

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO “SUBESTACIÓN NORTE 230/115 kV, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 115 kV Y MÓDULOS DE CONEXIÓN”

Capítulo 2. Descripción del proyecto

| | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| L. Angulo | L. Arévalo | A. Galindo | 2011-11-24 | Complemento reunión oralidad | VF |
| A. Reina | L. Arévalo | A. Galindo | 2015-12-18 | Versión Final | VF |
| Elaboró | Revisó | Aprobó | Fecha | Descripción | Rev. |

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 1 |
| 2.1 Localización | 1 |
| 2.1.1 Características del proyecto | 8 |
| 2.1.1.1 Características de la Subestación Norte 230/115 kV..... | 8 |
| 2.1.1.2 Conexiones de la Subestación Norte | 10 |
| 2.1.1.3 Especificaciones generales de la subestación eléctrica | 11 |
| 2.1.1.4 Actividades previas a la construcción de la S/E Norte..... | 21 |
| 2.1.1.5 Actividades de construcción de la S/E Norte | 27 |
| 2.1.1.6 Montaje electromecánico | 49 |
| 2.2 Características de las Líneas de Transmisión 115 kV | 51 |
| 2.2.1 Norte-Sesquilé..... | 52 |
| 2.2.2 Norte-Gran Sabana | 54 |
| 2.2.3 Norte-Zipacquirá-Ubaté | 56 |
| 2.2.3.1 Ramal Zipacquirá-Ubaté | 56 |
| 2.2.4 Adecuación estructural | 58 |
| 2.2.5 Montaje electromecánico..... | 58 |
| 2.2.6 Requerimiento de uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales . | 58 |
| 2.2.6.1 Subestación Norte 230/115 kV..... | 58 |
| 2.2.6.2 Líneas de transmisión | 59 |
| 2.2.6.3 Obras y/o drenajes afectados..... | 59 |
| 2.2.7 Estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida. | 60 |
| 2.2.7.1 Maquinaria y equipo..... | 60 |
| 2.2.7.2 Mano de obra requerida | 61 |
| 2.2.8 Ubicación de los sitios de disposición de materiales sobrantes | 63 |
| 2.2.9 Levantamiento topográfico..... | 64 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.2.10 | Diseño estructural de las obras..... | 64 |
| 2.2.11 | Insumos requeridos para el desarrollo del proyecto..... | 64 |
| 2.2.11.1 | Agua | 64 |
| 2.2.11.2 | Electricidad | 66 |
| 2.2.11.3 | Concreto | 67 |
| 2.2.11.4 | Material de cantera | 68 |
| 2.2.11.5 | Madera..... | 70 |
| 2.3 | Trazado y características geométricas | 71 |
| 2.3.1 | Volumen estimado de remoción de la vegetación y descapote | 71 |
| 2.3.1.1 | Subestación Norte..... | 71 |
| 2.3.2 | Líneas de transmisión..... | 71 |
| 2.3.2.1 | Línea Norte-Sesquilé..... | 72 |
| 2.3.2.2 | Línea Norte-Gran Sabana | 72 |
| 2.3.2.3 | Línea Norte-Zipacquirá | 72 |
| 2.3.2.4 | Línea Ramal Ubaté | 72 |
| 2.3.3 | Volumen estimado de cortes y rellenos | 72 |
| 2.3.4 | Taludes previstos en cortes y terraplenes..... | 73 |
| 2.4 | Infraestructuras y servicios interceptados..... | 73 |
| 2.4.1 | Interacción con proyectos existentes | 73 |
| 2.4.1.1 | Superposición de proyectos | 73 |
| 2.4.1.2 | Otros proyectos en el área de estudio | 74 |
| 2.5 | Construcción | 77 |
| 2.5.1 | Zona de servidumbre | 77 |
| 2.5.2 | Características de la obra | 77 |
| 2.5.2.1 | Accesos a sitios de torre | 77 |
| 2.5.2.2 | Replanteo..... | 77 |
| 2.5.2.3 | Despeje de zona de servidumbre | 78 |
| 2.5.2.4 | Marcación de sitios de estructuras | 78 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.5.2.5 | Excavaciones e instalación de sistemas de Puesta a tierra..... | 78 |
| 2.5.2.6 | Armado de aceros de refuerzo, encofrado y fundición de estructuras de concreto | 78 |
| 2.5.2.7 | Rellenos con material proveniente de las excavaciones..... | 78 |
| 2.5.2.8 | Armado de estructuras (torres y postes)..... | 79 |
| 2.5.2.9 | Instalación de poleas en estructuras | 79 |
| 2.5.2.10 | Instalación de cables..... | 79 |
| 2.5.3 | Resultados de los estudios de soporte (ejemplo análisis de suelo)..... | 80 |
| 2.5.3.1 | Línea Norte Sesquilé..... | 80 |
| 2.5.3.2 | Línea Norte-Gran Sabana | 81 |
| 2.5.3.3 | Norte-Ubaté | 83 |
| 2.5.4 | Diseño de estructuras hidráulicas permanentes | 84 |
| 2.5.5 | Descripción: longitud y especificaciones técnicas generales de nuevas vías..... | 84 |
| 2.5.6 | Descripción de los tipos de estructuras y los cables | 84 |
| 2.5.6.1 | Estructuras..... | 84 |
| 2.5.6.2 | Cables..... | 88 |
| 2.5.7 | Descripción de los equipos a utilizar en la etapa de construcción..... | 89 |
| 2.5.8 | Descripción de los métodos constructivos e instalaciones de apoyo | 89 |
| 2.5.8.1 | Obras civiles | 89 |
| 2.5.8.2 | Obras electromecánicas..... | 90 |
| 2.5.8.3 | Sitios de acopio temporal | 90 |
| 2.5.9 | Ubicación con coordenadas y nombre geográfico (sitio, vereda) y características de la planta de triturado, concretos, asfaltos al igual que áreas de beneficio | 91 |
| 2.5.10 | Estimativo de los volúmenes de descapote, relleno y excavación, especificados por obra tipo o actividad..... | 91 |
| 2.5.11 | Fuentes factibles de obtención de materiales | 91 |
| 2.5.12 | Ubicación sitios de disposición materiales sobrantes..... | 91 |
| 2.5.13 | Descripción de las fuentes de emisión atmosférica fijas o móviles | 91 |
| 2.5.14 | Descripción de las fuentes de emisión de ruido | 91 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.5.15 | Requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables por actividad y tecnologías para el aprovechamiento | 92 |
| 2.5.16 | Estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida | 92 |
| 2.5.17 | Descripción de las condiciones específicas de diseño, tipo de materiales y manejo de contingencias de la zona de almacenamiento de insumos | 92 |
| 2.5.18 | Mantenimiento | 93 |
| 2.5.19 | Actividades de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad93 | |
| 2.6 | Operación y funcionamiento..... | 93 |
| 2.6.1 | Descripción de las características técnicas de operación | 93 |
| 2.6.1.1 | Operación de protecciones | 94 |
| 2.6.1.2 | Operación de equipos híbridos..... | 95 |
| 2.6.1.3 | Operación de protecciones en Líneas de Transmisión de 115 kV | 95 |
| 2.6.1.4 | Operación de protecciones del acoplador y seccionamiento barras 115 kV ... | 95 |
| 2.6.1.5 | Operación de protección para barras de 115 kV | 96 |
| 2.6.1.6 | Operación de protecciones para transformador lado 115 kV | 96 |
| 2.6.1.7 | Servicios auxiliares | 96 |
| 2.6.1.8 | Operación de un circuito 115 kV para mantenimiento programado en la subestación Norte..... | 97 |
| 2.6.2 | Mantenimiento | 98 |
| 2.6.2.1 | Mantenimiento de las obras civiles..... | 98 |
| 2.6.2.2 | Mantenimiento de las estructuras metálicas..... | 99 |
| 2.6.2.3 | Mantenimiento de aisladores..... | 99 |
| 2.6.2.4 | Mantenimiento de equipos | 99 |
| 2.6.2.5 | Mantenimiento preventivo | 99 |
| 2.6.2.6 | Mantenimiento Correctivo | 100 |
| 2.6.3 | Fuentes de energía y combustibles | 100 |
| 2.6.4 | Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial y contingencia | 101 |
| 2.6.5 | Costo anual de operación del proyecto..... | 101 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 2.6.6 | Información de la disposición final de residuos generados | 101 |
| 2.7 | Disposición final | 102 |
| 2.8 | Identificación y estimación básica de los insumos | 103 |
| 2.9 | Riesgos inherentes a la tecnología a utilizar | 103 |
| 2.10 | Objetivos y necesidades a satisfacer | 103 |
| 2.11 | Costos del proyecto..... | 104 |
| 2.12 | Cronograma del proyecto | 104 |
| 2.13 | Estructura organizacional del proyecto..... | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 2-1 Coordenadas de los vértices de la subestación eléctrica | 3 |
| Tabla 2-2 Equipos y sistemas para la subestación Norte 230/115 kV | 9 |
| Tabla 2-3 Parámetros eléctricos del sistema | 11 |
| Tabla 2-4 Niveles de aislamiento | 11 |
| Tabla 2-5 Tensiones de Servicios Auxiliares..... | 12 |
| Tabla 2-6 Mojoneros de referencia (Datum magna sirgas origen Bogotá)..... | 26 |
| Tabla 2-7 Características líneas de transmisión..... | 52 |
| Tabla 2-8 Lista de maquinaria para la construcción de la subestación Norte | 60 |
| Tabla 2-9 Lista de maquinaria para la construcción de las líneas Norte 115 kV | 61 |
| Tabla 2-10 Personal requerido para la ejecución de obras Subestación | 61 |
| Tabla 2-11 Consumo de agua para la subestación Norte en el patio de 115 kV | 65 |
| Tabla 2-12 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Sesquilé | 66 |
| Tabla 2-13 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Gran Sabana..... | 66 |
| Tabla 2-14 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté..... | 66 |
| Tabla 2-15 Cantidad de concreto utilizado en la construcción de la subestación Norte.... | 67 |
| Tabla 2-16 Cantidades de obras civiles para la línea Norte-Sesquilé..... | 68 |
| Tabla 2-17 Cantidades de obras civiles Línea Norte-Gran Sabana..... | 68 |
| Tabla 2-18 Cantidades de obras civiles Línea Norte-Zipacquirá-Ubaté | 68 |
| Tabla 2-19 Cantidad de material de cantera utilizado en la construcción de la subestación Norte..... | 69 |
| Tabla 2-20 Cantidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Sesquilé..... | 69 |
| Tabla 2-21 Cantidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Gran Sabana | 70 |
| Tabla 2-22 Cantidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté | 70 |
| Tabla 2-23 Insumos a utilizar durante la construcción y procedencia..... | 71 |
| Tabla 2-24 Capacidad de soporte | 80 |
| Tabla 2-25 Resultados de tipos de suelo línea Norte-Sesquilé | 81 |
| Tabla 2-26 Resultados de tipos de suelo línea Norte-Gran Sabana..... | 82 |
| Tabla 2-27 Tipos de suelo Norte-Ubaté | 83 |
| Tabla 2-28 Características cables..... | 88 |
| Tabla 2-29 Características cables..... | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 2-1 Localización General del proyecto | 2 |
| Figura 2-2 Localización de la subestación Norte | 5 |
| Figura 2-3 Localización líneas de transmisión..... | 7 |
| Figura 2-4 Grúa cambiando interruptor mantenimiento correctivo del equipo | 13 |
| Figura 2-5 Distancias eléctricas de seguridad en trabajos de mantenimiento en línea viva | 13 |
| Figura 2-6 Transformador de potencia 230/115 kV | 16 |
| Figura 2-7 Transformador de potencia 115/11,4 kV | 17 |
| Figura 2-8 Modulo patio 230/115 kV | 17 |
| Figura 2-9 Diseño de planta subestación Norte patio 115 kV | 18 |
| Figura 2-10 Vía de acceso | 23 |
| Figura 2-11 Vías internas de la subestación | 25 |
| Figura 2-12 Geometría típica de las cimentaciones | 29 |
| Figura 2-13 Planta de cimentación transformadores | 30 |
| Figura 2-14 Cimentación foso de transformador | 31 |
| Figura 2-15 Cimentación foso de transformador | 32 |
| Figura 2-16 Esquema de cargas | 33 |
| Figura 2-17 Esquema de reacciones | 33 |
| Figura 2-18 Diagrama de cortante (Ton) | 34 |
| Figura 2-19 Diagrama de momento (Ton*m)..... | 34 |
| Figura 2-20 Cimentación de la carrilera | 35 |
| Figura 2-21 Cimentación interruptor de potencia vista en planta..... | 36 |
| Figura 2-22 Cimentación interruptor de potencia vista en corte | 37 |
| Figura 2-23 Cimentación pararrayos..... | 38 |
| Figura 2-24 Cimentación columna de pórticos. Vista en planta..... | 39 |
| Figura 2-25 Cimentación columna de pórticos. Vista en corte..... | 40 |
| Figura 2-26 Cerramiento subestación Norte | 42 |
| Figura 2-27 Sistema de alcantarillado pluvial | 43 |
| Figura 2-28 Vista en planta de la trampa de arenas..... | 44 |
| Figura 2-29 Sistema de red de aguas servidas para casa de control | 45 |
| Figura 2-30 Sistema de red de aguas servidas para porterías y casa de media tensión .. | 46 |
| Figura 2-31 Muro cortafuegos..... | 48 |
| Figura 2-32 Trazado Norte-Sesquilé | 53 |
| Figura 2-33 Trazado Norte-Gran Sabana..... | 55 |
| Figura 2-34 Trazado Norte-Zipaquirá-Ubaté | 57 |
| Figura 2-35 Superposición proyecto Norte | 75 |

| | |
|--|----|
| Figura 2-36 Otros proyectos en la zona | 76 |
| Figura 2-37 Silueta de torre en celosía | 85 |
| Figura 2-38 Silueta poste doble circuito..... | 86 |
| Figura 2-39 Silueta poste cuatro circuitos | 87 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| |
|--|
| Anexo 2-1 Coordenadas Trazados |
| Anexo 2-2 Características Subestación Norte |
| Anexo 2-3 Equipos de Patio (Ampliación futura) |
| Anexo 2-4 Diseño edificaciones |
| Anexo 2-5 Ubicación SE Norte en el lote de la EEB |
| Anexo 2-6 Levantamiento topográfico |
| Anexo 2-7 Diseño estructural de las obras |
| Anexo 2-8 Infraestructura y servicios interceptados |
| Anexo 2-9 Superposición de proyectos |
| Anexo 2-10 Otros proyectos |
| Anexo 2-11 Accesos a sitios de torre |
| Anexo 2-12 Cantidad de combustible |
| Anexo 2-13 Cronograma del proyecto |
| Anexo 2-14 Estructura organizacional del proyecto |

ÍNDICE DE MAPAS

| |
|---|
| Mapa 2-1 Localización del proyecto |
|---|

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de Conexión*” consta de dos actividades representativas: la construcción de una subestación, que corresponde a un proyecto de tipo puntual, y las líneas de transmisión, que responden a características de un proyecto lineal.

En el presente capítulo, se describen las características de la subestación y las líneas de transmisión asociadas a los tres corredores que comprenden el proyecto.

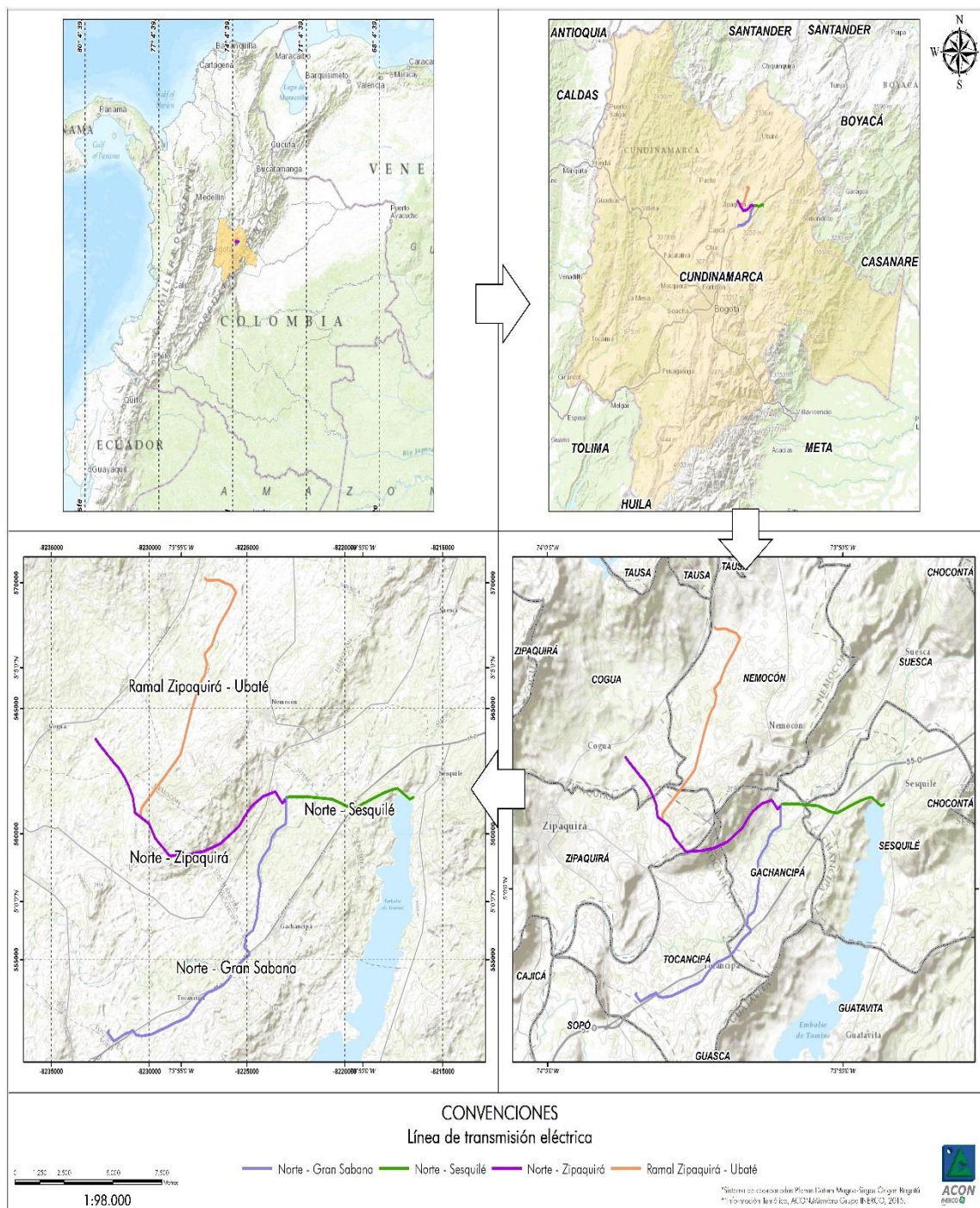
2.1 Localización

La construcción, puesta en marcha y operación del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de Conexión*”, en adelante “Proyecto Norte”, se localizará en los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé en el departamento de Cundinamarca (ver Figura 2-1).

La localización estratégica del proyecto permitirá conectar la futura Subestación Norte a través de los circuitos de transmisión a 115 kV con las Subestaciones Sesquilé, Gran Sabana y su interconexión con las subestaciones de Zipaquirá y Ubaté.

En el Mapa 2-1 se presenta la localización general del proyecto.

Figura 2-1 Localización General del proyecto



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

La subestación eléctrica se construirá en la vereda San José, perteneciente al municipio de Gachancipá, ubicada sobre los 2.650 m s.n.m. Las coordenadas que definen los vértices del predio se presentan en la Tabla 2-1. Contigua a este lote se construirá la subestación del proyecto liderado por la Empresa de Energía de Bogotá (EEB) como inversionista seleccionado de la Convocatoria Pública No. 03-2010. Dicha subestación se conectará a la Red de Interconexión Nacional a 230 kV y será alimentada en primera instancia por los excedentes de generación que aportan las centrales vecinas, generadoras de Chivor y Guavio.

En la etapa de construcción de la subestación se contempla dejar establecidos los espacios y la infraestructura básica que permitirá en un futuro la conexión a otros puntos de su sistema, mediante la duplicación de la interconexión establecida inicialmente con el sistema de 230 kV de la EEB y la construcción de seis (6) líneas adicionales a nivel de 115 kV.

Tabla 2-1 Coordenadas de los vértices de la subestación eléctrica

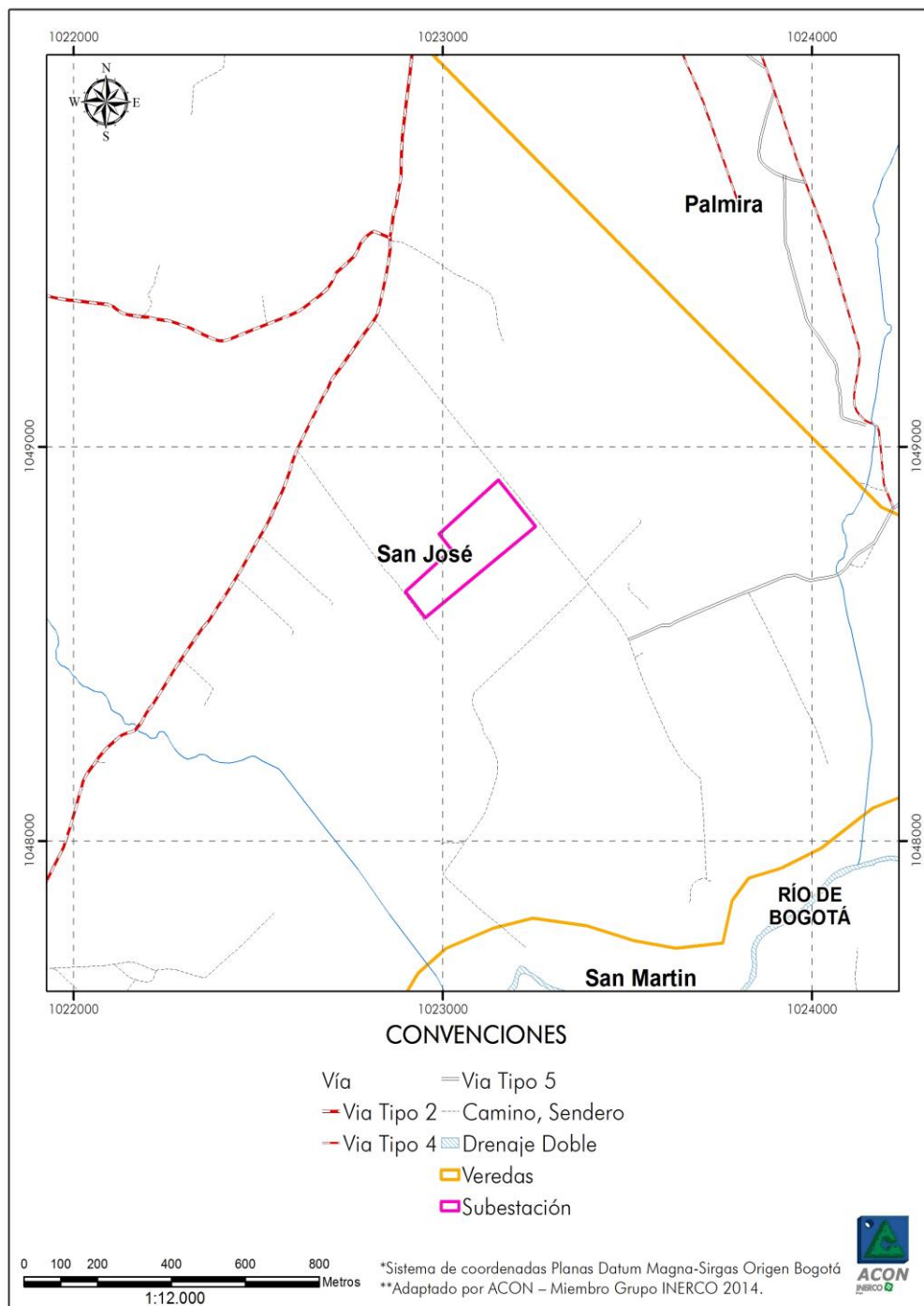
| CUADRO DE MOJONES S/E NORTE | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-----------|
| MOJÓN | ESTE | NORTE | DISTANCIA |
| M4A | 1023160,676 | 1048923,499 | 155,10 |
| M5 | 1023259,363 | 1048803,835 | |
| M6 | 1023254,528 | 1048800,317 | 5,97 |
| M7 | 1023201,581 | 1048757,735 | 67,94 |
| M8 | 1023152,136 | 1048717,661 | 63,64 |
| M9 | 1023085,774 | 1048663,794 | 85,47 |
| M10 | 1023023,462 | 1048613,955 | 79,79 |
| M11 | 1022952,161 | 1048564,481 | 86,78 |
| M12 | 1022932,405 | 1048587,909 | 30,64 |
| M12A | 1022894,535 | 1048634,778 | 60,25 |

| CUADRO DE MOJONES S/E NORTE | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------|-----------|
| MOJÓN | ESTE | NORTE | DISTANCIA |
| M12B | 1023038,312 | 1048754,527 | 187,11 |
| | | | 51,87 |
| M12C | 1023005,126 | 1048794,403 | 202,14 |
| M4A | 1023160,676 | 1048923,499 | |

Fuente: Adaptado de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO 2014.

En la Figura 2-2 se detalla la localización de la subestación Norte 230/115 kV.

Figura 2-2 Localización de la subestación Norte

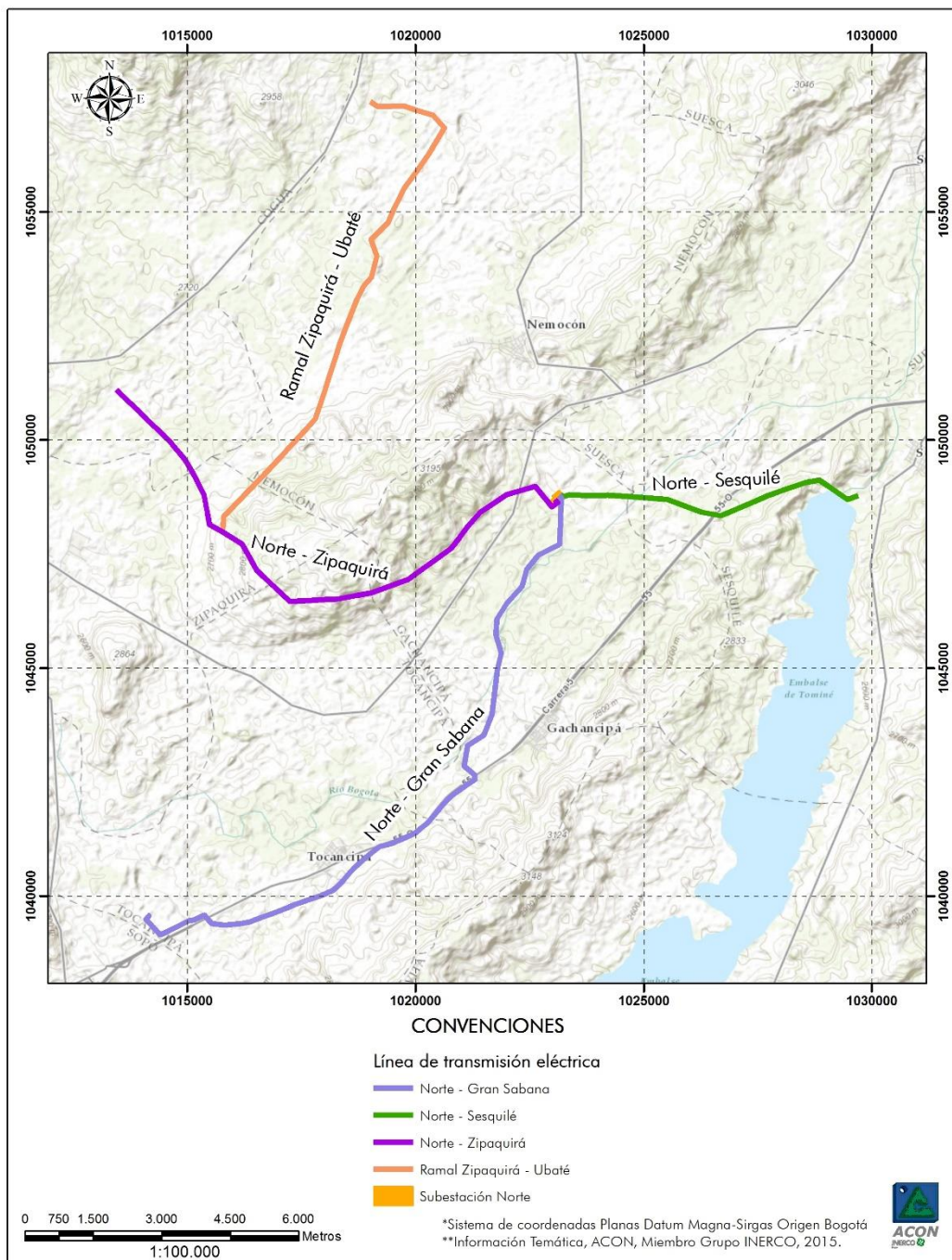


Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Las líneas de transmisión proyectadas pasarán por los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé, estas se construirán a una tensión de 115 kV y se interconectarán a la red de distribución a través de diferentes circuitos de transmisión regional a 115 kV. Dichos circuitos saldrán de la subestación Norte y llegarán a puntos de conexión con redes de alta tensión provenientes de las subestaciones Sesquilé, Gran Sabana, Ubaté y Zipaquirá. En el Anexo 2-1, se detallan las coordenadas de los trazados de las líneas de transmisión con los respectivos sitios de estructura.

En la Figura 2-3 se detalla la localización de las líneas de transmisión.

Figura 2-3 Localización líneas de transmisión



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

2.1.1 Características del proyecto

El Proyecto Norte contempla el diseño, construcción, montaje y puesta en servicio de la Subestación Norte y una línea de transmisión 115 kV de doble circuito y dos líneas de transmisión 115 kV de un circuito cada una.

El objetivo principal del proyecto es permitir la transmisión de energía eléctrica entre la Subestación Norte y las subestaciones Sesquilé, Gran Sabana, y los puntos de interconexión en Zipaquirá-Ubaté, así como reforzar el Sistema de Transmisión Regional de 115 kV en la zona norte de la ciudad de Bogotá D.C.

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

2.1.1.1 Características de la Subestación Norte 230/115 kV

La subestación se construirá en una configuración de doble barra a 115 kV con uno de los barrajes seccionados. Estará constituida en la primera fase, objeto del presente proyecto, por dos bancos de transformación 230 / 120 / 13,8 kV cada uno de 300 MVA, una unidad monofásica de repuesto de 100 MVA, cuatro bahías de línea de 115 kV para conexión con el sistema a 115 kV, un acoplador de barra de 115 kV, una bahía de seccionamiento de barras de 115 kV y una bahía de transformador AT/MT 115 kV (ver Anexo 2-2).

En una segunda fase se tendrá la posibilidad de una ampliación con dos bancos de transformación 230 / 120 / 13,8 kV, seis líneas de 115 kV, dos transformadores 115/34,5 kV, tres transformadores 115/11,4 kV, un acoplador de barras y una subestación de media tensión tipo interior. Ver Anexo 2-3 (construcción fase 2 y estado final Subestación Norte). En esta fase se construirán las dos bodegas, caseta de vigilancia, casa de media tensión y vías asociadas a esta construcción.

La Subestación Norte 230/115 kV tendrá cinco tipos de edificaciones diferentes, la principal será la casa de control en donde se llevarán a cabo todas las operaciones y se encuentran los gabinetes de control, protecciones y auxiliares. Las otras cuatro edificaciones son casas de relés que contarán con sistema de interconexión. Se tiene proyectado una casa de Media Tensión, dos bodegas y la casa de vigilancia. Los diseños de las estructuras de la primera fase se presentan en el Anexo 2-4.

En la Tabla 2-2 se presenta la conformación eléctrica y los equipos de la Subestación Norte.

Tabla 2-2 Equipos y sistemas para la subestación Norte 230/115 kV

| DESCRIPCIÓN S/E NORTE |
|---|
| Bahía de Línea 115 kV Ubaté |
| Bahía de Línea 115 kV Zipaquirá |
| Bahía de Línea 115 kV Gran Sabana |
| Bahía de Línea 115 kV Sesquilé |
| Seis bahías de líneas de 115 kV futuras |
| Dos bahías de 115 kV para dos bancos de autotransformadores 230/120/13,8 kV de 300 MVA, con una unidad monofásica de repuesto de 100 MVA (dos iniciales y dos futuros) |
| Bahía de 115 kV para un acoplador de barras (uno inicial y uno futuro) |
| Bahía de 115 kV para seccionamiento de barras |
| Tres bahías de 115 kV para transformadores de AT/MT 115/34,5 kV (futuros) |
| Tres bahías de 115 kV para transformadores de AT/MT 115/11,4 kV (uno inicial y dos futuros) |
| Bahía de 115 Kv para dos bancos de compensación capacitiva (futuros) |
| Tres transformadores de servicios auxiliares 1 (banco 1, banco 2, circuito externo) |
| Cuatro transformadores de puesta a tierra zig-zag banco 1 y 2 (iniciales) y banco 3 y 4 (futuros) |
| Sistema de servicios auxiliares 208/120 Vac |
| Sistema de servicios auxiliares 125 Vcc |
| Sistema de detección de incendios |
| Sistema de comunicaciones |
| Una subestación de 11,4kV, barra sencilla seccionada compuesta por tres (3) celdas capacitivas, cuatro (4) celdas de medida, tres (3) celdas de acople, cuatro (4) celdas de Entrada y treinta (30) celdas de salida. |
| Una subestación de 34,5kV, barra sencilla seccionada compuesta por dos (2) celdas capacitivas, dos (2) celdas de medida, una (1) celda de acople, dos (2) celdas de Entrada y diez (10) celdas de salida. |

Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

2.1.1.2 Conexiones de la Subestación Norte

A Subestación Sesquilé

Recibirá una nueva línea de la subestación Norte. Se realizarán obras de ampliación mediante una nueva bahía de línea de 115 kV con las correspondientes ampliaciones de barraje, patio de conexiones y otras que sean necesarias, conservando la configuración de barraje sencillo de la subestación.

B Puntos interconexión Zipaquirá-Ubaté

Se realizará el reemplazo de las protecciones de línea, cambio de protección de distancia y sobre corriente e instalación de una Unidad de Control de Posición (UCP) en las actuales bahías de línea Zipaquirá en la subestación Ubaté y la bahía de línea Ubaté en la subestación Zipaquirá, quedando constituido el sistema en las nuevas líneas Norte - Zipaquirá y Norte-Ubaté.

C Subestación Gran Sabana

La subestación Gran Sabana será construida en jurisdicción del municipio de Tocancipá. Actualmente se encuentra en proceso de licenciamiento ambiental y conectará la línea Norte 115 kV manteniendo las especificaciones técnicas acordes con el proyecto. Este proyecto reforzará el Sistema de Transmisión Regional de 115 kV para atender el crecimiento de la demanda de la zona.

D Servicios auxiliares

La alimentación de los servicios auxiliares 13,8 kV contará con tres (3) alimentadores principales

- Alimentación 1 y 2 desde cada terciario de 13,8 kV proveniente de los bancos 1 y 2 a un transformador de 600 kVA, 13,8/0,208-0.120 kV.
- Alimentación desde el circuito externo de 11,4 kV red de Media Tensión CODENSA. El dimensionamiento de los servicios auxiliares tendrá en cuenta las ampliaciones previstas.

2.1.1.3 Especificaciones generales de la subestación eléctrica

A continuación, se presentan las especificaciones generales que aplican a todos los equipos y sistemas de la subestación eléctrica.

A Parámetros eléctricos del sistema

Los parámetros del sistema de la Subestación Norte se presentan en la tabla Tabla 2-3.

Tabla 2-3 Parámetros eléctricos del sistema

| Ítem | Parámetros | 230 kV | 115 kV | 13,8 / 11,4 kV | |
|------|--|--------|--------|----------------|-----------------------------|
| 1 | Voltaje nominal, kV | 230 | 115 | 13,8 / 11,4 | |
| 2 | Voltaje máximo del sistema, kV | 245 | 126,5 | 15 / 12,6 | |
| 3 | Número de fases | 3 | 3 | 3 | |
| 4 | Frecuencia del sistema, Hz | 60 | 60 | 60 | |
| 5 | Puesta a tierra del neutro | Sólido | Sólido | Red externa | Terciario |
| | | | | Sólido | Zig-zag o Fase A aterrizada |
| 6 | Corriente de falla, 1 s, kA simétricos | 40 | 40 | 16 | 31,5 |

Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

B Niveles de aislamiento

Los niveles de aislamiento, referidos a 0 m s.n.m y condiciones normalizadas, son como mínimo los siguientes, Tabla 2-4.

Tabla 2-4 Niveles de aislamiento

| Ítem | Tensión (kV) | BIL (kV) | | SIL (kV) | | 60 Hz / 1 min (kV) | |
|------|--------------|----------|---------|----------|---------|--------------------|---------|
| | | Interno | Externo | Interno | Externo | Interno | Externo |
| 1 | 230 | 950 | 1050 | NA | 850 | 395 | 460 |
| 2 | 115 | 550 | 650 | | | 230 | 275 |

| Ítem | Tensión (kV) | BIL (kV) | | SIL (kV) | | 60 Hz / 1 min (kV) | |
|------|--------------------|----------|---------|----------|---------|--------------------|---------|
| | | Interno | Externo | Interno | Externo | Interno | Externo |
| 3 | 11,4 (red externa) | 95 | 95 | | | 38 | 38 |
| 4 | 13,8 (terciario) | 95 | 125 | | | 38 | 50 |

Fuente: Adaptada de “ET NT 004” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Los aislamientos externos (a través de aire) se establecen mediante pruebas tipo o considerando las dimensiones y forma de electrodos, de acuerdo con las tablas A.1, A.2 y A.3 de la norma IEC 60071; en todo caso las pruebas tipo de los equipos deben demostrar que sus aislamientos internos y externos soportan, como mínimo, los esfuerzos establecidos para los aislamientos internos.

C Tensiones de servicios auxiliares

Las tensiones admisibles para las fuentes de los servicios auxiliares de las subestaciones son las siguientes, Tabla 2-5.

Tabla 2-5 Tensiones de Servicios Auxiliares

| Ítem | Sistema | Tensión |
|------|--|-------------------|
| 1 | Corriente continua para equipos electrónicos | 125 +15% -15% Vcc |
| 2 | Corriente continua para otros equipos y sistemas | 125 +10% -15% Vcc |
| 3 | Corriente alterna | 208 +5% -10% Vca |
| | | 120 +5% -10% Vca |

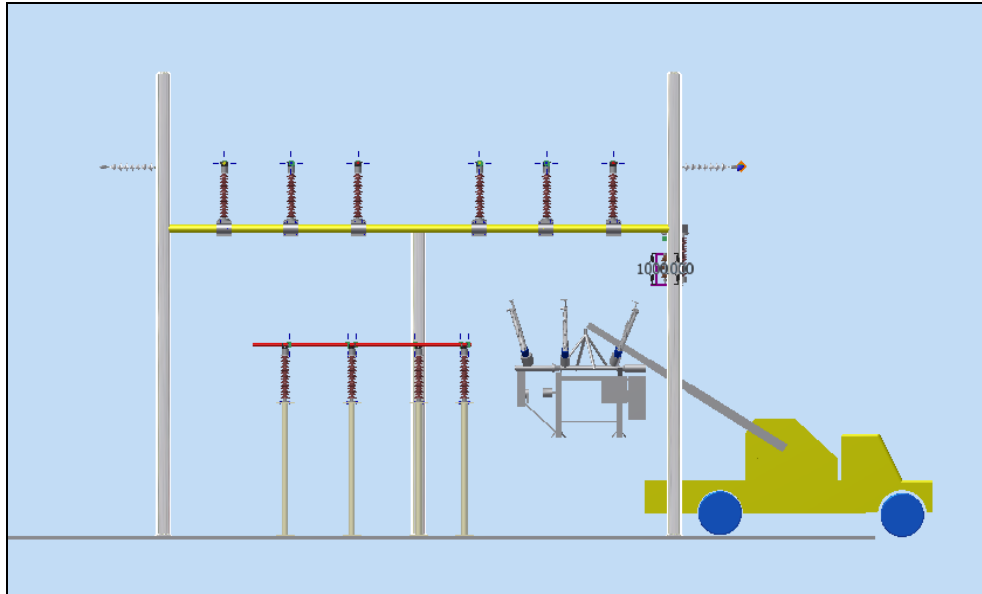
Fuente: Adaptada de “ET NT 004” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

D Disposición de los equipos de alta tensión

La disposición de equipos, estructuras, barrajes, conexiones y vías para los transformadores y la subestación cumplirán los siguientes requisitos:

- I. Tres niveles de conexiones energizadas, incluyendo barrajes.
- II. Disposición, espacios y vías adecuadas para labores de mantenimiento y reemplazo de equipos sin desconexiones adicionales a las estrictamente necesarias (ver Figura 2-4).

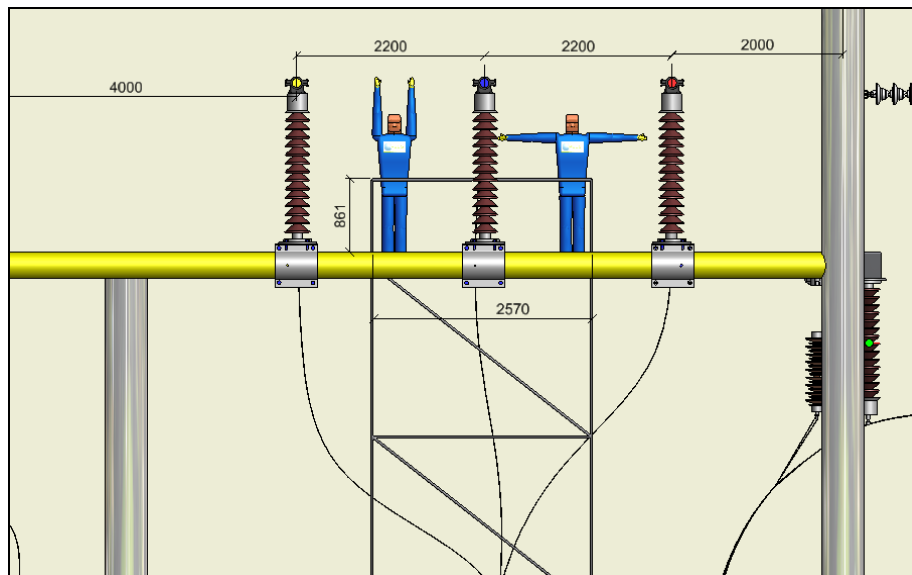
Figura 2-4 Grúa cambiando interruptor mantenimiento correctivo del equipo



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014

Conservación de distancias eléctricas y de seguridad durante la operación, el mantenimiento y el reemplazo de equipos (ver Figura 2-5).

Figura 2-5 Distancias eléctricas de seguridad en trabajos de mantenimiento en línea viva



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- III. Orientación de pórticos de líneas tal que minimice las obras requeridas para su conexión.
- IV. Espacios y facilidades básicas para las ampliaciones sin desconexiones adicionales a las estrictamente necesarias.
- V. Terminales de conexión de alta tensión de los equipos solo en el primer nivel.
- VI. Los equipos se dispondrán de forma ordenada y estética en el patio, barrajes y conexiones.

El diseño minimizará la extensión física de los barrajes, así como la cantidad y dimensiones de sus componentes (soportes, conexiones, grapas, puentes, etc.) de modo que se minimicen la probabilidad de falla y las necesidades de mantenimiento. Mientras sea posible los conductores de los barrajes deben ser continuos, sin empalmes.

E Mantenimiento en línea viva

A continuación, se relacionan los requerimientos para los diseños de las instalaciones eléctricas de alta tensión a fin de facilitar los mantenimientos en línea viva:

- Todos los conectores tendrán el ángulo más adecuado para que el cable inicie su trayectoria en dirección hacia el siguiente terminal o hacia las trayectorias requeridas para prevenir esfuerzos mecánicos o acercamientos dieléctricos durante un sismo. Estos requisitos se mostrarán en los diseños y cálculos.
- En la medida de lo posible, la parte inferior de los aisladores de todos los equipos conservará el mismo nivel respecto al piso; o lo que es lo mismo las partes metálicas conectadas a tierra finalizarán, en la medida de posible, al mismo nivel respecto al piso.
- Las conexiones de las bahías de líneas y transformadores a los barrajes se diseñarán para que sea posible reemplazar cualquier conductor desde el barraje hasta los bornes del equipo híbrido con toda la subestación en servicio mediante un trabajo en línea viva.

Los mantenimientos que se realizarán a la línea de conducción en la subestación en la etapa de operación, serán en general:

- Ajuste y/o apriete de conexiones.
- Reemplazo de conectores
- Limpieza de impurezas que se acumulen sobre los conductores eléctricos

F Ruido

La ubicación de los transformadores, el efecto corona de las partes energizadas y otras fuentes generadoras de ruido audible, cumplen con las normas vigentes, en especial con los límites establecidos en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, la Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud y cualquier otra disposición de obligatorio cumplimiento independiente de la entidad que la expida.

La subestación Norte 230 / 115 kV tendrá los siguientes parámetros del análisis de ruido:

- Los niveles de ruido estimados por los estudios realizados en subestaciones, se encuentran dentro de los límites máximos permitidos tanto para emisión como inmisión de ruido para el periodo diurno, el cual es de 45 dB, en el periodo nocturno se sobrepasan estos límites, hecho que no quiere decir que se encuentre en un incumplimiento de la norma, ya que hay un aporte significativo de ruido eminentemente medio ambiental, que no está asociado a la operación de CODENSA S.A. ESP.
- De igual manera los valores para los puntos perimetrales de muestreo están alrededor en promedio en los rangos de los 45 dB (A) – 42 dB (A), valores que corresponden a ambientes de ruido medioambiental, por lo tanto, puede considerarse a CODENSA S.A. ESP como una fuente, en su conjunto, de bajo impacto.
- La modelación matemática de la atenuación natural del sonido resultan valores de reducción significativos, que permiten que la subestación esté dentro de los límites máximos de inmisión, por lo tanto, esto puede adoptarse como un mecanismo de control, tanto en subestaciones como en líneas de transmisión, las cuales miradas en conjunto, pueden verse como fuentes puntuales.

G Compatibilidad electromagnética de los equipos electrónicos

Todos los equipos electrónicos soportarán las perturbaciones electromagnéticas esperadas en una subestación de alta tensión.

Estos equipos se instalarán en las cercanías de los conductores de 115 kV, con múltiples acoples capacitivos e inductivos; sus conexiones a tierra se realizarán a la malla de tierra

principal, la cual estará interconectada con los neutros de los transformadores y con los cables de guarda de las líneas de 115 kV.

H Transformadores de potencia

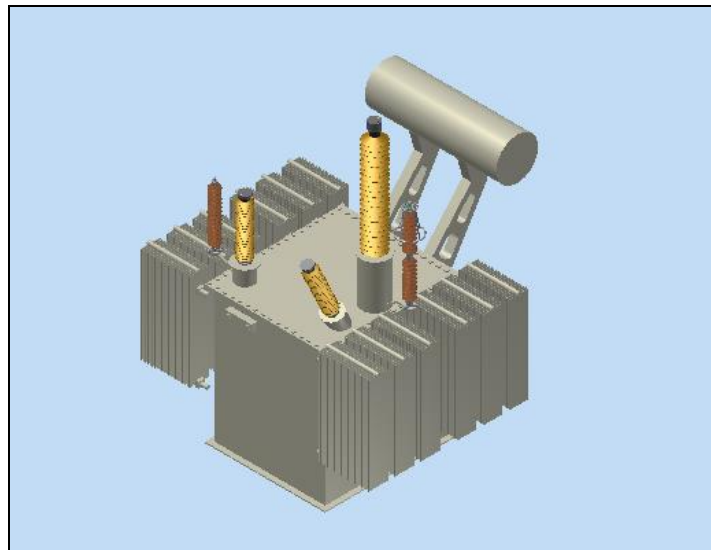
En la subestación Norte se instalarán tres bahías de transformación 115/11,4 kV y dos bahías de transformación 115/34,5 kV. Los transformadores serán de 40 MVA, aislados en aceite.

Cualquier transformador de la instalación futura, se podrá desplazar sobre carrileras para retirarlo de su ubicación normal, o viceversa. Estos desplazamientos se harán en forma segura, sin obstáculos y con los demás transformadores en servicio entre los sitios de ubicación normal y una zona de descargue prevista en la subestación.

Cada transformador de AT/MT tendrá su respectivo tablero de bahía de transformador, tablero de regulación y tablero contador de energía.

En la Figura 2-6 se muestra un diagrama esquemático de una unidad del banco de transformación de potencia 230/115 kV, 100 MVA.

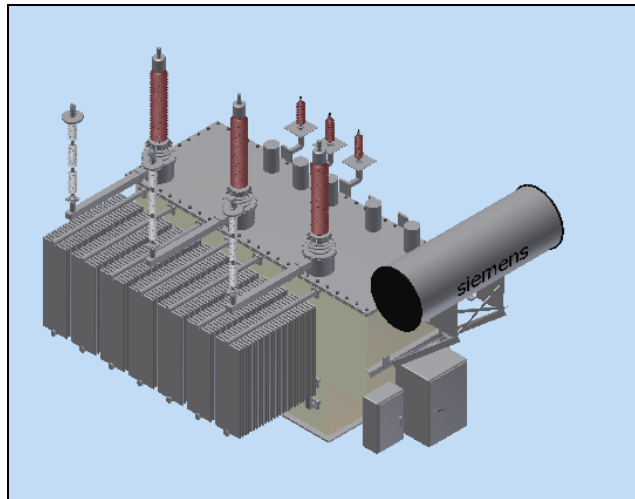
Figura 2-6 Transformador de potencia 230/115 kV



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

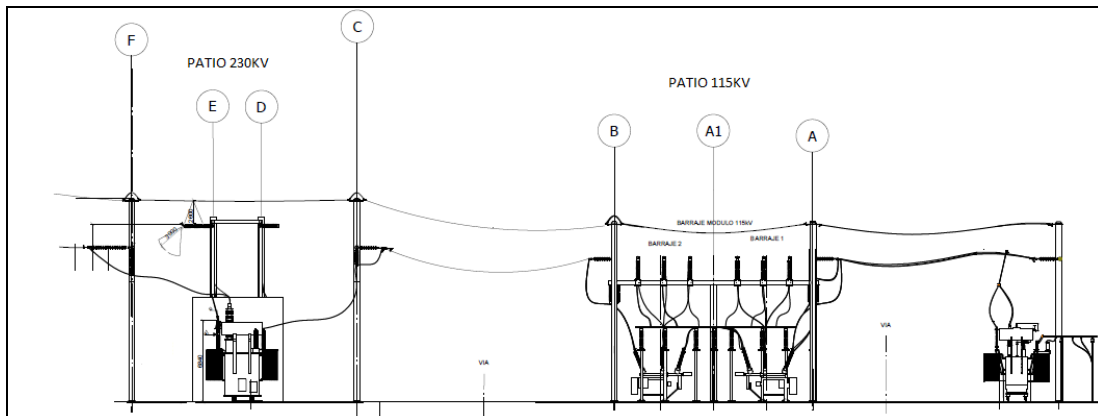
En la Figura 2-7 se presenta un transformador de potencia de 115/11,4 kV y en la Figura 2-8 la vista frontal desde el módulo de 230 kV hasta el transformador de AT/MT.

Figura 2-7 Transformador de potencia 115/11,4 kV



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

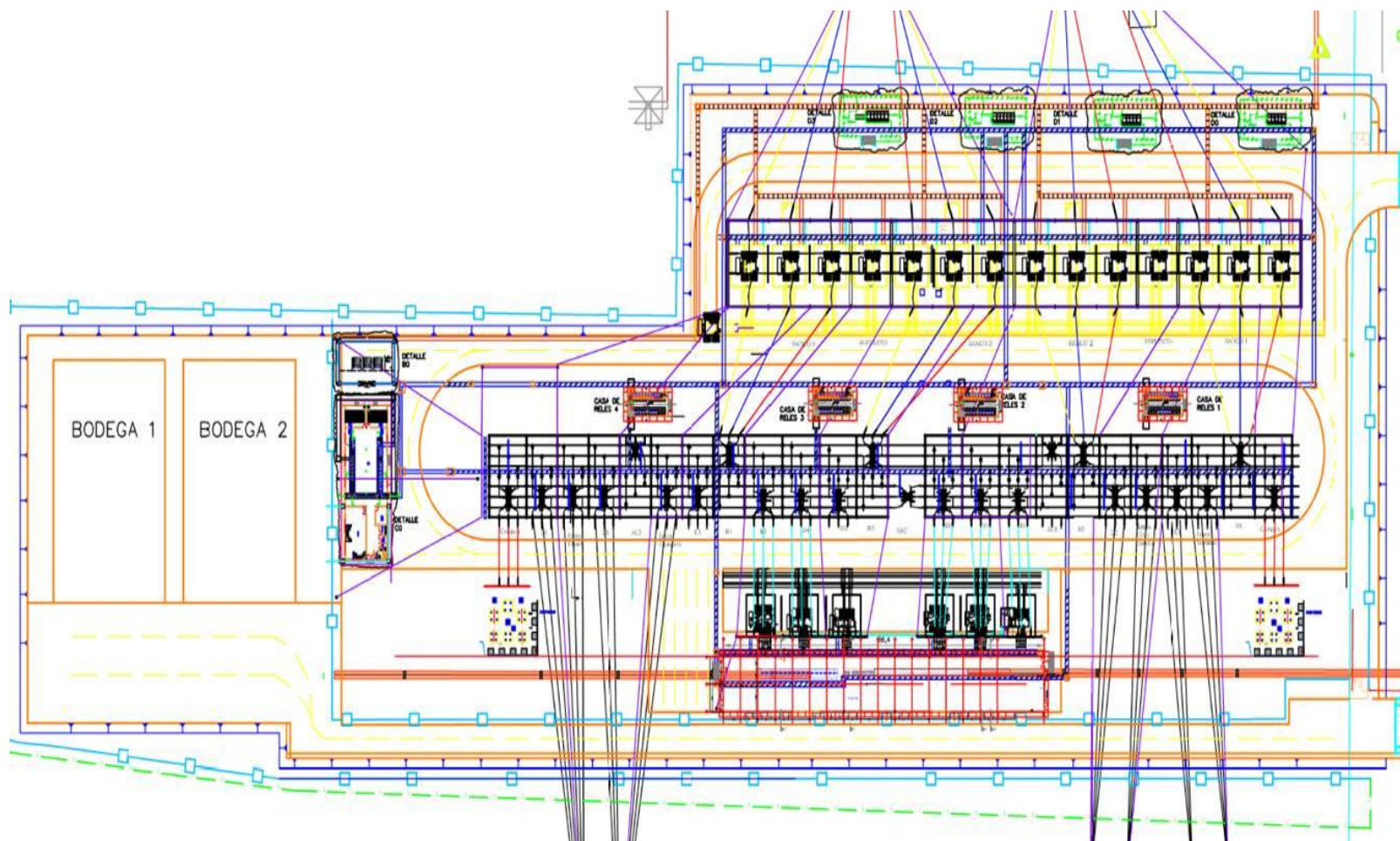
Figura 2-8 Modulo patio 230/115 kV



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Figura 2-9 se presenta el diseño de planta de la Subestación Norte patio 115 kV.

Figura 2-9 Diseño de planta subestación Norte patio 115 kV



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

I Sistema de prevención de incendios

I Generalidades

La subestación y sus componentes considerarán las precauciones recomendadas por las normas aplicables para minimizar los riesgos de inicio y propagación de incendios.

II Normas

La construcción de la subestación y sus componentes estarán de acuerdo con la última edición de la norma IEEE Std 979 “IEEE Guide for Substation Fire Protection”.

III Prevención de incendios en edificaciones

- **Cables**

Los aislamientos de los cables no propagarán el fuego para lo cual contarán con los respectivos certificados de pruebas. Los ductos, canaletas y tuberías se construirán con materiales y barreras apropiadas para evitar la propagación de incendios.

- **Puertas de salida**

La ubicación y las cerraduras (antipático) de las puertas de salida permitirán una fácil evacuación y prevendrán que el personal quede atrapado en caso de incendio (apertura hacia afuera).

- **Alarmas**

Se preverá un sistema de detección de humo y activación de alarma local y remota.

- **Diseño y construcción**

En las paredes, techos, pisos, puertas, gabinetes, mesas, sillas y otros muebles se evitará el uso de materiales combustibles o con bajo punto de ignición.

Las paredes, puertas, pisos y techos de los diferentes espacios soportarán la máxima intensidad de fuego esperada.

Las tuberías, canaletas y ductos de cables tendrán sellos para evitar la transferencia de humo, gases o líquidos inflamables de un área a otra.

Se preverán sistemas de ventilación adecuados para evitar que la concentración de humo dificulte operar los dispositivos manuales contra incendios.

Se calculará la producción de hidrógeno en las baterías y se evitará una concentración que genere riesgo de explosión.

IV Fosos y tanques de aceite

Los transformadores tendrán fosos y tanque recolector de aceite para controlar los efectos de un eventual derrame. El sistema de recolección de aceite se diseñará y construirá de modo que sea eficaz ante la presencia de agua por lluvias.

Los fosos se diseñarán de modo que extingan el fuego en caso de rotura del tanque del transformador y derrame de aceite inflamado.

El sistema incluirá separadores agua-aceite y los drenajes o bombas necesarias para la evacuación del agua; el diseño debe prevenir la contaminación de los sistemas de agua externos (potable, lluvias, riego, negras) con el aceite de los transformadores.

Los fosos se diseñarán para recibir y evacuar en forma segura el aceite expulsado ante la operación de las válvulas de sobre presión de los transformadores de modo que no se produzcan salpicaduras o derrames que puedan causar un incendio o un accidente.

V Muros corta fuegos y ubicación de transformadores

Los transformadores estarán separados mediante muros corta fuegos. La ubicación de los transformadores y equipos adyacentes se escogerán de modo que se minimice la probabilidad de que el incendio de un transformador afecte otros equipos.

La altura de los muros corta fuegos deberá sobre pasar el nivel máximo de aceite existente en los transformadores, según establecido en la norma IEEE Std 979.

VI Sistema de detección para interiores

Para los tableros y las áreas interiores se diseñará, especificará, suministrará, instalará, probará y pondrá en servicio un sistema de detección de humo e incendios con sus

respectivas alarmas sonoras y visuales con señalización en el SDA (Sistema Digital de Automatización).

Los detectores solo actuarán con la presencia de humo, y no deberán activarse con la suciedad, polvo u otros contaminantes del ambiente; el sistema NO deberá emitir señales falsas, continuas o intermitentes, al SDA (Sistema Digital de Automatización) o al Centro de Control de CODENSA S.A. ESP.

VII Extintores portátiles

Se suministrará e instalarán puestos con extintores portátiles dentro de las edificaciones y en el patio de conexiones con características y ubicación adecuada para el tipo de riesgos presentes en la subestación.

Las sustancias utilizadas como medio de extinción no deberán deteriorar los componentes de los equipos sobre los cuales deben descargarse los extintores.

VIII Cableado exterior

Los aislamientos y chaquetas de los cables exteriores no deberán propagar el fuego para lo cual se contará con los respectivos certificados de pruebas.

Los ductos, canaletas y tuberías se construirán con los materiales y barreras apropiadas para evitar la propagación de incendios. Las barreras serán removibles para permitir labores de mantenimiento o ampliaciones futuras.

Los ductos, canaletas y cajas de tiro se construirán de modo que se prevenga el ingreso de aceite u otros líquidos inflamables.

Los arreglos verticales de cables tendrán barreras que prevengan la propagación de incendios.

2.1.1.4 Actividades previas a la construcción de la S/E Norte

A Adquisición de predios

La construcción de la subestación Norte se realizará en un área determinada al sureste del lote de la EEB para desarrollar el patio de 115 kV ubicado en la zona rural del

municipio de Gachancipá, vereda San José (Ver anexo 2-5). El área del lote es de 5,43 ha en el cual se proyecta construir la subestación.

B Organización laboral

Esta actividad consiste en la contratación del personal y la agrupación del equipo necesario para realizar los trabajos y determinar el sitio para instalar el campamento para el almacenamiento de los elementos necesarios en la construcción, así mismo la identificación de las fuentes de materiales y las zonas de aprovisionamiento.

C Uso y adecuación de accesos

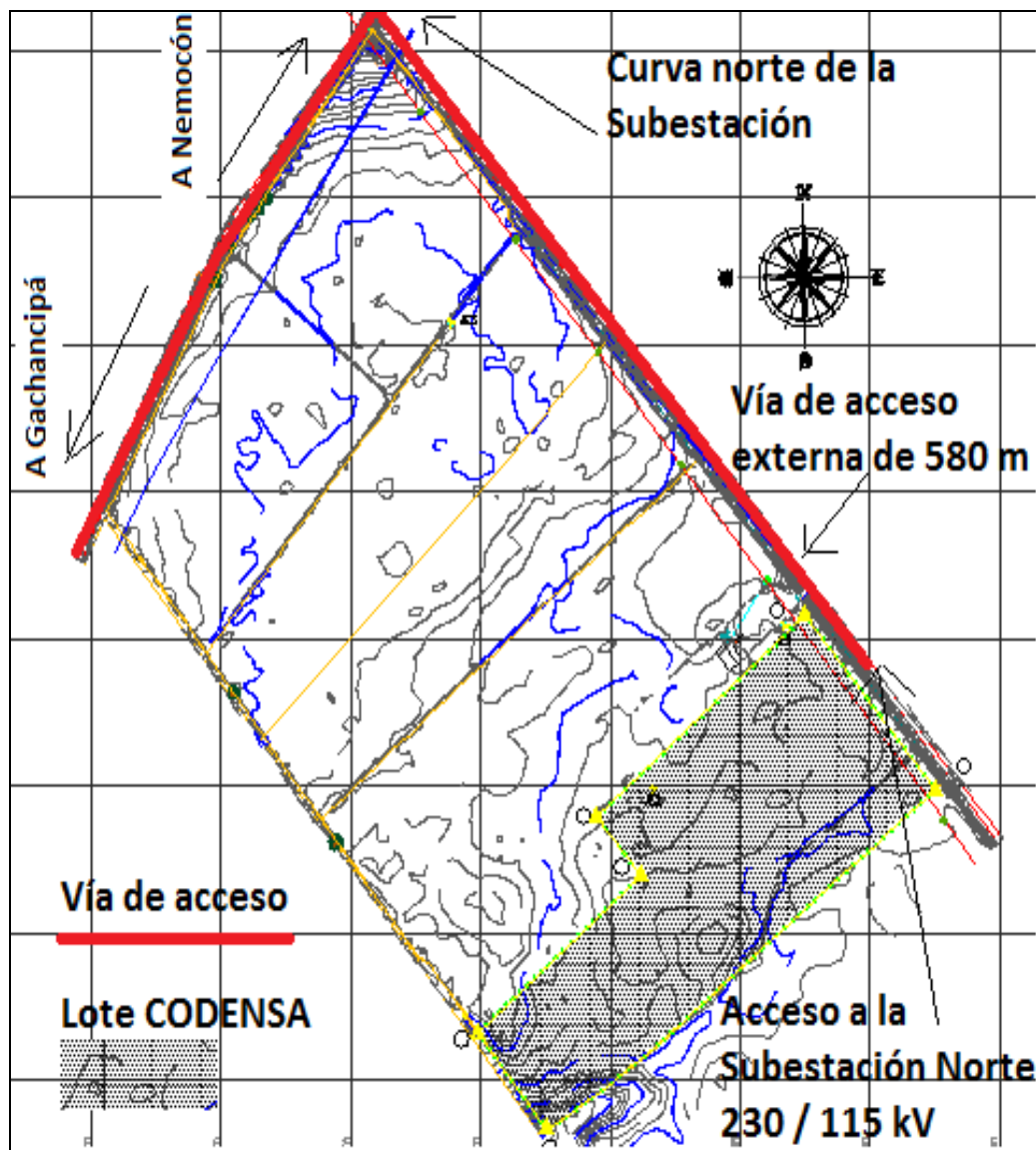
La Subestación Norte 230/115 kV cuenta con vías de acceso y vías perimetrales que permiten la movilidad de vehículos pesados como grúas para la instalación de equipos, y para el mantenimiento preventivo y correctivo que se realice en la subestación. Sin embargo, para el ingreso de materiales, equipos y herramientas en vehículos de carga al proyecto de la Subestación Norte 230/115 kV, se debe adecuar el último tramo de vía para poder ingresar.

La vía antes mencionada tiene una longitud de 580 m y un ancho de calzada de 5 m, se encuentra terminada en afirmado en mal estado, y no cuenta con cunetas laterales ya que el agua lluvia drena a una zanja que se encuentra al costado sur. (Ver Figura 2-10).

Se realizará una escarificación superficial a toda la longitud de la vía para eliminar los baches, huecos y las acumulaciones de material. Luego se aplicará una capa de quince centímetros de triturado seleccionado sobre toda la longitud de la vía, dejando un ancho de calzada de 5 metros, para esto será utilizado un volumen de grava de 435 m³. En el costado sur de esta vía pasa una zanja a la cual se debe llevar el agua lluvia que recoja la vía.

La curva que se encuentra en la esquina norte del lote (ver Figura 2-10) se adecuará para que pueda ingresar una tractomula, ya que actualmente no cuenta con las especificaciones técnicas, la curva gira drásticamente sin espacio para vehículos grandes y tiene una pendiente difícil de abordar por un vehículo largo. Se dejará un radio interno de la curva de 25 metros que se desarrolle sobre el lote de la EEB.

Figura 2-10 Vía de acceso



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

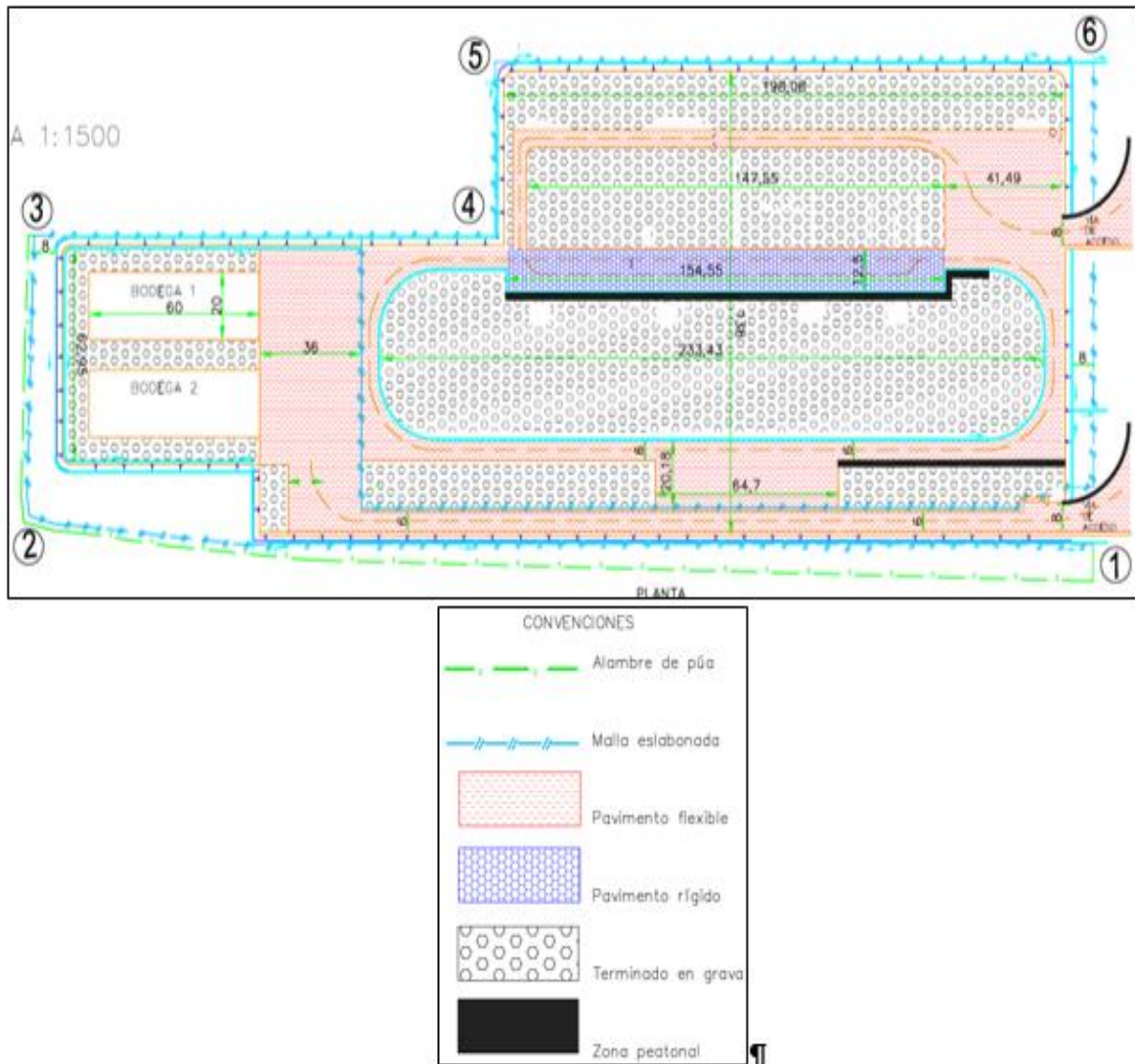
Para desplazarse al interior de la subestación se ha realizado un diseño urbanístico en donde se distribuye un circuito de vías que permiten el acceso vehicular a todas las edificaciones. Las vías internas de la subestación serán en pavimento asfáltico, con un ancho de calzada mínimo de 5 m. El diseño de la calzada tendrá un bombeo de 2% para evacuar el agua lluvia hacia los costados, en donde se proyecta la construcción de cunetas laterales en forma de "V" y en concreto. Las cunetas entregarán el agua a unos

sumideros y luego a cajas de inspección para hacer el tratamiento correspondiente. Las cunetas, sumideros y todo el sistema de alcantarillado evitarán encharcamientos e inundaciones en la subestación, los diseños hidráulicos se basan en los datos hidrológicos más actualizados del instituto de meteorología. Todas las curvas en las vías de la subestación tienen radios mayores a 20 m para el paso de vehículos de 6 ejes.

Para ingresar a la subestación se debe atravesar una zanja que transporta aguas residuales y lluvias que son producto de viviendas que están a mayor altura. Se proyecta la construcción de un puente con una alcantarilla doble con dos tubos en paralelo de 36" que deja el paso del agua con dirección sureste.

La Figura 2-11 muestra en planta el diseño urbanístico con la distribución de vías y las áreas que van con terminado en gravilla.

Figura 2-11 Vías internas de la subestación



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

D 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.

En la subestación Norte se ha realizado un levantamiento topográfico en el lote que corresponde a CODENSA para la etapa de diseño previo a la construcción. Se materializaron tres mojones de referencia con los nombres de JE 1, JE 2 y JE 3 los cuales se listan a continuación en la Tabla 2-6. Para la etapa de construcción se podrán utilizar estos puntos como amarre de los siguientes levantamientos y la ubicación de todos los elementos de la subestación.

Tabla 2-6 Mojones de referencia (Datum magna sirgas origen Bogotá)

| PTO | COORDENADAS | | ALTURA |
|-----|-------------|-------------|----------|
| | ESTE | NORTE | (m) |
| JE1 | 1023134,595 | 1048908,442 | 2564,649 |
| JE2 | 1023033,154 | 1048797,621 | 2564,657 |
| JE3 | 1022877,531 | 1049115,006 | 2566,036 |

Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

E Adecuación del terreno

Se retirará la capa vegetal, el material orgánico presente y las zonas blandas y/o zonas débiles que se observen falladas. El volumen aproximado de excavación es de 12.073 m³, posterior a la excavación se realizará un relleno con material de relleno hasta alcanzar la altura deseada luego del estudio de geohidrología; este relleno será compactado en capas no superiores a 10 cm. El volumen para el relleno será de 40.457 m³; la subestación se construirá conformando un terraplén con el fin de que todas las instalaciones queden por encima de la cota de inundación.

Con equipo de construcción vial, se llegará hasta los diferentes niveles que cada uno de los componentes de la obra tienen, principalmente las vías internas y la conformación del patio de 115 kV. 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.

F 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.

2.1.1.5 Actividades de construcción de la S/E Norte

A Adecuación estructural y construcción civil

I Replanteo

El replanteo se realizará luego de la revisión del diseño y previo al inicio de la fase constructiva de la subestación. Consiste en la ubicación de puntos referenciales y ejes del proyecto, desde los cuales se tomarán las medidas y ubicarán de manera precisa las cimentaciones para los diferentes equipos y estructuras, y en general para todas las obras civiles a ser construidas. El equipo topográfico será el encargado de realizar estas mediciones y materialización con mojones y estacones en la etapa de construcción.

II Adecuación del terreno a las cotas del proyecto

Con equipo de construcción vial se llegará hasta los diferentes niveles que cada uno de los componentes que la obra tiene. La subestación Norte 230/115 kV se construirá sobre un terraplén donde se ubicarán las vías internas, todos los equipos y edificaciones que hacen parte de la subestación. Para garantizar que las aguas lluvias evacúen correctamente la superficie del terraplén tendrá pendientes hacia los desagües y cunetas del terraplén.

III 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.

La separación entre los cables de cobre y la configuración de la malla de puesta a tierra, serán determinadas con base a la resistividad del suelo. Se dejará cables dispuestos hacia la superficie a fin de conectarlos a todos los equipos y estructuras aéreas de metal.

El diseño del sistema de puesta a tierra permite comprobar que los valores máximos de las tensiones de paso, de contacto y transferidas a las que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen los umbrales de soportabilidad.

La cobertura de la malla se extiende a todas las áreas de construcción de la subestación, celdas, losas y estructuras de metal. La construcción se basará en diseños de malla de puesta a tierra y medidas de resistividad del terreno.

La resistencia máxima de la malla de la subestación será de 1 Ohm. La corriente de cortocircuito para la subestación cuyo límite de diseño de equipo de interrupción es de 40 kA, con un tiempo de duración de falla correspondiente a 0,5 segundos.

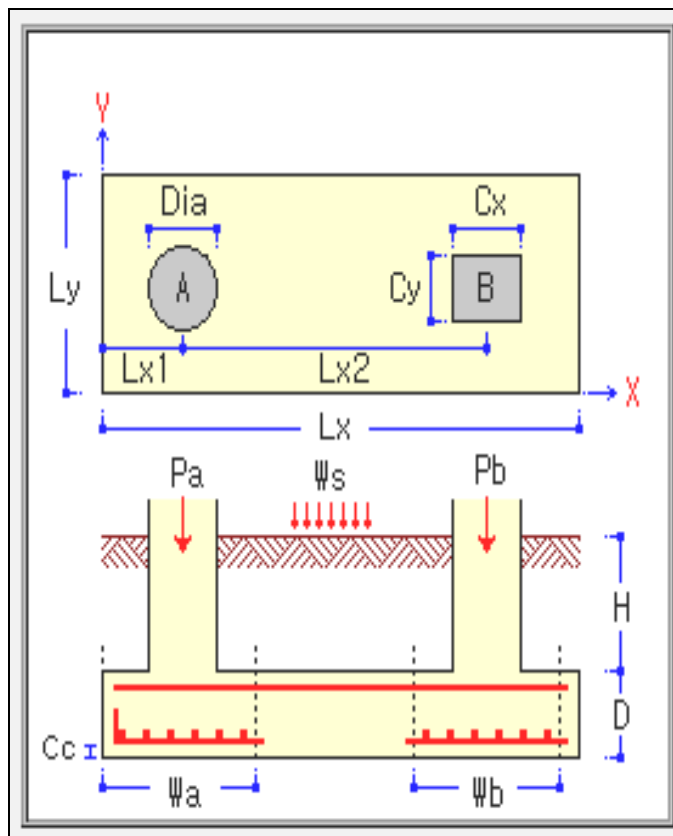
El diseño del sistema de puesta a tierra garantizará que los valores máximos de las tensiones de paso, de contacto y transferidas a las que puedan estar sometidos los seres humanos que pueden transitar dentro y en los alrededores de la subestación no superen los umbrales de soportabilidad de tal manera que no se presentarán accidentes y daños a los mismos.

Los métodos a emplear para la medida de la resistividad será el Método de Wenner y Schlumberger Palmer, basados en las normas IEEE 80, IEEE 81, y RETIE.

IV Construcción de cimentaciones

Se realizarán excavaciones a fin de llevar a cabo la construcción de cimentaciones, en forma manual o mediante el uso de excavadoras sobre orugas compactas o de largo alcance. Si las condiciones del terreno no son las adecuadas, será necesario utilizar material de mejoramiento y compactar el suelo hasta alcanzar las densidades mediante ensayos de suelo.

Figura 2-12 Geometría típica de las cimentaciones



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Cimentación transformador de potencia**

Este tipo de cimentación se utiliza para el montaje de transformador de potencia monofásico con tensiones 230/120/13.8 kV, 300 MVA y para transformadores trifásicos 115/34.5-12KV, 40MVA (ver Figura 2-13).

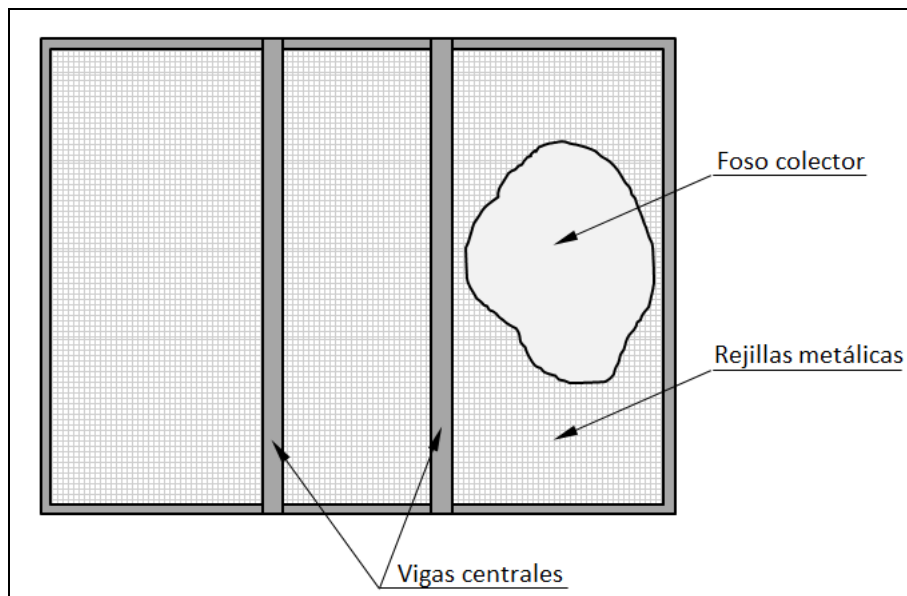
La cimentación del transformador consistirá en una losa de fondo, que soportará unas vigas centrales de apoyo para el transformador donde la distancia entre ejes de dichas vigas corresponde a la separación entre ruedas del transformador. La losa también soportará vigas perimetrales formando un foso central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

Para cubrir la eventualidad de un derrame de aceite hacia el sistema de aguas lluvias por daño en el transformador, se diseñará como estructura de cimentación para el equipo, un foso colector. Este foso descargará el aceite hacia el tanque de aceite previsto en los diseños de la subestación. 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. Las dimensiones del foso a diseñar cubrirán la proyección en planta de todo el equipo más 0,15 m libres en todas las direcciones.

Tanto el aceite recogido en el foso como el agua lluvia, drenaran por medio de tuberías no inflamables hacia el tanque separador de aceite.

En el foso se instalarán rejillas metálicas, para soportar una capa mínima de 0,20 m de material granular redondeado, uniforme, de diámetro entre cinco y ocho centímetros para ayudar a extinguir el fuego en el caso de que el aceite caiga inflamado.

Figura 2-13 Planta de cimentación transformadores



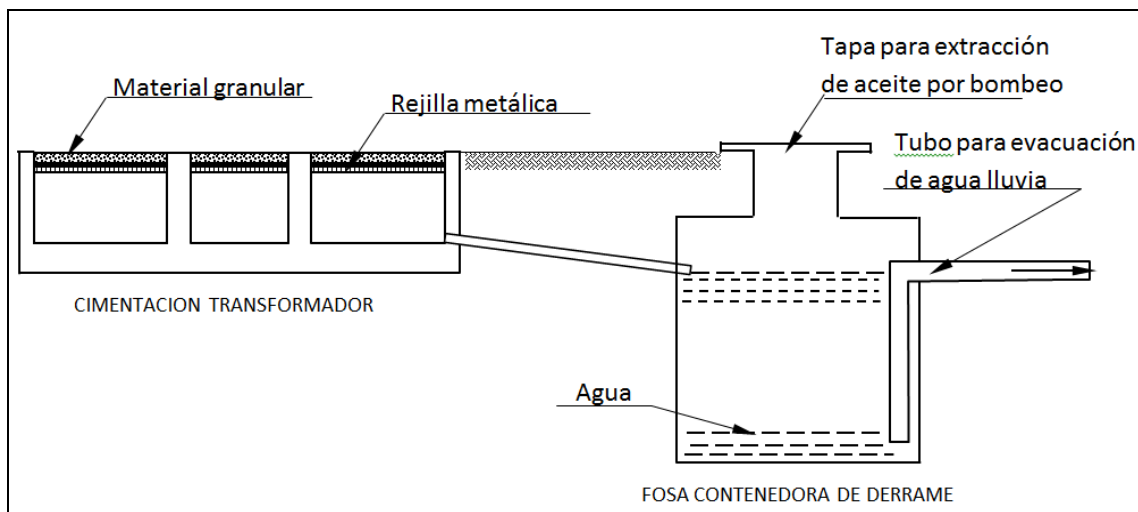
Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

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, como de 35 mm. 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.

En la parte más baja de la fosa de derrames se coloca un tubo para drenar, del diámetro suficiente para que no se tape con facilidad, y evitar su mantenimiento. El otro extremo del tubo entra a la fosa contenedora para el agua y/o el aceite (ver Figura 2-14).

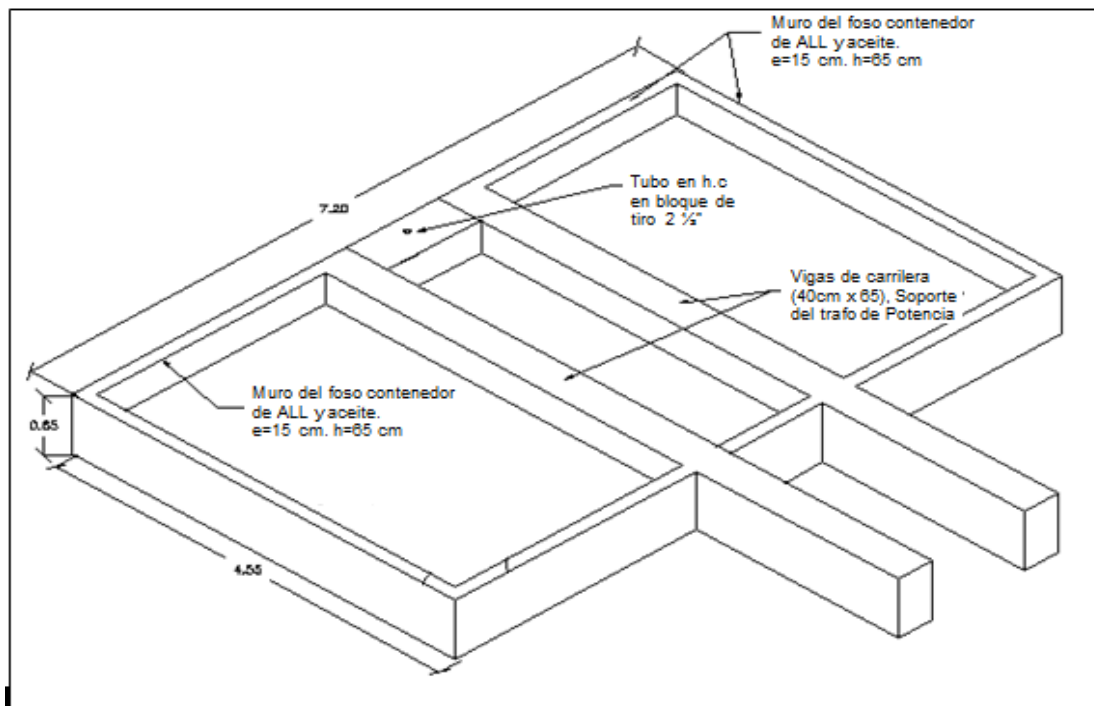
Figura 2-14 Cimentación foso de transformador



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La fosa contenedora puede estar hecha de cualquier material impermeable, con volumen suficiente para contener todo el aceite que a un a futuro se pueda derramar, más unos 25 centímetros de altura de agua en la parte inferior. Exactamente al nivel superior calculado del aceite se coloca un tubo en codo, de diámetro suficiente, en que su rama vertical llegará hasta unos 20 centímetros del fondo y servirá como única salida del agua, y la rama horizontal descargará el agua al drenaje. Esta fosa tendrá una tapa para mantenimiento, y para sacar el aceite en caso de algún derrame.

Figura 2-15 Cimentación foso de transformador



Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

El Foso está a una profundidad aproximada de 0,65 m (0,35 m de altura de muros y 0.30m altura de placa) desde el nivel actual del patio de conexiones sobre un relleno en recebo con una capacidad portante crítica de 50 kPa (5 Ton/m²), la cimentación se dimensionó pensando en el peso del transformador de 60 MVA, al igual que la geometría la cual está concebida para abarcar todo el perímetro del transformador; además para garantizar que los esfuerzos transmitidos al suelo con base en las cargas de trabajo, no sobrepasen el valor de la capacidad portante admisible.

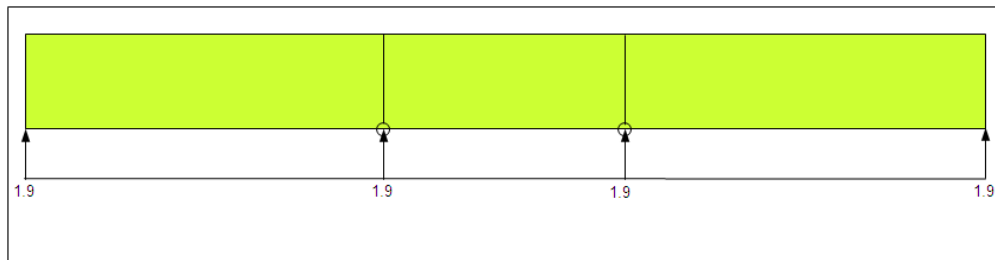
Para cada uno de los elementos estructurales se adoptó un modelo de diseño como se enuncia a continuación:

- Placa de fondo: se adoptó el modelo de una cimentación o zapata combinada asumiendo las cargas aplicadas desde el transformador como fuerzas puntuales aplicadas en el centro de las vigas.
- Vigas principales: Se asumió una carga distribuida a lo largo de la viga, en la cual se toman las ruedas del transformador como 2 apoyos simples para la viga.

- Para el vacío formado entre las vigas de apoyo y las paredes del foso se diseñaron unas rejillas conformadas por ángulos comerciales de 2"x1/4", pero considerando que el tamaño fuera suficiente para que la manipulación (Transporte y movimiento) se hiciera fácilmente, y que además se dejará una ventana en dicha rejilla para permitir el paso de la tubería de control y sistema de malla de puesta a tierra.

Las vigas de la carrilera tienen una longitud de 4.55 (en la zona del foso) y una sección de 0,4 m x 0,65 m, de concreto reforzado $f'_c=21$ Mpa. Considerando el peso total del transformador igual a 58.000 kg. Dada la capacidad portante del terreno, en el sentido longitudinal de las vigas se contempla una carga de reacción de 1,9 Ton/m en cada viga. Se tienen reacciones en los apoyos como se muestra a en la Figura 2-16 con el esquema de cargas y en la Figura 2-17 con el esquema de reacciones (unidades Ton, m):

Figura 2-16 Esquema de cargas



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

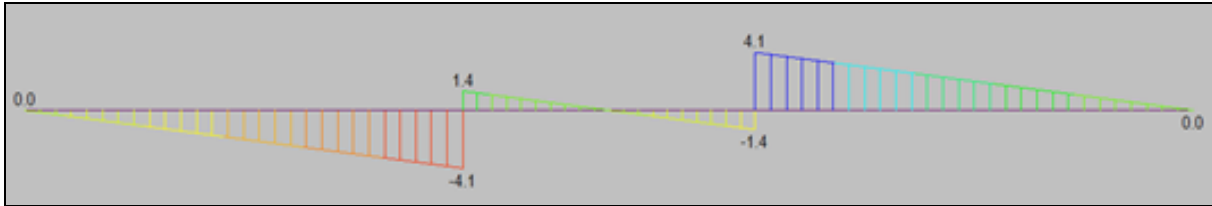
Figura 2-17 Esquema de reacciones



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

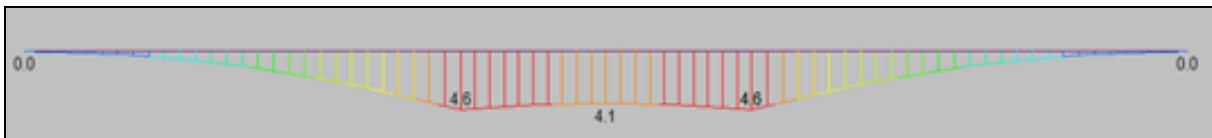
Teniendo en cuenta un suelo rígido y considerando las ruedas del transformador como apoyos simples de la viga se tienen los siguientes diagramas de corte (Figura 2-18) y momento (Figura 2-19) respectivamente.

Figura 2-18 Diagrama de cortante (Ton)



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Figura 2-19 Diagrama de momento (Ton*m)



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

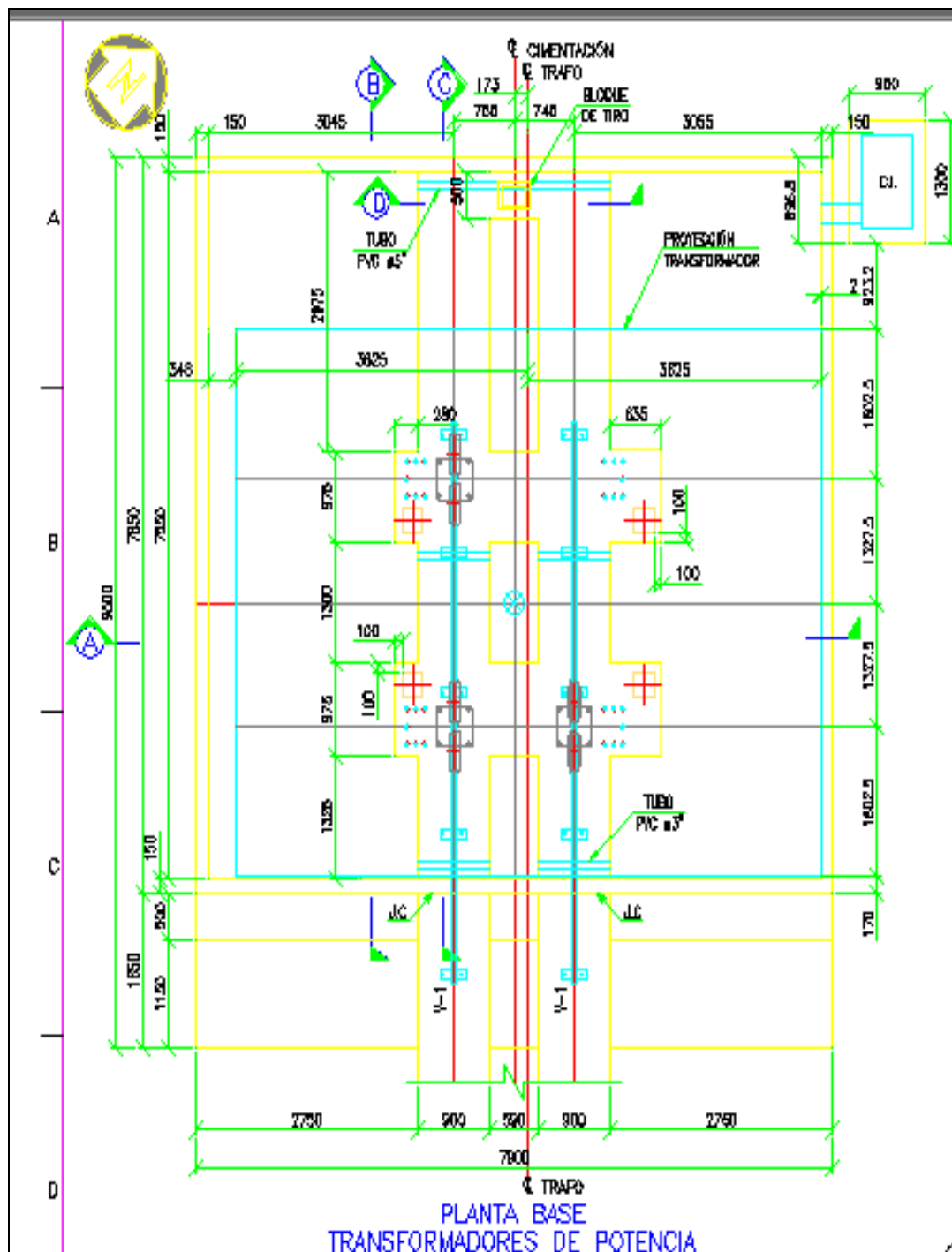
A partir del máximo momento se realiza el diseño de la viga de la carrilera para determinar la cuantía de acero requerida.

- **Cimentación vía carrilera**

La carrilera para el paso de los transformadores de potencia dentro de la subestación, está conformada por una placa de concreto reforzado de sección transversal de 1,0 m x 3,0 m dilatada máximo cada 3,0 m (ver Figura 2-20).

La carrilera estará conformada por tres etapas, la primera es una base en concreto ciclópeo, la segunda etapa en concreto reforzado y una tercera una losa superficial en concreto que soporta los rieles de acceso y el peso propio del reactor, donde la distancia entre ejes de los rieles corresponde a la separación entre ruedas del transformador.

Figura 2-20 Cimentación de la carrilera



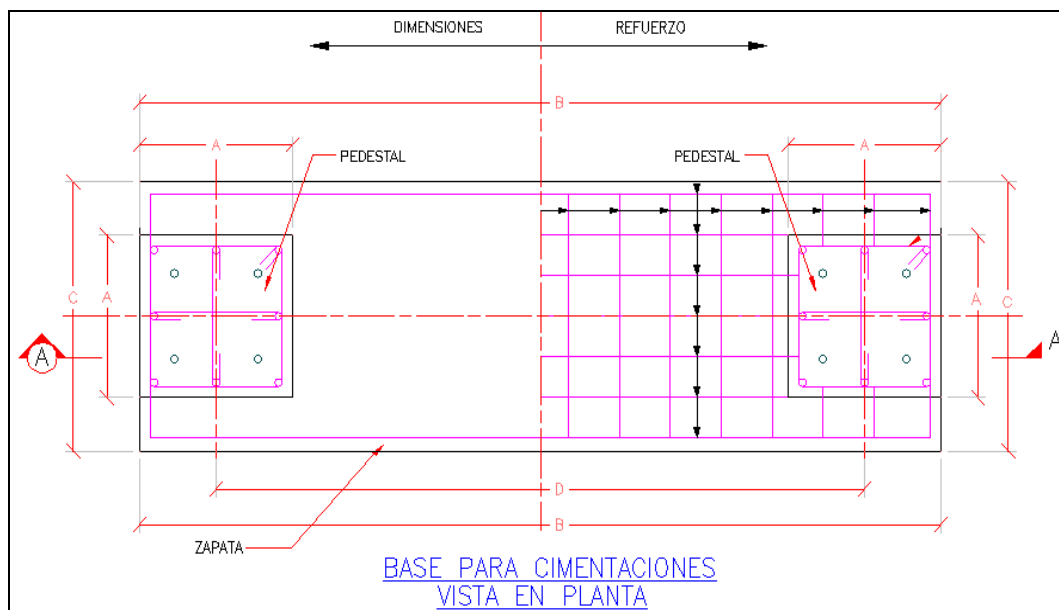
Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Cimentación interruptor de potencia (híbrido)**

La cimentación del equipo híbrido se dispondrá para su montaje en el patio 115 kV. El estudio geotécnico recomienda realizar una excavación total en el área en planta, retirando la capa vegetal y material orgánico existente con un espesor aproximado de 0,5 m, para luego conformar una capa de nivelación y/o mejoramiento con material tipo seleccionado hasta alcanzar los niveles requeridos por el proyecto.

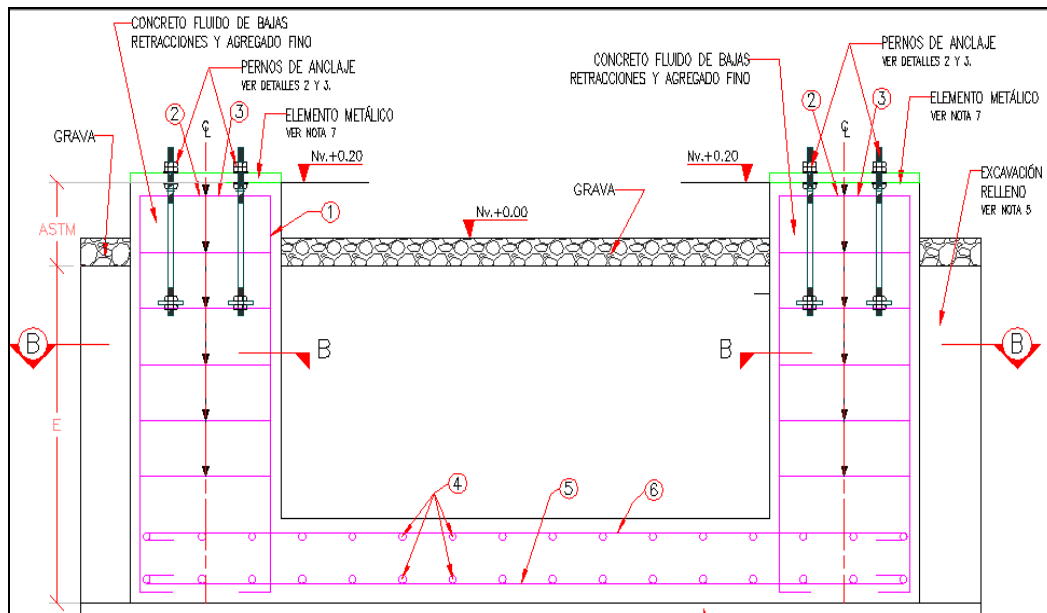
Para cimentar la estructura se plantea inicialmente una estructura en concreto reforzado con $f'c = 21$ MPa conformada por dos pedestales con sección de 0,50 m x 0,60 m y altura de 1,20 m, con separación entre ejes de 2,53 m, apoyados sobre una zapata de concreto Reforzado con $f'c = 21$ MPa y dimensiones de 1,0 m x 3,5 m x 0,3 m, la estructura metálica se fijará a la estructura de concreto mediante cuatro pernos de anclaje de diámetro M20 suministrados por el equipo o con una longitud de 0,4 m, en cada uno de los pedestales, como se observa en la Figura 2-21.

Figura 2-21 Cimentación interruptor de potencia vista en planta



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 2-22 Cimentación interruptor de potencia vista en corte



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La zapata se construirá sobre una capa de concreto de limpieza de $f'c = 14$ MPa con espesor de 0,05 m.

Para el refuerzo de la estructura se requiere instalar 4 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata, y 17 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata para el control por flexión transversal. Como refuerzo longitudinal del pedestal de concreto se instala un área de acero igual al 1 % del área transversal de dicho pedestal, es decir, 8 barras No. 7, transversalmente se instalan flejes No. 3 cada 0,15 m.

• **Cimentación Transformadores de Voltaje 115 kV**

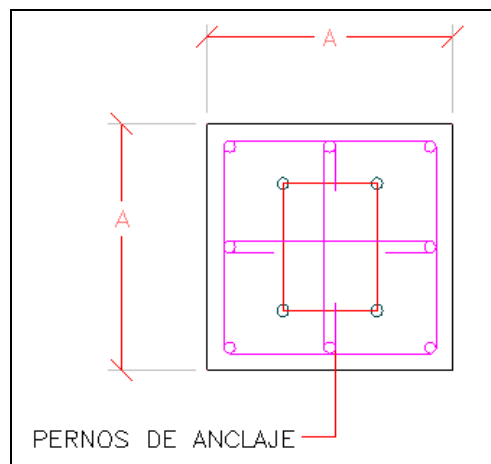
Este tipo de cimentación para los transformadores de voltaje AT se presenta en el montaje del patio 115 kV.

El estudio geotécnico recomienda realizar una excavación igual a la realizada para la cimentación de interruptor de potencia enunciada en el numeral anterior.

Para la cimentación se prevé una estructura en concreto reforzado con $f'c = 21$ MPa en forma de pedestal de sección 0.5 m x 0.6 m y altura 1.10 m, apoyado sobre una zapata de concreto reforzado con $f'c = 21$ MPa y con dimensiones de 1,0 m x 1,0 m x 0,3 m. La

estructura metálica se fijará a la estructura de concreto mediante cuatro pernos de anclaje de ½" de diámetro y 0,4 m de longitud en los pedestales (ver Figura 2-23).

Figura 2-23 Cimentación pararrayos



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La zapata se construirá en la capa de material de nivelación y/o mejoramiento y sobre una capa de concreto de limpieza de $f'c = 14$ MPa con espesor $t = 0,05$ m.

Se instalarán 4 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata para efectos de flexión longitudinal, se requiere también por diseño de flexión transversal de la instalación de 4 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata. Como refuerzo longitudinal del pedestal de concreto se instala un área de acero igual al 1% del área transversal de dicho pedestal, es decir, 8 barras No. 7, transversalmente se instalan flejes No. 3 cada 0,15 m.

- **Cimentación columnas pórticos barra 115 kV**

El estudio geotécnico recomienda realizar una excavación total igual a la descrita en la cimentación del equipo Híbrido.

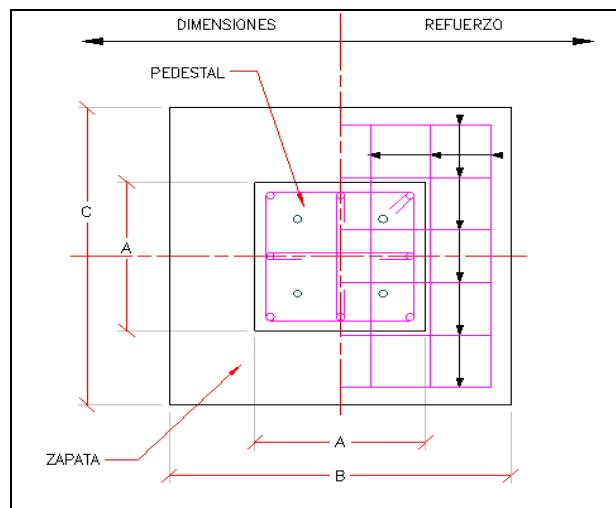
Se plantea como estructura de cimentación cuatro pedestales en concreto reforzado $f'c = 21$ MPa con dimensiones de 0.50 m x 0.50 m x 1.60 m, en cada uno estos pedestales se instalarán cuatro pernos de anclaje de diámetro de 1" y de 0,40 m de longitud, estos pedestales se apoyarán sobre una zapata en concreto reforzado $f'c = 21$ MPa con dimensiones de 2,60 m x 3,10 m x 0,30 m.

La zapata mencionada anteriormente se construirá sobre una capa de concreto de limpieza de $f'c = 14$ MPa con espesor de 0,05 m.

Para el refuerzo de las presentes cimentaciones se requiere instalar 12 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata contra la flexión presentada en sentido longitudinal, adicionalmente es necesario instalar 10 barras No. 5 en la parte superior e inferior de la zapata contra los efectos de la flexión en el sentido transversal. Como refuerzo longitudinal del pedestal de concreto se instala un área de acero igual al 1% del área transversal de dicho pedestal, es decir, 8 barras No. 7, transversalmente se instalan flejes No. 3 cada 0,15 m.

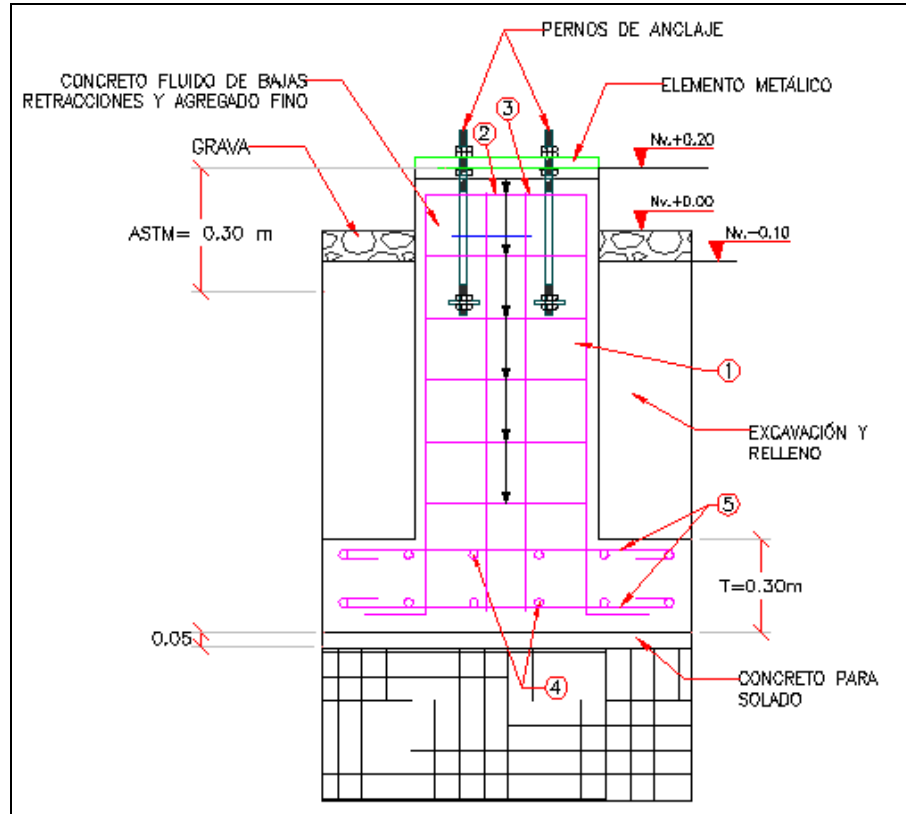
En la Figura 2-24 se muestra una imagen en planta de la cimentación de las columnas de pórticos y en la Figura 2-25 vista en corte.

Figura 2-24 Cimentación columna de pórticos. Vista en planta



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 2-25 Cimentación columna de pórticos. Vista en corte



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

V Construcción de obras civiles en general

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

- Casetas de patio para control distribuido, edificio de control general y portería
- Cerramiento exterior
- Fundaciones para equipos y pórticos
- Cajas de inspección
- Sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, independientes
- Sistema de canalizaciones: Cárcamos y canaletas para el paso de cables y conducciones eléctricas en general.
- Bordillos y cunetas
- Vías internas

- Sistema de abastecimiento de agua potable (cisterna y otros)
- Sistema de protección contra incendios
- Bodegas de almacenamiento
- Puente de acceso a subestación
- Casa de media tensión
- Obras civiles para celdas MT exterior, transformador zigzag y transformadores de distribución
- Banco de ductos para cables MT
- Tanque de recolección de aguas residuales con un equipo móvil de succión y un tanque

VI Cerramiento exterior

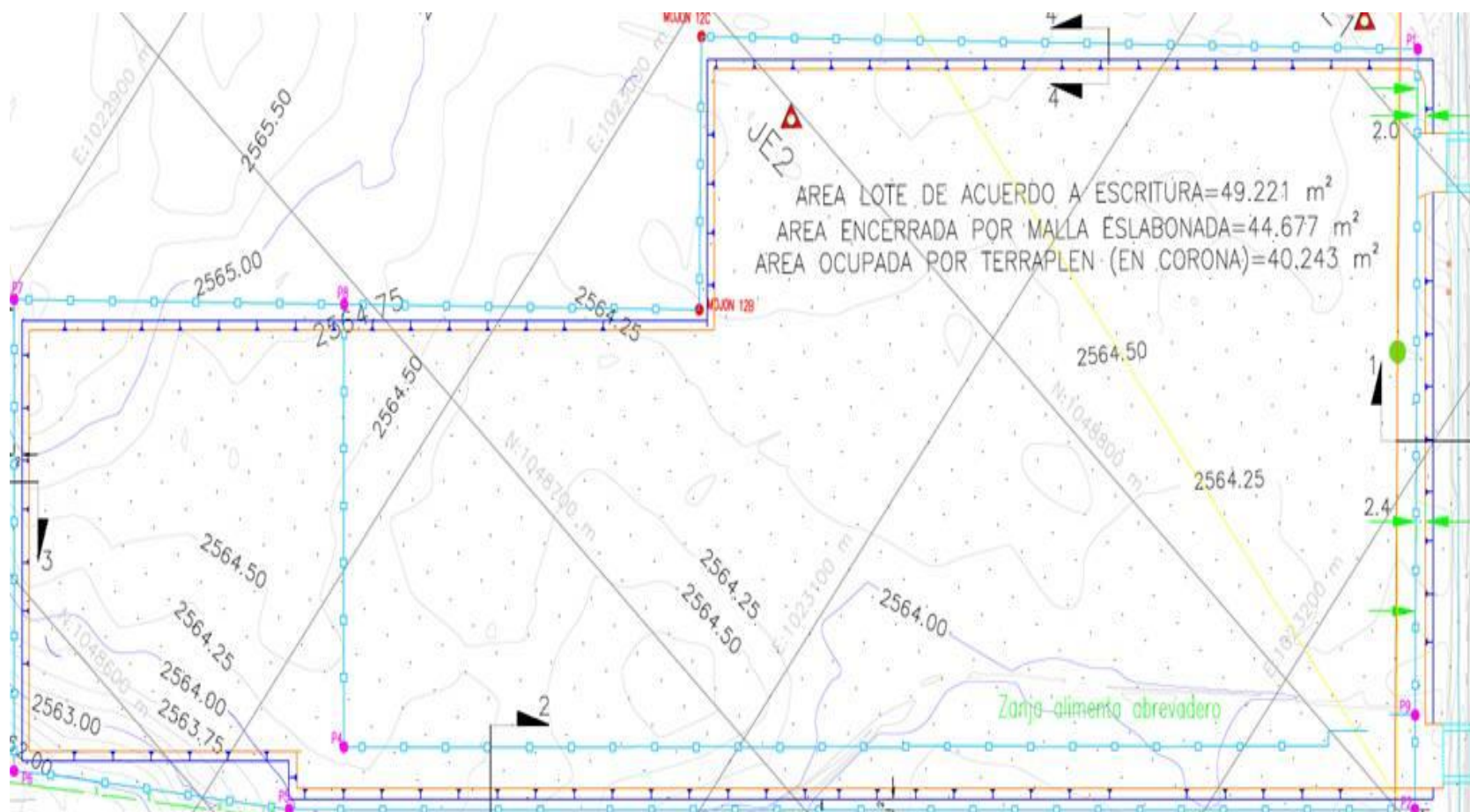
La Subestación Norte se debe aislar y cerrar para evitar el ingreso de personas que no autorizadas y delimitar el terreno que corresponde a CODENSA S.A. ESP.

El área en donde se desarrollará el proyecto de la Subestación Norte 230/115 kV hace parte de un lote que pertenece a la EEB. El área que será encerrada por CODENSA S.A. ESP se encuentra ubicada al sureste del lote de la EEB. La subestación de CODENSA S.A. ESP tiene como linderos por el noreste una vía paralela a todo el lote, en el noroeste con la EEB, al suroeste con un sendero peatonal de servidumbre y al sureste con el predio El Carrizal.

Se construirá un sistema doble de cerramiento el cual tiene objetivos diferentes. El cerramiento en alambre de púas delimitará el predio en el límite exterior del lote en tres costados, es decir al noreste con la vía paralela al lote, al suroeste con el sendero peatonal de servidumbre y al sureste con el predio El Carrizal y no habrá alambre de púas al costado noroeste que limita con la EEB. El otro tipo de cerramiento será con malla eslabonada y será perimetral a toda la subestación.

En la Figura 2-26 se muestra un plano de planta de planta con la disposición de ambos cerramientos.

Figura 2-26 Cerramiento subestación Norte



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

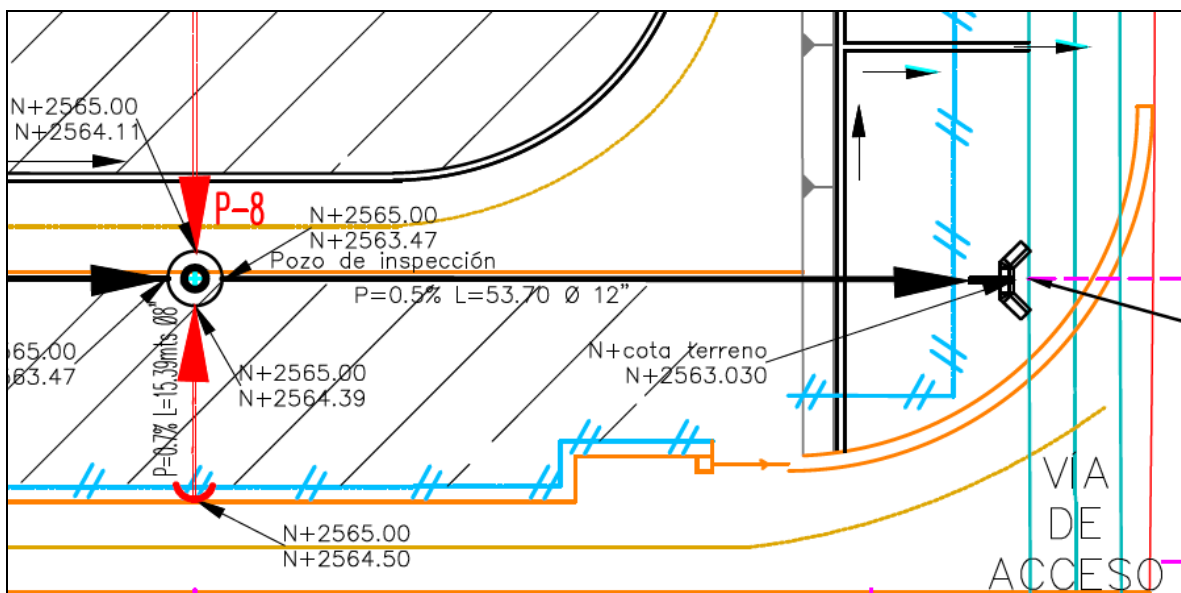
VII Sistema de alcantarillado pluvial y sanitario

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 afluentes cercanas al proyecto.

Las aguas lluvias que se recojan de las edificaciones serán transportadas a cajas sumidero de inspección para luego ser evacuadas hacia el canal. Parte del agua lluvia servirá como reserva para uso doméstico de la subestación y se almacenará en un tanque subterráneo.

El terraplén de la subestación tendrá un sistema pluvial que recoge el agua de las vías y del área de equipos por medio de sumideros que a su vez transporta el agua a unas cajas de inspección y pozos para luego por gravedad evacuar el agua a la zanja que se encuentra al norte del predio y que desagua con dirección sureste (ver Figura 2-27).

Figura 2-27 Sistema de alcantarillado pluvial

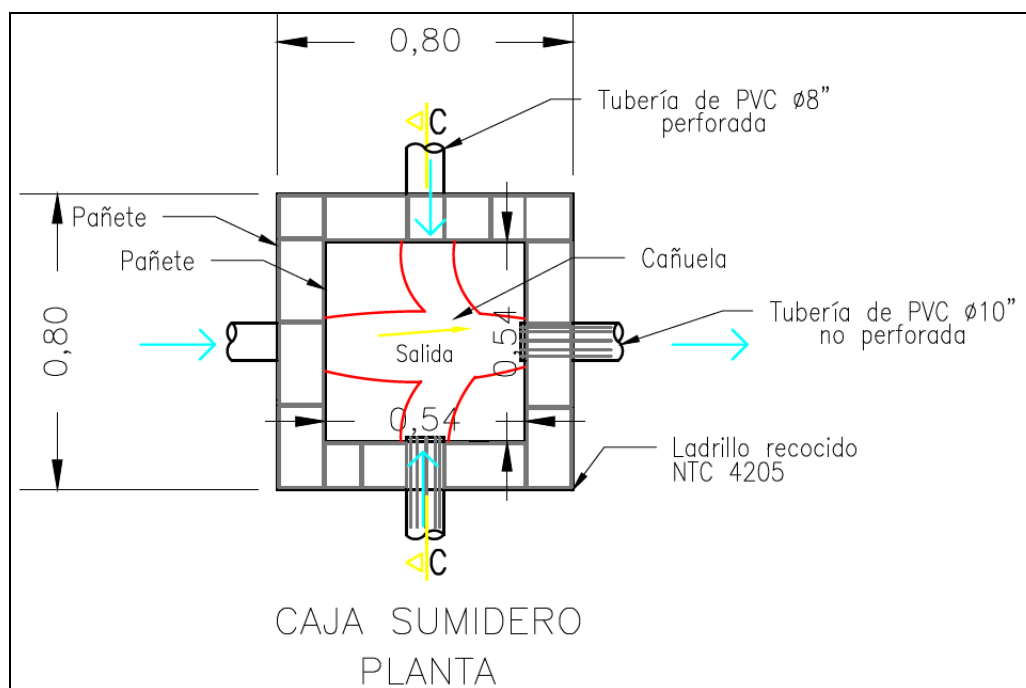


Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En todas las salidas de agua lluvia, tanto de las edificaciones como de los sumideros de las áreas abiertas de patios y vías, el agua deberá pasar por las cajas de inspección que funcionan como trampas de arenas ya que el agua arrastra arena o polvo que cae en la superficie de la subestación. El material de mayor tamaño que las arenas quedarán en las

canales y sumideros ya que no pueden ser arrastrados por agua. El objetivo es evacuar el agua que caiga por precipitación en el terraplén de la subestación, sin ningún tipo de material particulado que pueda llegar a tapar los drenajes contiguos a la subestación. La caja sumidero tendrá una dimensión externa de 0,8 m por 0,8 m, con una profundidad variable. La construcción de la caja de inspección será con ladrillo tolete prensado. Las paredes internas estarán afinadas con mortero que impida la filtración de agua. La trampa deberá estar tapada para impedir que caiga material particulado y se le deberá hacer una limpieza periódica para evitar que se colmate de arena. En la Figura 2-28 se muestra una caja de inspección vista en planta.

Figura 2-28 Vista en planta de la trampa de arenas



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

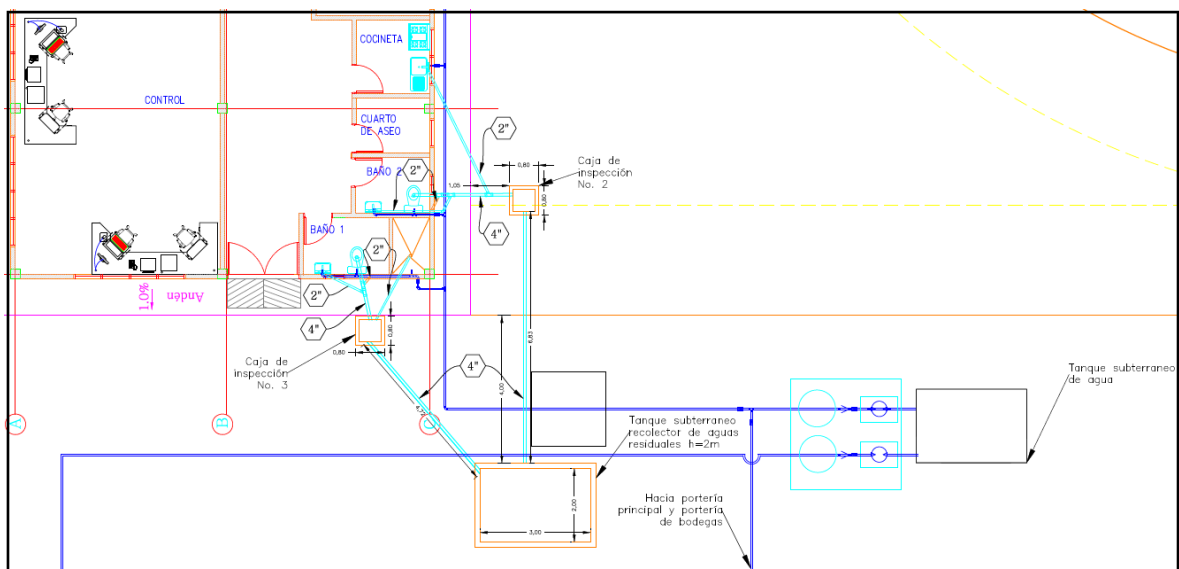
VIII Manejo de aguas residuales

El agua servida que se recoja de los baños y cocineta de las edificaciones se llevará a un tanque de concreto enterrado para que por gravedad el agua drene. Se encontrará ubicado junto a la casa de control ya que de ésta proviene la mayor cantidad de agua residual y tendrá unas dimensiones de dos metros por tres en planta y una profundidad de dos metros, para un total de doce metros cúbicos como capacidad de recolección.

Para extraer el agua del tanque se utilizarán vehículos con la capacidad de succionar el líquido y transportarlo en tanques, por este motivo el tanque está ubicado en un espacio de fácil acceso para el vehículo transportador. Esta actividad la realizarán empresas reconocidas con la debida licencia ambiental para operar. Esto garantiza que las aguas residuales no se viertan al exterior de la subestación.

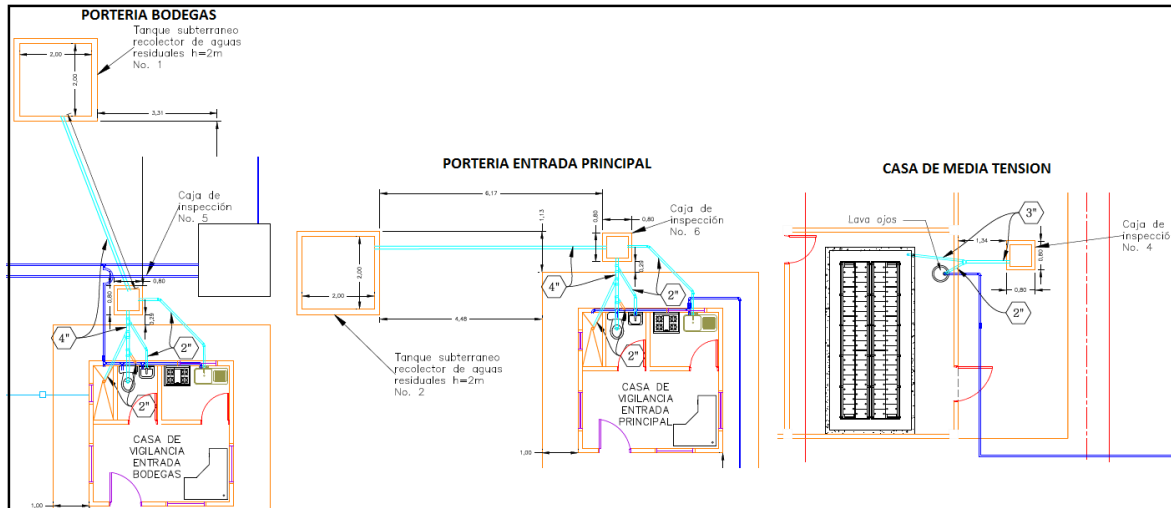
En la Figura 2-29 se indica la ubicación del tanque de aguas residuales con respecto a la casa de control y las porterías y en la Figura 2-30 el sistema de red de aguas servidas para la casa de media tensión y porterías.

Figura 2-29 Sistema de red de aguas servidas para casa de control



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Figura 2-30 Sistema de red de aguas servidas para porterías y casa de media tensión



Fuente: Adaptada de "PECS, 2014" por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En la etapa de construcción se implementarán baños portátiles para uso del personal que interviene en el proceso constructivo. Los baños serán limpiados periódicamente por una empresa especializada en el tema y que cuente con los permisos ambientales para este fin.

El agua residual que sale de los lavatorios de ojos que se ubican en los cuartos de baterías de la casa de control, irá a una caja independiente ya que es posible que esta agua tenga residuos de ácido de las baterías, la caja estará en una cota inferior a la base de los lavatorios para que por gravedad llegue el agua. Luego para extraer el agua de la caja se utilizarán carros con tanques y con un sistema de succión con el fin de no verter al exterior.

IX 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 de sección 30 x 30 cm, y vigas de 30 x 40 cm. Adicionalmente tiene módulos de muro en bloque de concreto abuzardado de espesor 30 cm.

El concreto para zapata, columnas y vigas $f'c$ 21 Mpa, el concreto para solado $f'c$ 14 Mpa, el acero para barras mayores o iguales a la no. 3 $f_y=420$ Mpa. El recubrimiento del acero de refuerzo en zapata 7.5 cm y en los demás elementos 5,0 cm, mínimo.

El material de relleno será recebo b200 y se compactará en capas de 10 cm hasta alcanzar el 90% del proctor modificado. En la Figura 2-31 se muestra una imagen con vista de planta, frontal y lateral del muro contrafuego.

X 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.

Así mismo se construirá un tanque de almacenamiento de aceites, el cual se comunicará con los fosos mediante un sistema de tuberías. La conducción se establecerá por gravedad. Dentro del tanque se dispondrá de un sistema que separa el aceite del agua. El agua se conectará al sistema de alcantarillado previsto. Para el retiro del aceite desde el tanque, se deberá disponer en su momento de un vehículo carro tanque apropiado.

2.1.1.6 Montaje electromecánico

A 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 las mismas 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.

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.

B Instalación de barras y accesorios

Las barras serán de tipo rígido en tubería de aluminio y soportadas sobre estructuras adecuadas, sirven para realizar la conexión a los módulos o bahía de 115 kV, de acuerdo con el diseño establecido para el efecto. Se utilizarán otros barrajes de tipo rígido para conexión de los equipos al barraje principal 2, el cual mediante maniobras de acople de barras permitirá realizar labores de mantenimiento.

Las demás conexiones entre los diferentes equipos se realizarán con conductores en aluminio y serán colocadas y tensadas mediante métodos que no ocasionen daños a los mismos. Se deberá tomar precauciones especiales para impedir que el conductor se tuerza, se doble o sufra abrasión de cualquier naturaleza; o, que la superficie del mismo sufra rozamiento o daños de cualquier tipo. Cuando el conductor resulte dañado deberá ser reemplazado por uno nuevo.

C Montaje de equipos

Esta etapa consiste en el montaje de todos los equipos y estructuras previstas, su cableado y conexión hasta las casetas de control distribuido, y desde allí, hasta la casa de control, 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.

Una parte de los equipos se montan sobre las estructuras metálicas, tales como pararrayos en tanto que otros se colocan directamente sobre las bases de hormigón armado construidas para el efecto, tales como los equipos híbridos y con los pernos de anclaje necesarios para sujetarlos.

D Pruebas y energización

Una vez concluido el montaje de equipos y el cableado de los mismos, 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.

Las pruebas de puesta en servicio que se efectuarán en la subestación Norte son las siguientes:

- Pruebas funcionales. Se realizarán a los equipos del nivel I y pruebas a los equipos de nivel II. Como también las pruebas en conjunto de los sistemas de supervisión y control de la subestación y pruebas de integración con la subestación 230 kV.
- Pruebas de integración con Centro de Control CODENSA S.A. E.S.P. Pruebas con equipo simulador, simulaciones desde el sitio y pruebas en vivo para todas las señales e informaciones intercambiadas con el Centro de Control.
- Pruebas de comunicaciones con el Centro de Control. El equipo concentrador y convertidor de comunicaciones que cumple la función de gateway debe demostrar mediante pruebas de aceptación confiables. Estas pruebas se refieren a la forma como se recibe la información en el SCADA del Centro de Control una vez se ha interpretado y convertido el protocolo.

- Prueba de estabilidad y confiabilidad. Una vez la subestación esté en servicio se debe probar el funcionamiento ininterrumpido y normal del sistema de control y protecciones durante cuatro meses. En este período solo se aceptan ajustes menores para corregir eventuales deficiencias no detectadas durante las pruebas de puesta en servicio.
- Filosofía general de las pruebas. La filosofía general de las pruebas de puesta en servicio de los sistemas de protecciones, control, alarmas y supervisión es que cada elemento, lógica, ajuste, programación, circuito o conexión debe demostrar, mediante una prueba verificable por el Cliente, que cumple la función para la cual fue previsto cuando se dan las condiciones que habilitan dicha función; así mismo debe demostrar que cuando no se dan las condiciones o estas son parecidas pero no suficientes, no realiza una función errónea. Las partes probadas con éxito no deben intervenir para evitar que se modifiquen inadvertidamente.

E Inspecciones

Las inspecciones se llevarán a cabo durante todo el proceso de construcción y montaje de la subestación.

Las inspecciones se deben realizar a todas las obras civiles, al montaje de estructuras metálicas, al montaje de barras y equipos, al cableado y conexiones.

Durante este proceso se debe verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los materiales utilizados, los procesos constructivos, el personal empleado deberá estar debidamente capacitado y que la obra sea ejecutada de acuerdo con la ingeniería desarrollada. Durante esta etapa se debe verificar la calidad y resistencia del hormigón en base a pruebas de resistencia.

2.2 Características de las Líneas de Transmisión 115 kV

La subestación Norte 230/115 kV, se interconectará a la red de distribución, a través de la construcción de diferentes circuitos de Transmisión Regional a 115 kV. Dichos circuitos saldrán de la Subestación Norte y llegarán a puntos de conexión con redes de alta tensión provenientes de las subestaciones Sesquilé, Gran Sabana, Zipaquirá y Ubaté.

Las líneas de transmisión de 115 kV que forman parte de la etapa inicial del proyecto tienen las características presentadas en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7 Características líneas de transmisión

| Tramo | Longitud | Tensión |
|------------------------|-----------|---------|
| Norte-Sesquilé | 6,910 Km | 115 kV |
| Norte-Gran Sabana | 15,926 km | 115 kV |
| Norte-Zipacquirá | 13,185 km | 115 kV |
| Ramal-Zipacquirá-Ubaté | 12,264 Km | 115 kV |

Fuente: Adaptado de “Informe final Líneas de Transmisión 115 kV; CODENSA S.A. ESP” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

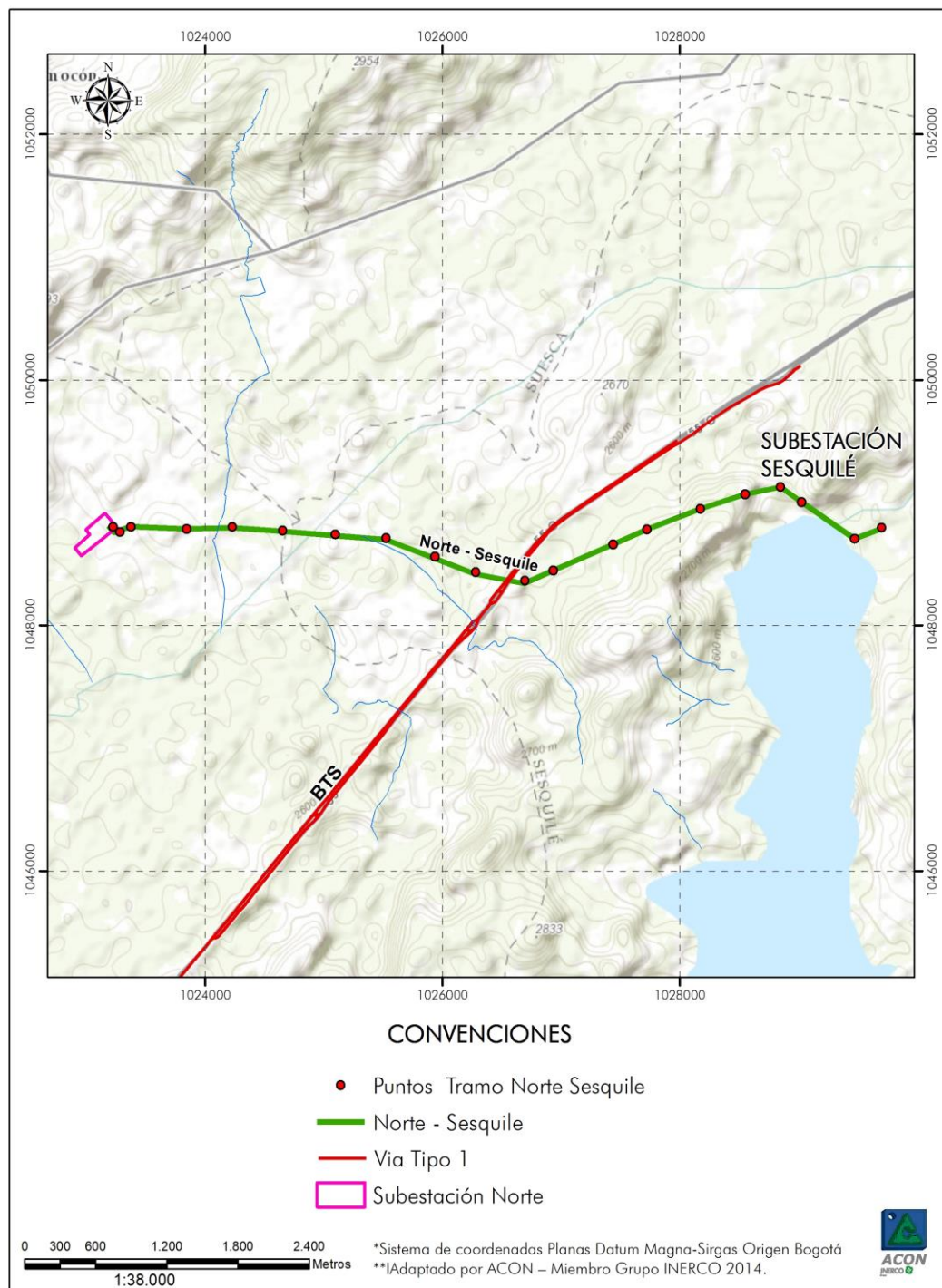
Las líneas básicamente se agrupan en 3 trazados y un ramal, como se describe a continuación:

2.2.1 Norte-Sesquilé

Conformado por el trazado Norte-Sesquilé 115 kV en una longitud de 6,906 km ubicado en los municipios de Gachancipá, Suesca y Sesquilé y soportado sobre estructuras metálicas tipo torre de celosía.

En la Figura 2-32 se presenta el Trazado Norte-Sesquilé, con los respectivos puntos de torre.

Figura 2-32 Trazado Norte-Sesquilé



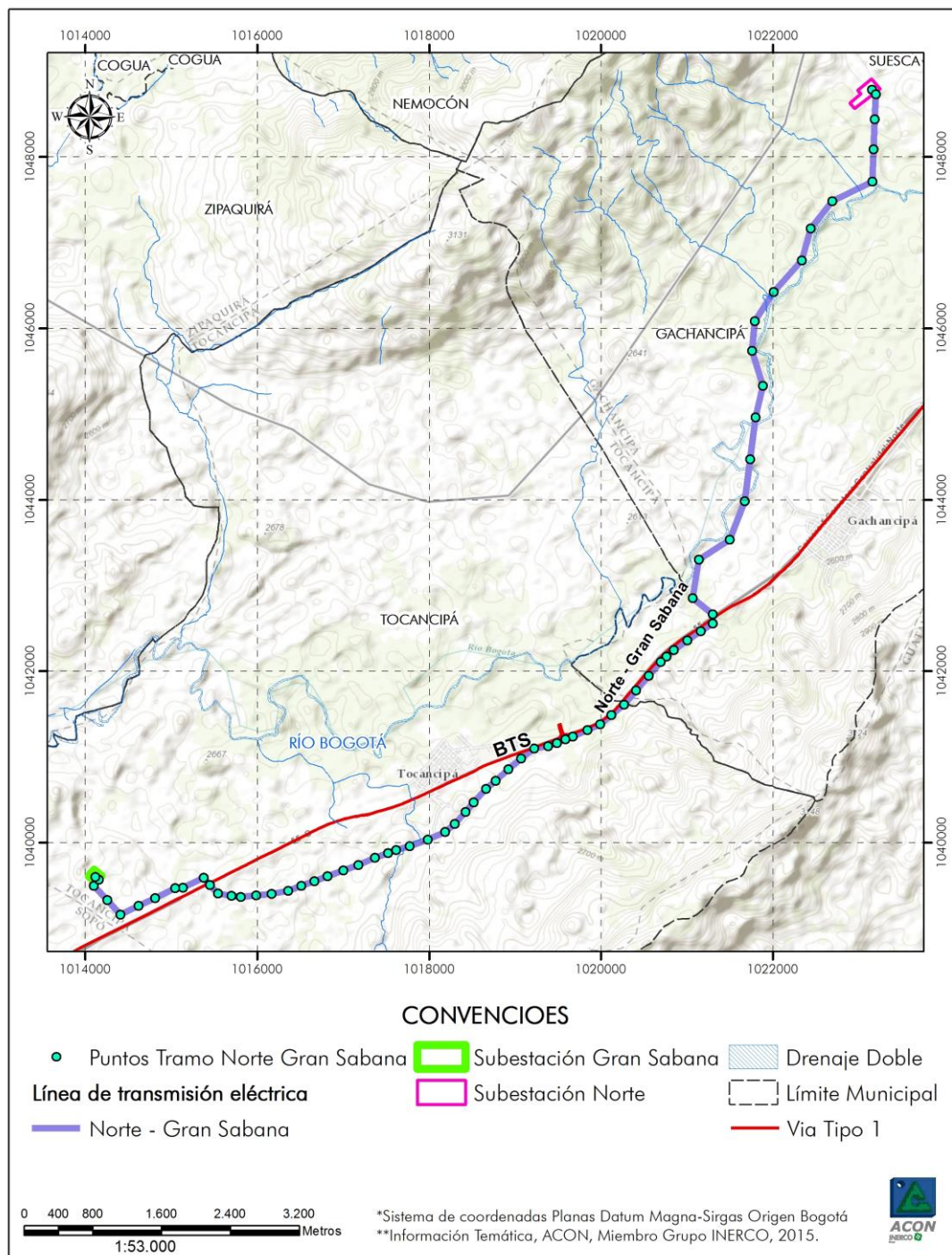
Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

2.2.2 Norte-Gran Sabana

Conformado por la línea de transmisión de cuatro circuitos Norte-Gran Sabana 115 kV, con una longitud de 15,926 km, ubicado en los municipios de Gachancipá y Tocancipá, con estructuras de apoyo en torres de celosía hasta la salida a la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso BTS, el tramo restante desde la salida a la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso en las coordenadas Este: 1021301,25 y Norte: 1042560,75 hasta la subestación Gran Sabana en Tocancipá, se soportará sobre postes metálicos. De los cuatro circuitos previstos en el diseño, uno quedará instalado y energizado y los demás listos para ser instalados a futuro.

En el caso particular del tramo Norte- Gran Sabana que se sitúa sobre la doble calzada; la conducción de la energía será mediante cables desnudos para alta tensión, en configuración de circuitos constituidos por tres conductores y un cable de guarda cuya función es la protección de las líneas de las descargas eléctricas; en cada estructura se podrán instalar de uno a cuatro circuitos de acuerdo con la configuración de conexiones necesaria. En cada sitio de estructura se instalará un sistema de puesta a tierra dentro de la cimentación de la misma, cuya función es aterrizar las descargas que puedan producirse sobre la línea, todos los cables cumplirán como mínimo la distancia mínima a tierra establecida por el RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) para garantizar la seguridad a edificaciones, vehículos, animales, transeúntes etc.

Figura 2-33 Trazado Norte-Gran Sabana



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

| | | |
|--|---|--|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S. A.</p> | <div>   </div> <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 2. Descripción del proyecto CONTRATO 5700004954</p> |
|--|---|--|

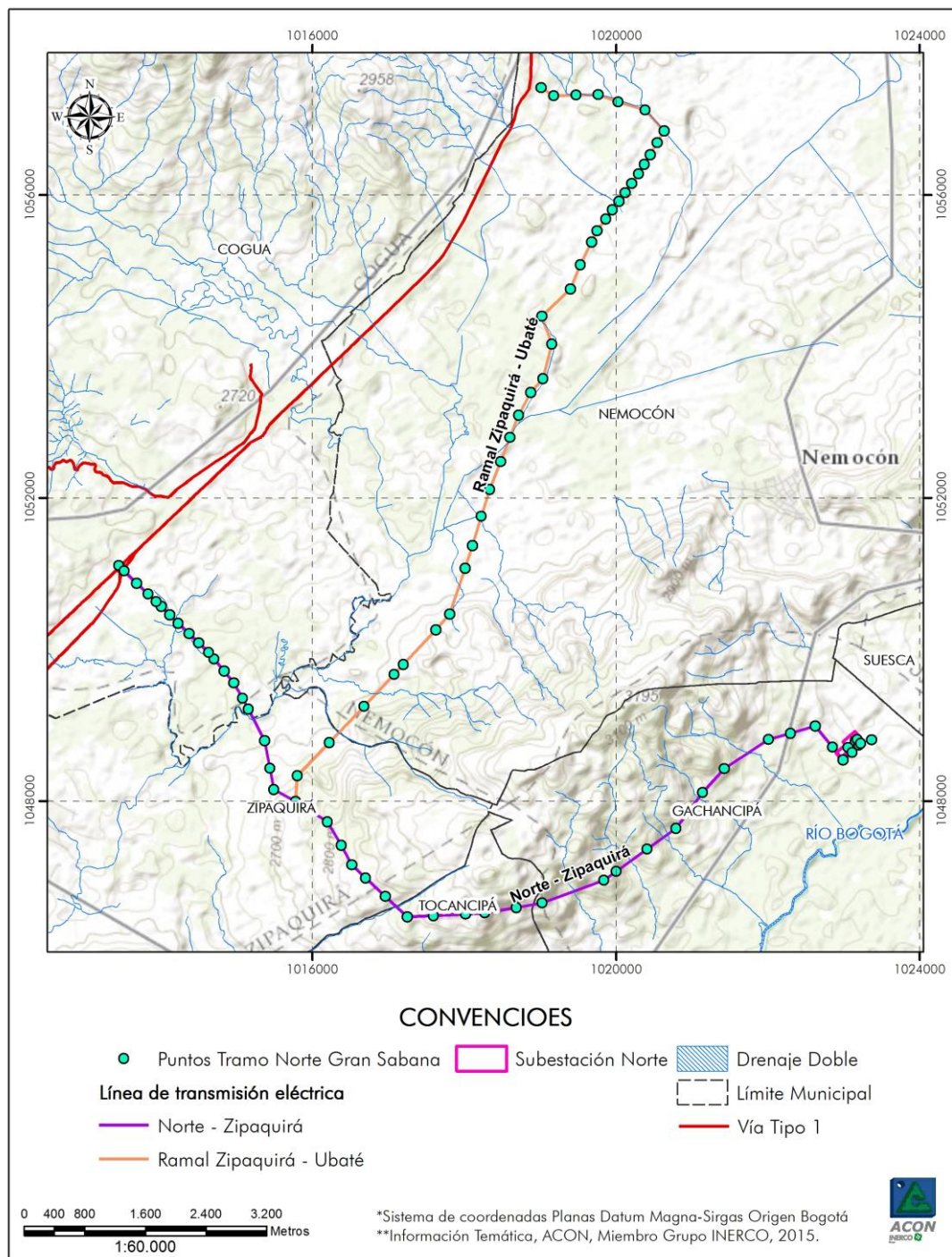
2.2.3 Norte-Zipacquirá-Ubaté

Conformado por el trazado Norte-Zipacquirá con una longitud de 13,185 km y un nivel de tensión de 115 kV. Ubicado en los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipacquirá y Cogua apoyado sobre estructuras metálicas tipo torre de celosía de 4 circuitos hasta la bifurcación de la línea Norte-Ubaté, continúa en estructuras metálicas de 2 circuitos hasta la intersección de la línea existente Zipacquirá-Ubaté.

2.2.3.1 Ramal Zipacquirá-Ubaté

Conformado por la línea Norte-Ubaté con una longitud de 12,264 km y una tensión de 115 kV, ubicada en los municipios de Zipacquirá, Cogua y Nemocón. Esta línea posee una carga en derivación importante de 20 MVA a 115 kV a un cliente industrial. La Figura 2-34 ilustra el Trazado Norte-Zipacquirá-Ubaté con los respectivos puntos de torre.

Figura 2-34 Trazado Norte-Zipacquirá-Ubaté



Fuente: ACON, Miembro del Grupo INERCO, 2015.

2.2.4 Adecuación estructural

Para la construcción de las líneas, se utilizarán estructuras metálicas en celosía, seleccionadas en la etapa de diseño de acuerdo con las cargas evaluadas para su servicio, a excepción del tramo de línea Norte- Gran Sabana que se ubicará sobre el derecho de vía de la doble calzada Briceño-Tunja-Sogamoso, cumpliendo lo reglamentado por la ANI, tramo que se construirá sobre postes metálicos para alta tensión.

2.2.5 Montaje electromecánico

El montaje electromecánico consiste en el emplazamiento, izado y nivelación de las estructuras que soportarán los cables (conductores y de guardia), la riega y el tendido de cables, el tensionado y la regulación de cables.

Para el montaje electromecánico se utilizará el siguiente equipo

- Malacates para el armado e izado de las torres y para el tendido y regulado de los cables
- Plumas metálicas de aleación de aluminio para el montaje de las torres
- Equipo de tensión controlada (freno) que evite sobretensiones para la riega y tendido de los cables.
- Carro grúa para el acarreo de los carretes con los cables a los sitios escogidos como sitios de despacho de los cables (plazas de tendido).
- Gatos manuales con portabobinas para la manipulación de los carretes de cables.
- Herramientas manuales para asegurar cables (raches, agarradoras, llaves de copa y fijas, cizallas etc.)
- Estación total y nivel para la verificación de la nivelación de estructuras y control de catenarias de los cables.

2.2.6 Requerimiento de uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales

2.2.6.1 Subestación Norte 230/115 kV

Para la construcción de la subestación Norte no se requiere talar árboles. En cuanto a uso de material, para la construcción de las cimentaciones de las estructuras se requiere el uso de material de cantera. El agua para la construcción y operación de la subestación,

será obtenida de la red de acueducto del municipio de Gachancipá, por medio de carros tanque y empresas proveedoras de agua para consumo humano.

2.2.6.2 Líneas de transmisión

En la construcción de las líneas no se considera directamente el uso de los recursos naturales de la región, ya que en gran parte se utilizarán materiales adquiridos ya manufacturados para su uso directo, tal es el caso de los aceros de refuerzo y materiales para concretos que el constructor deberá adquirir en los sitios autorizados con las debidas autorizaciones y licencias emitidas de conformidad por la autoridad ambiental. En cuanto al agua para la construcción, será obtenida de las redes de acueductos de los municipios aledaños, esta se transportará a los sitios por medio de carros tanque y en cuanto al agua para consumo de los trabajadores se adquirirá a empresas proveedoras de agua que cumplan con los requisitos para consumo humano.

Algunos sectores de los trazados que cruzan las líneas, requerirán de tala y/o poda dependiendo la altura de los árboles, para permitir el libre y normal funcionamiento de las líneas, para esta actividad el constructor deberá contar con personal debidamente calificado en estos oficios y cumplir con las directrices establecidas en los permisos de aprovechamiento forestal. El requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales se detalla en el capítulo 4.

2.2.6.3 Obras y/o drenajes afectados

El predio donde se construirá la subestación Norte actualmente está delimitado al norte por un canal utilizado para transportar el agua lluvia y las aguas servidas de predios aledaños. Se construirá un canal en el límite norte del lindero para sustituir una zanja que alimenta un reservorio artificial de agua que se encuentra en el predio vecino, dicha zanja pasa en el área donde se construirá la subestación.

Para evacuar las aguas lluvias de la subestación, se construirá una red de cunetas que transportaran el agua hasta una caja con trampa de arenas. El terraplén conformado para la subestación tendrá en las estructuras pendientes a dichas cunetas para evitar encharcamientos en las bases de los equipos y en las vías.

En el tiempo en que se construirá la subestación se utilizarán baños portátiles de empresas reconocidas y comprometidas con el medio ambiente para no afectar los drenajes circundantes al predio.

Para el caso de eventuales fugas de aceite que puedan tener los transformadores del patio de 115 kV, se construirán fosos y tanques que capturan el aceite y evitan que se mezclen con aguas residuales que estén en las estructuras hidráulicas.

El receptáculo de agua encontrado en el predio vecino no tiene restricción ambiental, ya que, de acuerdo con investigaciones, éste es un reservorio de agua para dar de beber al ganado, el canal encontrado en el predio sirve para alimentar dicho reservorio.

2.2.7 Estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida.

2.2.7.1 Maquinaria y equipo

El equipo utilizado en la construcción será: equipo de topografía, vibrador de concreto, mezclador de concreto tipo trompo, bomba de agua, planta eléctrica, cortadora de concreto, martillo neumático, taladro y andamio. Además de la maquinaria y equipo se necesitará la herramienta menor como martillos, alicates, etc.

En la Tabla 2-8 se lista la maquinaria que será utilizado en la construcción de la subestación Norte 230 / 115 kV.

Tabla 2-8 Lista de maquinaria para la construcción de la subestación Norte

| Maquinaria | Cantidad |
|---------------------------------|----------|
| Retroexcavadora | 1 |
| Vibrocompactador | 1 |
| Grua | 1 |
| Cargador | 1 |
| Minicargador | 1 |
| Bulldózer | 2 |
| Vibrocompactador tipo rana | 1 |
| Vibrocompactador monocilíndrico | 1 |
| Motoniveladora | 1 |
| Terminadora de asfalto | 1 |
| Volquetas | 3 |

Fuente: Adaptado de “Informe final Líneas de Transmisión 115 kV; CODENSA S.A. ESP” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la **Tabla 2-9** se lista la maquinaria que será utilizado en la construcción de las líneas de transmisión.

Tabla 2-9 Lista de maquinaria para la construcción de las líneas Norte 115 kV

| Tipo de Maquinaria | Cantidad |
|----------------------------------|----------|
| Retroexcavadora | 3 |
| Martillo Neumático | 3 |
| Compresor de aire | 1 |
| Vibro compactador | 3 |
| Grúa | 3 |
| Cargador | 3 |
| Mini cargador | 3 |
| Cabrestante y freno regulador | 3 |
| Vibro compactador tipo rana | 6 |
| Malacates para montaje de torres | 6 |
| Motobombas | 9 |
| Volquetas | 9 |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro del Grupo INERCO, 2014.

2.2.7.2 Mano de obra requerida

En lo posible, la demanda de mano de obra no calificada se suplirá con habitantes de las zonas cercanas al proyecto durante la fase de construcción. Para esto, el contratista debe abrir convocatorias en la zona del proyecto. Para la operación, se contempla la cuadrilla de mantenimiento, la cual ya está conformada en CODENSA S.A. ESP. El personal de la obra para la subestación eléctrica se estima en 86 personas distribuidas entre personal de obra civil, personal de montaje electromecánico, personal de apoyo HSEQ, personal de apoyo externo y personal especialista en montaje electromecánico. El detalle se muestra en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10 Personal requerido para la ejecución de obras Subestación

| ÍTEM | Cargo | Cant. | Tipo | OBSERVACIONES |
|------|---|-------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Ingeniero director de Proyecto | 1 | Personal de dirección | Personal Permanente |
| 2 | Ingeniero gestor Contrato | 1 | Personal de dirección | Personal Permanente |
| 3 | Ingeniero Residente Montaje Electromecánico | 1 | Personal de dirección | Personal Permanente |
| 4 | Ingeniero Residente Obra Civil | 1 | Personal de dirección | Personal Permanente |
| 5 | Ingeniero auxiliar | 1 | Personal de dirección | Personal Permanente |
| 6 | Encargado Sistema Gestión Integral HSEQ | 1 | Personal de apoyo | Personal Permanente |

| ÍTEM | Cargo | Cant. | Tipo | OBSERVACIONES |
|------|--|-------|--------------------|--|
| 7 | Preventivista Salud y seguridad ocupacional | 2 | Personal de apoyo | Personal Permanente |
| 8 | Ingeniero Especialista en Protecciones Eléctricas | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas y puesta en servicio |
| 9 | Ingeniero Especialista en Comunicaciones | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas y puesta en servicio |
| 10 | Supervisor de Montaje Electromecánico | 1 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 11 | Supervisor Control y protecciones | 1 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 12 | Supervisor de Obra civil (capataz) | 2 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 13 | Maestro de obra civil | 4 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 14 | Oficiales Obra civil | 8 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 15 | Oficiales Linieros | 4 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 16 | Ayudantes rasos (obra Civil) | 15 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 17 | Técnico montaje Electromecánico | 7 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 18 | Técnico Conexionista tableros de control y protecciones | 5 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 19 | Ayudante de Montaje electromecánico | 5 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 20 | Operador de Maquinaria Obra civil | 2 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 21 | Operador de Maquinaria y vehículos de carga Obra civil | 4 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 22 | Conductor | 4 | Personal Operativo | Personal Permanente |
| 23 | Personal de apoyo Externo _ Fabricante de Transformadores | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |
| 24 | Personal de apoyo Externo _ Fabricante equipos de Potencia | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |

| ÍTEM | Cargo | Cant. | Tipo | OBSERVACIONES |
|-----------------------|--|-----------|-------------------|--|
| 25 | Personal de apoyo Externo _ Equipos de control y Protección | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |
| 26 | Personal de apoyo Externo _ Comunicaciones | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |
| 27 | Personal de apoyo Externo _ Certificación RETIE | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |
| 28 | Personal de apoyo Externo _ Interventoría | 2 | Personal de apoyo | Personal presente en etapa de pruebas de equipo y puesta en servicio |
| CANTIDAD TOTAL | | 86 | | |

Fuente: Adaptada de "CODENSA S.A. ESP, 2015" por ACON, Miembro del Grupo INERCO, 2015.

Para la ejecución de la construcción de las líneas intervienen varios tipos de personal, dependiendo de los roles a cumplir; normalmente se requieren los siguientes tipos de perfiles:

- Personal de dirección constituido por ingenieros civiles y/o eléctricos con experiencia en este tipo de obras.
- Personal de apoyo constituido por técnicos o tecnólogos en seguridad industrial y administración.
- Personal operativo constituido por Capataces, oficiales linieros, oficiales de obra civil, obreros de construcción y ayudantes rasos.

2.2.8 Ubicación de los sitios de disposición de materiales sobrantes

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 (Ver *Escombreras autorizadas* en el Capítulo 4).

2.2.9 Levantamiento topográfico

En el Anexo 2-6 se presentan planos de planta perfil Líneas Norte.

2.2.10 Diseño estructural de las obras

Esta información se relaciona en el Anexo 2-7.

2.2.11 Insumos requeridos para el desarrollo del proyecto

Para la etapa de construcción del proyecto se requiere el acceso a los siguientes servicios:

2.2.11.1 Agua

Durante la etapa constructiva de la subestación y líneas de transmisión, este recurso será suministrado en carro tanques, para el consumo del personal se comprarán botellones a empresas reconocidas.

El abastecimiento de agua en la etapa de construcción y operación de la subestación y líneas de transmisión no contempla la captación del recurso en fuentes naturales o subterráneas.

A Subestación

Para determinar el volumen de agua requerido por el personal para consumo humano en la construcción, se consideran 86 personas en obra, entre mano de obra calificada y no calificada, en los cuales una persona consume un promedio de 2 litros, es decir que se consumen 172 litros por día y 63 m³ durante toda la obra teniendo en cuenta que el tiempo de construcción de la subestación se estima de un año. De acuerdo con estos datos se obtiene el volumen de agua requerido por la subestación y se presenta en la Tabla 2-11.

El cálculo desarrollado para obtener el volumen de agua que será utilizado en la construcción de la subestación está basado en el volumen de agua que se debe utilizar para la conformación del terraplén (4512 m³), adecuación de la vía externa (36 m³) y para la elaboración de morteros y concretos (10 m³).

El agua para aseo general en la etapa de construcción será la utilizada para baños y limpieza de las instalaciones. El cálculo se basa en el número de personas que

intervienen en la obra, tomando una base de 86 personas en promedio y asumiendo una dotación de 43 L/persona/día¹, se necesitaría 3.698 L/día y 1.350 m³ en la totalidad del tiempo de la obra que se considera un año. Luego en la operación de la subestación se estima que permanezcan 5 personas con un gasto de 60 litros por día para aseo general. El consumo de estas 5 personas será de 10 litros por día.

Tabla 2-11 Consumo de agua para la subestación Norte en el patio de 115 kV

| Necesidades de agua | Fuente | Volumen de agua |
|--|---------------------------------|--|
| Agua utilizada en toda construcción de la subestación | Compra de agua por carro tanque | 4558 m ³ |
| Agua para el consumo del personal en la construcción de la subestación | Compra de agua por botellones | 63 m ³ |
| Agua para aseo general en la etapa de construcción | Red de acueducto de Gachancipá | 1.350 m ³ en un año de construcción |
| Agua utilizada en la operación de la subestación | Red de acueducto de Gachancipá | 0,06 m ³ /día/persona |
| Agua para el consumo del personal en la operación de la subestación | Compra de agua por botellones | 0,01 m ³ por día y por persona |

Fuente: Adaptada de “PECS, 2014” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

B Líneas de transmisión

Durante la etapa construcción de las líneas de transmisión, el suministro de agua potable se realizará en botellones que estarán dispuestos en puntos cercanos a los sitios de trabajo. Se ha estimado una cantidad total de 121,78 m³ de agua para consumo humano durante el tiempo de ejecución de las obras.

En cuanto al agua necesaria para las mezclas de concreto y humectación de suelos a compactar, se hará uso de aquella suministrada por el acueducto del municipio y transportada en carro tanques, hasta un punto cercano a los frentes de trabajo de fácil acceso.

Teniendo en cuenta que para la preparación de un metro cúbico de concreto de 3000 psi se necesitan 192 litros de agua y para un metro cúbico de concreto de 2000 psi 154 litros de agua a continuación se relacionan las cantidades de agua necesarias para los tres trazados y el ramal.

¹ Este dato corresponde a los valores de dotación para uso sanitario, aseo, consumo y lavado de manos establecidos por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA- S.F.

I Norte-Sesquilé

Las cantidades de agua requeridas para la construcción del trazado Norte-Sesquilé se detallan en la Tabla 2-12.

Tabla 2-12 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Sesquilé

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Recurso | Un | Cantidad | Recurso | Un | Cantidad |
| Agua | m ³ | 36,99 | Agua | m ³ | 4,58 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

II Norte-Gran Sabana

Las cantidades de agua requeridas para la construcción del trazado Norte-Gran Sabana se detallan en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Gran Sabana

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Recurso | Un | Cantidad | Recurso | Un | Cantidad |
| Agua | m ³ | 283.80 | Agua | m ³ | 13.95 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

III Norte-Zipacquirá y Ramal Zipacquirá-Ubaté

Las cantidades de agua requeridas para la construcción del trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté se detallan en la Tabla 2-14.

Tabla 2-14 Cantidades de agua requeridas trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Recurso | Un | Cantidad | Recurso | Un | Cantidad |
| Agua | m ³ | 148,70 | Agua | m ³ | 14,47 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

2.2.11.2 Electricidad

Durante la etapa de construcción, para la subestación se podrá usar electricidad suministrada por la red local de media tensión que se encuentra cerca de la subestación

Norte de 230 / 115 kV.

2.2.11.3 Concreto

A Subestación

En la construcción de la subestación 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 Norte. El volumen de concreto estimado para la construcción de la subestación en el patio de 115 kV es de 803 m³. La construcción de todos los edificios que hacen parte de la subestación serán aporticados en concreto; es decir que la estructura estará compuesta por vigas y columnas soportadas sobre una cimentación que también será construida con concreto.

A continuación, se encuentra el volumen de concreto en metros cúbicos para cada edificación en la Tabla 2-15.

Tabla 2-15 Cantidad de concreto utilizado en la construcción de la subestación Norte

| Obras | Unidad | Volumen |
|-------------------------------|----------------|---------|
| Casa de control | m ³ | 30 |
| Casa de relés | m ³ | 20 |
| Casa de media tensión | m ³ | 14 |
| Casa de vigilancia | m ³ | 6 |
| Bodegas (son 2) | m ³ | 39 |
| Vías internas peatonales | m ³ | 165 |
| Vía interna, pavimento rígido | m ³ | 348 |
| Estructuras hidráulicas | m ³ | 69 |
| Cimentación de equipos | m ³ | 112 |
| TOTAL | m ³ | 803 |

Fuente: Adaptada de “Informe final Líneas de Transmisión 115 kV; CODENSA S.A. ESP” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

B Líneas de transmisión

A continuación, se relacionan las cantidades de concreto requerido para los trazados definidos.

I Norte-Sesquilé

Las cantidades concreto requeridas para la construcción del trazado Norte-Sesquilé se

detalla en la Tabla 2-16.

Tabla 2-16 Cantidades de obras civiles para la línea Norte-Sesquilé

| Material | Unidad | Cantidad |
|--|----------------|----------|
| Concreto de 210 kg/ cm ² | m ³ | 192.66 |
| Concreto pobre 140 kg/ cm ² | m ³ | 29.75 |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

II Norte-Gran Sabana

Las cantidades de concreto requeridas para la construcción del trazado Norte-Gran Sabana se detalla en la Tabla 2-17.

Tabla 2-17 Cantidades de obras civiles Línea Norte-Gran Sabana

| Material | Unidad | Cantidad |
|--|----------------|----------|
| Concreto de 210 kg/ cm ² | m ³ | 1478.14 |
| Concreto pobre 140 kg/ cm ² | m ³ | 90.60 |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

III Norte Zipaquirá (ramal Zipaquirá-Ubaté)

Las cantidades de concreto requeridas para la construcción del trazado Norte-Zipaquirá y el Ramal Zipaquirá-Ubaté se detalla en la Tabla 2-18.

Tabla 2-18 Cantidades de obras civiles Línea Norte-Zipaquirá-Ubaté

| Material | Unidad | Cantidad |
|--|----------------|----------|
| Concreto de 210 kg/ cm ² | m ³ | 774.48 |
| Concreto pobre 140 kg/ cm ² | m ³ | 94.00 |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

2.2.11.4 Material de cantera

A Subestación

Este material será utilizado para conformar el terraplén del patio de 115 kV, para la construcción de la vía interna y para la adecuación de la vía externa. El volumen de este

material y sus denominaciones se listan en la Tabla 2-19.

Tabla 2-19 Cantidad de material de cantera utilizado en la construcción de la subestación Norte

| Material | Unidad | Cantidad |
|----------------------|----------------|----------|
| Grava | m ³ | 3671 |
| Relleno seleccionado | m ³ | 5021 |
| Arena de peña | m ³ | 336 |
| Material de relleno | m ³ | 41151 |

Fuente: Adaptada de “Informe final Líneas de Transmisión 115 kV; CODENSA S.A. ESP” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

B Líneas de transmisión

Teniendo en cuenta que para la preparación de un metro cúbico de concreto de 3000 psi se necesitan 320 kg de cemento, 0,86 m³ de arena y 0,57 m³ de Grava y para un metro cúbico de concreto de 2000 psi 220 kg de cemento, 0,87 m³ de arena y 0,58 m³ de Grava, a continuación, se relacionan las cantidades de materiales de obra requeridos para los trazados definidos.

I Norte-Sesquilé

Las cantidades de materiales de obra requeridas para la construcción del trazado Norte-Sesquilé se detallan en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20 Cidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Sesquilé

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Material | Unidad | Cantidad | Material | Unidad | Cantidad |
| Cemento | kg | 61651.2 | Cemento | kg | 6545 |
| Arena | m ³ | 165.68 | Arena | m ³ | 25.88 |
| Grava | m ³ | 109.81 | Grava | m ³ | 17.225 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

II Norte-Gran Sabana

Las cantidades de materiales de obra requeridas para la construcción del trazado Norte-Gran Sabana se detallan en la Tabla 2-21.

Tabla 2-21 Cantidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Gran Sabana

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Material | Unidad | Cantidad | Material | Unidad | Cantidad |
| Cemento | kg | 473004.8 | Cemento | kg | 19932 |
| Arena | m ³ | 1271.20 | Arena | m ³ | 78.82 |
| Grava | m ³ | 842.53 | Grava | m ³ | 52.54 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

III Norte-Zipacquirá y Ramal Zipacquirá-Ubaté

Las cantidades de materiales de obra requeridas para la construcción del trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté se detallan en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22 Cantidades materiales de obra requeridos trazado Norte-Zipacquirá y el Ramal Zipacquirá-Ubaté

| Concreto 3000 psi | | | Concreto 2000 psi | | |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|----------|
| Material | Unidad | Cantidad | Material | Unidad | Cantidad |
| Cemento | kg | 247833.6 | Cemento | kg | 20680 |
| Arena | m ³ | 666.05 | Arena | m ³ | 81.78 |
| Grava | m ³ | 441.45 | Grava | m ³ | 54.52 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

2.2.11.5 Madera

En la construcción de la subestación se utilizarán tablas de maderas para la actividad de cimentación y estructura, en las cuales se usarán formaletas de madera para el vaciado de concreto. Esta madera es para tableros en aglomerado y tablas que serán reutilizados cuando se cumplan los tiempos de endurecimiento del concreto, aproximadamente se pueden utilizar 100 m² en tableros y 100 m² en tablas.

Otra actividad en la que se utiliza madera es para entibar las excavaciones en la construcción de ductos, esta madera se reutiliza a medida que se avanza en la zanja. En esta actividad se puede trabajar con 50 m lineales de tablas.

En Tabla 2-23 se presentan los principales insumos y procedencia que se requerirán para la construcción

Tabla 2-23 Insumos a utilizar durante la construcción y procedencia.

| Insumo | Procedencia |
|--|--|
| Acero de refuerzo estructuras de concreto | Empresas de suministro legalmente constituidas y legalizadas |
| Formaletas Metálicas para vaciado de concreto | Propiedad del constructor |
| Material de Cantera | Empresas de suministro legalmente constituidas y legalizadas |
| Cemento | Empresas de suministro legalmente constituidas y legalizadas |
| Agua | Red de acueducto de los municipios aledaños, suministro por medio de carro tanques |
| Combustibles y lubricantes para vehículos y maquinaria | Empresas de suministro legalmente constituidas y legalizadas |
| Agua para hidratación del personal | Empresas comercializadoras proveedoras de agua para consumo humano legalmente constituidas y legalizadas |
| Madera para formaletas | Empresas de suministro legalmente constituidas y legalizadas |

Fuente: Adaptada de "Ingeniería & Diseño S.A." por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

2.3 Trazado y características geométricas

2.3.1 Volumen estimado de remoción de la vegetación y descapote

2.3.1.1 Subestación Norte

El material sobrante está conformado en gran parte por el descapote inicial que se realiza al área que ocupará el terraplén el cual corresponde a la primera capa de material orgánico de un promedio de 30 centímetros, lo cual da un volumen de 11.059 m³.

2.3.2 Líneas de transmisión

La remoción de la cobertura vegetal para efectos de cimentación en las líneas de transmisión, es puntual es decir se realiza solamente en los puntos de estructuras, así para el caso de estructuras en torre, se remueve en el sitio de cada pata y si se trata de postes, se remueve en el sitio de emplazamiento de este.

2.3.2.1 Línea Norte-Sesquilé

Esta línea va soportada sobre torres, en un número total de 18, se estiman remociones puntuales de cobertura vegetal de 7 cm. de espesor en cada sitio, para un total de: 28 m³ aproximadamente de descapote.

2.3.2.2 Línea Norte-Gran Sabana

Es una línea que combina las estructuras entre postes y torres según sean las características de las zonas que cruza la línea, generalmente para zona rural y a campo abierto se utilizan torres y para zona urbana con espacios reducidos se utilizan postes. En el caso de esta línea en la tabla de coordenadas se relaciona desde la E1 a E18 para montar sobre torres en celosía y desde P1 hasta P 51 se soportará sobre postes, se estiman remociones de capa vegetal promedio de 7 cm en el sitio de cada pata de torre o poste, lo cual resulta en una remoción de 33 m³ de capa vegetal (ver Anexo 2-1).

2.3.2.3 Línea Norte-Zipacquirá

Esta línea utiliza estructuras de soporte tipo torre en celosía, utilizando el mismo criterio descrito anteriormente, así a la salida de la subestación y hasta la llegada a la planta de Peldar, se utilizan torres (E1 a E30) y de ahí en adelante hasta el sitio de conexión (E31 a E49), se ubica la línea sobre postes. Se estiman remociones de capa vegetal promedio de 7 cm en el sitio de cada pata de torre o poste, lo cual resulta en una remoción de 45 m³ de capa vegetal (ver Anexo 2-1).

2.3.2.4 Línea Ramal Ubaté

Esta línea está totalmente diseñada para ser soportada sobre torres, en primera instancia comparte el corredor desde la salida de la subestación Norte y hasta la estructura No. 26 con la línea Norte-Zipacquirá, de ahí en adelante desde la Estructura No. 28A y hasta el sitio de conexión con la Línea Zipacquirá-Ubaté, se soporta sobre torres. Se estiman remociones de capa vegetal promedio de 7 cm en el sitio de cada pata de torre, lo cual resulta en una remoción de 45 m³ de capa vegetal (ver Anexo 2-1).

2.3.3 Volumen estimado de cortes y rellenos

El volumen aproximado de excavación es de 11.059 m³ y posterior a la excavación se realizará un relleno con material de relleno hasta alcanzar la altura deseada luego del estudio de geo hidrología; este relleno será compactado en capas no superiores a 10 cm.

El volumen para el relleno será de 34.083 m³; la subestación se construirá conformando un terraplén con el fin de que todas las instalaciones queden por encima de la cota de inundación.

2.3.4 Taludes previstos en cortes y terraplenes

No aplica, la localización de las estructuras no requiere que se hagan trabajos de cortes del terreno, se limita solamente a la excavación con posterior relleno.

2.4 Infraestructuras y servicios interceptados

En el Anexo 2-8, se describen los servicios cercanos o interceptados con su correspondiente coordenada para cada uno de los trazados que conforman el proyecto Norte.

2.4.1 Interacción con proyectos existentes

2.4.1.1 Superposición de proyectos

Dando alcance al Decreto 1076 de 2015, específicamente al Artículo 2.2.2.3.6.4. Superposición de proyectos, el presente numeral realiza la descripción de los proyectos que tienen interacción con el Área de Influencia Directa del proyecto Norte, tanto con Subestación eléctrica como con cada uno de los Corredores. Es de resaltar que la superposición sólo aplica para los proyectos que cuentan con Licencia Ambiental.

Los proyectos con los cuales tiene superposición las líneas de transmisión eléctrica son los siguientes:

A. Corredor Norte – Sesquilé

Embalse de Tominé: se presenta superposición aérea² con el área de influencia del Embalse de Tominé, entre las estructuras E17 y E29 TZ-SQ.

Si bien el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Embalse de Tominé establece como su área de influencia la cota máxima de inundación (2598,38 msnm), la superposición que presenta el proyecto Norte sólo es aérea, teniendo en cuenta que no se interfiere con la

² Entendiendo la superposición aérea como el cruce aéreo del tendido eléctrico o la línea de distribución del proyecto Norte sobre el área de los proyectos identificados con Licencia Ambiental y que no tendrán afectación directa sobre las actividades que allí se desarrollen.

| | | |
|--|--|--|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S. A.</p> |  <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 2. Descripción del proyecto CONTRATO 5700004954</p> |
|--|--|--|

actividad principal del embalse.

B. Corredor Norte – Zipaquirá

Poliducto de Oriente: se presenta superposición aérea con la tubería de conducción, entre las estructuras E4 y E5.

Distribución de Gas Natural Briceño – Ceramita – Sopó y línea de distribución para el suministro de Peldar: se presenta superposición aérea con la línea de distribución de gas natural, entre los postes P37 y P36.

Mina El Tunal: se presenta superposición tanto aérea como puntual con las estructuras E27, E28, E28A y E29A, en la zona industrial de Peldar.

C. Ramal Zipaquirá - Ubaté

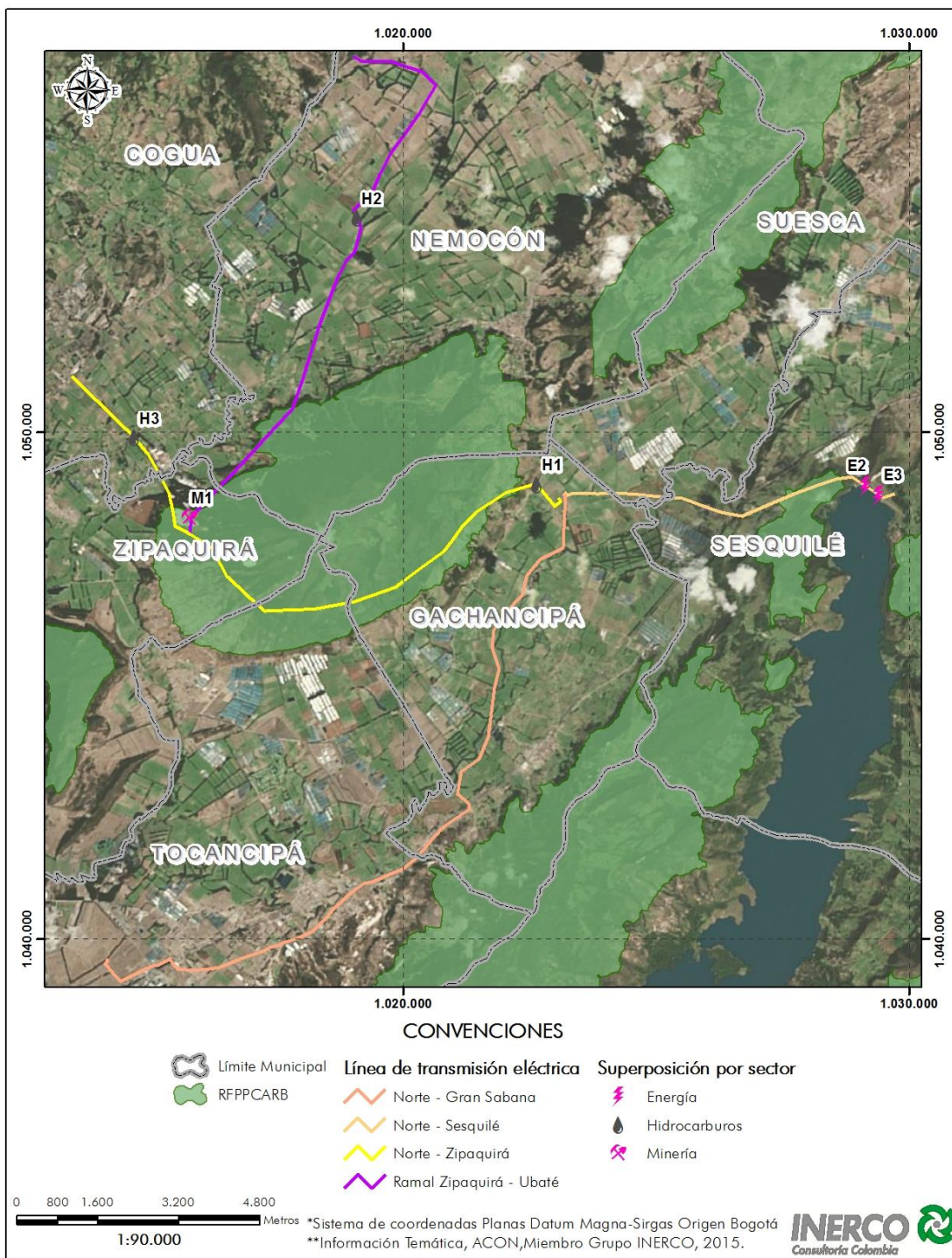
Gasoducto La Belleza – Bogotá: se presenta superposición aérea con la tubería de conducción, entre las estructuras E45A y E46A.

En la Figura 2-35, se representa gráficamente la superposición de los proyectos mencionados con las líneas de transmisión eléctrica. Así mismo, en el Anexo 2-9, se realiza el análisis técnico y ambiental para cada una de las intersecciones con los proyectos licenciados.

2.4.1.2 Otros proyectos en el área de estudio

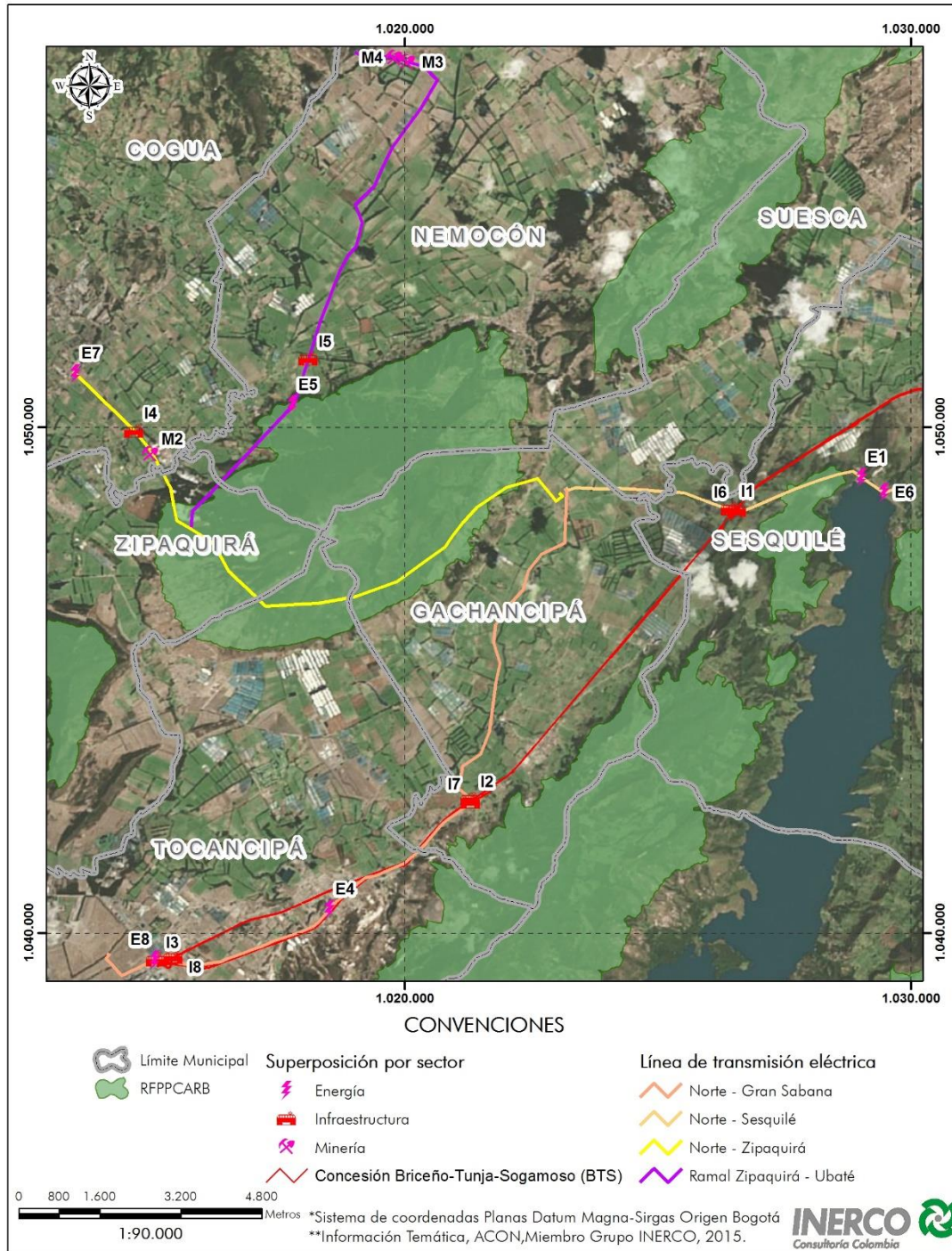
En el Anexo 2-10, se presentan la identificación de los proyectos que tienen interacción con el proyecto Norte, y que fueron evidenciados en la etapa de campo en el Área de Influencia Directa, dichos proyectos fueron valorados en el Capítulo 5. Evaluación de Impactos, en el numeral 5.3 Evaluación de impactos. Escenario sin proyecto (situación actual). En la Figura 2-36, se ilustra la ubicación de los proyectos y su intersección con el proyecto Norte, se resalta que estos proyectos no cuentan con Licencia Ambiental, por lo cual no aplicaría la superposición de proyectos.

Figura 2-35 Superposición proyecto Norte



Fuente: MADS y CAR. Adaptado INERCO Consultoría Colombia, 2017.

Figura 2-36 Otros proyectos en la zona



Fuente: Adaptada de "Ingeniería & Diseño S.A." por INERCO Consultoría Colombia, 2017.

2.5 Construcción

2.5.1 Zona de servidumbre

Debido a que las líneas de transmisión deben estar libres de obstáculos que interfieran en su correcto funcionamiento, en algunos casos cuando hay presencia de individuos arbóreos, debe hacerse una labor de despeje de zona de servidumbre, que consiste en podar o en caso extremo talar los individuos arbóreos que puedan interferir con la línea; las especies de alto porte como el Eucalipto y el Pino, deberán ser taladas, mientras árboles de bajo porte sin interferencia con el funcionamiento de la línea, permanecerán en su sitio y en algunos casos se podarán garantizando una distancia mínima de 2 m. al cable inferior de la línea. Para el caso de sitios sin presencia forestal, se ejecuta una rocería, formando una trocha, con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores previniendo posibles tropezones con raíces o estacones que puedan estar presentes e identificar la no presencia de roedores u ofidios que puedan causar mordeduras o picaduras al personal que interviene en la construcción.

2.5.2 Características de la obra

En la etapa de construcción se siguen básicamente los siguientes pasos.

2.5.2.1 Accesos a sitios de torre

Para la construcción de las torres y postes que conforman cada uno de los trazados, el transporte del personal, materiales y, equipos y personal será realizado en vehículos por el corredor vial Briceño – Tunja – Sogamoso (BTS) y la Ruta Nacional INVIAS 45A -04 que conducen al municipio de Zipaquirá. Desde estas rutas se transitará por vías secundarias, terciarias y privadas hasta el sitio más cercano a cada sitio de torre/poste a instalar. A partir de este punto, el personal, materiales y equipos se movilizarán a pie y/o a lomo de mula, adicional para las zonas de difícil acceso como es la zona de la reserva forestal, se hará uso del transporte helicoportado para el transporte de materiales y equipos para la construcción de las torres. En el Anexo 2-11, se detalla la descripción de los accesos a puntos de estructura.

2.5.2.2 Replanteo

Consiste en la materialización de los corredores por donde se construirá la línea, identificando los sitios de estructuras, se ejecuta con equipo de topografía: estación total y niveles.

2.5.2.3 Despeje de zona de servidumbre

Posterior al replanteo se lleva a cabo el despeje de zona de servidumbre, para permitir el desplazamiento seguro del personal que interviene en la construcción, para esta labor se utilizan herramientas manuales como guadañas, machetes, serruchos y palas, en caso de existir podas o talas, se ejecutan con moto sierras y herramientas manuales.

2.5.2.4 Marcación de sitios de estructuras

La actividad de marcación consiste en la localización y posicionamiento de cada una de las estructuras de la línea, se realiza mediante la utilización de equipo topográfico

2.5.2.5 Excavaciones e instalación de sistemas de Puesta a tierra

Las excavaciones se realizan para poder ubicar las estructuras de cimentación de los postes o torres, consiste en remover el terreno hasta la profundidad indicada en los planos, ya sea manualmente o mediante el uso de retroexcavadoras, de acuerdo con las condiciones existentes localmente, simultáneamente dentro de las excavaciones, se ubican los electrodos y cables que constituyen los sistemas de puesta a tierra, cuyo fin es la protección de la línea de los rayos.

2.5.2.6 Armado de aceros de refuerzo, encofrado y fundición de estructuras de concreto

Posterior a la excavación se realiza la operación de armado de los aceros de refuerzo que se instalan dentro de las estructuras de concreto (zapatas, columnas y pedestales), acto seguido se arma la formaleta con las medidas solicitadas de las estructuras de concreto, para finalmente fundir el concreto aplicándolo dentro de las formaletas.

2.5.2.7 Rellenos con material proveniente de las excavaciones

En el caso de la construcción de cimentaciones para torres, consiste en rellenar las excavaciones posteriormente a la fundición de los concretos, para ello se utiliza el material que se extrajo de la excavación compactándolo por capas, ya sea por medios manuales o con compactador con motor diesel o a gasolina, algún material sobrante se redistribuye (reconformación del terreno) en el sitio de influencia de la estructura. Si se presenta el caso de que la estructura de soporte es poste, no se realiza la labor de relleno y el material de excavación se dispone en sitios previamente aprobados por la autoridad

ambiental para este fin.

2.5.2.8 Armado de estructuras (torres y postes)

La labor de armado de las estructuras consiste en erigir las torres o los postes ensamblando sus partes sobre las cimentaciones previamente construidas, en el caso de las torres se hace el levantamiento armando los elementos de cada una de las caras de la torre en el piso hasta una altura que sea manejable con el equipo y herramientas utilizados que consisten en un cabrestante, poleas, pluma, guayas de acero, diferenciales, perros de sujeción y pernos en U entre otros, se ensamblan las caras uniando los elementos mediante pernos apretando sin llegar a la fuerza de servicio final, para permitir el acomodamiento de las piezas, se ejecuta esta acción cuantas veces sea necesario hasta llegar a la altura final de la torre. Armada la totalidad de la estructura se procede a apretar los pernos dándoles el torque especificado para garantizar las uniones de las piezas.

Para el caso de los postes se ensamblan en sitio izando las partes hasta completar la totalidad del poste, apretando los pernos de ensamble hasta el torque especificado, en la operación de instalación de postes se utiliza: una grúa con brazo hidráulico extensible, eslingas de sujeción, manilas para direccionar la posición de las partes, llaves manuales para apretar pernos, diferenciales, poleas y herramienta menor como alicates, destornilladores, punzones entre otras.

2.5.2.9 Instalación de poleas en estructuras

Esta acción consiste en la instalación de poleas que sostendrán y guiarán los cables sobre los postes o torres, se ubican sobre los brazos de las estructuras con el fin de permitir el deslizamiento de los cables hasta su sitio de sujeción dependiendo el programa de tendido de cables, para esto se utilizan poleas, diferenciales, agarradoras para sujetar el cable, llaves de mano y herramientas menores.

2.5.2.10 Instalación de cables

Una vez ubicadas las poleas se pasan los cables a través de estas, los cables se tensionan con la fuerza establecida en el diseño, se verifica el cumplimiento de las distancias del cable al suelo o posibles obstáculos (cruces de otras líneas, distancias con vías férreas etc.), en esta labor se utilizan: malacate cabrestante, freno con medidor de tensión, diferenciales, agarradoras para sujetar el cable, manilas, llaves de mano y herramientas menores.

2.5.3 Resultados de los estudios de soporte (ejemplo análisis de suelo)

Para calcular la resistencia de los suelos, se practicaron ensayos en los sitios de estructura de las líneas, determinando sus condiciones como tipo de suelo, capacidad portante y cohesividad.

Las perforaciones alcanzaron profundidades comprendidas entre 4,0 y 6,5 m bajo la superficie y sus resultados se complementaron con ensayos de veleta de corte de campo y ensayos de resistencia a la penetración estándar SPT. Se obtuvo buen número de muestras remoldeadas en todas las perforaciones para su clasificación visual y para efectuar en el laboratorio ensayos de clasificación, humedad, expansión y granulometría. En los estratos en que fue posible se obtuvieron muestras inalteradas en tubos Shelby, sobre las que se llevaron a cabo ensayos de consolidación, compresión inconfiada y clasificación. Sobre las muestras remoldeadas también se efectuaron ensayos de PH, cloruros y sulfatos.

Para efectos de la escogencia de las cimentaciones, se clasificaron los suelos en rangos y de acuerdo con el tipo de suelo se determina la cimentación a utilizar.

En la Tabla 2-24 se establecen las capacidades utilizadas de acuerdo al rango en que se encuentre el resultado obtenido en los ensayos.

Tabla 2-24 Capacidad de soporte

| Rangos escogidos de capacidad de soporte (T/m ²) | Capacidad de soporte de diseño (T/m ²) | Tipo de suelo |
|--|--|---------------|
| ≥ 5 y < 10 | 5 | 0 |
| ≥ 10 y < 15 | 10 | 1 |
| ≥ 15 y < 20 | 15 | 2 |
| ≥ 20 y < 25 | 20 | 3 |

Fuente: Adaptada de "Ingeniería & Diseño S.A." por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

2.5.3.1 Línea Norte Sesquilé

En la siguiente tabla se resumen los resultados de tipos de suelo obtenidos de acuerdo con los ensayos realizados en el tramo de la línea Norte-Sesquilé.

Tabla 2-25 Resultados de tipos de suelo línea Norte-Sesquilé

| No. Perforación | Estrato de Apoyo | Tipo de Suelo | Condición S/NS |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| P1-E7 | A | 1 | S |
| P2-E8 | A | 2 | S |
| P3-E9 | B | 3 | S |
| P4-E10 | B | 3 | NS |
| P5-E11 | A | 3 | NS |
| P6-E12 | A | 3 | NS |
| P7-E13 | A | 3 | NS |
| P8-E14 | C | 3 | NS |
| P9-E15 | A | 3 | NS |
| P10-E16 | A | 3 | NS |
| P11-E17 | C | 3 | NS |
| P12-E29 | C | 3 | NS |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

En la columna “No. Perforación” se identifica el número de orden de la perforación y a la estructura que corresponde.

En la columna “Estrato de Apoyo” se indica el tipo de suelo según su característica granulométrica así, un suelo tipo A corresponde a arcillas y arcillas arenosas con lentes de arena, un segundo estrato corresponde a materiales granulares, a arenas finas y arenas limosas denominado suelo B, un tercer estrato corresponde a gravas, piedras y grandes bloques de roca arenisca que se denomina suelo C.

En la columna “Tipo de Suelo” la clasificación del suelo, de acuerdo con lo establecido en la tabla de capacidad de soporte según lo obtenido en los ensayos de laboratorio.

La Columna “Condición S/NS” indica si el estrato de apoyo se encuentra o no en estado de sumergencia es decir con o sin nivel freático presente.

2.5.3.2 Línea Norte-Gran Sabana

En la siguiente tabla se resumen los resultados de tipos de suelo obtenidos de acuerdo con los ensayos realizados en el tramo de la línea Norte-Gran Sabana Tramo 2.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de tipos de suelo obtenidos de acuerdo con los ensayos realizados en el tramo de la línea Norte-Gran Sabana Tramo 2.

Tabla 2-26 Resultados de tipos de suelo línea Norte-Gran Sabana

| No. Perforación | Estrato de apoyo | Tipo de suelo | Condición S/NS |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| P1-E1 | A | 2 | NS |
| P2-E2 | A | 2 | NS |
| P3-E3 | B | 2 | NS |
| P4-E4 | B | 3 | NS |
| P5-E5 | B | 3 | NS |
| P6-E6 | A | 2 | NS |
| P7-E7 | A | 3 | NS |
| P8-E8 | A | 3 | NS |
| P9-E9 | A | 3 | NS |
| P10-E10 | A | 2 | NS |
| P11-E11 | A | 1 | S |
| P12-E12 | A | 0 | NS |
| P13-E13 | A | 1 | NS |
| P14-E14 | A | 0 | S |
| P15-E15 | A | 1 | NS |
| P16-E16 | A | 1 | NS |
| P17-E17 | A | 1 | NS |
| P18-E18 | B | 2 | NS |
| P19-E19 | A | 2 | NS |
| P20-E20 | A | 3 | NS |
| P21-E21 | A | 2 | NS |
| P22-E22 | A | 3 | NS |
| P23-E23 | A | 2 | NS |
| P24-E24 | A | 3 | NS |
| P25-E25 | A | * | NS |
| P26-E26 | A | 2 | NS |
| P27-E27 | A | 3 | NS |
| P28-E28 | A | 2 | NS |
| P29-E29 | C | 3 | NS |
| P30-E30 | A | * | NS |
| P31-E31 | A | 3 | NS |
| P32-E32 | A | 2 | NS |
| P33-E33 | A | 3 | NS |
| P34-E34 | A | 3 | NS |
| P35-E36 | A | 3 | NS |
| P36-E37 | A | 2 | NS |
| P37-E38 | A | 3 | NS |
| P38-E39 | A | 3 | NS |
| P39-E40 | A | 2 | NS |
| P40-E41Y 42 | B | 3 | NS |

| No. Perforación | Estrato de apoyo | Tipo de suelo | Condición S/NS |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| P41-E43 | A | 3 | NS |
| P42-E44 | A | 3 | NS |
| P43-E45 | B | 3 | NS |
| P44-E46 | B | 2 | NS |
| P45-E47 | B | 2 | NS |
| P46-E48 | B | 2 | NS |
| P47-E49 | A | 0 | NS |
| P48-E50 | B | 1 | NS |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

El contenido de las columnas es el mismo que se describe en la Tabla 2-25.

2.5.3.3 Norte-Ubaté

La Tabla 2-27 resume los resultados obtenidos de tipos de suelo, de acuerdo con los ensayos realizados en el tramo de la línea Norte-Ubaté, se debe aclarar que esta línea comparte un tramo inicial con la línea Norte-Zipacquirá, cuyos resultados se relacionaron en el numeral anterior.

Tabla 2-27 Tipos de suelo Norte-Ubaté

| No. Perforación | Estrato de apoyo | Tipo de suelo | Condición S/NS |
|-----------------|------------------|---------------|----------------|
| P20-E30A | A | 3 | NS |
| P21-E32A | A | 3 | NS |
| P22-E36A | A | 1 | S |
| P23-E37A | A | 1 | S |
| P24-E38A | A | 3 | S |
| P25-E41A | B | 2 | S |
| P26-E42A | A | 2 | NS |
| P27-E43A | A | 1 | NS |
| | | | |
| P28-E44A | A | 1 | NS |
| P29-E55A | A | 3 | NS |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

El contenido de las columnas es el mismo que se describe en la Tabla 2-25.

2.5.4 Diseño de estructuras hidráulicas permanentes

No aplica. No se construirán estructuras.

2.5.5 Descripción: longitud y especificaciones técnicas generales de nuevas vías

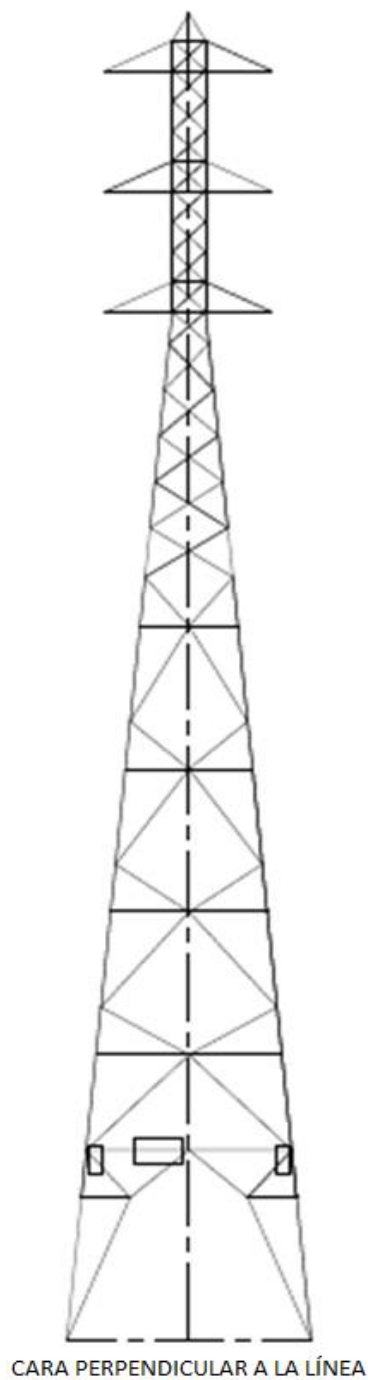
No aplica. No se generan nuevas vías

2.5.6 Descripción de los tipos de estructuras y los cables

2.5.6.1 Estructuras

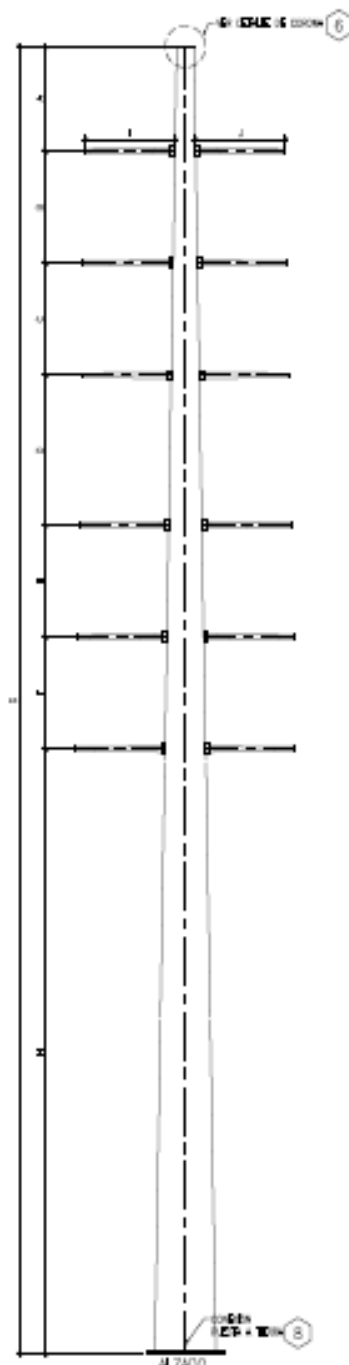
En general se utilizarán estructuras tipo torre en celosía con brazos laterales con alturas variables dependiendo de los vanos y relieve localizados entre las torres; la silueta típica se observa en la Figura 2-37. En los casos en los cuales el diseño ha definido la utilización de postes, serán de tipo autosoportados es decir no se instalarán templete para su apoyo, los cables se instalarán en los brazos laterales (ver Figura 2-38 y Figura 2-39).

Figura 2-37 Silueta de torre en celosía



Fuente: Adaptada de "Ingeniería & Diseño S.A." por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Figura 2-39 Silueta poste cuatro circuitos



Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014

2.5.6.2 Cables

En cuanto a los cables, en la parte superior se instalará un cable de guarda tipo OPGW, con fibra óptica interior, el cable está compuesto por alambres de aluminio con un ducto interno tubular en aluminio donde se alojan los haces de fibra óptica, las características de los cables de guarda se muestran en la Tabla 2-28.

Tabla 2-28 Características cables

| Ítem | Descripción | | Unidad | Designación del cable de guarda |
|------|----------------------------------|----------------|----------------------|---------------------------------|
| 1 | Tipo de cable | | - | OPGW |
| 2 | Material | Núcleo | - | Tubo de Aluminio PBT |
| 3 | | Capas externas | - | Acero - Aluminio |
| 4 | Sección del conductor | Aluminio | mm ² | - |
| | | Total | mm ² | 113 |
| 5 | Cableado hilos de Aluminio | | #x diámetro (mm) | 3x3,50 |
| 6 | Cableado hilos de Acero | | #x diámetro (mm) | 6x3,50 |
| 7 | Número de fibras / Norma | | Cantidad | 24/ITU-T G 652-D |
| 8 | Diámetro del conductor | | mm | 14 |
| 9 | Resistencia en CC a 20°C | | Ω/km | 0,406 |
| 10 | Peso lineal | | kg/km | 547 |
| 11 | Carga de rotura mínima | | kg-f | 7994 |
| 12 | Coeficiente de dilatación lineal | | 1/°C | 15,7x10 ⁻⁶ |
| 13 | Módulo de elasticidad | | kg-f/mm ² | 10826 |

Fuente: Adaptada de "Ingeniería & Diseño S.A." por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Cada circuito de línea lleva tres (3) cables conductores, uno en cada brazo. En las estructuras de doble circuito van instalados seis (6) cables conductores, uno en cada brazo (tres a cada lado de las estructuras) y en las estructuras de cuatro circuitos van instalados doce (12) cables conductores, uno en cada brazo (seis a cada lado de la estructura). El tipo de cable es aluminio AAAC 315, con las características incluidas en la Tabla 2-29.

Tabla 2-29 Características cables

| Ítem | Descripción | Unidad | Designación (Código IEC) del conductor |
|------|----------------------------------|---------------------|--|
| | | | 315 |
| 1 | Material | - | Aleación de aluminio 6201-T81 |
| 2 | Sección del conductor | mm ² | 366 |
| 3 | Número de alambres | - | 37 |
| 4 | Diámetro del conductor | mm | 24.80 |
| 5 | Diámetro de los alambres | mm | 3.55 |
| 6 | Resistencia en CC a 20°C, máx. | Ω/km | 0.0916 |
| 7 | Peso lineal | kg/km | 1008.4 |
| 8 | Carga de rotura mínima | kg-f | 11756 |
| 9 | Coeficiente de dilatación lineal | 1/°C | 23x10 ⁻⁶ |
| 10 | Módulo de elasticidad | kg/ mm ² | 6250 |
| 11 | * Capacidad de corriente a 90°C | A | 930 |

Fuente: Adaptada de “Ingeniería & Diseño S.A.” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

2.5.7 Descripción de los equipos a utilizar en la etapa de construcción

Esta descripción se detalla en el numeral 2.2.7 “Estimativo de maquinaria, equipo y mano de obra requerida”, del presente capítulo.

2.5.8 Descripción de los métodos constructivos e instalaciones de apoyo

Para la construcción de las líneas, se ejecutan dos tipos de obras:

2.5.8.1 Obras civiles

Son ejecutadas con mano de obra, para lo cual se utiliza personal calificado como son topógrafos, cadeneros, supervisores de obra, maestros y oficiales de obra civil que son del personal de planta de la empresa constructora, también se utiliza personal no calificado para ayudantes de obra y oficios varios que generalmente se contrata en la región donde se realizan las obras. Estas obras en gran porcentaje se ejecutan manualmente con ayuda de herramientas menores (palas, picas, barras de hierro,

alicates, bichiroques, serruchos, martillos, almádanas etc.); sin embargo y donde es posible para las excavaciones se utiliza Retroexcavadora, en cuanto a la fabricación de estructuras de concreto en lo posible se utilizará concreto producido en plantas dedicadas al suministro de este material garantizando el cumplimiento de las normas técnicas y ambientales aplicables.

En los sitios que sea necesario mezclar el concreto por no existir un acceso adecuado para el vehículo suministrador de concreto, se adecua el lugar de depósito de agregados y cemento, buscando no intervenir con material vegetal ni cuerpos hídricos, se provee de un sitio aledaño a las excavaciones abierto pero con techo que proteja de la lluvia y evite el desparrame de los materiales, la adecuación de este sitio se elabora con carpas portátiles, protegiendo el suelo con láminas de zinc y polietileno.

Ya para la actividad de relleno, se utiliza el mismo material proveniente de las excavaciones, apisonando con un apisonador provisto de motor a gasolina para garantizar la densidad necesaria en la cimentación.

2.5.8.2 Obras electromecánicas

Posterior a la ejecución de las obras civiles, se procede al montaje de las estructuras (torres o postes) de soporte, consiste en armar las piezas que componen estas estructuras hasta completar su armado y paso seguido la instalación de los cables, para ello se dispone de personal especializado con certificación para estos trabajos y otro personal de apoyo que colabora en oficios como traslado de elementos, halado de manilas, alcance de herramientas y en general oficios que no requieren calificación especial (personal tipo ayudantes) que es empleado en la región.

En esta labor se utiliza un equipo de tensión (fuerza) controlada, compuesto por malacate cabrestante para halado de guayas y equipo de freno dotado con medidor de tensión, prensas hidráulicas portátiles, pulidoras y taladros además se utilizan las siguientes herramientas: gatos hidráulicos, porta bobinas, pluma para izaje, antenallas, poleas, diferenciales, raches, llaves fijas de varias medidas, martillos, almádanas, perros de sujeción, pernos rectos, pernos en U, dinamómetros, termómetros, equipo topográfico.

2.5.8.3 Sitios de acopio temporal

En cada sitio de estructura se tendrá un acopio temporal de corta duración dependiendo de la etapa constructiva; para la obra civil los materiales como cemento, grava, arena, agua y hierro, se llevarán en las cantidades exactas a utilizar y el acopio será de uno a

dos días. Para la etapa de montaje estructural, en el caso de torres se llevarán los elementos de cada torre al sitio de montaje en donde pueden permanecer de uno a tres días. En el caso de los postes, cada poste se llevará al sitio el mismo día en que será montado.

2.5.9 Ubicación con coordenadas y nombre geográfico (sitio, vereda) y características de la planta de triturado, concretos, asfaltos al igual que áreas de beneficio

No aplica. No se prevé este tipo de instalación.

2.5.10 Estimativo de los volúmenes de descapote, relleno y excavación, especificados por obra tipo o actividad

El estimativo de los volúmenes de descapote, relleno y excavación se relacionan en el numeral 2.3 “Trazado y características geométricas”.

2.5.11 Fuentes factibles de obtención de materiales

Los materiales serán suministrados por terceros, que posean título minero y licencia ambiental para la explotación del recurso natural. Las fuentes de obtención de materiales se relacionan en el capítulo 4 “Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales”.

2.5.12 Ubicación sitios de disposición materiales sobrantes

La ubicación de los sitios de disposición de materiales sobrantes se discrimina en el capítulo 4 “Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales”.

2.5.13 Descripción de las fuentes de emisión atmosférica fijas o móviles

Esta información se detalla en el capítulo 3, sección 3, “Línea Base”.

2.5.14 Descripción de las fuentes de emisión de ruido

Esta información se detalla en el capítulo 3, sección 3, “Línea Base”.

2.5.15 Requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales renovables por actividad y tecnologías para el aprovechamiento

El requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales se detalla en el capítulo 4 “Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales”.

2.5.16 Estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida

El estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida se presenta en el numeral 2.2.7 “Estimativo de maquinaria, equipo y de la mano de obra requerida”, del presente capítulo.

2.5.17 Descripción de las condiciones específicas de diseño, tipo de materiales y manejo de contingencias de la zona de almacenamiento de insumos

En cuanto a los materiales de las obras también se distinguen dos tipos: materiales para obras civiles y materiales para obra electromecánica. Para las obras civiles no es necesario tener instalaciones de almacenamiento dentro de los sitios de obra, ya que a medida que se van requiriendo se van llevando a los sitios para su uso inmediato, además se utilizan materiales que previamente han sido manufacturados para su uso, así en el caso del hierro, este se suministra a la medida y en cantidades exactas en cada sitio de estructura, el cemento se carga cuando sea necesario. [Los materiales como cemento, grava, arena, hierro entre otros, se llevarán en las cantidades necesarias a utilizar y el acopio será de uno a dos días.](#)

En lo que se refiere a la obra electromecánica, todos los materiales se acopian en las instalaciones de CODENSA S.A. ESP en Bogotá, de esta forma el constructor solamente dispondrá de estos, cuando los materiales vayan a ser instalados, lo que quiere decir que el constructor no necesita un gran almacén para mantener los materiales; también por la cercanía con centros urbanos, el personal que interviene en la ejecución de los trabajos se alojará en alguno de los centros urbanos cercanos.

Si se presentara alguna eventualidad ya sea de tipo natural o a causa de la intervención del personal de las obras, se procederá de acuerdo con la matriz de riesgos previamente establecida, identificando el entorno geográfico y determinando la ubicación de los centros de atención de emergencias (bomberos, centros de salud, hospitales, IPS, policía etc.) para así tener una respuesta pronta y acertada.

2.5.18 Mantenimiento

El mantenimiento de las líneas de transmisión tiene como fin garantizar el suministro continuo de energía y como tal que la infraestructura funcione en forma óptima, lo que quiere decir para el caso es, mantener las estructuras y cables en condiciones óptimas de funcionamiento. Para lo cual se requiere estar monitoreando continuamente dicha infraestructura, así una vez se detecta algún defecto como por ejemplo desmantelamiento de las estructuras por vandalismo, se procede a sustituir las partes faltantes y así garantizar su funcionalidad también en caso de detectar elementos defectuosos en las estructuras o herrajes se sustituyen por elementos en perfecto estado. El mantenimiento además considera la programación periódica de jornadas de podas de especies que quedando bajo la línea afecten el funcionamiento por acercamiento a los cables conductores.

2.5.19 Actividades de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

Las obras civiles que se ejecutarán son puntualmente localizadas en los sitios de estructuras, de esta forma al terminar dichas obras se ejecuta la labor de recogida de desechos tales como mezcla de concreto, retazos de madera, desechos de plásticos que se dispondrán de manera acorde con las normas ambientales, desalojando el sitio intervenido para que se recupere naturalmente, en cuanto a la afectación por las obras electromecánicas, igualmente se hará limpieza del corredor intervenido cuidando no dejar materiales que puedan afectar el entorno natural.

2.6 Operación y funcionamiento

2.6.1 Descripción de las características técnicas de operación

La operación de la subestación Norte está directamente ligada con El Centro Nacional de Despacho (CND) quien es la que tiene la responsabilidad de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos de generación, interconexión y transmisión del sistema interconectado nacional (SIN). También da las instrucciones a los centros de control regionales y locales para coordinar las maniobras de las instalaciones eléctricas en dicho sistema.

De acuerdo con lo anterior la subestación Norte está relacionada con el CND y con el OR CODENSA S.A. ESP en la operación de los Sistemas de Trasmisión Nacional (STR) y el sistema de Distribución Local (SDL), donde se tiene la responsabilidad de realizar las

funciones establecidas en la Resolución CREG 080 de 1999. Dichas funciones son:

- Planeación operativa eléctrica de corto plazo
- Supervisión operativa
- Coordinación operativa
- Control operativo

Igualmente, 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 la operación de la subestación Norte se tienen cuatro niveles jerárquicos de operación; estos son:

Nivel cero (0): Patio. Está ubicado en los equipos de maniobra “Equipos híbridos”, así como en los gabinetes de ventiladores y cambiador de tomas bajo carga de los transformadores de potencia. Para el control de ventiladores y el cambiador de tomas bajo carga de los transformadores de potencia, el nivel cero (0) será para consigna operativa, de mantenimiento y pruebas.

Nivel uno (1): El control en el nivel uno (1), se realizará con control digital, y estarán ubicadas en los tableros de control y protecciones de la subestación.

Nivel dos (2): Interfaz Hombre Maquina (IHM). Este nivel será creado mediante el software del fabricante y se ubica en la sala de control de la subestación Norte. En La IHM no reside ningún enclavamiento, esta sólo realiza mando y el monitoreo de alarmas y eventos importantes de toda la subestación.

Nivel tres (3): Centro de Control. Desde este nivel tres (3) se opera la S/E desde el centro de control de CODENSA S.A. ESP, a través de la red de comunicación.

2.6.1.1 Operación de protecciones

El sistema de protecciones de la subestación Norte de CODENSA S.A. ESP será de

esquema principal-respaldo. La operación de los relés de protección principal y respaldo será independiente entre ellos.

El SDA debe interconectarse con las protecciones a través de sus puertos de comunicaciones de modo que sea posible tener acceso, desde la IHM, a su configuración, oscilogramas, registros de entradas, procesamiento de datos y alarmas. Las alarmas deben reportarse automáticamente al Centro de Control (nivel 3).

2.6.1.2 Operación de equipos híbridos

La subestación Norte de 115 kV contará con tecnología de equipos híbridos, compactos, aislados en SF6; por lo tanto en dicho equipo se concentra los seccionadores, interruptores, transformadores de corriente, transformadores de tensión, los cuales tendrán los mandos y enclavamientos de los interruptores, seccionadores y cuchillas del tierra de este tipo de subestaciones así como la supervisión del estado de los diferentes componentes principales tanto en los niveles 0, 1, 2 y 3 donde muestre las posiciones de equipos, densidades de SF6 en los diferentes compartimientos, estado de interruptores termomagnéticos, estado de resortes, etc.

2.6.1.3 Operación de protecciones en Líneas de Transmisión de 115 kV

Las protecciones de las líneas de transmisión contarán con la protección de distancia con funciones de comparación direccional de tierra, disparo y recierre tripolar, verificación de sincronismo, sobretensión, supervisión de un circuito de disparo.

Igualmente, contará con la protección sobre corriente direccional de fases; con la unidad local de la protección diferencial de barras de 115 kV con funciones de falla de interruptor, disparo y bloqueo de cierre; un equipo de teleprotección el cual estará comunicado con un equipo de teleprotección instalado en el extremo opuesto.

2.6.1.4 Operación de protecciones del acoplador y seccionamiento barras 115 kV

Las protecciones del acoplador incluyen para su operación relés de sobre corriente de fases y tierra con verificación de sincronismo y supervisión de un circuito de disparo; la unidad local de la protección diferencial de barras de 115 kV con funciones de falla de interruptor (equipo híbrido), disparo y bloqueo de cierre, supervisión de un circuito de disparo. Además, tendrá componentes tales como un juego de relés auxiliares que realizarán la función de respaldo.

2.6.1.5 Operación de protección para barras de 115 kV

La protección de barras está compuesta para su operación de los siguientes componentes:

- Unidad central de la protección diferencial de barras con función de falla de interruptor
- Un juego de relés auxiliares
- Un juego de borneras
- Un juego de interruptores automáticos bipolares para los circuitos de protección, control y fuentes

2.6.1.6 Operación de protecciones para transformador lado 115 kV

Los transformadores de potencia estarán operando con protecciones que contienen los siguientes componentes: Una protección diferencial con supervisión de un circuito de disparo; Una protección de sobre corriente de fases y tierra con supervisión de un circuito de disparo, función de sobre tensión, verificación de sincronismo y entradas para alarmas por fallas en los transformadores. (Para los devanados de baja); dos relés de disparo y bloqueo de cierre. (Uno para cada protección); unidad local de la protección diferencial de barras de 115 kV con funciones de falla de interruptor y bloqueo de cierre; un juego de relés auxiliares; un juego de borneras; un juego de borneras de prueba para tensión y corriente y un juego de interruptores automáticos bipolares para los circuitos de protección, control y fuentes.

2.6.1.7 Servicios auxiliares

Los sistemas de servicios auxiliares en la subestación Norte son esenciales para lograr una operación confiable. Los servicios auxiliares se clasifican en corriente alterna y de corriente directa.

Los servicios auxiliares para el funcionamiento de la subestación Norte están diferenciadas en:

- Alimentaciones no esenciales (que pueden faltar por tiempos prolongados sin afectar el servicio)
- Alimentaciones esenciales (que no pueden faltar sin comprometer el servicio)

A Servicios auxiliares de corriente alterna

Los servicios auxiliares de corriente alterna alimentan cargas como:

- Motores para la operación de cambiadores de tomas bajo carga y ventiladores de transformadores
- Tomas e iluminación de tableros y celdas, equipos de patio y gabinetes concentradores de patio
- Cargadores de baterías para los servicios auxiliares de corriente continúa

B Servicios auxiliares de corriente continua

Los servicios auxiliares de corriente continua de la subestación Norte están conformados por dos cargadores de baterías, dos bancos de baterías y tablero de distribución el cual alimenta cargas como:

- Sistema de control
- Sistema de protección
- Sistemas de comunicación
- Alumbrado de emergencia
- Motores de carga de resortes almacenadores de energía de los equipos híbridos
- Sistema de señalización y alarmas

C Reglas de Oro en la operación:

Las “Reglas de Oro” siempre se deben aplicar por parte del personal que ejecute trabajos sobre elementos desenergizados (líneas, equipos y demás elementos del sistema eléctrico de potencia). Las “Reglas de Oro” se relacionan a continuación:

1. Verificar corte visible
2. Comprobar ausencia de tensión
3. Bloquear y enclavar el elemento de corte y/o de energización
4. Colocar las tierras comenzando por las más cercanas a la fuente normal de tensión
5. Colocar los carteles de aviso de trabajos en el elemento de corte.

2.6.1.8 Operación de un circuito 115 kV para mantenimiento programado en la subestación Norte

Si es el caso de un mantenimiento programado, el Centro de Control verificará el

cumplimiento de las condiciones de la CONSIGNA OPERATIVA, para la iniciación de Maniobras.

Luego de coordinar con XM, y previa autorización de los mismos, El Centro de Control realizara la apertura del circuito a intervenir en coordinación con XM, posteriormente el OR (CODENSA S.A. ESP) realizará corte visible al circuito y se instalará puesta a tierra, siempre y cuando las condiciones topológicas lo permitan. Cuando se hayan efectuado las maniobras, El Centro de Control comunicará a XM la ejecución de las maniobras.

Se debe entregar en consignación el circuito a la persona responsable de la revisión, inicialmente vía radio, de no ser posible se deberá hacer por cualquier otro medio de comunicación disponible, manifestándole claramente que se deben tener en cuenta las reglas de oro (de acuerdo con el RETIE), para labores en electricidad.

Cuando el Ingeniero responsable del mantenimiento confirme estar fuera de línea, entregará la consignación de la línea al Centro de Control, quien luego de confirmado que el personal se encuentra fuera de línea, procederá a comunicarse con XM, para solicitar el cierre del circuito. Cuando XM haya autorizado la maniobra, el Centro de Control hará la solicitud al operador (CODENSA S.A. ESP), de quitar tierra, cerrar seccionador y proceder a realizar ensayo de cierre al circuito.

Terminadas las maniobras el Centro de Control comunica a XM la ejecución de las maniobras, con la hora de cierre; dando por cerrada la consigna operativa.

2.6.2 Mantenimiento

Entre las principales actividades de mantenimiento que se deben realizar durante la etapa de operación de la subestación Norte son las siguientes:

2.6.2.1 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.

2.6.2.2 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.

2.6.2.3 Mantenimiento de aisladores

Durante la etapa de mantenimiento se debe realizar la inspección visual del estado de los aisladores para prevenir los flameos inversos. 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.

2.6.2.4 Mantenimiento de equipos

Los equipos a ser instalados 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 para la subestación Norte:

2.6.2.5 Mantenimiento preventivo

Para que todos los equipos de la subestación eléctrica funcionen correctamente, se les debe realizar un mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se realiza acorde a las políticas que tiene establecida CODENSA S.A. ESP, y de 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.
- El programa de mantenimiento preventivo tendrá unas fechas periódicas de ejecución aprobadas por los directivos.
- El mantenimiento cuenta con un presupuesto discriminado por actividades y estará anexo al programa general de mantenimiento.

2.6.2.6 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 espacio independiente para bodegas de repuestos y algunos 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.

2.6.3 Fuentes de energía y combustibles

En el Anexo 2-12 se relaciona la cantidad de combustible requerido para el desarrollo del

proyecto.

2.6.4 Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, industrial y contingencia

El agua necesaria para el desarrollo del proyecto será suministrada por el acueducto y transportada en carros tanque, por otro lado, el agua para los trabajadores será adquirida en empresas proveedoras de agua que cumplan con los requisitos para consumo humano.

El consumo de agua se relaciona en el numeral 2.2.8 insumos requeridos para el proyecto y se detalla en el capítulo 4.

2.6.5 Costo anual de operación del proyecto

La operación del proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión de 115 kV y Módulos de conexión” tiene un costo de dos mil novecientos setenta y un mil millones cuatrocientos cuarenta y cuatro mil quinientos sesenta y dos pesos con 50 centavos al año 2015 (\$ 2.971.440.562,50)

2.6.6 Información de la disposición final de residuos generados

Tanto en la fase de construcción como en la fase de operación de la subestación y líneas de transmisión, se generarán residuos sólidos domésticos e industriales; estos últimos de tipo peligroso como no peligros, sin embargo, la mayor generación de residuos está asociada a la fase de construcción.

Durante la fase de construcción se generarán residuos domésticos asociados con el consumo de alimentos y bebidas, el uso de unidades sanitarias y la preparación de alimentos. Para el manejo de estos residuos se implementará un sistema que permita la separación de los materiales reciclables, los orgánicos y los residuos ordinarios (para disposición en el relleno sanitario).

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.

La disposición final de residuos generados en las diferentes etapas se realizará en sitios autorizados.

Para el manejo de los residuos peligrosos (RAEE, residuos contaminados con combustibles etc..) en las actividades de construcción y operación de la subestación y líneas de transmisión, se tiene en cuenta lo estipulado en el Decreto 4741 del 30 de Diciembre de 2005, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por medio del cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral y el documento corporativo “Gestión de residuos de CODENSA S.A. ESP”.

La información de la disposición final de residuos generados se detalla en el capítulo 4 – Demanda, uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales).

2.7 Disposición final

Se deberá separar el material apto para rellenos y verificar si tiene las especificaciones para utilizarlo en el terraplén. El resto de material, en especial los suelos orgánicos y las arcillas de alta plasticidad, será desechado. Los materiales sobrantes o de desecho se trasladarán hacia sitios de disposición autorizados (ver escombreras autorizadas en el Capítulo 4- Demanda, uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales). El material sobrante está conformado en gran parte por el descapote inicial que se realiza al área que ocupará el terraplén el cual corresponde a la primera capa de material orgánico de un promedio de 30 centímetros, lo cual da un volumen de 11.059 m³. El material de escombro se estima en 20 m³ que corresponde a sobrantes de material de construcción y empaques de equipos y materiales.

Se resalta que para el manejo adecuado de los residuos se contrataran los servicios de aprovechamiento, recuperación, tratamiento y/o disposición final, con empresas que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente.

En general, la disposición de los residuos se contratará con externos que deben contar con la Licencia Ambiental vigente para la prestación del servicio. Para las actividades contratadas, se debe conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de 5 años.

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.

2.8 Identificación y estimación básica de los insumos

La identificación y estimación de los insumos necesarios para el desarrollo del proyecto se presentan en el numeral 2.2.11- Insumos requeridos para el proyecto y el estimativo de la maquinaria, el equipo y de la mano de obra requerida se presenta en el numeral 2.2.7 “Estimativo de maquinaria, equipo y mano de obra requerida” del presente capítulo.

2.9 Riesgos inherentes a la tecnología a utilizar

Los riesgos asociados al desarrollo del proyecto se presentan en el Capítulo 10 correspondiente al Plan de Contingencias.

2.10 Objetivos y necesidades a satisfacer

Con la entrada en operación de la subestación Norte se logrará dar cubrimiento a la creciente demanda de energía prevista para los próximos años, donde dicha demanda proviene del crecimiento de viviendas residenciales, del aumento del comercio y la evolución del sector industrial en la sabana, que a continuación se describe:

En lo residencial existe la necesidad de satisfacer el cubrimiento a la futura demanda de energía que desarrollara las políticas locales y nacionales para cubrir al gran déficit de vivienda que tiene la región del distrito capital y de la sabana que con políticas de Bogotá Humana y con políticas nacionales se aspira a dar cubrimiento con la construcción de 70.000 viviendas de interés prioritario (VIP). Igualmente se proyecta el crecimiento de viviendas sin VIP.

Los municipios aledaños a Bogotá presentan gran dinamismo en el crecimiento industrial. Muchos de los municipios han plasmado como objetivo del POT el atraer la industria, el comercio y los servicios en un mediano plazo, por lo cual resulta imperativo para CODENSA S.A. ESP la necesidad de prepararse para la demanda futura que traerá los esfuerzos de los municipios de la sabana de Bogotá.

Uno de los crecimientos de la demanda de energía más destacados en la región de la subsabana es la realizada por el municipio de Tocancipá que paso de concentrar el 16% del consumo industrial en el año 2009 al 21% en el 2012. Para los años futuros se pronostica mayor concentración de industrias y por ende mayor consumo de energía

eléctrica.

Otro de los municipios que registró un gran crecimiento excepcional en el consumo industrial entre los años 2009 al 2012 es el municipio de Gachancipá con un 233%, dato revelado en por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI).

El sistema de Transmisión Regional de 115 kV de la ciudad de Bogotá D.C., como quedó dicho, debe ser reforzado a fin de atender al crecimiento poblacional, comercial e industrial en el entorno, mediante la construcción de una nueva subestación en la zona norte de la ciudad para recibir energía desde el sistema de 230 kV a través de cuatro bancos de auto transformadores de 300 MVA cada uno de relación 230 / 120 / 13,8 kV, de los cuales iniciara con la operación en su primera etapa con dos bancos de autotransformadores.

Otro de los objetivos que se lograra con la entrada en operación de la subestación Norte es lograr el desarrollo integral de un sistema robusto para el norte de Bogotá, al lograr que la subestación Norte de 115 kV, se interconecte a la red de transmisión regional a través de cuatro líneas hacia las subestaciones de Sesquilé, Zipaquirá, Ubaté y Gran Sabana.

2.11 Costos del proyecto

El proyecto “Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de Conexión” tiene un costo total de Ciento treinta y siete mil ciento dieciocho millones novecientos veintitrés mil trescientos cuarenta y dos pesos con cincuenta centavos (\$ 137.118.923.342,⁵⁰).

2.12 Cronograma del proyecto

En el Anexo 2-13 se presenta el cronograma del proyecto en cuanto a obras civiles y electromecánicas, telecontrol y comunicaciones. De acuerdo con los tiempos establecidos para el desarrollo del proyecto se tienen los siguientes periodos:

1- Construcción Subestación

FECHA DE INICIO: 13/12/2016

FECHA DE FINALIZACIÓN: 15/05/2018

| | |
|------------------------------------|----------|
| - Obra Subestación: | 326 días |
| - Obras Conexas y complementarias: | 132 días |
| - Certificación RETIE: | 273 días |
| - Telecontrol y Comunicaciones: | 54 días |

- Pruebas SAT: 297 días
- Puesta en Servicio: 260 días

2- Construcción Líneas de Transmisión

FECHA DE INICIO: 29/08/2017

FECHA DE finalización: 03/04/2019

Tiempo Total: 417 días

- Obras Corredor Norte-Sesquilé 115 kV: 271 días
- Corredor Norte-Zipacquirá-T Peldar 115 kV: 386 días
- Corredor Norte-Ubate 115 kV: 308 días
- Corredor Norte-Gran Sabana 115 kV: 417 días

Las obras inician con la construcción de la subestación y posteriormente la construcción de las líneas de transmisión.

2.13 Estructura organizacional del proyecto

En el Anexo 2-14 se presenta la estructura organizacional del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de Conexión*”.