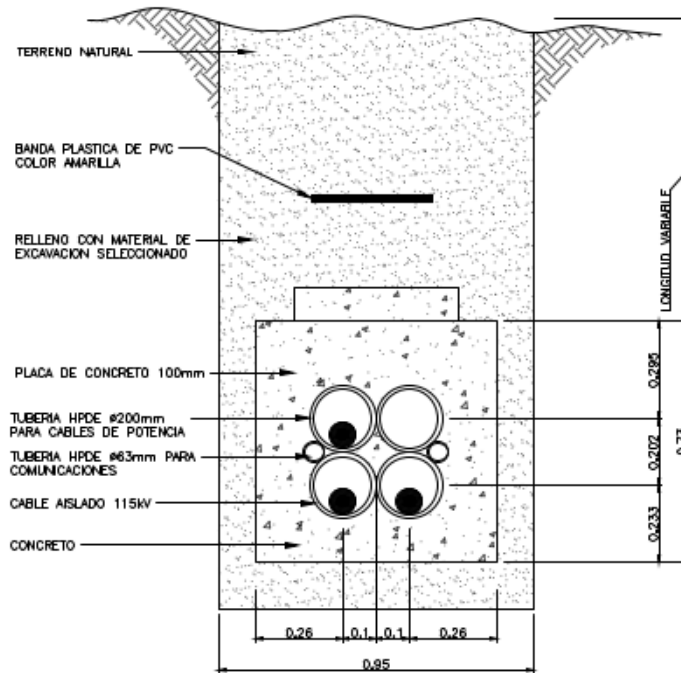


Figura 17. Banco de ductos a evaluar

FUENTE: WSP ,2022

3.2.3.2 Operación

Se debe cumplir con los criterios establecidos por el código de operación (Resolución CREG 025 de 1995), acuerdos operativos, acuerdos CNO, Manual de Operación, Consignas Operativas, y demás procedimientos que rijan para garantizar la operación, supervisión y control de forma segura y confiable de dicho sistema al igual que la reglamentación vigente como la resolución CREG 070 de 1998 (Reglamento de Distribución), CREG 080 de 1999 (funciones de planeación, coordinación supervisión y Control entre el Centro Nacional de Despacho (CND) y los agentes del SIN) y todas aquellas que sustituyen o modifiquen apartes de éstas.

En operación normal el sistema podrá trabajar en tres (3) escenarios:

3.2.3.2.1 Escenario N

En el que cada una de las tres subestaciones SER alimenta de manera independiente una parte del sistema. En operación normal, las tres subestaciones SER (SER 1, SER 2, SER 3), estarán energizadas, todos los interruptores y seccionadores (tanto de 115 kV, como de 34,5 kV) estarán en posición cerrada (excepto los seccionadores de puesta a tierra, los cuales deben estar abiertos).

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Y se realizarán seccionamientos en las siguientes subestaciones de estación:

- ▶ Estación Kennedy: Subestación CTE-5, celdas -H01 y H04, interruptores abiertos.
- ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 13. Carga transformadores SER – Escenario N

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	23,77	23,70	23,68	23,68

FUENTE: WSP ,2022

La cargabilidad de las líneas y transformadores asociados a la red interna del proyecto PLMB se encuentran dentro del límite, no superan el 100% de la capacidad de los equipos.

3.2.3.2.2 Escenario N-1

En el que una de las tres subestaciones SER sale de servicio, o estando el sistema en operación normal y uno de los anillos de interconexión sale de servicio.

- ▶ SER 1 – Fuera de servicio, y SER 2 Y SER 3 en servicio
 - ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos
 - ▶ La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 14. Carga de transformadores SER – Escenario N-1 (SER 2 y SER 3 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	23,78	23,72	23,70	23,70
TR-01 - SER 2	51/67	61,08	60,89	60,85	60,85
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: WSP ,2022

3.2.3.2.3 Escenario N-2,

En el que dos de las subestaciones SER salen de servicio, o estando el sistema en operación normal y uno de los anillos de interconexión sale de servicio

- ▶ SER 1 y SER 2 – Fuera de servicio (SER 3 en servicio)
- ▶ Todos los interruptores de los anillos en 34,5 kV deben permanecer cerrados.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 15. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	88,87	86,64	86,53	86,53
TR-01 - SER 2	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: WSP 2022

3.2.3.2.4 Escenario N-2,

En el que dos de las subestaciones SER salen de servicio, o estando el sistema en operación normal y uno de los anillos de interconexión sale de servicio.

► SER 1 y SER 2 – Fuera de servicio (SER 3 en servicio)

- Todos los interruptores de los anillos en 34,5 kV deben permanecer cerrados.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 16. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 3 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	88,87	86,64	86,53	86,53
TR-01 - SER 2	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00

FUENTE: WSP 2022

► SER 1 Y SER 3 – Fuera de servicio (SER 2 en servicio)

- Todos los interruptores de los anillos en 34,5 kV deben permanecer cerrados.

La carga máxima de los transformadores 115/24,5/11,4 kV, con compensación, es la siguiente:

Tabla 17. Carga transformadores SER – Escenario N-2 (Solo SER 2 en servicio)

Transformador	Capacidad Diseñada (MVA)	Cargabilidad Transformadores (%)			
		2025	2030	2035	2050
TR-01 - SER 3	51/67	0,00	0,00	0,00	0,00
TR-01 - SER 2	51/67	85,24	84,98	84,92	84,92
TR-02 - SER 1	51/67	0,00	26,12	0,00	0,00

FUENTE: WSP 2022

3.2.3.2.5 Escenario N-2

Si estando en funcionamiento el sistema en una contingencia N-1, y alguno de los transformadores de potencia en servicio presenta falla, se debe proceder de la siguiente manera:

▶ SER 1 y SER 3 en servicio y sale SER 3

En esta contingencia, en la Estación Carrera 50: Subestación CTE-8, los interruptores de las celdas H02 y H05, están abiertos.

▶ Y si sufre daño el transformador de SER 3, queda la SER 1 alimentando todo el sistema, y será necesario realizar las siguientes maniobras:

▶ En la Estación Carrera 50, Subestación CTE-8, se deberán cerrar los interruptores de las celdas -H02 y H05.

▶ *SER 1 y SER 2 en servicio y sale SER 1*

En esta contingencia, en la estación Avenida 68: Subestación CTE-7, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos.

▶ Y si sufre daño el transformador de SER 1, queda la SER 2 alimentando todo el sistema, y será necesario realizar las siguientes maniobras:

▶ En la Estación Avenida 68, Subestación CTE-7, se deberán cerrar los interruptores de las celdas -H01 y H04.

3.2.3.2.6 *Operación con pérdida del suministrador de energía (ENEL Colombia)*

La operación por pérdida de suministro de energía por parte de ENEL Colombia es idéntica a la operación por pérdida de transformadores de potencia.

Enclavamientos de seguridad

Para realizar el control de la bahía de transformador se desarrolló se cuenta con los diagramas lógicos de operación de la bahía de 115 kV, y de las celdas de 34,5 kV que conforman las subestaciones SER. Se tiene un documento donde se presentan los enclavamientos y acciones que se deben desarrollar para los cierres y aperturas de todos los seccionadores e interruptores instalados en la subestación.

3.2.3.2.7 *Mantenimiento*

Entre las principales actividades de mantenimiento que se deben realizar durante la etapa de operación de la Subestación Receptora están las siguientes:

► Mantenimiento de las obras civiles

Es necesario realizar la limpieza de la subestación en general, para evitar que se acumule basura, malezas y vegetación en forma desordenada. Se debe realizar el mantenimiento adecuado a la casa de mando, al cerramiento exterior, a los sistemas de drenaje, cunetas, bordillos y demás obras civiles, de forma que permanezcan siempre en condiciones óptimas de funcionamiento.

► Mantenimiento de las estructuras metálicas

Las estructuras metálicas serán revisadas para determinar que no exista oxidación en sus elementos, verificar su verticalidad y verificación del estado de galvanizado. En caso de fallas que se presenten en las estructuras, estas deben ser corregidas inmediatamente por el personal de mantenimiento, para precautelar la integridad y garantizar su vida útil.

► Mantenimiento de aisladores

Durante la etapa de mantenimiento se debe realizar la inspección visual del estado de los aisladores para prevenir fallas por pérdida de aislamiento. Igualmente se deberá revisar el estado del galvanizado de las partes metálicas de los aisladores y de todos los herrajes. En caso de que se acumule polvo en los aisladores, estos serán sometidos a un proceso de limpieza o lavado, con lo que se evitará fallas y por consiguiente ayudará a mantener la continuidad del servicio.

► Mantenimiento de equipos

Los equipos para instalar requieren mantenimiento mínimo, mismo que debe ser efectuado de acuerdo con lo establecido en los manuales que proporciona el fabricante. Como mantenimiento de rutina, es necesario realizar limpieza de estos elementos y ajuste de los conectores para asegurar un buen contacto.

Existen dos grandes clasificaciones en la realización de los mantenimientos; uno es el mantenimiento preventivo y otro el mantenimiento correctivo. A continuación, se describe cada uno de ellos:

Mantenimiento Preventivo

Para que todos los equipos de la subestación eléctrica funcionen correctamente, se les debe realizar un mantenimiento preventivo, acorde con los manuales específicos entregados por los fabricantes de los equipos.

El mantenimiento preventivo se ocupa entre otros de realizar revisiones físicas, lubricación de partes mecánicas, ajuste de conexiones, algunas pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas, limpieza a partes de equipos. Igualmente, labores de limpieza a todas las estructuras tales como edificaciones, cárcamos, cunetas, y trampas de arenas. Todas estas actividades se deberán realizar por parte de los

encargados con los equipos adecuados contra arco eléctrico, manteniendo las distancias de seguridad adecuadas ante el riesgo eléctrico y utilizando los elementos necesarios de protección personal.

El mantenimiento preventivo será una actividad periódica para evitar que ocurran fallas y antes de una avería de algún sistema. Se ejecuta sin la existencia de algún error en el sistema. Las características son las siguientes:

- Las actividades de mantenimiento preventivo se adelantarán en horas de productividad de la subestación.
- Se debe tener un programa en donde se especifiquen las actividades a realizar, la mano de obra y las herramientas a utilizar.

Mantenimiento Correctivo

Como resultado del mantenimiento preventivo pueden surgir reportes que indiquen que a futuro ocurrirán fallas inminentes de algún equipo, por lo cual se deben tomar acciones correctivas para evitar una falla de servicio.

El mantenimiento correctivo también debe aplicarse ante la ocurrencia de una falla grave en el que se deba reemplazar el equipo o corregir una avería de inmediato, en especial si hay pérdida de servicio de la energía eléctrica que se presta a la comunidad. Estos daños pueden ser causados por descuidos humanos, condiciones climáticas, desgaste de piezas, vandalismo o problemas de orden público.

El programa tendrá un manual de procedimiento el cual se deberá seguir paso a paso con el fin de solucionar la falla con el número de equipos y repuestos necesarios. Para la atención rápida de la emergencia se tiene provisto un listado de proveedores para repuestos o cambios de equipos.

En el caso que ocurra una falla de servicio deberá haber comunicación con una cuadrilla de personal idóneo que atienda la avería en el menor tiempo disponible.

3.2.3.3 Infraestructura asociada al proyecto

El sistema de 115 kV está conformado por los sistemas de fuerza y control de la bahía de LT y el sistema de control de 115 kV del transformador de potencia.

- ▶ Bahía de LT 115 kV del transformador de potencia (tipo GIS):
 - ▶ Seccionador de puesta a tierra -SL00
 - ▶ Seccionador de línea -SL002, con seccionador de puesta a tierra – SL003
 - ▶ Interruptor -I001
 - ▶ Seccionador de transformador -ST003, con seccionador de puesta a tierra -ST002
- ▶ Tablero de C&P +WR01: Un (1) controlador, dos (2) relés de protección -F87L

- ▶ Tablero de protección transformador: Dos relés de protección -F87T.

Para el control de la bahía de LT, esto es, el cierre y apertura de los seccionadores e interruptor de bahía se deberán aplicar los diagramas lógicos de enclavamientos para el accionamiento de los equipos, y la actuación de los relés de protecciones para los disparos y enclavamientos.

A continuación de resumen estos enclavamientos, los cuales aplican para las bahías de 115 kV y de 34,5 kV de las tres subestaciones SER.

BAHÍAS DE LT 115 KV

Para el cierre y/o apertura, se deben tener dos enclavamientos:

- ▶ Que el seccionador de la LT (-SL002) este abierto, y
- ▶ La verificación de que no haya tensión en la línea

-Cierre y apertura Cuchilla de puesta a tierra -SL003

Para el cierre y/o apertura, se deben tener dos enclavamientos:

- ▶ Que el seccionador de la LT (-SL002) este abierto, y
- ▶ La verificación de que el interruptor -I001 esté abierto

-Cierre y apertura Cuchilla de puesta a tierra -ST002

Para el cierre y/o apertura, se deben tener los siguientes enclavamientos:

- ▶ Que el seccionador del transformador (-ST003) este abierto
- ▶ La verificación de que no haya tensión en el transformador,
- ▶ El interruptor -I001 de la celda +H01 (34,5 kV) esté abierto

-Cierre y apertura Seccionador de transformador -ST003

Para el cierre y/o apertura, se deben tener los siguientes enclavamientos:

- ▶ Que el seccionador de puesta a tierra del transformador este abierto (-ST002) este abierto
- ▶ Que el Interruptor -I001 esté abierto
- ▶ El interruptor -I001 de la celda +H01 (34,5 kV) esté abierto (Por seguridad)

-Cierre y apertura Seccionador de Línea -SL002

Para el cierre y/o apertura, se deben tener los siguientes enclavamientos:

- ▶ Que el seccionador de puesta a tierra del seccionador de LT (-SL003) este abierto.
- ▶ Que el Interruptor -I001 esté abierto

-Cierre interruptor de LT 115 k (-I001)

Para el cierre del interruptor se deben dar los siguientes enclavamientos y condiciones:

- ▶ Verificación de que los dos circuitos de disparo estén OK.
- ▶ Verificación que el resorte no este descargado
- ▶ Verificar que el sistema de SF6 no este bloqueado
- ▶ Verificar que los relés (-F87L) no estén bloqueados
- ▶ Verificar que los relés (f87T) no estén bloqueados
- ▶ Verificar que los MCBs de PTs estén OK

-Abrir interruptor de LT 115 kV (I001)

Para la apertura del interruptor se deben dar los siguientes enclavamientos, disparos y condiciones:

- ▶ No se solicita ningún enclavamiento
- ▶ Disparo por protección principal -F87L
- ▶ Disparo por protección secundaria -F87L
- ▶ Disparo por protección principal -F87T
- ▶ Disparo por protección secundaria -F87T
- ▶ Disparo por protecciones mecánicas transformador

NOTA: Ver Documento L1T1-5110-000-CON-ED-ELA-0001 (Diagrama lógico enclavamiento – Abrir interruptor LT 115 kV)

BAHÍAS DE 34,5 KV

-Celda de transformador de potencia (+H01)

La celda tiene tres (3) elementos de seccionamiento, el interruptor (-I001), el seccionador (-S001) y la cuchilla de puesta a tierra (-S081). Tener en cuenta que la cuchilla solo se acciona para labores de mantenimiento:

- ▶ Cierre/Apertura Cuchilla de puesta a tierra (-S081)
 - ▶ Que el seccionador de la LT (-S001) este abierto
 - ▶ Que el interruptor de la celda I001 esté abierto (para el cierre)
 - ▶ La verificación de que no haya tensión
- ▶ Cierre interruptor (-I001)

- ▶ Enclavamientos permisivos mecánicos: Llave insertada, resorte cargado, SF6 sin alarmas.
- ▶ Enclavamientos permisivos de MCBs que alimentan: Motor, sistema de tensión, sistema de control.
- ▶ Condiciones de sincronismo OK
- ▶ Verificación de que los relés de protección NO estén en falla
- ▶ Verificación de que la cuchilla de puesta a tierra NO este cerrada
- ▶ Que el interruptor de la celda I001 este abierto (para el cierre)
- ▶ Apertura interruptor (-I001)
 - ▶ Verificación que los relés de protección NO estén en falla
 - ▶ Disparo protección principal -F67
 - ▶ Disparo protección -F87T (Principal y respaldo)
 - ▶ Disparo protección -F86
- ▶ Cierre/Apertura Seccionador (-S001)
 - ▶ Que la cuchilla este abierta (-S081) este abierta
 - ▶ Que el interruptor de la celda I001 esté abierto

-Celda Transformador SSAA (+H02 y +H05)

La celda tiene tres (3) elementos de seccionamiento, un seccionador (-S002) y la cuchilla de puesta a tierra (-S082). Tener en cuenta que la cuchilla solo se acciona para labores de mantenimiento:

- ▶ Cierre/Apertura Cuchilla de puesta a tierra (-S081)
 - ▶ Que el seccionador de la LT (-S002) este abierto
 - ▶ La verificación ausencia de tensión
- ▶ Cierre/Apertura Seccionador (-S002)
 - ▶ Que la cuchilla este abierta (-S082) este abierta
 - ▶ Verificar ausencia de tensión

-Celda Anillos sistema metro (+H03 y -H04)

La celda tiene tres (3) elementos de seccionamiento, el interruptor (-I003), el seccionador (-S003) y la cuchilla de puesta a tierra (-S083). Tener en cuenta que la cuchilla solo se acciona para labores de mantenimiento:

- ▶ Cierre/Apertura Cuchilla de puesta a tierra (-S083)
 - ▶ Que el seccionador de la LT (-S003) este abierto
 - ▶ Que el interruptor I003 esté abierto
 - ▶ La verificación de ausencia de tensión
- ▶ Cierre interruptor (-I003)
 - ▶ Enclavamientos permisivos mecánicos: Llave insertada, resorte cargado, SF6 sin alarmas.
 - ▶ Enclavamientos permisivos de MCBs que alimentan: Motor, sistema de tensión, sistema de control.
 - ▶ Condiciones de sincronismo OK
 - ▶ Verificación de que los relés de protección NO estén en falla
 - ▶ Verificación de que la cuchilla de puesta a tierra NO este cerrada
 - ▶ Que el interruptor I003 esté abierto (para el cierre)
- ▶ Apertura interruptor (-I003)
 - ▶ Verificación que los relés de protección NO estén en falla
 - ▶ Disparo protección principal -F67
 - ▶ Disparo protección -F86
- ▶ Cierre/Apertura Seccionador (-S003)
 - ▶ Que la cuchilla este abierta (-S083) este abierta
 - ▶ Que el interruptor de la celda I003 esté abierto

3.2.3.3.1 *Acción de las protecciones*

La acción de las protecciones para la bahía de LT 115 kV, para alimentación de las subestaciones SER, será la siguiente:

ACCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE LA LÍNEA

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	0001 INTERRUPTOR BOBINA 1	0001 INTERRUPTOR BOBINA 2	RELÉ DE DISPARO Y BLOQUEO 0001 INTERRUPTOR	BLOQUEO PARA CERRAR 0001 INTERRUPTOR	PICKUP 50BF	H000001 INTERRUPTOR BOBINA 1	H000001 INTERRUPTOR BOBINA 2	RELÉ DE DISPARO Y BLOQUEO H000001 INTERRUPTOR	ANUNCIO
F87L-1	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO GENERAL 87L 21 ZONA 1,67N	X	X			X				X
	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO DEFINITIVO 21 ZONA 2, 3, 4,	X	X	X	X	X				X
	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO DEFINITIVO SOFT. 59/27, 50	X	X	X	X	X				X
F87L-2	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO GENERAL 87L 21 ZONA 1,67N	X	X			X				X
	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO DEFINITIVO 21 ZONA 2, 3, 4,	X	X	X	X	X				X
	PROTECCIÓN PRINCIPAL DISPARO DEFINITIVO SOFT. 59/27, 50	X	X	X	X	X				X
F87L-1/F87L-2	DISPARO 86	X	X		X					X
F87L-1	DISPARO DEFINITIVO 50BF NUEVO DISPARO	X	X	X	X					X
F87L-2	DISPARO DEFINITIVO 50BF ETAPA 2	X	X	X	X		X	X	X	X

Figura 18. Acción de protecciones bahía transformador

FUENTE: WSP 2022

Acción de protecciones mecánicas del transformador de potencia:

Las protecciones mecánicas habilitadas para la protección del transformador son:

- ▶ Temperatura de devanado (F49)
- ▶ Buchholz (F63)
- ▶ Bajo nivel de aceite (F71)
- ▶ Temperatura de aceite (F26)
- ▶ Tanque del bastidor (F51G)
- ▶ Falla a tierra (F64REF)

Estas protecciones, de acuerdo con lo indicado en el diagrama unifilar de las subestaciones SET, deben dar disparo definitivo a las bahías que lo alimentan tanto en 115 como en 34,5 kV, por lo que le pegan directo al relé 86.

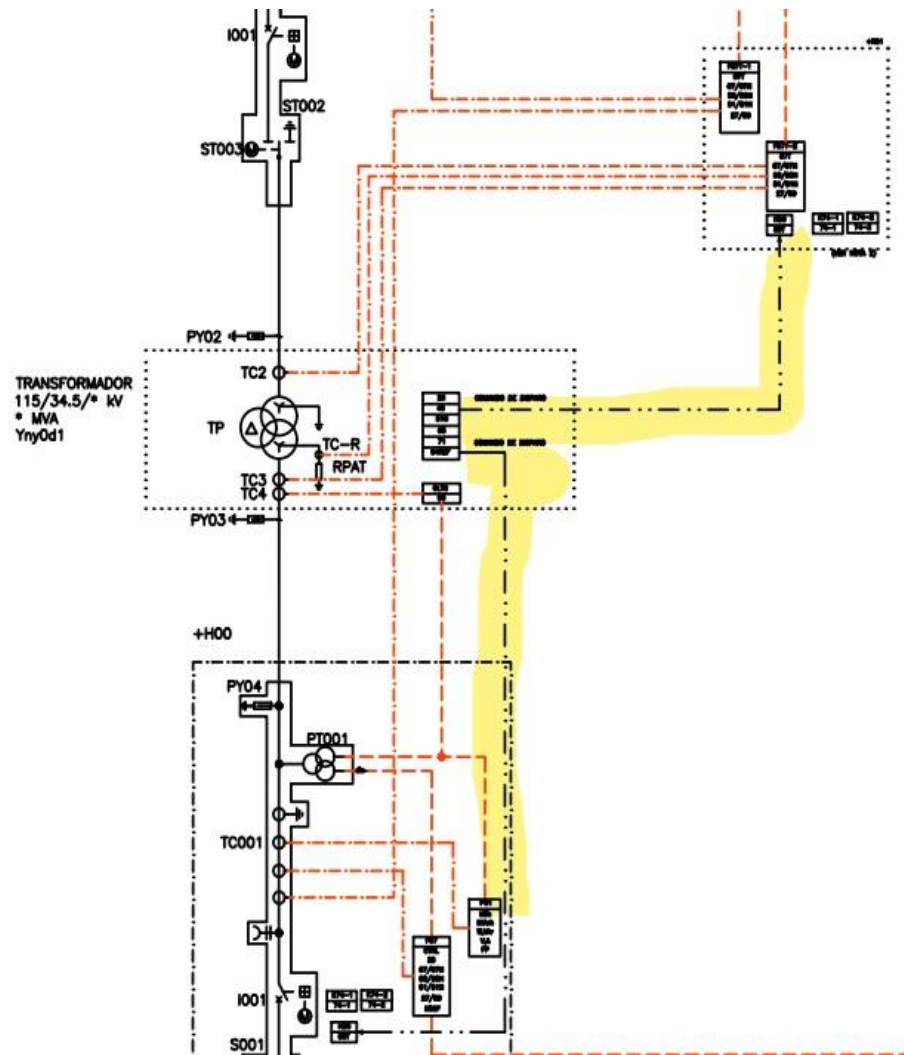


Figura 19. Acción de protecciones mecánicas del transformador de potencia

FUENTE: WSP 2022

3.2.3.4 Condiciones Normales De Operación Del Sistema (Condición N)

En la condición normal de operación del sistema de subtransmisión a 34,5 kV, las tres subestaciones SER alimentan el sistema de manera independiente.

Las tres subestaciones SER (SER 1, SER 2, SER 3), estarán energizadas, todos los interruptores y seccionadores (tanto de 115 como de 34,5 kV) estarán en posición cerrada (excepto los seccionadores de puesta a tierra, los cuales deben estar abiertos).

Y se realizarán seccionamientos en las siguientes subestaciones de estación:

- ▶ Estación Kennedy: Subestación CTE-5, celdas -H01 y H04, interruptores abiertos
- ▶ Estación Calle 1ra: Subestación CTE-11, celdas -H02 y H05, interruptores abiertos

En esta condición:

- ▶ En la S/E SER 1 – Los interruptores de 115 y 34,5 kV se encuentran en posición cerrado.
- ▶ En la S/E SER 2 – Los interruptores de 115 y 34,5 kV se encuentran en posición cerrado.
- ▶ En la S/E SER 3 – Los interruptores de 115 y 34,5 kV se encuentran en posición cerrado.
- ▶ Se han abierto los interruptores de las Subestaciones CTE-5 (En estación Kennedy y CTE-11 (En estación calle 1ra), para abrir los Circuitos 1 y 2 de 34,5 kV en cada una de ellas.

3.2.3.4.1 *Campamentos transitorios, sitios de acopio, almacenamiento de materiales*

No se realizarán obras transitorias, ya que se instalará campamentos temporales en carpa de lona que hará de oficina técnica y para el personal operativo del proyecto. Tampoco se requerirá hacer plazas de tendido ya que las estructuras nuevas a instalar serán transportadas al sitio al momento de su instalación. Esto debido a las facilidades de acceso por encontrarse en perímetro urbano

3.2.3.4.2 *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial y contingencia*

Dada la ubicación del proyecto, no se requerirá de la obtención directa de agua en ninguna fuente superficial o subterránea. El suministro de agua se realizará durante la etapa constructiva mediante la compra de los volúmenes necesarios a un tercero autorizado. No se considera la necesidad de captar o intervenir aguas subterráneas, por lo tanto, no se requiere tramitar ni obtener permiso de Concesión de Aguas superficiales o Subterráneas para el desarrollo de las actividades, no se realizará vertimientos de aguas residuales, domesticas o industriales a fuentes superficiales ni al suelo y por ende no requiere tramitar ni obtener permiso de vertimientos para el desarrollo del proyecto.

3.2.3.5 *Infraestructura y servicios interceptados por el Proyecto*

No se identifican interferencias de ninguna índole en el trazado de la conexión a 115 kV entre la Subestación El Porvenir y la SER 1. Adicionalmente la profundidad para la instalación de la parte baja de la canalización está limitada a una profundidad máxima a 2 m desde el nivel del terreno acabado.

3.2.4 Insumos del proyecto

- ▶ Cemento

Este material tendrá las siguientes características:

1. Deberá ser cemento Portland tipo UG
2. No se deberá usar cemento destinado para uso en mampostería

3. El cemento deberá ser de marca reconocida y tener su ficha técnica con sus especificaciones.
4. El contratista deberá emplear el cemento contemplado en el diseño de mezcla, de no ser así, deberá realizar nuevamente un diseño según las nuevas dosificaciones que se emplearon donde deberá cumplir con la resistencia requerida según los diseños.
5. Este material deberá quedar almacenado en un lugar cubierto, ventilado libre de humedad, adicionalmente los bultos se deberán disponerse en plataformas de manera respetando una altura mínima de 10cm desde el suelo y con una capacidad máxima de 10 bultos por plataforma.
6. El cemento no deberá superar un periodo de 2 meses de almacenado y en el caso que se utilice después de esta fecha se deberá realizar un ensayo demostrando que es apto para utilizarlo.

► Agregados

El agregado pétreo cumplirá los siguientes requisitos:

1. El agregado grueso para el concreto a fundir deberá ser de $\frac{3}{4}$ " y la grava fina de $\frac{1}{2}$ ".
2. Agregado peso normal: NTC 174.
3. Si respecto con el diseño de mezcla se utilizan agregados diferentes a los mencionados anteriormente, queda a juicio de la empresa definir si se aprueba o no la utilización de otros agregados.
4. Se deberá cumplir con lo estipulado en el título C de la NSR-10.
5. Los agregados deberán disponer de los certificados de calidad e igualmente la procedencia de cada uno de ellos deberán corresponde de canteras que estén certificadas y con licencia ambiental vigente.
6. En el almacenamiento de los agregados se deberá cubrir de la mejor manera posible como lo es cubriendo el material para evitar saturación de estos. Se podrá solicitar ensayos de humedad a diario para determinar la corrección de humedad para el diseño de mezcla. Con el acopio de los agregados no se podrán utilizar los últimos 5cm de material siendo que estarían contaminados.

► Aditivos

Se podrán usar aditivos de marcas y calidad reconocidas con el fin de modificar las propiedades del concreto según indique El Contratista su propósito. Los posibles aditivos que se podrían utilizar serían:

1. Reductores de agua, acelerantes y retardantes de fraguado.
2. Se deberá cumplir con lo estipulado en la NSR-10 título C
3. Incluidores de aire cumpliendo la ASTM C 260

► Agua

El agua para utilizar en concretos, hidratación compactación o uso general deberá estar libre de aceites, sales, ácidos, limo, materia orgánica o cualquier impureza.

Este líquido deberá ser suministrado por empresas que tengan vigente el registro sanitario, licencia ambiental y cualquier otro documento dentro del marco normativo.

► **Suministro del Concreto**

De acuerdo con las especificaciones finales de la ingeniería de detalle se suministrará el concreto con mezcladores mecánicos o concreto premezclado cumpliendo a cabalidad con la resistencia requerida para cada elemento estructural.

Si se realizara el concreto con mezclador mecánico se contará con el diseño de mezcla aprobado en el cual se llevará a cabo el procedimiento exacto para obtener la resistencia requerida. Este procedimiento será supervisado y aprobado por la interventoría donde se llevarán a cabo los ensayos in situ de toma de muestras de concreto y posteriores ensayos en laboratorio.

El concreto premezclado será suministrado por una planta reconocida que cuente con toda la documentación al día respecto con permisos, licencias y certificaciones de calidad de la mezcla.

► **Concretos**

Este ítem contempla las características a utilizar en el proyecto, los cuales contemplan concreto estructural, módulos de rotura o limpieza.

Los concretos a emplear según NSR -10 podrán ser los siguientes:

1. Cajas de paso y de empalme. à $f'c = 28$ MPa (280 kg/cm²). Norma NTC 673
2. Tapas para cajas de paso y de empalme à $f'c = 28$ MPa (280 kg/cm²). Norma NTC 673
3. Perfiles metálicos angulares para cajas à Acero norma ASTM A-36

El concreto para colocar cumplirá la NSR-10 título C y norma INVIAS artículo 500-13 y sección 400 - concreto hidráulico.

El manejo del concreto cumplirá como mínimo con lo siguiente:

El transporte de la planta hacia el lugar de disposición del concreto cumplirá con lo mínimo establecido en la NSR-10.

1. El transporte interno del concreto dentro del proyecto se podrá disponer desde el mixer o transportarse internamente por carretilla si llega hacer el caso en distancias no mayores de 25m, adicionalmente se debe garantizar la homogeneidad del concreto.
2. Cada fundida será autorizada por la empresa.
3. El área para fundir deberá estar limpia y sin impurezas

4. El vibrado del concreto debe sacar el aire de exceso del mismo, pero se debe realizar de la mejor manera para no realizar desplazamiento vertical u horizontal de este.
5. La tolerancia del asentamiento en obra deberá ser $\pm 1"$ respecto con el concreto especificado en los diseños estructurales.

► Vaciado y Colocación

En caso de presentar nivel freático se dispondrá del sistema de bombeo, el cual en el momento de disponer del concreto debe estar seco, libres de escombros y sin lodos.

La caída libre del concreto estará permitida a una altura máxima de 1m para evitar la segregación de la mezcla. En el caso de presentar dificultades por accesibilidad se podrán utilizar camillas o bombas que permitan la circulación del concreto hasta los sitios más distantes y angostos.

Para disponer de un buen vibrado del concreto se dispondrá de un número adecuado de unidades para alcanzar la consolidación deseada. La duración del vibrado será únicamente la necesaria para compactar y evitar así la segregación de los materiales.

En el caso de disponer el vaciado en algún elemento estructural y días o horas después continuar con el procedimiento se deberá utilizar productos de SIKA o similares que adapten el concreto antiguo con el concreto nuevo.

► Aceros

Consiste en el suministro, corte, figuración, instalación y fundida del acero el cual deberá ser aprobado por la empresa.

1. El acero deberá ser de 420MPa (60000 psi)
2. El acero para disponer deberá ser corrugado cumpliendo con la norma ASTM-A-515
3. El acero se colocará de acuerdo con lo mencionado en los planos de diseño y los traslapes y uniones deberán estar amarrados con alambre negro para que no se produzcan movimientos.
4. El acero que se vea marcado después de fundir quedara a criterio de la empresa si: 1). Se demolerá el elemento. 2) se realizará una reparación profunda, 3) se realizará una reparación superficial según se indique. Lo anterior se determinará en cada caso específico respecto a cómo quede cada elemento.
5. Se permite traslados mecánicos siempre y cuando la empresa lo autorice.
6. El uso de barras lisas para estructuras no está permitido. En el caso de pavimentos para el acero de carga si se podrá emplear.

Para la ejecución de las actividades de construcción de la subestación y la línea de transmisión será necesario la adquisición de distintos tipos de materiales, es por esto que se contará con distintos

proveedores para la adquisición de los materiales garantizando que cuente con la completa documentación técnica y ambiental. Se requieren materiales, tales como: concreto, material granular, acero, y ladrillos entre otros.

En la construcción de la subestación y la línea de transmisión se utilizará concreto para las diferentes edificaciones. Este insumo será adquirido por empresas reconocidas que a través de vehículos especializados llevan el concreto de la resistencia deseada hasta el sitio de obra de la Subestación, estas empresas deberán contar con la licencia ambiental emitida por la autoridad ambiental pertinente y autorizaciones mineras y comerciales correspondientes. En la Tabla 18, se encuentra las cantidades de respectivas para cada tipo de material.

Tabla 18. Volumen aproximado de Materiales pétreos

MATERIAL	UNIDAD	VOLUMEN
Base Granular	m ³	250

FUENTE: DISEÑOS SUBESTACIÓN SER 1, METRO LÍNEA 1, 2022

En la Tabla se presentan las cantidades y el tipo de acero requerido para el desarrollo de las actividades de construcción.

Tabla 9. Cantidad aproximada de Acero

MATERIAL	UNIDAD	VOLUMEN
Acero de refuerzo	kg	42000
Acero Estructural	kg	5000

FUENTE: DISEÑOS SUBESTACIÓN SER 1, METRO LÍNEA 1, 2022

En la Tabla 19 se presentan los insumos procesados tales como: concreto, asfalto, adoquines y ladrillos. Cabe recalcar las mezclas asfálticas utilizadas deben estar modificadas con Grano de Caucho Reciclado (GCR), dando estricto cumplimiento con lo establecido en el marco de la Política Ambiental del Distrito Capital, Residuos Sólidos (Decreto 265 de 2016) que fomenta el aprovechamiento y/o valorización de llantas usadas.

Tabla 19. Cantidad aproximada de Insumos procesados

MATERIAL	UNIDAD	VOLUMEN
Concreto	m ³	300
Mampostería	m ²	100

FUENTE: DISEÑOS SUBESTACIÓN SER 1, METRO LÍNEA 1, 2022

Se incluyen los proveedores que se prevé que inicialmente suministrarán los materiales, sin embargo, se puede presentar la posibilidad de que se retiren o agreguen proveedores, previo al inicio de las actividades o que se incluyan proveedores durante la construcción garantizando que se cuente con la documentación ambiental vigente y con todos los requerimientos de ley.

En la Tabla 20 se presenta la información ambiental de los proveedores de materiales que se contemplan para la construcción de la PLMB:

Tabla 20. Información ambiental proveedores de material

Tipo de material	Razón social	Permiso Ambiental	Localización
Suministro de Acero	Diacó	Resolución 295 de 1997- CAR	Calle 93 b 18 12 piso 8 Bussines park, Bogotá. Km 3 Vía Siberia - Cota, Cundinamarca, Cota
Suministro de Acero	Ternium Siderúrgica de Caldas S.A.S.	Resolución 443 de 05/05/2015	Kilómetro 2 vía Termales La Enea, Manizales - Caldas
Suministro de Cemento	Cementos Tequendama	Res.20207100861 del 01/07/2020 - CAR	Calle 6 #32 A 35 Br Veraguas
Suministro de Cemento	Cementos Argos-Paz del Rio S.A.	Res. 0338 del 25/03/2009 – CAR. Modificada por la Res 0245 del 10/02/2020 (Permiso de emisiones) –Res 2384 del 02/08/2019 CAR	32, Cl. 13 #54, Puente Aranda, Bogotá
Suministro de ceniza	Gensa	Res 0251 del 09/02/2010 - MAVDT	Cra. 68D # 25B - 86 Oficina 729 Paipa: Kilometro 3 vía Paipa -
Suministro de combustible	Cenit/ ACPM LTDA.	Res 0397 del 29/04/2014- ANLA	Cl. 77 #9-17, Bogotá
Agregados a partir de residuos de construcción y demolición	Granulados reciclados de Colombia Greco SAS	Comunicación No. 20212061291 del 10/08/2021 – CAR	km 1,5 de la vía Bogotá - Medellín, puente de guadua costado occidental Vereda Vuelta Grande
Agregados a partir de residuos de construcción y demolición	Reciclados Industriales de Colombia S.A.S	Comunicado No. 20212034161 del 26/05/2021 – CAR	Km 1.5 vía Autopista Medellín costado sur – Cota Cundinamarca
Agregados pétreos	Dromos S.A.S.	Res. 0372 del 12/02/ 2019. CAR	km 3.8 zona industrial balsillas, Mosquera, Cundinamarca
Agregados pétreos	Kreato	Dec. 1220 del 2005 (No requiere Licencia Ambiental)- Exp 00002605 del 02/09/2008. CAR Dec. 1076 de 2015 - CAR No requiere Licencia Ambiental Res 3162 del 06/010/2018 - CORMACARENA (emisiones)	Km 7 vía Zipaquirá-Ubaté. Cogua Cundinamarca
Agregados pétreos	Triturados TG	Res No. 1103 del 14/04/2010 - CAR	Autopista Medellín km 4 vía Siberia - Bogotá

Tipo de material	Razón social	Permiso Ambiental	Localización
Concreto hidráulico	Cemex Colombia SAS	Res 2550 de 2020. CAR Res. 00018 de 2021. CAR (Sede Puente Aranda)	Planta Sur: Cl. Avenida Calle 71 Sur, Bogotá
		No requiere Licencia Ambiental Dec. 1076 de 2015 (Sede Planta Bosa)	Planta Bosa: Cl. 57z Sur #75d-67, Bogotá
Concreto hidráulico	Concretos Argos S.A.S	Comunicado no. 11212002378 del 19/05/2021 CAR	Transversal 5 no. 12 – 38, barrio Cazuca
Concreto hidráulico	Concretos Argos S.A.S	Comunicado no. 2021ee82300 del 03/05/2021 SDA	Carrera 62 no. 19 – 04, Localidad de Puente Aranda
Concreto hidráulico	Holcim Colombia S.A.	Res. 857 del 17/09/1997 - DAMA	Cra. 62 #19 - 04, Bogotá
		Res. 1171 del 21/09/2015. ANLA	
Prefabricados	Manufacturas de cemento S.A. (TITAN)	Res. 0568 del 16/04/2013 - CAR	Autopista Medellín km 2,4 occidente Rio Bogotá, cota
Prefabricados	Ladrillera Santander	Res. 1740 del 15/08/2008. CAR	Kilómetro 8, Vereda Fusunga, Soacha, Cundinamarca
Postes Concreto	Fábrica de Postes TG Suministros	N/A	Transversal 6 no 18 – 21. San Martin. Meta
Postes Concreto	Inversionistas TJ S.A.S	N/A	Pablo VI VIA La Vega Bogotá, Madrid- Cundinamarca
Mezclas asfálticas	Doble A ingeniería S.A.	Res. 50227000026 del 03/02/2022 CAR	Predio vista hermosa, vereda balsillas - kilómetro 2.5 vía la mesa - planta de asfalto CMI
Mezclas asfálticas	Dromos Pavimentos S.A.S.	Res. 0237 del 15/02/2008 - CAR	km 3.8 zona industrial balsillas, Mosquera, Cundinamarca
Madera	Maderas Puerto Colombia	Certificación de registro y cumplimiento Empresas Forestales No 00065	KR 73A # 71A-72 Bogotá, Cundinamarca

FUENTE: CONSORCIO AMBIENTAL METRO BOGOTÁ L1, 2022.

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

La disposición de materiales sobrantes se hará en los sitios debidamente autorizados por la autoridad ambiental, para lo cual el constructor deberá ejecutar el acarreo desde el sitio de construcción hasta el sitio de disposición final. Los materiales sobrantes o de desecho, se trasladarán hacia sitios de disposición autorizados.

Para la gestión y disposición de estos materiales se debe dar cumplimiento a lo estipulado en la Resolución 1115 de 2012 y Resolución 932 de 2015 y de manera general tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Verificar que al momento de la recolección y transporte que el gestor contratado y autorizado por la SDA cumplan con los siguientes requerimientos
- Realizar el pesaje de los residuos en el sitio de disposición.

- La carga deberá ser acomodada de tal manera que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor.
- Posibilitar el cargue y el descargue de los RCD evitando la dispersión de partículas.
- Cubrir la carga durante el transporte, evitando el contacto con la lluvia y el viento.
- Los vehículos utilizados para esta actividad deben cumplir con las normas vigentes de tránsito y transporte y de emisiones atmosféricas.
- Las volquetas donde se transporte este material deben contar con un PIN autorizado por la SDA.

El almacenamiento temporal se realizará en espacios dentro del predio de la subestación, este espacio debe estar cubierto para proteger de la lluvia y evitar la generación de material particulado por acción del viento, las medidas de manejo para estos residuos se presentan en el capítulo 10. Plan de Manejo Ambiental.

3.2.6 Residuos peligrosos y no peligrosos

Para el manejo de los residuos peligrosos (residuos contaminados con combustibles etc.) en las actividades de construcción y operación de la subestación y línea de transmisión se tendrá en cuenta lo estipulado en el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, expedido por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Las actividades que se realizan para mitigar el impacto de estos residuos peligroso se describen en la ficha de manejo PMA Programa de Manejo adecuado de los Residuos Peligrosos, del Capítulo 10. Plan de Manejo Ambiental. Las actividades para desarrollar se describen a continuación:

► Actividad 1.1. Identificación

Estos residuos se identifican con base al conocimiento técnico sobre las características de los insumos y procesos asociados con el residuo generado, se puede identificar si el residuo posee una o varias de las características que le otorgarían la calidad de peligroso; a través de la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos generados o verificando la lista de estos en Decreto 4741 de 2005.

► Actividad 1.2. Almacenamiento

Los residuos se almacenarán en canecas plásticas de color rojo debidamente rotuladas para posteriormente ser entregadas a los gestores autorizados para su transporte, manejo y disposición final. El periodo en que estos residuos son almacenados no puede superar los 12 meses y debe ser en espacios con superficie impermeabilizada, libres de sifones, para evitar contaminación de suelo y protegidos la lluvia y el viento asegurando su cubierta o tapa. Para el almacenamiento de sustancias inflamables se debe asegurar el control de energía estática, iluminación y redes eléctricas anti-chispa. Todo almacenamiento de residuos peligrosos líquidos debe contar con sistema de contención de derrames, ya sea en cárcamos, diques o estiba de autocontención, con capacidad para contener mínimo el 20% de su capacidad, aunque si la sustancia corresponde a aceites usados, el sistema debe tener una capacidad de retener el 100% del volumen del elemento más grande, más el 10% del volumen total del resto de elementos almacenados.

► Actividad 1.3. Recolección, transporte y disposición final

La responsabilidad de la gestión de los residuos peligrosos se extiende hasta que este sea aprovechado como insumo o dispuesto con carácter definitivo, se debe verificar que el gestor cuente con los permisos ambientales correspondientes y se debe solicitar el certificado de la disposición final, este certificado debe ser conservado en un tiempo no menor a 5 años.

Se debe llevar un registro sobre las cantidades y las características de los residuos que se generan y al momento de entregarlos a su transporte se debe verificar que cumpla con todos los requisitos exigidos por la normativa y evitar que ocurran derrames si esto llegase a ocurrir se debe contar con un plan de contingencia basado en el Decreto 321 de 1999 que indica el procedimiento que debe contener este plan.

3.2.6.1 Residuos sólidos domésticos y convencionales

Para el manejo de estos residuos se implementará un sistema que permita la separación de los materiales reciclables, los orgánicos y los residuos ordinarios y se realizará su disposición en el relleno sanitario Doña Juana a través del operador de Aseo de la Localidad de Bosa.

En la ficha PMA 1.3 Manejo adecuado de los Residuos Convencionales, se establecen las medidas a desarrollar, entre las que se encuentran:

- Se instalarán en los diferentes frentes de obra, puntos ecológicos teniendo en cuenta la codificación básica de colores, en donde el personal de obra podrá depositar los residuos generados, sin tener que hacer grandes desplazamientos.

El cálculo estimado de la generación de residuos domésticos, que eventualmente se podrían generar en la etapa de construcción del proyecto, se realiza utilizando el valor de producción per cápita de residuos sólidos, de 0,79 kg/persona*día, definido por el Reglamento de Agua y Saneamiento Básico, 2000 –RAS– para un municipio de complejidad alta.

3.2.6.2 Residuos especiales

Los residuos especiales generados en todas las etapas del proyecto serán los residuos de las bolsas de cemento o aparatos electrónicos, es decir todos aquellos residuos que NO estén considerados como peligrosos, RCD, o convencionales, pero que por su volumen o su composición son considerados como especiales. Se realizarán las siguientes actividades:

► Actividad 2.1. Almacenamiento temporal

Los residuos deben estar debidamente identificados e inventariados para su respectivo control, limpios (para evitar contaminación por hongos u otros elementos), separados de acuerdo con las existencias.

► Actividad 2.2. Disposición final

Estos residuos serán entregados a los gestores debidamente identificados, donde conste que su actividad comercial sea el manejo de este tipo de residuos, para aprovechamiento o disposición final. Estos gestores no deben tener autorización ni licencia ambiental para esta actividad, ni permisos especiales para su transporte, sin embargo, si deben tener cámara y comercio con la actividad reconocida, con vehículos adecuados para este transporte y que cuenten con los documentos necesarios para realizar esta función (tecno mecánica, SOAT, licencia).

Para llevar un seguimiento del retiro de residuos Industriales por parte de un receptor externo, el responsable del área de almacenamiento o el responsable de la entrega del residuo deberá tramitar un Acta de Entrega de Residuos, de esta forma se llevará la trazabilidad del residuo industrial desde su generación hasta la entrega para disposición final o tratamiento. El listado de los gestores de residuos peligrosos y especiales en Bogotá se encuentra el Capítulo 7. Demanda, Uso y Aprovechamiento.

3.2.7 Costos del proyecto

En los costos del proyecto “Construcción de la Subestación Receptora SER 1 y Línea de transmisión a 115 kV”, se incluyen los costos de inversión y operación, así como aquellos en los que incurrirá en la aplicación de los Planes de Manejo Ambiental y el Programa de Seguimiento y Monitoreo, estos costos se estiman en un total de (4.800.000 USD\$) cuatro millones ochocientos mil dólares.

3.2.8 Cronograma de proyecto

En la Tabla 21, se relaciona de manera general el cronograma de actividades a realizar en el proyecto *Construcción de la Subestación Eléctrica Receptora SER 1 y Línea de Transmisión a 115 kV*.

Tabla 21. Cronograma del Proyecto

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
VI	OBRA CIVIL GENERAL	408	15-ago-23	26-sep-24
6.1	BASES	120	15-ago-23	13-dic-23
6.2	Recinto perimetral, campamento y recinto perimetral	10	15-ago-23	25-ago-23
6.2	Localización y replanteo	10	15-ago-23	25-ago-23
6.3	Excavación para zapatas (59 Un. para cerramiento + 3 Un. muros cortafuegos)	20	25-ago-23	14-sep-23
6.3	Zapatas y pedestales de base de acero de refuerzo	20	4-sep-23	24-sep-23
6.3	Zapatas de cimentación	20	14-sep-23	4-oct-23
6.3	Encofrado para pedestales de apoyo de vigas de cimentación	10	27-sep-23	7-oct-23
6.3	Hormigón para pedestales que soportan vigas de cimentación	20	30-sep-23	20-oct-23
6.4	Excavación para vigas de cimentación	15	15-sep-23	30-sep-23
6.4	Limpieza de hormigón para vigas de cimentación	8	20-sep-23	28-sep-23

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
6.5	Refuerzo de Acero Armado, Vigas y conductos en hormigón	15	18-sep-23	3-oct-23
6.4	Ductos de cimentación de hormigón Etapa 1	8	28-sep-23	6-oct-23
6.4	Ductos de cimentación de hormigón Etapa 2	8	1-oct-23	9-oct-23
6.5	Sub-muro en mampostería	15	30-sep-23	15-oct-23
6.5	Refuerzo de acero de losa de cimentación	15	3-oct-23	18-oct-23
6.6	Redes hidráulicas	10	14-oct-23	24-oct-23
6.6	Redes eléctricas	10	14-oct-23	24-oct-23
6.7	Vaciado de losas de hormigón	10	24-oct-23	3-nov-23
6.14	ESTRUCTURAS DE CONCRETO	183	3-nov-23	4-may-24
6.15	Acero de refuerzo de columna	15	3-nov-23	18-nov-23
6.16	encofrado para vaciado de columnas	10	13-nov-23	23-nov-23
6.17	Columna de hormigón	5	24-nov-23	29-nov-23
6.18	Acero de refuerzo para vigas superiores	20	21-nov-23	11-dic-23
6.20	Encofrado para vigas	5	6-dic-23	11-dic-23
6.21	Viga superior de hormigón	5	9-dic-23	14-dic-23
6.21	Acero de refuerzo de la pared cortafuego	8	12-dic-23	20-dic-23
6.21	Cortafuegos para muros de encofrado	10	18-dic-23	28-dic-23
6.22	Muros cortafuegos de hormigón etapa 1	8	29-dic-23	6-ene-24
6.23	Muros cortafuegos de hormigón etapa 2	8	2-ene-24	10-ene-24
6.24	Instalación de estructura de techo de metal	10	10-ene-24	20-ene-24
6.25	Instalación de cubierta metálica.	15	11-ene-24	26-ene-24
6.26	Banco de tubería de excavación	15	21-ene-24	5-feb-24
6.26	Acero de refuerzo para cárcamo en banco de ductos de concreto	15	31-ene-24	15-feb-24
6.27	Concreto para banco de tubería	10	16-feb-24	26-feb-24
6.28	Instalación De Tapas En Prefabricados De Hormigón	15	28-feb-24	14-mar-24
6.29	Escaleras De Cimentación De Excavación	8	11-mar-24	19-mar-24
6.30	Dados De Apoyo De Hormigón De Escaleras Metálicas	10	14-mar-24	24-mar-24
6.31	Estructura Metálica De Escaleras	15	25-mar-24	9-abr-24
6.78	Cárcamos Colgantes E Impermeabilizantes	10	9-abr-24	19-abr-24
6.34	Puertas Y Barandillas	10	24-abr-24	4-may-24
6.48	REDES	362	30-sep-23	26-sep-24
6.50	Instalación de redes eléctricas, bandejas porta cables	150	29-abr-24	26-sep-24
6.51	Instalación de redes hidrosanitarias	150	29-abr-24	26-sep-24
6.52	Ventilación mecánica	150	29-abr-24	26-sep-24
6.72	PISOS	75	14-mar-24	28-may-24
6.73	Acabados de piso	25	14-mar-24	8-abr-24
6.74	Acabados piso técnico	25	8-abr-24	3-may-24
6.75	Acabado de piso cuarto de maquinaria	25	3-may-24	28-may-24

ID	ACTIVIDAD	DURACIÓN (Días)	INICIO	FINAL
6.76	ACABADOS	36	28-may-24	3-jul-24
6.77	Bandejas porta cables	20	28-may-24	17-jun-24
6.79	Acabado de escaleras	20	29-abr-24	19-may-24
6.80	Instalación de puertas	20	19-may-24	8-jun-24
6.81	Instalación de iluminación Aparatos y tableros eléctricos	15	8-jun-24	23-jun-24
6.82	Aparatos y tableros eléctricos	10	23-jun-24	3-jul-24
6.85	URBANISMO	90	8-ene-24	7-abr-24
6.86	Urbanismo y exterior	200	14-sep-23	1-abr-24
6.87	Redes externas	60	14-sep-23	13-nov-23
6.88	Raiser - Siamese -	30	13-nov-23	13-dic-23

FUENTE: METRO LÍNEA 1,2022

3.2.9 Organización del proyecto

En la Figura 20 se presenta la estructura organizacional solicitada para el contratista de obras civiles que llevara a cabo la ejecución de las actividades previstas del proyecto de la subestación con su Línea Asociada, supervisado por el concesionario Metro Línea 1.

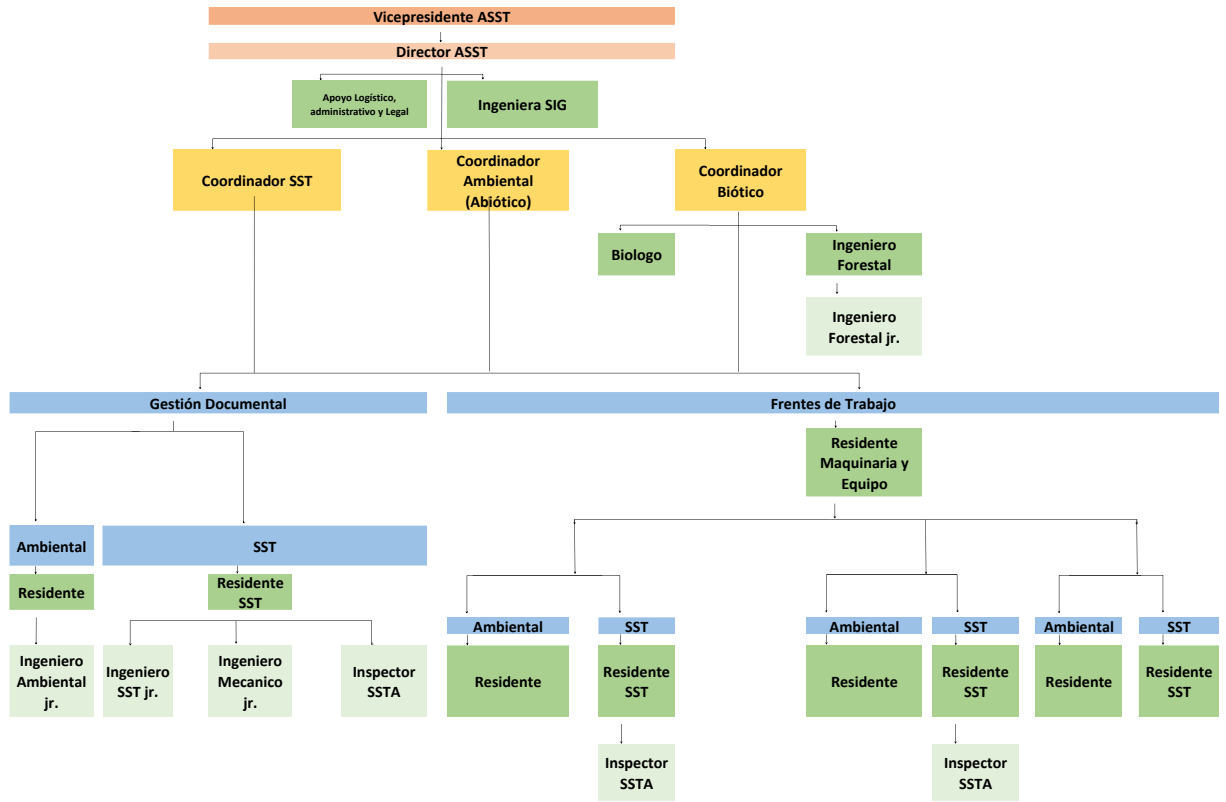


Figura 20. Organigrama de la Vicepresidencia ASST

FUENTE: METRO LÍNEA 1,2022