



### Anexo Técnico

## “ADQUISICIÓN DE DOS SUBESTACIONES RECTIFICADORAS CON CUBÍCULO CONTENEDOR, CINCO INTERRUPTORES UR Y ACCESORIOS” (REQUISICIONES 2024)

Fecha de corte: 4 de julio de 2024

Fecha de liberación: 27 de agosto de 2024

Part. No.	Código/ Part. Presp.	Descripción	Unidad	Cantidad	Req.-Part.
1	3401213	<b>SUBESTACION ELÉCTRICA RECTIFICADORA</b> Deberá considerar la adquisición, diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio. De acuerdo con las características establecidas en la Especificación Técnica No. <b>SIN-GMI-3401213</b> .	Pieza	2	301

#### Requerimientos Documentales para Valoración Técnica

- 1) El Participante deberá desarrollar en su propuesta técnica los alcances del bien ofertado con lo cual compruebe el cumplimiento, sin omisión alguna, de lo solicitado en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**.
- 2) El Participante deberá presentar currículum de su empresa, así como del personal propuesto para la implementación del proyecto, mediante el cual demuestre, que cuenta con la experiencia, equipo y personal capacitado para el suministro, diseño, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes, conforme a lo solicitado en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**, debiendo integrar los siguientes documentos:
  - a) Original y copia para cotejo o Copia certificada de **un contrato** cuyo objeto corresponda el suministro, diseño, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes, con una antigüedad no mayor a cinco años contados a partir de la fecha de presentación de las propuestas técnicas.
- 3) El Participante deberá presentar en papel membretado de su empresa, debidamente firmado por su Representante Legal, la relación de los equipos necesarios para la correcta implementación de dos subestaciones rectificadoras con cubículo contenedor, cinco interruptores UR y accesorios, debiendo indicar la marca, modelos, cantidades, número de parte y/o referencia, características y aplicación de los equipos ofertados. Adicionalmente, deberá presentar de forma impresa, la información técnica emitida por el fabricante de los equipos, mediante la cual, demuestre que los bienes cumplen con las características de principio y funcionalidad, conforme a lo establecido en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**, considerando lo siguiente:
  - a) La información técnica (catálogos y/o fichas técnicas) deberá presentarse en original y/o copia y deberá ser emitida por el fabricante del producto ofertado.
  - b) La transcripción simple de la información contenida en el presente Anexo Técnico no será considerada como Información Técnica para valoración.
  - c) La información referida deberá ser legible y presentarse en idioma español. Cuando la información se encuentre en un idioma diferente al español esta deberá estar acompañada de la traducción simple.
- 4) El Participante deberá presentar escrito en papel membretado de su empresa, debidamente firmado por su representante legal, mediante el cual manifieste bajo protesta de decir verdad que:
  - a) Conoce y acepta el cumplimiento de la garantía de servicio solicitada en el **punto 2.9** de la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**.
  - b) Conoce y acepta que será el único responsable de la entrega de las **2 subestaciones** rectificadoras por medio de vehículos propios y con personal capacitado, así como de los accesorios en su empaque original.
- 5) La omisión o discrepancia en cualquiera de los requerimientos solicitados en cada uno de los puntos anteriores, así como los establecidos en la especificación técnica No. **SIN-GMI-3401213** será motivo de incumplimiento técnico



Anexo Técnico

“ADQUISICIÓN DE DOS SUBESTACIONES RECTIFICADORAS CON CUBÍCULO CONTENEDOR, CINCO INTERRUPTORES UR Y ACCESORIOS” (REQUISICIONES 2024)

Fecha de corte: 4 de julio de 2024

Fecha de liberación: 27 de agosto de 2024

Elaboró

Adriana Marcela López Pérez
Subgerencia de Ingeniería

Revisó

Mtro. Carlos Kegel Pacheco
Subgerente de Ingeniería

Aprobó

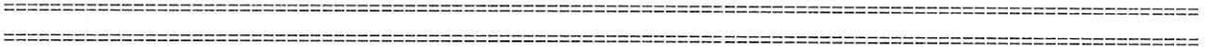
Juan David Montaña Cárdenas
Gerente de Ingeniería y Tecnología

Aprobó

Mtro. Marco Antonio Morales García
Subgerente de Mantenimiento a Subestaciones y Despacho de Carga

Aprobó

Ing. Alberto Prom Y Arteaga
Gerente de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía





Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

## GERENCIA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

### SUBGERENCIA DE INGENIERÍA

#### ESPECIFICACIÓN TÉCNICA NÚMERO

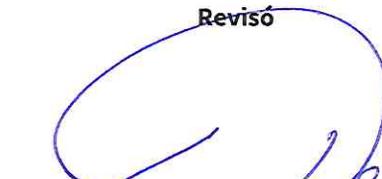
**SIN-GMI-3401213**

### “ADQUISICIÓN DE DOS SUBESTACIONES RECTIFICADORAS CON CUBÍCULO CONTENEDOR, CINCO INTERRUPTORES UR Y ACCESORIOS”

Elaboró

  
Adriana Marcela López Pérez  
Subgerencia de Ingeniería

Revisó

  
Mtro. Carlos Kegel Pacheco  
Subgerente de Ingeniería

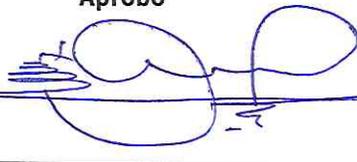
Aprobó

  
Juan David Montaña Cárdenas  
Gerente de Ingeniería y Tecnología

Aprobó

  
Mtro. Marco Antonio Morales García  
Subgerente de Mantenimiento a Subestaciones y Despacho de Carga

Aprobó

  
Ing. Alberto Prom Y Arteaga  
Gerente de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

## Glosario de abreviaturas

- A:** Amperes. Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica (flujo de electrones a través de un material conductor).
- A/H:** Ampere / Hora, cantidad de corriente eléctrica que circula por cada hora. Se utilizan para precisar la capacidad de una batería o cualquier dispositivo de almacenamiento de energía.
- ADIF:** Administrador de Infraestructura Ferroviaria. Es una entidad pública empresarial española dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana que tiene como objetivo la construcción de líneas de ferrocarril y la gestión de su explotación.
- ANSI:** American National Standards Institute. Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, tiene por objetivo crear uniformidad para las mercancías y los procesos de la industria.
- AWG:** American Wire Gauge. Sistema estadounidense estandarizado, diseñado para medir diámetros o áreas de secciones transversales de alambre.
- AZL:** Apartarrayos de línea con entrehierro en aire. Equipo de protección contra sobre voltaje procedente de descargas atmosféricas, comúnmente utilizado en sistemas de subtransmisión o distribución eléctrica.
- BIL:** Basic Insulation Level, Nivel Básico de Aislamiento al Impulso, es una medida de la capacidad de un material aislante para soportar un nivel de voltaje determinado sin sufrir una falla eléctrica.
- CFE:** Comisión Federal de Electricidad. Es una empresa pública de carácter social que provee energía eléctrica, telecomunicaciones e internet. Es una empresa productiva del Estado, propiedad exclusiva del gobierno federal con personalidad jurídica y patrimonio propio.
- EPROM:** Erasable Programmable Read-Only Memory. Memoria de solo lectura reprogramable. Se programan mediante impulsos eléctricos y su contenido se borra exponiéndolas a la luz ultravioleta, de manera tal que estos rayos atraen los elementos fotosensibles, modificando su estado.
- EPR:** Etileno Propileno, polímero que se utiliza como aislante de conductores eléctricos.
- GCS:** Gabinete de Control y Señalización. Es un compartimiento metálico donde se resguardan los dispositivos para el control y señalización de elementos que conforman la subestación, como pueden ser tableros, relevadores, controladores programables o el respectivo cableado de estos.
- GMT:** Gabinete de Media Tensión. Compartimiento metálico que alberga todo el equipo que forma parte del circuito de media tensión, como pueden ser interruptores, equipo de medición, seccionadores, etc.
- Hz:** Hertz, unidad de medida para la frecuencia eléctrica.
- IEC:** International Electrotechnical Commission. La comisión Electrotécnica Internacional es la organización de normalización líder en el mundo que desarrolla y publica estándares internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y relacionadas.
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es la sociedad técnico-profesional más grande y prestigiosa del mundo, dedicada a promover y divulgar los avances científicos en las áreas de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Energética, Informática y afines.
- KA:** Unidad de intensidad de eléctrica correspondiente a mil amperios. 1 kA equivale a  $1 \times 10^3$  amperes.
- KCM:** Nos indica el área transversal de los conductores eléctricos en "mil circular mil". El "circular mil" es una unidad equivalente al área de un círculo con un diámetro de una milésima de pulgada, el sufijo "K" denota kilo o 1000.
- kV:** Unidad de medida de la tensión eléctrica equivalente a mil volts. 1 kV equivale a  $1 \times 10^3$  volts.
- kVA:** Unidad de medida de potencia aparente equivalente a mil volt-ampere. 1 kVA equivale a  $1 \times 10^3$  volt-ampere.
- kW:** Se refiere a la cantidad de energía que un dispositivo eléctrico consume en un momento dado, representa la rapidez con que se consume la energía. Se mide en kilowatts, 1 kW equivale a  $1 \times 10^3$  watts.
- LDTP:** Cuchilla desconectadora de operación con carga. Es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico, estas se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se pueden operar con carga. Proporcionan un elemento de seguridad imprescindible para las instalaciones.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

**MOV:** Varistor de Oxido Metálico. Dispositivo semiconductor pasivo de dos terminales que se utiliza para proteger circuitos eléctricos y electrónicos contra sobretensiones, para aplicaciones de CC como de CA.

**μSEG:** microsegundo, es la millonésima parte de un segundo. 1 μseg equivale a  $1 \times 10^{-6}$  segundos.

**MVA:** Unidad de medida de potencia aparente. 1 MVA equivale a  $1 \times 10^6$  volt-amperes.

**NEMA:** National Electrical Manufacturers Association. Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), es la asociación de fabricantes estadounidenses de equipos eléctricos que define el principal conjunto de normas de construcción para Estados Unidos y Canadá.

**NOM:** Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminologías y las que se refieren a su cumplimiento y aplicación.

**OA:** Sistema de enfriamiento interno por aceite (Oil) y externo por aire (Air).

**OAF:** Sistema de enfriamiento interno por aceite (Oil) y externo forzado por aire (Air, Forced).

**PCC:** Puesto Central de Control. Centro de monitoreo donde se coordina la operación de las líneas de trolebuses, así como la línea de tren ligero.

**PLC:** Programmable Logic Controller. Controlador Lógico Programable. Son dispositivos electrónicos muy utilizados en automatización industrial, un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales analógicas y digitales y pueden aplicar estrategias de control.

**RTU:** Remote Terminal Unit. Mediante un dispositivo RTU es posible controlar y automatizar distintas instalaciones. Se pueden gestionar equipos físicos a distancia y comunicarlos con sistemas de control e integración como SCADA.

**SCR:** Rectificador controlado por silicio ("Silicon Controlled Rectifier"). Dispositivo semiconductor de control de corriente, formado por 4 capas y tres terminales, se utiliza principalmente para controlar altas potencias y convertir corrientes de CA en corrientes de CC.

**SER:** Subestación Eléctrica Rectificadora. Convierte la energía de corriente alterna a energía de corriente directa.

**SF6:** Hexafluoruro de azufre (SF6), es un gas inodoro, incoloro, ininflamable y no tóxico que, debido a sus cualidades dieléctricas, es el principal fluido que se incorpora en los aparatos electrotécnicos,

**STE:** Servicio de Transportes eléctricos. Es un organismo público descentralizado que se encarga de operar la línea de tren ligero y las líneas del trolebús y Cablebús de la Ciudad de México.

**TC:** Transformador de corriente. Son aquellos en los cuales la intensidad en el secundario es, en las condiciones normales de operación, directamente proporcional a la intensidad en el primario y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de la polaridad de las conexiones.

**TCC:** Tablero de corriente Continua. Tablero para acceso al equipo perteneciente al circuito de corriente continua, como pueden ser interruptores, terminales para equipo de control, apartarrayos, relevadores, entre otros elementos.

**TK:** Telecontrol. Señales de mando generadas por el controlador lógico programable de manera remota que permite la adquisición de información referente al estado operativo de la subestación.

**TM:** Telemida. Sistema que permite establecer una comunicación a distancia con un medidor para fines de tomar la información registrada del mismo.

**TP:** Transformador de potencial. Son aquellos en los cuales la tensión en el secundario es, en las condiciones normales de operación, directamente proporcional a la tensión en primaria y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de la polaridad de las conexiones.

**USG:** U.S. Gauge, escala de medición de grosor de láminas metálicas.

**VCA:** Voltaje de Corriente Alterna. Cambia de sentido con una frecuencia determinada produciendo un campo magnético variable, en sistemas de generación y distribución de potencia se utilizan 60 Hz, según la aplicación

**VCC:** Voltaje de Corriente Directa. Fluye de forma constante en una dirección y genera un campo magnético constante.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

## 1. OBJETIVO

Establecer los alcances y especificaciones técnicas para la adquisición, diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de **dos (2) Subestaciones Eléctricas Rectificadoras (SER)** para transformar una tensión de **23 KV** en corriente alterna a **600 V** en corriente directa, a fin de proporcionar el suministro eléctrico de tracción a la Línea Elevada (Catenaria) de la **Línea 12 de Trolebuses "Aztecas" (La Línea)**, a través de **5 interruptores extra rápidos**, con una potencia final de cada Subestación Eléctrica Rectificadora de 2000 KW.

## 2. ALCANCES

### 2.1. Descripción de la operación

Cada **SER** estará energizada por una fuente de alimentación eléctrica de **23 KV, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.** provenientes de la Red de Distribución Eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Suministrador Servicios Básicos, con una variación admisible de **±10%**.

La alimentación normal de las **SER** será a través de un bus que asegure el correcto funcionamiento de éstas en el proceso de transformación de la tensión de **23 KV en corriente alterna a 600 V en corriente directa**, proporcionando el suministro eléctrico de tracción a la Línea Elevada (Catenaria) a través de 5 interruptores extra rápidos. La potencia final de cada **Subestación Eléctrica Rectificadora será de 2000 kW** en régimen permanente con una capacidad de **sobrecarga de 150%** durante **dos horas** y de **200%** durante **un minuto** (aún después de la sobrecarga de 150% durante dos horas) ningún componente de la subestación deberá presentar daño alguno.

### 2.2. Características de los equipos (aparataje eléctrica)

Cada una de las **SER** deberán ser consideradas del tipo compacta de conversión móviles, integradas por una estructura de uno o varios contenedores metálicos que contenga todos sus elementos, distribuidos de tal forma que permitan su ágil y óptima instalación, así como garantizar que los procesos de transformación y distribución de energía eléctrica se realicen de manera segura y eficiente.

Puede considerarse un contenedor o un arreglo de contenedores, distribuidos de acuerdo al arreglo eléctrico del fabricante en cabinas de **media tensión, transformador, rectificador, transformador de servicio auxiliar, tableros de CC, tablero de distribución de baja atención, sistema de automatización y control, cargador de batería y otros dispositivos auxiliares**, todo de manera modular construido en fábrica y sometidos a pruebas según lo previsto por la **Comisión Electrotécnica Internacional**, para lo cual se deberá presentar marco normativo aplicable. Los contenedores que integren las **SER** deben ser instalados en los sitios destinados para tal efecto a lo largo de **La Línea** a nivel de suelo, considerando un ancho máximo de 4 metros, con una longitud de 25 metros lineales, teniendo una longitud utilizable de 20 metros, pudiendo utilizar los claros que de acuerdo con el diseño de la subestación se consideren necesarios. Los alojamientos se realizarán una vez determinadas las características dimensionales de los contenedores de las **SER** ofertadas.

El equipo deberá integrarse en compartimientos que cumpla con los requerimientos de espacio mínimo y fácil acceso para efectos de la aplicación del mantenimiento correspondiente, respetando la normatividad aplicable de seguridad para instalaciones eléctricas. Las posiciones de los compartimientos deberán posicionarse en una



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

secuencia lógica de operación para optimizar el arreglo de cada **SER**. Así mismo, se deberá disponer de accesos interiores para dar servicio de mantenimiento e inspección a los componentes.

Cada **SER** deberá estar conformada por los siguientes equipos principales:

- a. Gabinete de mediana tensión 25 kV (GMT)
- b. Un Transformador de Potencia de 2225 kVA
- c. Un transformador de Servicios de capacidad 25 kVA
- d. Un rectificador de capacidad 2000 kW
- e. Seccionadores Positivo y Negativo
- f. Un Interruptor Principal Extra Rápido ER-54
- g. Cinco (5) Interruptores Extra-Rápidos de Línea
- h. Tablero de Corriente Continua (TCC), para 5 Interruptores derivados
- i. Un cargador y banco de baterías de 120 A/H
- j. Un Gabinete de Control y Señalización (GCS)
- k. Relevadores de Protección y Coordinación de Protecciones
- l. Otros componentes
- m. Una Interfaz de **SER** con Sistema de Mando Centralizado

Los componentes ya ensamblados para operación no deben tener aberturas que permitan la entrada accidental de objetos. El arco eléctrico producido en operaciones normales y de extinción de falla debe controlarse de tal forma que no ponga en peligro al personal, equipos y estructura y acabados de la **SER**. Todas las superficies de lámina y estructurales de acero no inoxidable, deberán estar pintadas. Las superficies de todos los equipos deben ser tratadas con inhibidor de corrosión, una cubierta fosfatada y la aplicación de dos capas de pintura gris clara semivitrificada color ANSI 61. Cada tablero será totalmente ensamblado, alambrado y probado en fábrica (**pruebas FAT**), **por lo tanto, deberá de presentarse protocolo de pruebas aplicables a cada sistema**. Todos los aparatos como tableros, fusibles, etc., deberá contar con placa de identificación en idioma español, de acero inoxidable con superficie mate y letras negras, fijadas con remache pop.

Se deberá considerar la integración de dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas de los rectificadores y los interruptores de circuitos de alimentación de CA y CC, a fin de que los interruptores se disparen cuando las puertas se abran y evitar un accionamiento de cierre cuando las puertas estén abiertas.

Los gabinetes deberán contar con orejas de maniobra removibles en la parte superior para efectos de maniobra y montaje.

### 2.2.1. Gabinete de mediana tensión (GMT)

Los equipos que forman el mecanismo de desconexión de CA deberán estar alineados al frente en gabinetes de forma independiente, el ensamble del interruptor será del tipo de cubierta metálica blindada (metal clad), 200 A, 25 kV, 60 Hz. Tendrá interruptores de circuito al vacío que se sacaran horizontalmente. Tanto el mecanismo de desconexión como el interruptor de circuito tendrán un nivel básico de impulso (BIL) de 95 kV ya sea individualmente o como una unidad.

Todo el mecanismo de desconexión, incluyendo los interruptores de circuito al vacío, medidores, elevadores, etc., deberán ser probados en fábrica y los interruptores de la misma capacidad deberán ser **100%** intercambiables. Los interruptores de circuito y barras serán de **200 A** con función interruptiva y capacidad dieléctrica de acuerdo



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

con la ANSI C37.20 y C37.06 (ratings) o equivalente. El **GMT** deberá ser ensamblado para formar una estructura rígida, auto soportada, en lámina calibre 12 USG, con cubiertas y separaciones metálicas de lámina de acero calibre 14 USG entre las unidades de interrupción. Los compartimientos que lo integran serán los siguientes:

- a. **Celda de medición:** Celda destinada para alojar el equipo de medición y control (Tp's, Tc's) de **CFE**.
- b. **Celda de cuchilla sin carga (de paso):** Destinada para alojar una cuchilla de operación sin carga, primer medio de seccionamiento, la cual va instalada en la parte superior de la celda, compartiendo conexión y espacio con la celda del seccionador para reducir las dimensiones generales del arreglo a las mínimas requeridas. La celda de cuchilla de paso tiene como función principal aislar la sección con carga (alimentación) del resto de las celdas, una vez que se ha abierto el seccionador de operación con carga (**LDTP**), dando la facilidad de poder hacer mantenimiento en todos los equipos conectados en la misma línea incluso en el seccionador principal de operación con carga. Asimismo, deberá contar con seccionador de puesta a tierra, el cual accionará coordinadamente con lógica inversa a la cuchilla de operación sin carga.
- c. **Celda de seccionador con apartarrayos, Transición y Transformadores de Instrumento TP's y TC's:** Celda de conexión del segundo medio de seccionamiento, contempla protección con tres apartarrayos del tipo distribución uso rudo, tecnología **MOV** igual o equivalente al varistor tipo **AZL** de Me Graw-Edison, según normas ANSI/IEEE C62-11/86 e IEC-99-1/70. Celda que cuenta con una cuchilla desconectadora de operación con carga, la cual está diseñada para instalarse lateralmente disponiendo los mecanismos de apertura rápidos para una operación directa desde la parte frontal de la subestación, evitando el uso de transmisiones u otros mecanismos de operación que eventualmente presenten problemas de desajuste. Deberá disponer de fusibles limitadores de capacidad 80 A, 25 kVca, extraídos lateralmente con un diseño de bases de sujeción (clips) en ángulo de 60°. Asimismo, se encuentra la conexión de los **TP** por fase relación de transformación de 14,400/120 VCA, aislamiento clase H, 25 kV, 60 Hz, precisión de 0.3 a 1%, **BIL** 95 kV; **TC's** por fase relación de transformación 100:5 aislamiento clase H, 15 kV, 60 Hz, precisión de 0.3%, **BIL** 95 kV, según cálculo de coordinación de protecciones e instrumentos de medición necesarios.
- d. **Celda de Interruptor de circuito de CA:** Destinada para alojar el interruptor de distribución que energiza el circuito que conecta al **TP** de 2225 kVA, deberá ser al vacío o en **SF6** para 25 KV, 60 Hz, 200 A, capacidad interruptiva máxima de 23 kA simétricos, clase 25 kV, 500 **MVA**, **BIL**: 95 kV.
- e. **Celda de seccionador:** Destinada para alojar una cuchilla desconectadora de operación con carga tipo **LDTP**, diseñada para instalarse lateralmente disponiendo los mecanismos de apertura rápidos para una operación directa desde la parte frontal de la subestación, evitando el uso de transmisiones u otros mecanismos de operación que eventualmente presentan problemas de desajuste. Deberá disponer de fusibles limitadores de capacidad de 6 A, que serán extraídos lateralmente con un diseño de bases de sujeción (clips) en ángulo de 60°. Esta celda energizará al Transformador de servicios de 25 kVA.

La estructura deberá soportar sin daño los esfuerzos mecánicos producidos por una corriente de corto circuito de hasta 23 kA simétricos. Debiendo contemplar las siguientes consideraciones:

- f. **Compartimiento del interruptor de circuito de CA:** Este compartimiento deberá estar diseñado para alojar un interruptor de **SF6** o en vacío para 25 kV (52), que se extrae horizontalmente. Los contactos estacionarios de desconexión primaria deberán ser construidos de cobre con un baño de plata. Todos los dedos de contacto móviles y resortes serán montados en el interruptor donde puedan ser inspeccionados fácilmente. Las



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

entradas a los contactos de desconexión fijos serán cubiertos automáticamente por una persiana cuando el interruptor se saque a la posición de prueba, a la posición desconectado o se retire del compartimiento.

- g. **Conexión eléctrica cableado a barras:** Cuando se disponga de cableado aislado para mediana tensión, tanto de llegadas, como de salidas del tablero, los cables se conectan por medio de terminales (conos de alivio) y zapatas aplicadas sobre el conductor a compresión para su conexión a los buses de cada fase formados por barras de cobre de alta conductividad, aisladas a base de resina epóxica y barniz dieléctrico rojo. Estas barras cruzan a los compartimientos de los interruptores a través de soportes aislantes.
- h. **Disposición de Compartimiento:** Serán fabricados en perfiles de lámina de acero rolada en frío, diseñado para lograr una alta resistencia mecánica, estará separado y aislado por barreras metálicas de placa de acero pintadas calibre 14 USG. Este compartimiento constará de secciones con acceso por la parte posterior del tablero y cubiertas por placas de acero atornilladas y desmontables.
- i. **Puertas y panel interiores:** Los relevadores, medidores, instrumentos, interruptores de control, etc., deberán estar dispuestos en un panel con bisagras para cubrir el frente. El compartimiento de cables tendrá un panel desmontable. Todas las superficies deberán ser fosfatadas y pintadas al horno con esmalte epóxico gris claro, ANSI 61.
- j. **Interruptores de circuito:** Los interruptores de circuito deberán ser al vacío o en **SF6** para 25 kV, 60 Hz, 200 A, capacidad interruptiva máxima de 23 kA simétricos, clase 25 kV, 500 MVA, **BIL:** 95 kV. Todos los interruptores de circuito de igual capacidad deberán ser completamente intercambiables. El interruptor de circuito deberá operar por medio de un mecanismo de energía almacenada, el cual se cargará normalmente con un motor universal, pero también deberá poder cargarse con una palanca manual para cierre de emergencia o de prueba. El mecanismo deberá estar arreglado de tal forma que la velocidad de cierre y apertura de contactos sea independiente, tanto del voltaje de control como del operador manual. El interruptor de circuito debe ser trifásico y equiparse con contactos secundarios desconectores, los que se conecten automáticamente en las posiciones de operación y prueba para completar el circuito. El interruptor de circuito tendrá medios para desplazarse hacia dentro y fuera del compartimiento, así como posiciones intermedias; deberá proveerse con un bastidor estructural retráctil, integrado al arreglo de cada una de las celdas superiores con la finalidad de facilitar las maniobras de montaje. Debe proveerse con una protección que haga imposible que desplace un interruptor de circuito cerrado a /o desde cualquier posición, deberá contar además con una protección que asegure la descarga automática de los resortes de cierre cuando el interruptor entre o salga del compartimiento. El voltaje de control del interruptor de circuito debe ser de 110 VCC. Por ningún motivo, el circuito de alta tensión podrá quedar cerrado y conectado, cuando el interruptor se encuentre en las posiciones de abierto, prueba o desconectado.
- k. **Transformadores de instrumentos:** Los transformadores de corriente (**TC**) deberán contar con las siguientes características: Relación de 100/5, aislamiento clase H, 15 KV, 60 Hz, precisión de 0.3%, **BIL** 95 kV, según cálculo de coordinación de protecciones e instrumentos de medición necesarios.

Los **TP** deberán ser de las siguientes características: Relación de transformación de 14,400/120 VCA, aislamiento clase H, 25 kV, 60 Hz, precisión de 0.3 a 1 %, **BIL** 95 kV, según cálculo de coordinación de protecciones e instrumentos de medición necesarios. Deberán ser del tipo inductivo para uso en tablero y deberán proveerse fusibles del lado primario y secundario para protección y desconexión de instrumentos durante pruebas. Por seguridad, el punto central del devanado deberá conectarse a tierra. Las normas de referencia son ANSI C57.13/1978, C12/1982, C39.1/1981 estándar 242/1986, VDE/0414/78 o equivalentes.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- l. **Alambrado de control:** El calibre del alambrado del mecanismo de desconexión debe ser 14 AWG, 600 V, excepto donde se requiera un calibre mayor. El mecanismo de desconexión deberá estar provisto con tablillas de terminales para las conexiones de control de salida. Todo el alambrado tendrá terminales tipo anillo, solamente se aceptará un solo cable y terminal por borne de conexión.
- m. **Mecanismos de enclavamiento y accionamiento:** los accesos de las puertas de cada celda deberán de contar con sistemas de bloqueo (enclavamiento) de protección, asimismo en caso de requerir accionamientos mecánicos, se deberán de suministrar dos juegos de las palancas de accionamiento.
- Cada celda dispondrá de cerrojo de apertura mismos que deberán ser entregados por duplicado para cada celda.
- n. **Acabado:** Todas las partes de la estructura deberán ser fosfatadas y pintadas con esmalte epóxico, resistente a la corrosión, horneado, color ANSI No. 61, gris claro.
- o. **Barras y conexiones:** Tanto las barras principales como las derivadas, deberán ser fabricadas en cobre electrolítico de alta conductividad con capacidad de 200 A, 15 kV dimensionadas de acuerdo con ANSI C.37-20, a fin de soportar la conducción de la corriente indicada de manera continua, con una elevación de temperatura máxima de 68°C sobre una temperatura ambiente de 48°C. Las conexiones y uniones de barras y derivadas deberán ser plateadas y fijadas con tornillos. Las barras deberán estar aisladas por medio de resina epóxica y barniz rojo de alta adherencia, resistente al impacto, retardante a la flama y de baja emisión de humos. Las barras principales deberán estar soportadas por aisladores de porcelana o resina epóxica, con nivel de aislamiento y resistencia mecánica de corto circuito de hasta 23,000 amperes simétricos y 25 kV. Se debe considerar un arreglo de fases de las barras principales A, B y C desde el frente hacia la parte posterior, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, viendo el tablero desde el frente. Se deberá proveer una barra para conexión a tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo del tablero con una capacidad del 25% de las barras principales. Los bastidores, puertas, paneles, cubiertas, etc. deberán conectarse a esta barra mediante cable trenzado flexible, de cobre estañado y calibre adecuado.
- p. **Relevadores de protección:** Los relevadores de protección deberán ser de estado sólido montados en las puertas del cubículo de protecciones, semiembutidos, conectados por la parte posterior y deberán ser del tipo desmontable para ajuste o calibración, disponiendo de interruptores de prueba integrales y caja a prueba de polvo y de alto impacto, con perillas de ajuste manual y unidades de sello. Deben ser accesibles y ajustables desde el frente del relevador. Todos los relevadores deben estar de acuerdo con las secciones aplicables de ANSI C37.1 Y C37.90 o equivalentes.
- q. **Instrumentos y medidores:** Los instrumentos y medidores deberán disponerse de acuerdo con ANSI C39.1. Los amperímetros y voltímetros deben ser de tipo conmutador con escala de 250°, las cajas deben ser a prueba de polvo y cubierta con ventanillas no reflejantes. Deberán ser del tipo semiembutidos, conectados por la parte posterior, con caja acabada en color negro mate y carátula blanca con números negros. Los instrumentos serán adecuados para operar con transformadores de corriente de 5 A o 120 Vca en el secundario. Asimismo, deberán instalarse kilowattorímetros con indicación de demanda máxima e interfase analógica digital, con generación de pulsos integrada para transmisión de datos al Puesto Central de Control PCC. Los Transformadores de instrumento deberán cumplir con la Norma IEC 60044.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- r. **Conmutadores de control:** Todos los mandos de control deben ser de tipo rotatorio, adecuados para operaciones de conmutación, con una placa que muestre las posiciones del conmutador. Cada contacto del conmutador será del tipo autolimpiante, fácilmente sustituible y tendrá una adecuada superficie de contacto y aislamiento.

### 2.2.2. Transformador de CA (potencia)

La **SER** deberá contar con un transformador de potencia de capacidad de 2,225 kVA, 60 Hz, con enfriamiento natural (**OA**) o forzado (**OAF**), 3 fases, 23,000 Vca, con cuatro derivaciones de 2.5% cada una, dos arriba y 2 abajo del voltaje nominal, conexión delta o estrella en el primario según se requiera, con neutro fuera de la masa y delta en el secundario, diseñado para operar a una altitud de 2,250 metros sobre el nivel del mar con una sobre elevación de temperatura de 65°C sobre un ambiente medio de 35°C y una máxima de 48°C. La clase de servicio será de acuerdo con ANSI C34-2 para tracción ligera, ciclo de carga mayor a 100% continuo, 150% por dos horas después del 100% anterior y 200% por un minuto inmediatamente después de la sobrecarga de 150% anterior. El Transformador de potencia de acuerdo con el diseño del fabricante deberá de considerarse en el lado secundario en trifásico o hexafásico.

El transformador antes descrito y sus características principales corresponde a un grupo de rectificación de 6 o 12 pulsos, estos podrán ser del tipo sumergido en aceite o del tipo encapsulado en resina epóxica. Los equipos deberán de considerar la descripción de las especificaciones técnicas ADIF, de acuerdo con el tipo de transformador seleccionado:

- a. **ET 03.359.121.5 Especificación Técnica**, Transformadores de Potencia de Tipo Seco para Subestaciones de Tracción de 3,3 KVA de Corriente Continua
- b. **ET 03.359.101.7 Especificación Técnica**, Transformadores de Potencia Sumergidos en Aceite para Subestaciones de Tracción de 3,3 KVA de Corriente Continua.

Así mismo, deberán de considerar los niveles de voltaje establecidos en la Norma IEC 60850, así como lo indicado en las Normas IEC 60076 o IEC 60726, para el caso aplicable al tipo de transformador seleccionado.

### 2.2.3. Transformador para servicios auxiliares

Los transformadores para distribución de energía a los circuitos de los servicios auxiliares deberán contar con las siguientes características:

- Potencia: **25 kVA**
- Tensión primaria nominal: **23,000 Vca**
- Tensiones secundarias nominales: **120/240 Vca**
- Número de fases: **3 fases**
- Frecuencia: **60 Hz.**
- Identificación de terminales Alta tensión HI, H2 y H3. Baja tensión X0, XI, X2 Y X3.
- Enfriamiento Natural clase OA
- Dieléctrico Barniz aislante seco cristalizado
- Clase de aislamiento Primario: **25 kV**
- Secundario: **1.2 kV**
- Clase **H**



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- Nivel básico de aislamiento al impulso BIL onda **1.2 x 50**  $\mu$ seg
- Primario: **60** kV
- Secundario: **10** kV

Las pruebas aplicables al transformador serán de acuerdo con la tabla No 7 de ANSI/IEEE C57.12.01-1979.

El transformador de servicios auxiliares será alimentado por medio de un seccionador de operación bajo carga, manual, con fusibles.

#### 2.2.4. Rectificador de capacidad 2000 kW

La **SER** deberá contar con un banco rectificador, contenido en un gabinete metálico auto soportado. Deberá estar completo, con sus auxiliares, controles, ductos para cable, herrajes necesarios, cableado y dispositivos de protección, diseñada de acuerdo a ANSI C57.12, ANSI C57.18 y ANSI C34.2 coordinadamente con el transformador correspondiente. Todas las partes de la unidad del rectificador, así como sus conexiones, terminales y barras deberán diseñarse para soportar las fallas máximas de corto circuito sin que se dañe, por el periodo de tiempo para que el interruptor de circuito abra y elimine la falla.

El rectificador deberá enfriarse por convección natural, adecuado para servicio interior y para el ciclo de trabajo indicado, cada unidad del rectificador deberá ser una unidad completa auto contenida, incluyendo todas las conexiones de las barras y herrajes desde la brida de salida del transformador a la brida de conexión de las barras al interruptor de CC. El rectificador deberá ser un ensamble operativo consistente en diodos de silicio, fusibles de protección y todos los accesorios necesarios para su operación. Deberán suministrarse conexiones de brida adecuadas, incluyendo empaques para evitar la entrada de humedad. Debe proveerse de compartimientos separados para aislar los circuitos de control y auxiliares de las funciones de las barras de 600 Vcc y diodos. Todas las lecturas, controles u observaciones, deberá ser posible realizarlas sin exponerse a partes energizadas. Los materiales se seleccionarán para evitar la posibilidad de corrosión o acción galvánica que interfiera con la operación correcta o con la apariencia, durante la vida útil del equipo.

Los materiales usados para las cajas de los diodos, pernos y disipadores de calor deben ser similares y completamente compatibles. El grupo rectificador será de 2000 kW en las terminales de salida. Se diseñará para soportar sobrecarga de 150% durante dos horas y de 200% durante un minuto (aún después de la sobrecarga de 150% durante dos horas) sin que sufra daño ningún componente de la subestación. El Proveedor deberá presentar un estudio y análisis técnico económico respecto a la utilización de un grupo transformador-rectificador de 6 o 12 pulsos. La propuesta básica se hará con el grupo de 6 pulsos y como alternativa deberá ofrecerse el grupo de 12 pulsos aclarando suficientemente las diferencias técnico – económicas.

##### 2.2.4.1. Capacidades

El rectificador deberá contar con una capacidad nominal de 2000 kW y debe diseñarse para el ciclo de trabajo indicado en ANSI C34.2 para tracción ligera. La eficiencia total del grupo transformador-rectificador deberá ser 97.5% o mayor a su capacidad nominal en régimen continuo. El factor de potencia del grupo transformador – rectificador deberá ser de 0.95 o mayor a plena carga y voltaje de CA nominal.

##### 2.2.4.2. Protección de impulso

La unidad de rectificación debe equiparse con supresores de voltaje de impulso para limitar el voltaje inverso a través de los diodos dentro de los límites del voltaje de pico inverso, independientemente de que el pico de



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

voltaje transitorio aparezca en el lado de corriente alterna o de corriente continua. Los supresores de voltaje de impulso consistirán en una red capacitor-resistor y se conectarán convenientemente para reducir la magnitud del voltaje de impulso de la línea.

#### 2.2.4.3. Diodos

Los diodos de silicio serán del tipo sellados herméticamente, tendrán una capacidad de acuerdo con NEMA SK-60 o equivalente y estarán dispuestos de forma práctica para ayudar a balancear las características eléctricas normales y de impulso de cada fase. Para todo el arreglo deberá usarse un solo tipo de diodo. El rectificador deberá ser capaz de soportar las sobrecargas especificadas y las cargas de cortocircuito aun con un diodo en paralelo, fallado o removido de cada fase sin que se exceda la temperatura de junta límite en los diodos activos. Cada diodo será capaz de soportar un voltaje de pico inverso repetitivo de 1,000 V a su máxima temperatura de operación durante los periodos de bloqueo sin que haya cambio permanente en las características del diodo. El rectificador deberá diseñarse para mantener el balance de corriente entre los diodos conectados en paralelo en cada fase. Este esquema de balance de corriente mantendrá la corriente individual de cada diodo dentro de su capacidad, bajo todas las condiciones de carga y sobrecarga. El balance de corriente no se realizará por el uso de diodos seleccionados iguales, sino usando un reactor o elementos semiconductores apropiados. Cada diodo deberá protegerse con un fusible limitador de corriente, el fusible desconectará al diodo en caso de falla y protegerá los otros componentes del rectificador. Los fusibles serán de tal capacidad que podrán soportar una falla de CC externa en las condiciones de carga especificada, los valores típicos nominales de estos fusibles son de 600 A, 1000 Vcc, mismos que deberán confirmarse por el proveedor mediante memoria de cálculo.

#### 2.2.4.4. Barras y conexiones de barras

Las barras del rectificador deberán ser de cobre electrolítico, alta conductividad eléctrica y alta calidad, adecuadamente soportadas entre sí y al gabinete con aisladores de porcelana o resina epóxica con nivel de aislamiento y resistencia mecánica capaz de soportar en forma segura las corrientes de corto circuito sin que se dañen o afecten al gabinete. Las conexiones de las barras deberán ser atornilladas. Todas las conexiones y uniones de cobre deberán tener un baño de plata. Las conexiones de las barras en las terminales del equipo deberán ser plateadas de fábrica. Las terminales negativas de CC de cada sección del rectificador deberán conectarse al seccionador de desconexión negativa.

Las terminales positivas del rectificador de CC deberán conectarse al seccionador de desconexión positivo antes del interruptor correspondiente.

#### 2.2.4.5. Gabinete del rectificador

El gabinete deberá estar formado por una estructura de acero rígida, auto soportada, de lámina calibre 12 USG, con todos los elementos principales unidos por soldadura. Las tapas y puertas deberán ser construidas en lámina calibre 14 USG y tener aberturas protegidas para proporcionar adecuada ventilación a los componentes. Todas las superficies deberán recibir un tratamiento de desengrase alcalino, enjuague, fosfato de zinc, sellador crómico y aplicación de dos capas de pintura epóxica color gris claro ANSI 61. Debe disponerse de acceso conveniente para mantenimiento normal e inspección. Deben suministrarse ventanillas en las puertas de acceso para facilitar la inspección visual de todos los componentes. Deben proveerse dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas de los rectificadores,



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

para que los interruptores se disparen cuando las puertas se abran y evitar que cierren cuando las puertas estén abiertas.

#### 2.2.4.6. Aparatos de protección y medición

Todas las protecciones deberán estar coordinadas para evitar falsos disparos o mala operación. Los relevadores y aparatos deberán suministrarse para montaje semiembutido y serán del tipo deslizable. Los relevadores y aparatos sujetos a 1000 Vcc deben montarse en una base aislada. Los relevadores auxiliares que no sean adecuados para el montaje descrito y que no estén sujetos a 1000 Vcc deberán montarse en la superficie interior, provistos de protección adecuada. Todas las bases de los aparatos estarán aisladas eléctricamente entre sí.

Cada rectificador deberá suministrarse con aparatos para proteger todo el equipo y asegurar la continuidad de la operación. Los aparatos suministrados deben evitar dañar a otras partes individuales del equipo debido a corto circuito pérdida de potencia, condiciones de voltaje transitorio y/o sobrecargas.

#### 2.2.4.7. Carga inactiva

Se requiere evitar el excesivo alto voltaje al tenerse una condición de cero cargas, por lo que debe proveerse de una resistencia inactiva de fuga que se conectará como carga, en ausencia de ésta.

#### 2.2.4.8. Marco Normativo

Los equipos rectificadores deberán de considerar la descripción aplicable de la especificación técnica **ADIF**, ET 03 .3 59.106.6 Especificación Técnica, Rectificadores de Potencia para Subestaciones de Tracción de 1.5 KV de Corriente Continua. Así como el marco normativo indicado en:

- a. **ANSI C34.2** - American National Standards Institute: Practices and Requirements for Semiconductor Power Rectifier
- b. **NEMA RI-9**- National Electrical Manufacturers Association: Silicon Rectifier Units for Transportation Power Supplies
- c. **ISO** - International Standards Organization
- d. **IEC** - Standard 146

#### 2.2.5. Seccionadores Manuales (89N y 89P)

Seccionadores de lámina, tienen la función de aislar la energía de los buses positivo y negativo del puente rectificador con el interruptor extra rápido ER-54, capacidad de operación par 1000 Vcc, 4000 A,

#### 2.2.6. Interruptor Extra rápido ER-54

La función principal del interruptor extra rápido es abrir el circuito eléctrico con carga nominal, en condiciones de sobrecarga y/o corto circuito. El interruptor **ER-54** permite proteger a los alimentadores de sección en forma agrupada, es decir, en caso de que un interruptor de línea no opere, el interruptor **ER-54** operará de forma inmediata para proteger al equipo rectificador y el transformador de potencia de sobreesfuerzos electromecánicos. Deberá contar con la función de desconectar los circuitos eléctricos en cualquiera de las condiciones siguientes: con carga, en vacío y en condiciones de falla. Deberán ser de operación extra rápida y de



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

1000 Vcc nominales, 6,000 A. El interruptor de circuito principal se protegerá para que cierre eléctricamente solamente cuando el aparato este en la posición conectado, con los contactos de desconexión primaria y secundaria con contacto total y la puerta del compartimento totalmente cerrada con pasador.

#### 2.2.6.1. Protección de tierra del tablero de Rectificador

El tablero de rectificación deberá situarse en un área confinada. Necesariamente se deberá disponer de acceso alrededor de los mismos, sin conexiones a la malla subterránea de tierras a fin de garantizar el total aislamiento de estos componentes para lograr la condición de "**negativo flotante**". El diseño de estos equipos deberá ser compacto. De acuerdo con el diseño, el **Proveedor deberá entregar un sistema de tierra de baja resistencia para proteger al personal y al equipo en caso de que un gabinete se energice debido a una falla.**

#### 2.2.6.2. Marco Normativo

Deberá de la misma forma cumplir con la Especificación técnica **ADIF**, ET 03.359.100.9 Especificación Técnica, Disyuntores Extra rápidos para Subestaciones de Tracción de Corriente Continua.

#### 2.2.7. Interruptores Extra rápidos de Línea

La **SER** debe estar aislada de los cables de alimentación positiva por medio de los interruptores de circuito, los cuales deberán ser de tipo removible, arreglados para moverse físicamente entre las posiciones conectado, prueba y desconectado, provistos de ruedas aislantes clase 3 kVcc, carriles y manijas de maniobra. Las características mínimas que deberán cumplir los interruptores de CC son:

- a. Deberán ser de operación extrarrápida y de 1000 Vcc nominales, 3,000 A.
- b. Cada interruptor de circuito deberá tener un sistema para amortiguamiento, dirección y extinción de arco eléctrico, consistente de cámaras de arqueo diseñadas para encajonar los contactos principales y dirigir la apertura del arco hasta su extinción.
- c. Las superficies de contacto de los miembros móviles y fijos deberán ser de una aleación de plata no soldable o equivalente, que combine alta conductividad y resistencia al arco.
- d. Los elementos removibles del mismo tipo y capacidad deben ser física y eléctricamente intercambiables.
- e. Cada interruptor de circuito deberá tener un aparato de disparo por medio de shunt, con el equipo de control auxiliar necesario. Los interruptores deben ser operados eléctricamente a distancia, con disparo libre eléctrico y mecánico sin rearmado, de cierre y apertura rápida, con mecanismos que aseguren la presión de contacto completa hasta el tiempo de apertura. Los mecanismos de cierre tipo solenoide deben conectarse de tal forma que después de un cierto tiempo se elimine el voltaje de control a las bobinas de cierre. Si sucede que el interruptor no cierra o el circuito de control no se abre, se inicia una secuencia de disparo que abre el circuito de control de cierre y restablece todos los relevadores de secuencia a su posición normal. La fuerza de control a los interruptores debe estar de acuerdo con la norma ANSI C37.15. Los mecanismos motorizados de operación deberán abrir y cerrar correctamente el interruptor en el rango de voltaje y corriente especificados.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- f. En cada interruptor de circuito deberá proveerse de un interruptor de control para que, estando el interruptor de circuito en la posición de prueba, se pueda eléctricamente cerrar y disparar, sin embargo, el circuito de cierre (1,000 Vcc) debe quedar desconectado en las posiciones de prueba y desconectado.
- g. Cada interruptor de circuito deberá proveerse con medios mecánicos para dispararlo manualmente cuando esté en las posiciones prueba o conectado. Esta función debe efectuarse con la puerta cerrada, señalizándose cuando el interruptor de circuito este en la posición abierto o cerrado.
- h. Cada interruptor de circuito deberá proveerse con un contador de cuatro dígitos, no reajutable, para registrar las operaciones de disparo.
- i. Se deberá considerar que cada interruptor se pueda mover a las posiciones conectado, prueba y desconectado. En la posición conectado los elementos de desconexión primaria (fuerza) y secundaria (control), estarán haciendo contacto total y el interruptor estará en la posición de operación normal. En la posición de prueba los elementos de desconexión primaria (contactos de dedos cortos) deberán estar abiertos y separados a una distancia segura, los elementos del circuito de control (contactos de dedos largos) o de desconexión secundaria deberán hacer contacto total. En la posición desconectada, ambos elementos de desconexión primaria y secundaria estarán abiertos y separados a una distancia segura.
- j. Debe proveerse una protección mecánica para evitar que el interruptor de circuito entre o salga de la posición conectado cuando los contactos móviles del interruptor estén en la posición cerrada.
- k. Debe proveerse de un indicador que muestra la localización de las posiciones conectado, prueba y desconectado.

Cada compartimiento del interruptor de circuito debe ser provisto con protección mecánica, a fin de evitar que el interruptor de circuito cierre manualmente a menos que el interruptor este en posición de prueba o desconectado. El interruptor de circuito deberá estar provisto para que cierre eléctricamente solamente cuando el aparato este en la posición conectado, con los contactos de desconexión primaria y secundaria con contacto total y la puerta del compartimiento totalmente cerrada con pasador. Lo anterior se cumplirá para la posición de prueba, solamente que los contactos de desconexión primaria estén desconectados. Para el arreglo grupal deberá de considerar:

#### 2.2.7.1. Barras y conexiones de barras

Las barras alimentadoras de los interruptores deben ser de cobre rígido, de alta conductividad eléctrica, deberán soportar las sobrecargas que se especifican sin exceder la elevación de temperatura permisible indicada en las normas ANSI e IEC, asimismo, deben ser de la longitud total del ensamble del tablero y sus conexiones deben ser suficientemente fuertes para soportar todos los esfuerzos térmicos y mecánicos asociados con las corrientes máximas de corto circuito. El arreglo de barras debe interconectar cada gabinete de interruptor mediante una conexión atornillada y terminará en ambos extremos en un block dispuesto para conectarse al suministro de energía en 1,000 Vcc proveniente de los rectificadores. Las barras de CC deben ser desnudas excepto donde los claros sean dos pulgadas (5 cm) o menores, donde llevará aislamiento. Las barras colectoras se deberán montar con aislamiento tipo barrera y/o aisladores tipo poste suficientemente fuertes para soportar sin daño o distorsión permanente todos los esfuerzos producidos por la corriente de corto circuito máxima posible. Todas las conexiones de las barras incluyendo las terminales de las barras y contactores o interruptor de circuito, deben realizarse con pernos cobrizados y cadmizados.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

Las juntas de las barras deberán tratarse para evitar la corrosión. Cada junta debe tener una conductividad por lo menos igual a la de las barras colectoras y cada junta debe asegurar que no ocurra pérdida de conductividad durante la vida útil del tablero. Siempre que se hagan juntas de cobre con aluminio, deberán usarse conectores diseñados específicamente o recomendados para este servicio. Todas las conexiones a las barras deben ser atornilladas, los pernos deben ser con baño de cadmio de acero de alta resistencia en suficiente cantidad y tamaño para la aplicación. Las juntas llevarán roldanas planas estriadas (auto frenadas), de presión y tuercas de alta resistencia, en cada perno, también con baño de cadmio.

#### 2.2.7.2. Conexiones de cables alimentadores positivos

Los cables de alimentación deberán instalarse en la parte inferior del interruptor. Se debe considerar suficiente espacio y superficie de contacto para jalar y terminar los cables de alimentación que salen del tablero de CC. Deben proveerse conectores de compresión de cobre estañado para dichos cables. Deberán considerarse, por interruptor, las preparaciones para instalar dos cables unipolares de aluminio de alta conductividad, calibre 1000 KCM, aislamiento clase 1 kV para positivos y negativos, tipo EPR, 90°C, con cubierta de hypalon azul para positivos, negra para negativos.

#### 2.2.7.3. Dispositivos de protección y medición

Se deben proporcionar los medidores, instrumentos y circuitos de relevación, alambrados y conectados. Los componentes adicionales tales como relevadores auxiliares, diodos aisladores y dispositivos similares no descritos, pero que se requieren para una instalación completa, deben proveerse conforme a lo siguiente:

- a. **Arreglo y montaje.** Los aparatos deberán estar arreglados para que sean accesibles conveniente y fácilmente visibles. El grupo será claramente modular con las funciones relacionadas muy próximas. Los aparatos deben estar a plomo y en cuadratura con las líneas del gabinete y montados como recomienda su fabricante. Se tendrá cuidado de evitar congestionamiento de alambrado. Todos los dispositivos auxiliares deberán ajustarse a la apariencia general de la **SER**. Todos los dispositivos en la cara del tablero deberán montarse semiembutidos en las puertas y/o paneles.
- b. **Dispositivos de protección contra corriente inversa No. 32.** Cada interruptor de CC deberá estar provisto con un dispositivo de actuación directa No. 32, el cual dispara al interruptor al presentarse cualquier corriente sustancial que fluya en sentido inverso y que pudiera dañar al rectificador.
- c. **Dispositivos de protección contra sobre corriente No. 76.** Cada interruptor en el circuito de alimentación de CC deberá proveerse con un relevador de cuatro funciones:
  - Disparo por sobre corriente instantánea de acción directa;
  - Unidad de disparo por sobrecorriente de tiempo corto;
  - Unidad de disparo por sobrecorriente de tiempo largo, y
  - Unidad de disparo por sobrecorriente por rapidez de elevación di/dt, la cual deberá discriminar entre corrientes de corto circuito remotos y la corriente de arranque de los trolebuses.

#### 2.2.7.4. Medición de carga

- a) La **SER** debe contar con la medición automática de la situación de la carga de la línea para proteger contra el cierre de un interruptor en una línea con falla;



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- b) Cada circuito de medición de carga y mando de recierre debe controlar separada e independientemente a su respectivo interruptor;
- c) En caso de que un interruptor en operación normal se dispare, enviará señal indicadora de alarma, y si permanece abierto aun con la operación del circuito de recierre, el circuito de control bloqueará al interruptor y deberá requerirse restablecimiento local o remoto.
- d) Se deben implementar los enclavamientos después del recierre automático en los cinco interruptores, sujetos al control de medición de carga de cada interruptor en forma independiente.

#### 2.2.7.5. Protección de tierra del tablero de CC

El tablero de CC deberá situarse en un área confinada. Necesariamente se dispondrá de acceso alrededor de los mismos. No habrá conexiones a la malla subterránea de tierras, garantizando el total aislamiento de estos componentes para lograr la condición de "**negativo flotante**". El diseño de estos equipos deberá ser compacto. De acuerdo con el diseño el proveedor entregará, un sistema de tierra de baja resistencia para proteger al personal y al equipo en caso de que un gabinete se energice debido a una falla.

#### 2.2.7.6. Medición

Se deberá considerar la implementación de un sistema de transductores que permitan, en cualquier momento, obtener los valores de voltaje y corriente entregados por cada interruptor de salida en CC, mostrándose las lecturas en el display del panel mímico y en el mando remoto ubicado en el Puesto Central de Control PCC, con intervalos máximos de un segundo entre lecturas.

#### 2.2.8. Tablero de corriente continua TCC, para 5 Interruptores derivados

El **TCC** deberá integrarse con cinco gabinetes independientes para servicio interior, alineados, con puertas al frente y cubierta metálica. El **TCC** debe incluir una celda para dos acometidas por la parte superior y posterior y cinco interruptores de circuito de CC de un solo polo, un bus ducto conteniendo las barras positivas de alimentación desde cada rectificador, las terminales para conectar los cables de alimentación a la Línea Elevada (catenaria), apartarrayos y sus conexiones, las tablillas de terminales para circuitos de control y protección, los relevadores de protección y auxiliares, los circuitos de control, el cableado y todos los aparatos necesarios para tener el ensamble completo y operable. El interruptor deberá cumplir con lo señalado en las normas ANSI C37.14, ANSI C37.20, ANSI C37.16 y NEMA SG3 según aplique. Su función principal deberá ser el control y protección del equipo y la distribución de energía de CC a los Trolebuses.

##### 2.2.8.1. Gabinete del tablero

Cada gabinete deberá ser de una estructura de acero rígida auto soportada y auto contenida de acuerdo con la norma ANSI C37.20, según se aplique y a los requerimientos indicados. El gabinete del interruptor deberá ser adecuado para acomodar los interruptores de CC, las superficies del gabinete expuestas a arcos o gases ionizados deben protegerse con un material aislante, resistente a la flama. Para acceso frontal a los interruptores de circuito, instrumentos y tablillas, terminales deben suministrarse puertas con bisagras, de lámina metálica calibre 12 USG y reforzarse adecuadamente contra deformaciones. Las bisagras deben ser de uso pesado. Todas las puertas se deben fijar en posición cerrada con un mínimo de



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

dos pasadores metálicos que se abran coordinadamente con un enclavamiento metálico que se libera exclusivamente cuando el interruptor se encuentra en la posición desconectado. Las puertas deben contar con topes para mantenerlas en forma segura en la posición abierta.

#### 2.2.8.2. Cargador y banco de baterías de 120 A/H

El sistema de baterías de cada subestación debe incluir los acumuladores, el cargador de batería, interruptor desconectador de fusibles, estructura de montaje, accesorios y todas las conexiones necesarias para que el sistema sea operable. Deberá ser conforme a las normas NEMA y NOM aplicables a acumuladores y cargadores de batería o equivalentes. El banco de baterías deberá instalarse en un área confinada, independiente del resto del equipo para lograr el control de emanación de gases. El cargador se instalará por la parte exterior del muro que confina la batería, en la sala de equipos. Las baterías deberán contar con las siguientes características:

##### 2.2.8.2.1. Banco de Baterías

La batería debe ser del tipo y tamaño necesarios para ejecutar todas las funciones que aquí se describen y propia para la operación de la subestación, considerando que su tecnología sea de Níquel-cadmio. Deberá tener una vida mínima esperada de 10 años para el tipo y condiciones de servicio solicitados.

- a. **Capacidad.** La capacidad de la batería debe ser suficiente para sostener un régimen de descarga de 8 horas. Debe diseñarse para suministrar los valores más altos de descarga necesarios para cerrar y disparar todos los interruptores de la subestación después de que los valores de descarga son demandados en ausencia de alimentación de CA. El tamaño de la batería deberá basarse en lo siguiente:
  - Demanda de carga con la subestación en plena operación y alimentación de CA normal al cargador.
  - Demanda de carga en ausencia de alimentación de CA al cargador.
- b. **Placas de identificación.** Cada batería debe ser marcada permanente y legiblemente con los siguientes datos:
  - Nombre del fabricante
  - Tipo y modelo
  - Capacidad en amperes-horas a un minuto, una hora y 8 horas.
  - Régimen de descarga
  - Densidad a plena carga
- c. **Tipo.** Los acumuladores de la batería serán de Níquel-Cadmio, para dar servicio a circuitos electrónicos de control (microprocesadores) y protecciones, muy delicados.
- d. **Lavaojos.** Cada banco de batería deberá incluir un lavaojos portátil, en cada subestación rectificadora.

##### 2.2.8.2.2. Cargador de baterías

El cargador de baterías debe fabricarse a base de **SCR** con regulación plena, del tipo de voltaje constante, seleccionado de acuerdo al tamaño del batería conectado a él. Deberá ser capaz de recargar la batería completamente descargada en un tiempo máximo de 8 horas, alimentando además la carga demandada por la operación normal de la subestación. Operará a una tensión de 120/240 Vca, 60 Hz, monofásico.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

El rango total de carga, además de cargar las baterías en flotación debe llevar la carga continua, mientras que la batería alimenta prácticamente lo más pesado durante los periodos de emergencia o mantenimiento. Cuando la **CA** al cargador es interrumpida, la batería deberá suministrar toda la potencia requerida. De la misma forma, el cargador deberá contar con un circuito para limitar la corriente de salida hasta un 10% sobre su corriente nominal. Para variaciones de la tensión de alimentación de  $\pm 10\%$  y variaciones de carga de 0 a 100%, la variación de tensión de salida del cargador no deberá exceder  $\pm 0.5\%$  de la tensión nominal.

Para falla en la red de alimentación, la tensión transitoria a la salida del cargador conectado a sus cargas no deberá exceder del 200% de la tensión nominal. Para la tensión nominal especificada, los valores de eficiencia mínimos son los indicados en la norma NOM-I-63 o equivalente en normas intencionales. El factor de potencia del cargador deberá ser de 0.90 o mayor. La tensión de rizo máximo no debe exceder de 1 mV. Se deben marcar claramente con símbolos y/o leyendas todas las terminales susceptibles de conexiones externas, con objeto de identificar sus funciones.

### 2.2.8.3. Gabinete de Control y Señalización (GCS)

La subestación rectificadora deberá contar con un gabinete de control que debe estar formado por una armazón de acero estructural calibre 12 USG, paneles y puertas del mismo calibre. El gabinete deberá limpiarse con chorro de arena o granalla de grado comercial, o tratar la superficie químicamente y banderizarla con fosfato de zinc. Aplicar en seco una capa de epóxico catalizado de 0.025 mm de espesor. Aplicar dos capas de 0.038 mm de espesor cada una de epóxico catalizado color gris ANSI 61. Debe ser auto soportado y con la parte posterior y costados diseñados para instalarse en un ensamble de conjunto. El gabinete deberá tener acceso por la parte frontal (puerta) y posterior (cubierta de lámina atornillada). Debe ser auto enfriado, esto es, diseñarse para tener enfriamiento por convección natural, para lo cual pueden estar provistos de ventilas en el frente y en la parte posterior, No se aceptan gabinetes con ventilación forzada.

Debe contar con medios para izaje y soportes adecuados. Se instalará un sistema de iluminación que se activará al abrir la puerta. La estructura del gabinete deberá estar sólidamente conectada a tierra en dos puntos diametralmente opuestos y se proveerá de un puente de cinta de cobre estañado y trenzado provista de terminales de ojillo para interconectarlo con la puerta.

En este gabinete se alojarán los siguientes equipos:

- a) Tablero mímico y display, los cuales se montarán a ras sobre la puerta.
- b) Controladores programables "RTU" primario y secundario (respaldo) en arreglo redundante.
- c) Relevadores auxiliares, tablillas de conexiones, alambrado de control, relevador no. 86 y botón rojo para disparo general de emergencia y bloqueo de la subestación, mismo que accionará una alarma audible que deberá silenciarse con un botón pulsador operado localmente.

#### 2.2.8.3.1. Panel mímico y display para señalización y control

El panel mímico deberá mostrar un diagrama unifilar, el arreglo eléctrico de la subestación desde su alimentación hasta la conexión a la catenaria. Deberá conectarse al controlador mediante un multiplexor de entradas/salidas digitales, las cuales son controladas con botones pulsadores del panel. El panel deberá ser provisto de botones pulsadores de mando y tres lámparas indicadoras por



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

dispositivo (en colores ámbar, rojo y verde) que operen y anuncien el estado que guardan los interruptores referidos, además de un botón para despliegue de lecturas de corriente y voltaje.

La lectura desplegada deberá permanecer en pantalla y actualizarse de forma automática mientras no se pulse el botón de restablecer o por prioridad se despliegue otra función. Deberá disponer de tres pulsadores adicionales, localizados al lado derecho del display, dos de ellos para recorrer hacia arriba o hacia abajo los eventos ocurridos y el tercero para silenciar la alarma audible. El display deberá instalarse en la parte superior del tablero mímico con un mínimo de 60 caracteres desplegados en dos líneas. Los caracteres tendrán que estar formados usando matrices de 5 x 7 puntos.

El display deberá ser auto contenido en una unidad multiplexada provista de una interfase simple para un sistema microprocesador para la visualización de eventos, estados y mediciones que se generen en la **SER**. Asimismo, deberá de indicar la nomenclatura de los eventos y datos calendario en el formato dd/mm/aa y horario hh:mm:ss.

#### 2.2.8.3.2. Configuración de los controladores programables

El control total de la subestación deberá contar con dos controladores programables en redundancia, alojados en la pared interna posterior del gabinete de control denominados controlador primario y controlador secundario. La función principal del controlador de la subestación es servir como interface de supervisión. El controlador deberá realizar las siguientes funciones como mínimo:

- a) Usando una interfase, operará el panel mímico interactivo.
- b) Anuncio de alarmas en el display.
- c) Proveer información de medición a través del display.
- d) Proporcionar un enclavamiento lógico para el funcionamiento de la subestación.
- e) Conectar la subestación al circuito preferente en caso de interrupción en el suministro de energía.
- f) Deberá tener capacidad para almacenar y desplegar la información de todos y cada uno de los eventos en la subestación.
- g) Deberá contar con una salida para comunicaciones.

De la misma forma el controlador de la subestación deberá estar integrado principalmente por los siguientes elementos y cumplir con la normatividad indicada:

- I. **Panel mímico interactivo:** El panel mímico deber como mínimo 18" de ancho y 34" de altura y deberá fabricarse en plástico lamicoid de una sola pieza en color blanco marfil de fondo, los letreros y símbolos serán termo grabados en bajo relieve y pintados en color negro. En el diagrama unifilar del panel mímico se mostrarán los interruptores de entrada de 23 kV (preferente y emergente), interruptores de alimentación a los transformadores, transformadores, rectificadores, interruptores de salida en CC, seccionadores motorizados de alimentación y motorizados de enlace entre tramos de línea elevada o catenaria.
- II. **Controlador programable:** De fácil configuración.
- III. **Marco Normativo:** Especificación técnica ADIF Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ET 03.359.109.0 (1/10) Especificaciones Técnicas, Sistema de Control Automatizado Mediante PLC's.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- IV. **Niveles de Voltaje señalización de control:** La operación de la lógica de control deberá de ser considerada en niveles de voltaje de 100 Vcc, asimismo, el GCS deberá de considerar una fuente de alimentación regulada entrada 110 Vcc salida 48 Vcc, necesaria para la operación de la señalización del Mando Centralizado.

### 2.2.9. Relevadores de Protección y Coordinación de Protecciones

Se deberán considerar todos los aparatos de protección y señalización para una correcta operación de la **SER**, de acuerdo al diseño de coordinación de protecciones, mismo que deberá estar integrado como parte de la documentación técnica final que el Proveedor entregue al **STE**. A partir de lo anterior deberán incluirse borneros de contacto en los aparatos de protección que permitan la indicación de una señal o alarma remota donde se requiera. Los relevadores de protección mínimos a considerar, de manera enunciativa más no limitativa serán:

- a) Relé de comprobación o de bloqueo (3).
- b) Relé de mínimo voltaje, es el que funciona al descender la tensión de un valor predeterminado (27).
- c) Relé direccional de potencia, es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada o sobre la inversión de potencia como, por ejemplo, la resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia (32).
- d) Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad (50).
- e) Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad a masa o tierra física (50G).
- f) Relé de sobre intensidad temporizado, es un relé con una característica de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona cuando la intensidad de un circuito de **CA** sobrepasa un valor dado (51).
- g) Interruptor de **CA** es el que se usa para cerrar e interrumpir un circuito de potencia de **CA** (52).
- h) Dispositivo de cortocircuito o de puesta a tierra, es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente (57).
- i) Relé de fallo de rectificador de potencia, es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente (58).
- j) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión (59).
- k) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión en negativo corriente directa (59N).
- l) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión en positivo voltaje corriente directa (59P).
- m) Relé de equilibrio de tensión, es el que opera con una diferencia de tensión entre dos circuitos (60).
- n) Relé de parada o apertura temporizada, es el que se utiliza en unión con el dispositivo que inicia la parada total o la indicación de parada o apertura en una secuencia automática (61).
- o) Relé de presión de gas, líquido o vacío, es el que funciona con un valor dado de presión del líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión (63).
- p) Relé de protección de tierra, es el que funciona con el fallo a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, o por contorneamiento de arco tierra de una máquina de c.c. (64).
- q) Relé de bloqueo, es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche con una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia (68).



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- r) Dispositivo de supervisión y control, es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite una posición de cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición impide el accionamiento del interruptor o del equipo (69).
- s) Interruptor de **CC** es el que se utiliza para cerrar o interrumpir el circuito de alimentación de **CC** bajo condiciones normales o para interrumpir este circuito bajo condiciones de emergencia (72).
- t) Relé de alarma, es cualquier otro relé diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo 30 que se utiliza para accionar u operar en unión de una alarma visible o audible (74).
- u) Mecanismo de cambio de posición, se utiliza para cambiar un interruptor desconectable en unidad entre las posiciones de conectado, desconectado y prueba (75).
- v) Relé de sobre intensidad de **CC** es el que funciona cuando la intensidad en un circuito de **CC** sobrepasa un valor dado (76).
- w) Relé de reenganche de **CA** es el que controla el reenganche enclavamiento de un interruptor de **CA** (79).
- x) Relé de reenganche de **CC** es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de **CC** generalmente respondiendo a las condiciones de la carga del circuito (82).
- y) Relé de bloqueo sostenido, se acciona eléctricamente y es de reposición eléctrica o manual, es un dispositivo que funciona para desconectar y mantener desconectado un equipo cualquiera después de producirse condiciones anormales (86).
- z) Relé diferencial, funciona bajo una diferencia porcentual o ángulo de fase, o de otra diferencia cuantitativa de dos corrientes o de otras magnitudes eléctricas (87).

De acuerdo a la descripción de los números ANSI / IEEE. Asimismo, se deberá de considerar el cableado normativo para cada una de las señales de acuerdo a sus características.

### 2.2.10. Otros componentes

Los relevadores auxiliares de control deberán ser montados en paneles aislantes sobre las paredes internas del cubículo de control, de tal forma que esto permita un libre acceso a los puntos de prueba para facilitar la inspección y mantenimiento. Deberán suministrarse suficientes tablillas de conexión de terminales, las cuales contarán con una base que actuará como barrera aislante y de identificación, permitirán el fácil acceso a los tornillos de sujeción y deberán ser montadas directamente a las paredes del cubículo de control. El Proveedor deberá considerar como mínimo un 20% de terminales de reserva.

#### 2.2.10.1. Telemando

Se deberá de considerar para la operación del sistema de mando centralizado una regleta de borneros TK'S (Telecontroles), donde se muestre el número de asignación de clema, que le corresponde a cada una de las alarmas y su esquema de conexión. Las señales TK's deberán ser cableadas desde la lógica de funcionamiento de la subestación, utilizando contactos secos para asegurar un correcto aislamiento, y a través de un bornero denominado TK.

BORNERO TK	DESIGNACIÓN TERMINOS TK
01	Disyuntor 23k Vac 52x Disparo
02	Disyuntor 600 Vcc 54x Disparo
03	Disyuntor de la línea 11154 Disparo
04	Disyuntor de la línea 12154 Disparo



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

05	Disyuntor de la línea 21154 Disparo
06	Disyuntor de la línea 22154 Disparo
07	Disyuntor de la línea 31154 Disparo
08	Reserva
09	Disyuntor 23K Vac 52x Enganche
10	Disyuntor 600Vcc 54x Enganche
11	Disyuntor de la línea 11154 Enganche
12	Disyuntor de la línea 12154 Enganche
13	Disyuntor de la línea 21154 Enganche
14	Disyuntor de la línea 22154 Enganche
15	Disyuntor de la línea 31154 Enganche
16	Ida grupo
17	Retomo grupo
18	Conmutador Local / Distancia 043L
19	Conmutador Local / Distancia 043D
20	Falta tensión 23kVac 27.1
21	Falta tensión 220Vca 1.R1
22	Falta tensión 110Vcc $\cong$ 16.2
23	Falla transformador Masa subestación 64x
24	Falla transformador Nivel aceite 63x TR
25	Falla transformador Temperatura alarma 26x1 TR
26	Falla transformador Temperatura disparo 26x2 TR
27	Falla transformador Buchholz alarma 63x1 TR
28	Falla transformador Buchholz disparo 63x2 TR
29	Falla transformador Sobrecarga 1,5 In 2h 51x
30	Falla transformador Sobrecarga 2 In 60s 51x1
31	Falla rectificador Calentamiento de diodos disparo 26Dx2
32	Falla estructura 64x1 rectificador
33	Bloqueo definitivo 52.86
34	Ida grupo
35	Ida retorno
36	Reserva
37	Reserva
38	Seccionador transformador auxiliar 600.11 Disparo
39	Seccionador transformador auxiliar 600.11 Enganche
40	Seccionador principal 89 Disparo
41	Seccionador principal 89 Enganche
42	Seccionador principal 89AC Disparo
43	Seccionador principal 89AC Enganche
44	Seccionador principal 89P Disparo
45	Seccionador principal 89P Enganche
46	Seccionador principal 89N Disparo
47	Seccionador principal 89N Enganche
48	Presencia tensión KT 11 154
49	Presencia tensión KT 12 154



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

50	Presencia tensión KT 21 154
51	Presencia tensión KT 22 154
52	Presencia tensión KT 31 154
53	Reserva
54	Ida grupo
55	Retorno grupo
56	Reserva
57	Reserva
58	Reserva
59	Reserva
60	Reserva

### 2.2.10.2. Telecontrol

Se deberá considerar los **TC's** (Telecontroles), los cuales son señales de mando generadas a distancia que operan en una lógica de operación en niveles de voltaje de 48Vcc, provenientes desde el **PCC** con la finalidad de manipular remotamente los Interruptores 52, 54, 11, 12, 21, 22, y 31, con lo cual se permitirá una correcta administración del suministro de energía hacia la red eléctrica de tracción del **STE**.

BORNERO TC	DESIGNACIÓN TERMINOS TC
01	Disyuntor 23 kVca 52 91D Disparo
02	Disyuntor 600Vcc 54 91D Disparo
03	Disyuntor de la línea 11 72 91 D Disparo
04	Disyuntor de la línea 12 72 91 D Disparo
05	Disyuntor de la línea 21 72 91 D Disparo
06	Disyuntor de la línea 22 72 91 D Disparo
07	Disyuntor de la línea 31 72 91 D Disparo
08	Reserva
09	Disyuntor 23 Kv 52 90F Enganche
10	Disyuntor 600v 54 90F Enganche
11	Disyuntor de la línea 11 72 90F Enganche
12	Disyuntor de la línea 12 72 90F Enganche
13	Disyuntor de la línea 21 72 90F Enganche
14	Disyuntor de la línea 22 72 90F Enganche
15	Disyuntor de la línea 31 72 90F Enganche
16	Reserva
17	Reserva
18	Reserva
19	Reserva
20	Borradora falla a distancia 640 92
21	Desbloqueo a distancia
22	Activación al arma sonora
23	Desbloqueo interruptor 11
24	Desbloqueo interruptor 12
25	Desbloqueo interruptor 21



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

26	Desbloqueo interruptor 22
27	Desbloqueo interruptor 31
28	Reserva
29	Reserva
30	Reserva
31	Reserva
32	Reserva
33	Reserva
34	Reserva
35	Reserva
36	Alimentación -48v TC
37	Alimentación +48v TC

### 2.2.10.3. Telemedidas

Se deberá considerar la preparación para el control de las Telemedidas (**TM's**), los cuales son los valores de voltaje y corriente provenientes del equipo rectificador, estos son preparados (pasan por un equipo transductor) para poder ser manipulados de forma remota desde el **PCC**.

BORNERO TC	DESIGNACIÓN TERMINOS TM
01	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 11
02	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 12
03	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 21
04	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 22
05	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 31
06	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 11
07	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 12
08	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 21
09	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 22
10	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 31
11	Medición de tensión Voltaje salida Vcc ER 54
12	Medición de tensión corriente salida Vcc ER 54
13	Medición de voltaje de 23 KVac
14	Reserva
15	Reserva

### 2.3. Instalación de la SER

Se deberá considerar la instalación de las **SER** y de todo equipamiento electromecánico, de forma que se obtenga el correcto funcionamiento de la **SER**, para lo cual deberá de considerar el desarrollo de los planos arquitectónicos y diseño estructural para el montaje de las **SER**, previo Visto Bueno del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía**. Por lo que deberá considerar lo siguiente:



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- a) Instalación del suministro eléctrico en media tensión autorizado por la Comisión Federal de Electricidad.
- b) Canalizaciones, trincheras, banco de duetos, registros eléctricos, muretes eléctricos y todo aquel requerimiento necesario para el correcto funcionamiento de la infraestructura eléctrica de subestaciones.
- c) Los gabinetes contenedores que en su conjunto integran a la **SER** deberán de estar dispuestos a una altura mínima de 0.60 metros, tomando como referencia el nivel de la vialidad primaria.
- d) Los acabados de pintura deberán de ser diseñados con la imagen institucional del **STE**.
- e) En caso de instalarse transformadores sumergidos en aceite dieléctrico deberá de construirse cárcamo colector de aceite, con un volumen superior en un 10% al volumen total del contenido de los equipos.
- f) Las instalaciones deberán de contar con iluminación interior y exterior, normal y de emergencia, esta última con un tiempo de respaldo de 2 horas como mínimo, cumpliendo con los valores de iluminación establecidos en la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS "Condiciones de iluminación en los centros de trabajo"**.
- g) Para la instalación, deben de ser considerados los trabajos para la instalación del sistema de malla de tierras físicas, en apego a lo indicado en la **NOM-022-STPS "Electricidad estática en los Centros de Trabajo, Condiciones de Seguridad e higiene"**.
- h) Se deben de considerar las preparaciones necesarias para la operación del Sistema de Mando Centralizado.
- i) Se deberán considerar los requerimientos de ducterías, registros eléctricos, trincheras o todos aquellos trabajos necesarios para la interconexión de la **SER** con la Línea Elevada del corredor.
- j) Las instalaciones deben de contar con la señalización de seguridad para áreas de riesgo eléctrico, de acuerdo con lo indicado por la Norma Oficial Mexicana **NOM-026-STPS "Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías"** y a la **NOM-001-SEDE "Instalaciones Eléctricas (utilización)"**.
- k) Deberá considerar contar con equipos de extinción de arco eléctrico para los niveles de intensidad apropiados, así como el del tipo de fuente de ignición, tomando como referencia lo indicado en la Norma Oficial Mexicana **NOM-002-STPS "Condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo"**.
- l) Se debe considerar los espacios de maniobra y circulación del personal durante las actividades de mantenimiento.

#### 2.4. Accesorios

Deberán de ser suministradas por instalación todos los accesorios necesarios para la puesta en marcha del equipo que integran la **SER**, así como aquellos necesarios para su operación, tales como: bloqueos de seguridad, claves electrónicas de acceso, llaves de arranque, palancas de accionamiento, terminal de mantenimiento con cables y gestión de diagnóstico precargado y todo aquel accesorio necesario para su correcto uso y explotación.

#### 2.5. Documentación Entregable

La documentación que deberá de ser entregada previo al inicio de los trabajos de instalación de la **SER** y que deberá de ser autorizada y validada por parte del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía**, será:

- a) Programa de trabajos de instalación.
- b) Programa de suministro de material, equipos accesorios que en su conjunto integren a la **SER**.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

- c) Programa de instalación de infraestructura electromecánica de la **SER**, especificando equipos, componentes y diagramas de interconexión correspondientes.
- d) Catálogo de los equipos, materiales, accesorios, cableados y demás componentes que integran en su conjunto a las **SER**.
- e) Marco Normativo aplicable y referenciado.
- f) Especificar procesos de instalación y montaje de las **SER**.
- g) Especificar las pruebas eléctricas, electromecánicas y de puesta en servicio de las Subestaciones Eléctricas Rectificadoras.
- h) Proyecto arquitectónico y cálculo de Estructural de las plataformas donde serán instaladas las **SER**.
- i) Proyecto de Electrificación en media tensión.

El Programa de instalación de infraestructura electromecánica de la **SER**, deberá especificar los tiempos de ejecución de cada actividad, el **STE** se reserva el derecho repetir y solicitar pruebas en equipos o componentes específicos, así como ampliar los periodos de prueba. Al concluir la instalación de las **SER** deberá de ser entregada a la **Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía** la siguiente información técnica:

- a) Manuales del fabricante de todos los componentes que integran a la **SER**.
- b) Programas y guías técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo de todos los componentes que integran las **SER**.
- c) Información técnica (diagramas de conexión e instalación, instructivos de operación, planos de instalación, montaje y cableado), de todos los componentes que integran a la **SER**.
- d) Planos Eléctricos y diagramas unifilares
- e) Guías Mecánicas de Instalación
- f) Memoria de cálculo Estructural
- g) Protocolos para la interacción y control de las **SER**.
- h) Dictamen de Verificación de Instalaciones.
- i) Certificados de calidad de los componentes principales que integran a las **SER**, expedidos por los fabricantes, anexando protocolo de pruebas de fábrica.
- j) Protocolo de Pruebas Eléctricas de la malla de tierras físicas.
- k) Protocolo de Puesta en marcha.
- l) Pruebas FAT de los equipos aplicables.
- m) Certificado de calibración de equipos de prueba.

Todos

Toda la información deberá de ser entregada en cuatro juegos impresos, firmada por el Proveedor y por personal del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones**, así como dos respaldos en archivo electrónico en unidades de disco duro portátil.

## 2.6. Trasferencia Tecnológica



Durante el proceso de instalación, configuración, pruebas y puesta en operación las **SER**, el Proveedor deberá considerar la participación del personal técnico del **STE**, para llevar a cabo la transferencia tecnológica, de operación y funcionamiento de las subestaciones, para lo cual, el Proveedor deberá entregar la documentación correspondiente a manuales de operación y mantenimiento que correspondan.





Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

## 2.7. Recepción provisional

**2.7.1.** La recepción provisional de las **SER** se realizará una vez concluidas satisfactoriamente y a conformidad del **STE**, todas las actividades requeridas en la presente Especificación Técnica, como son la adquisición, diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas y puesta en servicio, y que el Proveedor en coordinación con el **STE** concuerden en que las **SER** se encuentran en condiciones de operación normal.

**2.7.2.** Para efecto de lo anterior el Proveedor elaborará un “**Acta de Recepción Provisional**”, acompañada de la documentación solicitada en el punto 2.5 de la presente Especificación Técnica, lo cual será el respaldo para constar que las **SER** se encuentra en estado funcional, dicha acta deberá ser firmada por el **STE** y el Proveedor.

## 2.8. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará a través de un “**Acta de Recepción Definitiva**” al transcurrir el tiempo de garantía establecido en el **punto 2.9** de la presente Especificación Técnica, dicha acta deberá incluir un archivo fotográfico, así como el reporte de funcionamiento durante el periodo de garantía, siempre y cuando no se presenten fallas sistemáticas ni vicios ocultos.

## 2.9. Garantía

**2.9.1.** La garantía amparará los trabajos efectuados durante la vigencia del contrato que para tal efecto se emita y por **12 meses** posteriores a la firma del “**Acta de Recepción Provisional**”, sin perjuicio de las garantías otorgadas por el fabricante de los equipos instalados.

**2.9.2.** Durante el plazo de garantía normal indicado anteriormente, el Proveedor estará obligado a sustituir, reparar o arreglar a satisfacción del **STE**, los componentes que hayan sido dañados o instalados erróneamente, por una mala intervención. Estas operaciones las realizará el Proveedor por su cuenta, incluyéndose todos los gastos que generen dichas reparaciones.

**2.9.3.** En todo caso de avería o descompostura de algún equipo, o en el funcionamiento de los equipos e instalaciones, el Proveedor deberá entregar un informe al **STE**, indicando el motivo de la falla, así como los trabajos necesarios para realizar las reparaciones correspondientes.

**2.9.4.** En el caso de que repetitivamente aparezcan o se detecten defectos en equipos o componentes, serán clasificados como “**Fallas Sistemáticas**”, por lo que el proveedor deberá realizar el reemplazo del equipo o componentes en cuestión, sin cargo alguno y a completa satisfacción del **STE**.

**2.9.5.** El análisis de las reparaciones y sustituciones correctivas de “**Fallas Sistemáticas**”, deberá iniciarse en un plazo no mayor a 24 (veinticuatro) horas contadas a partir del momento que el **STE** realice el reporte de falla. El Proveedor estará obligado a reparar la falla, en un plazo máximo de 5 días hábiles.

**2.9.6.** Durante el plazo de garantía normal más las ampliaciones que se susciten, el proveedor estará obligado a asignar el personal necesario para proporcionar el adecuado servicio de post-venta y el apoyo para la corrección de los problemas que se pudieran suscitar y dar seguimiento a las garantías.



Ciudad de México, a 27 de agosto de 2024

**2.9.7.** A efectos de la garantía sobre los equipos o elementos individuales del mismo, el único responsable ante el **STE** será el Proveedor, sin que se mantengan otras relaciones con distintos proveedores o fabricantes. Se deberá respetar la Especificación Técnica de origen o de los fabricantes de los equipos, en orden a que estos puedan garantizar sus condiciones de seguridad, funcionamiento y demás características.