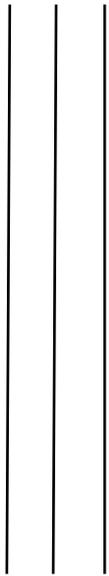




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MANUAL DE OPERACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE POTENCIA  
PENSADOR MEXICANO**



**INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:**

**JOAQUÍN AGUILAR OLIN**

**DIRECTOR: ING. ARMANDO GRANDE GONZÁLEZ**



**MÉXICO, D.F, CIUDAD UNIVERSITARIA SEPTIEMBRE DEL 2013**



## Agradecimientos

Agradezco, primero que nada a mis padres, Joaquín y Luisa Hortencia, que sin ellos no sería la persona que soy el día de hoy. Al resto de mi familia, mis hermanos, Luis (por haberme enseñado muchas cosas), Antonio (por haber sido mi amigo), a mis hermanas, Magdalena y Luisa por quererme, apoyarme y soportarme todo este largo viaje. Y por supuesto a mis nuevas hermanas, Aurora y Alejandra, por aceptarme y quererme también. A la pequeña Sofía.

A todos mis amigos de toda la vida, inclusive de los que no recuerdo, y que en su momento me brindaron su amistad, su apoyo, y su cariño. Especialmente a mis amigos y hermanos, Carlos Clériga (fue fundamental haberte conocido) y Francisco Osorio. A mis demás amigos de la Facultad de Ingeniería, Alberto San Pablo, Gregorio Rosales, Eduardo Landin, Julio César Santiago, Julio César Luna, Fernando León, Enrique Salinas (R.I.P.), Rafael Vázquez, Oswaldo Escorcía. A mis amigos de la ENM, en especial a Eduardo Paniagua. A todos los amigos del CCH Azcapotzalco que me aceptaron en su círculo de amistad, en especial a mi gran amigo Julio César Núñez. A mis compañeros y amigos de la S.E. Pensador Mexicano, David Jiménez, Roberto Martínez, Ángel Trinidad e Isaac Manzano por enseñarme y brindarme su amistad. A mis pequeñas hermanas adoptivas Tlali, Yatsiri y Andrea.

A mis maestros a lo largo de toda mi vida académica. A los ingenieros que creyeron en mí cuando empecé este camino, en especial a los Ingenieros: Ing. Agustín Villavicencio Valadez, Ing. Fernando Guadalupe, Ing. Víctor Romero. A todos los Ingenieros del Sector Centro Norte que me han apoyado.

A mi jurado de lujo: Ing. Jacinto Viqueira Landa, Ing. Armando Grande González, Ing. Julio Carlos Luna Castillo, Ing. Augusto Octavio Hintze Valdez e Ing. Alejandro Sosa Fuentes, por sus comentarios, conocimientos y puntos de vista aportados.

A muchas personas que no conozco y que sin embargo han sido parte fundamental en mi formación como persona, en especial a los escritores: J.D. Salinger (R.I.P.), Haruki Murakami, Rius, Orhan Pamuk, Alessandro Baricco, Oscar Wilde (R.I.P.), Jorge Ibarquengoitia (R.I.P.), Samuel Ramos (R.I.P.).

A todos los que han hecho la música que me han acompañado durante todo este viaje, especialmente a los integrantes de las siguientes bandas: KISS, King Crimson, Rush, Oceansize, Arvo Pärt, British Theatre, Dream Theater, Porcupine Tree, Kevin Moore, Anathema, Richard David James, Hans Zimmer, Aviv Geffen.

Finalmente, agradezco muy especialmente a Maximiliano y a Ian Gabriel por haberme mostrado tantas cosas, recibirme siempre con una sonrisa y brindarme su amor incondicional.

A todos les tengo un gran aprecio y un enorme agradecimiento, si alguno de ustedes hubiera faltado, no sería el mismo.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
ANTECEDENTES.....	9
OBJETIVO.....	10
ALCANCE.....	11
MANUAL DE OPERACIÓN.....	12

### **Capítulo 1 Descripción de la instalación**

1. Localización de la Subestación.....	12
1.1 Localización Geográfica.....	12
1.2 Localización Dentro del Sistema Eléctrico Nacional.....	14
1.3 Distribución Interna de la S.E.....	15
1.4 Diagrama Unifilar.....	16
1.5 Arreglo en Alta Tensión.....	17
1.6 Arreglo en Media Tensión.....	18
1.7 Capacidad Instalada.....	20
1.7.1 Capacidad Disponible en Condiciones Normales Operativas.....	20

### **Capítulo 2 Equipo eléctrico primario instalado en 230 kV**

2. Equipo Instalado en 230 kV.....	21
2.1 Descripción de los Transformadores de Potencia.....	22
2.2 Transferencia Automática Banco T-02.....	40
2.3 Transformadores de Corriente.....	41
2.4 Transformadores de Potencial.....	42
2.5 Apartarrayos.....	43
2.6 Descripción de las Cuchillas de Enlace de Barra: "93 EAB y 93 EBC" (96126 y 96236).....	44
2.7 Descripción de las Cuchillas Seccionadoras de 230 kV.....	48
2.7.1 Cuchillas Seccionadoras (93079 y 93089).....	48
2.7.2 Cuchillas Seccionadoras (92011, 92021, 92031).....	50
2.8 Interruptores en 230 kV.....	53
2.8.1 Instrucciones de Seguridad.....	55
2.8.2 Descripción.....	58
2.8.3 Modos de Operación del Interruptor.....	60
2.8.4 Elementos a Supervisar.....	61
2.8.5 Servicio.....	66
2.8.6 Mantenimiento.....	68
2.9 Operación de las Estaciones de Bombeo de los Cables de Potencia de 230 kV. (PENS-KCR y PENS-MERC II).....	68
2.10 Límites de Carga.....	79

**Capítulo 3 Equipo Eléctrico Primario en 23 kV**

3.	Equipo Primario Instalado en 23 kV.....	80
3.1	Descripción de los Interruptores de 23 kV.....	81
3.2	Servicios de Estación.....	90

**Capítulo 4 Caseta de control**

4.	Caseta de Control.....	99
4.1	Tablero Mímico de Mandos .....	99
4.2	Cuarto de Baterías .....	104
4.2.1	Cargadores de Baterías.....	105

**Capítulo 5 Protecciones**

5.	Esquemas de Protección Instalados.....	112
5.1	Esquemas de Protección en Barra de 230 kV.....	113
5.2	Esquemas de Protección en Cables de Potencia.....	116
5.3	Esquemas de Protección en Transformadores de Potencia.....	118
5.4	Esquemas de Protección en Alimentadores de 23 kV.....	126

**Capítulo 6 Control**

6.	Esquema de Control en la Subestación.....	131
----	---	-----

**Capítulo 7 Comunicaciones**

7.	Esquema de Comunicaciones Instalado.....	149
7.1	Sistema Troncalizado.....	149
7.2	Radio Trunking.....	151
7.3	Microondas.....	152
7.4	Bancos de Baterías de 48 VCD.....	153
7.4.1	Baterías.....	153
7.4.2	Cargador de Baterías.....	154
7.5	Comunicaciones Unificadas.....	155

**Capítulo 8 Procedimiento de maniobras**

8.	Procedimiento de Maniobras.....	157
8.1	Operación en Caso de Falta de Potencial en la Subestación.....	157
8.2	Librar Cable de Potencia 93070 (PEN-KCR).....	159
8.3	Librar cable de Potencia 93080 (PEN-MER II).....	163
8.4	Librar Banco de Transformación T-01 (T221A).....	167
8.5	Librar Banco de Transformación T-03 (T221C).....	168
8.6	Librar Banco de Transformación T-02 (T221B).....	169
8.7	Seccionar la Barra de 230 kV.....	171
8.8	Librar Barra de 23 kV.....	183
8.9	Librar un Alimentador de 23 kV.....	191
8.10	Maniobra de Bombeo de los Cables Subterráneos.....	192

**ANEXOS**

Anexo I	Sistema Eléctrico Nacional.....	196
Anexo II	Subestaciones y Sus Componentes.....	199
Anexo III	Protecciones.....	210
Anexo IV	Control y Comunicaciones.....	213
Anexo V	Nomenclatura.....	214
Anexo VI	Capitulo 800.....	217
Anexo VII	Reglas de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional.....	234
CONCLUSIONES.....		246
RECOMENDACIONES .....		247
BIBLIOGRAFÍA.....		248

# Introducción

La función primordial de un Sistema Eléctrico Potencia (SEP), es asegurar que el suministro eléctrico en todo momento y en todo punto de la Red se efectúe en las condiciones de calidad, continuidad y seguridad establecidas en los contratos con los usuarios. Las variables de interés principal son la tensión y la frecuencia. Para dichas tareas, el SEP, está conformado por plantas generadoras, subestaciones, líneas de transmisión y las redes de distribución.

Las subestaciones son las componentes de los SEP en donde se modifican los parámetros de tensión y corriente, facilitando la interconexión entre los procesos de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

En el caso particular de la Subestación Pensador Mexicano, es de distribución, y como tal, es una instalación que interconecta las líneas de alta tensión a las redes de media tensión para el suministro de energía eléctrica a usuarios en alta, media y baja tensión en el Área Metropolitana de la Ciudad de México.

A lo largo de los diferentes capítulos de este trabajo, se indicarán las principales características de la Subestación Pensador Mexicano, destacando la importancia y el funcionamiento del equipo eléctrico primario dentro de la misma, de tal manera que el personal que labora en esta Subestación, se familiarice con el equipo y pueda tomar todas las medidas de seguridad para su correcta operación.

Un conocimiento de los elementos principales que conforman a la Subestación Pensador Mexicano, brinda una herramienta y un respaldo para poder obtener los mejores rendimientos de los equipos, y en caso de alguna falla, también brinda una solución rápida y eficaz que pueda afectar lo menos posible tanto al usuario como al equipo con falla e inclusive al personal que los esté operando.

Por lo anterior, se consideró necesario la elaboración de un **Manual de Operación** que considere el cuidado y operación del equipo eléctrico primario de la Subestación Pensador Mexicano, para reducir el índice de falla.

Derivado de lo anterior, se anexa en cada punto, los elementos a supervisar, y de no haber alguna anomalía, se brindan fechas de mantenimiento y sugerencias que el Operador confirmará que se cumplan en todo momento. Adicionalmente, se dan a conocer las maniobras necesarias para la libranza de los diferentes equipos.

Además de brindar la información sobre la operación de los equipos de la Subestación, se incluyen varios anexos que permiten profundizar en el conocimiento de los equipos eléctricos primarios. Tal es el caso de los sistemas de Protecciones, Control Supervisorio y Comunicaciones.

También se considera un anexo, del Capítulo 800, en el que se indican las medidas precautorias que tienen que ser consideradas para la seguridad dentro de la Subestación, además está el anexo del REDOSEN con los procedimientos para libranzas y más detalles que le servirán al operador para realizar sus funciones diarias.

# Antecedentes

En la Subestación Pensador Mexicano se contaba ya con un Manual de Operación el cual tuvo que ser actualizado desde su estructura hasta su contenido, debido a la obsolescencia del equipo al que hacía referencia.

Esta nueva estructura se debe a que en el antiguo Manual no se encontraba con la información necesaria para poder brindar el conocimiento suficiente al personal de operación. Además, se han realizado sustitución de equipos por CFE (Comisión Federal de Electricidad); por lo que no era útil. Se han modificado elementos, tales como Equipo Eléctrico Primario (cuchillas, interruptores, TC's), protecciones, que si bien se tiene la misma finalidad, el modo de operación y características eléctricas cambian.

Por otro lado, se han agregado elementos, tales como una planta de emergencia, cuarto de baterías y cargadores, e inclusive se han agregado alimentadores que han modificado el arreglo original de la Subestación.

Como parte fundamental de este trabajo, es dar a conocer como es actualmente el funcionamiento y operación en la Subestación Pensador Mexicano.

# Objetivo

El Manual de Operación, tiene como objetivo principal:

**Proporcionar información de consulta, que en todo momento sea de utilidad para el personal involucrado en la operación de la subestación eléctrica Pensador Mexicano.**

Con las ventajas siguientes:

- Apoyo para no omitir ningún punto importante durante maniobras.
- Facilitar la localización cruzada de documentación entre áreas y la detección y resolución de problemas.
- Es una fuente esencial de información de apoyo para las operaciones diarias.
- Contiene una descripción precisa de cómo deben desarrollarse las actividades.
- Da a conocer de manera integral, la operatividad de cada equipo, además de servir como auxiliar a los operadores en la realización de las funciones que se les confiere.
- Es un componente del sistema de control interno, el cual se crea para obtener una información detallada, ordenada, sistemática e integral que contiene todas las instrucciones, responsabilidades e información sobre la operación y procedimientos de las distintas actividades que se realizan en la subestación.
- Es fundamental para poder desarrollar adecuadamente las actividades del personal operativo, estableciendo responsabilidades y generando información útil y necesaria. Estableciendo medidas de seguridad, control y autocontrol.

# Alcance

A efecto de actualizar la base informativa para la operación eficiente de la subestación eléctrica Pensador Mexicano, es necesaria la formulación de un nuevo Manual de Operación que señale claramente las funciones operativas, los procedimientos técnicos, las herramientas indispensables para uso de los operadores que intervienen, así como el compromiso que tienen para contribuir a la consecución de los objetivos estratégicos.

El presente trabajo consta de ocho capítulos, en los que se puede resaltar lo siguiente:

- Descripción de la subestación: En los capítulos del 1 al 4 contienen la información en la cual se menciona la ubicación, importancia y principales características de la subestación. Una breve descripción del equipo eléctrico primario que conforma la subestación, los lineamientos y medidas de seguridad para la operación de los mismos, los modos de operación, bloqueos mecánicos y eléctricos del equipo eléctrico primario.
- Descripción de protecciones: En el capítulo 5 se brinda información de las protecciones instaladas para los bancos de transformación, las barras colectoras, líneas de transmisión y alimentadores. Se explica brevemente la manera de operar de los esquemas de protección.
- Descripción del equipo de control: En el capítulo 6 se explica la manera en que el sistema supervisorio opera dentro de la instalación. Se muestra además de manera gráfica la forma en que se relacionan los equipos de protección, control y medición.
- Descripción del equipo de comunicaciones: En el capítulo 7, se describe el equipo de comunicaciones dentro de la subestación, la manera en que se usa dicho equipo y en qué circunstancias se deben usar.
- Maniobras: En el capítulo 8, se refiere a la ejecución de las maniobras para el libramiento del equipo eléctrico primario.
- Anexos: Los anexos ayudarán al operador a disponer de una información complementaria para que el cumplimiento de sus actividades sean de manera precisa, conteniendo información de las reglas de seguridad dentro de la subestación, así como los lineamientos para el manejo de información y comunicación necesarias para la ejecución de las distintas fases de operación.

El contenido aquí presente, proporciona una idea integral de la forma en que el operador interviene en el proceso de la operación de la subestación eléctrica Pensador Mexicano, así como de las tareas de la que es responsable directamente de la operación y supervisión de la subestación.

En este trabajo se abarcan los requisitos más importantes que deben cumplirse para obtener la mejor solución dentro de la subestación eléctrica Pensador Mexicano, teniendo en cuenta el equipo eléctrico instalado, el arreglo de la subestación, los métodos de protección, control y medición aquí descritos y que son utilizados en la instalación al momento de realizar este documento.

# Capítulo 1

## Descripción de la Instalación

La Subestación Pensador Mexicano es una subestación tipo convencional puesta en servicio en el año de 1974 por la extinta LyF (Luz y Fuerza del Centro).

A partir de octubre del 2009 forma parte del Sector Centro Norte de la Zona de Transmisión Metropolitana de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Su importancia es fundamental, y su ubicación estratégica le confiere un carácter de instalación imprescindible en el suministro del servicio de energía eléctrica en el centro económico, cultural, administrativo y de servicios del país. Esto, debido a que los alimentadores se encargan de abastecer de energía eléctrica, con sus dos redes automáticas, al Centro Histórico y al corredor Reforma.

### 1. Localización de la Subestación

#### 1.1. Localización Geográfica

La Subestación Pensador Mexicano se localiza en el Centro del Distrito Federal.

Dirección: Santa Veracruz No 24, Col. Guerrero, C.P. 06300, Del. Cuauhtémoc, México D.F. Tel. 5512-5766 Ext. 4168 Microondas: 38240



Fig. 1.1 Localización de la SE PEN

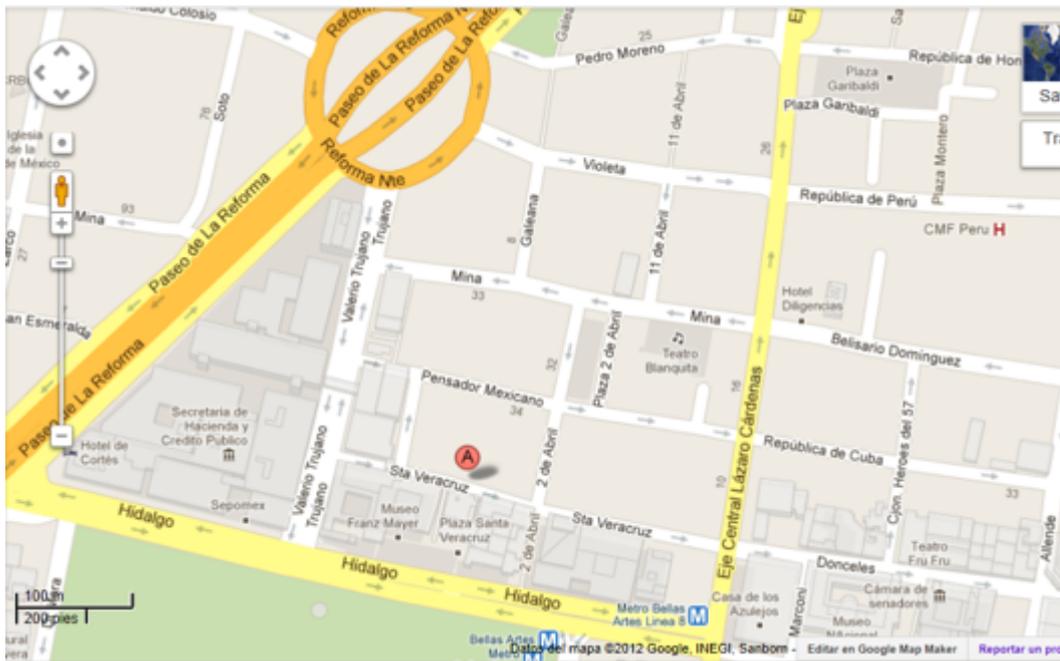


Fig. 1.2 Localización Apoyo Google Maps 2012



Fig. 1.3 Vista Aérea de la S.E. Pensador Mexicano

La localización de la subestación, se definió, como cualquier otra, mediante un estudio de planeación, derivado principalmente del centro de carga de la región, tomando en cuenta la demanda eléctrica en ese entonces y la cantidad de kVA que se incrementaba en cada año.

Una vez que se tiene el centro de carga definido, se realizan los estudios pertinentes para establecer el tipo de instalación que se llevará a cabo, para así poder establecer la posición del terreno lo más cercano al centro de carga.

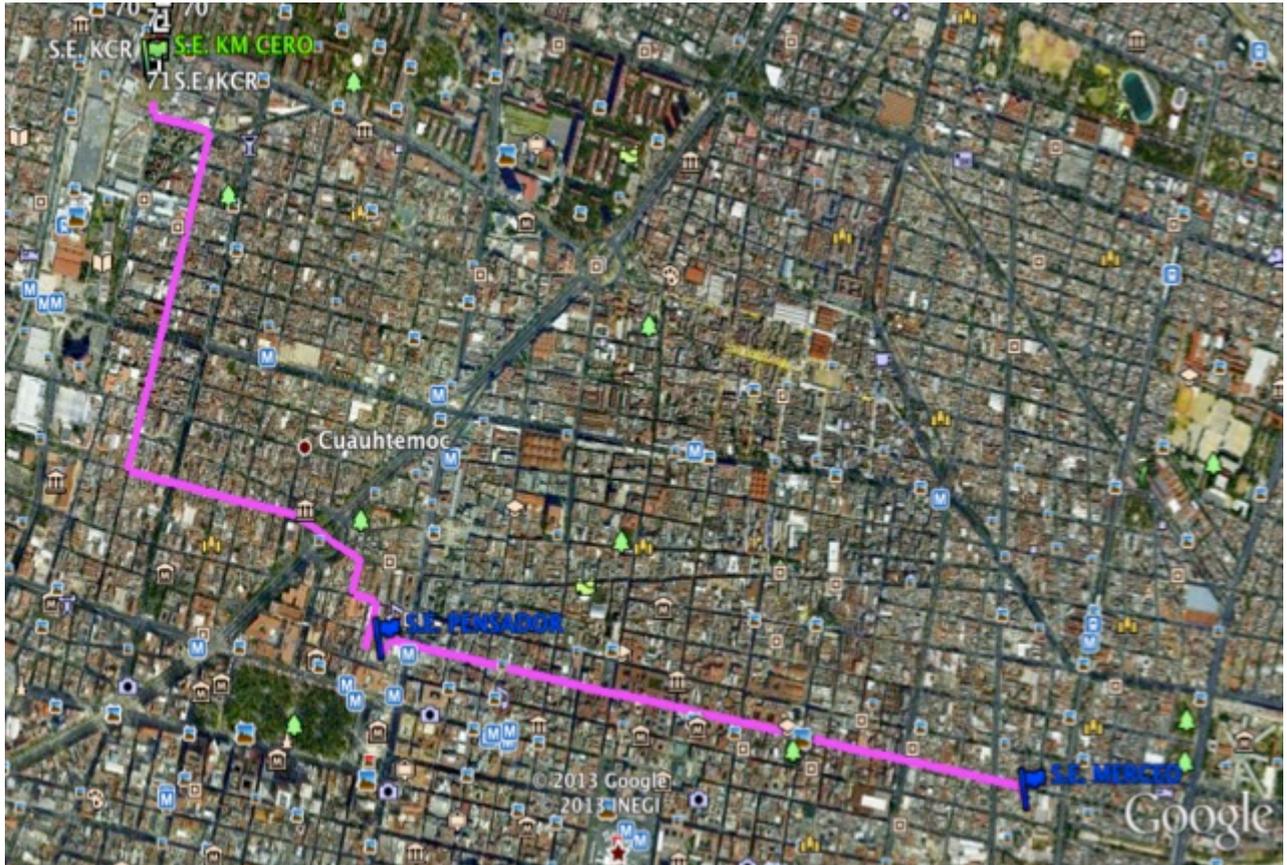


Fig. 1.3.1 Trayectoria e Interconexión de los Cables Subterráneos de 230 kV

## 1.2. Localización dentro del Sistema Eléctrico Nacional

La Subestación Pensador Mexicano pertenece a la red de 230 kV que conforma la Zona de Transmisión Metropolitana, perteneciente a la Subárea de Control Central, y se encuentra interconectada con las Subestaciones Kilómetro Cero (KCR) y Merced (MER) mediante cables subterráneos, y es alimentada generalmente por la S.E. Kilómetro Cero y el cable Merced II se mantiene en vacío desde la S.E. Merced.

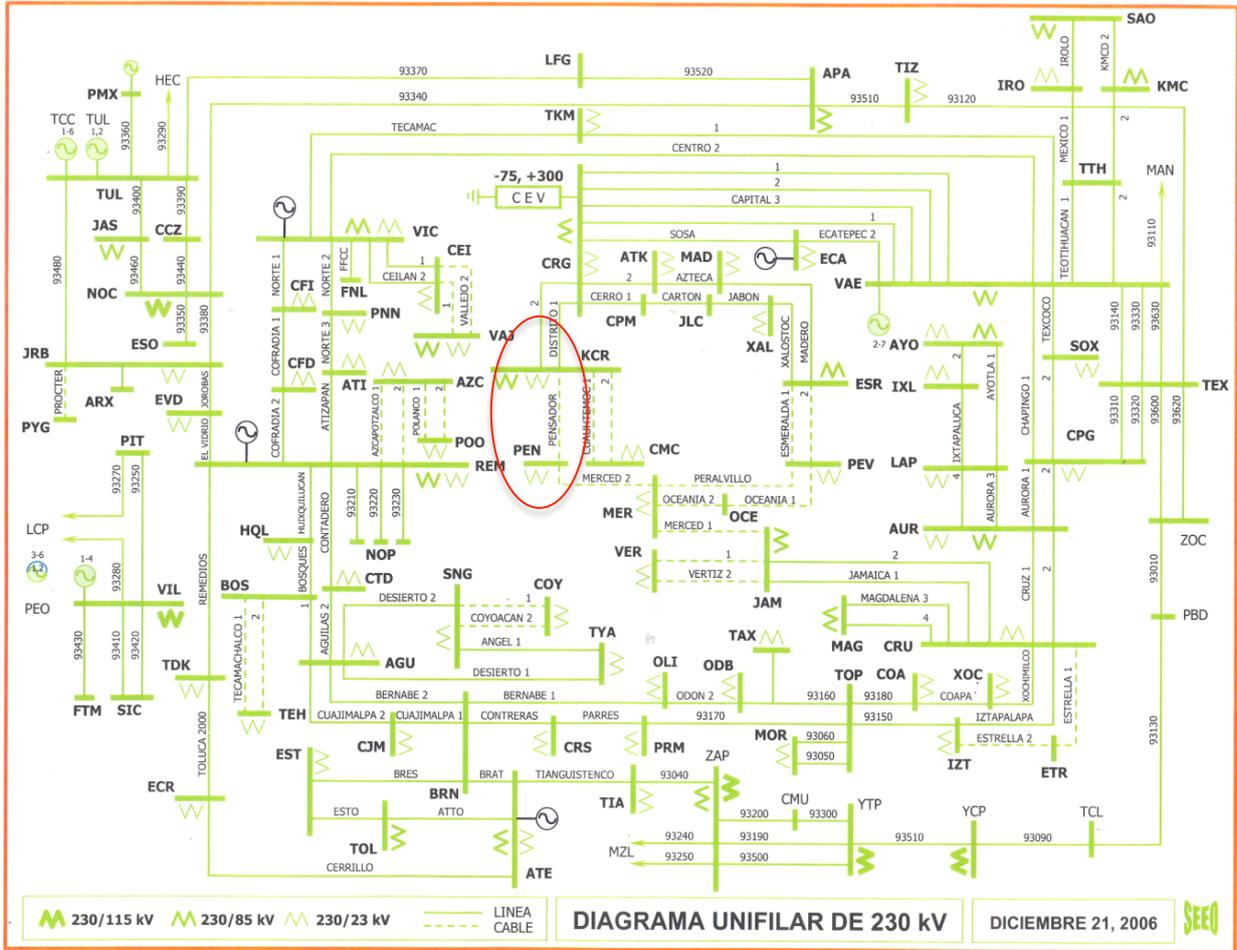


Fig. 1.4 Localización en el SEN

1.3. Distribución Interna de la S.E.

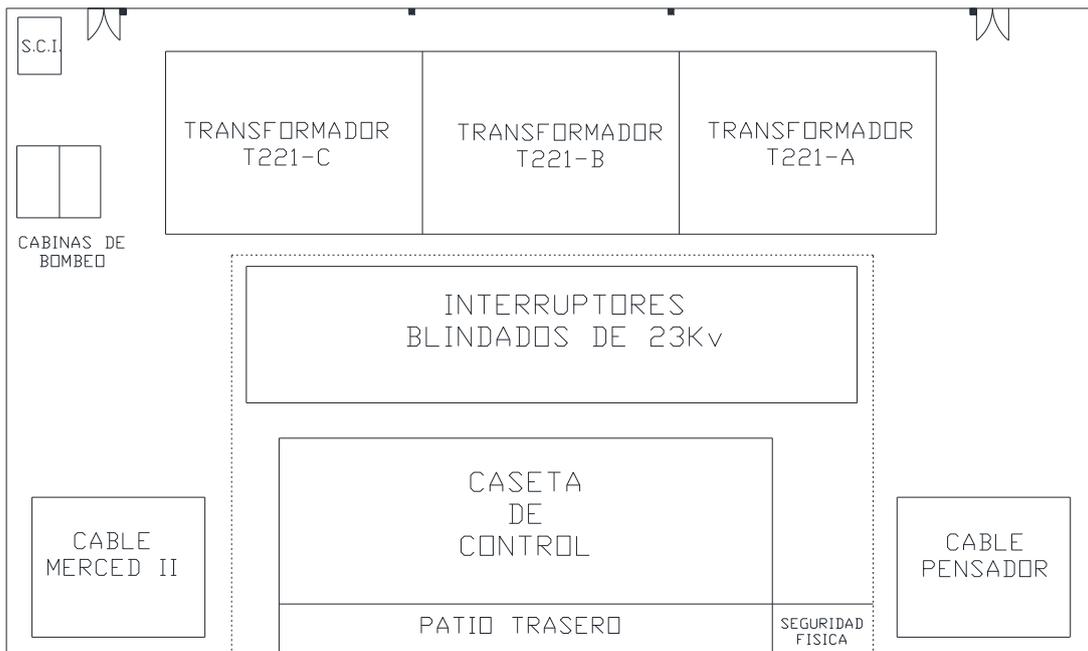


Fig. 1.5 Distribución Interna de la Subestación

1.4. Diagrama Unifilar.

La Subestación se construyó con un arreglo de barra sencilla con cuchilla seccionadora en 230 kV y un arreglo de doble barra con doble interruptor en el lado 23 kV.

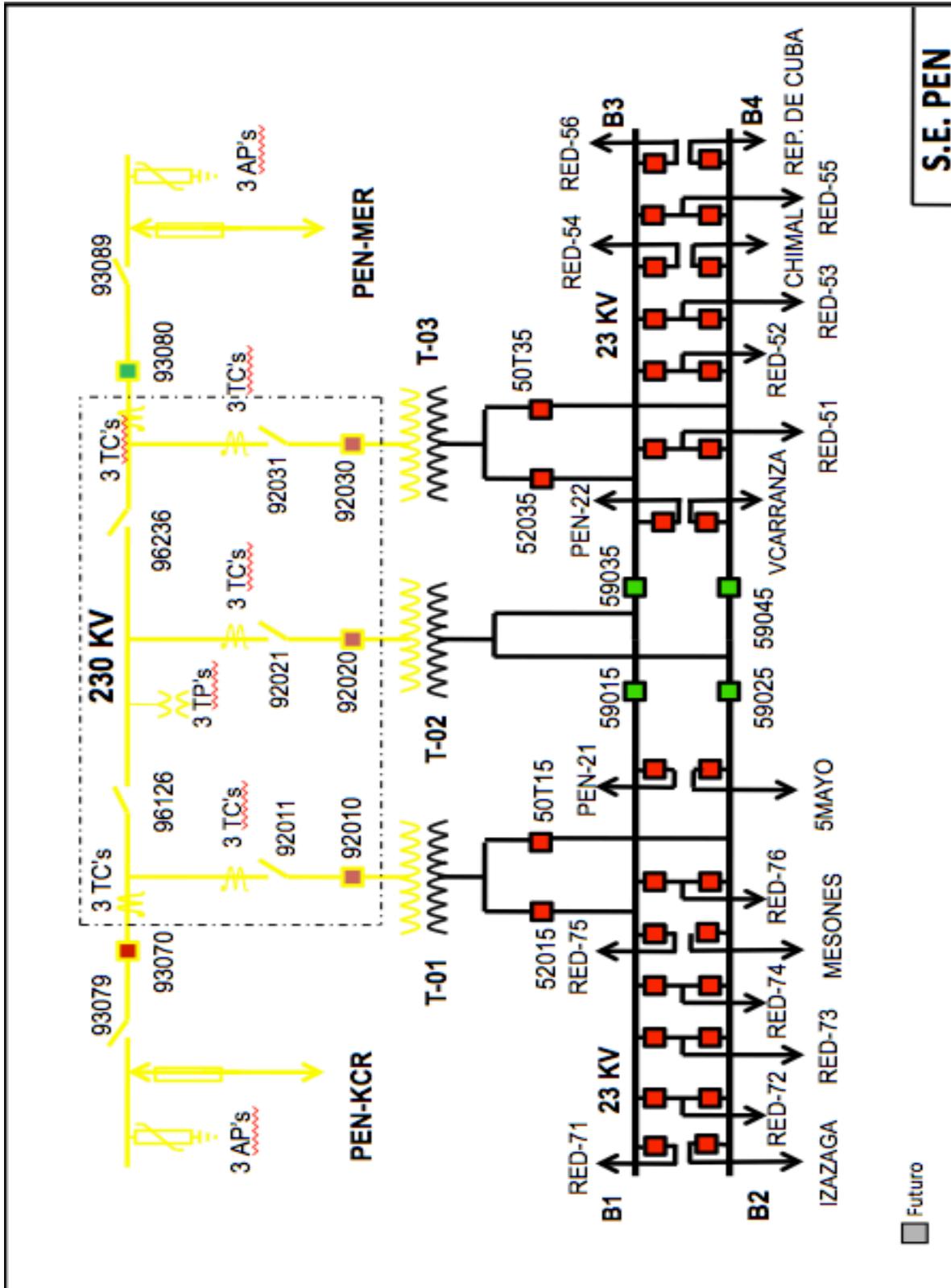


Fig. 1.6 Diagrama Unifilar General

Debido a la zona en la cual está ubicada la S.E., fue que se escogieron los tipos de arreglos, en alta tensión, y en media tensión. En especial el arreglo de media tensión, que debido a que es un terreno reducido, se construye una S.E. tipo interior con interruptores tipo Metal Clad que reducen el espacio requerido para la construcción de la S.E.

Además de tomar en cuenta la localización donde se pondrá en servicio la S.E., es de suma importancia tomar en cuenta que es lo que se alimentará. Por lo que en el caso de la S.E. Pensador Mexicano se debe de garantizar la continuidad del servicio como punto principal.

### 1.5. Arreglo en Alta Tensión (230 kV)

El arreglo de la Subestación para este nivel de tensión de 230 kV, es de barra principal doblemente seccionada a través de dos cuchillas de apertura bajo carga marca S&C Electric Co.

En este tipo de arreglo, se tiene la inconveniencia de que en caso de operar la protección diferencial de barras, se desconectan todos los interruptores, ya sea de las líneas de transmisión y los transformadores. Aunque en ciertos casos de falla se podrá aislar mediante las cuchillas seccionadoras, y debido al arreglo de las líneas y transformadores, la carga total se podrá restablecer totalmente y atender la parte dañada.

En el nivel de tensión de 230 kV, la Subestación Pensador Mexicano está interconectada en sus extremos con las Subestación Merced y la Subestación Kilómetro Cero. Esta interconexión es a través de dos líneas de transmisión subterráneas, cables de potencia inmersos en aceite.

El diagrama unifilar de esta sección es el que se muestra a continuación:

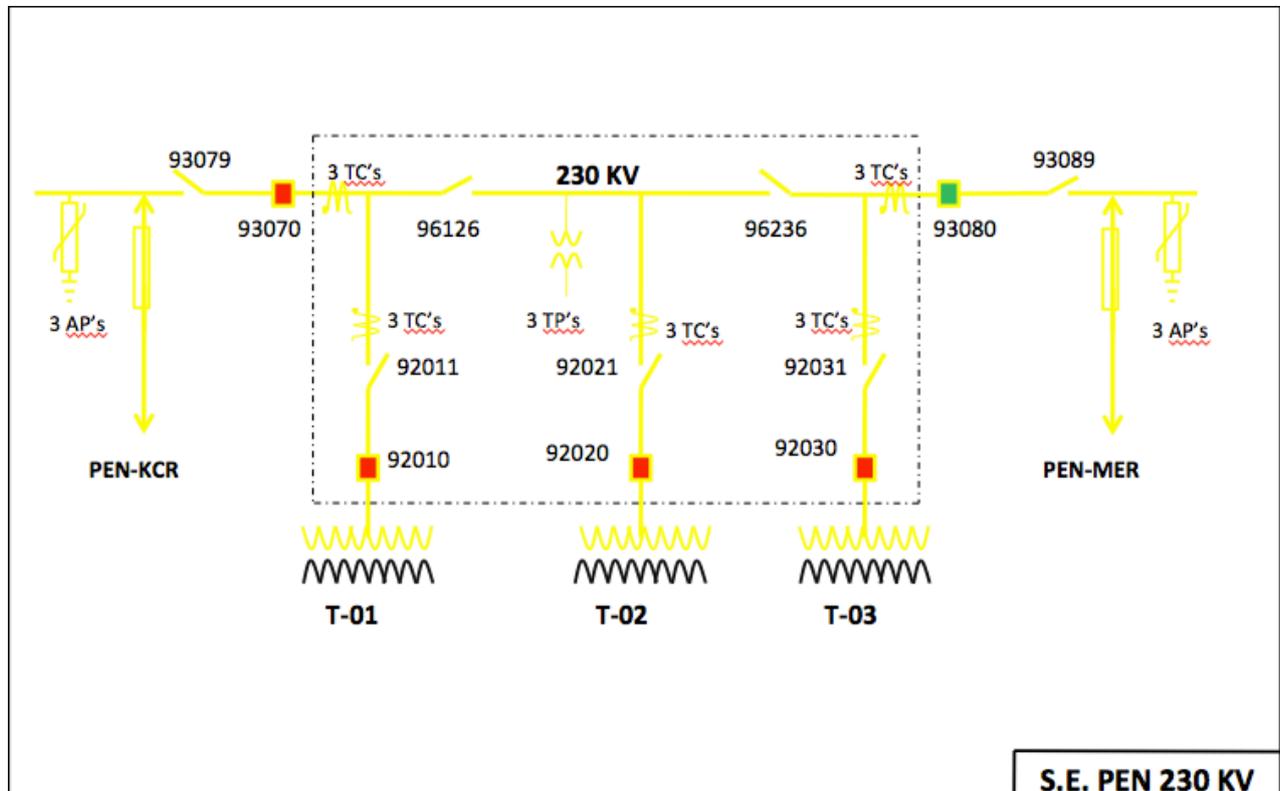


Fig. 1.7 Diagrama Unifilar 230 kV

Físicamente la barra principal y sus derivaciones están constituidos por secciones de tubo de aluminio, sólo en algunos tramos está conformado por cable ACSR 1113 kcm; esto último como resultado de la sustitución de equipo eléctrico primario y con la finalidad de facilitar las conexiones del mismo.

Las principales ventajas al utilizar tubería de aluminio en el diseño original de la barra principal son:

- En aluminio es buen conductor y es más barato que el cobre.
- El aluminio resulta ser un material ligero.
- Es resistente a la corrosión atmosférica, por lo que es perfecto para usarlo en intemperie.
- Pueden soportar grandes cantidades de corriente.
- Igual resistencia a la deformación en todos sus planos.
- Se reduce el número de soportes-aisladores necesarios debido a la rigidez del tubo.
- Facilidad de unión entre tramos.
- Se reducen las pérdidas por “efecto corona” y “efecto piel”.
- Capacidades de conducción relativamente altas por unidad de área.

Los tres bancos de transformación conectados al barra principal tienen las mismas especificaciones, sin embargo, a nivel operativo cada banco presenta niveles de carga distintos, estas características operativas y de propósito se detallan más adelante.

#### 1.6. Arreglo en Media Tensión (23 kV)

En el nivel de tensión de 23 kV, el arreglo es de doble barra - doble interruptor, el cual brinda un nivel de disponibilidad superior comparado con otro tipo de arreglos. Uno de los inconvenientes del arreglo es el costo total de la instalación. Sin embargo, esta consideración en el diseño de la instalación ha sido justificada debido a la cantidad y el tipo de clientes con los que se cuenta en la zona; garantizando la confiabilidad en el suministro del servicio de energía eléctrica en el centro de la Ciudad de México, Centro Histórico y Corredor Reforma, y entre los clientes que se tienen son la Cámara de Diputados, Edificios de Gobernación, Palacio Nacional, periódicos.

Los tipos de interruptores que se tienen en este arreglo son tipo Metal Clad, debido al reducido espacio con el que se cuenta en el centro de la ciudad para establecer un tipo de S.E. tipo intemperie, por lo que se opta por una S.E. tipo interior.

En el caso de las barras de 23 kV, se usan soleras de cobre, que como ventaja principal es la conducción superior con respecto a otros materiales. Además, debido a que se encuentran bajo ciertas construcciones, no sufre de las inclemencias del clima, por lo que no presentará corrosión por variables atmosféricas.

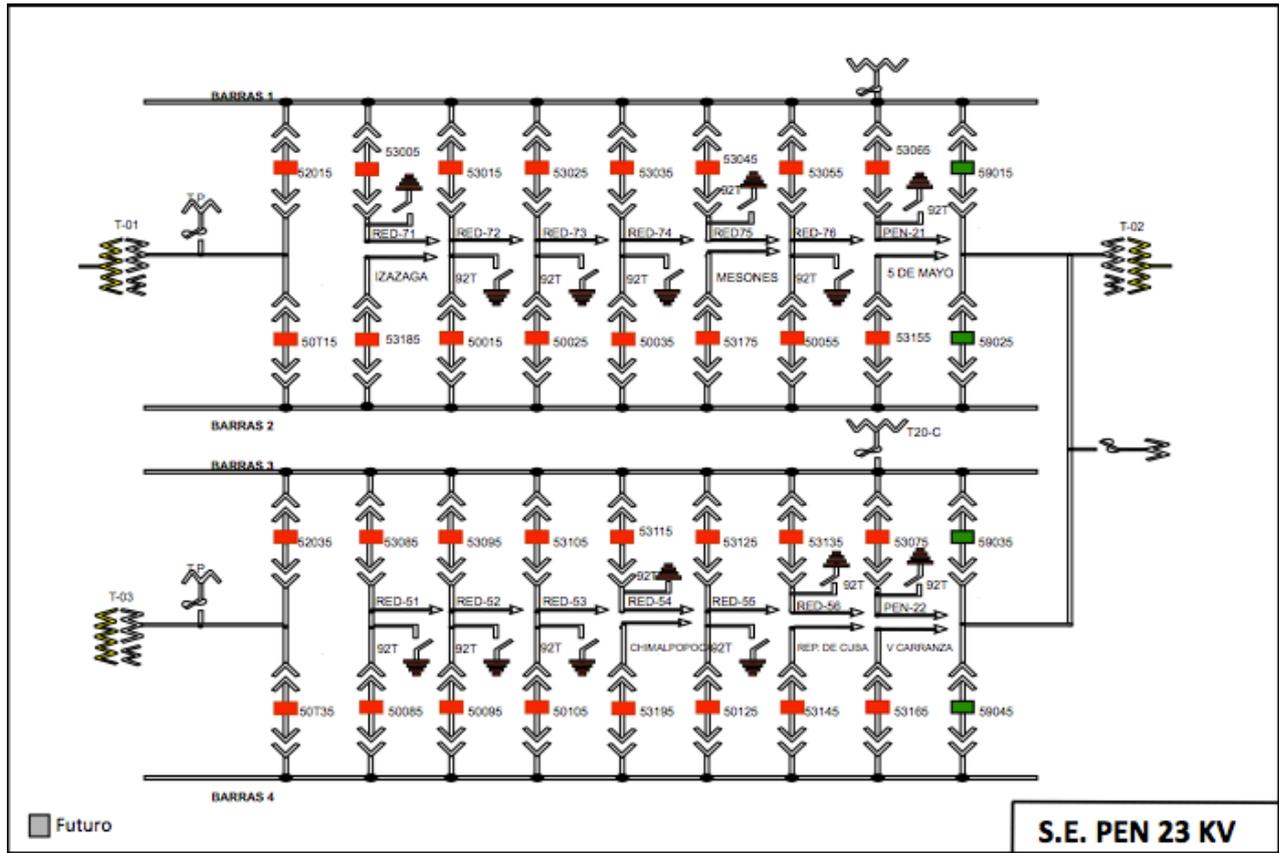


Fig. 1.8 Diagrama Unifilar 23 Kv

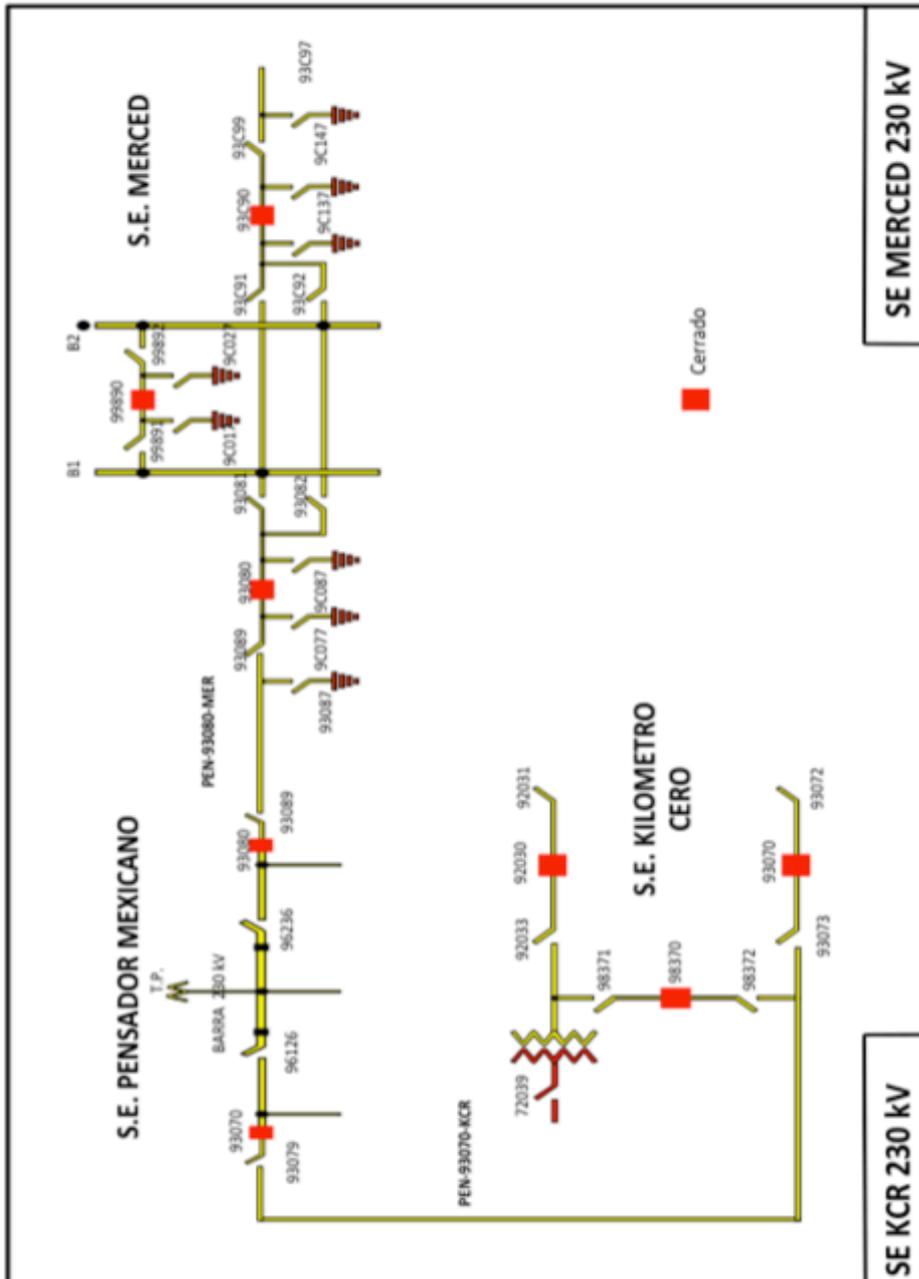


Fig. 1.9 Diagrama Unifilar de Interconexión de Subestaciones

## 1.7. Capacidad instalada

Se cuenta con una capacidad instalada de 180 MVA, ya que se cuenta con 3 bancos de transformación de 60 MVA cada uno.

### 1.7.1. Capacidad disponible en condiciones normales operativas

En condiciones normales de operación se tiene una capacidad de 120 MVA en servicio y de 60 MVA disponible, esto por el arreglo que se utiliza en el cuál se mantiene el banco T-02 energizado en vacío.

## Capítulo 2

### Equipo Eléctrico Primario en 230 kV

#### 2. Equipo Eléctrico Primario Instalado en 230 kV

Uno de los aspectos que más ha sufrido modificaciones dentro de la Subestación, es el equipo eléctrico primario de 230 kV. En las bahías de los cables de potencia se cambiaron los juegos de interruptores, las cuchillas seccionadoras, los Transformadores de Corriente, y los Apartarrays. Los interruptores propios de los transformadores también fueron cambiados.

A continuación se enlista el equipo eléctrico primario y sus respectivas especificaciones.

##### 2.1. Descripción de los Transformadores de Potencia

La S.E. Pensador Mexicano cuenta con tres bancos de transformación de 60 MVA cada uno, con una relación de transformación de 230/23. Son trifásicos y tipo acorazado.

En los bancos de transformación T-01, T-02 y T-03, entre sus principales características se presentan las siguientes:

Transformador de Potencia Trifásico

Marca: ASEA

Frecuencia: 50-60 Hz.

Potencia Nominal: 45000/60000 KVA

Impedancia a 60 Hz: 17.5% (a 220/23 kV y 60 MVA de potencia)

Conexión: H/X/Y, Estrella aterrizada/Estrella aterrizada/Delta aterrizada.

Manual: 9529.103

Año de Fabricación: 1970

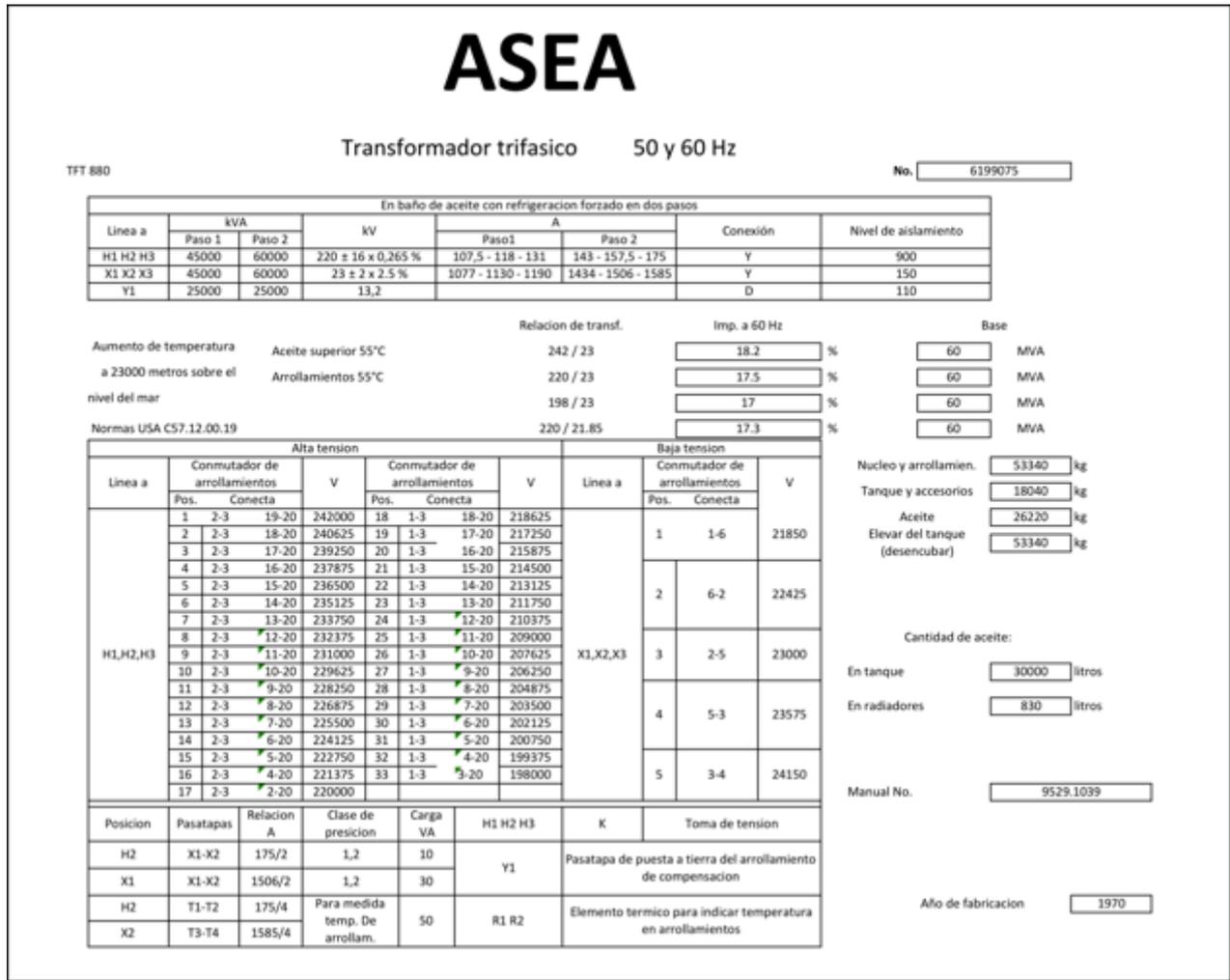


Fig. 2.1 Datos de Placa de los Transformadores

A continuación se da una breve explicación de los elementos principales de los bancos de transformación:

### Tanque Principal

El tanque principal es el contenedor de todos los accesorios del transformador, está debidamente protegido para soportar los efectos del medio ambiente, el área de este tanque es tal que permite la disipación del calor, el tanque debe estar perfectamente sellado para evitar fugas de aceite hacia el exterior, para lo cual se utilizan empaques en todas las juntas y registros necesarios.

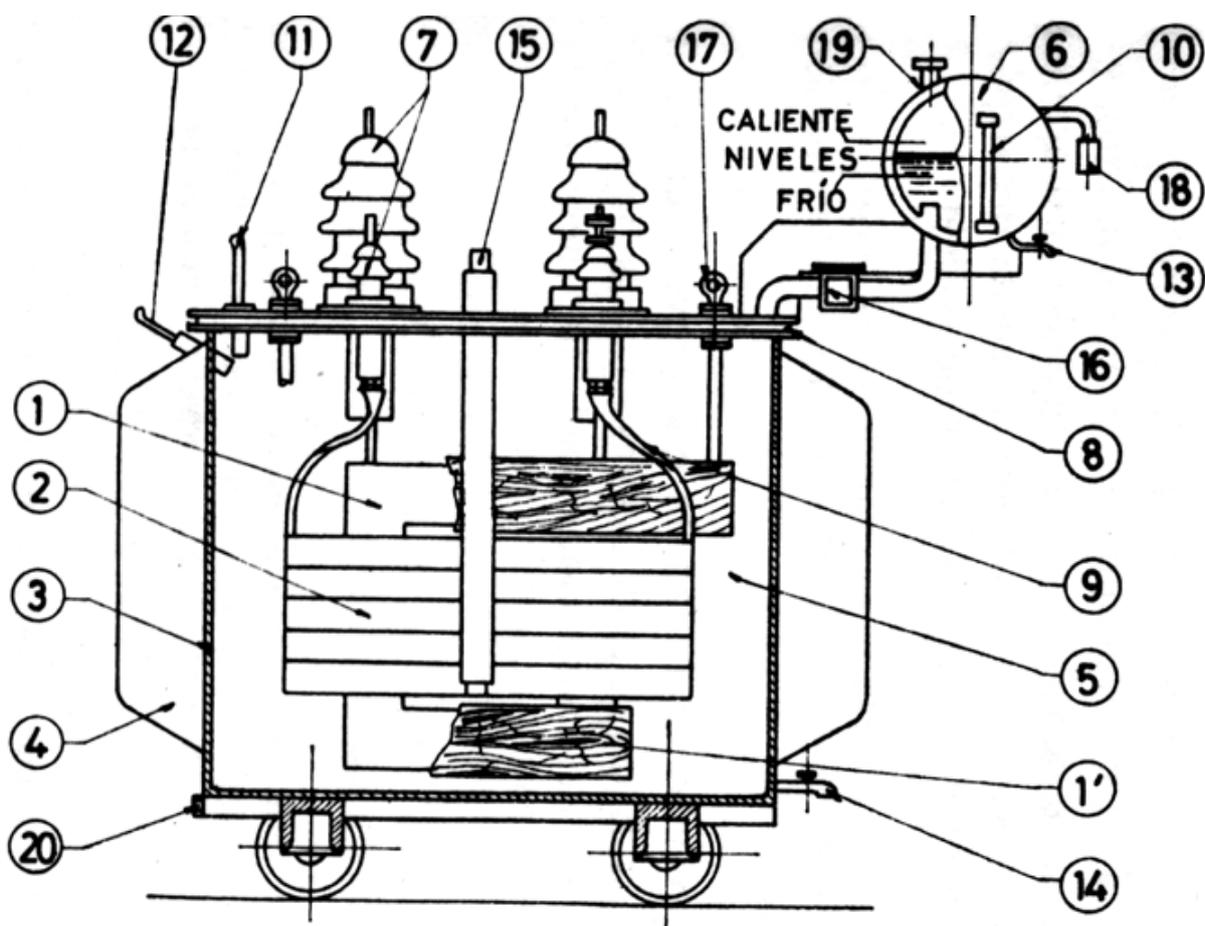


Fig. 2.2 Componentes Principales de un Transformador

1. Núcleo; 1' Prensaculatas; 2 Devanados; 3 Tanque Principal; 4 Radiadores; 5 Aceite; 6 Tanque Conservador; 7 Aisladores (BT y AT); 8 Junta; 9 Conexiones; 10 Nivel aceite; 11 - 12 Termómetro; 13 - 14 Grifo de vaciado; 15 Cambiador de derivación; 16 Relé Buchholz; 17 Cáncamos transporte; 18 Desecador aire; 19 Tapón llenado; 20 Puesta a tierra

## Aislamiento

En los transformadores existen aislamiento entre espira y espira, así como el conductor con el núcleo. Los conductores de los devanados están aislados entre sí empleando pletinas rectangulares encintadas con papel impregnado en aceite.

En caso de que el conductor y el núcleo entren en contacto provoca un corto circuito de fase a tierra. Si las espiras entran en contacto entre sí, provocan un corto circuito y se modifican las tensiones de entrada/salida.

El aceite es igualmente la otra parte importante del aislamiento del transformador. El aceite, debido a que el papel es un producto natural que contiene variedad de impurezas y en diferentes cantidades, es la razón por la cuál se requiere de cierto tratamiento antes de su utilización, es de bajo costo y tiene la particular ventaja de impregnar plenamente el papel.

El aceite, también cumple con la función de enfriar al transformador, es decir que actúa como un refrigerante.

En el tanque principal de cada transformador se cuentan con aproximadamente 3000 litros. Y en los radiadores se cuenta con aproximadamente 830 litros.

El sistema de preservación de aceite es por medio de la respiración libre a través de sílica gel (indicador de color).



**Fig. 2.3 Sistema de Preservación del Aceite (Sílica Gel)**

### **Radiadores**

Es un intercambiador de calor que permite aumentar la disipación del calor generado dentro del transformador.

El enfriamiento de los transformadores es de clase Enfriamiento por Aceite y Aire Forzado (FOA).

Cada transformador cuenta con dos grupos de enfriadores que cuentan con dos ventiladores cada uno, y que entran en dos pasos diferentes, el primer paso entra a los cincuenta grados celcius y el segundo entra a los sesenta y cinco grados celcius.



Fig. 2.4 Radiadores

### Tanque Conservador

Los tanques conservadores de los transformadores son de tipo cilíndrico, su finalidad es mantener el nivel del aceite en el tanque principal del transformador, ya que debido a los cambios de temperatura, provocados esencialmente por los incrementos en la carga, tiende a expandirse, por lo que el tanque absorbe esa expansión. Los tanques pueden contener hasta un veinte por ciento del volumen total de aceite, con lo cual se puede hacer frente a cualquier variación.

Es importante que en este tanque, el aceite no entre en contacto con el aire, debido a que el aire contiene humedad que puede entrar hacia el transformador, por lo que al entrar al contacto, el aceite tiende a oxidarse, y así pierde sus características dieléctricas. Por estos aspectos, es importante observar el color de la sílica gel de cada transformador, ya que si está en malas condiciones (ha cambiado de color) nos indica que de alguna manera existe humedad dentro del transformador y se tendrá que proceder a realizar una revisión minuciosa de dicho transformador.



Fig. 2.5 Tanque Conservador

### Válvula de Sobrepresión

Las válvulas de sobrepresión son dispositivos que protegen al resto de los elementos de un transformador contra los esfuerzos mecánicos, que se producen al elevarse la presión del aceite en un transformador, producto de una falla interna o de la operación anormal del mismo transformador.

### Relevador de Flujo

Este relevador es instalado entre el cambiador de derivaciones bajo carga y su tanque conservador. El relevador de flujo opera por el movimiento brusco de un líquido, en nuestro caso aceite aislante. Está formado por una cámara dónde se encuentra un interruptor de mercurio instalado en una placa, misma que tiene un orificio al centro, los pasa muros y los botones de prueba y reposición. Al operar el ruptor del cambiador, se producen gases, dichos gases pasan por el orificio de la placa, sin ocasionar problemas, si se presenta una falla en el cambiador, se genera un súbito desplazamiento de aceite, de tal forma que empuja la placa hacia delante activando el interruptor de mercurio, enviando una señal de disparo a los interruptores de los lados de alta y baja tensión del transformador.

### Relevador de Buchholz

Las irregularidades en el funcionamiento de los transformadores dan origen a calentamientos, si dichos calentamientos son del orden de 150° C o mayores se producen gases, cuya cantidad y rapidez de su desarrollo dependen de la magnitud de la falla.

Cuando se presenta una falla importante se producen pequeñas burbujas de gas, las cuales se elevarán hacia el tanque conservador, pero serán atrapadas en el relevador Buchholz (situado en la tubería entre el tanque principal y el conservador), esto ocasiona que el flotador uno empiece a bajar, cuando la cantidad de gases es suficiente, el flotador descenderá más y activará su contacto de alarma. Si continua el desprendimiento de gases, el nivel de aceite en el relevador Buchholz bajará más, ocasionando que se active el flotador dos y a su vez se cerrará el contacto de disparo, abriendo los interruptores lado alta y baja tensión del transformador.

### Termómetros

Los líquidos se degradan con mayor rapidez si su temperatura sobrepasa constantemente el límite admisible. Por esta razón es necesario evitar los calentamientos excesivos de los conductores que transfieren ese calor a los aislamientos. Para tal fin, y para efecto de control, se disponen de termómetros indicadores de temperatura del aceite y de los devanados, los cuales supervisan dichas temperaturas y controlan los sistemas de enfriamiento auxiliar o en su caso desconectan la carga de los transformadores, cuando se presentan condiciones de temperaturas superiores a las permitidas.

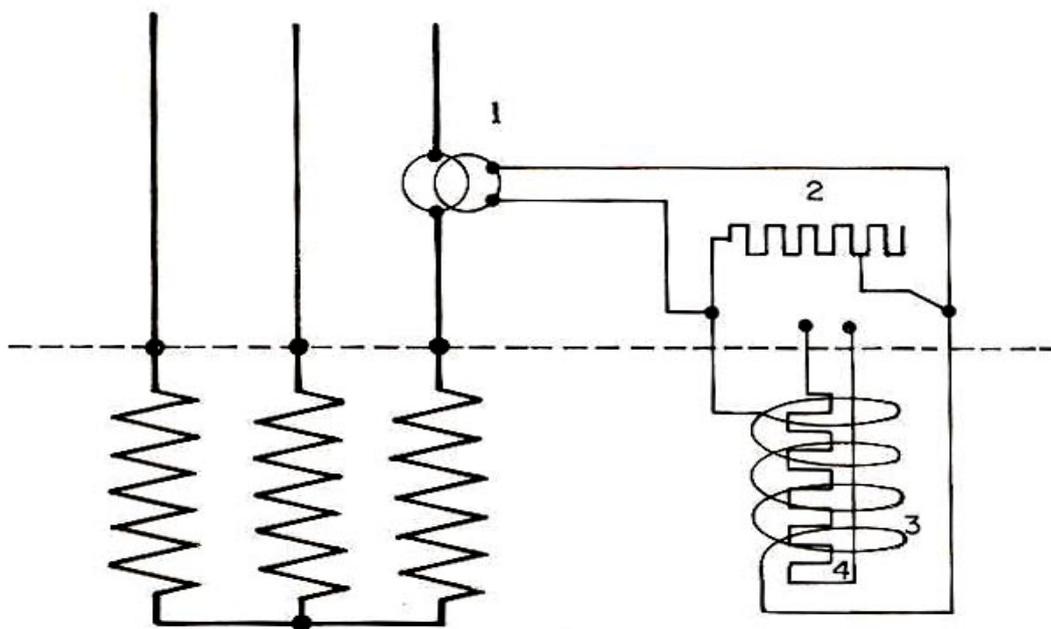


Fig. 2.6.1 Dispositivo de imagen térmica

En el caso de los devanados, no se puede tener un termómetro conectado directamente a él, por lo que se usa la imagen térmica, que es un termómetro con elemento de resistencia con cuerpo de caldeo. El principio de funcionamiento parte del hecho de que la temperatura del cobre depende de la que tiene el aceite y de la cantidad de calor producido por las pérdidas, de tal forma que es posible reproducir en imagen las mismas condiciones de temperatura que en el transformador.

El dispositivo de imagen térmica está constituido por el termómetro de resistencia (4), la resistencia de caldeo (3) un transformador de corriente (1) y una resistencia ajustable (2).

Si no pasa corriente por la resistencia de caldeo, el recipiente que contiene en su interior al conjunto tendrá la misma temperatura del transformador y será la que indique en la escala graduada en °C.

Si la resistencia del caldeo es recorrida por una intensidad proporcional a la del transformador de potencia deberá generar una temperatura que será la diferencia entre la temperatura del arrollamiento y la temperatura del aceite de la cuba.



Fig 2.6.2 Termómetros

### Indicador de Nivel de Líquido

Los indicadores de nivel, como su nombre lo indica, nos permiten tener una referencia del nivel de aceite en el transformador.

En el caso de los transformadores de la S.E., estos se encuentran ubicados en el tanque conservador, y nos permite saber cuál es el nivel con el que cuenta cada transformador. Debido a que es fundamental tener un nivel de aceite óptimo en el transformador, los indicadores de nivel vienen con contactos de alarma para dar aviso del bajo nivel que pueda tenerse en el transformador.



Fig. 2.7 Indicador de Nivel de Aceite

### Cambiador de Derivaciones

Los cambiadores de derivaciones permiten modificar la relación de transformación de un transformador, y así poder variar la tensión en el secundario, ya que al variar la carga es necesario que se ajuste para poder satisfacer las necesidades del usuario, y que, en nuestro caso, al no tener un banco de capacitores, se utiliza el cambiador de derivaciones para poder ajustar la tensión.

Para cada transformador la operación para realizar un cambio de tap, puede ejecutarse con carga (en la parte de alta tensión) en forma automática o manual (desde el mímico o en el gabinete anexo a cada transformador, ya sea mecánicamente o manual, mediante un maneral anexo al gabinete), sin necesidad de desenergizar el transformador. En el caso de media tensión, el cambiador de derivaciones, es necesario de desernegizar el transformador.

El número de taps que hay en la parte de alta tensión son treinta y tres, teniendo el tap uno una tensión 24200 V, y en el treinta y tres 19800 V, con una variación entre cada tap de 1375 V.

Todos los cambiadores de taps con carga traen su propio compartimiento de aceite y sus propios relevadores de protección como son la válvula de sobrepresión y el relevador de operación por flujo de aceite.

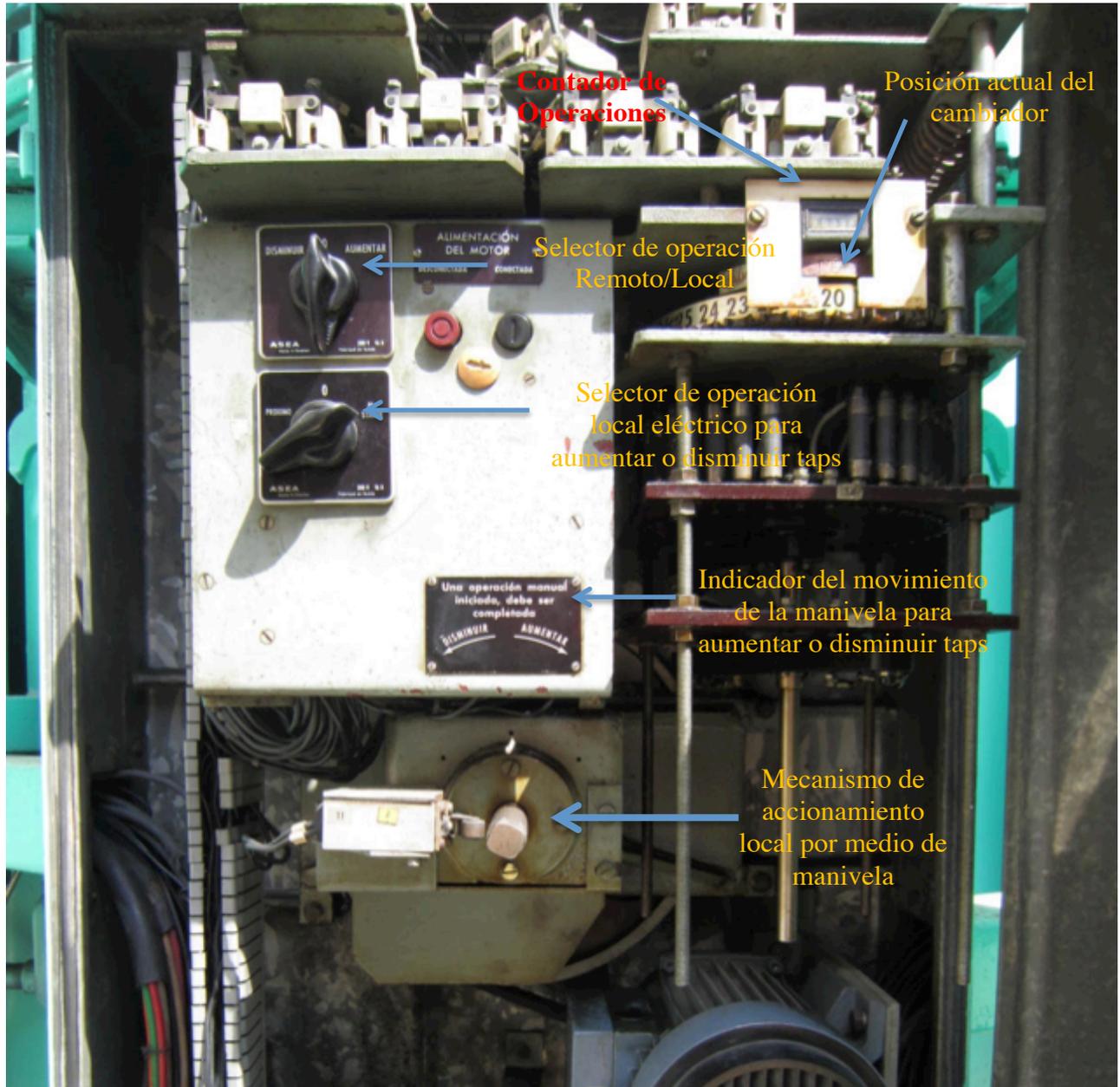


Fig. 2.8.1 Cambiador de Derivaciones de TAPS

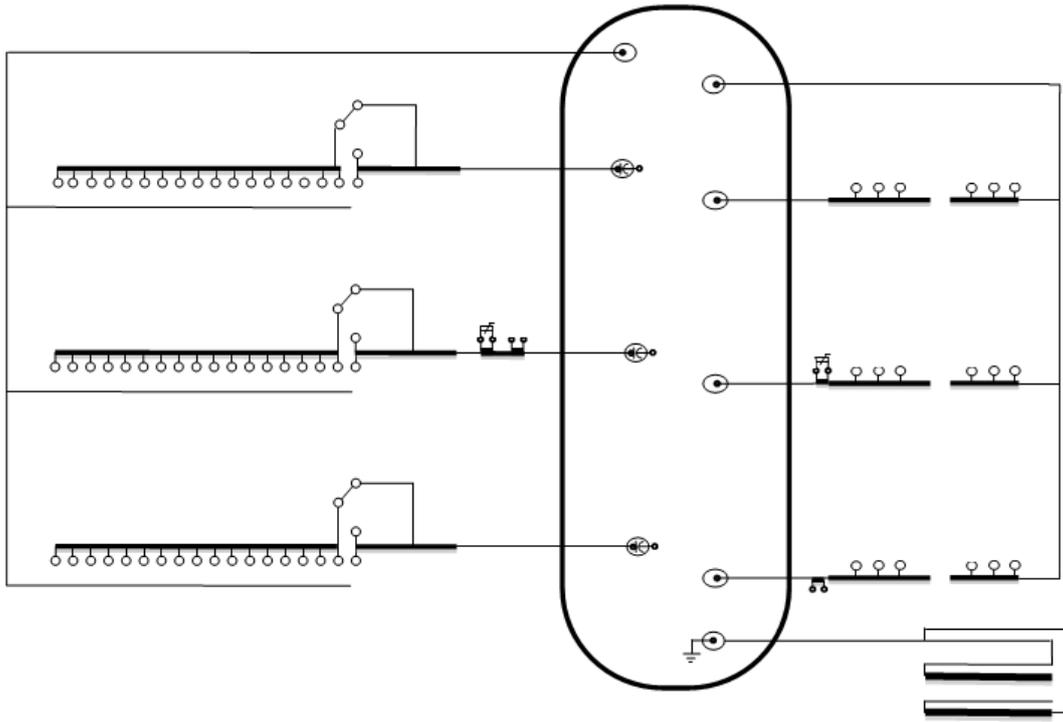


Fig. 2.8.2 Diagrama esquemático de las interconexiones del cambiador de TAPS

### Sistema Contra Incendios

El Sistema Contra Incendio (SCI) es un tanque hidroneumático del tipo vertical que nos permite tener disponible 30 m<sup>3</sup> de agua a una presión 7 Kg/cm<sup>2</sup> para que de forma automática y mediante detectores de fuego se genere un “diluvio” en la zona del transformador donde se requiera y de ésta forma extinguir o evitar la propagación de un incendio.

El tanque almacena 2/3 de su volumen de agua, y el restante 1/3 es aire a una presión que se encuentra entre los 6 y 7 kg/cm<sup>2</sup>.

El sistema contra incendio de tanque hidroneumático tiene los siguientes elementos importantes:

Elemento
1.- Válvula de Diluvio.
2.- Detector de Flama.
3.- Tablero de Control.
4.- Tanque Hidroneumático.
5.- Toberas o Rociadores.
6.- Cuadro de Aspersión.
7.- Moto-Bomba.
8.- Moto-Compresor

A continuación se hace una breve descripción de cada elemento.



### Válvula de Diluvio

Es la parte del sistema que se encarga de retener el agua a presión, desde el tanque hidroneumático, y permite el paso del agua hacia el cuadro de aspersión del respectivo transformador (cada transformador cuenta con uno) cuando es operada manual o automáticamente.



### Detector de Flama

Son los elementos encargados de detectar fuego y energizar el circuito de disparo por protección primaria del transformador de potencia, así como de la activación del diluvio en el cuadro de aspersión del mismo.

Estos detectores de flama son calibrados para que operen cuando la temperatura es de 65° a 80° centígrados.

### Tablero de control eléctrico



Se cuenta con un gabinete (imagen lado izquierdo) donde se aloja la estación de control de la moto-bomba y el moto-compresor; y en la imagen del lado derecho se tiene un relevador de bloqueo definitivo (23X) para cada uno de los transformadores con lámpara de señalización de operación y botón de reposición para cada uno.

### Tanque hidroneumático



Depósito de 30 m<sup>3</sup> de capacidad donde se almacena 20 m<sup>3</sup> aproximadamente de agua y el volumen restante del tanque se presuriza a 7 Kg/cm<sup>2</sup>.



### Toberas o rociadores:

Son los elementos que por su diseño, hacen que al paso del agua, ésta salga con una aspersión uniforme, en forma de rocío con una mayor eficiencia en la extinción del incendio.

### Cuadro de Aspersión de Agua



Es un conjunto de tuberías a dos niveles por la cual se conduce el agua hacia las toberas o rociadores.



### Moto-Bomba

Es el equipo que se utiliza para bombear el agua del tanque de almacenamiento al tanque principal hidroneumático hasta aproximadamente 2/3 de su capacidad.



### Moto-compresor

Es el equipo necesario para presurizar a 7 kg/cm<sup>2</sup> el volumen restante del tanque hidroneumático después de llenarlo a 2/3 de su capacidad.

### Operación

Se pone el selector automático-manual de la moto-bomba y el moto-compresor en automático, y de esta forma se inicia el bombeo de agua del tanque de almacenamiento al tanque hidroneumático hasta alcanzar el nivel requerido; una vez alcanzado este nivel de forma automática se apaga la moto-bomba y arranca el moto-compresor, presurizando el tanque hasta los 7 Kg/cm<sup>2</sup>. La disposición de este sistema cuenta con una válvula principal del tanque hidroneumático y después de ésta existe una derivación hacia cada uno de los transformadores, la cual también tiene una válvula de diluvio individual.

En condiciones normales de operación el sistema contra incendio deberá de estar con las cuatro válvulas abiertas al 100% y con estas condiciones se tendrá el SCI disponible para cualquier eventualidad.

En caso de operación del SCI en alguno de los transformadores, en el gabinete de control quedará operado el relevador 23X quedando indicada su operación a través de la lámpara de señalización (color rojo) instalado a un lado de cada uno de los relevadores 23X. La operación del relevador 23X manda también señal de operación al relevador auxiliar de disparo 86-63 (Protección Primaria) del transformador de potencia que corresponda, generando las alarmas de operación del SCI y opero PP del transformador que corresponda. Al operar el SCI, se debe de proceder una vez sofocado el incendio, a cerrar la válvula correspondiente del transformador en disturbio.

Para normalizar el SCI y entrar en servicio nuevamente con el transformador (**si las condiciones de éste lo permiten**) se procede como sigue:

- Normalizar la válvula de diluvio del transformador.
- Reponer el relevador de 23X.
- Reponer el relevador 86X.

## Operación manual



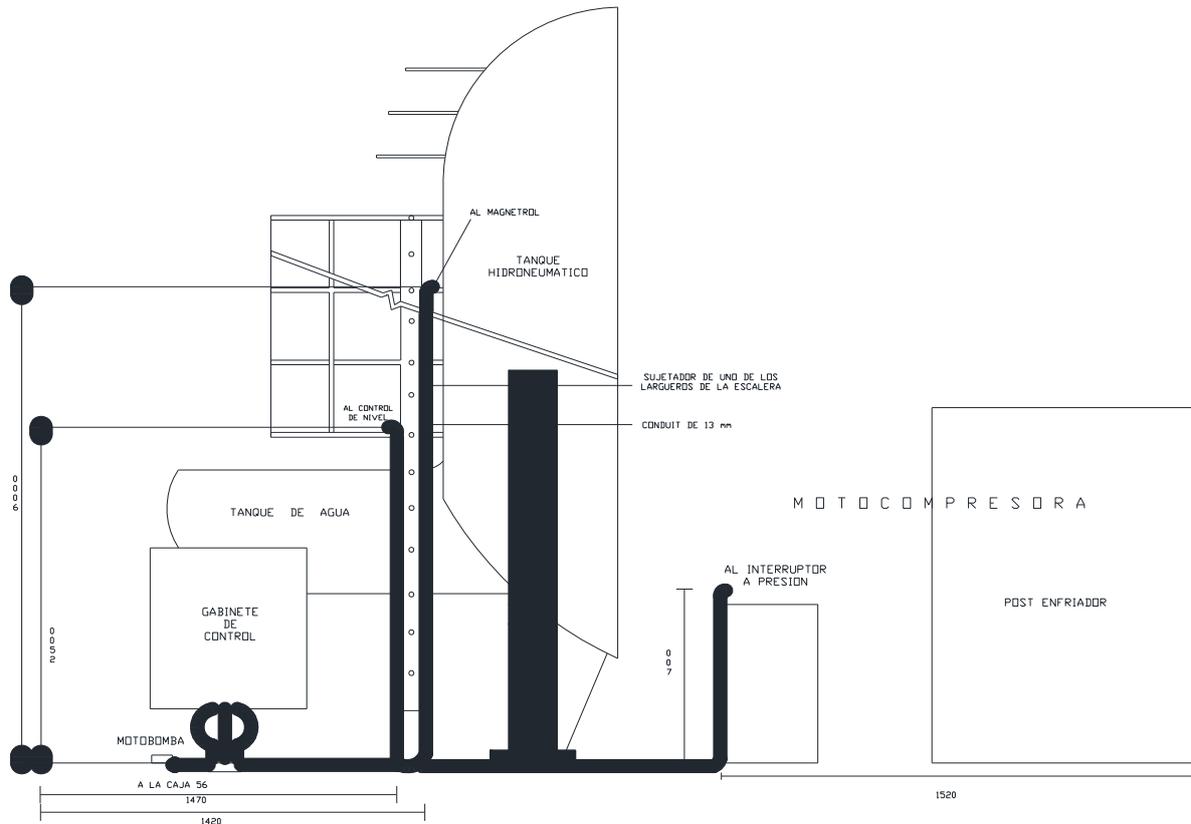
Para activar el Sistema Contra Incendio de forma manual basta únicamente con jalar la palanca que se muestra en la imagen anterior, teniendo en consideración que se tiene una para cada transformador, por lo que se deberá antes de jalar la palanca identificar correctamente la que corresponda al transformador en disturbio, además se deberá verificar que el transformador se encuentre desenergizado.

## Cuchilla de bloqueo del SCI



Se encuentra instalada en la parte posterior de los tableros de protección de cada uno de los transformadores. Al abrir esta cuchilla bloquea la operación automática del SCI.

## Plano de instalación SCI



## Tableros Anexos

Cuenta con un tablero anexo, en el que se encuentran los controles de bombas de aceite, ventiladores, calefacción.

Además cuenta con un gabinete anexo de alarmas propias del transformador.

Otro gabinete está en servicio para poder realizar el cambio de derivaciones, tanto en la parte de media tensión como en la de alta tensión(Ver imagen 2.8.1).

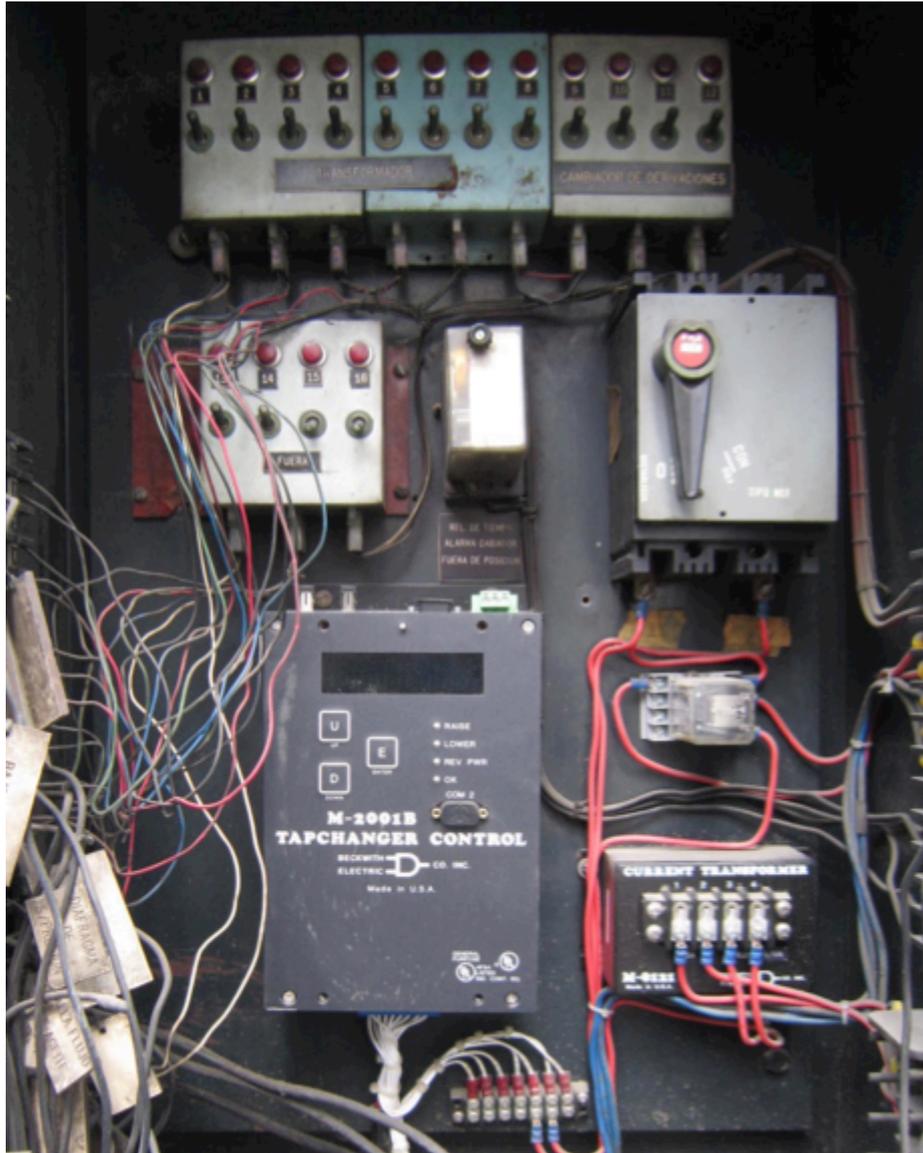


Fig. 2.9.1 Gabinete de alarmas propias del Banco de Transformación



Fig. 2.9.2 Gabinete de Control del Transformador

## Tipo de Conexión

El tipo de conexión, como ya se mencionó en las características principales, es una conexión estrella-estrella-delta. Las principales ventajas y desventajas de este tipo de conexión son:

- El aislamiento es mínimo
- La cantidad de cobre se reduce
- Los dos neutros son accesibles
- Alta capacitancia entre espiras, lo que reduce los esfuerzos dieléctricos durante los transitorios debidos a tensión.
- Neutros inestables, si no se conectan a tierra
- La delta en el terciario proporciona un camino cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante.
- Aumenta el tamaño y costo
- Se pueden alimentar los Servicios Propios del devanado terciario

Elementos a supervisar en los bancos de transformación:

- Revisar que en el equipo no haya objetos extraños en todo el transformador.
- Revisar que no haya fisuras en aisladores.
- Que las soguillas de puesta a tierra del cuerpo y gabinete del transformador estén en buen estado y con buen contacto.
- Checar que las gomas de sello de las puertas de los gabinetes estén en condiciones correctas, esto es para evitar condensados en el interior.
- Que el sellado de los ductos de cables esté correcto.
- Verificar que todos los termomagnéticos de C.A. y C.D. se encuentren en posición dentro.
- Que no haya cables sueltos, y falsos contactos en el alambrado.
- Que los cables de conexión de la resistencia calefactora no estén con falso contacto y/o seccionados.
- Que el selector de control del cambiador de derivaciones este en posición manual y remoto, ya que la operación en automático no se encuentra en operación.
- Cerciorarse de que el nivel de aceite del tanque conservador tenga valores normales (>25).
- Verificar que no existan fugas de aceite en ninguna de sus partes (cabezales, cuerpo, bombas, radiadores y tubería).
- Realizar una prueba de lámparas y así poder verificar los canales de supervisión por falla.

- La anotación de lecturas de temperaturas en horarios establecidos para el monitoreo del transformador.
- Verificar el estado de la sílica gel.

## 2.2. Transferencia Automática Banco T-02

El banco T-02 es el banco de reserva, se mantendrá energizado en vacío y disponible para tomar la carga de los bancos T-01 y T-03 en caso de falla/disparo o mantenimiento de alguno de estos.

Los relevadores **86-X, 86-63** de los bancos T-01 y T-03, son relevadores auxiliares, cuyas señales de disparo en conjunto con el cierre de un contacto seco de los interruptores de 23 kV de los bancos T-01 (**52015 y 50T15**) y T-03 (**52035 y 50T35**), mandan automáticamente una señal de cierre a los interruptores de 23 kV de **ENLACE 1 (59015 y 59025)** o **ENLACE 2 (59035, 59045)**, de la siguiente manera:

- Al operar el relevador 86-X, el 86-63 del banco T-01, además de mandar las señales de disparo en combinación con el cierre de un contacto seco de los interruptores 52015 y 50T15, manda las señales de cierre a los interruptores de 23 kV de **ENLACE 1 (59015 y 59025)**; librando al banco T-01.

- Al operar el relevador 86-X, el 86-63 del banco T-03, además de mandar las señales de disparo en combinación con el cierre de un contacto seco de los interruptores: 52035 y 50T35 manda las señales de cierre a los interruptores de 23 kV de **ENLACE 2 (59035 y 59045)**; librando al banco T-03.

Para controlar la operación de cierre automático de los interruptores de ENLACE 1 o ENLACE 2 en los casos anteriores, se tiene un selector denominado SW TRANSFERENCIA ubicado en el tablero mímico, correspondiente al banco T-02, con dos posiciones: **Manual y Automático**. En condiciones normales, se tendrá en la posición **Automático**.

Para operar **manualmente** los interruptores de 23 kV de ENLACE 1 (**59015 y 59025**) o ENLACE 2 (**59035 y 59045**), la posición del selector estará en **Manual**.

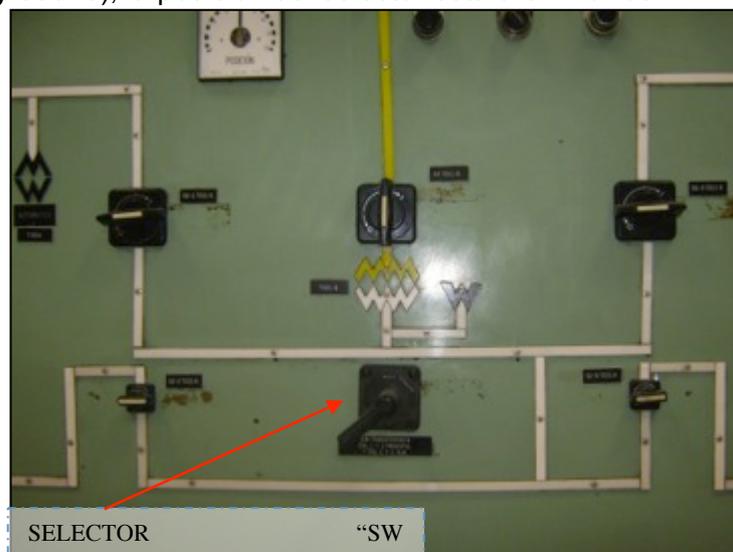


Fig. 2.10 Selector SW

- Si se tiene que dejar fuera de servicio al banco T-02, por razones forzosamente necesarias, se deberán desconectar (**abrir y sacar de su gabinete**) a los interruptores de 23 kV de **ENLACE 1 y ENLACE 2**, además de abrir su respectivo interruptor de 230 kV (**92020**).

- En caso de que el banco T-02 esté en servicio, ya haya sido por falla en alguno de los otros dos transformadores o por mantenimiento en alguno de ellos, se tiene un bloqueo eléctrico que no permitirá la transferencia automática al banco T-02, esto debido a que no aguantaría la carga de los dos bancos de transformación al mismo tiempo.

### 2.3. Transformadores de Corriente

Los transformadores de corriente instalados en la sección de 230 kV, son de tipo mixto que cuentan con el núcleo de precisión que suministran las señales de corriente para los circuitos de medición, y además cuenta con los núcleos adecuados para suministrar las señales a los esquemas de protección. En total son 5 juegos de TC'S, y están distribuidos de la siguiente manera:

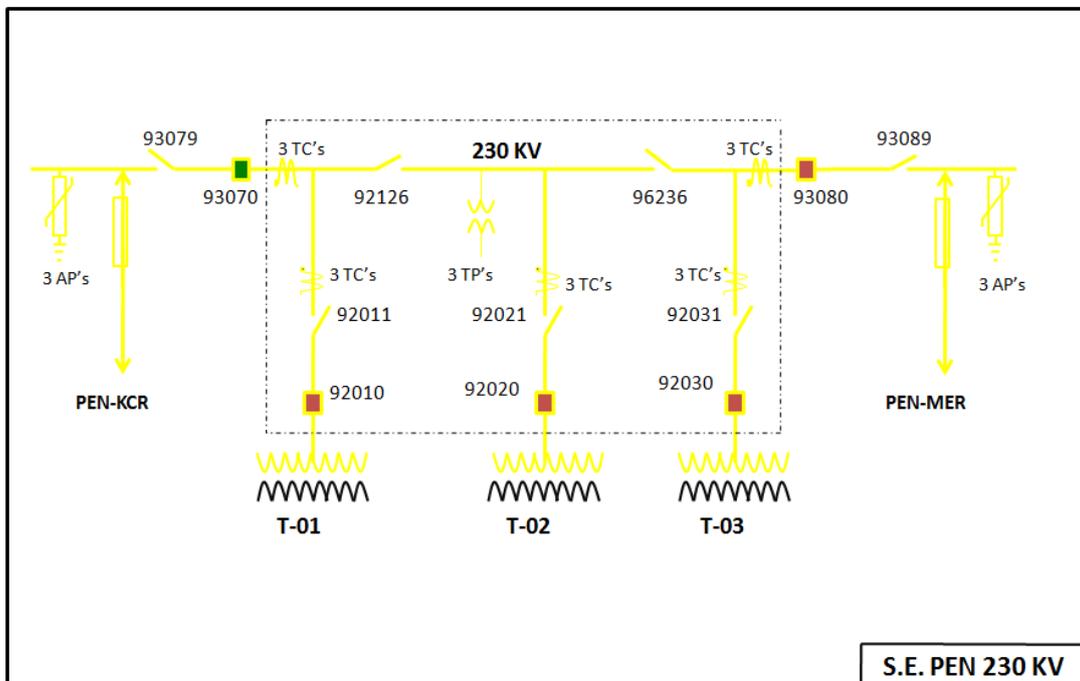


Fig. 2.11 Ubicación de TC's

Como parte de los trabajos de sustitución de equipo primario, durante el año 2010, se instalaron 2 juegos de TC's en las bahías de las líneas 93070 (PEN-KCR) y 93080 (PEN-MER). Con las siguientes especificaciones:

- **Transformadores de Corriente (bahía 93070)**

Marca: ARTECHE

Tipo: CA/N-245

Números de Serie: Fase A 1040919-46, fase B 1040919-50 y fase C 1040919-48.

- **Transformadores de Corriente (bahía 93080)**

Marca: ARTECHE

Tipo: CA/N-245

Números de Serie: Fase A 1040919-56, fase B 1040919-49 y fase C 1040919-47.

**Peso Aprox. de cada unidad: 700 kg.**  
**Tipo de aceite dieléctrico: Nafténico.**

ARTECHE		TRANSFORMADOR DE CORRIENTE			CFE
PEDIDO-CONTRATO		700328238			ACEITE SEGÚN NORMA NMX-J123-ANCE
TIPO	CA/N-245	NO. DE SERIECATALOGO APTO		CA	AÑO-MES
RELACION	800/1000/1600/2000:5/5/5/5	TENSION NOMINAL		230 kV	2010/08
FACTOR DE CORRIENTE TERMICO		1.2 In	TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO		1050 kV
I. TERMICA	40 kA - 1 s.	I. DINAMICA		100 kA CRESTA	
SECUNDARIO	S1-S2-S4	S5-S6-S8	S9-S10-S12	S13-S14-S16	
CARGA (VA)	30	100	100	100	
CLASE	0.2 FS ≤ 20	10P20	10P20	10P20	
ALTURA DE OPERACIÓN	2500 m.s.n.m.	DISTANCIA DE FUGA		≥ 6125 mm	
ACELERACION HORIZONTAL	0.3 G	MASA	700 KG	ACEITE	181 L
TIPO DE ACEITE	NAFTENICO				

Fig. 2.12 Datos de placa de un TC

Los transformadores de corriente instalados para cada banco de transformación se especifican a continuación:

**Marca: Balteau**

**Clase de aislamiento: 230 kV**

**Corriente térmica: 25-50 kA en un segundo**

**Corriente dinámica: 50-100 kA**

**Relación: 400-200/5/5**

**Clase Protección: 10H200, Clase medición: 0.3**

Los transformadores de corriente son de tipo pedestal y están contruidos dentro de un receptáculo aislante de porcelana, tienen un núcleo toroidal. Su secundario tiene alta reactancia de dispersión, con lo que la caída de tensión disminuye más rápidamente con la disminución de la corriente secundaria de lo que disminuye la tensión secundaria de excitación con la reducción en la cantidad permitida de la corriente de excitación para el error de relación especificado.

Tomando en cuenta las Normas ANSI, la clase de precisión del TC corresponde a la de mediciones de laboratorio y alimentaciones para wathorímetros de alimentadores de potencia.

Los transformadores están diseñados para que el núcleo se sature para valores bajos de sobrecorriente, y así proteger los instrumentos conectados al secundario del transformador.

Se tiene la Norma de Referencia NRF-027 CFE-2004 para Transformadores de Corriente.

#### 2.4. Transformadores de Potencial

Existe un juego de TP's tipo inductivo instalado en la barra principal. Los TP cuentan con tres devanados con su relación de transformación de 1200:1, 1200:1 y 2000:1. La precisión de cada uno de ellos corresponde a las normas ANSI C.57.13. Al igual que para los TC's, la precisión corresponde a la de mediciones de laboratorio y alimentación para los wathorímetros de sistemas de potencia y distribución. Además de alimentación a las bobinas de potencial de los aparatos de medición, indicadores o registradores.

El diseño de los transformadores es seguro en caso de una falla interna gracias a que cuenta con:

- Partes activas dentro de cubas metálica separadas de los aisladores.
- Dispositivos de liberación de sobrepresión.
- Conexiones eléctricas resistentes al cortocircuito.

Cada TP está herméticamente sellado con un compensador que absorbe las variaciones de volumen de aceite. Además, está provisto de un dispositivo de toma de muestras de aceite para su análisis periódico.

**Transformadores de Potencial (Barra de 230 kV)**

**Marca: Balteau**

**Clase de aislamiento: 230 kV**

**Relación: 1200/1, 1200/1, 2000/1**

**Tensión secundaria: 115, 115, 69 volts.**

s.a. <b>Balteau</b> i.e.		TRANSFORMACION DE POTENCIAL						
TIPO	UEZ 220	NO.	A / 232 / 5	71				
CLASE AISLAMIENTO	230	NORMAS	ANSI	BORNES BT	S1 S2	S3 S4	S5 S6	
NIVEL IMPULSO	1050 kV ONDA COMPLETA			RELACION	1200:01:00	1200:01:00	2000:01:00	
TENSION PRIMARIA	138 KV			TENSION SECUNDARIA	115	115	69	
				CARGA	WXY:ZZZ	WXY:ZZZ	WXY:ZZZ	
POTENCIA MAXIMA DE CALENTAMIENTO	6500 VA	50 /60 HZ		PRECISION	0.3 : 1.2	0.3 : 1.2	0.3 : 1.2	

Fig. 2.13 Datos de Placa de un TP

Se tiene la Norma de Referencia NRF-026 CFE-2004 para transformadores de potencial inductivo.

**2.5. Apartarrayos**

La S.E. cuenta con dos juegos de apartarrayos ubicados cada uno al extremo de cada cable de 230 kV, los cuáles proveen un sistema de protección que limitarán las sobretensiones en el sistema originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de sistemas.

Su función como tal no es eliminar las sobretensiones, sino limitar los valores de sobretensiones, ya sea por sobretensión de impulso de rayo (descargas atmosféricas), sobretensiones de impulso por maniobra (originadas por la operación de un interruptor), o sobretensiones de baja frecuencia (desequilibrios en la red o corto circuito de fase a tierra), a valores que no son perjudiciales para el equipo.

Ambos juegos de apartarrayos son de óxidos metálicos. Entre las ventajas principales del uso de este tipo de apartarrayos, son:

- Una protección constante.
- Debido a su característica tensión-corriente menos lineal, no se permite el flujo de la corriente posterior causada por una sobretensión.
- Pueden soportar mayor cantidad de rayos y operación de interruptores.

- El volumen de las partes vivas se reduce, lo que los vuelve más compactos que los convencionales.
- La simplicidad en el diseño, mejora la calidad y disminuye el ingreso de humedad.
- Tiene una mayor capacidad de absorción de energía.

2.6. Descripción de las cuchillas de enlace de Barra “93 EAB y 93 EBC” (92126 y 96236)

### Seccionadores de Apertura Bajo Carga (Cuchillas De Enlace)

Estos seccionadores tienen la particularidad de realizar aperturas en condiciones de corriente nominal y aún bajo condiciones de corrientes de falla.

Esto es posible gracias a que cuentan con un dispositivo de extinción de arco similar a una cámara de extinción en interruptores, el medio de extinción en cuestión es gas Hexafloruro de Carbono (CF<sub>6</sub>).

		<b>S &amp; C CIRCUIT SWITCHER / MARK II</b>			
		CATALOG NUMBER	ERECTION DRAWING	SERIAL NUMBER	KV-NOM, MAX DES, BIL
<b>339361R5-T-S183</b>		<b>6118</b>	<b>693082</b>	<b>230, 242 - 900</b>	
AMPERES CONTINUOUS	AMPERES MOMENTARY (ASYM)		AMPERES FAULT CLOSING (SYM)*		
<b>1600</b>	<b>70000</b>		<b>40000</b>		
AMPERES INTERRUPTING WHEN SWITCHED					
PARALLEL CIRCUITS	LOAD	LINE, CABLE, CAPACITORS	FAULTS	RESTRICTED TO S C APPLICATION CLASSES	
<b>1600</b>	<b>1600</b>	<b>550</b>	<b>2500 / 4000</b>	<b>EFGHJKMNP</b>	
* POWER OPERATED ONLY			**AND ASSOCIATED MAGNETIZING CURRENTS		
NOTE: SEE ALSO INSTRUCTION PLATE G - 3954 OR 3955					
<b>S &amp; C ELECTRIC COMPANY</b>					
CHICAGO ILLINOIS 60626					
G - 3905		MADE IN USA			

Fig. 2.14 Datos de placa de las cuchillas seccionadoras de apertura bajo carga

Se da este nombre a las cuchillas de enlace de barra en 230 kV instaladas en las Subestación Pensador Mexicano.

Estas cuchillas tienen la particularidad de operar como interruptores, y funcionan como cuchillas por los siguientes puntos:

- Por su aspecto
- Por su montaje
- Por su mecanismo manual para abrir y cerrar.
- Porque aísla los circuitos de forma visible.

Desempeña las siguientes funciones de interruptor:

- Permite continuamente el paso de la corriente a través de cámaras de interrupción.

- El mecanismo principal de apertura y cierre está perfectamente sellado y protegido.
- Desconecta el circuito con la energía almacenada dentro de las mismas cámaras.
- Se puede operar con carga y con corrientes de falla de 2500/4000 A.

En la barra de 230 kV se tienen instalados dos juegos de estos desconectores con carga operados en grupo, como cuchillas de enlace y su denominación es cuchillas EAB en las que enlazan la barra por el lado de los bancos T-01 y T-02, y cuchillas EBC las que enlazan la barra por el lado de los bancos T-02 y T-03. Son marca S&C Electric tipo moto-hech y pueden abrirse o cerrarse con carga por instrucciones del sistema.



Fig. 2.15 Cuchillas Seccionadoras de Apertura bajo Carga



Fig. 2.16 Cuchillas Seccionadoras de Apertura bajo Carga

### Características

Las cámaras de interrupción contienen gas de Hexafluoruro de Carbono, contenido en un cilindro de porcelana sin poros y con juntas de cobre. Se prueban con aparatos tan precisos que detectan fugas de gas que ocasionan la pérdida de presión de una libra en quince años.

Tienen dos contactos o varillas móviles, una para conducir corriente y otra para interrumpir la corriente.

La primera se desplaza a la posición de abierto antes que la segunda interrumpa el circuito a alta velocidad.

Son de poco mantenimiento, ya que las interrupciones no producen pérdidas de gas o materiales.

Estos desconectores tienen dos cámaras por polo para segmentar el arco.

Cada polo de los desconectores tienen dos banderas: blanca cuando la presión es normal y roja cuando la presión es baja (no se deben de cerrar con bandera roja).

LAS CUCHILLAS MENCIONADAS TIENEN LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

TIPO.....	MOTO-HECH
kV NÓMINALES.....	230 kV.
AMPERES CONTINUOS.....	1600 A.
AMPERES MOMENTÁNEOS.....	70,000 A.
PARALELOS.....	1,600 A.
CARGAS.....	1,600 A.
FALLAS.....	2500/2400 A.

Este equipo será operado a control remoto desde la caseta de control (desde la consola local) o localmente por medio de un mecanismo manual. Como se mencionó anteriormente, por seguridad se operarán de manera remota.

### **Operación Local (Con orden del personal de la SACN)**

Para operar las cuchillas localmente con su mecanismo manual debe hacerlo previa orden del personal de la SACN (Subárea de Control Norte) protegido con traje de asbesto, escafandra y guantes, y con las siguientes precauciones:

Observar que la presión de gas en las cámaras de cada una de las tres fases sea la correcta por medio del indicador (bandera blanca sin color). Si alguna de las cámaras tiene bandera roja no opere las cuchillas y reportarlo al personal de subestaciones inmediatamente.

En la parte superior del gabinete de operación se encuentra la palanca de operación manual.



**Fig. 2.17 Palanca de Operación Manual**

Para colocar esta palanca en posición de operación es necesario jalar el perno que la sujeta y girarla 180°. Al jalar el perno (2) se corta el circuito eléctrico por medio de un contacto que se abre al accionarse una leva, quedando bloqueado el control remoto, protegiendo así al operador durante la operación manual.

En estas condiciones se empieza a operar la cuchilla, girando la palanca en el sentido de las manecillas del reloj para cerrar y en sentido contrario para abrir.

Nota: Nunca trate de volver a cerrar las cuchillas una vez iniciada la apertura, ni trate de volver a abrirlas una vez iniciado el ciclo de cierre, porque no abren ni cierran respectivamente, debe hacerse el ciclo completo con la palanca de operación para que queden preparados para una nueva operación.

Después de haber operado las cuchillas manualmente, jale nuevamente el perno, gire la palanca 180° y colóquela nuevamente en su sitio, asegúrese que el perno también haya regresado a su lugar. En estas condiciones se dispone nuevamente del control remoto.

### **Operación Remota**

Para operar las cuchillas con su control remoto, ya sea para abrir o cerrar debe tener las siguientes precauciones:

Observe directamente sobre las cuchillas que la presión del gas de las cámaras de cada una de las tres fases sea la correcta por medio del indicador. Debe tener bandera blanca o sin color. Si alguna de las cámaras tiene bandera “roja”, no opere las cuchillas y repórtelo inmediatamente al personal de Subestaciones.

Si las condiciones anteriores son satisfactorias, accione su control, desde la consola local, y compruebe que la operación de la cuchilla fue correcta.

- Cuando las cuchillas con carga está en la posición de cerrado, la sección de interrupción permite pasar continuamente la corriente del circuito.
- Cuando se inicia la apertura, el mecanismo maestro suelta el trinquete de la sección de interrupción y abre el circuito como un interruptor.

- Después el mecanismo maestro vuelve la cuchilla hacia la posición de abierto, separándose del recibidor.
- Cuando la cuchilla se aproxima al final de su carrera, el mecanismo maestro cierra la sección de interrupción y queda preparada para el cierre.
- El circuito se cierra al cerrar la cuchilla a alta velocidad, cerrándose los contactos de las cuchillas, que toman la corriente de carga (o falla), sin encontrar obstáculos en la cámara de interrupción.
- En esta posición las cuchillas de operación con carga está completamente cerrado y listo para el próximo ciclo de apertura.



**2.18 Mecanismo de bloqueo de la cuchilla de 230 kV de operación bajo carga**

## 2.7. Descripción de las cuchillas seccionadoras de 230 kV

### 2.7.1. Cuchillas Seccionadoras (93079 y 93089)

Están instaladas a la salida de las líneas PEN-KCR (93070) y PEN-MER (93080); estas cuchillas NO son de operación bajo carga, de hecho cuentan con un bloqueo permisivo el cual impide su apertura si el interruptor asociado se encuentra cerrado.

Estas cuchillas son de Doble Apertura Lateral (DAL, por su abreviación). Su operación tanto para abrir como para cerrar es en forma horizontal con giro al centro, una vez que está cerrada lo realiza haciendo contacto en los dos extremos, donde se encuentran los contactos fijos.

Su mecanismo de operación es a través de un motor por fase (220 V.C.A.) y circuitos de control de 125 V.C.D.

	
<b>CUCHILLA DESCONECTADORA DE APERTURA DOBLE LATERAL</b>	
CLIENTE:	LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
MODELO	SG3C
NO. DE SERIE:	0008-4-70/0008-7-70/0008-3-70
NO. DE CONTRATO	0310339 AA1
PARTIDA:	3
MES / AÑO DE FABRICACION:	2004
TENSION NOMINAL	245 kV
TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO POR RAYO	1050 kV
TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO POR MANIOBRA:	NO APLICA
FRECUENCIA NOMINAL:	60 Hz
CORRIENTE NOMINAL:	2000 A
CORRIENTE SOSTENIDA DE CORTA DURACION (3 SEG):	50 kA
DISTANCIA DE FUGA EN MM:	25 mm / kV F-F 6125 mm
TENSION DE CONTROL:	125 V.C.D.
TENSION DE FUERZA:	220 V.C.A.
MASA POR POLO	680 KG
RESISTENCIA OHMICA PROTOTIPO CIRCUITO PRINC.	88 $\mu\Omega$
FUERZA MECANICA NOMINAL SOBRE TERMINALES	100 kg
INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN:	AM-J-12

2.19 Datos de Placa Cuchillas Seccionadoras de los Cables de Potencia de 230 kV

Modos de Operación:



2.20 Selector de Modo Local y Remoto. Apertura y Cierre de las Cuchillas

## Remota

Desde el salón de tableros. Se colocará el selector, ubicado en el tablero adjunto a la cuchilla, en la posición “REMOTA” y se operará a través de su control en el cuarto de control a través de la Consola Local.

## Local

- Eléctrico: En el gabinete de control anexo a las cuchillas. Se colocará el selector en la posición “local” y se operará a través de su control en el gabinete anexo a las cuchillas.
- Manual: En el gabinete de control se colocará el selector en la posición “fuera” como protección ya que además el mecanismo interrumpe el circuito de control al meter la palanca de operación al mecanismo.

Para operar de manera local y manual, es necesario retirar el tapón que se encuentra en la parte inferior en los gabinetes de cada una de las fases de la cuchilla, éste suelta un microswitch que impide llegue señal al mando eléctrico, entonces se podrá realizar la operación con el maneral que cuenta cada una de las fases dentro de su gabinete, y según sea la operación que se desee realizar, se realizará el sentido del giro que viene indicado adyacente al tapón de bloqueo.

En cualquiera de los casos de operación de las cuchillas, hay que cerciorarse de que al momento de cierre se esté haciendo un contacto adecuado del contacto fijo con el móvil, ya que en este tipo de cuchillas es común que el contacto no sea total, por lo que puede que en un momento dado ocasiones alguna falla al no hacer un contacto correcto.



Fig. 2.21 a) Ranura de Inserción en la parte inferior del gabinete de control



Fig. 2.21 b) Manivela e iluminación dentro del gabinete de control

### 2.7.2. Cuchillas Seccionadoras (92011, 92021 y 92031)

Las cuchillas seccionadoras asociadas a cada interruptor de banco son de apertura horizontal. Esta cuchilla tiene su operación horizontal con doble navaja, con un contacto al centro. Los dos soportes aisladores giran para que este tipo de cuchilla opere. Éstas tampoco

son de apertura bajo carga y al igual que las cuchillas de línea anteriormente descritas cuentan con un bloqueo permisivo el cual impide su apertura si el interruptor asociado se encuentra cerrado.

### **Cuchillas 92011, 92021 y 92031**

Marca: Delle Alsthom

Tipo: SPE 14

Corriente nominal 1200 A.

Tensión nominal 245 kV.

Corriente Máxima de Corto Circuito: 40 kA.

#### **CARACTERISTICAS:**

- Operación sin carga
- Operación con motor de CA
- Un mecanismo y un motor independiente por fase

Anexo a las cuchillas se tiene un gabinete de control, en dónde se cuenta con un selector con tres posiciones “remota”, “local” y “fuera”.

#### **Remota**

Desde el salón de tableros. Se colocará el selector en la posición “Remota” en el gabinete anexo a la cuchilla que se deseé operar, y se operará a través de su control en el cuarto de control a través de la consola local.

#### **Local**

- Eléctrico: En el gabinete de control anexo a las cuchillas. Se colocará el selector en la posición “local” y se operará a través de su control en dicho gabinete seleccionando la operación que se deseé.
- Manual: En el gabinete de control. Se colocará el selector en la posición “fuera” como protección ya que además el mecanismo que interrumpe el circuito de control al meter la palanca de operación al mecanismo. Operar con la manivela, girándola para realizar la operación.

En los juegos de cuchillas de los bancos T01 y T03, cada fase posee su propio mecanismo de operación, por lo tanto para su operación manual habrá que efectuar la maniobra fase por fase, girando la palanca siempre en el mismo sentido ya sea para abrir o cerrar.

Mientras que el juego de chillas del banco T02 es de operación tripolar, por lo que sólo se hará la maniobra sobre el único mecanismo que cuenta, y que hará operar las tres fases.

Uno de los problemas que presentan este tipo de cuchillas es que sus giros son a través de baleros que están en la parte inferior, y que se tiene que estar revisando su sello para evitar la entrada de humedad y polvo, ya que normalmente se atorán en su giro. Se debe de evitar aplicarle afloja todo o algún lubricante delgado, ya que lo único que se logra es que se limpien en cuanto al polvo, pero queda poca grasa y piezas de arena más grande, y con esto se hace que se atoren más en su movimiento.



Fig. 4.22 Selector de Mandos de las Cuchillas de los Bancos de Transformación



Fig. 2.23 a) Operación Local Modo Eléctrico

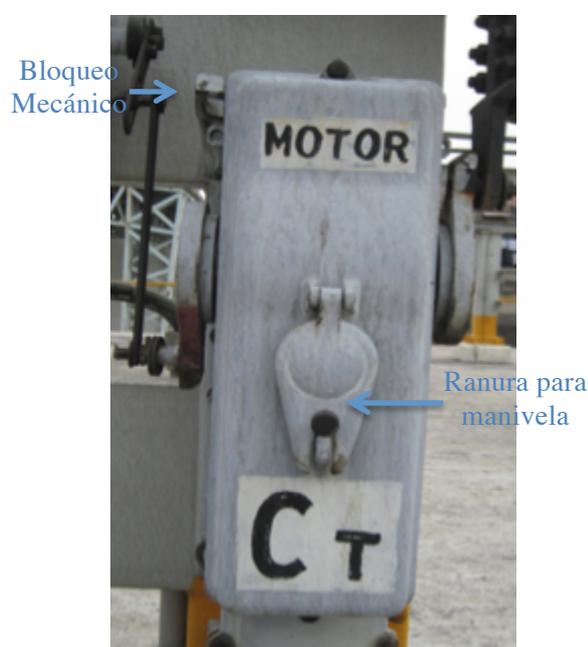


Fig. 2.23 b) Operación Local Modo Mecánico

### Elementos a verificar en cualquiera de los juegos de cuchillas de 230 kV.

- Que no haya objetos extraños en los gabinetes de control, manerales, transmisión, aisladores y estructuras.
- Revisar que no haya fisuras en aisladores.
- Que las soguillas de puesta a tierra estén en buen estado y con buen contacto.
- Checar que las gomas de sello de las puertas de los gabinetes estén en condiciones correctas, esto es para evitar condensados en el interior.
- Al realizar trabajos, cerciorarse que no haya cables sueltos, o falsos contactos en el alambrado.
- Verificar que el selector de control de la cuchilla esté en posición remoto.
- Siempre, en cualquier maniobra, cerciorarse de operar la cuchilla correcta. Además de verificar el estado en campo y que ésta corresponda a la que se tienen en la consola local.

- Verificar que los termomagnéticos de c.a. se encuentren en posición dentro.
- Checar que los manuales para la operación mecánico-manual estén en su lugar asignado.
- Cerciorarse de que sólo el personal autorizado se encuentre en dichas zonas y con el equipo de protección adecuado.

Como se ha mencionado antes, y un punto que cabe resaltar, son los mecanismos de bloqueo de las cuchillas que son los siguientes:

- Su operación está bloqueada mientras su interruptor asociado se encuentre cerrado.
- El cierre o apertura del interruptor está bloqueado en caso de que cualquier polo de la cuchilla no haya abierto o cerrado completamente.
- Se impide la operación simultánea de la cuchilla y del interruptor.
- No se puede realizar una operación contraria a la que se ha dado hasta que la orden se haya completado.

El diseño de las cuchillas están reglamentadas de acuerdo con las normas CEI129 y 273 o las normas ANSI C29.8 y C29.9.

## 2.8. Interruptores en 230 KV

Descripción de los interruptores de 230 kV que se encuentran instalados en la Subestación Pensador Mexicano. Son válidas para el tipo y modelo de interruptor de potencia marca SIEMENS, modelo 3AP1-FI-245 que se encuentran en la S.E., y que pertenecen a los equipos: 92010 (53-T221A), 92020 (53-T221B), 92030 (53-T221C), 93070 (53 PENS) y 93080 (53 MERCII).

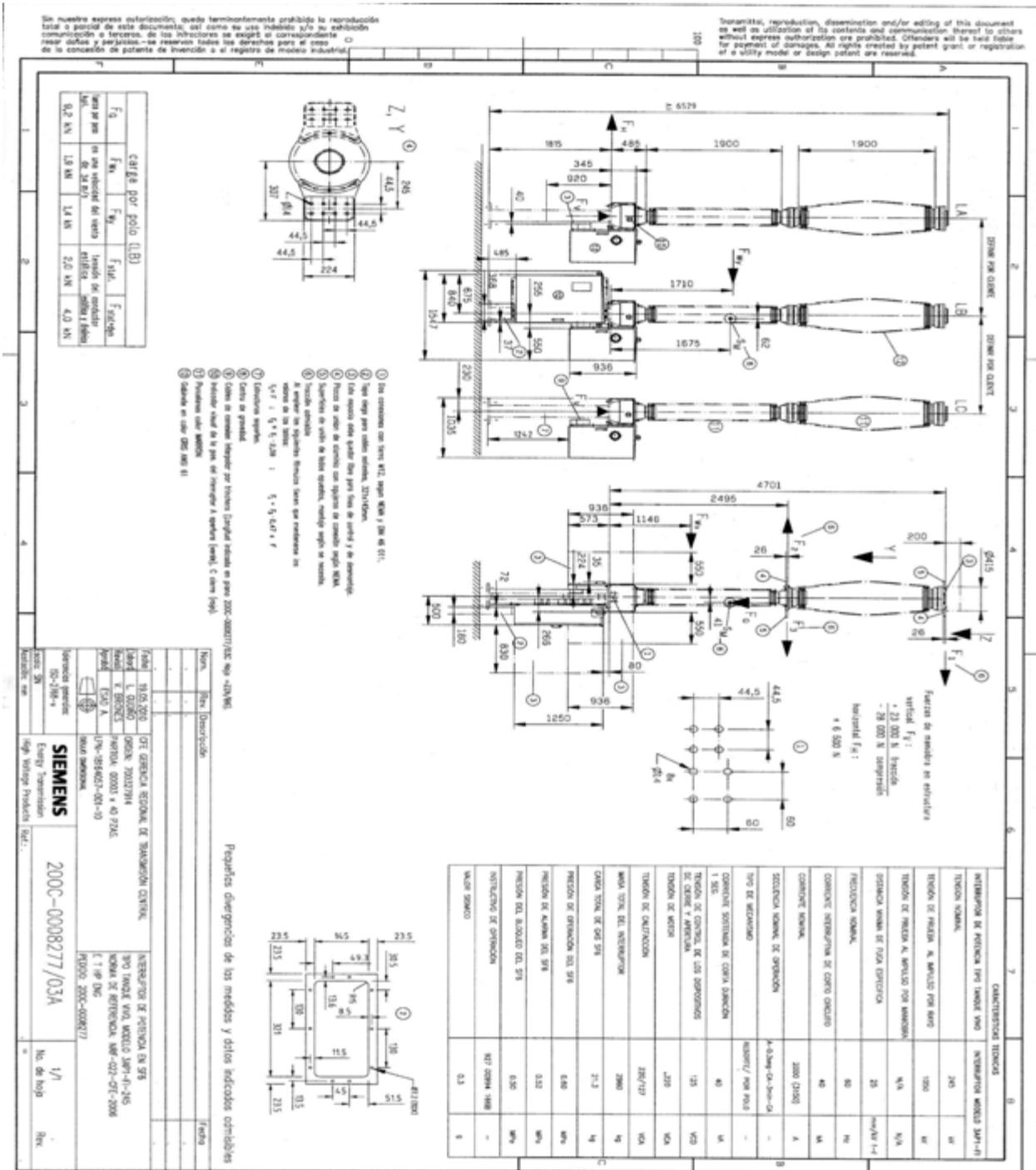


Fig. 2.24 Constitución de Un Interruptor de Potencia de 230 kV

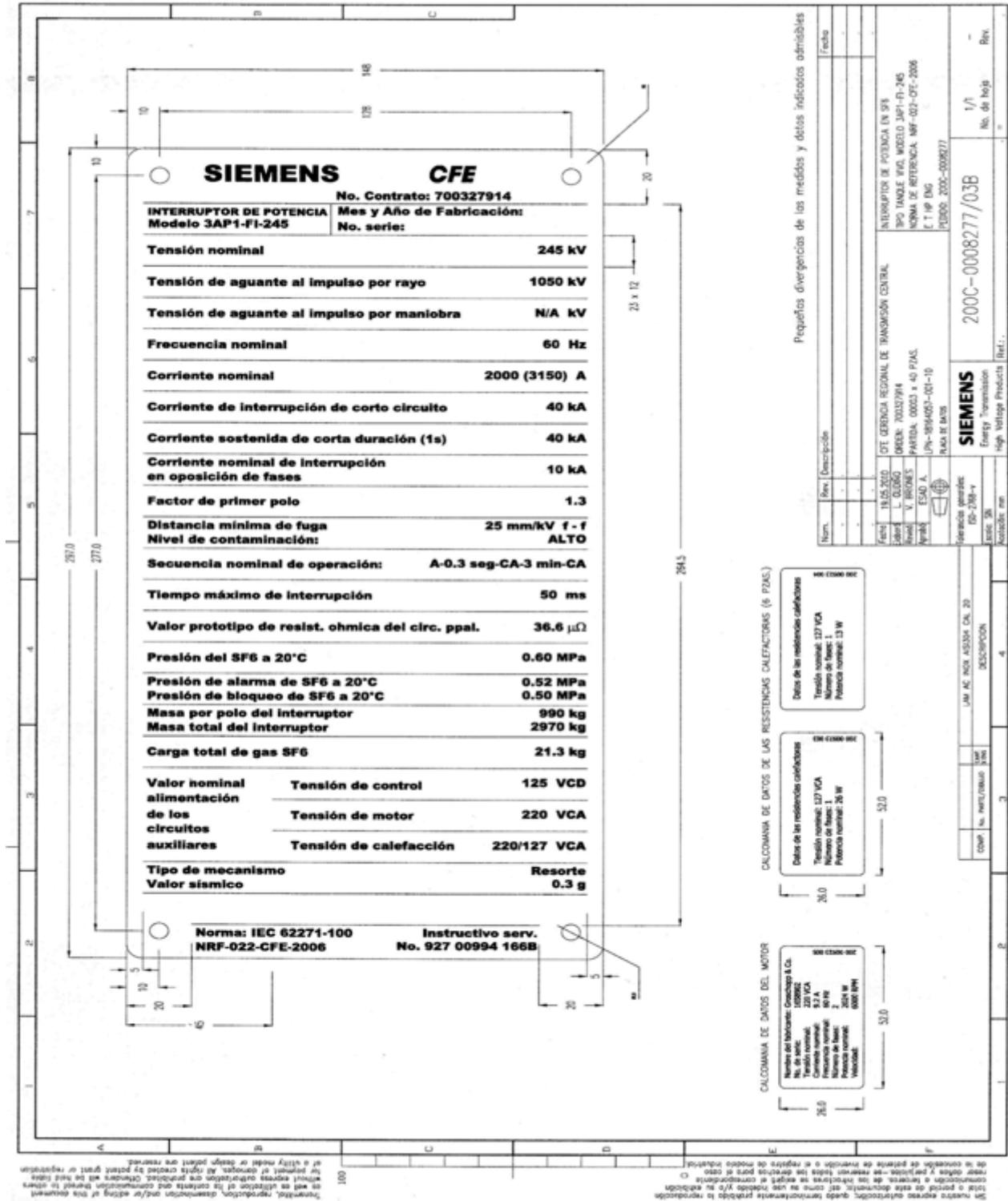


Fig. 2.25 Datos de Placa de un Interruptor de Potencia de 230 kV

2.8.1. Instrucciones de Seguridad

Las siguientes instrucciones de seguridad ofrecen una visión global de los peligros existentes y sobre sus causas, describiendo además las consecuencias en caso de incumplimiento de las instrucciones de comportamiento correcto.

Con el objeto de evitar accidentes (descargas eléctricas, accionamiento del resorte, presión del gas, contacto con residuos de gas), incidentes y daños al medio ambiente y con el objeto de asegurar el funcionamiento seguro de la instalación de conmutación y distribución, el trabajador ha de garantizar que:

- Las herramientas, aparatos y equipos necesarios para la seguridad en el trabajo, deben de estar en todo momento disponibles y a la mano, así como el equipamiento personal de protección requerido en determinadas tareas.

Durante el servicio ciertas partes el interruptor de potencia se hallan bajo tensión y bajo presión de gas SF<sub>6</sub>, empleado como medio aislante y de extinción, por lo que existe peligro.

En estado puro, el Hexafloruro de Azufre (SF<sub>6</sub>) es un gas transparente, inodoro e insípido, no tóxico, y no inflamable que, como el Nitrógeno, es inactivo. El empleo de SF<sub>6</sub> no es peligroso, en tanto el aire inhalado contenga suficiente oxígeno. El SF<sub>6</sub> conduce a un desplazamiento del oxígeno. Concentraciones de SF<sub>6</sub> de más de 19% exigen medidas de protecciones especiales. Semejantes concentraciones pueden presentarse en compartimentos de gas SF<sub>6</sub> abiertos y sin ventilar, en el suelo de recintos estrechos cerrados de la instalación, así como en recintos ubicados a más profundidad (el SF<sub>6</sub> es más pesado que el aire y desplaza en grandes cantidades el aire respiratorio, por lo que existe peligro de asfixia). El SF<sub>6</sub> no daña el medio ambiente. En nuestro caso, las condiciones para que no ocurran este tipo de accidentes es casi nulo, debido a que los interruptores se encuentran en intemperie, sin embargo, se corre peligro si no se libera el gas de manera adecuada.

El Hexafloruro de Azufre SF<sub>6</sub> no se debe evacuar a la atmósfera. Para los trabajos de mantenimiento se han de usar aparatos para mantenimiento para gas.

Se debe de tener atención especial en las indicaciones de seguridad, ya que hacer caso omiso de dichos señalamientos de peligro puede conllevar a la muerte o lesiones corporales de gravedad, además de daños materiales y medioambientales.

Cuando se haga carga de SF<sub>6</sub> en alguno de los interruptores de potencia sólo debe correr a cargo de personal correspondiente o bajo la vigilancia de éste y teniendo en cuenta la curva de llenado del SF<sub>6</sub>.

La presión del gas es peligrosa. Si llegara a excederse la presión de llenado admisible pueden reventar las columnas polares y causar graves lesiones corporales y/o materiales.

En caso de realizar operaciones en el interruptor, para las operaciones de ensayo (exentas de tensión y corriente) debe existir una presión mínima de gas SF<sub>6</sub> (presión de bloqueo del SF<sub>6</sub>).

En caso de realizar la operación existiendo tensión, existe un riesgo inminente. Un interruptor que se encuentra bajo alta tensión sólo debe conmutarse respetando las normas de seguridad. Al hacerlo, no se debe puentear los bloqueos de funcionamiento del interruptor de potencia.

Para los trabajos de llenado SF<sub>6</sub> se debe desconectar el interruptor de potencia y conectar a tierra.

Una vez terminado el llenado puede conectarse de nuevo el interruptor de potencia, después de suprimir la conexión a tierra.

Antes de trabajar en las uniones atornilladas del compartimiento de gas se debe aliviar la presión del SF<sub>6</sub>.

Al momento de efectuar trabajos en el mecanismo de accionamiento, estos deben de ser sólo con los resortes de cierre y apertura destensados.

Es importante, para el personal de operación, asegurar siempre antes de comenzar el mantenimiento con los siguientes puntos para brindar en todo momento seguridad en todos los aspectos:

- Aislar
- Asegurar contra la reconexión (Bloqueo)
- Determinar la ausencia de potencial
- Puesta a tierra
- Cubrir o impedir el acceso a piezas colindantes que se encuentran bajo tensión.

Puede ser que los resortes de apertura y de cierre estén tensados. No estando desconectada la tensión de control y la del motor, el resorte de cierre se vuelve a tensar automáticamente después del cierre del interruptor. Existen indicadores que señalan la posición de los resortes de cierre y de apertura. En caso de operaciones de conmutación inadvertidas existe riesgo de graves lesiones corporales.

Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento, destensar los resortes de cierre y los de apertura de la siguiente manera:

- Desconectar la tensión de motor
- Dejar el interruptor abierto de potencia en posición ABIERTO, si estuviera cerrado,
- Conectar el interruptor de potencia y
- Volver a desconectar el interruptor de potencia,
- Desconectar la tensión de mando.

Las columnas polares se encuentran bajo presión, un defecto en los cuerpos de porcelana puede originar lesiones corporales.

- Antes de abrir las unidades de interrupción realizar el alivio de la presión en el dispositivo previsto para este fin.
- Aliviada la presión, aflojar lenta y homogéneamente los racores roscados.
- No deje que ninguna herramienta o mecanismo de elevación choque contra los cuerpos de porcelana.
- No apoyar escaleras en las columnas polares, usar escaleras dobles.

Bajo los efectos de los arcos voltaicos se originan productos de descomposición gaseosos y polvo en las maniobras. Los productos de descomposición del SF<sub>6</sub> son tóxicos, el contacto con ellos o su inhalación produce irritaciones de la piel, de los ojos y de las mucosas, y puede ser causa de náuseas, mareos y edema de pulmón.

- Estas sustancias son de toxicidad variable. En combinación con humedad, el polvo producido por las maniobras es corrosivo y forma una capa que se adhiere fijamente.
- La existencia de productos de descomposición gaseosos se percibe ya con cantidades pequeñas, por ejemplo, el despedir un olor penetrante y desagradable parecido al de los huevos podridos (Sulfuro de Hidrógeno), lo cual es una señal de advertencia antes de que los productos representen peligro de asfixia.
- Si después del alivio reglamentado de la presión se abren los compartimentos de gas vaciados, existe la posibilidad de entrar en contacto con el polvo de maniobra.
- No inspirar, ni tragar el polvo que se produce al maniobrar (usar una mascarilla anti polvo), no llevarlo a los ojos (ponerse gafas protectoras herméticas al gas) y no llevarlo sobre la piel (llevar ropa de trabajo especial).
- Pero, si a pesar de todo, el polvo de maniobras entra en contacto con la piel, quitarlo enjuagando con agua abundante.
- Tratar los filtros, trapos para la limpieza y otros materiales de modo que no se vuelva a dejar libre el polvo que se produce al maniobrar. No abrir las bolsas de los filtros. Desabastecer conforme a las normas locales la ropa de trabajo, las bolsas de los filtros para la limpieza, etcétera, que han entrado en contacto con el polvo que se produce al maniobrar.
- Al eliminar desechos tienen que observarse, en cualquier caso, las normas de protección del medio ambiente.
- Antes de los descansos y terminado el trabajo, hay que lavarse bien con jabón y agua abundante la cara, el cuello, los brazos y las manos.
- No se debe comer, ni beber, ni fumar, ni guardar ninguna clase de alimentos en recintos con compartimientos de gas SF<sub>6</sub> abiertos, que contienen polvo que se produce al maniobrar.

## 2.8.2. Descripción

### Datos Técnicos

El interruptor de potencia SIEMENS, modelo 3AP1-FI es un interruptor tripolar de auto compresión, para intemperie y emplea el gas SF<sub>6</sub> como medio aislante y de extinción.

El accionamiento del interruptor es a través de un acumulador de resorte en cada fase, esto lo hace apropiado para auto-reconexión unipolar y tripolar.

### **Temperaturas de servicio**

En el interruptor de potencia está diseñado para operar en una gama de temperaturas ambiente de -25°C a 55°C

### **Capacidad de aislamiento**

Tensión nominal: 245 kV

### **Tensión de ensayo soportada a frecuencia industrial:**

Con respecto a tierra: 460 kV

A través de la distancia entre contactos abiertos: 460 kV

Entre polos: 460 kV

### **Tensión de ensayo soportada a impulso tipo rayo:**

Respecto a tierra: 1050 kV

A través de la distancia entre contactos: 1050 kV

Entre polos: 1050 kV

### **Distancia disruptiva en el aire:**

Respecto a tierra: 1900 mm

A través de la distancia entre contactos: 1900 mm

Entre polos: 1900 mm

### **Línea de fuga mínima a través de los aisladores:**

Respecto a tierra: 6125 mm

A través de la distancia entre contactos abiertos: 6125 mm

### **Datos Eléctricos**

Tensión nominal: 245 kV

Frecuencia nominal: 50/60 Hz

Corriente nominal de servicio: 4000 A

Corriente nominal del corte en caso de cortocircuito: 51/40 kA

Corriente nominal de corte de línea aérea (1.4 p.u.): 125 A

Corriente nominal de corte de cable (1.4 p.u.): 250 A

Corriente nominal de cierre de cortocircuito: 125/104 kA

Duración nominal del cortocircuito: 3 s

Secuencia nominal de maniobra: A-0.3s-CA-3min-CA

### **Tiempos de Conmutación:**

Duración mínima de la orden (cierre): 80 ms

Duración mínima de la orden (apertura): 80 ms

Tiempo de cierre: 62 ms ± 6 ms

Tiempo de apertura: 26 ms ± 3 ms

Tiempo de interrupción nominal: ≤ 50 ms

Tiempo de cierre/apertura: 60 ms ± 10 ms

Tiempo muerto: 300 ms

**Medio de Extinción SF<sub>6</sub>**

Masa de relleno: 21.3 kg

Volumen: 460 dm<sup>3</sup>

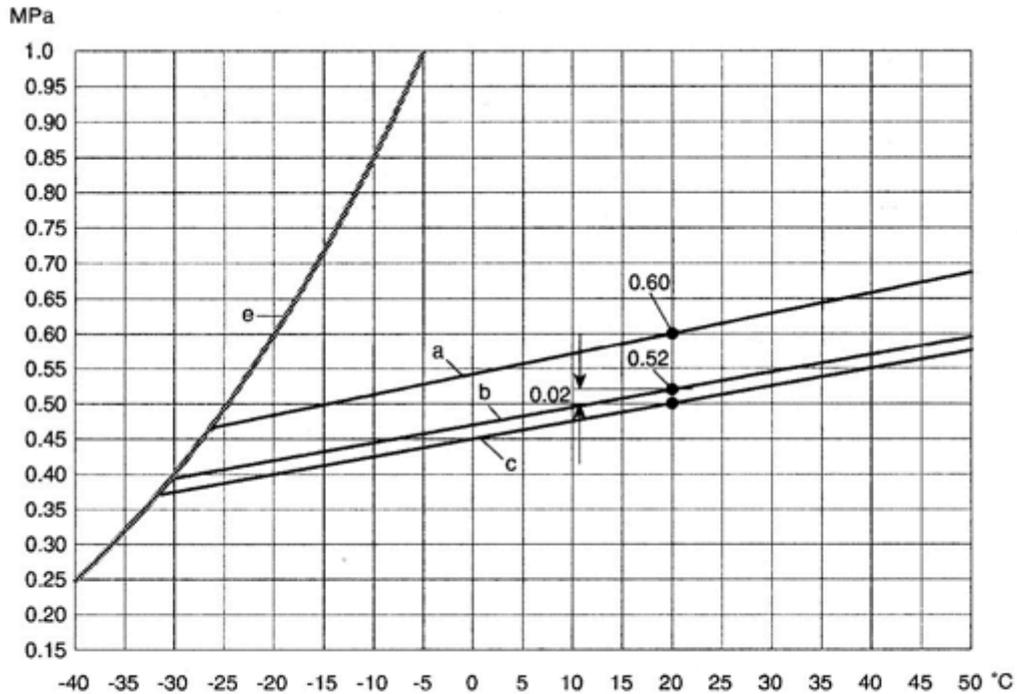
Sobrepresión nominal de SF<sub>6</sub> a ± 20°C: 0.60 MPa

Supervisión de SF<sub>6</sub>

Sobrepresión de señal *pérdida de SF<sub>6</sub>* a 20°C: 0.52 MPa

Sobrepresión de *bloqueo general del SF<sub>6</sub>* a 20 °C: 0.50 MPa

Material filtrante (interruptor de potencia completo): 2.3 kg



1000760c

a	Sobrepresión de SF <sub>6</sub> (línea nominal de densidad)	a	SF <sub>6</sub> -Füllüberdruck (Nennrichtlinie)
b	Sobrepresión de señal <i>pérdida de SF<sub>6</sub></i>	b	Überdruck für Meldung SF <sub>6</sub> -Verlust
c	Sobrepresión de bloqueo general del SF <sub>6</sub>	c	Überdruck für SF <sub>6</sub> -Funktionsperre
e	Línea de licuefacción	e	Verflüssigungslinie

**2.26 Sobrepresión de SF<sub>6</sub> y valores de operación del monitor de densidad**

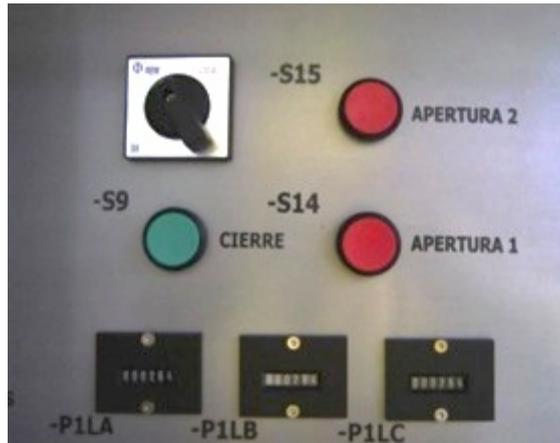
**2.8.3. Modos de Operación del Interruptor**

Los interruptores de potencia de 230 kV cuentan con mandos locales y remotos.

Para operarlo de manera remota, dentro de la S.E., puede ser en el mímico o en la CCL. Cada que se haga una maniobra, se debe de verificar que el interruptor haya abierto o cerrado en sus tres fases. El modo remoto también puede realizarse a nivel superior desde la SACN.

De manera local también se puede operar, tomando todas las medidas de seguridad, desde el gabinete anexo a cada interruptor de 230 kV.

En cualquiera de los casos, hay que cerciorarse de que se le esté dando el mando al interruptor adecuado.



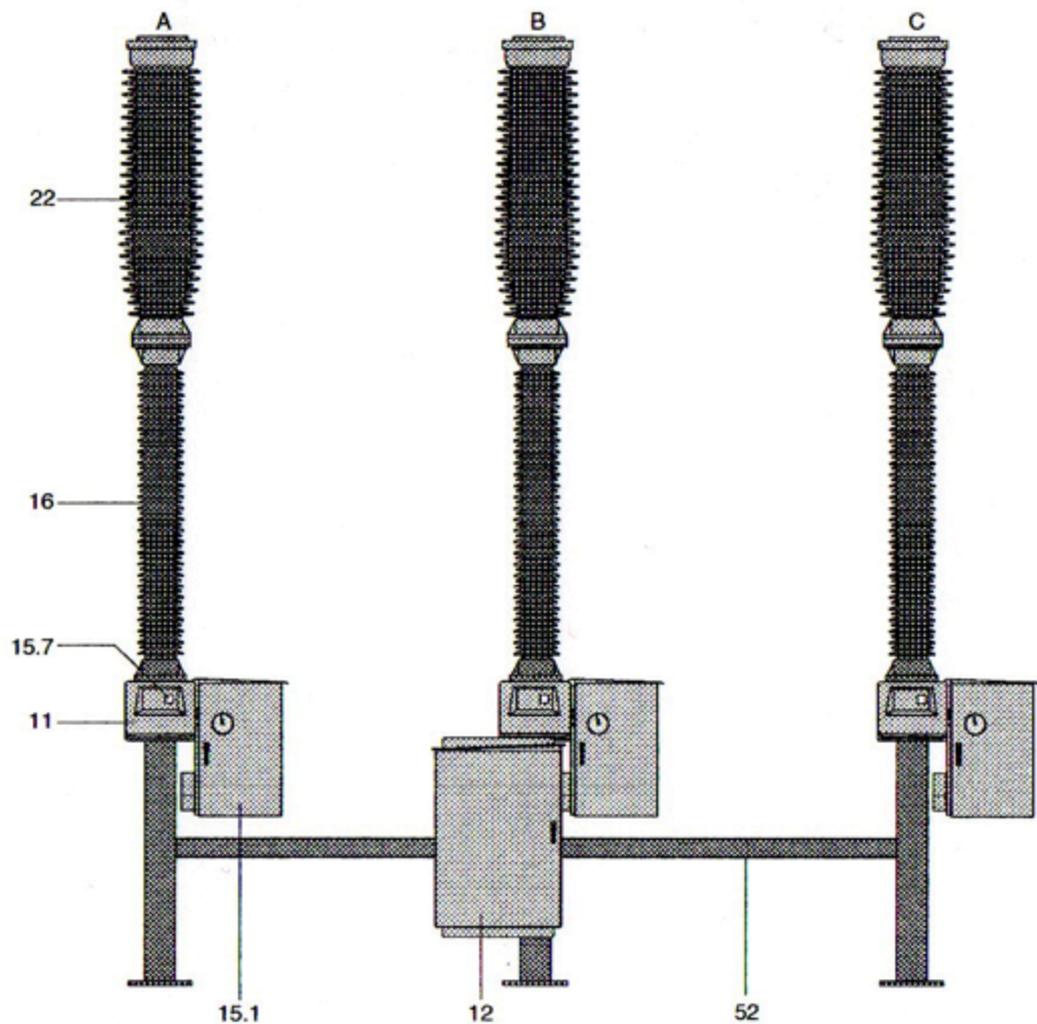
2.27 Selector de Mando en el Gabinete, Mandos Locales, y Contadores de Operación

#### 2.8.4. Elementos a Supervisar

- Que los manómetros de presión de SF<sub>6</sub> por fase estén dentro de los rangos nominales.
- Que no haya objetos como herramientas, nidos de ave, basura, etcétera, en el gabinete, en la periferia del área del interruptor, en su estructura o en su cuerpo.
- Posibles daños en los aisladores del interruptor.
- Posibles falsos contactos, así como cables sueltos.
- La posición de los termomagnéticos del gabinete sea la correcta (dentro).
- Las conexiones al sistema de tierras sea el correcto.
- El selector de mando del interruptor esté en posición remota.
- La señalización en campo corresponda a lo que se tiene en la CCL.



2.28 Gabinete de Control Anexo al Interruptor



- 11 Soporte
- 12 Armario de mando
- 15.1 Armario de la unidad motriz
- 15.7 Indicador de posición
- 16 Aislador de posición
- 22 Unidad ruptora
- 52 Tendido de cables

- 11 Träger
- 12 Steuerschrank
- 15.1 Antriebsschrank
- 15.7 Schaltstellungsanzeige
- 16 Stützer
- 22 Unterbrechereinheit
- 52 Kabelverlegung

Fig. 2.29 Diseño de un Interruptor de Potencia

### Bloqueos

Un **bloqueo del funcionamiento del SF<sub>6</sub>** impide cualquier maniobra del polo del interruptor de potencia si la presión del SF<sub>6</sub> es demasiado baja.

El **bloqueo de cierre** evita el mando del disparador de CIERRE durante el proceso de tensado del resorte de cierre.

Mediante el **dispositivo antibombeo** se evita que el polo se cierre y abra continuamente estando presentes simultáneamente las órdenes CIERRE y APERTURA.

## Control del Motor

El motor tensa el resorte de cierre y es controlado a través de un interruptor límite del motor.

## Protección Anti-condensación

La protección anti-condensación impide que se forme agua en los componentes que se encuentran en los armarios de las unidades motrices y en el armario de mando. Dado que las condensaciones se pueden producir a cualquier temperatura ambiente, la protección anti-condensación (resistencias de calefacción) ha de estar en funcionamiento continuamente.

## Llenado Desde la Botella de Gas

En el dispositivo de llenado hay una válvula de seguridad (presión de operación 0.80 MPa). Mediante la válvula de seguridad se evitan sobrecargas en las cámaras presurizadas debidas a presiones inadmisiblemente altas.

Observar que la presión de carga, dependiente de la temperatura ambiente, sea la correcta (véase la placa de características, en la que se indica la presión de carga a 20°C). Para temperaturas ambiente diferentes de +20°C, la sobrepresión de carga del SF<sub>6</sub> se debe tomar del diagrama (fig. 2.26, previamente mostrada).

La sobrepresión de carga es como máximo de 0.03 MPa por encima de la línea de densidad nominal (Independientemente de la temperatura).

Una vez terminada la carga, soltar el tubo flexible del dispositivo de llenado y cerrar la conexión de carga. Apretar la tuerca de racor. Observar que las piezas se mantengan limpias.

### 2.8.5. Servicio

#### Cierre y Apertura

Al efectuar conmutaciones directamente en el disparador, quedan sin efecto la protección contra fallos del interruptor y los bloqueos de funcionamiento del interruptor de potencia.

#### Presión del Gas SF<sub>6</sub>

La presión del gas SF<sub>6</sub> en las columnas polares es controlada por un monitor de densidad y visualizada por un manómetro. Los valores de operación del monitor de densidad están indicados.

Si la presión del SF<sub>6</sub> desciende hasta un valor inadmisibile, se activa la señal *pérdida de SF<sub>6</sub>*. Entonces es preciso lo antes posible recargar gas hasta la presión nominal de carga. Para ello es preciso poner el interruptor de potencia fuera de servicio. Una vez efectuada la carga, podrá volverse a poner el interruptor de potencia en servicio.

Si la señal vuelve a activarse después de cierto tiempo, habrá que localizar la fuga y repararla.

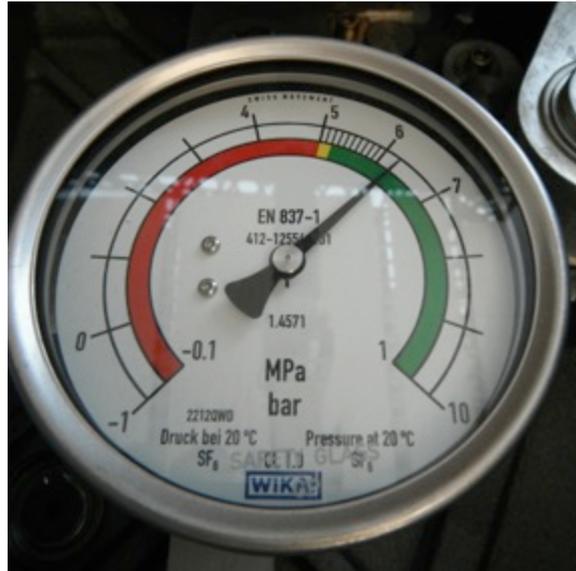


Fig. 2.29 Manómetro

### Bloqueo de Funcionamiento

Si la presión del SF<sub>6</sub> en el polo del interruptor de potencia desciende en tal medida que ya no puede garantizarse la correcta extinción del arco, se activa el bloqueo de funcionamiento, que impide más operaciones de conmutación.

### Bloqueo Mecánico de Reconexión

Si el polo del interruptor de potencia está en la posición CERRADO, actúa en el accionamiento un bloqueo mecánico de cierre. Esto impide un nuevo cierre del accionamiento.

### Cantidad Admisible de Aperturas

El diagrama de la fig. 2.30 expone la relación existente entre la corriente de interrupción I y la correspondiente cantidad admisible de aperturas n. Si las aperturas se hacen con corriente de alta intensidad se reduce el número de aperturas posibles, como queda expuesto en la figura.

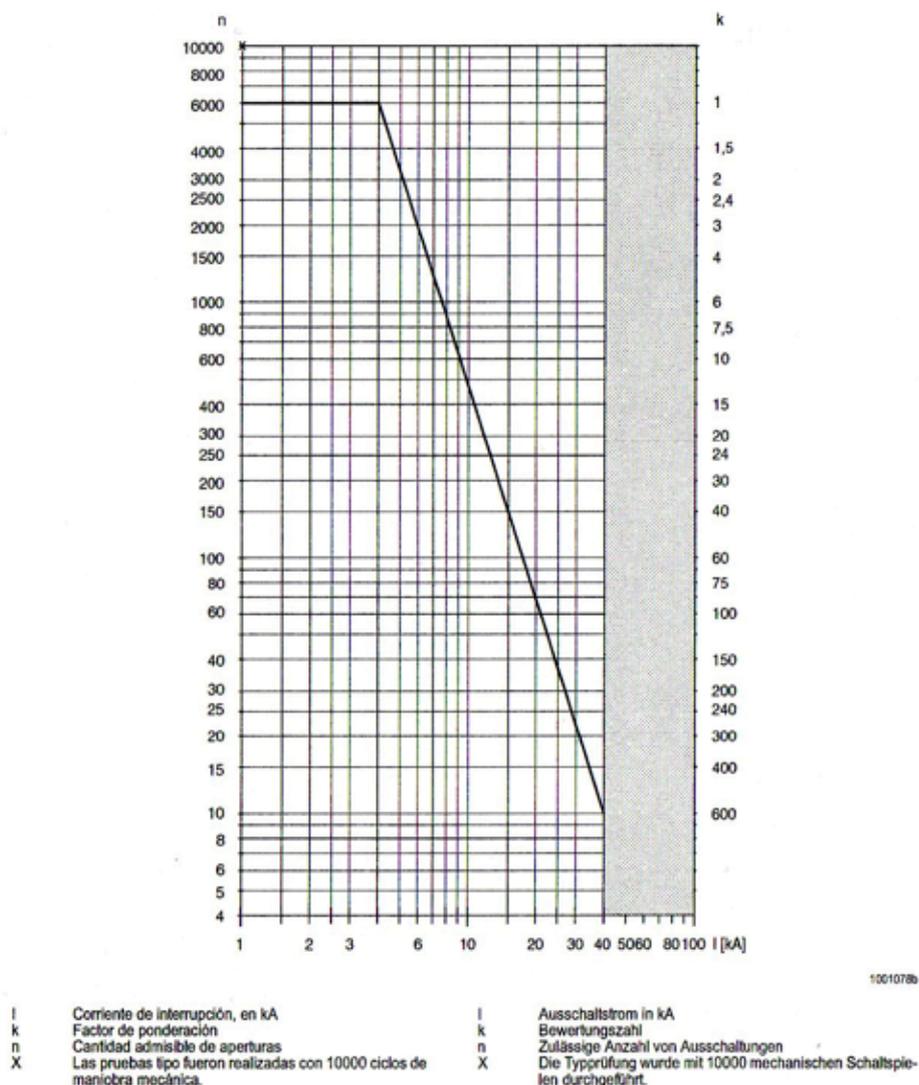


fig. 2.30 Cantidad admisible de aperturas dependiendo de la corriente de interrupción

La siguiente tabla es de gran ayuda para detectar y evaluar adecuadamente eventuales irregularidades en el servicio del interruptor de potencia.

Tabla 1

Señal/Bloqueo	Efecto	Causas Posibles	Medida(s) correctiva(s)
<b>Pérdida de SF<sub>6</sub></b>	Solamente señal (permeabilidad generalmente incipiente)	Permeabilidad de SF <sub>6</sub>	Localizar el defecto y eliminar la fuga. Carga SF <sub>6</sub> hasta la presión nominal
<b>Bloqueo General de SF<sub>6</sub></b>	No es posible conmutar	Permeabilidad de SF <sub>6</sub>	Localizar el defecto y eliminar la fuga. Carga SF <sub>6</sub> hasta la presión nominal
<b>Bloqueo de cierre de más de 15 s</b>	El resorte CIERRE no se tensa, el cierre no es posible	Ninguna tensión motriz/Motor defectuoso	Aplicar tensión en el motor/Cambiar el motor

## 2.8.6. Mantenimiento

### Términos Generales de los Controles y el Mantenimiento

Para garantizar la seguridad de operación del interruptor de potencia a prueba de intemperie se le tiene que realizar el mantenimiento. Cada inspección y medida de mantenimiento tiene como fin:

- Constar hasta qué grado están desgastados ciertos componentes y juzgar su estado.
- Asegurar que se mantengan en buen estado las piezas que todavía se encuentran en buenas condiciones.
- Sustituir preventivamente algunas piezas por otras.
- Asegurar la protección anticorrosiva.

### Servicios de Mantenimiento

Los interruptores de potencia a prueba de intemperie que maniobren con frecuencia se desgastan lógicamente antes que los que actúan en pocas ocasiones. Hay que distinguir entre:

- Desgaste mecánico por fricción según cantidad de ciclos de maniobra (ciclos de maniobra mecánicos), y
- Desgaste como resultado de conmutaciones de corrientes de operación y de cortocircuito.

El límite de desgaste está calculado de manera que en la mayoría de los casos los diferentes servicios de mantenimiento se pueden efectuar a intervalos de tiempo fijos. Sólo si se maniobra el interruptor de potencia a prueba de intemperie con una frecuencia relativamente grande, podrá resultar necesario efectuar el servicio de mantenimiento correspondiente en un momento anterior al previsto por haberse excedido el número admisible de cortes de carga o de conmutaciones bajo carga.

### Plan de Inspección de Mantenimiento

El plan de inspección de mantenimiento ofrece una vista general de los trabajos a efectuar en los diferentes servicios de inspección y mantenimiento.

Servicio de Inspección y Mantenimiento	A Realizar Tiempo	Analizar Según Solicitud	Observaciones
Controles	Después de 12 años	Después de 3000 ciclos de maniobra	El interruptor de potencia ha de quedar fuera de servicio y desconectado. No se abrirán recintos del gas.
Mantenimiento	Después de 25 años	Después de 6000 ciclos de maniobra	El interruptor de potencia ha de quedar fuera de servicio y desconectado. Se abrirán los recintos del gas.

Controles del sistema de contactos	10 años	3000 ciclos de maniobra	El interruptor de potencia ha de quedar fuera de servicio y desconectado. Se abrirán los recintos de gas.
------------------------------------	---------	-------------------------	---

### Trabajos a Efectuar de Acuerdo con el Plan de Mantenimiento

A continuación se detallan las medidas resumidas en el apartado anterior.

#### Controles Generales

El control general es una inspección visual del interruptor de potencia que abarca los siguientes controles:

- Controlar la presión del SF<sub>6</sub> con el manómetro del interruptor de potencia.
- Suciedad en las piezas aislantes.
- Si están dañados los cuerpos de porcelana.
- Terminal de puesta a tierra.
- Número de ciclos por maniobra.

#### Control visual del accionamiento por acumulador de resorte

Nota: Si en alguna parte del mecanismo del resorte (fig. 2.31) se presentan residuos de aceite, se deberá informar y solicitar personal especializado



Fig. 2.31 Controles de los amortiguadores

### **Conexiones eléctricas**

Comprobar si los conductores en los terminales están debidamente efectuadas y si presentan daños.

### **Control de funcionamiento de los circuitos de disparo**

Controlar la operación de disparo del interruptor de potencia a través de todas las vías de disparo existentes para CIERRE y APERTURA.

### **Control de funcionamiento del dispositivo antibombeo**

Interruptor de potencia en posición CERRADO: (resorte de cierre tensado)

Dar primero comando eléctrico sostenido CIERRE y, a continuación, comando eléctrico sostenido de APERTURA.

El interruptor de potencia solamente debe abrir.

### **Controlar la humedad contenida en el gas SF<sub>6</sub>**

La humedad contenida en el gas SF<sub>6</sub> se puede determinar con un aparato medidor de punto de rocío usual provisto de escala en grados centígrados. Las temperaturas del punto de rocío máximas admisibles a la presión de trabajo, que corresponden a la higrometricidad admisible, se indican a continuación.

<b>Valor límite crítico de humedad</b>	-5°C (+23°F)
<b>Humedad máxima admisible en la puesta en marcha/en servicio</b>	-10°C (+14°F)

Si la temperatura del punto de rocío se halla por encima de los -10°C/+14°F, entonces se tiene que secar el gas SF<sub>6</sub> usando un aparato para mantenimiento.

### **Protección anticorrosiva**

Controlar si está dañada la superficie del interruptor de potencia. Hay que limpiar, dar una pintura de fondo y laquear los lugares defectuosos.

2.9. Operación de las estaciones de bombeo de los cables de potencia de 230 kV. (PENS-KCR y PENS-MERC II).

### **Descripción de las Estaciones de Bombeo en Subestaciones de 230 kV**

Los cables de 230 kV han sido diseñados para trabajar con circulación de aceite a presión dentro de la tubería del cable. Esta presión queda determinada por los límites de diseño correspondientes (posteriormente se mencionan estos límites).

Entre las ventajas que se tienen al contar con este tipo de cables es que tienen una menor pérdida eléctrica. Además respetan el medio ambiente. Son invulnerables a las condiciones meteorológicas. Y son una solución para las zonas altamente pobladas como lo es la zona centro del país.

Cuando el cable está energizado, es suficiente una presión mayor de 5 kg/cm<sup>2</sup>, para prevenir daños por condiciones atmosféricas, no debe ser energizado con menos de 10 kg/cm<sup>2</sup>.

La presión del aceite en la tubería del cable, variará de acuerdo con la carga y las condiciones atmosféricas. Por lo cual, es necesario disponer de las estaciones de bombeo existentes en cada una de las subestaciones (una en cada extremo del cable).

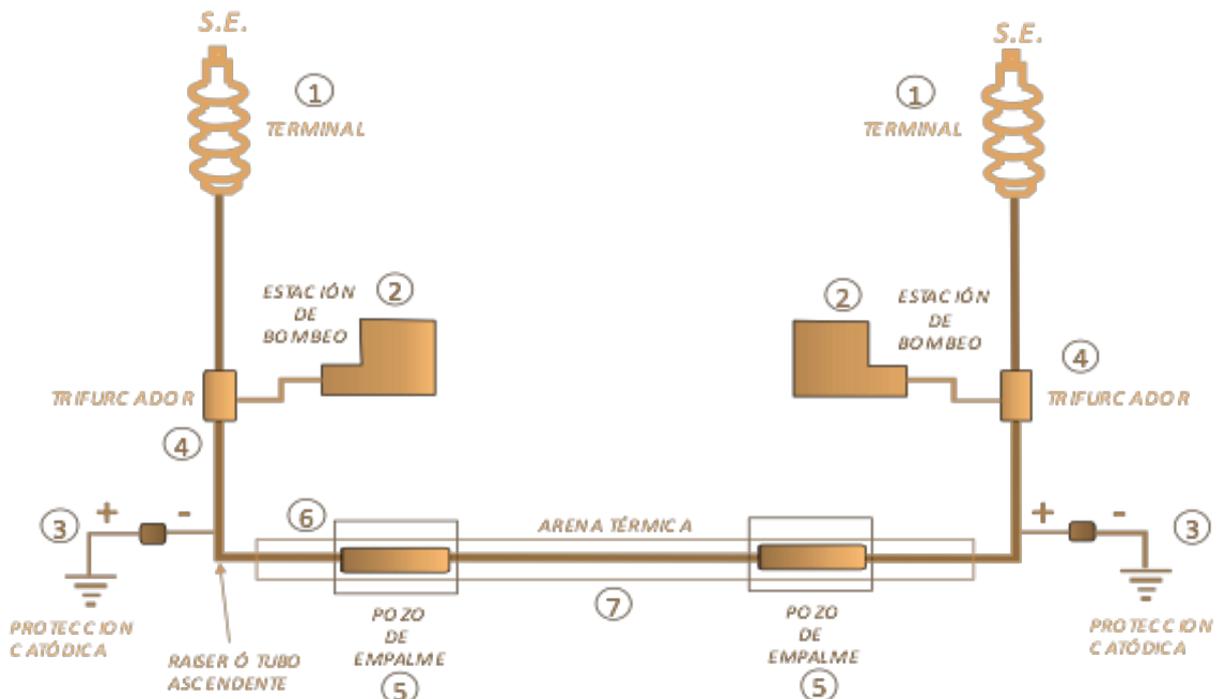


Fig. 2.32 Componentes principales de los cables de potencia subterráneo

- 1: AISLADORES TERMINALES
- 2: ESTACIÓN DE BOMBEO
- 3: PROTECCIÓN CATÓDICA.
- 4: REGISTRO PARA DOSIFICAR ACEITE
- 5: POZO DE EMPALME
- 6: TUBERÍA DE ACERO.
- 7: TUBERÍA ENTERRADA A 1.20 m.

#### Componentes principales del cable tipo tubo con aceite

- Terminales en cada una de las subestaciones que conecta conteniendo aceite. Su función es soportar la concentración de tensión eléctrica que se desarrolla cuando la geometría del cable cambia. Cuando el cable se corta, el blindaje termina, lo que ocasiona cambios de aislamiento entre el cable de potencia y el aire.

Las terminales son de tipo exterior, y conectan el cable de potencia a la barra de 230 kV de la subestación.



**Fig. 2.33 Terminales de los cables de potencia**

El aislador es de porcelana, ideal para zonas con alta contaminación y condiciones atmosféricas adversas.

- Una estación de bombeo por medio de la cual se inyecta aceite al tubo que contiene el cable, manteniendo una presión hidrostática dentro del mismo de  $14 \text{ kg/cm}^2$ , con el fin de mantener la integridad del aislamiento del cable, y permitir el flujo de aceite por la tubería.



Fig. 2.34 Cabina de bombeo

- Un sistema de protección catódica (rectificador) conectado a la tubería el cuál imprime una tensión de 0.6 VCD para evitar la corrosión del tubo.
- Un trifurcador en cada subestación, el cuál además de servir para separar las fases del cable, permite conectar la estación de bombeo.
- Se cuenta con diversos pozos sobre su ruta, en los que se alojan las uniones del cable, así como registros donde se ubican los termopares los cuales permiten efectuar mediciones de temperatura, aislamiento y potencial impreso.
- El tubo que aloja el cable es de acero al carbón de  $\frac{1}{4}$  pulgada de espesor, y su diámetro varía dependiendo el calibre del cable, tiene además un recubrimiento exterior de polietileno amarillo de alta densidad como protección primaria contra daños físicos y electroquímicos.
- La tubería se encuentra enterrada a 1.20 m de profundidad y va cubierta por una capa de arena térmica de 20 cm.

Cada estación de bombeo consta de los siguientes elementos:

### 1. Sistema de control de aceite

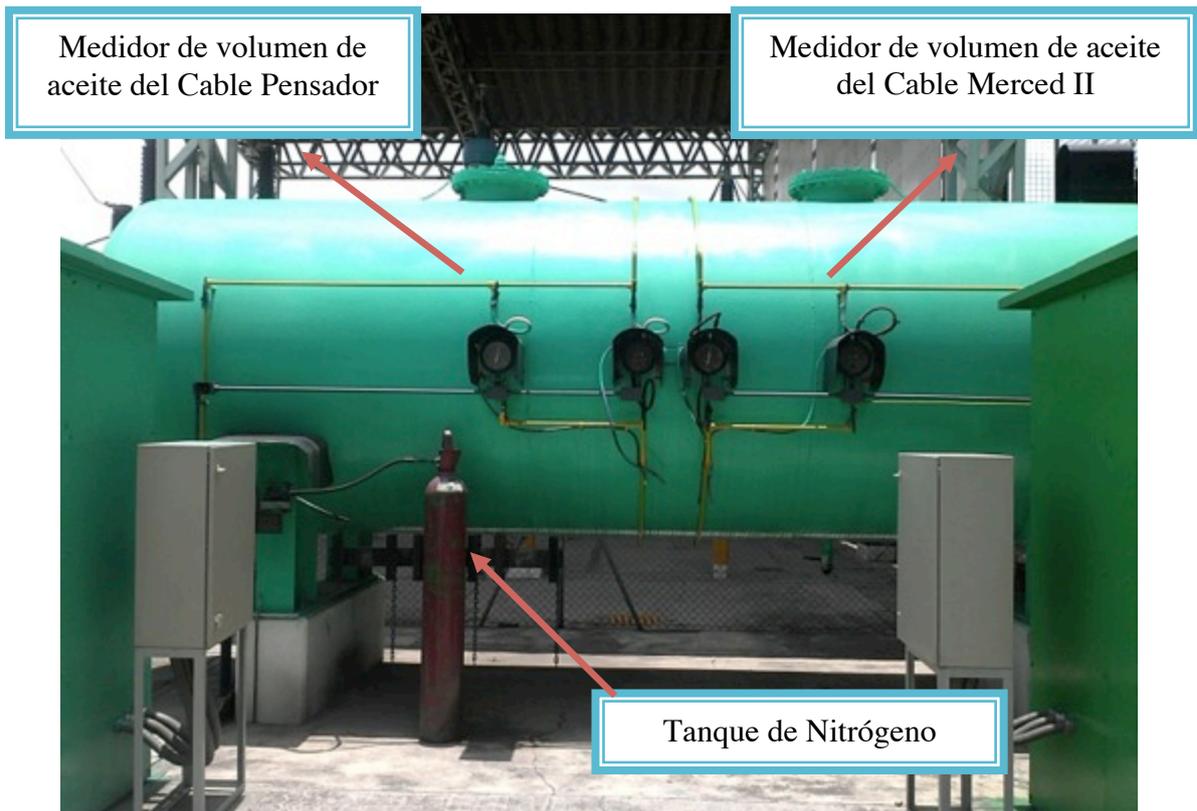
Consiste esencialmente de un circuito de aceite que consta de:

- Tanque de almacenamiento de aceite con capacidad de 1200 litros.
- Un grupo motor-bomba.

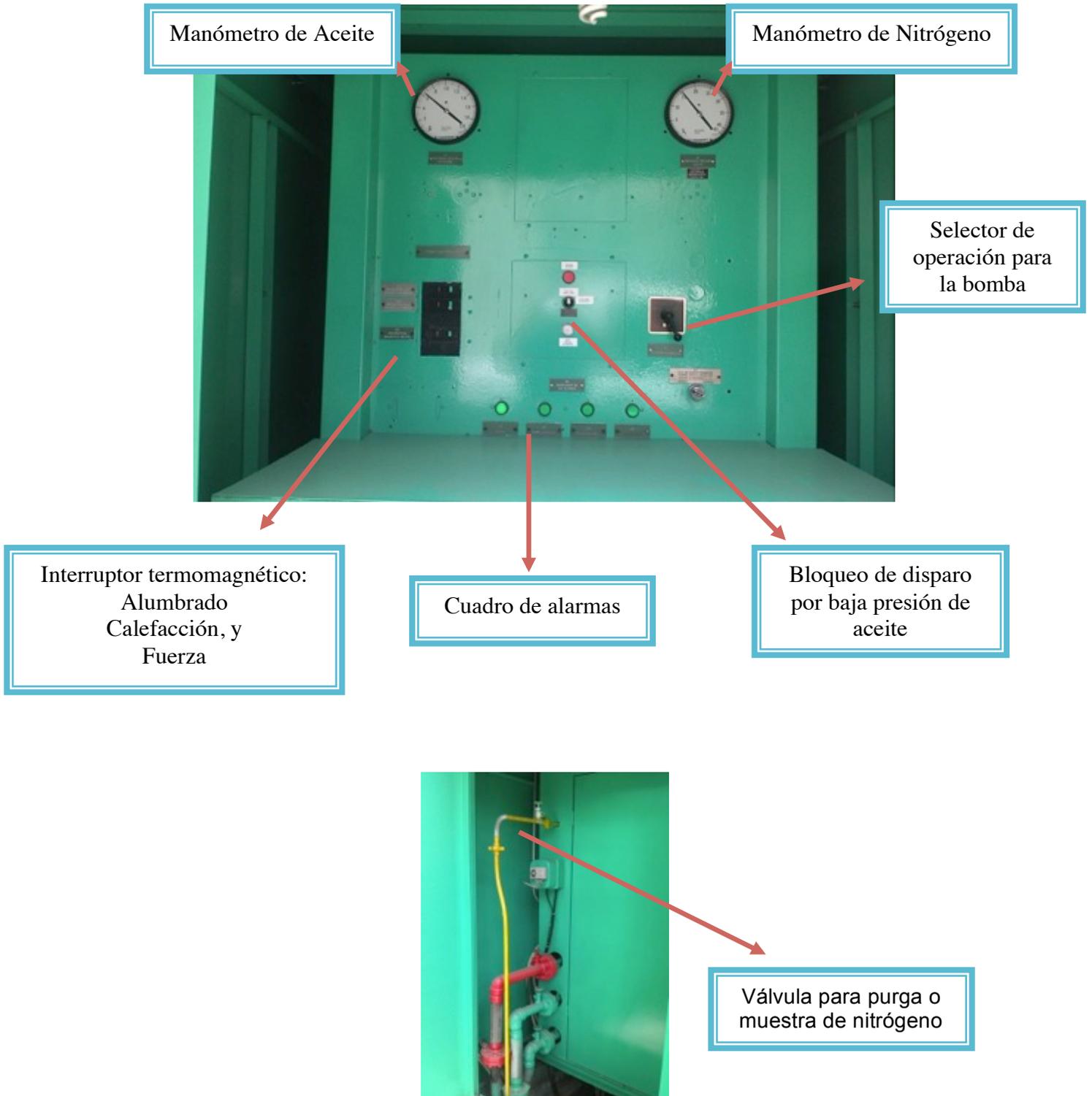


Fig. 2.35 Grupo motor-bomba

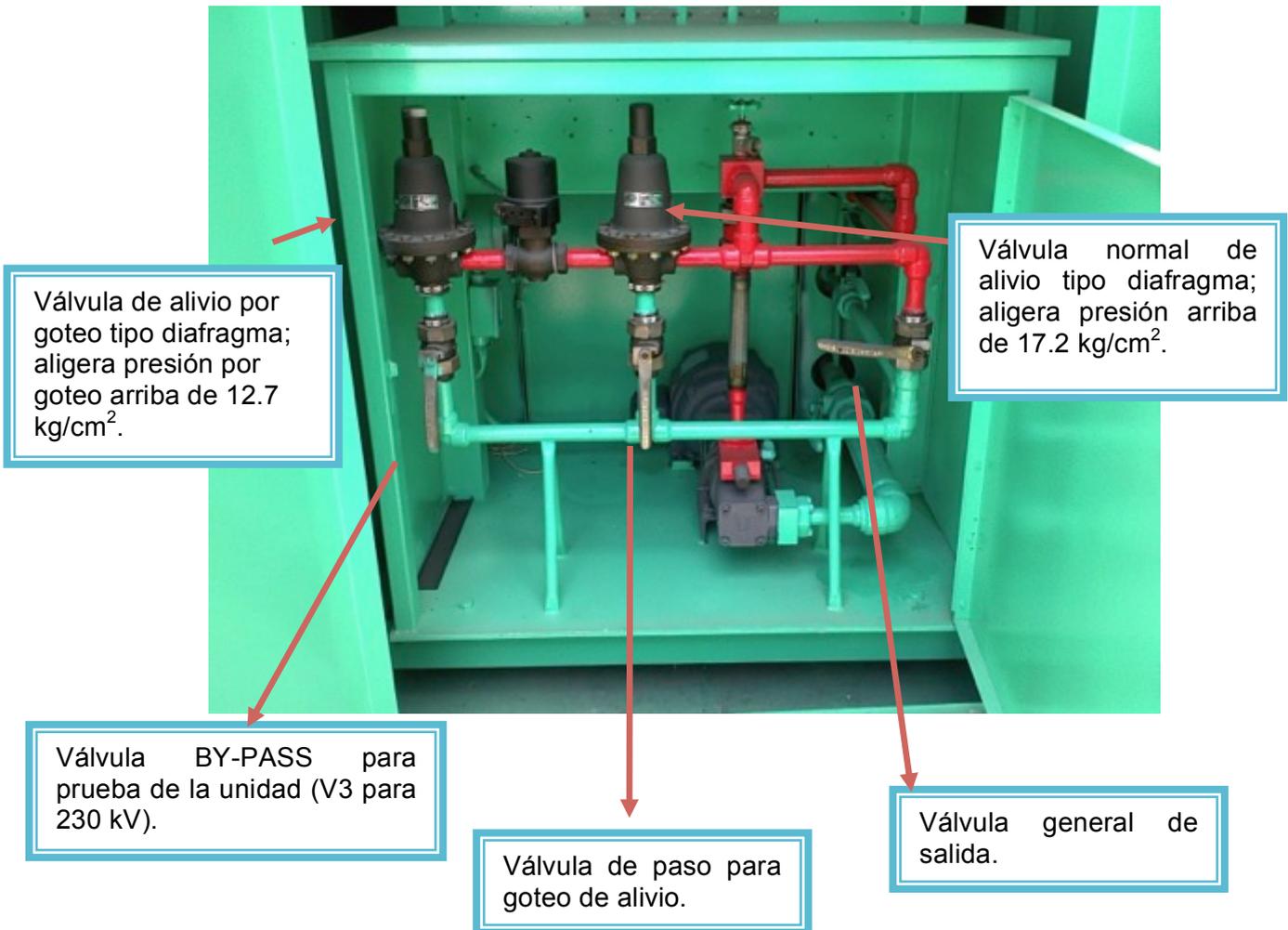
## 2. Medidores de Volumen



### 3. Instrumentos de Control de Presión



#### 4. Válvulas de control



#### Parámetros de operación del sistema de bombeo en cables de Potencia

Parámetro	Valor
Nivel de Aceite	6000 litros
Presión de Aceite	14 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Alarma	10.86 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Disparo	8.6 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Nitrógeno	0.7 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de Disparo	0.2 kg/cm <sup>2</sup>

#### Aspectos a considerar en las consolas de bombeo y cables de potencia.

- Verificar que el nivel de aceite, la presión de aceite y presión del nitrógeno, estén dentro de sus rangos normales.
- Revisar y reportar el estado de las mangueras y conexiones de aceite
- Revisar la tensión en el voltímetro de la protección catódica (debe de ser de 0.6 V). En caso de no ser así, tomar la lectura y regularla con el reóstato al valor correcto.
- Revisar y reportar el estado de las conexiones de las tuberías

- El acceso a las consolas de bombeo debe estar libre.
- Revisar y reportar el acoplamiento de la motobomba
- Reportar las instalaciones provisionales (eléctricas, neumáticas e hidráulicas).
- Verificar el estado de la base de las botellas de Nitrógeno.
- Verificar la nomenclatura en los tableros de control.
- Verificar el estado de las alarmas.
- No olvidar el equipo de seguridad personal (Guantes, zapatos, pantalón etc.)
- Revisar que el selector de la consola de bombeo esté en posición Automático.
- Verificar que la válvula baipás (V3) esté cerrada.
- Checar que la cuchilla de disparo de baja presión esté cerrada.

Válvulas cuya nomenclatura se muestra a continuación:

- RV1 Válvula normal de alivio tipo diafragma; aligera presión arriba de 17.2 kg/cm<sup>2</sup>.
- RV2 Válvula de alivio por goteo tipo diafragma; aligera presión por goteo arriba de 12.7 kg/cm<sup>2</sup>.
- RV3 Válvula de seguridad para presión excesiva arriba de 28.1 kg/cm<sup>2</sup>.
- CV Válvula de retención.
- MV1 Válvula magnética de alivio del bombeo; debe energizarse para cerrar y debe energizarse para abrir (operación automática y de oscilación).
- MV2 Válvula magnética de alivio de retorno; debe energizarse para abrir y debe energizarse para cerrar (operaciones automática y de oscilación).
- V1 Válvula de admisión
- V2 Válvula de paso para alivio de bombeo.
- V3 Válvula de paso para goteo de alivio.
- V4 Válvula BY-PASS para prueba de la unidad (V3 para 230 kV).
- V5 Válvula general de salida.
- V6 Válvula de instrumentos.
- V7 y V9 Válvulas de prueba de instrumentos.
- V8 Válvula del registrador (registrador inhabilitado en S.E. Pensador).
- V12, V13 y V14 Válvulas de pruebas, de purga o de conexiones para bomba de vacío.
- PS1 Interruptor de presión ajustable entre los valores 0-21 kg/cm<sup>2</sup> y ajustado a 12.7 kg/cm<sup>2</sup>.
- G1 Manómetro indicador de presión de aceite de 0-35 kg/cm<sup>2</sup>.

NA Medidor de nivel de aceite en el tanque de almacenamiento con alarmas de alta y baja presión de aceite.

V17 y V18 Válvulas de purga y calibración del medidor de nivel, sirven también para verificar la operación de las alarmas del medidor de nivel

G2 Indicador de presión de nitrógeno con rango de 0-5 kg/cm<sup>2</sup>.

PS3 Interruptor de alta presión de nitrógeno-alarma con rango de 0 a 4 kg/cm<sup>2</sup>.

PS2 Interruptor de baja presión de nitrógeno-alarma con rango de 0 a 4 kg/cm<sup>2</sup>.

V9 o V10 Válvula para instrumentos.

V11/V15/V29 Válvulas para purga o pruebas.

V16/V19/V24/V25 Válvulas de suministro de nitrógeno al tanque de almacenamiento de aceite.

V27 Válvula del cilindro de nitrógeno 1.

V28 Válvula del cilindro de nitrógeno 2.

### Modo de Operación

El modo de operación de las estaciones de bombeo puede ser independiente o bien en combinación, ya que se dispone de una estación en cada extremo del cable. Cada unidad de bombeo tiene un circuito de control para la bomba y consiste esencialmente de un arrancador magnético para el motor de la bomba, interruptor de presión, contactores de tiempo, selector manual de operación y contacto programador de tiempo.

El selector manual permite colocar el control del sistema de la bomba en la posición deseada, en la cual se tienen las siguientes operaciones:

- ✓ Manual: En esta operación se trabaja cuando se haya acumulado un exceso de aceite en alguna de las estaciones de bombeo, ocasionando alta presión de nitrógeno y/o alto nivel de aceite en alguna o en ambas estaciones de bombeo. Por lo tanto, para tener nuevamente las condiciones normales de operación habrá que poner el selector de operación en la posición fuera (en la estación de bombeo que se tenga bajo nivel de aceite) y poner el selector de operación en la posición manual (en la estación de bombeo que tenga un nivel mayor de aceite). Se debe de tener en cuenta que teniendo estas condiciones, la bomba operara ininterrumpidamente, por lo que se podrán obtener valores y condiciones indeseables tanto en el nitrógeno como en el aceite, por lo que habrá que regularlo con las válvulas correspondientes (ver capítulo de maniobras para el bombeo correcto). Una vez alcanzados los valores deseados, regresar el selector a la posición de automático.

En este modo de operación, la bomba se mantendrá trabajando hasta restablecer la presión sobre el cable de 230 kV.

- ✓ Automática: La presión del aceite en la tubería del cable variará de acuerdo con la carga y las condiciones atmosféricas, por lo tanto, si el selector de operación de las unidades en ambos extremos o en una sola de ellas, está en posición de automático y

la presión del sistema se encuentra entre los parámetros, todo el sistema estará disponible esperando una caída o elevación de presión.

Si la presión del aceite en la tubería del cable trata de bajar a un valor menor al límite inferior de presión, debido a reducciones de carga o disminución de la temperatura ambiente, la unidad de bombeo operará de la siguiente forma: Se cierran los contactos del interruptor P1 o PS1 energizando la bobina del arrancador magnético poniendo en marcha la bomba y el circuito de tiempo de marcha (Contacto C-1), abriendo al momento P1, el contactor C1 se restablece parando la bomba y a la vez pone en marcha el contactor auxiliar C2. Si durante el tiempo auxiliar de C2 la bomba vuelve a trabajar, sonará la alarma de "Operación Excesiva".

De tal modo, el selector de las consolas puede estar en alguna de las siguientes formas:

1. Consola A y Consola B en "Automático"
2. Consola A en "Fuera" y B en "Automático"
3. Consola A en "Automático" y B en "Fuera"

En el punto 1, cuando en las consolas están sus selectores de operación en posición de automático, nunca podrán trabajar ambas bombas al mismo tiempo, ya que existe en el circuito un bloqueo para evitarlo. Es decir, que siempre trabajará una u otra dependiendo de quien reciba primero la señal de arranque de la bomba por baja presión de aceite.

En el punto 2 y 3, la consola que tenga el selector en automático será la que lleve el mando de la bomba de arranque.

Cuando la presión de aceite en la tubería del cable trate de subir a un valor mayor del límite superior de presión, debido a los aumentos de carga o aumento en la temperatura ambiente, la válvula de alivio entre la tubería y el tanque de almacenamiento de aceite de la consola de bombeo, hará que la presión excesiva regrese a éste manteniendo la presión constante en la tubería del cable, esta válvula de alivio tiene por objeto además de pasar aceite de la tubería del cable al tanque durante los períodos de incremento de temperatura y presión, aliviar los excesos de presión de la bomba.

- ✓ Bombeo de Oscilación: Para que esta operación pueda ocurrir, es necesario que el selector de operación de la consola de bombeo A esté en la posición "Automático", mientras que en la consola de bombeo B, el selector de operación se encuentre en la posición "Oscilación".

En estas condiciones, la consola B empezará a bombear aceite, hasta que el nivel de aceite en el depósito baje a su nivel mínimo de oscilación. Al suceder esto, la motobomba de la consola B se apagará e iniciara la consola A el bombeo ahora hacia el extremo opuesto. Este bombeo durará hasta que el nivel de aceite en el depósito de la consola A descienda a su valor mínimo de oscilación. En este momento se invertirá el proceso de nuevo y así sucesivamente hasta que el selector de la consola B sea restablecido en la posición automático.

El volumen de aceite que va a estar oscilando entonces de acuerdo con los ajustes del microswitch del flotador dentro del tanque de almacenamiento, será de 2000 a 3000 litros aproximadamente.

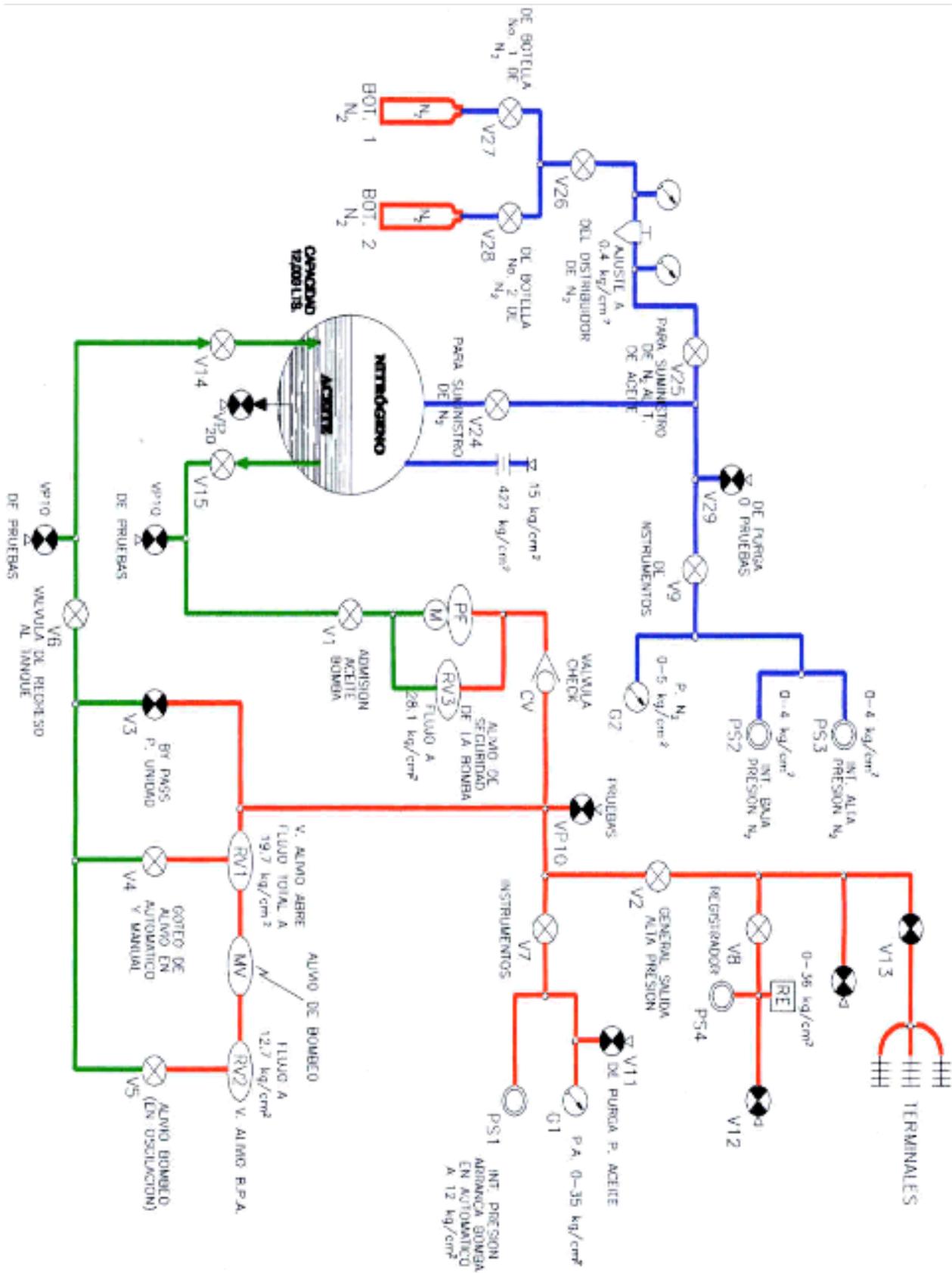


Fig. 2.36 Diagrama de las Cabinas de Bombeo

## 2.10. Límites de Carga

CABLE PENSADOR -----	700 A.
CABLE MERCED -----	700 A.
BANCOS T 221 [230 kV]-----	175 A.
BANCOS T 221 [23 kV] -----	1585 A.
ALIMENTADORES DE 23 kV -----	350 A.

## Capítulo 3

# Equipo Eléctrico Primario en 23 kV

### 3. Equipo Eléctrico Primario en 23 kV

A lo largo de este capítulo se revisaran las principales características y el funcionamiento de todo el equipo eléctrico primario que se encuentra en servicio de 23 kV.

#### 3.1. Descripción de los interruptores de 23 KV



Fig. 3.1 Vista Frontal del Interruptor Tipo Metal Clad



Fig. 3.2 Interruptores Tipo Metal Clad

Estos interruptores son unidades móviles que se transportan sobre ruedas, empujándolos hasta su gabinete.

Las partes más importantes para la operación se describen a continuación:

- Cuerpo del interruptor
- Lámpara de alumbrado del pasillo
- Interruptor del alumbrado del pasillo
- Lámparas supervisoras de potencial

Estas lámparas se encuentran conectadas a unos aisladores testigo de potencial, que se encuentran en la parte posterior del gabinete y que supervisan si hay o no potencial de regreso al alimentador respectivo; estas lámparas se encontrarán encendidas siempre que se tenga potencial en el alimentador. Cada alimentador cuenta con sus propias lámparas supervisoras.



**Fig. 3.3 Cuerpo del Interruptor**

- Botón de prueba para comprobación de las lámparas supervisoras de potencial.

Cuando no se tenga potencial de regreso, las lámparas se mantendrán apagadas, y si se desea comprobar que las lámparas se encuentren en buen estado, se oprime este botón de prueba, encendiéndose con esto las lámparas.



Fig. 3.4 Lámparas supervisoras de potencial, botón de prueba de lámparas e interruptor de alumbrado

- Orificios supervisión del nivel de aceite.
- Botón de encendido de lámparas para supervisión de niveles de aceite.

Al oprimir este botón se encienden dos lámparas que se encuentran en la parte interior, iluminando los niveles de aceite, en estas condiciones se puede observar el nivel de aceite de cada fase por el orificio respectivo.



Fig. 3.5 Botón de encendido de lámparas y orificios de supervisión de nivel de aceite

- Palanca de cierre manual
- Palanca de disparo manual
- Contador de operaciones



Fig. 3.6 Palanca de disparo manual, contador de operaciones y palanca de cierre manual

- Indicador del estado del interruptor (conectado y desconectado) e indicador de posición de los resortes.



Fig. 3.6 Indicadores del estado del interruptor y resortes

- Mecanismo para acoplar la palanca para tensado manual (Ver imagen 3.12).
- Palanca de acoplamiento

Con esta palanca se mueve el carretón, desacoplando el interruptor, o acoplándolo.

- Botón de enclavamiento.

Este botón libera de su enclavamiento a la palanca de acoplamiento.

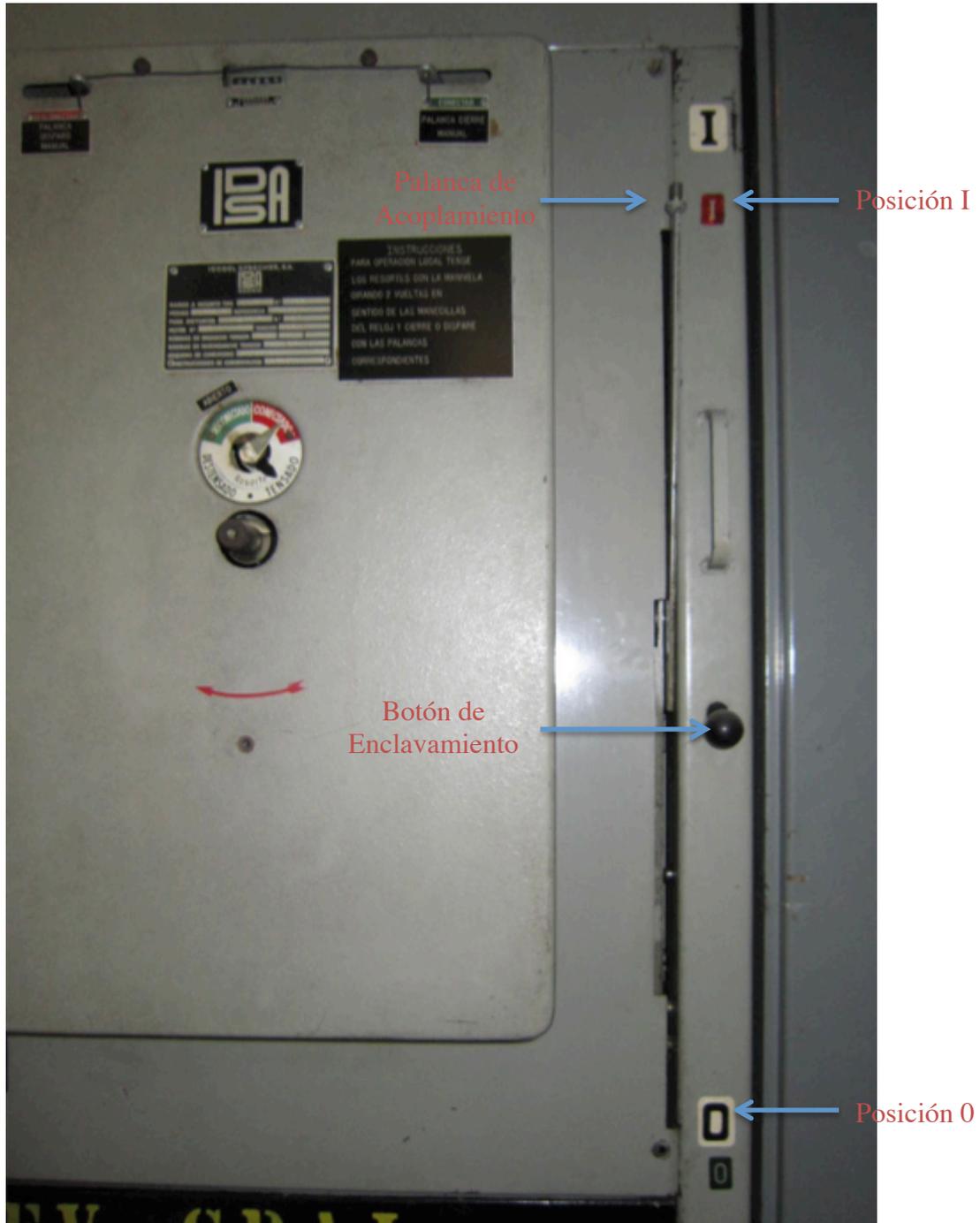


Fig. 3.7 Palanca de acoplamiento, y botón de enclavamiento

- Conector hembra para el control.

Este seguro tiene dos posiciones; una cuando tiene conectado el conector, en estas condiciones el carretón se puede acoplar y estando éste acoplado no permite que se desconecte el conector, hasta que el carretón es desacoplado. En la otra posición (sin el conector) no permite que se acople el carretón, ya que enclava la palanca de acoplamiento y para liberarla de ese acoplamiento es necesario conectar el “conector”.

- Conector de los cables de control.
- Soporte para el conector de control.



**Fig. 3.8 Conector para el control, y soporte del conector**

- Palanca para la extracción del interruptor.
- Mecanismo para acoplar la palanca para cuchillas puesta a tierra.
- Indicador de posición de las cuchillas de puesta a tierra; blanco – abiertas, rojo – cerradas.



**Fig. 3.9 Cuchillas de puesta a tierra (Ubicadas en la parte posterior de cada alimentador)**

- Contacto para servicios de 125 V.C.A.
- Interruptor general 220 V.C.A.
- Termostato de calefacción.
- Pestillo
- Dispositivo de puesta a tierra del cuerpo del interruptor.
- Resistencia de calefacción.
- Dispositivo de bloqueo de las cuchillas puesta a tierra.
- Ventanas de las terminales de alta tensión.
- Relevador de V.C.D. control.

### **Conectado del Interruptor**

A continuación se enumeran los pasos para realizar la maniobra para el acoplamiento del interruptor tipo Metal Clad.

Antes de efectuar la maniobra es necesario asegurarse de los siguientes puntos:

- QUE LA CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA ESTÉ ABIERTA.
- QUE EL INTERRUPTOR ESTÉ ABIERTO
- QUE EL CONECTOR ESTÉ CONECTADO.

Habiendo verificado estas condiciones y en dado caso de que no se cumpla con alguna, el interruptor tipo metal clad no entrará en su gabinete, debido a que cada una de estas condiciones es un permisivo para poder realizar la maniobra de enchufar el interruptor en su respectivo gabinete. Así que si no está abierta la cuchilla de puesta a tierra, abrirla. Si el interruptor no está abierto, abrirlo. Y si el conector no está puesto, conectarlo, y después proseguir de la siguiente manera:

- Enchufar el interruptor (equivale a cerrar cuchillas).
- Levantar el botón de enclavamiento y al mismo tiempo llevar la palanca de acoplamiento a la posición “1” (carretón enchufado), con lo que se consigue la maniobra.

En caso de que el botón de enclavamiento no se pudiera levantar, será debido a que el interruptor esté cerrado (habrá que desconectarlo accionando la palanca de disparo) o que no esté enchufado el conector para circuitos de control (habrá que conectarlo) o que esté cerrada la cuchilla de puesta a tierra (habrá que abrirla).

### **Desenchufado del Interruptor**

Antes de realizar la maniobra, verificar que el interruptor esté abierto.

- Levantar el botón de enclavamiento en dirección de la flecha y al mismo tiempo llevar la palanca de acoplamiento a la posición “0” (carretón desenchufado) con lo que se consigue la maniobra.
- En caso de que el botón de enclavamiento no se pudiera levantar, será debido a que el interruptor está cerrado (habrá que desconectarlo accionando la palanca de disparo).

### **Extracción del Interruptor de la Celda**

- Quitar el conector para circuitos auxiliares, levantando el seguro que los sujeta.
- Pisar el pedal para extracción y simultáneamente jalar hacia fuera el carretón, mediante las asas que para dicho efecto lleva, consiguiéndose la maniobra.

Antes de efectuar esta maniobra asegúrese de haber colocado la rampa, que se dispone para sacar los interruptores (en el caso de las barras 1 y 3).

Una vez que se ha sacado de la celda el interruptor, checar si tiene potencial de regreso, si no tiene potencial y tiene la orden del Operador del CORD Verónica cerrar la cuchilla de puesta a tierra.



Fig. 3.10 Plug de control, pedal de extracción, y asas

### Introducción del Interruptor en la Celda

La palanca de acoplamiento se debe tener en la posición “0”, se introduce el carro a mano hasta que queda cogido por un pestillo situado en la parte fija de la celda. Enseguida se enchufa el conector para circuitos de control, para lo que habrá que levantar el seguro, en estas condiciones el interruptor se encuentra en la posición desenchufado.

### Operación del Interruptor

Estos interruptores se pueden operar a control remoto desde el salón de tableros, local en el gabinete del interruptor con las palancas de cierre y disparo.

Su operación es por medio de unos resortes que son tensados por medio de un motor de C.D., en condiciones normales siempre están tensados los resortes, preparados para una operación de cierre o apertura. Al cerrar el interruptor se destensan los resortes y automáticamente empieza a trabajar el motor para volver a dejarlos tensados. Si por alguna razón al cerrar el interruptor no trabajó el motor y por lo tanto no se tensaron los resortes se puede disparar el interruptor, pero si al dispararlo sigue sin entrar el motor, ya no se podrá operar el interruptor. En estas condiciones y con la orden expresa del Operador del CORD Verónica, se podrán tensar los resortes manualmente.

### Tensado Manual de los Resortes del Interruptor

Para la operación manual ponga la palanca y tense girando dos vueltas en sentido de las manecillas del reloj y opere con las palancas de operación local si falla el control remoto.



Fig. 3.11 Ranura para conexión de Manivela para el tensado del resorte



Fig. 3.12 Manivela para tensado del resorte para interruptor tipo Metal Clad

### Cuchillas de Puesta a Tierra del Alimentador

Estas cuchillas (ver figura 3.9) se deben operar con orden expresa del Operador del CORD Verónica y verificando con las lámparas testigo de potencial o con un detector de potencial, que no hay retorno.

Estas cuchillas se pueden conectar únicamente con el interruptor desenchufado, ya que tienen un seguro, de manera que al conectarse las cuchillas, no permiten que se pueda enchufar el interruptor. Así mismo tiene el seguro de manera que estando enchufado el interruptor no es posible cerrarlos.

### Mantenimiento

Al realizar algún tipo de mantenimiento, se deben de tomar las siguientes medidas de precaución:

- Desconectar el interruptor si no lo estuviera
- Sacar del gabinete el interruptor
- Quitar el conector de control del interruptor

- Realizar una operación de conexión-desconexión para asegurarse que los resortes del mando han quedado destensados
- Poner a tierra las conexiones
- Utilizar en todo momento el equipo de seguridad
- En caso de no requerir que se saquen los interruptores del gabinete, asegurarse que no hay tensión en los contactos fijos de la misma.

El control del mantenimiento del equipo debe de ser periódico.

Mensuales:

- El nivel de aceite de los polos debe hallarse entre las posiciones Max y Min en los indicadores de nivel.
- La marca intermedia corresponde al nivel normal para 15°C. Una diferencia de 5°C supone un desplazamiento de nivel, aproximadamente de 2.5 mm. En el caso de que sea necesario rellenar de aceite y una vez realizada esta operación, es conveniente un tiempo de espera, antes de considerar la indicación dada por el nivel.
- Revisar el estado del aceite.
- Comprobar el ennegrecimiento de los contactos. Dependiendo de las condiciones atmosféricas, los contactos tienden a ennegrecerse.
- Limpiar piezas aislantes y aisladores.

Anuales:

- Apretar tornillería de fijación general.
- Engrasar mecanismos de transmisión.
- Engrasar las rotulas de acoplamiento.

Se aconseja que después de ocho años en servicio o después de 4000 operaciones, se realice una revisión total del interruptor.

Cabe resaltar, que los tiempos de revisión se deben de modificar dependiendo del número de “disparos por falla” que pueda presentar el interruptor. Por lo que es necesario que se realicen los siguientes trabajos:

- Cambio de aceite.
- Control de contactos
- Pruebas de apertura y cierre
- Control de la cámara de corte, lavado de la misma con aceite o sustituirla en caso de que se encuentre quemada.

### 3.2. Servicios de estación

#### **Servicios Propios**

Una de las partes fundamentales de una subestación son los servicios propios. Éstos nos permiten tener el control de la subestación, ya que proveen la fuente de alimentación de corriente directa y corriente alterna para los sistemas de control, las protecciones, la señalización, alarmas, alumbrados, etcétera.

## Elementos

La Subestación Pensador Mexicano cuenta con los siguientes elementos que se consideran como servicios propios:

- Transformadores de servicios propios
- Bancos de baterías
- Cargadores
- Planta de emergencia

### Transformadores de Servicios Propios

Este elemento es utilizado para la alimentación de los servicios propios de la subestación. Dentro de la Subestación se encuentran conectados en el primario a la barra de 23 kV, con una salida en el secundario de 220 VCA entre fases (127 V entre fase y neutro), que llegan a los tableros de la caseta de control.

La Subestación Pensador Mexicano cuenta con dos transformadores de servicios propios, llamados T20A y T20C, conectados a la barra 1 y a la barra 3 de 23 kV, respectivamente. Cada uno tiene diferentes características, las cuáles se citan a continuación:

- T20A: 23kV / 220V, marca IEM tipo columna, con número de serie C-33084. Su capacidad máxima es de 112.5 KVA. Su conexión es delta-estrella. El tipo de enfriamiento es OA. Contiene 178 litros de aceite. Su cambio de TAPS es de operación sin carga. Tiene cuatro derivaciones en el devanado de alta. Fue fabricado en el año del 2005.

- T20C 23kV / 220V, marca PROLEC tipo columna, con número de serie B-44936. Su capacidad máxima es de 75 KVA. La conexión es delta-estrella. Su tipo de enfriamiento es OA. Contiene 192 litros de aceite. Su cambio de TAPS es de operación sin carga. Tiene cuatro derivaciones en el devanado de alta. Su año de fabricación es 1998.

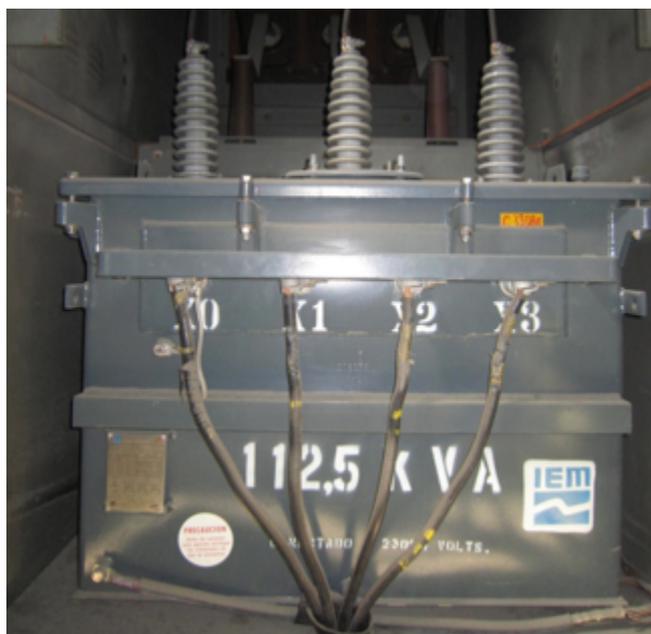


Fig. 3.13 Transformador de Servicios Propios

Cada transformador de servicios propios cuenta con fusibles, que son elementos de protección de dichos transformadores. Al realizar una maniobra que involucre trabajos en la

barra de 23 kV o en el transformador como tal, se tienen que retirar, ya que están conectados en el lado de alta tensión del transformador.



Fig. 3.14 Fusibles de los transformadores de servicios propios.

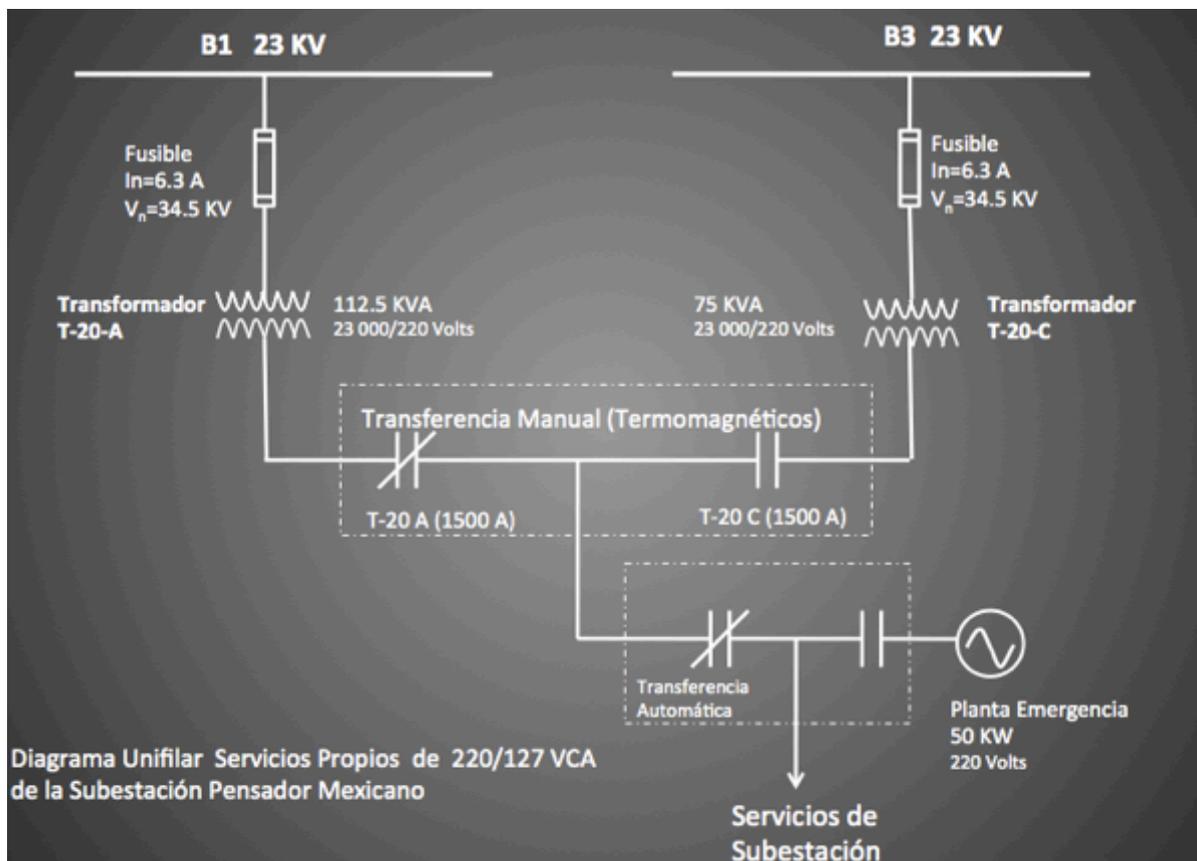


Fig. 3.15 Diagrama Unifilar de los Servicios Propios de la S.E. Pensador Mexicano

### Procedimiento para realizar cambio de transformador de servicios propios

Nota: El transformador de servicios propios que generalmente se encuentra en operación en la Subestación es el T20A.

- Verificar que el interruptor termomagnético T20A se encuentre cerrado.
- Verificar que el interruptor termomagnético T20C se encuentre abierto (Mecánicamente es imposible tener ambos interruptores cerrados, pero si se puede tener ambos abiertos)
- Abrir el interruptor termomagnético T20A
- Cerrar el interruptor termomagnético T20C
- En caso de que el transformador que se encuentra en operación es el T20C, éste último es el que se tiene que abrir y se cierra el T20A.



Fig. 3.16 Tablero de Corriente Alterna

### Procedimiento para Normalizar los servicios de CA ante pérdida de la fuente preferente (Transformador T-20-A), o de la fuente de respaldo (Transformador T-20-C)

- Cuando el servicio se interrumpa, y debido a que no existe transferencia automática entre los transformadores de Servicios Propios, la planta de emergencia entrará en operación para alimentar los servicios básicos de la subestación.
- Verificar que el Interruptor Termomagnético T-20A está cerrado, y el T-20C está abierto (Ambos se ubican en el tablero de medición de servicios de Corriente Alterna en el Interior de la Caseta de Control).
- Abrir el Interruptor Termomagnético T-20 y cerrar el T-20C (mecánicamente es imposible cerrar el interruptor termomagnético que está abierto si el otro permanece cerrado).
- Si antes de la falla los servicios provienen del interruptor T-20C, éste es el que se debe abrir y después cerrar el T-20A.

- Cuando el servicio de la subestación se restablezca mediante los termomagnéticos T-20C o T-20A, según sea el caso, la planta de emergencia dejará de trabajar por operación de su transferencia automática, la cual se ubica en el gabinete del cuarto de la propia planta.



Fig. 3.17 Interruptores Termomagnéticos de los Transformadores de S.P.

A continuación se enlistan los tableros de Corriente Alterna y de Corriente Directa.

COLATERAL	S.P.			C.D.
	C.A.			
ALUMBRADO	C.A.	BANCO DE BATERÍAS	C.D.	C.D.
	C.A.			

Fig. 3.35 Gabinetes de CA y CD

Así mismo, los térmicos que se encuentran en cada sección, se enumeran a continuación para que el operador en turno pueda localizar de manera óptima cada uno de ellos.

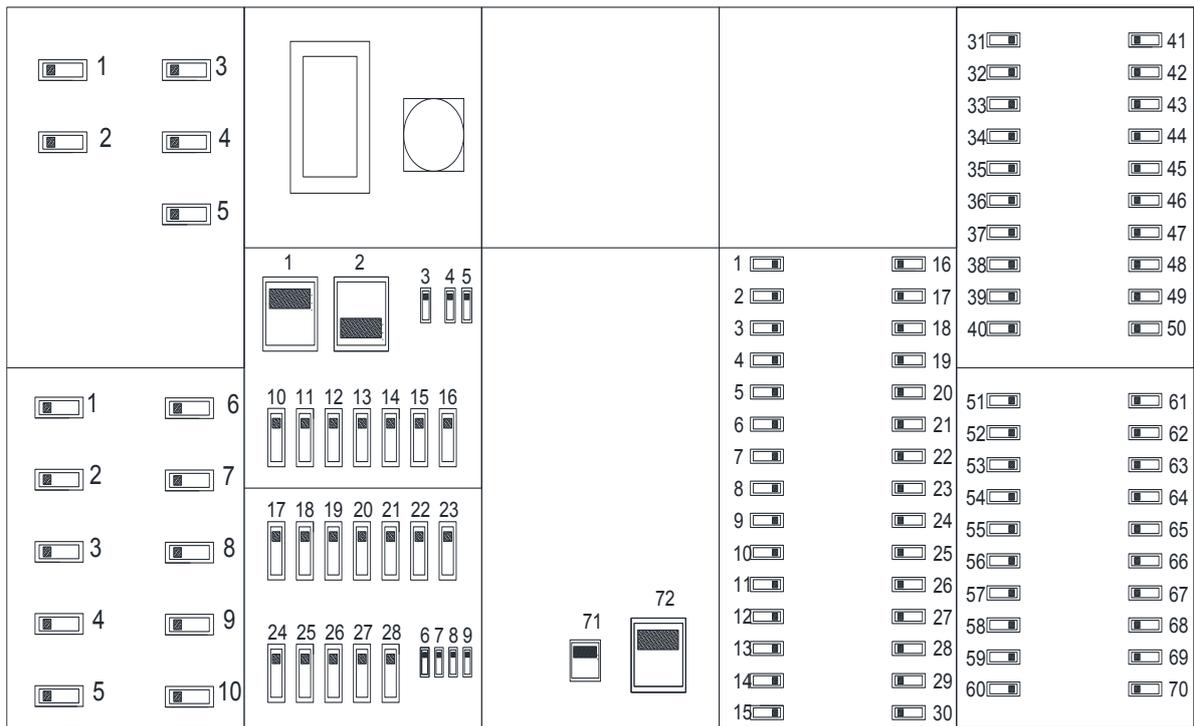


Fig. 3.36 Térmicos de CA y CD

COLATERAL	
1	Alimentación cargador 2 de 48 VCD
2	Alimentación cargador 1 de 48 VCD
3	Alimentación interruptor 93070
4	Alimentación cuchilla 93079
5	Alimentación tablero PCYM PEN-93070-KCR

ALUMBRADO	
1	Telecomunicaciones
2	Alum. Bardas zona norte 230 kv
3	Alum. Gabinetes de 23 kv
4	No visible
5	Alum. Entrada principal
6	Disponible
7	Alum. Bardas zona noroeste 230 kv
8	Alum. Maniobras 230 kv
9	Caseta
10	Alum. Exterior caseta de control

C.A.	
1	T-20 A
2	T-20 C
3	Regulador de alumbrado
4	Calefacción Int 230 kv Merced
5	Disponible
6	Cuch (EBC-EAB)
7	Prot. Catodica C. Pensador
8	Prot. Catodica C. Merced
9	Alarma B. voltaje
10	Banco 221 A
11	Banco 221 B
12	Banco 221 C
13	Calefacción Int 230 kv Banco 221-A
14	Calefacción Int 230 kv Banco 221-B
15	Calefacción Int 230 kv Banco 221-C
16	Calefacción ductos de 23 kv
17	Cargador de bat 1 y 3
18	SW 3 Exterior C. Merced
19	Gabinete blindado de 23 kv
20	Motor bomba Jockey SCI
21	Motor compresora SCI
22	Disponible
23	Disponible
24	Cargador de bat 2 y 4
25	220 VCA Rectificador Estático
26	Gabinete auxiliares de 23 kv
27	No visible
28	Casetas de bombeo

C.D.		C.D.	
1	Disponible	37	Enlace 2 T 221-B 23 kv
2	Alim. Motor CD cuchilla e int. Del C Pensador	38	Enlace 2 T 221-B 23 kv
3	Alim. Motor CD cuchilla e int. Del Banco 221-A	39	Banco T 221-C 23 kv
4	Alim. Motor CD cuchilla e int. Del Banco 221-B	40	Banco T 221-C 23 kv
5	Alim. Motor CD cuchilla e int. Del Banco 221-C	41	Red 71
6	Alim. Motor CD cuchilla e int. Del C Merced	42	Disponible
7	Cuchillas EAB	43	Red 72
8	Cuchillas EBC	44	Disponible
9	SEL 2032	45	Red 73
10	RED 71	46	Disponible
11	RED 72	47	Red 74
12	Red 73	48	Red 53185
13	Alim. 125 VCD Medidores	49	Red 75
14	Red 74	50	Disponible
15	Disponible	51	Red 76
16	Bloquea el control de cuchillas EAB	52	Pen 22
17	Cable Pensador Mexicano	53	Disponible
18	PCYM T-221 A	54	Disponible
19	Cuchillas T-221 A	55	Disponible
20	PCYM T-221 B	56	Disponible
21	Cuchillas T-221 B	57	Red 56
22	PCYM T-221 C	58	Red 56
23	Cuchillas T-221 C	59	Red 55
24	Cable Merced	60	Red 55
25	Cable Merced	61	Red 51
26	SSR-SEL	62	Red 51
27	Red 75	63	Red 52
28	Red 76	64	Red 52
29	Pen 21	65	Red 53
30	5 De Mayo	66	Red 53
31	Cargador 1 y 3	67	Red 54
32	Cargador 2 y 4	68	Red 54
33	Banco T 221-A 23 kv	69	Proteccion Dif de Barras
34	Banco T 221-A 23 kv	70	Proteccion Dif de Barras
35	Enlace 1 T 221-B 23 kv	71	Banco de baterias 1 VCD 125
36	Enlace 1 T 221-B 23 kv	72	Banco de baterias 2 VCD 125

## Planta de Emergencia

Es un grupo motor-generator que se utiliza en la subestación para que en caso de falla en los dos transformadores de servicios de estación, se tenga una opción más para poder contar con energía eléctrica para operar los circuitos de baja tensión de corriente alterna y corriente directa.

La planta de emergencia, está conectada de tal manera que al no recibir tensión de corriente alterna, arranca y se conecta de manera automática. La conexión se realiza en la barra principal de corriente alterna, y que normalmente es alimentada por alguno de los dos transformadores; la conexión se da por medio de un interruptor que opera mediante un equipo de transferencia automática, de la misma manera que funciona para los transformadores de 230 kV, que se va a cerrar al momento que los dos interruptores termomagnéticos de los transformadores de servicio de estación estén abiertos.

La transferencia automática, que transfiere la carga de los transformadores a la planta de emergencia, tiene un tiempo aproximado de siete segundos. Y al detectar el restablecimiento del sistema normal, el sistema de la planta de emergencia tarda aproximadamente cinco minutos en la transferencia total a los transformadores, en lo que el sistema se estabiliza. Después de eso, el motor de la planta de emergencia tarda otros quince minutos operando en vacío en apagarse.

Se debe verificar periódicamente la pantalla de la planta de emergencia, para verificar que no exista ninguna alarma, ya que en dado caso de existir alguno, la planta de emergencia no entrará en operación en ningún momento. Además se deberán verificar el nivel de anticongelante y de diesel de la planta.

# Capítulo 4

## Caseta de Control

### 4 Caseta de control

#### CASETA DE CONTROL

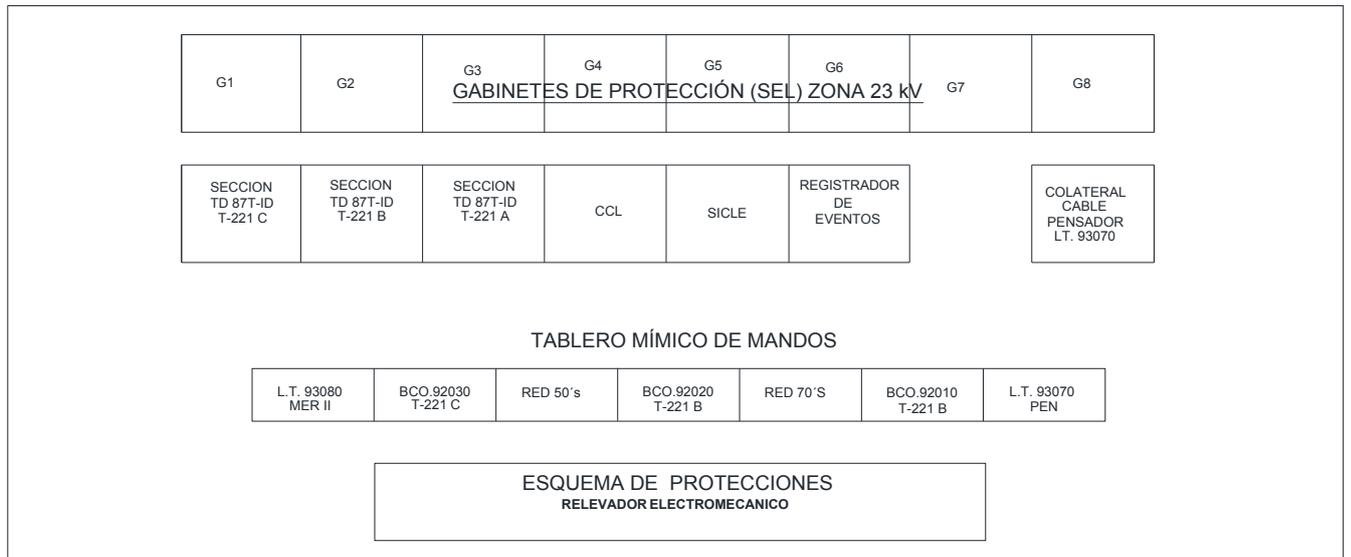


Fig. 4.1 Diagrama de Ubicaciones Dentro de la Caseta de Control

#### 4.1 Tablero mímico de mandos.

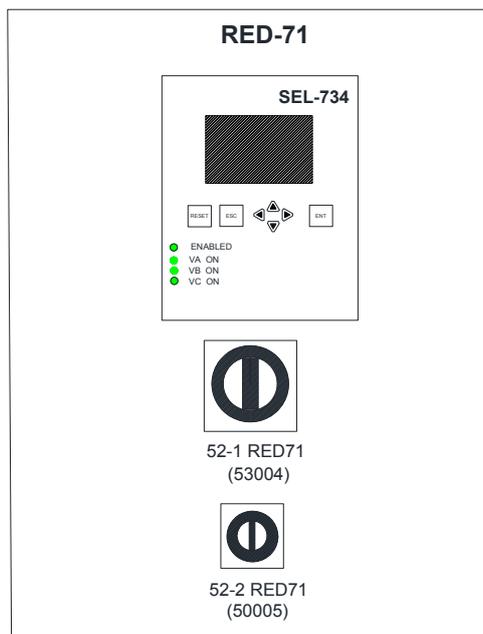


Fig. 4.2 Imagen del medidor SEL 734 y perillas de mandos del alimentador

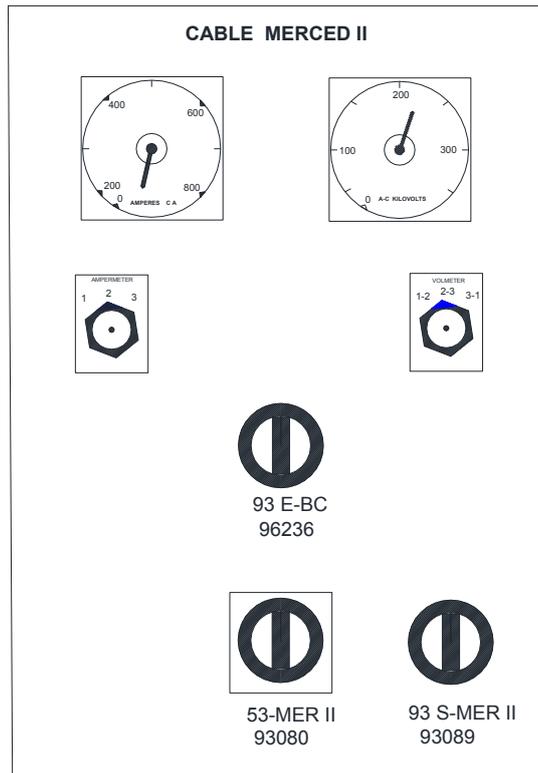


Fig. 4.3 Medidores Analógicos, perillas de mando de cuchillas e interruptor del cable MER II

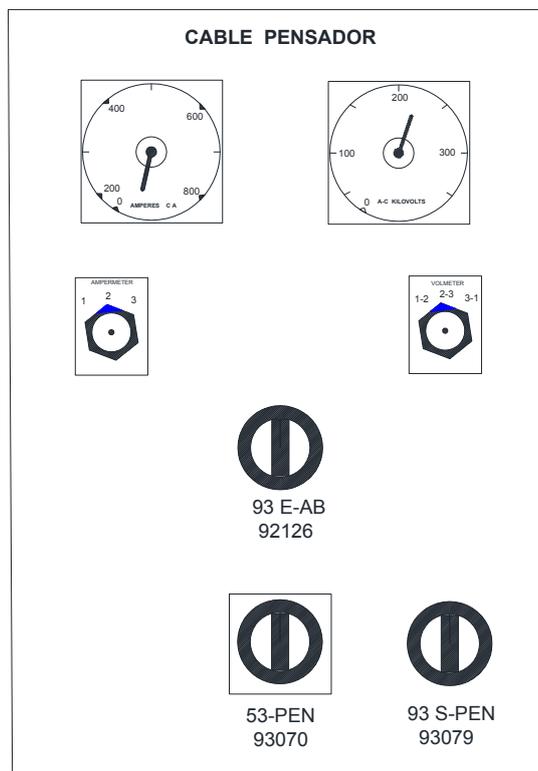


Fig. 4.4 Medidores Analógicos, perillas de mando de cuchillas e interruptor del cable Pensador

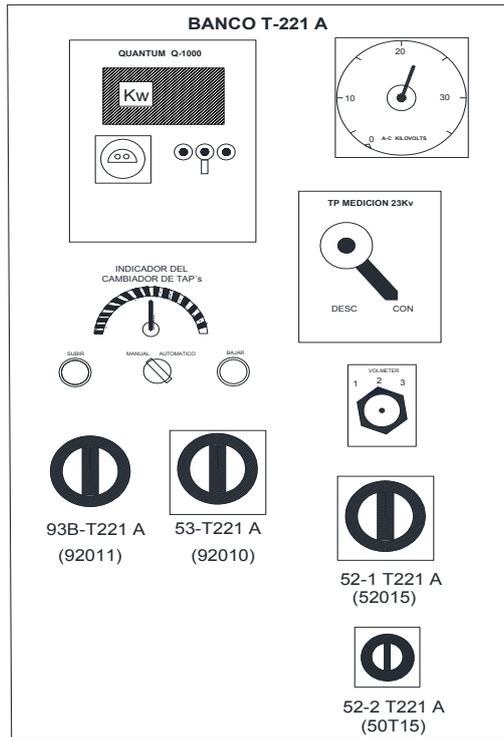


Fig. 4.5 Medidor. Indicador de cambiador de TAP's, perillas de mandos de interruptor y cuchilla de 230 kV, e interruptores de 23 kV, del banco T221A

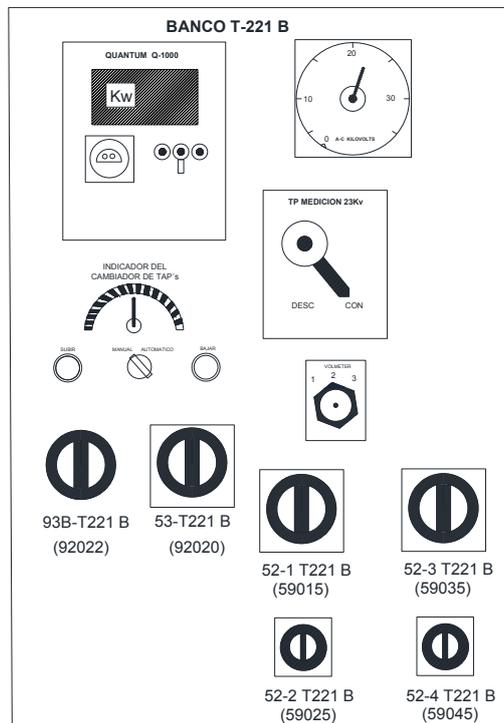
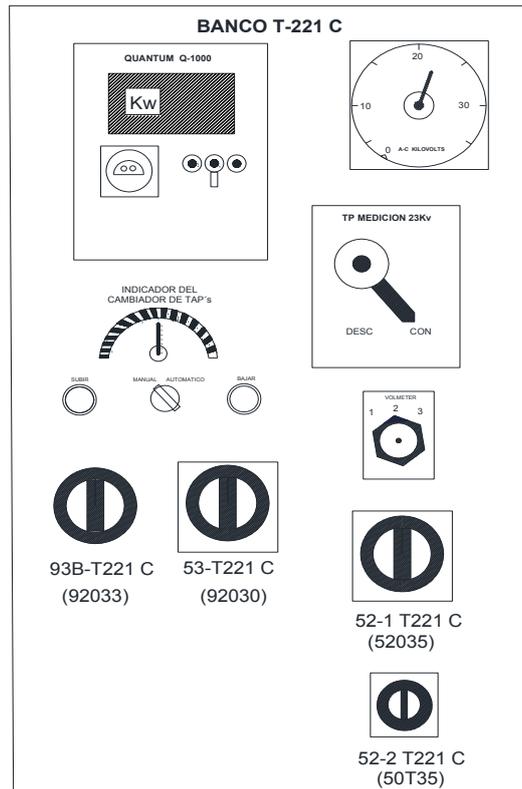


Fig. 4.6 Medidor. Indicador de cambiador de TAP's, perillas de mandos de interruptor y cuchilla de 230 kV, e interruptores de 23 kV, del banco T221B



**Fig. 4.7 Medidor. Indicador de cambiador de TAP's, perillas de mandos de interruptor y cuchilla de 230 kV, e interruptores de 23 kV, del banco T221C**

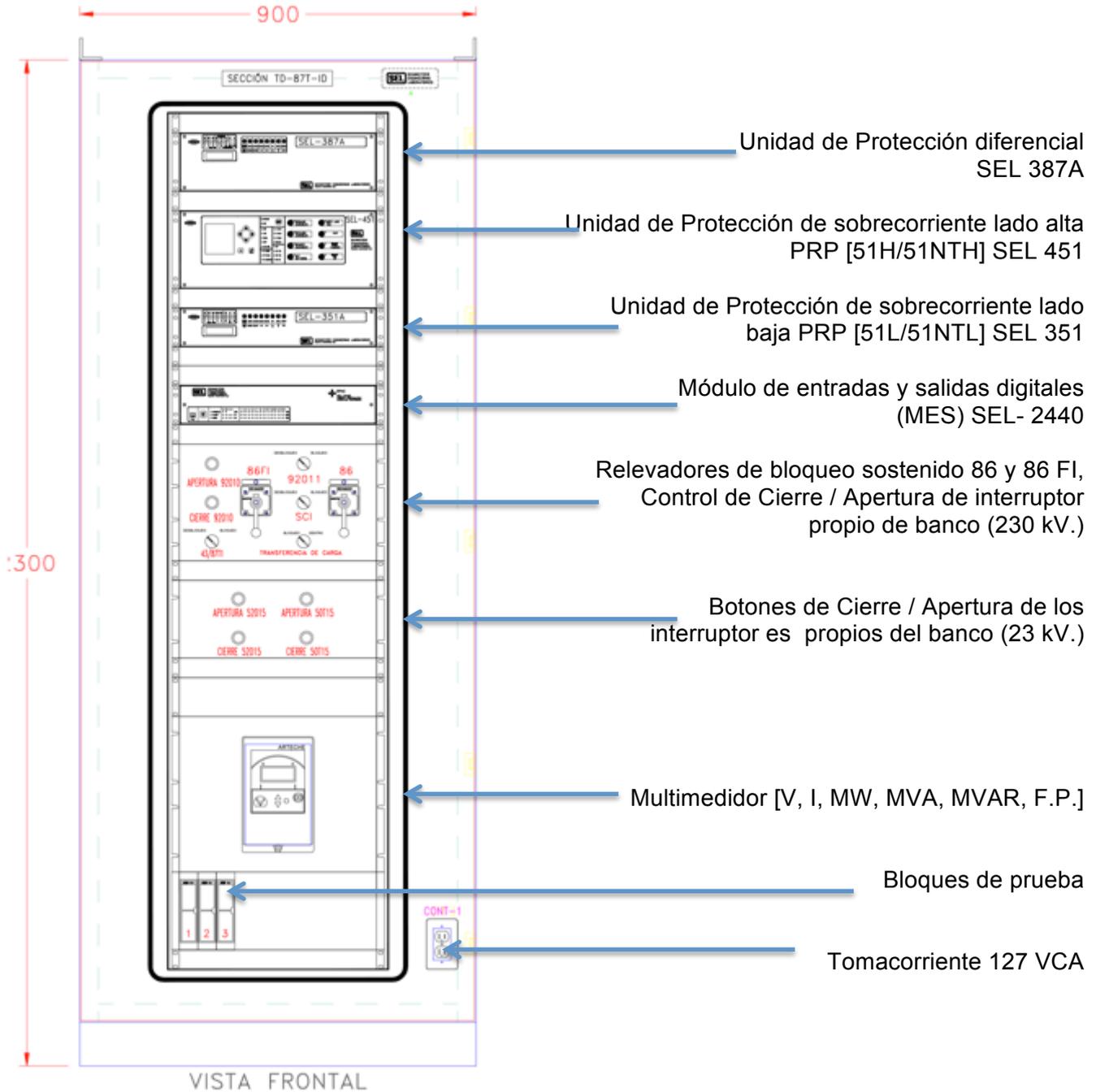


Fig. 4.8 Gabinete Bancos de Transformación

## 4.2 Cuarto de baterías



Fig. 4.9 Banco de Baterías de la S.E. Pensador Mexicano

Una de las características importantes de una batería es permitir el almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía química, para posteriormente utilizarla como energía eléctrica en cuanto se requiera. Aquí es donde radica la importancia de un banco de baterías, que en caso de que exista algún disturbio en la subestación y la instalación se quede sin los transformadores que proveen la alimentación para poder tener el control de la misma, el banco de baterías proveerá por un lapso alrededor de ocho horas de energía eléctrica para poder tener parte del control que se ha perdido, y que nos permita la operación de las protecciones, realizar maniobras, tener señalizaciones, el control de los interruptores y cuchillas, el alumbrado de emergencia, el sistema contra incendios.

La S.E. Pensador Mexicano cuenta con dos bancos de baterías de 125 VCD, inmersos en un cuarto de baterías, que por norma tienen un acceso independiente, una puerta de metal, no consta con contactos eléctricos y no tiene iluminación directa del exterior. Cada banco de baterías consta con 60 celdas húmedas de Plomo-ácido de 2.15 V que tiene una capacidad de 360 A-h, y con un régimen de descarga de ocho horas. Cada celda tiene una tensión de flotación de 2.15 V a 2.17 V, y un tensión de igualación de 2.24 a 2.26 V, y la densidad del electrolito se encuentra entre los 1200 y 1220 kg/m<sup>3</sup> a una temperatura de los 25°C.

La ventaja en el uso de las baterías de Plomo-ácido se debe a que se puede conocer el estado de la carga que almacena la batería en función de la densidad del electrolito, lo cual no se puede lograr con otro tipo de batería.

Los parámetros y puntos a supervisar en un cuarto de baterías son los siguientes:

- Densidad del electrolito (por celda)
- Niveles de tensión (por celda)
- Una vez medidos los niveles de tensión, checar los niveles entre el máximo y el mínimo
- Checar que los conectores se encuentren bien apretados
- Checar posible formación de sedimentos
- Checar que los cables estén bien conectados y no estén sulfatados
- Checar que las celdas no tengan alguna fisura o escurrimiento de líquidos
- Checar que cada celda contenga su tapa

Antes de entrar a realizar la inspección al cuarto de baterías se deben de seguir las siguientes indicaciones de seguridad:

- Ventilar el cuarto de baterías antes de entrar
- Encender la iluminación sólo en caso de ser necesario
- Verificar que no haya herramienta, basura, tornillería, etcétera, que pueda entorpecer el trabajo y pueda ocasionar un accidente
- Contar con el equipo de seguridad necesario: mandil, guantes, careta, estopa, etcétera.
- Contar con el equipo de medición adecuado, como: densímetro, termómetro, multímetro.
- Contar con agua destilada para verter en las celdas en caso de ser necesario, así como el embudo.

#### 4.2.1 Cargadores de baterías



Fig. 4.10 Cargadores de batería de la S.E. Pensador Mexicano

#### Características Generales

Son los dispositivos que mantienen a las baterías con un nivel de carga nominal, regulando la tensión de flotación de la batería. El equipo FRAT es un cargador rectificador de potencia que convierte la energía eléctrica de corriente alterna (CA) en energía eléctrica de corriente directa (CD), se encuentra diseñado para operar en alguno de los tensiones de entrada que pueden ser: 220, 440 o 480 VC, suministrados a través de una fuente de corriente alterna (CA) de tres fases, aceptando variaciones de -15% y +10%. Manteniendo en su salida una tensión de corriente directa (CD) regulado.

Cuenta también con un circuito electrónico que automatiza totalmente el cambio de flotación a igualación, hecho que ocurre cuando las baterías demandan carga. Tras un período de 8 horas, automáticamente se realiza el cambio de tensión de igualación a tensión de flotación.

La S.E. Pensador Mexicano tiene cuatro cargadores FRAT, el cargador 1 y el cargador 2 están conectados al banco de baterías 1, mientras que el cargador 3 y el cargador 4 están conectados al banco de baterías 2.

## Límite de Corriente

El equipo contiene un dispositivo electrónico que impide que la corriente de salida alcance valores superiores al máximo permitido, en prevención de posibles daños al cargador cuando se enciende estando conectado a unas baterías descargadas.

El nivel límite de corriente puede ser ajustado desde el 20% de la corriente nominal de salida hasta 110%.

## Instrumentos de Medición

Se cuenta con un voltímetro y un amperímetro digital, colocados en el panel frontal del cargador para mediciones en corriente directa (CD), con precisión del 1% del valor total de la escala, para visualizar las condiciones de operación del cargador (contiene en el panel frontal puntos de prueba para tensión de señalización).

## Protecciones

### *Interruptor termomagnético de entrada*

Desconecta el transformador de poder de la línea de corriente alterna (CA), protegiendo al equipo contra una falla interna, sea por corto circuito o sobrecarga.

### *Interruptor termomagnético de salida*

Desconecta el equipo de la línea de corriente directa (CD), protegiendo de una falla interna sea por corto circuito o sobrecarga.

### *Corto Circuito*

Desconecta la salida del cargador de las baterías, brindando protección contra corto circuito a la salida del equipo, mediante un fusible de acción rápida.

### *Límite de corriente*

Dispositivo electrónico que no permite que la corriente se incremente a más del 110% de la corriente nominal de salida.



Fig. 4.11 Termomagnéticos de Entrada y Salida de los Cargadores de Batería

## **Características Técnicas**

### **Características de Entrada**

Tensión de entrada: 220 VCA  
Frecuencia de entrada: 60 Hz

### **Características de Salida**

*Tensión de salida:*

Igualación: 140 VCD ajustable en  $\pm 10\%$ , para agregar o disminuir celdas en caso necesario.

Flotación: 130 VCD ajustable en  $\pm 10\%$  para agregar o disminuir celdas en caso necesario.

*Corriente de Salida:* Ajustado para proporcionar el nominal.

### **Características de Diseño**

El circuito de potencia se compone de un transformador de poder que proporciona la tensión adecuada para energizar el puente rectificador, compuesto de SCR's y diodos de potencia, seleccionados para trabajar al 50% de su capacidad total en corriente y tensión, estando el rectificador en plena carga. A la salida, la onda rectificada, entra a un filtro compuesto de reactores y capacitores para reducir el nivel de rizado al deseado.

### **Igualación**

Indica que el equipo se encuentra trabajando en régimen de carga profunda. Se proporciona señalización visual (LED amarillo).

### **Flotación**

Indica que el equipo se encuentra trabajando en régimen de carga de mantenimiento. Se proporciona señalización visual (LED verde).

### **Operación Manual**

Al accionar el botón colocado en el panel rectificador, este pasará a proporcionar carga de igualación en forma temporizada, dejando fuera el sistema automático. Este dispositivo es muy útil para dar cargas de igualación programadas a la batería.

### **Terminación del Ciclo de Recarga**

Señalización que indica que el ciclo de recarga programado para Operación Manual concluyó de manera exitosa.

### **Alarma Interrupción del Ciclo de Recarga**

Indicación de que el ciclo de recarga programado para Operación Manual no concluyó de manera exitosa, es decir, fue interrumpido antes de su culminación.

### **Alarma Ausencia Corriente Alterna**

Relevador que detecta la ausencia o falta de corriente alterna (CA) en las tres fases, cerrando sus contactos secos para la señalización visual (LED rojo).

### **Alarma Baja Tensión**

Señal visual en el frente del equipo que indica que la tensión de salida del rectificador, es inferior a un valor predeterminado, este nivel es ajustable. Se proporciona la señalización visual (LED rojo).

### **Alarma Alta Tensión**

Señal visual en el frente del equipo que indica que la tensión de salida del rectificador, es superior a un valor predeterminado, este nivel es ajustable. Se proporciona la señalización visual (LED rojo).

### **Alarma Falla de Carga**

Señal que indica que el rectificador tiene un corriente de carga menor al 10% del valor nominal aproximadamente. Éste es un valor predeterminado, el nivel no es ajustable. Se proporciona la señalización visual (LED rojo).

### **Alarma Alta Temperatura**

Indicación de que la temperatura en el interior del gabinete del cargador de baterías ha sobrepasado su nivel preestablecido, debido a una falla interna del cargador. Se proporciona una señalización visual (LED rojo).

### **Corte Alta Tensión**

Dispositivo electrónico que detecta una alta tensión en el cargador, para protección del cargador y sus cargas, se acciona automáticamente apagando el equipo. Una vez que se presentó esta falla se debe verificarla y corregirla, hecho esto el dispositivo contiene un botón el cual restablece el equipo. Se proporciona una señalización visual (LED rojo).

### **Positivo a Tierra**

Cuando el polo negativo en corriente directa se va a tierra, la unidad lo detectará con una señal visual (LED rojo) y accionará el relevador cerrando sus contactos secos.

### **Negativo a Tierra**

Cuando el polo negativo en corriente directa se va a tierra, la unidad lo detectará con una señal visual (LED rojo) y accionará el relevador cerrando sus contactos secos.

### **Alarma Corto Circuito**

Cuando existe un corto circuito a la salida del cargador, la unidad lo detectará con una señal visual (LED rojo) en el panel frontal y accionara el relevador cerrando sus contactos secos.



Fig. 4.12 Panel de Alarmas de Cada Cargador de Baterías

## Teoría de Funcionamiento

### Circuito Principal

Un cargador trifásico EMEISA, modelo FRAT, consta de los siguientes componentes:

### Interruptor Termomagnético

Función: Energiza el equipo. Ofrece protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. En este equipo trifásicos se protegen las tres fases y la falla de una sola provoca que las tres fases se abran.

### Transformador de Poder

Función: Acondiciona la tensión de entrada a una tensión adecuada para el puente rectificador. Sirve también de aislamiento entre carga y línea de corriente alterna. El primario está configurado en delta y el secundario está configurado en estrella.

### Conductores

Función: Conectar los diferentes componentes del equipo.

Para escoger el calibre se toma en cuenta la corriente máxima que conduce y se utiliza una densidad de corriente de 350 milésimas circulares por Amper.

## Puente Rectificador

Función: Rectifica la onda senoidal para darnos a la salida corriente directa pulsante, cabe señalar que por medio de los semiconductores es posible regular la tensión.

## Mantenimiento

Este cargador requiere un mínimo de mantenimiento, no hay partes rotativas y todos los componentes tienen una vida teóricamente interminable, sin efectos visibles por el paso de tiempo. Conservar limpio y libre de polvo al conjunto rectificador. Revisar periódicamente para asegurarse que todas las conexiones estén en orden.

Si fuera necesario, se puede usar aire seco para quitar el polvo de su interior. Verificar que la tensión de salida se encuentre de los límites siempre que se verifique la batería.

## General

Antes de cualquier operación haga una inspección general al equipo, checando lo siguiente:

- Checar que los cables de corriente directa, las conexiones de batería, el tipo de batería, el número de celdas con el rango de cargador.
- Checar las conexiones de entrada y la tensión de línea.
- Ciertas fallas se provocan por baterías defectuosas y cargas. Asegurar que las baterías y cargas estén libres de defecto.
- Checar los valores de tensión y corriente del cargador.



Fig. 4.12 Display del Volts y Amperes del Cargador

## Procedimientos Para la Reparación de Desperfectos

### Se bota el interruptor de entrada

- Tensión de línea de corriente alterna CA incorrecto, revisar y proporcionar dentro del rango.
- Corto de CA a CD o CA o CD a tierra, verificar conexión de tierra física
- Alta tensión de salida de CD. Se debe de ajustar a los valores adecuados.
- Checar los diodos del puente rectificador, puede que alguno o varios de ellos estén abierto o en corto, por lo que se tienen que reemplazar los diodos dañados.

### **Fusible de CD abierto**

- Diodos de potencia en corto. Se deben reemplazar
- Celdas de baterías en corto o equipo en corto.
- Celdas de salida en corto. Cablear en forma adecuada.
- La tensión del equipo se elevará hasta el punto de llegar a corte por alta tensión, apagar el equipo y revisar fusibles CP FUS1 y CP FUS2. Si alguno está dañado, se tiene que reemplazar y volver a encender el equipo de forma normal.

### **Al energizar el equipo, no existe tensión de salida.**

- Interruptor termomagnético SI abierto. Debe de encontrarse Cerrado.
- Puentes rectificadores de potencia dañados, revisar cada componente del puente y reemplazar el defectuoso.
- Transformador de potencia dañado, cambiarlo en caso de ser necesario.
- Tarjeta de control EM004 dañada. Debe de ser reemplazada.

### **No se logra variar el tensión de salida cuando desea algún ajuste.**

- Puentes rectificadores dañados. Verificar cada componente y reemplazar el defectuoso.
- Tarjeta de control EM004 dañada. Debe de ser reemplazada.

### **El ajuste de límite de corriente no funciona.**

- Tarjeta de control EM004 dañada. Reemplazarla.
- Transformadores T4 en falla. Verificar y en caso necesario reemplazarla.
- Puentes rectificadores dañados. Verificar y reemplazar el defectuoso.

### **No realiza el cambio automático de régimen.**

- Tarjeta de cambio automático EM017 desajustada. Ajustar.
- Tarjeta de cambio automático EM017 dañada. Reemplazarla.
- Mala conexión entre batería y cargador. Conectar correctamente y apretar tornillería.

### **Trabaja el cargador pero la tensión de salida es bajo.**

- Los potenciómetros de flotación e igualación están mal ajustados. Se deben de ajustar a los valores deseados.
- Checar los diodos de potencia y SCR's, en caso de tener alguno dañado, éste debe de ser reemplazado para su correcto funcionamiento.
- La tarjeta de control EM004 puede estar defectuosa. Debe de ser reemplazada.

### **Trabaja el cargador pero la tensión de salida es alto.**

- Los potenciómetros de flotación e igualación pueden estar mal ajustados. Ajustarlos a su valor adecuado.
- Checar los diodos de potencia y SCR's, en caso de tener alguno dañado, éste debe de ser reemplazado para su correcto funcionamiento.
- La tarjeta de control EM004 puede estar defectuosa. Debe de ser reemplazada.

## Capítulo 5

# Protecciones

### 5 Esquemas de protección instalados

De acuerdo con el IEEE, un esquema de protección es un dispositivo eléctrico con ajustes predeterminados, que una vez que se cumplen envían el disparo al interruptor, desconectando el equipo fallado lo más rápido posible.

Los sistemas eléctricos de potencia, al igual que cualquier otro sistema, pueden verse afectados por acontecimientos anormales (fallas), que producen daños a los equipos. Los daños pueden ser evitados o disminuidos mediante las protecciones.

Las protecciones pueden definirse como un conjunto de aparatos y elementos al servicio de un sistema eléctrico que vigilan el adecuado funcionamiento del mismo y que éste sea con un alto grado de seguridad.

Históricamente, la protección en la subestación, su control, y las funciones de medición eran por medio de equipo electromecánico. Este tipo de tecnología requiere extenso cableado y equipo auxiliar para un funcionamiento correcto y eficaz.

Esta primera generación de equipo ha sido reemplazada gradualmente. Recientemente, en trabajos de modernización, los equipos electrónicos digitales han tomado su lugar para proveer las funciones de protección, control, y medición. Debido a que esta generación de relevadores son multifuncionales, reducen el cableado, que va desde un 20% hasta un 70%, además de que el uso de equipos auxiliares se ha reducido de manera significativa.

Otra de las ventajas de este tipo de protecciones es que también tienen la facilidad de poder transferir la información a la Unidad Terminal Remota (UTR), o a centros de control a nivel superior, como lo es el caso de CCD y ACC.

Al introducir los relevadores digitales, los costos también se ven reducidos por la calidad y la productividad que el personal puede alcanzar. Además de los puntos fundamentales que siempre se buscan, que son la confiabilidad y eficiencia en el sistema. Objetivos que son alcanzados a través del software usado para llevar a cabo sus funciones, tanto en la Subestación como a nivel supervisorío.

Las comunicaciones a gran velocidad son requeridas para poder realizar la transferencia de información y que son requeridos para el control automático y el monitoreo del sistema. No hay duda de que este tipo de comunicaciones son necesarias para el buen desempeño para la protección adecuada del equipo. De acuerdo con lo establecido en la IEC 61850, la transmisión y recepción de señales entre dos equipos de esta nueva generación debe de ser menor a los 3 milisegundos. Con lo que se podrá proveer significativamente más información de los sistemas de potencia, ampliando operaciones posibles y reduciendo el mantenimiento, y que por otro lado se permitirá el uso de sistemas que se puedan adaptar para su configuración para el control y la protección del sistema.

### 5.1 Protección Diferencial de la Barra Principal de 230 kV

La protección primaria es proporcionada a través de las protecciones diferenciales de barras, 87B, la cual es más costosa y sofisticada, pero a la vez es más rápida y selectiva.

Los problemas más comunes que afectan el desempeño de la protección diferencial son los siguientes factores:

- Saturación de TC's
- Corrientes de fallas asimétricas
- Uso de diferentes relaciones de transformación de los TC's.

La saturación de un TC depende de los siguientes factores:

- La relación de los TC's
- Área de sección del núcleo
- Carga conectada al secundario del transformador
- Magnitud de la carga
- Presencia y magnitud de flujo remanente
- Magnitud y dirección de la componente continua en la corriente
- Densidad del flujo de saturación del núcleo de acero.

Características del uso de la barra sencilla, son:

- Es el arreglo más simple, utiliza una menor cantidad de equipo, y por lo tanto es más económico.
- En condiciones normales de operación todos los elementos de la subestación (bancos de transformación, líneas de transmisión), están conectados al juego de barras colectoras a través de sus propios interruptores, como se muestra en la figura 5.1

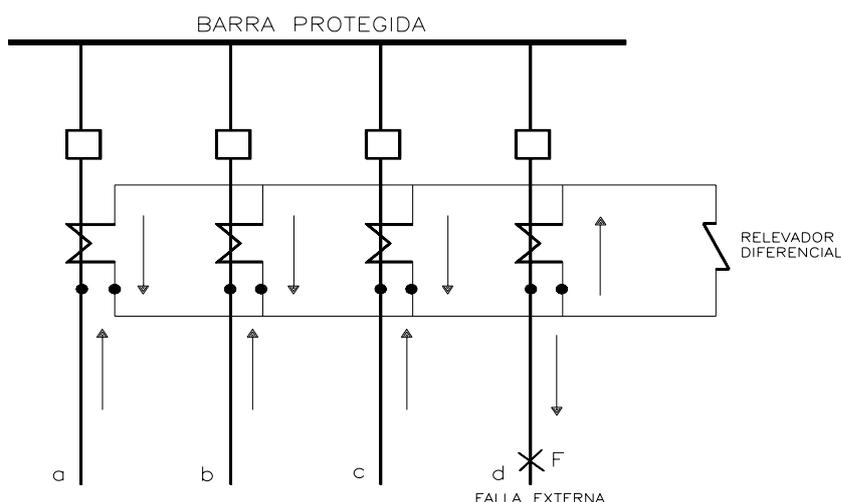


Fig. 5.1 Protección de Barra

- Al operar la protección diferencial de barras para librar una falla, se envía el disparo de todos los interruptores, desconectando todas las líneas y los bancos de transformación, quedando totalmente fuera la Subestación. Por lo cual no se tiene flexibilidad ya que se pierde continuidad de servicio y tienen que realizarse



La protección está comprendida entre los 5 juegos de transformadores de corriente de 230 kV tipo devanado (RTC: 800/5); cada uno de estos TC's se conectan con un relevador 87-Z. Estas señales se conectan a cuatro barras comunes (dos de corriente directa y dos de alterna) conectados al relevador 87 (RN23) para detectar fallas en la zona protegida y en los circuitos de la propia diferencial.

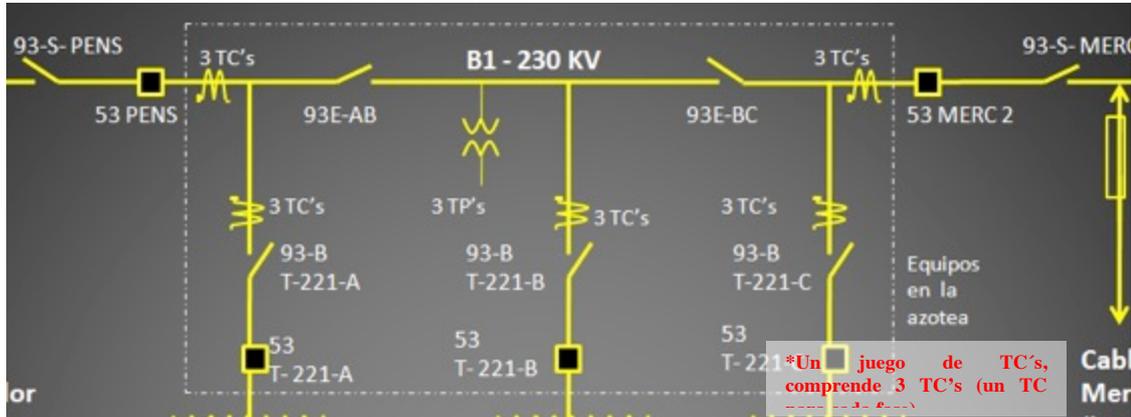


Fig. 5.3 Área que comprende la Diferencial de Barras

Si es el caso de una falla en la zona de protección de la diferencial (barra de 230 kV), el relevador 87 (RN23) manda una señal de disparo a través de su relevador auxiliar 87-X (RIAH423), al relevador auxiliar 86-B “disparando” los interruptores: 93070 (53 PENS), 93080 (53 MERC II), 92010 (53 T221-A), 93020 (53 T221-B) y 92030 (53 T221-C). Además el relevador 87-X (RIAH 423) a través de un contacto auxiliar, manda las señales de alarma a los esquemas de control supervisorio (CCL).



Relevador 86-B

Fig. 5.4 Tablero de la Diferencial de Barras

Si la falla es en los propios elementos o circuitos de esta protección, el relevador 87-X (RIAH 423) abrirá el circuito de disparo del relevador 87 (bloqueando su operación) y mandará

una señal al cuadro de alarmas activando la bandera de señalización correspondiente a “falla en la protección diferencial de barra”.

Cabe mencionar que el relevador auxiliar 86-B, deja activada su propia bandera.

Otro aspecto importante a mencionar es que existe una cuchilla de bloqueo ubicada en la parte posterior del tablero de protección diferencial de barras, la cual al abrirse bloquea dicha protección activando la señalización: “diferencial de barras fuera”.

Cuando se abre cualquiera de las cuchillas 92011 (93 T221-A), 92021 (93 T221-B), 92031 (93 T221-C), cada una respectivamente a los bancos T221-A, T221-B, y T221-C o las 93079 y 93089 de los Cables Pensador y Merced II respectivamente, se bloquea la operación de su respectivo relevador 87.

Cuando opera este esquema de protección; a través del relevador 86-X (HZA), **bloquea el cierre de todos los interruptores de 230 kV.**

## 5.2 ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN CABLES DE POTENCIA

### Protección Diferencial 87L (Cable Pensador y Cable Merced)

El esquema de protección diferencial de línea está compuesto por dos relevadores iguales en tipo y características, cada relevador está ubicado en cada extremo de la línea, la cual está controlada por los interruptores de potencia asociados a cada relevador.

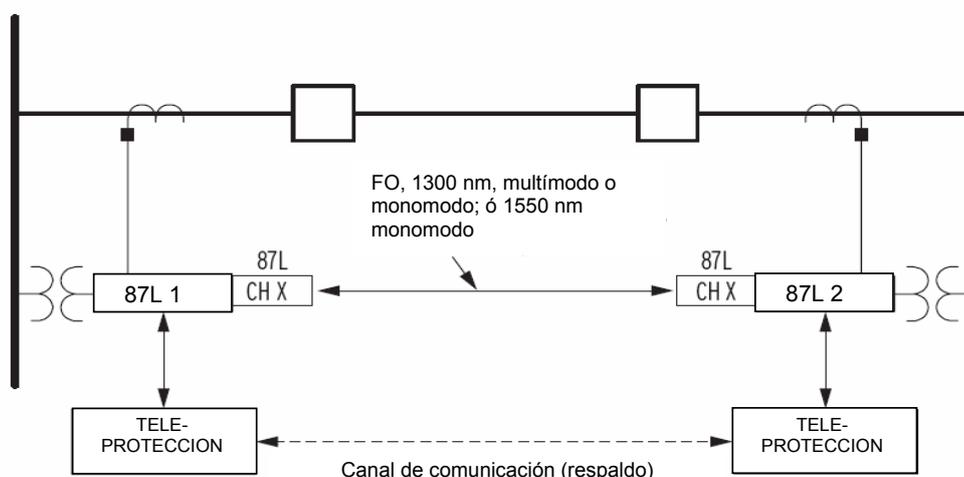


Fig. 5.5 Diferencial de Línea

Cada relevador adquiere, mide, procesa y analiza cada corriente de cada fase en magnitud y ángulo en su extremo, y por medio de un canal de comunicación le llega la información de las corrientes que en ese mismo instante son adquiridas, medidas y procesadas por el relevador colateral. Una vez que posee las características de cada corriente por cada fase las compara en magnitud y ángulo, si la suma vectorial de dichas corrientes sobrepasa el ajuste mínimo de operación, entonces el relevador en base a sus curvas características de restricción-operación decide operar ordenando el disparo del o los interruptores respectivos y envía al extremo colateral el comando de apertura para que el relevador al recibirlo efectúe el disparo de ese extremo.

La zona de protección que abarca este esquema está comprendida entre los TC's de ambos extremos de la línea, su principio de operación es el siguiente:

Las cantidades eléctricas entrando y saliendo a la zona protegida son comparadas a través de estos transformadores de corriente. Si la resultante de todos los diferentes circuitos es esencialmente cero, se asume que no existe falla alguna. En caso contrario si la resultante no es cero, existe una falla interna y la diferencia de corrientes existente puede operar a los relevadores asociados. En general, las fallas internas proveen corrientes significativas de operación, incluso para fallas bastante ligeras.

*Principio de funcionamiento de la protección diferencial en condiciones normales ( $I_{op} = I_e'' - I_e'$ ).*

La suma de las corrientes entrando esencialmente es igual a la suma de las corrientes saliendo durante la operación normal.

Para operación normal, las corrientes secundarias en el relevador de protección es la diferencia de las corrientes de excitación de los transformadores de corriente conectados diferencialmente. Por ejemplo,  $I_p$  es la corriente primaria en las líneas entrando o saliendo del área protegida.  $I_p - I_e$  es la corriente secundaria y es igual a la corriente primaria dividida por la relación de transformación de corriente menos la corriente secundaria de excitación. Incluso con exactamente la misma relación y tipo de transformadores de corriente, la corriente en el relevador  $I_{op}$  deberá ser pequeña pero nunca cero. Esto es por las pérdidas dentro del área protegida y las pequeñas diferencias entre los mismos transformadores de corriente. Esto asume que el transformador de corriente no se satura significativamente a través de la máxima corriente de alterna simétrica. Con diferentes transformadores de corriente y relaciones, grandes diferencias deberán existir las cuales deben ser minimizadas y/o el arranque del relevador ajustado para no operar en cualquier otra condición.

Actualmente los esquemas de protección diferencial para las líneas de transmisión subterráneas (cables de potencia) en la S.E. Pensador Mexicano, que anteriormente eran 87H (protección diferencial de hilo piloto) con relevadores electromecánicos, han sido sustituidos por esquemas diferenciales 87L digitales haciendo uso de relevadores GE L90 aprobados por el LAPEM.

Cuándo opera esta protección en alguna de las dos líneas de transmisión, se abre el interruptor correspondiente a la línea. Es decir cuando opera sobre el Cable Pensador, abrirá el interruptor asociado, el 93070 (53 PENS). Y en el caso de que opere sobre el Cable Merced II, abrirá el interruptor 93080 (53 MERC II)

### **Protección Direccional de Sobrecorriente (67L) Cable Pensador (93070)**

Esta protección es aquella que responde al valor de corriente de falla y a la dirección de la potencia de cortocircuito en el punto de su ubicación. La protección opera si la corriente sobrepasa el valor de arranque y la dirección de la potencia coincide con la correspondiente a un cortocircuito en la zona protegida. Esta protección se compone de una unidad de sobrecorriente a un cortocircuito en la zona protegida. Esta protección se compone de una unidad de sobrecorriente con la selectividad relativa, en combinación con una unidad de medición de dos señales de entrada que responde al sentido de circulación de la potencia aparente y que opera cuando esa potencia fluye hacia el elemento protegido por efecto de un cortocircuito, a esta unidad se le denomina direccional.

Es una protección de respaldo, que detecta y aísla del sistema a un elemento que no ha quedado librado por su protección primaria al presentarse una falla.

Esta protección está conectada a los TC's conectados al interruptor del cable 93070 y está polarizada por los transformadores de potencial (TP's) conectados a la barra de 230 kV.

Cuando ocurra una falla en el cable y no opere la protección diferencial (87L), operará la protección direccional de sobrecorriente (67), cuando la aportación de corriente al punto de la falla en el cable "sale" de la S.E. haciendo que se "dispare" su propio interruptor (93070) y se activará la bandera en el relevador.

El esquema de protección completo está compuesto por el propio relevador 67 y los relevadores 51-1 (51 AB) y 51-2 (51 BC) tipo IAC.

#### **Protección de Sobrecorriente Direccional (67) Cable Merced II (93080)**

Esta protección está conectada a los TC's conectados al interruptor del cable 93080 y está polarizada por los transformadores de potencial (TP's) conectados a la barra de 230 kV.

Cuando ocurra una falla en el cable y no opere la protección diferencial de línea (87L), operará la protección direccional de sobrecorriente (67), cuando la aportación de corriente al punto de la falla en el cable "sale" de la S.E. haciendo que se "dispare" su propio interruptor (93080) y se activará la bandera en el relevador.

El esquema de protección completo está compuesto por el propio relevador 67 y los relevadores 51-1 y 51-2 tipo IAC.

#### **Protección Direccional a Neutro (67N) Cable Pensador (93070)**

Esta protección está conectada al neutro de los TC's conectados al interruptor del cable 93070 y polarizada con los transformadores de potencial de la barra de 230 kV.

Cuando por falla a tierra no opere la protección 87L (diferencial de línea) operará la protección direccional de tierra (67N), siempre y cuando la aportación de corriente a la falla sea desde la S.E., haciendo que se "dispare" el interruptor del cable.

#### **Protección Direccional A Neutro (67N) Cable Merced (93080)**

Esta protección está conectada al neutro de los TC's conectados al interruptor del cable 93080 y polarizada con los transformadores de potencial de la barra de 230 kV.

Cuando por falla a tierra no opere la protección 87L (diferencial de línea) operará la protección direccional de tierra (67N), siempre y cuando la aportación de corriente a la falla sea desde la S.E., mandando señal de disparo el interruptor del cable.

### **5.3 ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Las fallas en los transformadores generalmente son clasificados en 6 categorías:

- a) Falla en el devanado y en terminales.
- b) Fallas en el núcleo.
- c) Fallas en el tanque y accesorios del transformador.
- d) Fallas en el cambiador de derivaciones.

- e) Condiciones anormales de operación.
- f) Fallas externas sostenidas o no liberadas.

### **Diferencial de los Bancos de Transformación T01, T02, T03**

Dentro de los esquemas de protección para las Subestaciones de Transmisión, la diferencial del transformador (87T), proporciona la protección primaria del mismo. El relevador diferencial, proporciona protección selectiva de alta velocidad cuando se presentan fallas internas en el transformador de potencia o aquellas fallas que se presentan dentro de su zona de protección diferencial.

Al igual que la diferencial de línea. La diferencial del banco de transformación, se encargará de censar las corrientes que entran y salen por los devanados, mismas que serán comparadas en un circuito diferencial, y al detectar algún desbalance o diferencia de corrientes, manda operar el relevador. Esta protección está comprendida entre los TC's de alta tensión (230 kV) y los TC's de baja tensión (23 kV).

Cuando ocurra una falla dentro de la zona de protección, operará uno o varios relevadores 87 (uno por fase), dependiendo el tipo de falla que ocurra, operando a la vez los relevadores 86-X del banco, el cual mandará señal de disparo al interruptor de 230 kV del banco y al interruptor de 23 kV del propio banco, al mismo tiempo bloqueará el cierre de los interruptores de 230 kV y 23 kV del banco; para eliminar este bloqueo será necesario restablecer el 86-X, con orden del Operador de la SACN, además el relevador 86-X mandará señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo para que el banco T-02 tome la carga de este banco, si la manija del SW de transferencia está en la posición automático (ver capítulo 2.2).

En la fig. 5.6 se muestra el diagrama básico de la protección diferencial; los TC's reducen las magnitudes de las corrientes del primario y secundario de un transformador de potencia. Las relaciones de transformación de los TC's son seleccionadas de manera que cada TC proporcione en su secundario la misma corriente. Las corrientes que salen de los TC's son comparadas al pasar a través del relevador diferencial. En condiciones normales de operación del transformador y ante fallas externas, la corriente diferencial a través del relevador de protección es prácticamente cero, como se muestra en la figura 5.6(a); para fallas internas, la corriente diferencial es la suma de las corrientes que alimentan la falla, como se muestra en la figura 5.6(b).

La presencia de corrientes diferenciales, no sólo es causada por una falla interna. Normalmente, fluyen pequeños valores de corriente a través del relevador, debido a que se requiere una pequeña corriente de magnetización del núcleo; además, las diferentes relaciones de transformación de los TC's y las diferentes características de los TC's, provocan que exista una pequeña corriente diferencial. Cuando ocurre la saturación de uno de los TC's debido a fallas externas y con la corriente de magnetización presente en el momento de energizar el transformador, se pueden presentar corrientes diferenciales grandes.

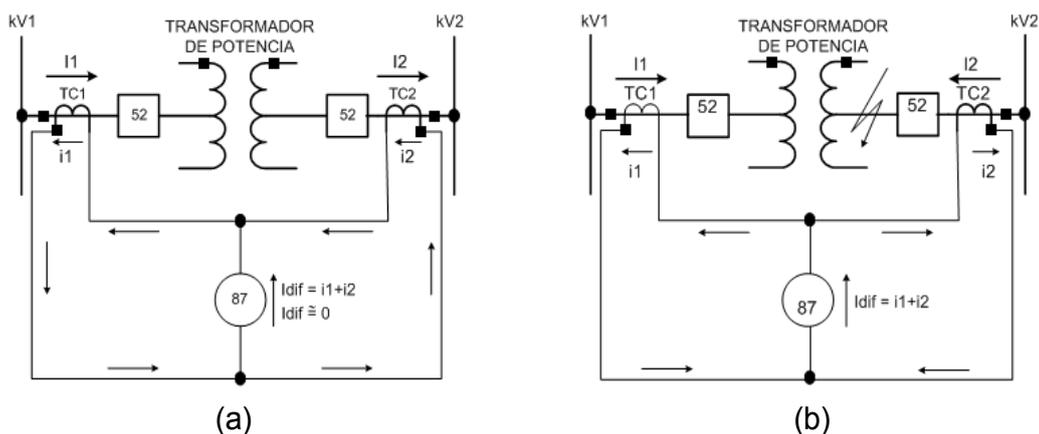


Fig. 5.6 Esquema Básica de la Protección Diferencial a) Sin Falla y b) Falla Interna

Con los relevadores digitales, los TC's pueden conectarse en estrella a ambos lados del transformador; los desfases y los errores por diferencia en relaciones de transformación de los TC's se compensan internamente, ya que el algoritmo de protección del relevador calcula algunos factores de compensación para referir las corrientes del secundario al primario y de esta manera elimina los desfases existentes y también reduce la corriente diferencial presente debido a la diferencia en las relaciones de transformación de los TC's.

Para la protección diferencial de un transformador por medio de un relevador digital, se utiliza el esquema de la figura 5.7

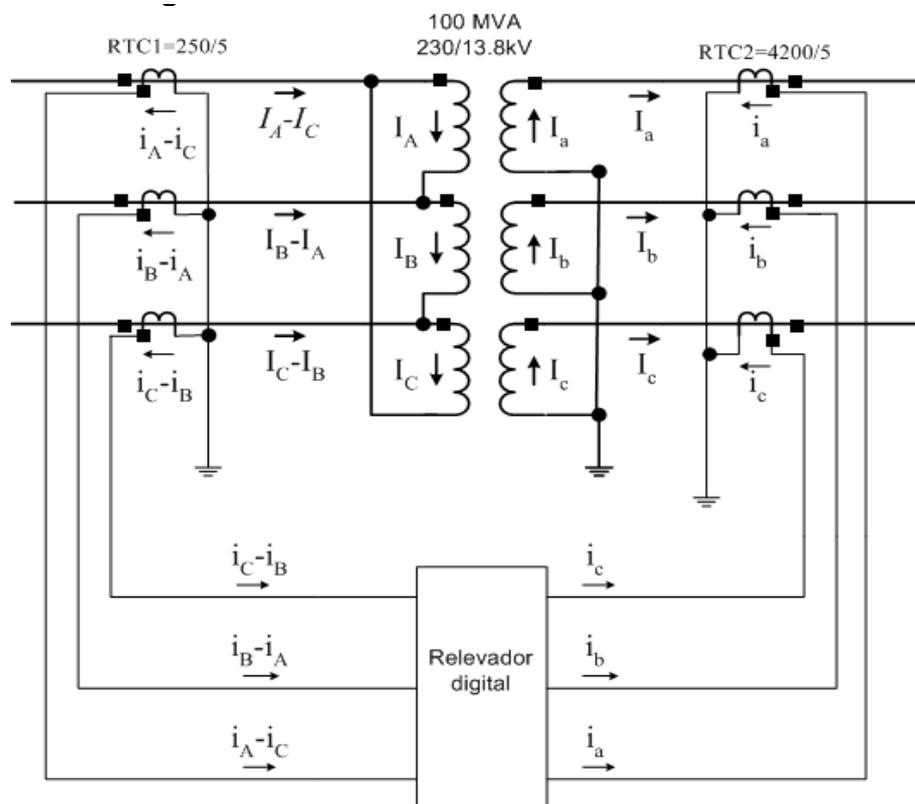


Fig. 5.7. Esquema Básico de Protección Diferencial de Transformador

### Problemas que se presentan en la protección diferencial.

La corriente diferencial en la protección diferencial difícilmente será cero. La no linealidad presente, la corriente de magnetización y la saturación de los TC's, provocan una corriente diferencial grande a través del relevador, incluso cuando no existe falla en la zona de protección, con ello se nota que estos fenómenos pueden causar una mala operación del relevador, es decir, operar cuando no deban hacerlo.

Por lo tanto, deben ser considerados los siguientes factores para una operación correcta de la protección, así también como cuando opere el relevador se deberán evaluar dichos factores:

- a) Cambiador de derivaciones en el transformador.
- b) Diferencia en las características de los TC's, niveles de tensión, tipo, relación.
- c) Saturación de los TC's.
- d) Corriente de magnetización.
- e) Sobreexcitación de los transformadores.

#### a) Cambiador de derivaciones en el transformador

Como ya se mencionó en el capítulo 2, los transformadores cuentan con un cambiador de derivaciones, los cuales operan cambiando la relación entre los lados primario y secundario del transformador, dependiendo de los cambios en las condiciones de operación del sistema. Las relaciones de transformación de los TC's se seleccionan tomando en cuenta los valores nominales del transformador. Sin embargo, cuando se da la operación del cambio de derivaciones, ocurre un desbalance entre las corrientes del primario y del secundario, con lo que aparece una corriente diferencial que fluye a través del relevador.

#### b) Diferencia en las características de los TC's.

Los TC's usados para la protección diferencial, son seleccionados para su operación a diferentes niveles de tensión. Sus características, por consiguiente son propias de un cierto rango de operación. Además, la longitud de los cables que conectan los TC's del primario y secundario del transformador al relevador, no necesariamente es igual. La potencia nominal en los TC's, por lo tanto, es distinto. Esto causa que los TC's produzcan diferentes salidas para los mismos niveles de corrientes de entrada. La consecuencia es que fluye una pequeña corriente diferencial a través del relevador.

#### c) Saturación de los TC's.

El devanado primario de un TC está en serie con la línea y debe soportar la corriente que puede fluir en la línea. Cuando ocurre una falla en la línea, la magnitud de la corriente aumenta muchas veces y dicha corriente fluye a través del primario del TC, la corriente del secundario del TC también se incrementa. Idealmente, la corriente del secundario debería ser proporcional a la corriente del primario y el TC debería tener la suficiente tensión para hacer que esta corriente fluya en el circuito secundario. Normalmente, la corriente de magnetización es pequeña y la corriente del secundario se considera proporcional a la corriente del primario para propósitos prácticos. Si el TC tiene que desarrollar una tensión grande para tratar de mantener una tensión en el circuito secundario, los niveles de flujo en el núcleo deberían ser muy grandes. Cuando el flujo se acerca al nivel de saturación, la corriente de excitación llega a ser grande y la corriente del secundario no se incrementa proporcionalmente. Cuando la corriente del primario se

incrementa más allá del nivel de saturación, el núcleo se satura durante una parte del ciclo. Por lo tanto, la corriente que sale del secundario del TC en condiciones de saturación, es menor que la corriente cuando el TC no está saturado, además la corriente del secundario se distorsiona.

d) Corriente de magnetización.

Durante el transitorio de energización, la corriente de magnetización en transformadores puede alcanzar valores pico de varias veces la corriente nominal. El aumento de la corriente durante la energización es debida a la saturación del núcleo. Cuando el transformador se energiza y coincide que la forma de onda senoidal de tensión está en 90°, entonces el flujo en el núcleo del transformador es el flujo máximo de estado estacionario, pero sí el transformador se energiza cuando la forma de onda senoidal de tensión está en 0°, entonces el flujo máximo es dos veces el flujo normal de estado estacionario y en base a la característica de magnetización de un transformador, cuando se duplica el valor del flujo máximo en el núcleo, resulta una enorme corriente de magnetización. Entonces la corriente de magnetización depende del instante en que el transformador se energiza y de la condición magnética del acero.

La corriente de magnetización puede afectar la protección diferencial del transformador, ya que esta corriente sólo fluye por un devanado y puede aparecer en la protección diferencial como una falla interna. Sin embargo, esta señal de corriente presenta un alto contenido de corrientes armónicas, entre ellas la 2a y 4a; característica que puede aprovecharse en el relevador para que las detecte y de esta manera discrimine entre la corriente de magnetización y una corriente de falla.

e) Sobreexcitación del transformador de potencia.

El flujo magnético en el núcleo de un transformador es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la frecuencia del sistema. Una condición de sobretensión o de baja frecuencia puede producir niveles de flujo que saturan el núcleo del transformador. Por ejemplo, si una carga se desconecta repentinamente de un transformador, entonces la tensión en las terminales aumenta un poco y causa un incremento en la corriente de excitación del transformador. Dicha corriente de excitación fluye por un solo devanado y aparece como una corriente diferencial que puede disparar al relevador. Este fenómeno se caracteriza por tener un alto porcentaje de corrientes de 3a y 5a armónica; por lo tanto, esta caracterización puede utilizarse para bloquear la operación del relevador diferencial en condiciones de sobreexcitación del transformador, ya que se dispone un bloqueo al sobrepasar un contenido del 20% de 5a armónica. Esta condición asegura que sólo habrá bloqueo ante condiciones de sobreexcitación, puesto que el porcentaje de 5a armónica es característico de dicha situación y no se presenta en esta magnitud ante ninguna otra situación de operación del transformador.

**Relevadores de sobrecorriente de los Bancos de Transformación T01, T02, T03**

Está conectada a los transformadores de corriente marcados correspondientes a cada uno de los bancos.

- Si opera el elemento instantáneo, manda señal de disparo al relevador 86-X del propio banco, éste a su vez mandará señal de disparo al interruptor de 230 kV así como al interruptor de 23 kV del propio banco, al mismo tiempo bloqueará el cierre de estos interruptores; para eliminar este bloqueo será necesario restablecer el relevador 86-X con orden expresa del Operador de la SACN. Además, el 86-X manda señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo, para que el banco T-02 tome la carga de este banco si el SW de Transferencia del banco T-02 está en la posición adecuada (Ver capítulo 2.2).

- Si opera el elemento de tiempo, manda señal de disparo al relevador 86-R del propio banco, este a su vez mandará señal de disparo al interruptor de 230 kV, así como al interruptor de 23 kV del propio banco, al mismo tiempo bloqueará el cierre de estos interruptores; para eliminar este bloqueo será necesario restablecer el 86-R, con orden del Operador de la SACN. Además, el relevador 86-R manda señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo, para que el banco T-02 tome la carga del banco.

### **Protección de Tierra Direccional de los Bancos T-01, T-02, T-03**

Está conectada en el neutro,  $X_0$  y  $H_0$ , de los transformadores de corriente del propio banco de cada transformador.

Cuando ocurran fallas a tierra en 230 kV operará el relevador 67-N, que hará operar el relevador 67-N, y éste a su vez hará operar el relevador 86-X y éste actuará de tal manera que se mandará señal de disparo a los interruptores de 230 kV y 23 kV del propio banco, y mandará señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo, para que el banco T-02 tome la carga del banco.

### **Protección de Tierra de los Bancos T-01, T-02, T-03 (lado 230 kV)**

Está conectada en el neutro,  $X_0$ , de los transformadores de corriente del propio banco.

Cuando ocurran fallas a tierra en 230 kV operará el relevador 51-TT, que mandará disparo directamente al interruptor de 230 kV del propio banco.

### **Protección de Tierra de los Bancos T-01 T-02, T-03 (lado 23 kV)**

Está conectada en el neutro,  $H_0$ , de los transformadores de corriente del propio banco.

Cuando ocurran fallas a tierra en 23 kV operará el relevador 51-T, que mandará disparo al relevador 86-R del propio banco, éste a su vez mandará señal de disparo al interruptor de 230 kV, así como al interruptor de 23 kV del banco, al mismo tiempo bloqueará el cierre de estos interruptores; para eliminar este bloqueo será necesario restablecer el relevador 86-R con orden expresa del Operador de la S.A.C.N.; además el relevador 86-R, mandará señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo, para que el banco T-02 tome la carga de este banco (de la manera descrita para el caso del 86-X).

### **Sobrecalentamiento en el Transformador**

La capacidad de un transformador está basada en la temperatura, tomando en cuenta que por arriba de la temperatura ambiente máxima; ninguna sobrecarga normalmente es permitida. A una temperatura ambiente inferior, algún grado de sobrecarga puede ser aplicada de manera segura. Las sobrecargas de corto tiempo son permisibles a extenderse, dependiendo de las condiciones previas de la carga.

Solo ciertas consideraciones son establecidas, por ejemplo, que el devanado no debe sobrecalentarse a temperaturas más allá de 95°C, es decir, este es el máximo valor de trabajo, entonces si se incrementa de 8 a 10°C, y es sostenida, entonces se reducirá el nivel de vida del aislamiento de la unidad.

La protección contra sobrecarga está basada en la temperatura del devanado, la cual

normalmente está medida por una técnica de imagen térmica. La protección es arreglada para desconectar al transformador, si se alcanza una temperatura excesiva. Se tiene la señal de alarma a los 95° y la señal de disparo a los 105°. Al mandar la señal de disparo, manda abrir a los interruptores de alta y baja propios del transformador, para asegurar la desconexión total del transformador.

Cabe señalar, que una de las funciones como operador es la de monitorear la temperatura de los bancos de transformación para evitar que se calienten demasiado, ya que como se mencionó anteriormente, el estado interno del transformador se ve afectado ante las temperaturas altas.

### **Dispositivos Detectores de Niveles de Aceite Y Gas**

Todas las fallas que se presentan por abajo del nivel de aceite en transformadores inmersos en aceite, provocan calentamiento y rompimiento del dieléctrico del aceite. Normalmente, siempre se presentará algún grado de arqueo debido a una falla en el devanado y la descomposición resultante del aceite liberará gases. Cuando es una falla menor, tal como puntos de unión calientes, el gas se liberará lentamente, pero una falla mayor, involucra arcos más severos, causando una liberación rápida de grandes volúmenes de gas, así como también el vapor de aceite. La acción es tan violenta que el gas y el vapor no tienen tiempo para escapar, lo que incrementa la presión y el desplazamiento del aceite.

Cuando tales fallas ocurren en un transformador que tiene el conservador de aceite, las fallas causan una ráfaga de aceite que pasa al tubo de alivio hacia el depósito conservador. Un relevador de Buchholz es usado para proteger contra tales condiciones

### **Dispositivos de Alivio de Presión de Aceite**

Para aliviar la presión del aceite se realiza mediante el uso del “disco frágil” localizado en el extremo de tubo de alivio de aceite, colocado en la parte alta del transformador.

La presión del aceite rompe el “disco frágil”, tal que permite al aceite descargarse rápidamente. La liberación y limitación del incremento de la presión, evita la ruptura explosiva del tanque y el riesgo de un posible incendio. Los transformadores cuentan con un depósito que permite recolectar el aceite escurrido (por cualquier causa), por lo tanto, se minimiza la posibilidad de contaminación.

Un inconveniente del “disco frágil” es que el aceite restante en el tanque, está expuesto a la atmósfera después de la ruptura. Si la presión anormal es relativamente alta, la válvula puede operar en pocos milisegundos y provee un disparo rápido en los lado de alta y baja del transformador.

### **Relevador de Incremento Rápido de Presión**

Este dispositivo detecta los incrementos rápidos de presión de aceite más que la presión absoluta, por lo tanto puede responder igual o hasta más rápido que la válvula de alivio en presiones altas anormales. Las sensibilidades son más bajas que la de la válvula de alivio, pero en estos transformadores con enfriamiento forzado, la velocidad de operación del dispositivo está disminuida para evitar disparos en falso, durante el arranque de una bomba de circulación. En caso de operar el relevador, envía señal de disparo a los interruptores de alta y baja del transformador.

## Protección Buchholz

El relevador Buchholz está dentro de un molde de alojamiento en el tubo que conecta al depósito conservador, y está diseñado como trampa de cualquier gas que pudiera desprenderse del aceite aislante. Se encuentra conectado como se muestra en la figura 5.8

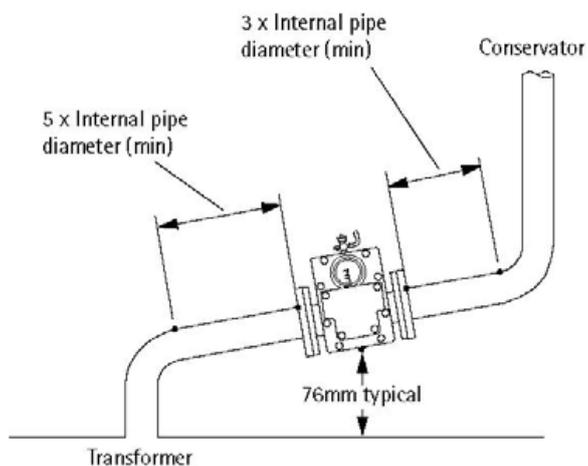


Figura 5.8 Arreglo y Montaje del relevador Buchholz

Cuando opera esta protección manda señal al relevador auxiliar 86-63 del banco y funciona exactamente igual que en el caso de la protección diferencial, es decir, manda disparo a los interruptores de 230 kV y de 23 kV del propio banco y al mismo tiempo bloqueará el cierre de los interruptores de 230 kV y 23 kV. Para eliminar este bloqueo será necesario restablecer el relevador auxiliar 86-63. El relevador 86-63 también mandará señal de cierre al interruptor de 23 kV de enlace respectivo para que el T-02 tome la carga.

El relevador Buchholz activa una alarma para las siguientes condiciones de falla, las cuales corresponden a una urgencia menor.

- a) Una mancha caliente en el núcleo debido a un cortocircuito en el aislamiento de la laminación.
- b) Falla en el aislamiento de los tornillos de sujeción
- c) Uniones dañadas.
- d) Fallas entre vueltas o fallas entre otros devanados que involucran pequeñas potencia de alimentación.
- e) Pérdidas de aceite debidas al goteo.

Cuando ocurre una falla mayor en el devanado, esta causa un incremento en el volumen del aceite, el cual desplaza el flotador menor y así se da el aislamiento del transformador. Esta acción toma lugar cuando:

- i) Todas las fallas severas en el devanado ya sean fallas a tierra o entre fases.
- ii) Pérdidas de aceite, si es permitido continuar a un grado más peligroso.

Una inspección visual de la acumulación de gas permite diagnosticar rápidamente. El gas

blanco o amarillo indica que el aislamiento ya se quemó, mientras que el gas gris o negro indica la presencia de aceite desintegrado, en estos casos, el gas probablemente será inflamable mientras el aire no se libere. Una válvula de alivio está localizada en la parte superior del depósito de gas para liberarlo o recolectarlo para su análisis.

Las operaciones de limpieza pueden causar oxigenación del aceite, y provocar la operación Buchholz, entonces debe inhibirse por un periodo conveniente para evitar el disparo del transformador.

Este dispositivo se compone de una cámara de gases y dos flotadores con contactos de alarma normalmente abiertos. La cámara de gases del relevador buchholz se encuentra en forma inicial totalmente llena de aceite aislante, lo cual hace que los flotadores tengan la posición con sus contactos abiertos.

Su principio de funcionamiento se basa en el fenómeno de que toda falla en el aceite aislante por incipiente que sea, habrá formación de gases que subirán hasta depositarse en la cámara de gases del relevador buchholz, este gas hará descender el nivel del aceite aislante de la cámara, como consecuencia empieza a bajar el primer flotador y un tubo interruptor de mercurio cierra sus contactos, mandando señal de alarma. Se debe de comunicar al personal de mantenimiento la operación de la alarma para que analice la causa del problema, realizando en el campo la detección de gases combustibles de la cámara de gases y de ser necesario de inmediato hacer un muestreo del aceite aislante, para realizar en el laboratorio la medición de análisis cromatográfico de gases, para conocer la naturaleza y magnitud de la falla.

Cuando en el transformador ocurre una falla severa con gran formación de gases combustibles, dicho gas pasará bruscamente por el relevador buchholz y accionará directamente el segundo flotador, el cual cerrará sus contactos haciendo operar el circuito de disparo de los interruptores del primario y del secundario del transformador, además el gas desprendido se acumula en la cámara de gases, haciendo bajar el primer flotador accionando la alarma. En las partes laterales de la cámara de gases del relevador buchholz, se localizan unas varillas graduadas que indican directamente el volumen de gas acumulado; se cuenta con una válvula de purga para muestrear el gas formado en el interior del transformador. Se recomienda realizar análisis cromatográfico de gases a una muestra de gas tomada de la cámara del relevador buchholz, para tener mayor información sobre la naturaleza y magnitud de la falla.

El relevador buchholz es una protección primaria del transformador, por esta razón se recomienda energizar el transformador hasta que se conozca la causa del problema, de otra manera las consecuencias pueden ser graves.

El relevador buchholz es un dispositivo capaz de descubrir un pequeño volumen de gas y como consecuencia, puede descubrir arcos de baja energía; sin embargo, tiene la desventaja de descubrir gas que no procede de fallas, pero que puede formarse por gasificación del aceite, por cualquier cambio de presión y/o temperatura, durante el funcionamiento normal del transformador.

#### 5.4 ESQUEMAS DE PROTECCIÓN EN ALIMENTADORES DE 23 KV

Entre las fallas más comunes está la de sobrecarga, esta es una protección que actúa cuando la corriente que recoge el circuito es mayor que un valor predeterminado. Los relés de sobrecorriente son los tipos más simples de los relés de protección. Como su nombre lo indica, y como todo elemento de protección, tiene como finalidad operar cuando la corriente en la parte del sistema donde se ubica alcanza valores superiores a un valor predeterminado o mínimo de

operación. Existen dos tipos básicos de relés de sobrecorriente: los de tipo de operación instantánea y los de tipo de operación retardada.

La sobrecarga produce calentamiento que puede dañar al equipo. Un corto circuito también es considerado como una sobrecarga grande y súbita. Para evitar estas sobrecargas y desaparecerlas inmediatamente, se utilizan los relevadores de sobrecarga 50 o 51 (según su clasificación en ANSI), los cuales en los alimentadores como una protección primaria. Éstos dos relevadores están conectados en serie con los TC's.

Los relés de sobrecorriente instantáneos operan sin retardo cuando la corriente excede de un valor preestablecido. Estos relevadores se caracterizan por distinguir únicamente valores de sobrecarga muy grandes, generalmente cortos circuitos francos. El relé instantáneo es un elemento complementario, combinando su característica de operación con otros dispositivos de protección, principalmente con relés de sobrecorriente de tiempo inverso.

Debido a los ajustes, se llama relevador de tiempo inverso (51) porque a mayor corriente menor es el tiempo de operación. El tiempo de operación varía en forma inversamente proporcional a la corriente de operación. Este relevador distingue cualquier tipo de sobrecarga, pero envía su señal de disparo al interruptor hasta después de un cierto tiempo. Dando así oportunidad a que actúe antes la unidad instantánea (50), en dado caso de que la sobrecarga sea muy grande. Al menos que la unidad instantánea no opere, entonces opera la unidad de tiempo como respaldo del instantáneo.

A continuación se enlistan y se analizan los diferentes tipos de falla por sobrecarga:

- La falla trifásica (entre A, B y C), se da cuando ocurre una falla entre las fases A, B, y C, por lo que los secundarios de los TC's se inducen corrientes de corto circuito que energizan la bobina del relevador; al ser energizados, estos cierran sus contactos y mandan señal de disparo.
- El 51N no opera, ya que se trata de un corto circuito balanceado y no existe corriente al neutro.
- La falla entre las fases A y B. Si llegará a ocurrir una falla entre las fases A y B, por los secundarios de los TC's 1 y 2 circularán corrientes de falla que energizan la bobina del relevador, cerrando sus contactos y mandando señal de disparo al interruptor para liberar la falla.
- La falla entre las fases B y C. Si llegará a ocurrir una falla entre estas fases, por los secundarios de los TC's 2 y 3 circularán corrientes de falla que energizan la bobina del relevador, que al cerrar su contacto mandará la señal de disparo al interruptor aislando la falla.
- La falla entre las fases A y C. Si llegará a ocurrir una falla entre estas fases, por la corriente de falla se induce en el circuito secundario de los TC's 1 y 3, haciendo operar el relevador, las cuales mandan señal de disparo al interruptor y aíslan la falla.
- Corto circuito de la fase A a tierra. La corriente de falla se induce en el circuito secundario del TC 1, cerrándose por tierra y haciendo operar el relevador, y se manda señal de disparo al interruptor y aísla la falla.
- Corto circuito de la fase B a tierra. La corriente de falla se induce en el secundario del TC 2, cerrándose por tierra y haciendo operar el relevador y se manda señal de disparo al interruptor y aísla la falla.
- Corto circuito de la fase C a tierra. La corriente de falla se induce en el circuito secundario del TC 3, cerrándose por tierra y haciendo operar el relevador, y se manda señal de disparo al interruptor y aísla la falla.

La protección de Sobrecorriente (50/51) en un alimentador radial, abarca desde los TC's lado barras, hasta la parte donde termina el alimentador de alta tensión, incluyendo todo su equipo, como son mufas, seccionadores, transformadores de distribución, y fusibles.

Cuando exista alguna falla en un alimentador y por cualquier razón no opere su propia protección, como respaldo operará la protección del banco de transformación al cual está conectado el alimentador. Los relevadores del banco dispararán los interruptores propios del banco y de esta manera se aislara la falla.

En otro punto de modernización de las instalaciones, se cambiaron los relevadores electromecánicos que se contaba para cada alimentador, por modelos de nueva generación digitales. Actualmente se tienen instalados para cada alimentador, un relevador SEL 351, que debido a la capacidad de los microprocesadores, se utiliza un sólo relevador para las protecciones 50 y 51, que anteriormente se manejaban seis relevadores tipo electromecánico CDG-21 (tres para los 50 y tres para los 51), por cada alimentador.

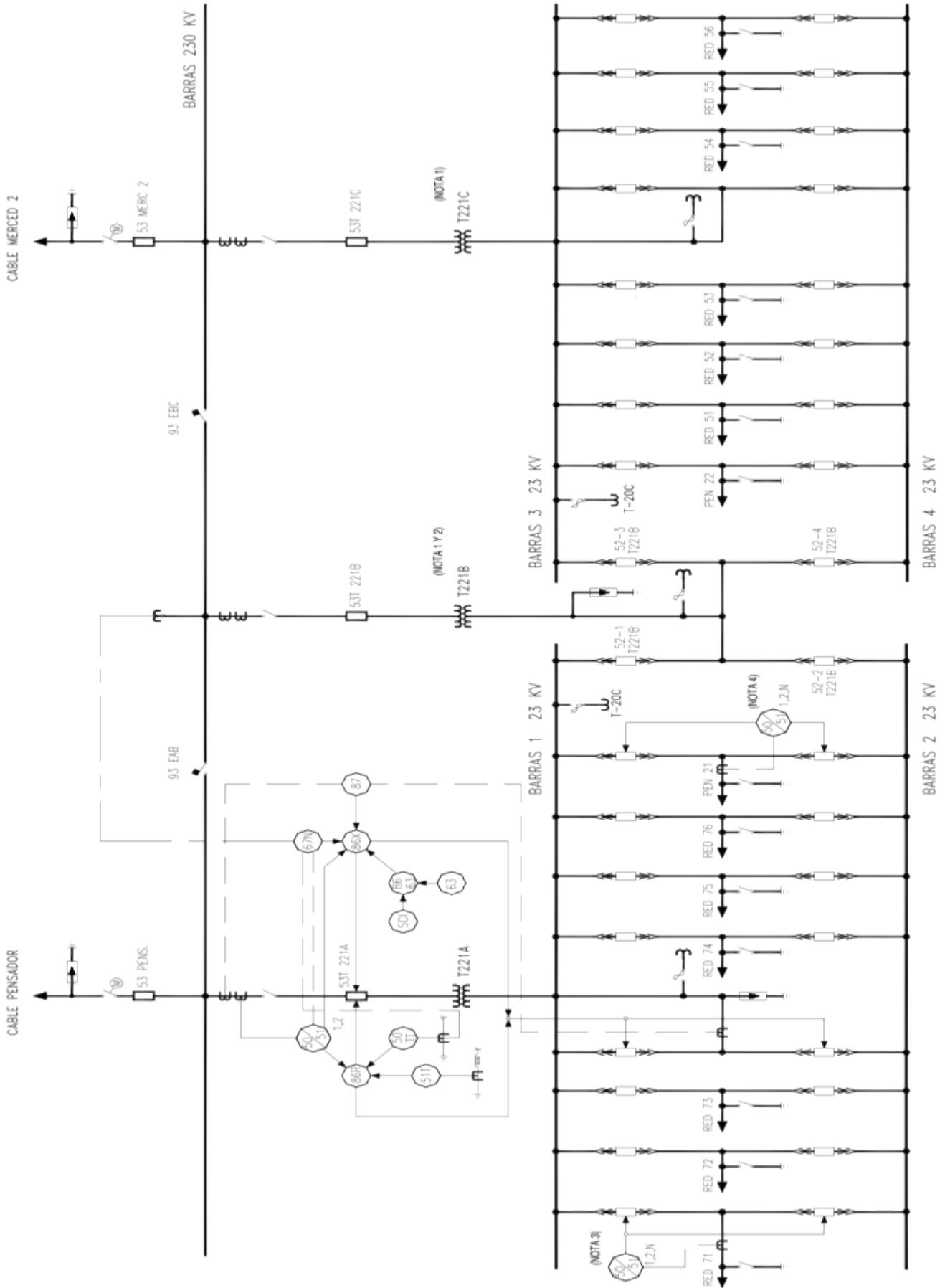
El relevador provee una gran gama de combinación de funciones que incluyen la protección, el monitoreo, el control, y la automatización.

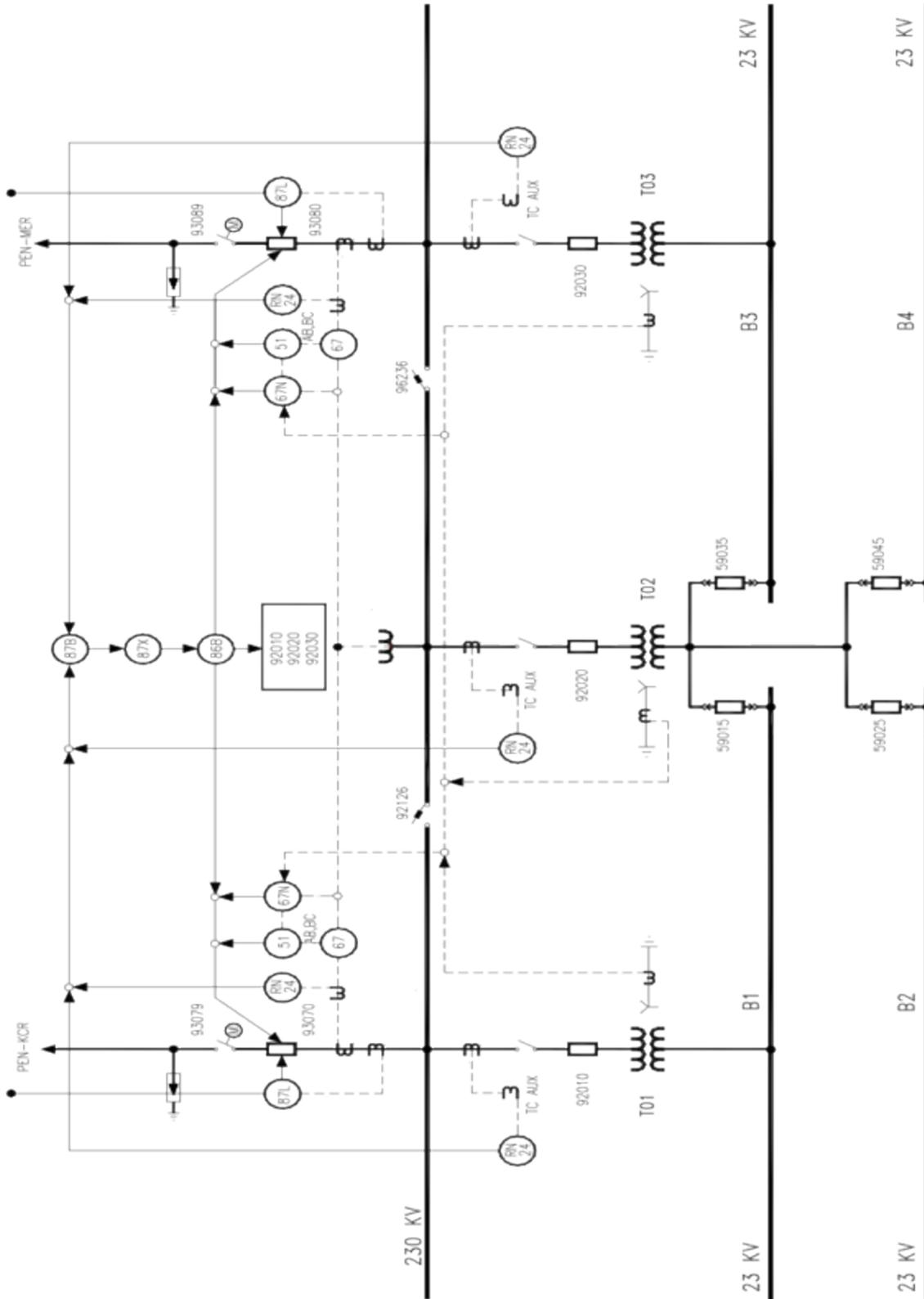
#### **PROTECCIÓN DE SOBRECORRIENTE DE UN ALIMENTADOR DE 23 KV.**

Al presentarse una sobrecorriente en un alimentador, operará el relevador, mandando señal de disparo directamente al interruptor del alimentador en cuestión.

#### **PROTECCIÓN DE TIERRA DE UN ALIMENTADOR DE 23 KV**

Al presentarse una falla a tierra en un alimentador, operará este relevador mandando señal de disparo directamente al interruptor del alimentador en cuestión.





# Capítulo 6

## Control

### 6 Esquema de control en la subestación

El departamento de Control se encarga de recabar la información, además de procesarla, llevando a cabo alguna acción con base en la información recibida, y también poder almacenarla para tenerla disponible en caso que sea, de toda la información que puede ser obtenida de los diferentes equipos que se encuentran dentro de una instalación (interruptores, cuchillas, transformadores, relevadores, equipo de comunicación, etcétera).

Entre las principales funciones de esta especialidad, se encuentran:

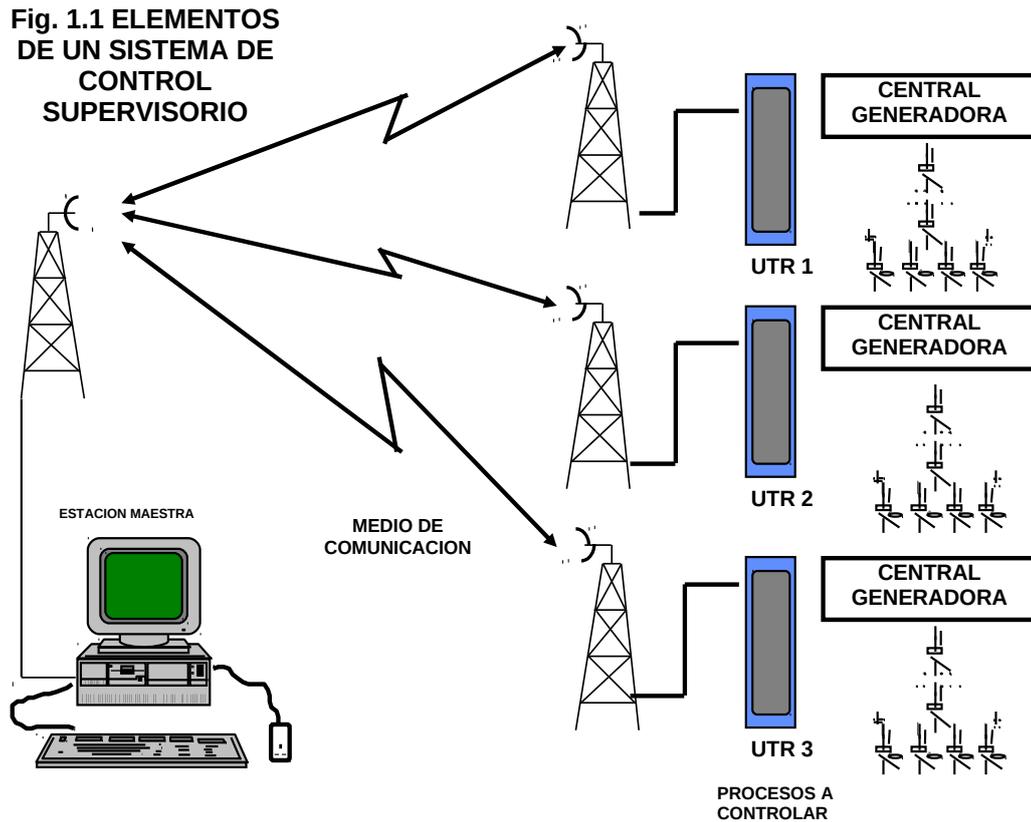
- Facilitar al personal tareas complicadas, repetitivas o peligrosas.
- Disminuye errores humanos.
- Logra que el proceso eléctrico se opere de manera óptima.
- Abarata los costos de Operación.
- Centraliza información confiable y oportuna para que el operador tome decisiones adecuadas.

La Especialidad de Control, se encarga también de asegurar la disponibilidad de servicios propios tanto de directa como de alterna proveyendo mantenimiento preventivo a los cargadores de batería y verificando el arranque automático de la planta de emergencia así como la transferencia entre el transformador de servicios propios y la planta de emergencia y viceversa.

La explotación de la información puede ser de manera automática a través de un sistema SCADA (Control Supervisorio y Adquisición de Datos). SCADA es una aplicación de software especialmente diseñada para proveer comunicación con dispositivos de campo y permitir que el operador controle un proceso de forma automática desde la pantalla de la CCL (Consola de Control Local). Además, proporciona toda la información que se genera en el proceso constructivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de nivel superior.

Para que un sistema de Control Supervisorio pueda realizar las tareas asignadas requiere de varios elementos, cada uno con funciones específicas. En el caso de las redes eléctricas, se requiere del supervisorio para monitorear las condiciones de la red y asimismo poder dirigir señales de mando a los dispositivos a controlar por medio de estación remota ubicada en la subestación.

Debido a que la información enviada por el Sistema de Control Supervisorio, se encuentran en diferentes puntos geográficos, se requieren sistemas de comunicaciones para concretar toda esta información en un Centro de Control, en este caso en el CENACE. Y allí es analizada también la información de la S.E., además de fungir como centro de procesamiento, almacenamiento, y de presentación para el Operador del CENACE.



**Fig. 6.1 Elementos de un Sistema de Control Supervisorio**

El sistema de control de una subestación es el conjunto de instalaciones en baja tensión necesarias para controlar en forma manual o automática las instalaciones de alta tensión, que en el caso de la Subestación Pensador Mexicano comprenden lo siguiente:

- Dispositivos de mando para la operación del equipo de alta tensión (apertura y cierre de interruptores y cuchillas motorizadas) y el equipo auxiliar necesario para la correcta ejecución de las maniobras.
- Dispositivos de alarma sonoros y luminosos, que permiten indicar al operador el funcionamiento de una protección por relevadores o de alguna condición anormal en la subestación.
- Aparatos registradores tales como los registradores de eventos y de disturbios, destinados a suministrar información sobre los disturbios que afecten a la subestación, la operación de los relevadores e interruptores y a la aparición de condiciones anormales de funcionamiento en el equipo de la subestación.

Los sistemas de control en la subestación se puede clasificar por su localización o por el tipo de operación:

Por su ubicación:

- Control local
- Control remoto

Por el tipo de operación:

- Control manual
- Control automático

## Control local

Los sistemas de control local son utilizados por el operador para realizar las maniobras en forma manual del equipo de la subestación, desde el tablero de control localizado en el salón de tableros de la propia subestación.

El sistema de control local de la subestación, se encuentra montado en un tablero que contiene básicamente conmutadores, elementos de señalización, cuadro de alarmas, diagrama mímico y equipo de medición.

## Control remoto

El control remoto es utilizado para operar la subestación desde un centro de operación a nivel superior, en este caso por los operadores de la SACN y el CORD Verónica, comúnmente se le conoce como telecontrol. En las subestaciones con este tipo de sistema de control, normalmente la operación de su equipo se realiza con el telecontrol y sólo en casos de emergencia se operan desde el tablero de control local de la subestación.

Para el telecontrol de las subestaciones se utiliza el sistema denominado Control Remoto y Adquisición de Datos (CRAD). Este es un sistema en el cual la información obtenida, a través de la unidad terminal remota, sobre las condiciones de operación de la subestación, es transmitida por los medios de comunicación adecuados a las computadoras, ubicadas en las Subárea de Control. Esta información es procesada y presentada en las terminales de operación para que los operadores procedan a realizar las instrucciones necesarias, además de la información obtenida, las computadoras interpretan las acciones de control remoto indicadas por el operador, para poder ejecutar maniobras en el equipo de la subestación.

a) Telecontrol: El operador a nivel superior puede realizar maniobras remotamente, tales como:

- Apertura y cierre de interruptores
- Apertura y cierre de cuchillas

b) Tele señalización: El operador puede supervisar, por medio de esta función, el estado que guarda el equipo de la subestación como:

- La posición de abierto o cerrado de interruptores y cuchillas.
- Estado de los sistemas automáticos de control.
- Operación de los relevadores de protección debido a fallas en las instalaciones.
- Indicación de alguna condición anormal en el equipo de la subestación.
- Señalización de las condiciones generales de la subestación, como por ejemplo: bajo tensión de batería, opero sistema contra incendio, etcétera.

Toda condición de alarma que ocurre en el equipo de la subestación, se presenta inmediatamente y los operadores (en la subestación y en los centros de control) la reciben de manera inmediata en forma sonora como luminosa, así como también escrita.

En el caso del nivel superior, debido a que las alarmas indican alguna condición anormal en un equipo determinado de la subestación son varias, y no se dispone de la cantidad de puntos suficientes en la unidad terminal remota para poderlas enviar todas al centro de operación, las alarmas según su trascendencia se clasifican en:

- Alarma emergencia equipo: es un grupo de alarmas que indican fallas que ponen en peligro inmediato un equipo determinado, por lo que deben ser atendidas lo más rápido posible.
  - Alarma alerta equipo: es un conjunto de alarmas que indican situaciones anormales que no presentan un peligro inminente al equipo y que permiten disponer de un tiempo suficiente para corregir la falla.
- b) Telemedición: El operador puede obtener desde el centro de operación la medición de las magnitudes eléctricas de las líneas de transmisión, de los bancos de potencia, de los alimentadores de distribución, etcétera. Por medio de transductores, las señales de medición analógicas se convierten en señales digitales o binarias antes de ser enviadas tanto a la unidad terminal remota como al equipo de medición del tablero miniaturizado.

### **Tipos de señalización**

La señalización que se utiliza para el control local de las subestaciones en conjunto con los conmutadores de control para la operación de los interruptores y cuchillas motorizadas, puede ser:

- Luz roja y verde
- Luz fija e intermitente

### **Cuadro de alarmas**

El cuadro de alarmas está montado en la Consola de Control Local, que consiste en un conjunto de señales luminosas y una sonora, así como de una breve descripción de las alarmas, que indican al operador el funcionamiento anormal de uno de los equipo de la subestación. Las alarmas utilizadas en las subestaciones se clasifican de la siguiente manera:

a) Alarmas que indican cuando ha operado, para alguno de los elementos de la subestación (líneas de transmisión, bancos de potencia, etcétera), su protección por relevadores.

La protección por relevadores de uno de los elementos de la subestación opera cuando ocurre una falla en este, al operar la protección cierra sus contactos, que se encuentran en serie con el circuito de disparo del interruptor que libra la falla, en serie con este circuito se encuentra también un relevador de alarma que se energiza al pasar la corriente de disparo del interruptor y cierra sus contactos activando una alarma sonora, la cual deja de sonar hasta que el operador la restablece manualmente.

b) Alarmas que permiten señalar alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo.

Los transformadores, interruptores y reguladores de tensión cuentan con una serie de dispositivos que indican la presencia de alguna anomalía en el equipo.

Estos dispositivos envían una señal hasta la consola de alarmas activando a su vez la señal sonora y luminosa correspondiente, además de su breve descripción.

c) Alarmas reservadas para determinar la existencia de alguna anomalía en los circuitos de control o en el servicio de estación.

Los circuitos de corriente directa utilizados para el control, así como para otras funciones, se protegen por medio de relevadores que detectan la falla de alimentación de corriente directa y

envían una señal de alarma cuando se realiza la apertura de los termomagnéticos o la falla del cable del circuito de alimentación.

### **Unidad terminal remota (UTR)**

La UTR, es el equipo, dentro de la subestación, constituido por módulos de control con capacidad de enlace con los equipos eléctricos principales (interruptores, cuchillas, transformadores, relevadores de protección), capaces de acceder a los parámetros de medición, protección y control, así como controlar y supervisar el estado de los equipos instalados en la subestación, ya sea de forma local o vía remota, estableciendo acceso a los diversos equipos de control en todos los niveles.

Se puede definir como un Sistema que está integrado por secciones cuya arquitectura y funcionalidad permite mantener concentrado los módulos y componentes de control, protecciones, medición y comunicaciones, de tal manera que se busca la automatización en subestaciones contando con hardware y software para la configuración y operación del sistema, de tal forma que el sistema este diseñado para futuras adiciones modulares.

Las señales de control, medición y señalización provenientes del muro de conexiones se conectan en la UTR para enviarlas, a través de un medio de comunicación adecuado, a algún nivel superior.

Con la utilización de equipo multifunción y de las UTR's distribuidas, las conexiones con el gabinete auxiliar de los interruptores se siguen realizando pero se hacen llegar todas las funciones de control, señalización y medición al gabinete de control, protección y medición (CPM) del elemento respectivo, para conectarlas a la UTR distribuida que se encuentra montada en el mismo gabinete. De la UTR distribuida las señales se envían a un concentrador que a su vez las envía a la computadora maestra y al control local de la subestación, así también, por un sistema de comunicación adecuado las transmite al centro de control .

La tendencia actual consiste en que en el gabinete, con el equipo de CPM y la UTR distribuida, se hacen llegar todas las funciones de control medición, señalización y alarmas del equipo de potencia, para enviarlas a un concentrador que recibe las funciones de los gabinetes de los otros elementos de la subestación. El concentrador, por un lado envía estas señales al centro de operación y por otro lado a una computadora para realizar las funciones de comando local de la subestación y el monitoreo del registro de eventos, de mediciones de parámetros, así como, el conteo y magnitudes de fallas.



Fig. 6.2 UTR de la S.E. Pensador Mexicano

### Equipo de Telecomunicación

Para satisfacer las funciones de control, señalización, medición y voz entre las subestaciones y la Subárea de Control, se emplean los mismos medios de comunicación utilizados en la protección de las líneas de transmisión de media y alta tensión, en este caso, utilizando como medio de comunicación la fibra óptica, a través de las Unidades Terminales Remotas instaladas en cada una de las Subestaciones, y transmitir toda la información correspondiente de la S.E. a la UTM.

### Sistema de información y control en tiempo real (SICTRE)

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) ha dividido al Sistema Eléctrico Nacional para su operación y supervisión en 8 áreas de control que son: Central (México D.F.), Oriental (Puebla), Occidental (Guadalajara), Noroeste (Hermosillo), Norte (Torreón), Noreste (Monterrey), Baja California (Mexicali), Peninsular (Mérida).

### Equipo de control instalado en la Subestación



Fig. 6.3 Consola de ingeniería y consola de control local

### Ejemplos de interacción con CCL (Consola de Control Local)

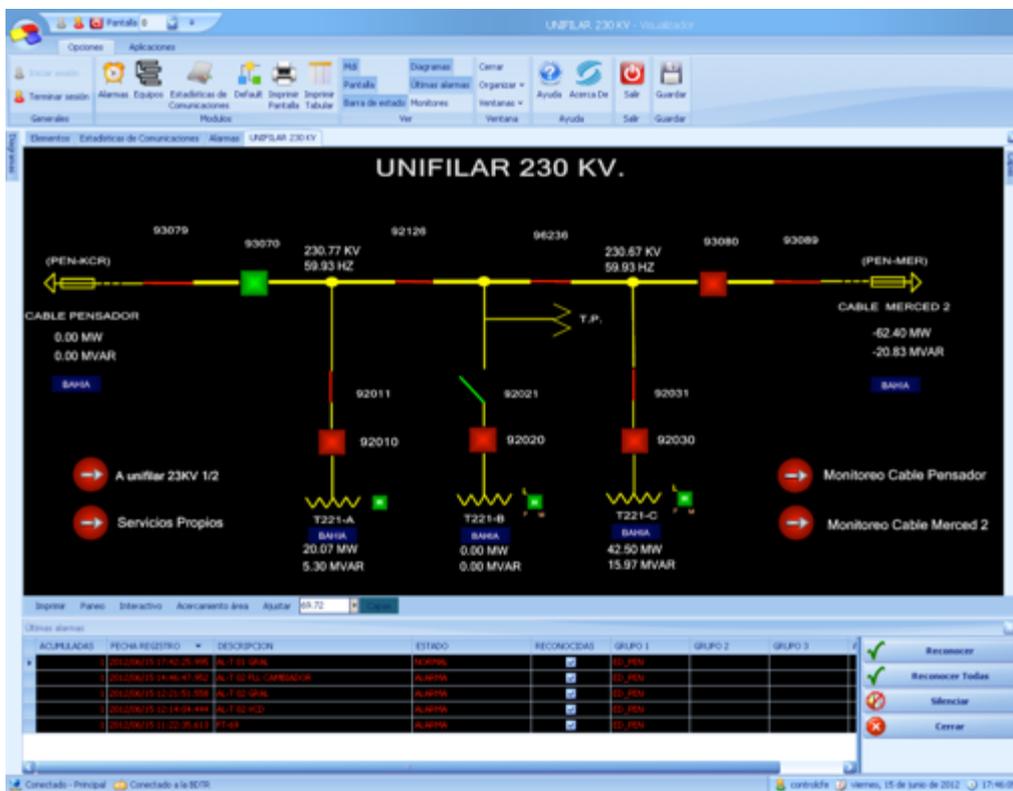


Fig. 6.4 Vista de unifilar principal 230 KV

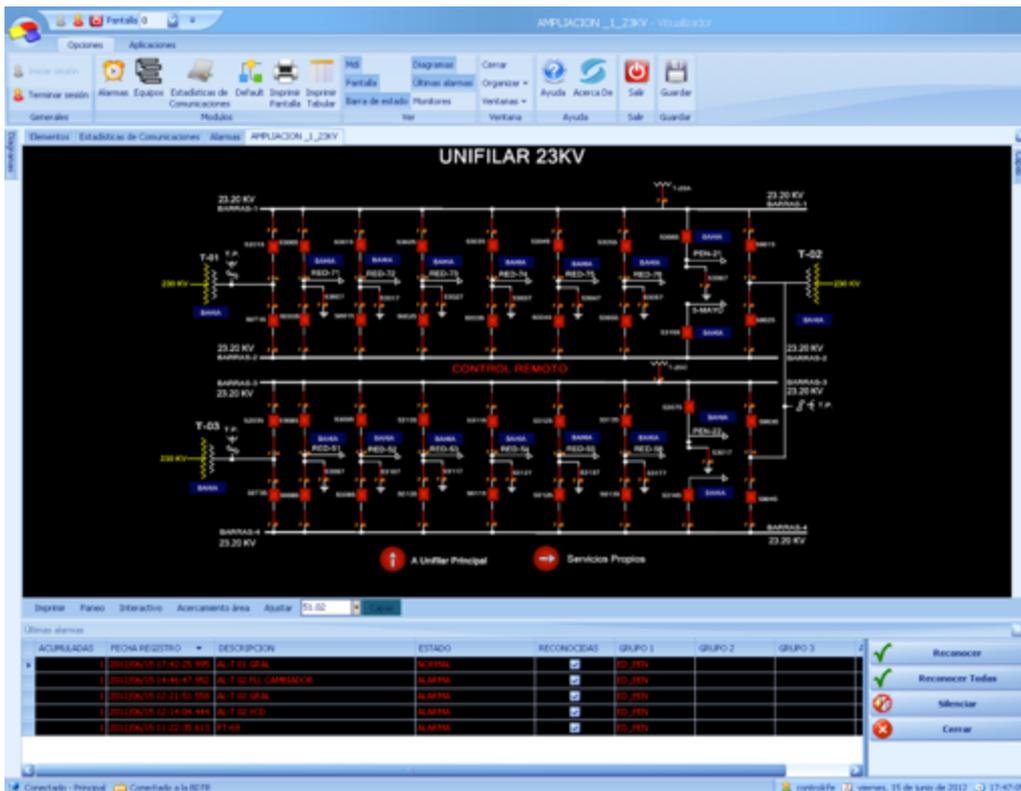


Fig. 6.5 Vista de unifilar de 23 KV

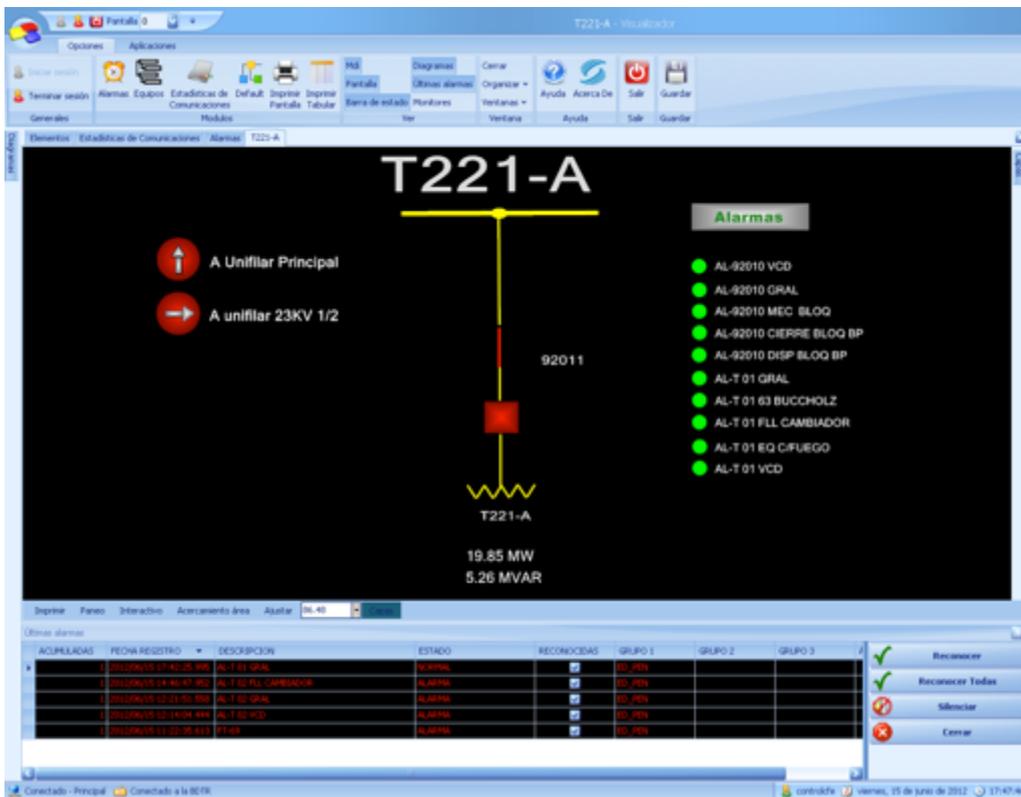


Fig. 6.6 Vista de Bahía de transformador T221A lado 230 kv

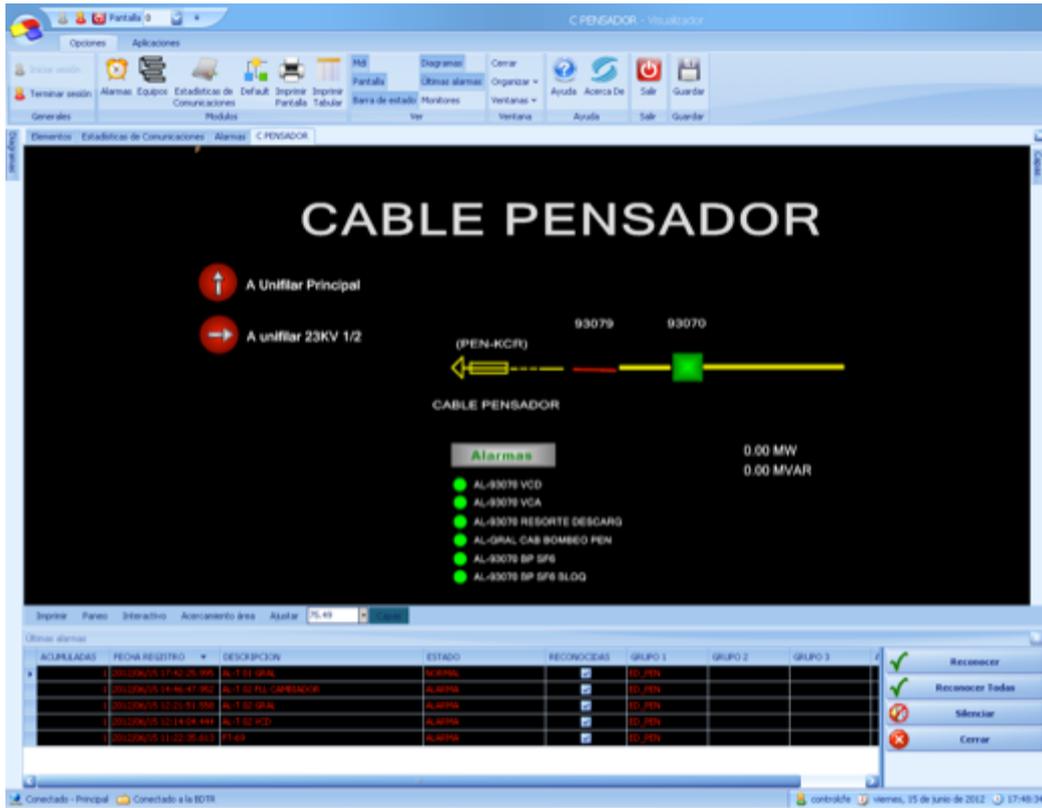


Fig. 6.7 Vista del Cable Pensador (Línea 93070)

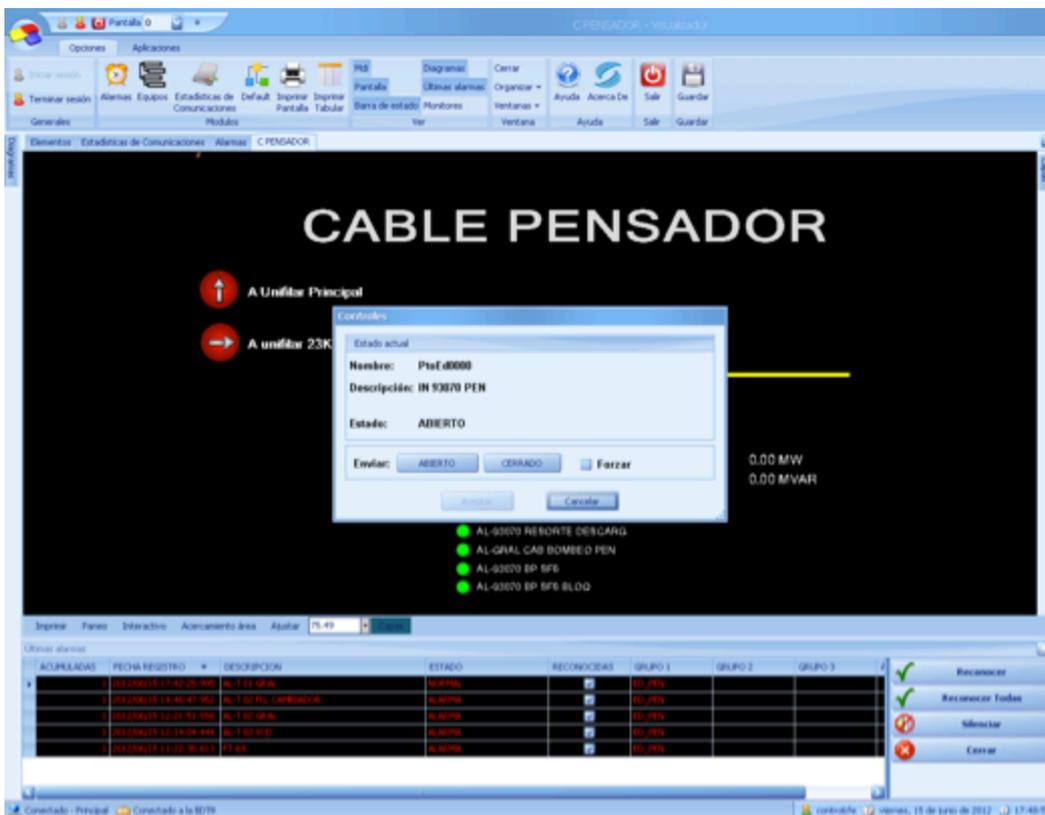


Fig. 6.8 Vista de los mandos a efectuar sobre el interruptor 93070

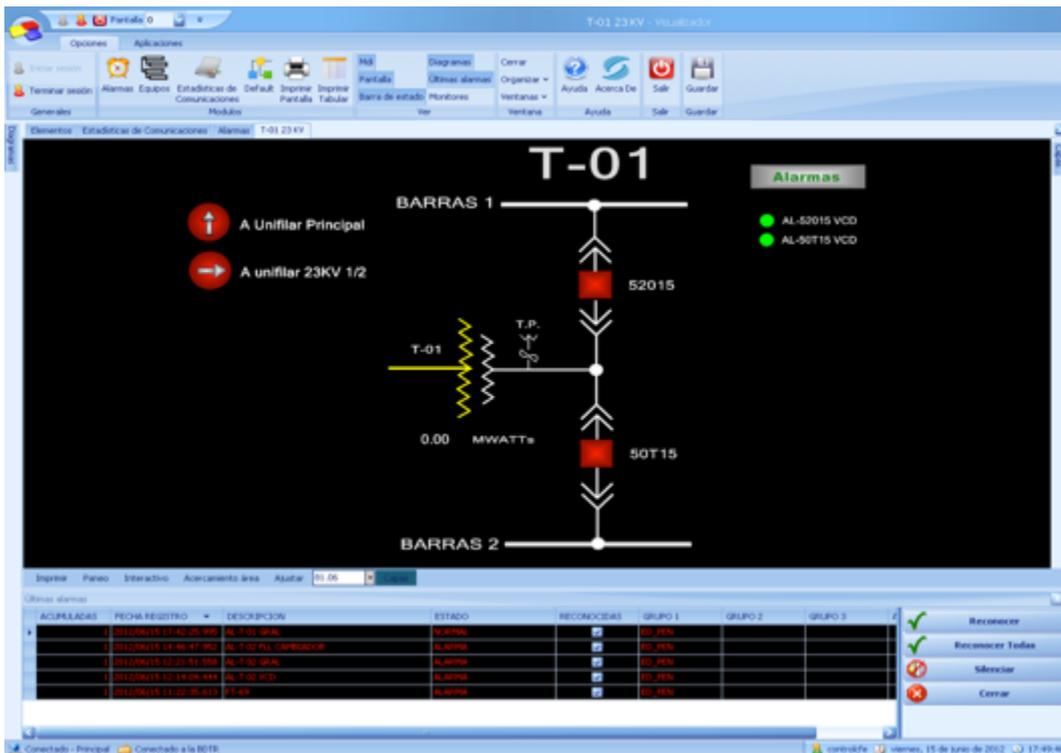


Fig. 6.9 Vista de bahía del transformador T-01 lado de 23 KV

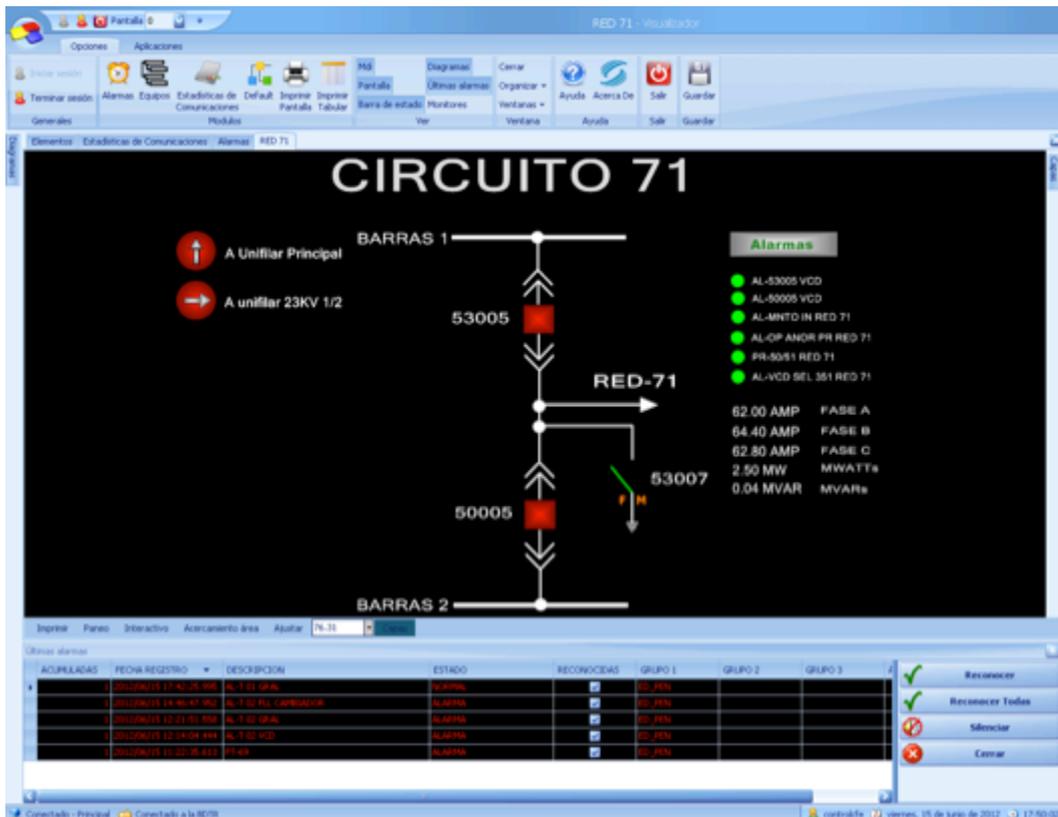


Fig. 6.10 Vista de circuito de 23 kv RED 71

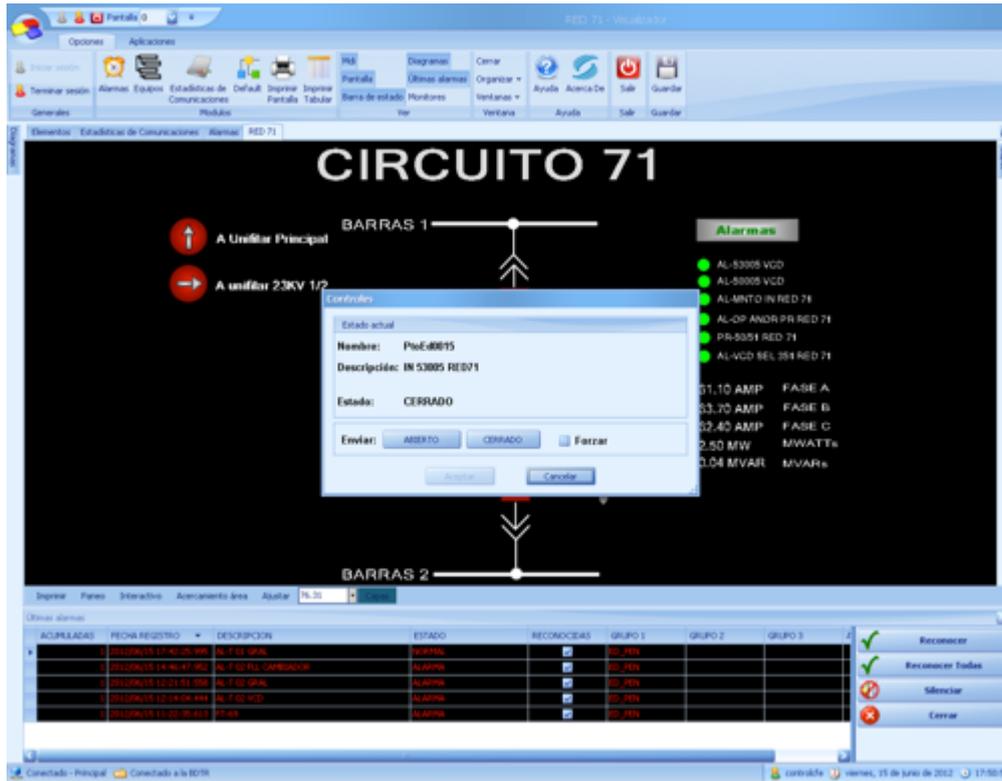


Fig. 6.11 Vista mando de sobre interruptor de 23 kV, circuito RED 71 (53005)

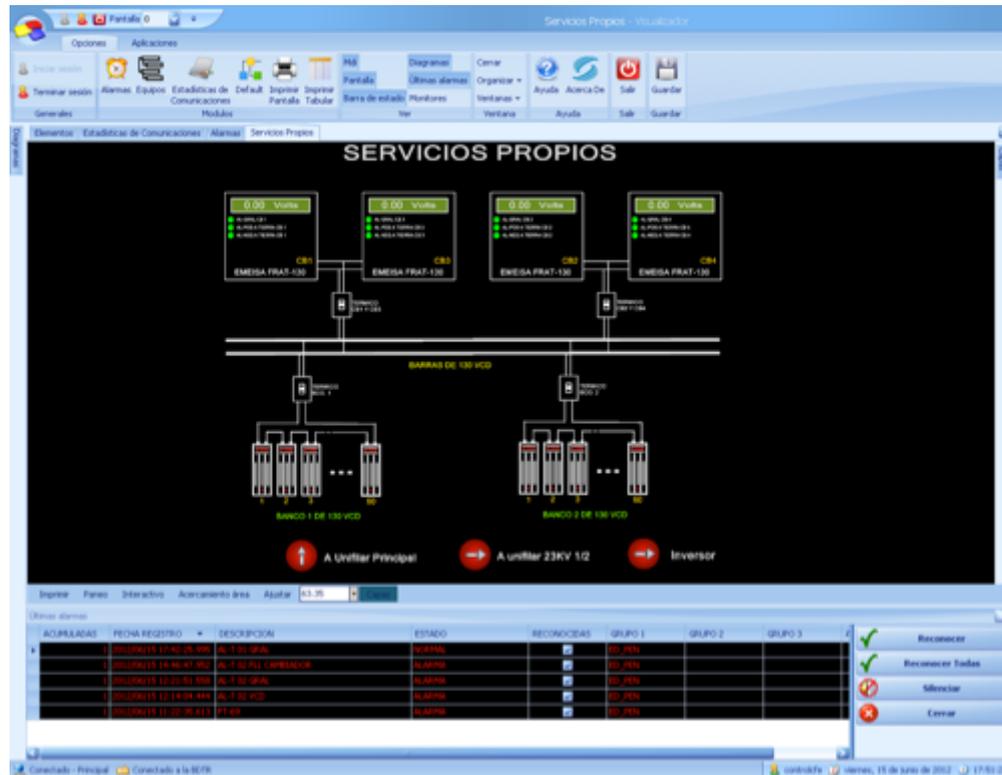


Fig. 6.12 Vista Monitoreo de Servicios propios

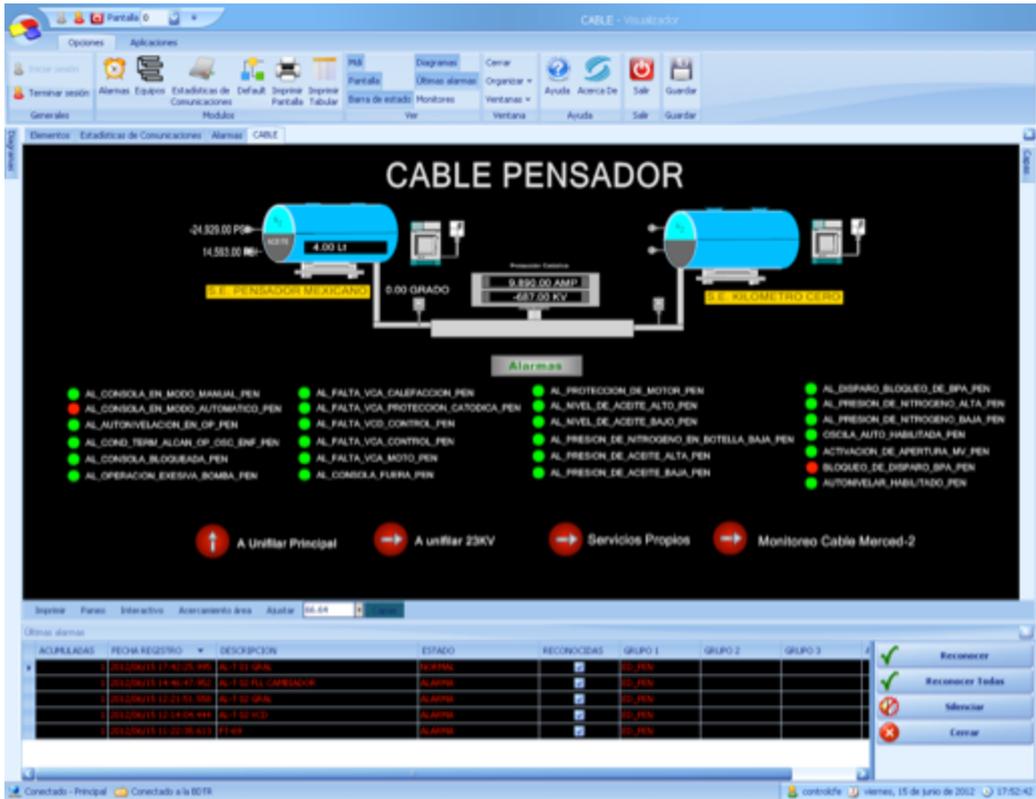


Fig. 6.13 Vista de monitoreo de cable PENSADOR

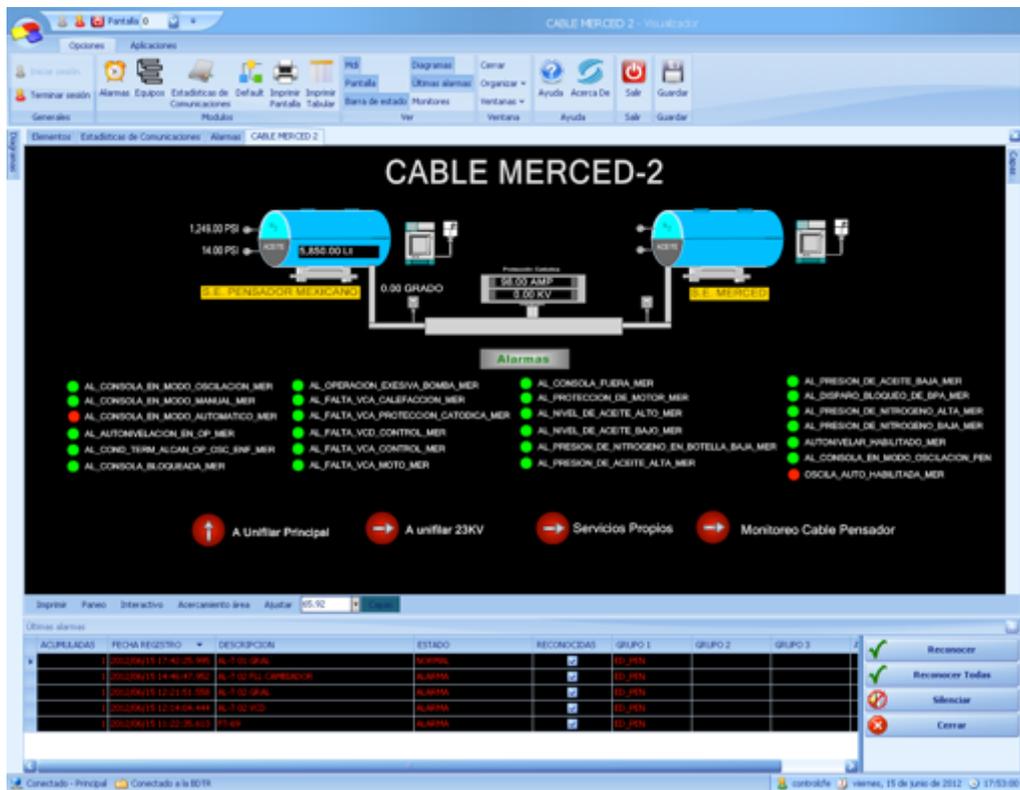


Fig. 6.14 Vista de monitoreo de cable Merced 2

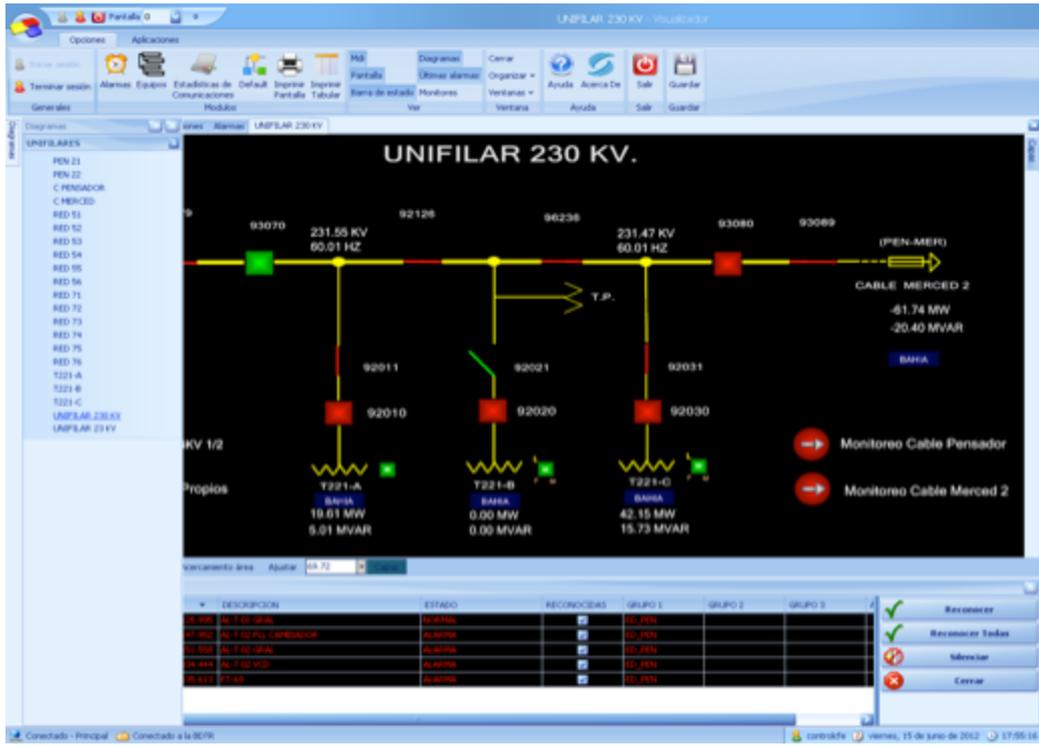


Fig. 6.15 Vista de selección de diagramas dentro del software SENA

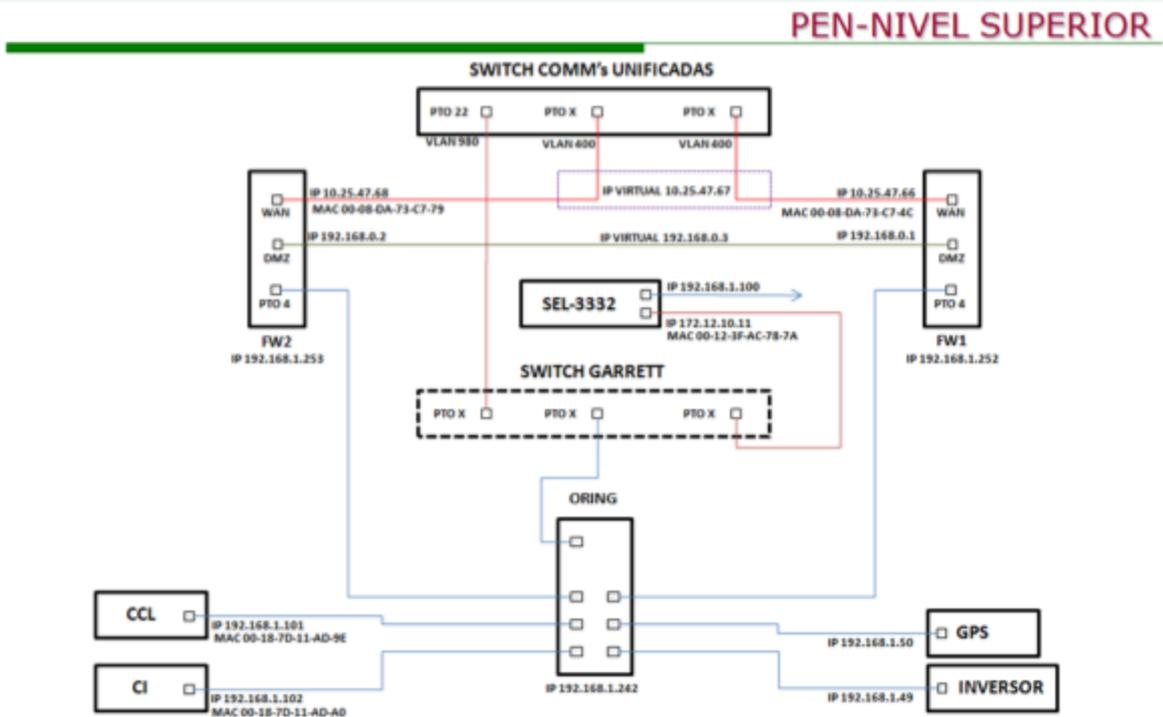


Fig. 6.16 Diagrama Unifilar de Conexiones de Equipo de Control a Nivel Superior

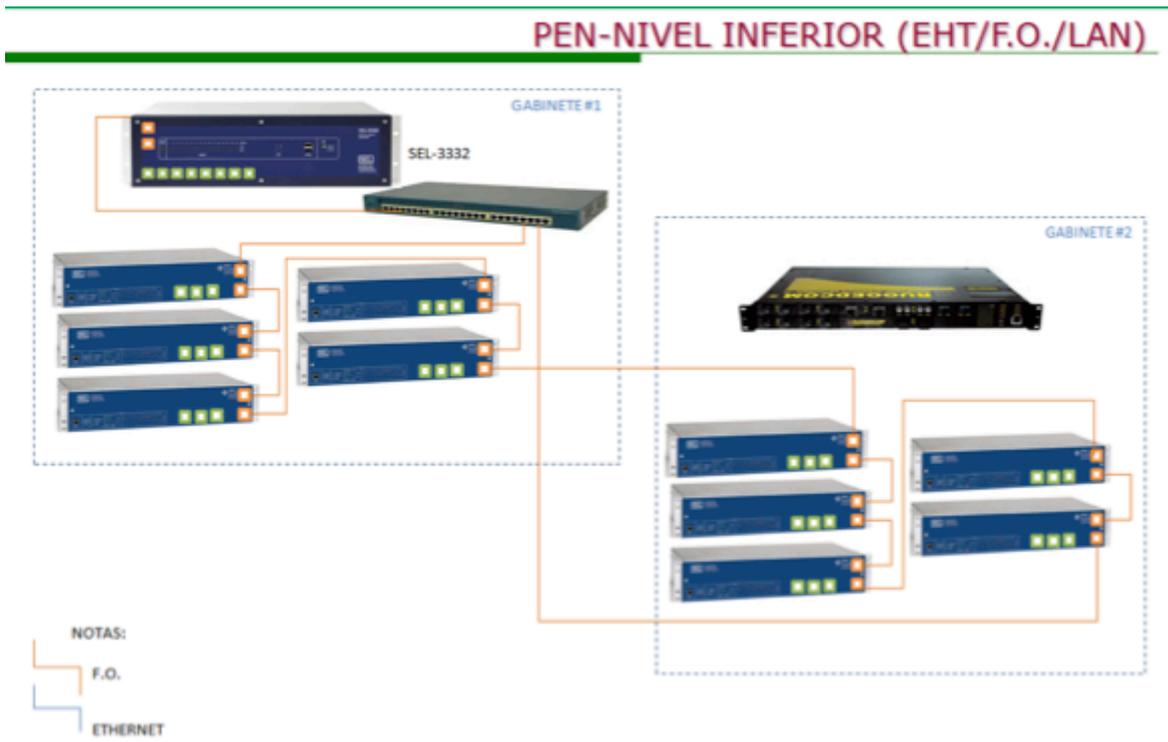


Fig. 6.17 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior

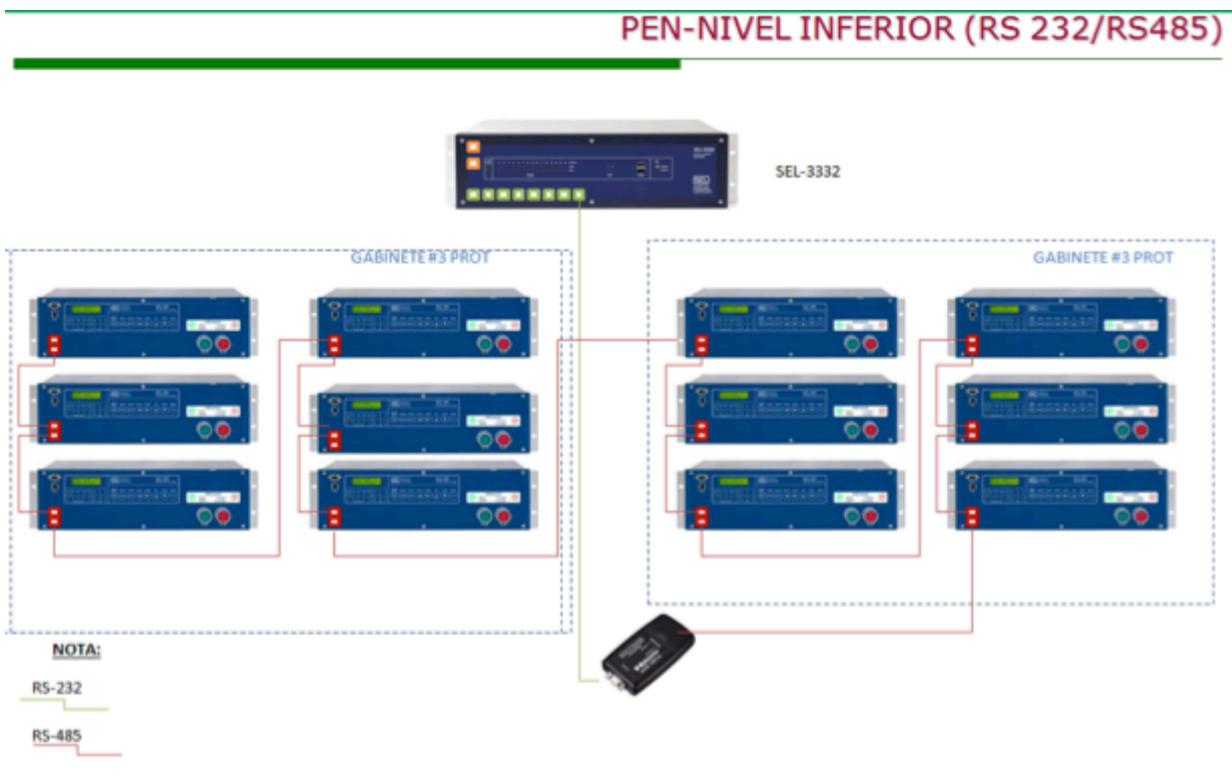


Fig. 6.18 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior



Fig. 6.19 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior

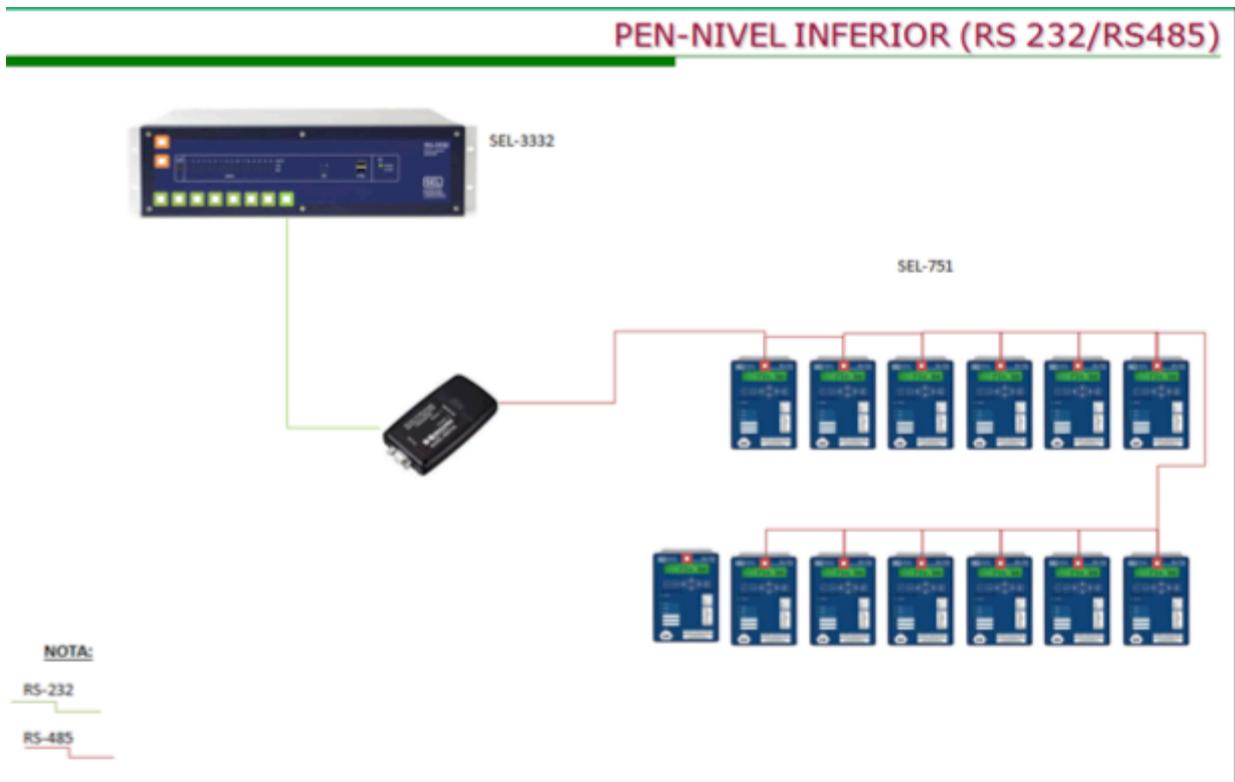


Fig. 6.20 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior

**PEN-NIVEL INFERIOR (RS 232/RS485/F.O)**



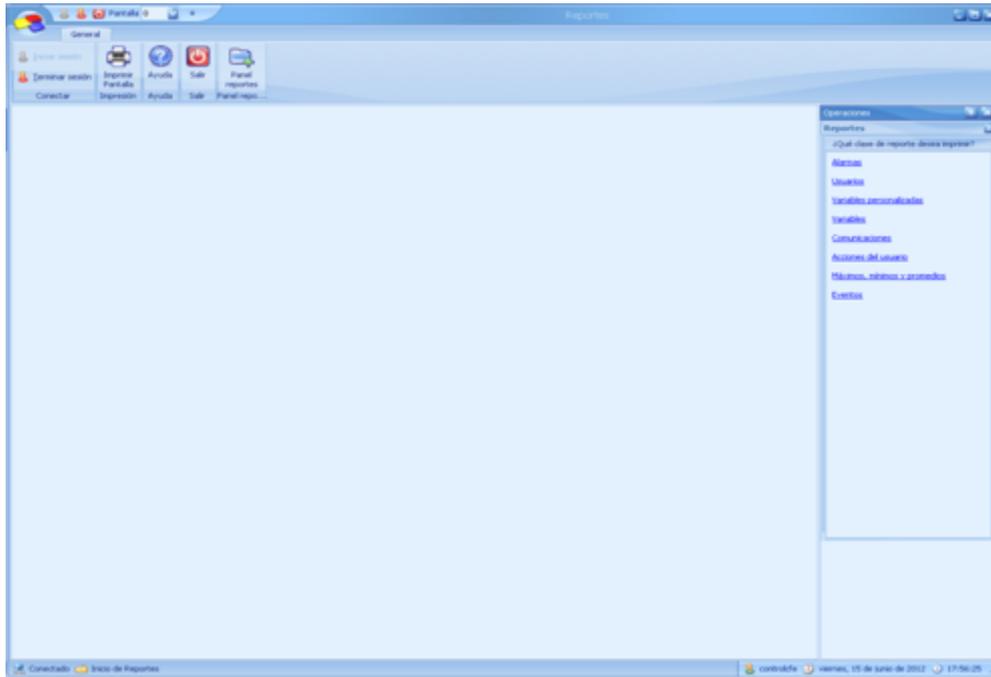
Fig. 6.21 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior

**PEN (EHT/BUS/LAN)**

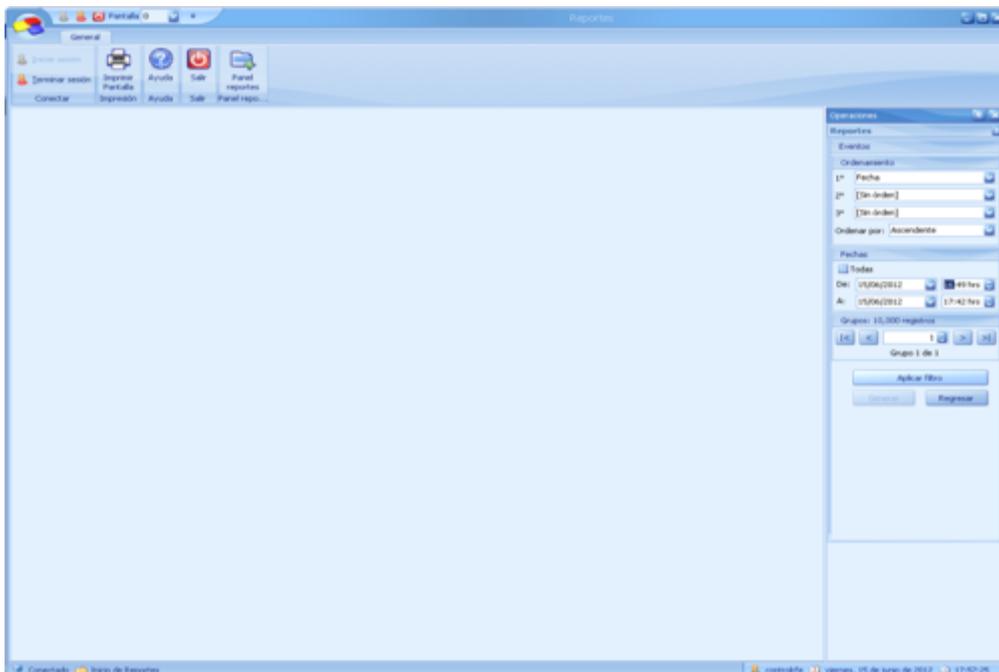


Fig. 6.22 Diagrama Unifilar a Nivel Inferior

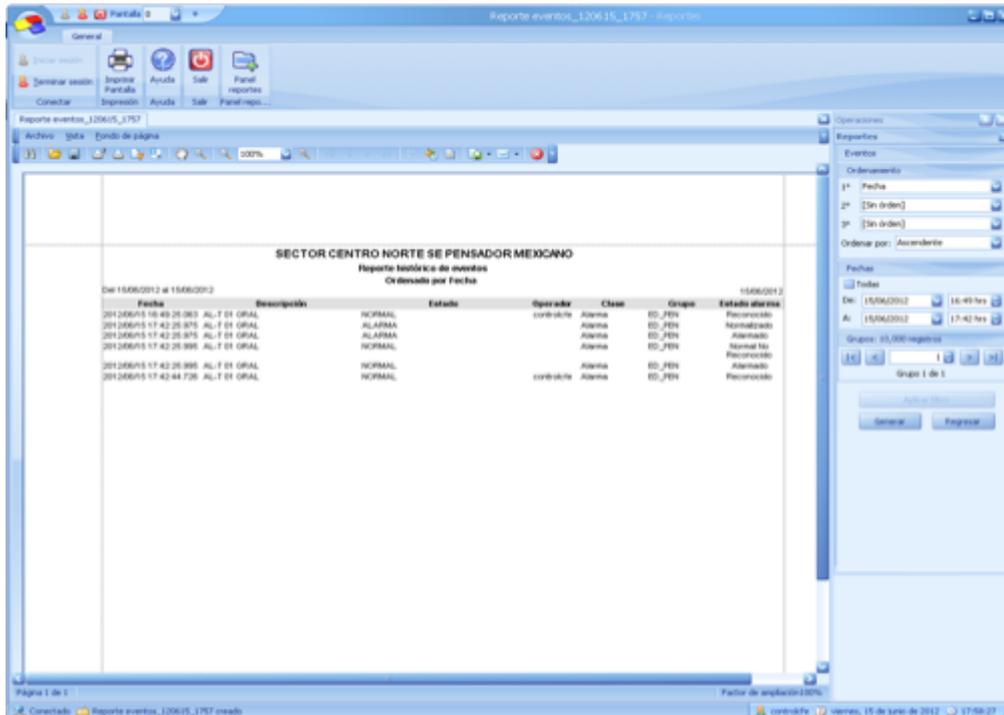
### Generación de Reporte de Eventos y Alarmas, desde Pestaña Aplicaciones.



Una vez seleccionado el tipo de reporte deseado se genera un filtro como el que se muestra a continuación.



Vista de generación del Reporte final.



# Capítulo 7

## Comunicaciones

### 7. Esquema de comunicaciones instalado

Una parte importante para poder mantener la comunicación, tanto de voz como de datos, en la Subestación, son los elementos que van a intervenir para el intercambio de dicha información.

En la Subestación se cuentan con diferentes componentes que permiten el intercambio de información por diferentes medios, de tal manera que sea eficiente, confiable y de forma segura. Es decir, que la comunicación sea clara, que se pueda contar con ella en todo momento, y de que sólo el personal adecuado tenga acceso a dicha información.

En la Subestación se cuentan con los siguientes medios de comunicación:

- Microondas
- Sistema Troncalizado VHF
- Radio Trunking

Otro punto importante dentro del Sistema de Comunicaciones de la Subestación es el banco de baterías de 48 VCD que alimenta a todo el equipo de comunicaciones dentro de la Subestación Pensador Mexicano y que nos permitirá contar con comunicaciones en caso de disturbios o eventos que lleguen a afectar a la Subestación.

#### 7.1 Sistema Troncalizado VHF

Es un Sistema de Radiocomunicación que tiene como principio la utilización de varios canales de radiofrecuencia en forma compartida, alternada y automática entre un gran número de usuarios, que se programan en grupos de usuarios, esto dependiendo de dónde se localice la Subestación.

Se utilizan frecuencias VHF para la comunicación en el Sector Centro Norte a través de radios portátiles, radios-base, radios móviles, contando también con repetidores para brindar y tener comunicación en todo momento, ya sea para realizar maniobras coordinadas en un mismo grupo, o simplemente para poder comunicarse con el personal de la CFE.

Las ventajas del este tipo de comunicación es que incluyen menos tiempo de espera para poder tener acceso al sistema y la capacidad de canal alto, además de poder brindar buena calidad en el servicio. Esto debido a que la probabilidad de que todos los canales que estén ocupados en el mismo instante es baja, la ocasión del bloqueo es mucho menos cuando solo un canal puede ser alcanzado.

La Subestación Pensador Mexicano cuenta con dos Radios Portátiles marca Motorola, modelo PRO7150 (como el que se muestra en la figura 7.1), el cual brinda una cobertura amplia de llamadas, acceso al canal más rápido, privacidad y la capacidad para un gran número de usuarios, son reprogramables por lo que se pueden ajustar a las necesidades que se vayan necesitando en la comunicación.

Estos Radios Portátiles cuentan con 16 canales programables

1. Chiquihuite1
2. Chiquihuite 2
3. Alzomoni
4. Cerro Gordo
5. Coyotepec 1
6. Coyotepec 2
7. Chichinautzin
8. Palmas
9. Jocotitlan
10. Nevado
11. Directo ZTM
12. Directo Vig. Op.
13. Comnes ZTM
- 14, 15 y 16 canales desconfigurados

De los cuales, se tiene uno en la Frecuencia Chiquihite 1 para comunicarse con otras Subestaciones, Sistema, Cemodat, Personal del Sector Centro Norte.

El otro radio se tiene en la frecuencia 12, Directo Vig. Op., que le sirve al Operador en turno en la Subestación poder tener comunicación con el oficial de la Policía Auxiliar, con esto para mantener el control del personal que va a tener acceso al instalación, además de posibles sucesos de relevancia en los alrededores de la Subestación.

La Frecuencia ZTM, es una frecuencia que nos permite tener una frecuencia en la cual se tiene privacidad para poder hacer maniobras dentro de la Subestación, o simplemente para tener comunicación dentro de la misma y así no poder interferir en la comunicación que pudiera tener personal de la CFE en ese mismo instante en alguna otra frecuencia.



Fig. 7.1 Motorola PR07150

Para hacer un uso correcto del Sistema Troncalizado VHF, seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar una de las frecuencias (verificar que sea la que el grupo o personal utilizara).
- Presionar el botón PTT, y esperar a que se le asigne el canal (se escucha el tono de asignación de canal).
- Hablar al micrófono (Mantener presionado en todo momento que se hable el botón PTT). Asegurarse de utilizar frases claras y cortas para que la comunicación con el personal sea más fluido.
- Esperar a que el personal con el que se está comunicando responda para poder seguir con la conversación (si no se espera a que concluya, y se presiona el botón PTT no se le asignará canal y se causa interferencia).
- La conversación es únicamente escuchada por el personal que tenga seleccionado dicho canal.

## 7.2 Radio Trunking

Un sistema de radio Trunking es un tipo complejo de comunicación de dos vías que permite al usuario compartir información en un pequeño rango de frecuencias con un largo grupo de usuarios.

Una de las razones primordiales por las cuales se usa este tipo de comunicación es debido a su eficiencia, debido a que el personal puede sostener varias conversaciones en pocas frecuencias. El Radio Trunking utiliza frecuencias UHF a través de radios portátiles, radios-base, radios-móviles y repetidores que brindan los canales necesarios para la comunicación, y así poder realizar maniobras coordinadas en un mismo grupo.

Este sistema, es como un conmutador telefónico en donde varias troncales o líneas telefónicas que forman grupos y subgrupos de usuarios para comunicaciones privadas o en grupo. Todos los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática, y es posible establecer canales prioritarios de emergencia que predominarán sobre el resto de las comunicaciones de grupo.

El sistema toma ventaja de la probabilidad de que con un determinado número de usuarios, no todos necesitan acceso a los canales al mismo tiempo, de tal manera que se necesitan menos canales.

Otra ventaja es que el Radio Trunking es que también puede cambiar de grupo de comunicación y así poder cambiar de grupo. Además de que este sistema tiene la ventaja de ser más privado, ya que la comunicación entre grupos y usuarios transmiten en diferentes frecuencias. Las comunicaciones tienen un código, por lo que si el equipo la recibe y no es el destinatario, el radio actúa como repetidor, y si es el destinatario, se establece un circuito para asegurar la comunicación, por lo que solo se recibe la comunicación que debe de llegar a nosotros.

La Subestación Pensador Mexicano cuenta con un Radio Trunking Motorola MTP850 el cual tiene un sistema tal que ofrece rapidez y seguridad, además de ser un modelo compacto y resistente.

Este modelo de radio, tiene como premisa tener llamadas de alta calidad, además de contar con un botón de emergencia y un servicio de ubicación satelital (GPS) integrado que permite transmitir la ubicación del usuario, que es de suma importancia en situaciones de riesgo de vida de un usuario. Por lo que dicho sistema permitirá al usuario ser prontamente identificado.

Está diseñado para brindar un nivel alto de protección para el intercambio de información, esto en gran parte a su módulo de encriptación de extremo a extremo.

Está diseñado para brindar excelente rendimiento. Respaldado por amplias capacidades de datos integradas, tales como Datos de Paquete de Ranuras Múltiples y navegador WAP, puede proporcionar acceso remoto a bases de datos, directorios.

La Subestación Pensador Mexicano tiene la ID 11353.



### 7.3 Microondas

Es un sistema de comunicaciones inalámbricas, puede ser punto a punto o por Repetidores, se utiliza para enlaces de voz mediante los conmutadores se enlaza con los servicios de telefonía comercial en el ámbito de la CFE, también se utiliza para transportar canales de datos.

Como ventajas de uso de este tipo de sistema de comunicación es el bajo costo en potencia que se tiene, aunque se eficiencia en el uso del ancho de banda

Tiene la ventaja que las ondas que se generan en este sistema se propagan de manera muy eficiente, ya sea en distancias largas o cortas, por lo que es un buena opción si se requiere comunicarse con personal de la CFE que se pueda encontrar en cualquier parte de la República Mexicana.

La IP de la Subestación es 38240.

#### 7.4 Banco de Baterías de 48 VCD

En la Subestación Pensador Mexicano se cuenta con tres bancos de 48 VCD para alimentar los equipos de Comunicaciones. Es de suma importancia ya que la batería nos permitirá acumular energía eléctrica que se podrá recuperar y así poder alimentar los equipos en dado caso de que ocurra un disturbio que pueda generar que los Servicios Propios de la Subestación se pierdan.

El Banco de Baterías se forma de los siguientes elementos:

- Baterías
- Cargadores
- Distribuidor de Cargas

##### 7.4.1 Baterías

Las baterías usadas en los bancos son baterías INTERBERG de plomo ácido sellada libre de mantenimiento con una capacidad de 170 Ah a 8 horas.

Las baterías utilizadas en la Subestación, fueron diseñadas para un período de vida de veinte años o más. Su construcción laminada ocasiona que el área de la superficie tenga una extraordinaria aceptación de carga.

Las placas positivas de las baterías son hechas en un 99% de plomo, y una pequeña cantidad de aleación de antimonio y plomo para las placas negativas, con esto se asegura una larga expectación de vida y también soporta extrema rudeza bajo condiciones extremas en el ambiente. Así también se ofrece una excelente capacidad de descarga.

Pueden operar en rangos de entre los -10° C hasta los 50°C. Tiene la característica de no degradación en su capacidad en lo que dure de vida.

Las Placas Positivas son hechas de una forma única en un 99.99% de plomo para asegurar que no tendrá perdidas por circuito abierto o perdidas en la capacidad de la batería a lo largo de su vida útil.

Las Placas Negativas de rejillas pegadas, fueron diseñadas de esa manera, de tal forma que tuvieran una actividad balanceada a lo largo de su vida útil.

Los separadores son la combinación del uso de caucho y PVC, que proveen una porosidad alta una excelente resistencia a la corrosión, lo que ocasiona que tenga una mayor absorción del ácido, que a su vez conlleva a una mayor eficiencia interna de prevención de corto circuito, bajo una difusión rápida del electrolito y así reducir la resistencia de la celda.

El contenedor de las celdas, son hechos a prueba de corrosión, retardadores de flamas, resistente a fuertes impactos o movimientos bruscos.

Los pilares están ajustados con núcleo de cobre. Las terminales de la celda tienen una estructura sellada única que evita el desgaste en los postes causados por la elongación en los platos positivos, así asegurando un sello confiable en la terminal y una expectativa de vida alta.

Entre los puntos importantes de este diseño, están los siguientes:

- Una excelente funcionamiento para la descarga
- Libre de mantenimiento
- Una capacidad rápida para recargar
- Mayor eficiencia en Ah y Wh
- La energía de salida es más alta que cualquier otra con las mismas características

Condiciones Operativas:

Parámetro	Límites
<b>Altitud</b>	No más de 4000 m
<b>Temperatura</b>	-10°C a 55°C
<b>Mejor Rango de Temperatura</b>	15°C a 30 °C
<b>Humedad Relativa</b>	≤90%
<b>Tensión de Flotación</b>	13.5 [A] a 13.8 [V]
<b>Duración</b>	170 [Ah] a 8 horas

#### 7.4.2 Cargadores

Los cargadores, en conjunto con las baterías, que en este caso son cuatro baterías de doce volts (48 V en total), por cargador, forman un sistema que nos permitirá garantizar la alimentación de Corriente Directa a los servicios que lo utilicen, que en caso de alguna eventualidad dentro de la Subestación se pueda presentar la ausencia de C.D.. Así entrarán en servicio las baterías y alimentarán los servicios de C.D., y los cargadores son usados para que la batería esté cargada cuando sea necesaria y tenga una duración tal que pueda satisfacer la necesidad en determinado lapso de tiempo, esto hasta que se restablezcan los servicios de C.A.

Por lo tanto, la Subestación debe de contar con este tipo de respaldo para mantener en todo momento comunicaciones, ya que estos cargadores, están conectados exclusivamente para el equipo de Comunicaciones que cuenta la Subestación.

La Subestación cuenta con tres cargadores de 48 VCD con una potencia de 3.6 kW de la marca EMEISA, los cuáles cumplen cabalmente con las especificaciones de LAPEM.

Cada cargador, cuenta con una protección termomagnética, el cual garantiza un óptimo funcionamiento, además de un filtro LC en la salida del cargador que permite suavizar el rizado de la señal de salida.

También cuentan con protección contra sobrecarga y cortocircuito, además de tener la capacidad de limitar la corriente de carga a la salida, también se encarga de limitar la corriente de carga de las baterías de forma que se proteja a la misma y alargue su vida útil.

Cada cargador cuenta con dos niveles de carga, el de Flotación y el de Igualación, y generalmente se tienen en el nivel de Flotación, lo que significa que alimentarán los servicios de C.D. a la vez que mantienen cargadas las baterías. Y en dado caso de que la alimentación de

C.A. se pierda, la batería se descargará hasta el punto en que la alimentación se vuelva a restablecer, y así entra en operación el modo de igualación que permitirá la recarga de las baterías para que prevenir otra posible eventualidad en cualquier momento.

Los cargadores tienen las siguientes características:

Parámetro	Límites
<b>Tensión (Salida)</b>	48 – 60 VCD
<b>Tensión(Entrada)</b>	208 – 277 VCA
<b>Corriente (Entrada)</b>	15 – 20 A
<b>Potencia (Salida)</b>	3.6 kW
<b>Cortocircuito</b>	75 A
<b>Frecuencia</b>	50 – 60 Hz

### 7.4.3 Distribuidor de Cargas

El distribuidor de cargas es el rack donde se encuentran los termomagnéticos de los equipos a los cuales se alimentarán los Servicios de C.D. que salgan del banco de baterías. Tiene la capacidad de treinta termomagnéticos para tener conectados los equipos de Comunicaciones.

Por el momento se tienen conectados diez equipos. Seis por parte de Transmisión:

Fuente 1 (EC1)  
 Fuente 2 (EC2)  
 Comunicaciones Unificadas  
 GARD 8000  
 SWT 3000  
 Convertidor de Medios PEN – KCR

Mientras que por parte de Distribución se tienen los siguientes equipos conectados:

SW RUDGERCOM  
 Multiplexor 1  
 Multiplexor 2  
 Switch

### 7.5 Comunicaciones Unificadas

Las Comunicaciones Unificadas están formadas por:

- Catalyst 3560G
- ASA 5505
- Cisco 2800 Series

#### Catalyst 3560G

Es una línea de configuración fija, switch de clase empresarial. Es un switch que permitirá al usuario una conexión LAN, con aplicaciones para el teléfono IP (Microondas), acceso inalámbrico, vigilancia por video. Además de poder restringir el acceso. También servirá para la simplificación en la administración de los switches, routers, y los puntos de acceso inalámbrico.

El Catalyst 3560G de 8 puertos PoE y 24 PoE configurables pueden soportar 8 y 24 puertos PoE simultáneamente a una potencia de 15.4W para una entrega máxima de potencia del dispositivo.

El sistema provee una velocidad de 1000Mbps, un bando de ancha necesario para la más alta demanda en la red, permitiendo videoconferencias. Tiene un sistema de respaldo, además de las últimas actualizaciones de virus que son entregadas directamente del proveedor, CISCO. Provee los medios de una escala inteligente para una productividad máxima y una protección eficiente.

En cuanto a seguridad, el Catalyst 3560G ofrece un amplio rango de seguridad, que nos permitirá proteger información importante, mantener a personal no autorizado fuera de la red, privacidad, y mantener una operación ininterrumpida.

Además se provee de autenticación especial llamada Identity Based Networking Services (IBNS) que permite el control del acceso, administración de políticas de seguridad para la seguridad de la red, la conectividad y los recursos. También previene del acceso sin autorización y ayuda a los usuarios a asegurar los privilegios designados. Se puede utilizar el protocolo 802.1x y el ACS (Access Control Server) para que se puedan asignar a los usuarios accesos VLAN mediante una autenticación, independientemente de donde se conecte a la red el usuario.

Para evitar el acceso denegado del servicio y de otro tipo de ataques, se puede restringir el acceso a ciertas porciones de la red, denegando el acceso a paquetes basados en la fuente y el destino de la dirección MAC, direcciones IP, y otros puertos.

Los puertos de seguridad se pueden usar para limitar el acceso en un puerto base Ethernet en la dirección MAC del dispositivo que es conectado. Se puede usar también para limitar el número total de dispositivos conectados a un Puerto del switch , por lo que se protege de un posible ataque a la dirección MAC y reduce el riesgo de acceso a personas restringidas.

#### ASA 5505

El ASA 5505 es un dispositivo de Aplicación Adaptivo de Seguridad que permite altos niveles de seguridad y de defensa contra las amenazas en la red con una inspección más profunda y un análisis específico, que mejora la seguridad de la conectividad mediante una validación de pinto final de seguridad, y voz y video mediante VPN.

También provee un soporte aumentado de inteligencia en la red a través de una integración mejorada en la red, además de flexibilidad y ajustable. El adaptador combina firewall, un concentrador VPN, y la funcionalidad de prevención de intrusión de software dentro de una imagen del software.

#### Cisco 2800

Este dispositivo es el router con el que cuenta la Subestación Pensador Mexicano, y se encargará de la interconexión de las redes y permitirá asegurar que los datos se entreguen y reciban de manera correcta.

## Capítulo 8

# Procedimientos de Maniobras

### 8. Maniobras

Una maniobra es la ejecución o acción del personal u operador de subestación el cuál manipula un grupo de equipos de seccionamiento en forma manual ,eléctrico o remoto eléctrico, esto con el fin de poder librar un equipo de la subestación para realizar trabajos de mantenimiento o inspección o debido a alguna falla que se pueda presentar.

Existen diferentes tipos de maniobras de acuerdo a como se presentan en el sistema o en la subestación.

Primero, las maniobras de equipo en operación normal se refiere a que cuando se requiera librar algún equipo de la subestación, estos trabajos son programados ya sea por mantenimiento o por ajustes que se puedan realizar en el equipo.

Segundo, las maniobras de equipo en operación anormal se refiere a que cuando exista alguna falla dentro de la subestación, y se requieran realizar transferencias de la carga o librar dicho equipo para que no contribuya a la falla o simplemente esté conectado directamente al sistema, se pueden realizar estas maniobras y así quedar libre de falla el resto del equipo.

Por ultimo las maniobras de equipo en operación de restablecimiento se refiere a uno o varios equipos que estuvieron con trabajos programados se requieran energizar de nuevo y así lograr agregarse al sistema eléctrico.

Las maniobras se realizan de acuerdo al reglamento de seguridad e higiene y al reglamento de despacho y operación del Sistema Eléctrico Nacional.

Toda maniobra debe estar verificada y validada por el personal de operación. Es decir que tanto el operador de la SACN o del CORD Verónica deben de estar de acuerdo con el Operador de la Subestación para poder proceder con la maniobra, en dado caso de no estar totalmente de acuerdo alguna de las dos partes, comentarlas para llegar a un acuerdo.

Las maniobras requeridas para librar y volver a poner en servicio un equipo después que estuvo bajo licencia deberán ejecutarse, invariablemente, apegándose a los lineamientos establecidos en este manual, en su Capítulo de Maniobras y que dichas maniobras son validadas por la SACN y el CORD Verónica.

Es necesario que se cuente en cada sala de control de subestación con un Manual de operación que apoye incluso en caso de colapso de energía o red. Un relatorio actual identificado perfectamente, numerado y con copia de preferencia y una PC con impresora y UPS con acceso a SIRELI/RELIEVE, SICLE, ISO Archiever, Intranet, correo electrónico etc.

#### 8.1 Operación en caso de falta de potencial en la subestación

Se recuerda que en caso de disturbio, todas las comunicaciones deben de estar disponibles para facilitar la comunicación del ingeniero de sistema con las plantas o subestaciones. Si en el momento de ocurrir un disturbio la SACN está en comunicación con otra

persona o las comunicaciones se encuentran ocupadas, estas deberán ser desocupadas de inmediato y puestas a disposición de operación sistema.

### **CASO I – FALTA DE POTENCIAL SIN HABER OPERADO PROTECCIÓN ALGUNA**

- Comunicarse con la SACN para indicarles que se encuentra la Subestación sin potencial. Esperar la indicación de la SACN en caso de tener que realizar alguna maniobra.
- En caso de que sea necesario desconectar todos los alimentadores por alguna contingencia, se tiene que estar pendiente del momento en que llegue el potencial; cuando esto suceda reconectar los alimentadores que se desconectaron. La reconexión de los alimentadores debe espaciarse 10 segundos entre cada uno.
- Avisar a los operadores del CEMODAT, así como a la Guardia Técnica del Sector Centro Norte.

### **CASO II – FALTA DE POTENCIAL HABIENDO OPERADO ALGUNA PROTECCIÓN DENTRO DE LA SUBESTACIÓN**

- Si opero alguna protección de alimentador de 23 kV, se deberá de comunicar el operador en turno al CORD Verónica, y esperara a que dicho operador le diga las maniobras a seguir, esto dependiendo del daño que haya ocurrido en campo. Se debe de dar informe en este caso a la Guardia Técnica del Sector Centro Norte.
- Si operó alguna protección de barra, el banco o cables de 230 kV, avisar a la SACN, y comunicarle la protección operada y esperar las indicaciones de los mismos.

### **Recomendaciones Para el Desarrollo de las Maniobras**

- Verifique que el equipo muestre su nomenclatura.
- Verifique que la nomenclatura esté de acuerdo con la Norma de LyF y/o CFE.
- Verifique que la nomenclatura del equipo concuerde con el diagrama unifilar.
- Antes de realizar alguna maniobra en la subestación, verificar los pasos dictados por la SACN o por el CORD Verónica, para lo cual ayudará demasiado el conocimiento que se tenga del equipo, confirme la nomenclatura de todo el equipo que interviene en la misma. En caso de no estar de acuerdo en algún punto, comentarlo con el Operador.

## 8.2 Librar cable de potencia 93070 (PEN-KCR)

8.2.1 La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-MER 2, y la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN- KCR operando en vacío desde la S.E. KCR, abierto el interruptor 53 PEN (93070), y las cuchillas 93S PENS (93079) cerradas. Y los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando.

Tomando en cuenta estas condiciones:

### 1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrada cuchilla 93S MERC 2 (93089)

### 2.- MANIOBRAS:

- Abrir cuchillas 93S PENS (93079)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S PENS (93079). Así mismo, colocar el selector de mando del interruptor (93070) en modo local.

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PENS-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93079). Colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo remoto.

- Cerrar 93S PENS (93079)

De esta manera se regresa a las condiciones a las que normalmente se encuentra la Subestación Pensador Mexicano.

8.2.2 En dado caso que la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación tanto de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-MER 2 como de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-KCR. Los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando.

Tomando en cuenta estas condiciones:

1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrada cuchilla 93S MERC 2 (93089)

2.- MANIOBRAS:

- Abrir interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir cuchillas 93S PENS (93079)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S PENS (93079). Así mismo, colocar el selector de mando del interruptor (93070) en modo local.

3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PENS-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93079). Colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo remoto.

- Cerrar 93S PENS (93079)
- Cerrar 53 PENS (93070)

De esta manera se regresa a las condiciones en las que la Subestación Pensador Mexicano se podría encontrar, que por lo general se tiene alimentación de ambos lados en caso de haber maniobra en la S.E. Merced o en la S.E. Jamaica, la cual alimenta a la S.E. Merced.

8.2.3 Si la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-KCR, y la línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PEN-MER 2 operando en vacío desde la S.E. Merced, abierto en S.E Pensador, el interruptor 53 MER 2 (93080) abierto, y las cuchillas 93S MERC 2 (93089) cerradas. Y Los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando.

Tomando en cuenta estas condiciones:

1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrada cuchilla 93S PENS (93079)

2.- MANIOBRAS:

- Cerrar interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Abrir interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir cuchillas 93S PENS (93079)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S PENS (93079). Así mismo, colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo local.

3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PENS-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93079). Colocar el selector de mando del interruptor en modo remoto.

- Cerrar cuchilla 93S PENS (93079)
- Cerrar interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir 53 MERC 2 (93080)

De esta manera se regresa a las condiciones en las que se podría encontrar la Subestación Pensador Mexicano.

**Nota: Cabe señalar que si se quiere librar para dar mantenimiento, tanto al interruptor 53 PENS (93070) y/o a la cuchilla 93S PENS (93079), se siguen las mismas maniobras, teniendo en cuenta que se tiene que colocar equipo de puesta a tierra en el equipo en el que se trabajará.**

### 8.3 Librar cable de potencia 93080 (PEN-MER II)

8.3.1 La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-MER 2, y la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN- KCR operando en vacío desde la S.E. KCR, abierto el interruptor 53 PEN (93070), y las cuchillas 93S PENS (93079) cerradas. Y los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando

Tomando en cuenta estas condiciones:

#### 1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrada cuchilla 93S MERC 2 (93089)

#### 2.- MANIOBRAS:

- Cerrar 53 PENS (93070)
- Abrir 53 MERC 2 (93080)
- Abrir 93S MERC 2 (93089)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S MERC 2 (93089). Así mismo, colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo local.

#### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PEN-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93089). Colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto.

- Cerrar 93S MERC 2 (93089)
- Cerrar 53 MERC 2 (93080)
- Abrir 53 PENS (93070)

De esta manera queda se regresa a las condiciones a las que normalmente se encuentra la Subestación Pensador Mexicano.

8.3.2 En dado caso que la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación tanto de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-MER 2 como de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-KCR. Y los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando.

Tomando en cuenta estas condiciones:

1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrada cuchilla 93S PENS (93079)

2.- MANIOBRAS:

- Abrir 53 MERC 2 (93080)
- Abrir 93S MERC 2 (93089)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S MERC 2 (93089). Así mismo, colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo local.

3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PEN-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93079). Colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto.

- Cerrar MERC 2 (93079)
- Cerrar MERC 2 (93070)

De esta manera se regresa a las condiciones a las que la Subestación Pensador Mexicano se podría encontrar, que por lo general se tiene alimentación de ambos lados en caso de haber maniobra en la S.E. Merced o en la S.E. Jamaica, la cual alimenta a la S.E. Merced.

8.3.3 Si la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PEN-KCR, y la línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PEN-MER 2 operando en vacío desde la S.E. Merced, abierto en S.E Pensador, el interruptor 53 MERC 2 (93080) abierto, y las cuchillas 93S MERC 2 (93089) cerradas. Y Los transformadores T-221A (T01) y T-221C (T03) operando.

Tomando en cuenta estas condiciones:

1.- VERIFICAR:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrada cuchilla 93S PENS (93079)

2.- MANIOBRAS:

- Abrir 93S MERC 2 (93089)

Bloquear de forma mecánica y eléctrica cuchillas 93S MERC 2 (93089). Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo local.

3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR CABLE DE POTENCIA PENS-KCR:

Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93S PENS (93079). Colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto.

- Cerrar 93S MERC (93079)

De esta manera se regresa a las condiciones a las que se podría encontrar la Subestación Pensador Mexicano.

**Nota: Cabe señalar que si se quiere librar para dar mantenimiento, tanto al interruptor 53 MERC 2 (93080) y/o a la cuchilla 93S MERC 2 (93089), se siguen las mismas maniobras, teniendo en cuenta que se tiene que colocar equipo de puesta a tierra en el equipo en el que se trabajará.**

## 8.4 Librar banco de transformación T-01 (T221A)

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR EL BANCO T221A (T01):

NOTA: ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES DE ENLACE NO SON RECONOCIDOS.

- Cerrar interruptor 52-1 T221B (59015)
- Cerrar interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-1 T221A (52015)
- Abrir interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221A (T01) haya dejado de tomar carga.
- Abrir interruptor 53 T221A (92010)
- Abrir cuchillas 93B T221A (92011)
- Bloquear cuchillas 93B T221A (92011) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando de manera local.
- Sacar de gabinete 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete 52-2 T221A (50T25)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221A (T01).
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR EL BANCO T221A (T01):

- Quitar equipo de puesta a tierra

- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221A (92011). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) a modo remoto.
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221A (T01).
- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Cerrar cuchillas 93S T221A (92011)
- Cerrar Interruptor 53 T221A (92010)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja.

- Cerrar el interruptor 52-1 T221A (52015)
- Cerrar el interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el transformador haya tomado carga.
- Abrir interruptor 52-1 T221B (59015)
- Abrir interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que el transformador T221A (T01) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío.

De esta manera se concluye la libranza y la normalización del banco T221A (T01)

**NOTA: Se sigue el mismo procedimiento para librar interruptor 53 T221A (92010), cuchillas 93B T221A (92011). Es importante colocar equipo de puesta a tierra en los lugares donde se vaya a trabajar.**

## 8.5 Librar banco de transformación T-03 (T221C)

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar abierto interruptor 52-3 T221B (59035)
- Verificar abierto interruptor 52-4 T221B (59045)

### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR EL BANCO T221C (T03):

NOTA: ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

- Cerrar interruptor 52-3 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-3 T221C (52035)
- Abrir interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221C (T03) haya quedado en vacío
- Abrir interruptor 53 T221C (92030)
- Abrir cuchillas 93B T221C (92031)
- Bloquear cuchillas 93B T221C (92031) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) de manera local
- Sacar de gabinete 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete 52-4 T221C (50T35)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221C (T03)
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR EL BANCO T221C (T03):

- Quitar equipo de puesta a tierra

- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221C (92031). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221C (T03)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Cerrar cuchillas 93S T221C (92031)
- Cerrar Interruptor 53 T221C (92030)
- De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja
- Cerrar el interruptor 52-3 T221C (52035)
- Cerrar el interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el transformador haya tomado carga
- Abrir interruptor 52-3 T221B (59035)
- Abrir interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que el transformador T221C (T03) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío

De esta manera se concluye la libranza y la normalización del banco T221C (T03)

**NOTA: Se sigue el mismo procedimiento para librar interruptor 53 T221C (92030), cuchillas 93B T221C (92031). Es importante colocar equipo de puesta a tierra en los lugares donde se vaya a trabajar.**

## 8.6 Librar banco de transformación T-02 (T221B)

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV.

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A(52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (52035)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar abierto interruptor 52-3 T221B (59035)
- Verificar abierto interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar cerrado interruptor 53 T221A (92010)
- Verificar cerrado interruptor 53 T221C (92030)

### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR EL BANCO T221B (T02):

NOTA: ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

- Abrir el interruptor 53 T221B (92020)
- Abrir cuchillas 93S T221B (92021)
- Fuera de gabinete 52-1 T221B (59015)
- Fuera de gabinete 52-2 T221B (59025)
- Fuera de gabinete 52-3 T221B (59035)
- Fuera de gabinete 52-4 T221B (59045)
- Bloquear cuchillas 93B T221B (92031) mecánica y eléctrica y colocar el selector de mando del interruptor 53T221B(92020) en modo local
- Bloquear TP's de medición de medición correspondientes al T221B (T02)
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR EL BANCO T221B (T2):

- Quitar el equipo de puesta a tierra
- Quitar bloqueo de TP's de medición de medición correspondientes al T221B (T02)
- Quitar bloqueo de cuchillas 93B T221B (92031) mecánico y eléctrico y colocar el selector de mando del interruptor 53T221B(92020) en modo remoto

- Dentro de gabinete 52-1 T221B (59015)
- Dentro de gabinete 52-2 T221B (59025)
- Dentro de gabinete 52-3 T221B (59035)
- Dentro de gabinete 52-4 T221B (59045)
- Cerrar cuchillas 93S T221B (92021)
- Cerrar el interruptor 53 T221B (92020)

De esta manera queda el banco en vacío y de manera normal, quedando en condiciones para tomar la carga de cualquiera de los otros dos bancos en caso de requerirlo.

**NOTA: Se sigue el mismo procedimiento para librar interruptor 53 T221B (92020), cuchillas 93B T221B (92021). Es importante colocar equipo de puesta a tierra en los lugares donde se vaya a trabajar.**

## 8.7 Seccionar la barra de 230 kV

### 8.7.1 LIBRAR CUCHILLAS DE ENLACE 93EAB (92126)

- 8.7.1.1 La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV.

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

SE TRANSFIERE LA CARGA DEL T221A(T01) AL T221B (T02). ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

#### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

#### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93EAB (92126):

- Cerrar interruptor 52-1 T221B (59015)
- Cerrar interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-1 T221A (52015)
- Abrir interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221A (T01) haya dejado de tomar carga
- Abrir interruptor 53 T221A (92010)
- Abrir cuchillas 93B T221A (92011)
- Bloquear cuchillas 93B T221A (92011) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando de manera local
- Sacar de gabinete 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete 52-2 T221A (50T25)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221A (T01)
- Abrir cuchillas de enlace 93EAB (92126)
- Bloquear cuchillas eléctricamente
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93 EAB (92126):

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar bloqueo eléctrico de las cuchillas 93EAB (92126)
- Cerrar cuchillas de enlace 93EAB (92126)
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221A (92011). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221A (T01)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Cerrar cuchillas 93S T221A (92011)
- Cerrar Interruptor 53 T221A (92010)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja.

- Cerrar el interruptor 52-1 T221A (52015)
- Cerrar el interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el transformador haya tomado carga.
- Abrir interruptor 52-1 T221B (59015)
- Abrir interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que el transformador T221A (T01) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío.

De esta manera se concluye la libranza y la normalización de las cuchillas 93EBC (96236)

- 8.7.1.2 En dado caso que la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación tanto de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2 como de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-KCR.

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

SE TRANSFIERE LA CARGA DEL T221A(T01) AL T221B (T02). ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

#### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

#### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93EAB (92126):

- Abrir interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir cuchillas 93S PENS (93079)
- Bloquear cuchillas 93S PENS (93079), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo local.
- Cerrar interruptor 52-1 T221B (59015)
- Cerrar interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-1 T221A (52015)
- Abrir interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221A (T01) haya dejado de tomar carga.
- Abrir interruptor 53 T221A (92010)
- Abrir cuchillas 93B T221A (92011)
- Bloquear cuchillas 93B T221A (92011) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) de manera local
- Sacar de gabinete 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete 52-2 T221A (50T15)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221A (T01).
- Abrir cuchillas de enlace 93EAB (92126)
- Bloquear cuchillas eléctricamente
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93 EAB (92126):

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar bloqueo eléctrico de las cuchillas 93EAB (92126)
- Cerrar cuchillas de enlace 93EAB (92126)
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221A (92011). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221A (T01)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Cerrar cuchillas 93S T221A (92011)
- Cerrar Interruptor 53 T221A (92010)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja

- Cerrar el interruptor 52-1 T221A (52015)
- Cerrar el interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el transformador haya tomado carga
- Abrir interruptor 52-1 T221B (59015)
- Abrir interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que el transformador T221A (T01) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío
- Quitar bloqueo cuchillas 93S PENS (93079), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo remoto
- Cerrar cuchillas 93S PENS (93079)
- Cerrar interruptor 53 PENS (93070)

De esta manera se concluye la libranza y la normalización de las cuchillas 93EBC (96236), en dado caso que la S.E. se encuentre alimentada por ambos cables subterráneos de 230 kV.

- 8.7.1.3 Si la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-KCR, y la línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS-MERC2 operando en vacío desde la S.E. Merced, abierto en S.E Pensador, el interruptor 53 MERC 2 (93080) abierto, y las cuchillas 93S MERC 2 (93089) cerradas.

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

SE TRANSFIERE LA CARGA DEL T221A(T01) AL T221B (T02). ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

#### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar abierto interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

#### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93EAB (92126):

- Cerrar interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Abrir interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir cuchillas 93S PENS (93079)
- Bloquear cuchillas 93S PENS (93079), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo local.
- Cerrar interruptor 52-1 T221B (59015)
- Cerrar interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-1 T221A (52015)
- Abrir interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221A (T01) haya dejado de tomar carga.
- Abrir interruptor 53 T221A (92010)
- Abrir cuchillas 93B T221A (92011)
- Bloquear cuchillas 93B T221A (92011) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) de manera local
- Sacar de gabinete 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete 52-2 T221A (50T15)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221A (T01)
- Abrir cuchillas de enlace 93EAB (92126)

- Bloquear cuchillas eléctricamente
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93 EAB (92126):

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar bloqueo eléctrico de las cuchillas 93EAB (92126)
- Cerrar cuchillas de enlace 93EAB (92126)
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221A (92011). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221A (92010) a modo remoto.
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221A (T01).
- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Cerrar cuchillas 93S T221A (92011)
- Cerrar Interruptor 53 T221A (92010)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja.

- Cerrar el interruptor 52-1 T221A (52015)
- Cerrar el interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar que el transformador haya tomado carga.
- Abrir interruptor 52-1 T221B (59015)
- Abrir interruptor 52-2 T221B (59025)
- Verificar que el transformador T221A (T01) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío.
- Quitar bloqueo cuchillas 93S PENS (93079), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo remoto.
- Cerrar cuchillas 93S PENS (93079)
- Cerrar interruptor 53 PENS (93070)
- Quitar bloqueo de cuchillas 93S PENS (93079), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 PENS (93070) en modo local.
- Cerrar cuchillas 93S PENS (93079)
- Cerrar interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir interruptor 53 MERC 2 (93080)

De esta manera se concluye la libranza y la normalización de las cuchillas 93EBC (96236), en dado caso que la S.E. se encuentre alimentada por el cable subterráneo PENS-KCR de 230 kV.

## 8.7.2 LIBRAR LA CUCHILLA 93EBC (96236)

- 8.7.2.1 La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

ES NECESARIO TRANSFERIR LA CARGA AL BANCO T221B, ASÍ COMO CERRAR EL CABLE PENS-KCR, POR LO QUE ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar abierto interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar abierto interruptor 52-3 T221B (59035)
- Verificar abierto interruptor 52-4 T221B (59045)

### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR EL BANCO T221C (T03):

- Cerrar 53 PENS (93070)
- Abrir 53 MERC 2 (93080)
- Abrir 93S MERC2 (93089)
- Bloquear cuchillas, mecánica y eléctricamente, 93S MERC 2 (93080). Así como colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93089) en modo local
- Cerrar interruptor 52-3 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-3 T221C (52035)
- Abrir interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221C (T03) haya quedado en vacío
- Abrir interruptor 53 T221C (92030)
- Abrir cuchillas 93B T221C (92031)
- Bloquear cuchillas 93B T221C (92031) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) de manera local.
- Sacar de gabinete 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete 52-4 T221C (50T35)

- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221C (T03).
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR EL BANCO T221C (T03):

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221C (92031). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221C (T03)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Cerrar cuchillas 93S T221C (92031)
- Cerrar Interruptor 53 T221C (92030)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja

- Cerrar el interruptor 52-3 T221C (52035)
- Cerrar el interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el transformador haya tomado carga
- Abrir interruptor 52-3 T221B (59035)
- Abrir interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que el transformador T221C (T03) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío
- Quitar bloqueo cuchillas, mecánica y eléctricamente, 93S MERC 2 (93089). Así como colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto
- Cerrar 93S MERC2 (93089)
- Cerrar 53 MERC2 (93080)
- Abrir 53 PENS (93070)

De esta manera se concluye la libranza y la normalización de las cuchillas de enlace 93EBC(96236)

- 8.7.2.2 En dado caso que la Subestación Pensador Mexicano operara con alimentación tanto de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2 como de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-KCR.

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV.

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

SE TRANSFIERE LA CARGA DEL T221C(T03) AL T221B (T02). ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

#### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrado interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221C (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221C (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

#### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93EBC (96236):

- Abrir 53 MERC 2 (93080)
- Abrir 93S MERC2 (93089)
- Bloquear cuchillas, mecánica y eléctricamente, 93S MERC 2 (93080). Así como colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93089) en modo local
- Cerrar interruptor 52-3 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-3 T221C (52035)
- Abrir interruptor 52-4 T221A (50T35)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221C (T03) haya quedado en vacío
- Abrir interruptor 53 T221C (92030)
- Abrir cuchillas 93B T221C (92031)
- Bloquear cuchillas 93B T221C (92031) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) de manera local
- Sacar de gabinete 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete 52-4 T221C (50T35)
- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221C (T03).
- Abrir cuchillas de enlace 93EBC (96236)
- Bloquear cuchillas eléctricamente
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR LAS CUCHILLAS DE ENLACE 93 EAB (96236)

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar bloqueo eléctrico de las cuchillas 93EBC (96236)
- Cerrar cuchillas de enlace 93EBC (96236)
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221C (92031). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221C (T03).
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Cerrar cuchillas 93S T221C (92031)
- Cerrar Interruptor 53 T221C (92030)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja

- Cerrar el interruptor 52-3 T221C (52035)
- Cerrar el interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el transformador haya tomado carga
- Abrir interruptor 52-3 T221B (59035)
- Abrir interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que el transformador T221C (T03) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío
- Quitar bloqueo de cuchillas 93S MERC2 (93089), eléctrica y mecánicamente. Así mismo colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC2 (93080) en modo remoto
- Cerrar cuchillas 93S MERC 2 (93089)
- Cerrar interruptor 53 MERC 2 (93080)

De esta manera se concluye la libranza y la normalización de las cuchillas 93EBC (96236), en dado caso que la S.E. se encuentre alimentada por ambos cables subterráneos de 230 kV.

- 8.7.2.3 Si la Subestación Pensador Mexicano opera con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS - KCR. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS - MERC 2 operando en vacío desde la S.E Merced, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 MERC 2 (93080).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja ((59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

SE TRANSFIERE LA CARGA DEL T221C(T03) AL T221B (T02). ES IMPORTANTE PONER EL SELECTOR DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN POSICIÓN MANUAL PARA PODER HACER LA TRANSFERENCIA DE CARGA AL BANCO T221B (T02), YA QUE SI SE TIENE EN AUTOMÁTICO, LOS MANDOS QUE SE LE DEN A LOS INTERRUPTORES NO SON RECONOCIDOS.

#### 1.- VERIFICAR CONDICIONES INICIALES:

- Verificar cerrado interruptor 53 T221B (92020)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar abierto interruptor 52-3 T221B (59035)
- Verificar abierto interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar cerrado interruptor 53 PENS (93070)
- Verificar cerrada cuchilla 93SPENS (93079)

#### 2.- MANIOBRAS PARA LIBRAR EL BANCO T221C (T03):

- Cerrar interruptor 53 PENS (93070)
- Abrir interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Abrir cuchilla 93S MERC 2 (93979)
- Bloquear mecánica y eléctricamente cuchillas 93S MERC 2 (93079). Así también colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto.
- Cerrar interruptor 52-3 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que tome carga el T221B (T02)
- Abrir interruptor 52-3 T221C (52035)
- Abrir interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el T221B (T02) haya tomado toda la carga y el T221C (T03) haya quedado en vacío.
- Abrir interruptor 53 T221C (92030)
- Abrir cuchillas 93B T221C (92031)
- Bloquear cuchillas 93B T221C (92031) de manera mecánica y eléctrica. Así también, colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) de manera local
- Sacar de gabinete 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete 52-4 T221C (50T35)

- Bloquear TP's de medición de 23 kV correspondientes al banco T221C (T03)
- Abrir 93 EBC (96236)
- Colocar equipo de puesta a tierra

### 3.- MANIOBRAS PARA NORMALIZAR EL BANCO T221C (T03):

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Cerrar 93 EBC (96236)
- Quitar el bloqueo mecánico y eléctrico de las cuchillas 93B T221C (92031). Así también como colocar el selector de mando del interruptor 53 T221C (92030) a modo remoto
- Quitar bloqueo de TP's de medición de 23 kV correspondientes al T221C (T03)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Cerrar cuchillas 93S T221C (92031)
- Cerrar Interruptor 53 T221C (92030)

De esta manera, el transformador queda en vacío, y se procede a cerrar interruptores de baja.

- Cerrar el interruptor 52-3 T221C (52035)
- Cerrar el interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar que el transformador haya tomado carga.
- Abrir interruptor 52-3 T221B (59035)
- Abrir interruptor 52-4 T221B (59045)
- Verificar que el transformador T221C (T03) haya tomado la carga que llevaba el transformador T221B (T02), y que éste, haya quedado en vacío.
- Quitar bloqueo mecánica y eléctricamente cuchillas 93S MERC 2 (93079). Así también colocar el selector de mando del interruptor 53 MERC 2 (93080) en modo remoto
- Cerrar cuchilla 93S MERC 2 (93989)
- Cerrar interruptor 53 MERC 2 (93080)
- Abrir interruptor 53 PENS (93070)

## 8.8 Librar una barra de 23 kV

### 8.8.1 Barra 1

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

Los servicios propios de la S.E. se encuentran conectados a la Barra 1 de 23 kV, y lleva el nombre de T20A. Se cuenta con un transformador de respaldo conectado a la barra 3 de 23 kV, que lleva por nombre T20C.

#### 1.- Verificar Condiciones Iniciales

- Verificar cerrado interruptor 53 T221A (92010)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-1 T221B (59015)

#### 2.- Maniobras para librar la barra 1

- Cambiar transformador de servicios propios del T20A al T20C
- Abrir interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Abrir interruptor 52-1 Red 72 (53015)
- Abrir interruptor 52-1 Red 73 (53025)
- Abrir interruptor 52-1 Red 74 (53035)
- Abrir interruptor 52-1 Red 75 (53045)
- Abrir interruptor 52-1 Red 76 (53055)
- Abrir interruptor 52-1 Pen 21 (53065)
- Abrir interruptor 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 72 (53015)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 73 (53025)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 74 (53035)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 75 (53045)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Red 76 (53055)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 Pen 21 (53065)
- Sacar de gabinete interruptor 52-1 T221B (59015)
- Colocar equipo puesta a tierra

#### 3.- Maniobras para normalizar la barra 1

- Quitar equipo puesta a tierra

- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221A (52015)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 72 (53015)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 73 (53025)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 74 (53035)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 75 (53045)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Red 76 (53055)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 Pen 21 (53065)
- Meter a gabinete interruptor 52-1 T221B (59015)
- Cerrar interruptor 52-1 T221A (52015)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 72 (53015)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 73 (53025)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 74 (53035)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 75 (53045)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 76 (53055)
- Cerrar interruptor 52-1 Pen 21 (53065)
- Cambiar transformador de servicios propios del T20C al T20A

### 8.8.2 Barra 2

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

Los servicios propios de la S.E. se encuentran conectados a la Barra 1 de 23 kV, y lleva el nombre de T20A. Se cuenta con un transformador de respaldo conectado a la barra 3 de 23 kV, que lleva por nombre T20C.

#### 1.- Verificar Condiciones Iniciales

- Verificar cerrado interruptor 53 T221A (92010)
- Verificar cerrado interruptor 52-1 T221A (52015)
- Verificar cerrado interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Verificar abierto interruptor 52-2 T221B (59025)

#### 2.- Maniobras para librar la barra 2

- Abrir interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Abrir interruptor 52-2 Red 72 (50015)
- Abrir interruptor 52-2 Red 73 (50025)
- Abrir interruptor 52-2 Red 74 (50035)
- Abrir interruptor 52-2 Red 75 (50045)
- Abrir interruptor 52-2 Red 76 (50055)
- Abrir interruptor 52-2 5 de Mayo (53155)
- Abrir interruptor 52-2 T221A (59025)
- Sacar de gabinete 52-2 T221A (52015)
- Sacar de gabinete 52-2 T221B (59025)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 72 (50015)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 73 (50025)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 74 (50035)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 75 (50045)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 Red 76 (50055)
- Sacar de gabinete interruptor 52-2 5 de Mayo (53155)
- Colocar equipo puesta a tierra

#### 3.- Maniobras para normalizar la barra 2

- Quitar equipo puesta a tierra
- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 72 (50015)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 73 (50025)

- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 74 (50035)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 75 (50045)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 Red 76 (50055)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 5 de Mayo (53155)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Meter a gabinete interruptor 52-2 T221B (59025)
- Cerrar interruptor 52-2 T221A (50T15)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 72 (50015)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 73 (50025)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 74 (50035)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 75 (50045)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 76 (50055)
- Cerrar interruptor 52-2 5 de Mayo (53155)

### 8.8.3 Barra 3

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

Los servicios propios de la S.E. se encuentran conectados a la Barra 1 de 23 kV, y lleva el nombre de T20A. Se cuenta con un transformador de respaldo conectado a la barra 3 de 23 kV, que lleva por nombre T20C.

#### 1.- Verificar Condiciones Iniciales

- Verificar cerrado interruptor 53 T221C (92030)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar abierto interruptor 52-3 T221B (59035)

#### 2.- Maniobras para librar la barra 3

- Abrir interruptor 52-3 Red 51 (53085)
- Abrir interruptor 52-3 Red 52 (53095)
- Abrir interruptor 52-3 Red 53 (53105)
- Abrir interruptor 52-3 Red 54 (53115)
- Abrir interruptor 52-3 Red 55 (53125)
- Abrir interruptor 52-3 Red 56 (53135)
- Abrir interruptor 52-3 Pen 22 (53075)
- Abrir interruptor 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 T221B (59035)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 51 (53085)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 52 (53095)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 53 (53105)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 54 (53115)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 55 (53125)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Red 56 (53135)
- Sacar de gabinete interruptor 52-3 Pen 22 (53075)
- Colocar equipo puesta a tierra

#### 3.- Maniobras para normalizar la barra 3

- Quitar equipo puesta a tierra
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 51 (53005)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 52 (53015)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 53 (53025)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 54 (53035)

- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 55 (53045)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Red 56 (53055)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 Pen 22 (53065)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221C (52035)
- Meter a gabinete interruptor 52-3 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-3 T221C (52035)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 51 (53085)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 52 (53095)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 53 (53105)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 54 (53115)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 55 (53125)
- Cerrar interruptor 52-3 Red 56 (53135)
- Cerrar interruptor 52-3 Pen 22 (53085)

#### 8.8.4 Barra 4

La Subestación Pensador Mexicano opera normalmente con alimentación a través de la Línea de Transmisión Subterránea de 230 kV PENS-MERC 2. La Línea de Transmisión Subterránea en 230 kV PENS- KCR operando en vacío desde la S.E. Kilómetro Cero, abierto en S.E Pensador Mexicano, interruptor 53 PENS (93070).

Los Transformadores T-221A (T01) alimentando por el lado de baja a las barras 1 y 2 de 23 kV, y el T-221C (T03) alimentando por el lado de baja a las barras 3 y 4 de 23 kV,

Mientras que el interruptor T-221B (T02) funge como comodín, operando en vacío. Sus interruptores, llamados de enlace, se mantienen abiertos en el lado de baja (59015 o 52-1 T221B, 59025 o 52-2 T221B, 59035 o 52-3 T221B, 59045 o 52-4 T221B), y pueden alimentar a las 4 barras.

Los servicios propios de la S.E. se encuentran conectados a la Barra 1 de 23 kV, y lleva el nombre de T20A. Se cuenta con un transformador de respaldo conectado a la barra 3 de 23 kV, que lleva por nombre T20C.

##### 1.- Verificar Condiciones Iniciales

- Verificar cerrado interruptor 53 T221C (92030)
- Verificar cerrado interruptor 52-3 T221C (52035)
- Verificar cerrado interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Verificar abierto interruptor 52-4 T221B (59045)

##### 2.- Maniobras para librar la barra 2

- Abrir interruptor 52-4 Red 51 (50085)
- Abrir interruptor 52-4 Red 52 (50095)
- Abrir interruptor 52-4 Red 53 (50105)
- Abrir interruptor 52-4 Red 54 (50115)
- Abrir interruptor 52-4 Red 55 (50135)
- Abrir interruptor 52-4 Red 56 (50135)
- Abrir interruptor 52-4 Pen 22 (50075)
- Abrir interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 T221B (59045)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 51 (53085)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 52 (53095)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 53 (53105)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 54 (53115)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 55 (53135)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Red 56 (53135)
- Sacar de gabinete interruptor 52-4 Pen 22 (53075)
- Colocar equipo puesta a tierra

##### 3.- Maniobras para normalizar la barra 4

- Quitar equipo puesta a tierra
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 51 (50085)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 52 (50095)

- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 53 (50105)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 54 (50115)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 55 (50125)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Red 56 (50135)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 Pen 22 (50085)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221C (52045)
- Meter a gabinete interruptor 52-4 T221B (59035)
- Cerrar interruptor 52-4 T221C (50T35)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 51 (53085)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 52 (53095)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 53 (53105)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 54 (53115)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 55 (53125)
- Cerrar interruptor 52-4 Red 56 (53135)
- Cerrar interruptor 52-4 Pen 22 (53085)

## 8.9 Librar un alimentador de 23 kV

Como ya se mencionó anteriormente, el arreglo de la S.E. Pensador Mexicano en la sección de 23 kV, es un arreglo de doble barra con doble interruptor. De tal manera que para poder librar un alimentador, es necesario que ambos interruptores del alimentador se abran, y así también desenclavar ambos interruptores.

Por ejemplo, para librar el alimentador Red 71

### 1.- Verificar condiciones iniciales

- Cerrado interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Cerrado interruptor 52-2 Red 71 (50005)

### 2.- Maniobras para librar el interruptor

- Abrir interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Abrir interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Desenclavar interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Desenclavar interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Hacer prueba de detección de potencial
- Colocar cuchilla de puesta a tierra 53007
- Aterrizar a tierra el equipo

### 3.- Maniobras para restablecer el interruptor

- Quitar equipo de puesta a tierra
- Quitar cuchilla de puesta a tierra 53007
- Enclavar interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Enclavar interruptor 52-2 Red 71 (50005)
- Cerrar interruptor 52-1 Red 71 (53005)
- Cerrar interruptor 52-2 Red 71 (50005)

**El mismo procedimiento se seguirá para poder librar cualquier otro alimentador. A excepción de los alimentadores que simplemente tengan conexión en una barra.**

### 8.10 Procedimiento para bombear aceite entre los dos extremos de un cable de potencia de 230 kV.

Para facilitar la descripción, se hace referencia a los extremos del cable denominados Subestación A y Subestación B. En cada Subestación se cuenta con una caseta con los controles necesarios para el control de aceite, con el fin de mantener las presiones dentro de sus límites ( $11\text{kg/cm}^2 < \text{Presión Aceite} < 17\text{kg/cm}^2$ ). Se genera disparo por baja presión de aceite a los  $8.6\text{ kg/cm}^2$ . Además se cuenta con controles y mediciones para mantener la presión de nitrógeno dentro de sus límites ( $0.2\text{ kg/cm}^2 < \text{Presión de Nitrógeno} < 0.7\text{kg/cm}^2$ ), el cual también está contenido en la misma tubería que contiene el cable de potencia inmerso en aceite.

El bombeo de aceite de un extremo al otro se realiza por alta o por baja presión de aceite en uno de los extremos, esto regularmente implica condición contraria de presión en el otro extremo del cable.

Antes de iniciar las actividades para bombear aceite del extremo B (con alta presión) hacia el extremo A (con baja presión).

- a. Se deben tomar lecturas de volumen de aceite, presión de aceite y presión de nitrógeno en ambos extremos.
- b. Se debe acordar entre los operadores de ambos extremos, los valores de presión (o en su caso los valores de volumen de aceite, normalmente 6000 litros para cables de 230 kV) a que pretenden ajustar en las estaciones de bombeo, lo cual se logrará al concluir las actividades.
- c. El extremo que presenta problemas debe comunicarse con la SACN para que le otorguen licencia para trabajar en bombeo de aceite.

Suponiendo que el extremo A tiene baja presión de aceite, se realizan las actividades siguientes. Y solamente hasta que ambos extremos hayan concluido el mismo punto de la secuencia se inicia el siguiente punto.

Extremo A	Extremo B
Bloquear la cuchilla de disparo por baja presión mediante el selector en la consola de bombeo	Bloquear la cuchilla de disparo por baja presión mediante el selector en la consola de bombeo
Pasar el swith S1 (selector de operación) de su posición automático a la posición fuera	Pasar el swith S1 (selector de operación) de su posición automático a la posición manual (bombee aceite hacia el otro lado)
Abrir ligeramente la válvula de "by pass" V3 vigilando el manómetro de presión de aceite, en caso de bajar al valor crítico cerrar ligeramente V3	No aplica
Vigilar que no haya alta presión de N <sub>2</sub> , en caso de presentarse ésta, liberar presión mediante la válvula V29 hasta dejarlo normal	No aplica
Si ya se logró el valor de presión acordado previamente entre los extremos. Proceder a normalizar los controles. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar válvula V3</li> <li>• Poner S1 en posición automático</li> <li>• Desbloquear la cuchilla de disparo</li> </ul>	Si ya se logró el valor de presión acordado previamente entre los extremos. Proceder a normalizar los controles. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner S1 en posición automático</li> <li>• Desbloquear la cuchilla de disparo por baja presión de aceite</li> </ul>

por baja presión de aceite	
----------------------------	--

Puede ser que al estar bombeando aceite, se presente una alta presión de nitrógeno en la consola de la Subestación que recibe el aceite, activando la alarma y persistiendo el bajo nivel de aceite, por lo que es necesario que se libere nitrógeno por medio de la válvula V9. Una vez hecho esto, se debe de continuar con la operación hasta que se alcance el nivel de aceite requerido, así como las presiones de aceite y nitrógeno adecuadas.

### 8.10.1 Maniobras de disturbio en los cables de 230 kV

#### 8.10.1.1 Opera alarma por baja y alta presión de aceite

- Si opera por baja presión de nitrógeno (menos de 0.2 kg/cm<sup>2</sup>): Revisar la presión de la botella, si es menor de 500 lbs, avisar a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión. De ser necesario, remplazar el tanque de nitrógeno. Usualmente se cuenta con un tanque de nitrógeno extra para este tipo de casos (ver maniobra para cambio de tanque de nitrógeno).
- Si opera por alta presión de nitrógeno (mayor a 0.7 kg/cm<sup>2</sup>): Hacer revisión en campo, y reportarla a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión. Y sólo con la orden emitida por ellos, proceder a liberar nitrógeno abriendo la válvula V29. Vigilando en todo momento el manómetro G2 hasta poder llegar a un valor aceptable entre los límites indicados anteriormente.

#### 8.10.1.2 Opera alarma por alta presión de aceite

Tomar la lectura del manómetro GL y reportarla a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión. Y sólo con orden de los mismos, abrir lentamente la válvula V3, vigilando el manómetro G1, hasta lograr un valor entre los límites anteriormente mencionados. Una vez obtenido el valor deseado, cerrar la válvula V4 inmediatamente.

#### 8.10.1.3 Opera alarma de baja presión de aceite

Tomar la lectura del manómetro G1. Reportarlo a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión, y seguir los pasos de la maniobra 8.1.10.

#### 8.10.1.4 Opera alarma de alto nivel de aceite

Tomar la lectura del indicador de nivel de aceite. Reportarlo a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión. Y sólo con orden emitida por ellos, pasar el selector de operación a la posición "Manual" hasta conseguir el nivel de aceite deseado, una vez llegado al valor, pasar el selector inmediatamente a la posición "Fuera".

#### 8.10.1.5 Opera alarma de bajo nivel de aceite.

Tomar la lectura del indicador de nivel de aceite. Reportarlo a la SACN y al departamento de Líneas de Transmisión. Se procederá a bombear aceite de la otra estación (ver maniobra 8.1.10.1).

Puede suceder que al estar bombeando aceite a la estación con bajo nivel de aceite a la estación con bajo nivel de aceite, se presente una alta presión de nitrógeno en la misma, por lo que se tendrá que proceder a liberar aceite tal como se indicó en la maniobra 8.1.10.1.

#### 8.10.1.6 Opera alarma de operación excesiva

Esta bandera aparecerá mientras la bomba de aceite esté trabajando con el selector en la posición automático u oscilación, por lo que si se presenta habrá que cambiar inmediatamente el selector a la posición fuera y reportarlo.

#### 8.10.1.7 Cambiar tanque de nitrógeno

- Cerrar la válvula A de tanque de nitrógeno que se va a reemplazar, dando vuelta al volante en el mismo sentido de las manecillas del reloj hasta llegar al tope.
- Cerrar la válvula del distribuidor de nitrógeno a la tubería del tanque.
- Desconectar la tuerca B a la botella que va a quedar en servicio girando en sentido de las manecillas del reloj.
- Abrir la válvula A de la botella de nitrógeno que va a quedar en servicio, dando vuelta al volante en el sentido contrario de las manecillas del reloj hasta llegar al tope.
- Abra la válvula del distribuidor de nitrógeno a la tubería del tanque.

## Anexo 1 Sistema Eléctrico Nacional

El objetivo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), es la de asegurar la alimentación en todo momento y en todo punto de la Red en las mejores condiciones posibles de potencia, tensión, frecuencia, continuidad y seguridad. Para dichas tareas, el SEN, se ayuda de las plantas generadoras, las líneas de transmisión, y de las líneas de distribución.

Por lo que resumiendo el SEN, cuenta con seis elementos principales:

- Central eléctrica
- Transformadores que elevan la tensión de la energía eléctrica generada para poder ser utilizadas en las líneas de transmisión.
- Líneas de transmisión
- Subestaciones dónde la se ajusta la tensión para otras líneas de transmisión o líneas de distribución
- Líneas de distribución
- Transformadores que reducen el nivel de tensión a un valor utilizado para los consumidores.

La transformación permite adecuar las características de tensión y corriente de la energía eléctrica que se produce en las Centrales Generadoras y que se transmite en altas tensiones por las líneas de transmisión a través de largas distancias para entregar a los clientes la energía requerida para sus procesos.

Para transportar la energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo, la CFE cuenta con las redes de transmisión y transformación en alta, media y baja tensión, de la siguiente manera:

La red de transmisión está compuesta por líneas de 400, 230, 115 y 85 kV, que en el caso del Distrito Federal, se cuenta con una red de cables subterráneos de potencia de 230 kV y 85 kV.

Estos elementos, a su vez se concentran en tres rubros: Generación, Transmisión y Distribución.

a) El sistema de generación tiene como objetivo el producir la energía eléctrica demandada. En general, el proceso de generación de energía eléctrica es la conversión de energía mecánica en energía eléctrica, dónde la energía mecánica es suministrada por una turbina y la energía eléctrica es producida por el generador síncrono.

El proceso de conversión de energía mecánica a eléctrica, se lleva a cabo en las Plantas Generadoras. Y al conjunto de centrales que suministran la energía eléctrica, se le conoce como Sistema de Generación.

De acuerdo a las fuentes primarias de energía, las centrales se pueden clasificar en:

- Combustibles fósiles
- Centrales nucleares
- Centrales de turbina de gas
- Centrales de ciclo combinado
- Centrales geotérmicas
- Centrales hidroeléctricas

Los generadores de la central eléctrica suministran tensiones de entre 6 kV y 23 kV. Estas tensiones no son adecuados para su transmisión debido a las dificultades que presenta en su aislamiento y el riesgo de cortocircuitos y las consecuencias que esto conlleva. Por lo tanto, esta tensión es elevada mediante transformadores a tensiones de 230 kV y 400 kV para las líneas de transmisión.

b) La parte de transmisión es responsable de llevar a los centros de consumo de energía eléctrica producida por el sistema de generación. Para transmitir las grandes cantidades de energía y reducir las pérdidas por transmisión, se opera con líneas de transmisión a niveles de tensión altos.

La cantidad de energía eléctrica a transmitir y las distancias entre zonas geográficas son los dos factores más importantes que definen las tensiones a utilizar en un sistema de transmisión de energía eléctrica.

Se distinguen tres niveles básicos de transmisión de energía eléctrica:

- Niveles de transmisión: Se encarga de transmitir grandes cantidades de energía de los centros de generación a las subestaciones importantes ubicadas en zonas estratégicas en los importantes centros de consumo.
- Niveles de subtransmisión: Se encarga de transmitir cantidades de energía de las subestaciones de alta tensión a las subestaciones de distribución.
- Niveles de distribución: Se encarga de transmitir la energía de las subestaciones a los consumidores.

Dentro de este gran sistema, los puntos dónde se realizan las interconexiones de los elementos de un Sistema de Energía Eléctrica y los procesos de elevación y reducción de tensión, en los diferentes niveles de transmisión de energía se llaman subestaciones.

c) Los sistemas de distribución de energía eléctrica es el conjunto de dispositivos eléctricos cuya finalidad principal es la de conducir energía eléctrica desde el lugar de suministro en la Subestación de potencia hasta la zona de consumo.

Este sistema tiene como componentes: Subestaciones de distribución, la red de distribución primaria (alimentadores), los transformadores de distribución, la red de distribución secundaria (baja tensión) y la acometida y medición del servicio al cliente.

Una Subestación de distribución es el conjunto de dispositivos eléctricos que sirven para reducir, regular y distribuir la energía a la red primaria de distribución.

La red de distribución primaria, formada por los alimentadores, que en el caso del centro de la ciudad son de 23 kV y 6 kV (se han estado retirando), se encargan de distribuir la energía eléctrica de la Subestación de potencia a la carga, usando arreglos que permitan hacer movimientos de carga con relativa facilidad, llevar a cabo ampliaciones de la red con un mínimo de modificaciones, asegurando la continuidad y operación de la manera más eficiente posible.

Pueden ser de los siguientes tipos:

- Sistemas Aéreos: Llevan la energía eléctrica través de conductores, soportados por postes de concreto en una distancia interpostal, que van desde la Subestación hasta los usuarios pasando a través de los transformadores de distribución.
- Sistemas Subterráneos: Se lleva la energía eléctrica se lleva a través de cables aislados, se instalan en ductos, en pozos, o enterrados en una pequeña zanja en cuyo caso se utiliza cable armado.

- **Sistemas Mixtos:** El troncal y sus ramales son cables subterráneos, pero se interconectan con líneas aéreas para algunos servicios, y en caso contrario, troncales y ramales con línea aérea, pero se hacen derivaciones para alimentar un servicio con cable subterráneo.

La red de distribución secundaria se da a partir de los transformadores de distribución, una red que opera con un tensión de 220 V entre fases y 127 V entre fase y neutro.

Las acometidas se encargan de conectar las instalaciones particulares de los consumidores a las líneas de suministro.

La gerencia de operación tiene la responsabilidad de efectuar el control de la energía eléctrica en la zona central del país. Su misión es la de poder cumplir con proporcionar el servicio de la energía eléctrica en condiciones de cantidad, calidad, continuidad y seguridad a todos los clientes.

El departamento de operación, tiene como función la operación de las redes de distribución, y es responsable de mantener la continuidad del servicio de energía eléctrica en el sistema de Distribución, bajo condiciones de operación normales y de emergencia, manteniendo los parámetros adecuados de carga y tensión, para lo cual se coordina e interrelaciona con diversas áreas técnicas, operativas y administrativas.

## **Anexo II Subestaciones y Sus Componentes**

Las subestaciones son las componentes de los sistemas de potencia en donde se modifican los parámetros de tensión y corriente, facilitando la interconexión entre los procesos de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica y se clasifican de acuerdo con su función, forma de operar y por el arreglo de los barras, de la siguiente manera:

### **Tipos de Subestaciones**

#### **Por su función:**

##### ***Elevadoras***

Son aquellas en donde se eleva la tensión suministrada por los generadores; en ellas la fuente de energía alimenta el lado de baja tensión de los transformadores de potencia, encontrándose la carga conectada al lado de alta tensión; con la finalidad de transmitir la potencia a grandes distancias con el mínimo de pérdidas.

##### ***Reductoras***

En este tipo de Subestaciones se modifican los parámetros de la transmisión de la energía eléctrica por medio de transformadores de potencia, reduciendo la tensión y aumentando la corriente para que la potencia pueda ser distribuida a distancias medias a través de líneas de transmisión, subtransmisión y circuitos de distribución, los cuales operan a bajas tensiones para su comercialización.

##### ***De maniobra***

En este tipo de Subestaciones se busca mantener los valores de tensión dentro de los límites óptimos para la transmisión de la energía eléctrica. Son nodos de entrada y salida sin elementos de transformación, utilizadas como interconexión de líneas, derivaciones, conexión y desconexión de compensación reactiva y capacitiva, entre otras.

#### **Por su construcción:**

##### ***Convencional o de intemperie***

Son instalaciones construidas para operar expuestas a las condiciones atmosféricas (lluvia, nieve, viento y contaminación ambiental) en donde el dieléctrico principal entre fases es el aire y como aislamiento con respecto a tierra se utilizan la porcelana, vidrio y resina, donde la superficie que ocupan no es limitante.

##### ***Tipo Interior***

Son subestaciones que se encuentran con protección de obra civil, similares en su forma a las de tipo intemperie, con el fin de protegerlas de los fenómenos ambientales como son: la contaminación salina, industrial y agrícola, así como de los vientos fuertes, nieve, granizo y descargas atmosféricas.

Proporcionan las siguientes ventajas:

- Zonas urbanas y con poca disponibilidad de espacio.
- Zonas con alto costo de terreno.
- Zonas de alta contaminación y ambiente corrosivo.

Zonas con restricciones ecológicas.  
Instalaciones en edificios y subterráneas.

### **Blindada (Metal-Clad)**

Tablero totalmente cerrado con compartimientos y barreras internas metálicas y puestas a tierra que separan perfectamente un elemento de otro, además de tener las barras aisladas, para integrar interruptores de potencia de pequeño volumen de aceite, en vacío o SF6 así como equipo de protección y medición, disponibilidad para monitoreo (y control remoto cuando procede) mediante un sistema de supervisión y control para la administración de la energía.

### **Aislada con gas SF6 (GIS)**

Es una subestación integrada por un conjunto de elementos conductores tales como interruptores, seccionadores y barras, colocados en compartimientos blindados y aislados con gas SF6, formando un conjunto modular. Estos conjuntos estarán conectados eléctricamente y separados herméticamente, pudiendo operar a la intemperie o al interior.

La ventaja principal de estas instalaciones es que operan en espacios reducidos, bajo costo de mantenimiento y crecimientos modulares.

### **Diagrama Eléctrico**

Representación de un circuito eléctrico que muestra las componentes de dicho circuito de manera simple y con pictogramas uniformes de acuerdo a normas y conexiones entre dispositivos.

### **Diagrama Unifilar**

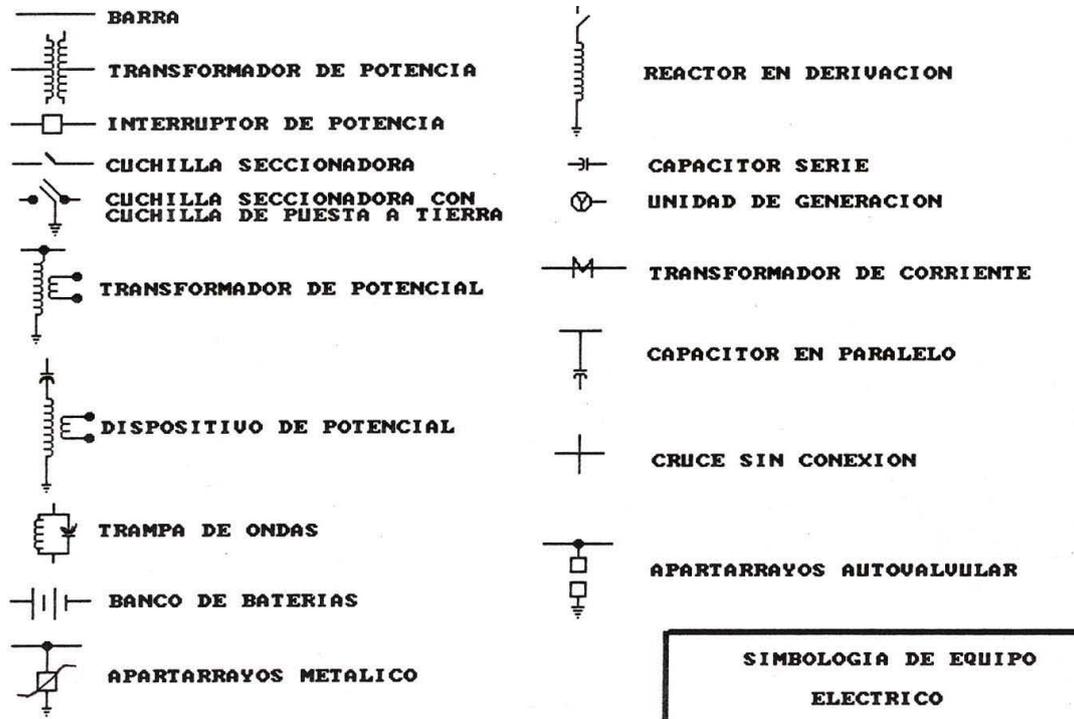
El punto de partida para el diseño de una subestación eléctrica es el llamado diagrama unifilar; este diagrama debe mostrar la conexión, transformadores de potencia, acoplamiento entre bahías, interruptores, transformadores de instrumento, cuchillas desconectadoras, apartarrayos.

Para elaborar el diagrama unifilar se debe considerar el arreglo de barras, el grado de flexibilidad en operación, y la confiabilidad. De hecho, antes de proceder a la definición de las características de los distintos elementos de la subestación, así como su posible localización, se elabora al menos un diagrama unifilar simplificado, en donde se indique el arreglo propuesto de barras y su posición relativa.

Existen distintas variaciones para los arreglos de barras, la selección de un arreglo en particular depende de varios factores como por ejemplo: la tensión del sistema; la posición de la subestación en la red; la flexibilidad de operación; la confiabilidad en el suministro y el costo de la instalación. En adición a esto, se deben considerar los siguientes aspectos técnicos, que influyen en la decisión:

- a) Simplicidad en el sistema, al cual se conectará la subestación constituyendo un nodo.
- b) El mantenimiento se debe realizar fácilmente, sin interrupción del servicio, o peligro para el personal de operación.
- c) Se debe tener disponibilidad de arreglos alternativos; en el caso de salidas de servicio, o fallas en algunos equipos.
- d) El arreglo del equipo, no debe limitar la expansión, y/o aumento, en el crecimiento de la carga, hasta un valor determinado.

- e) Debido a que de hecho, cada parte del equipo, constituye un punto débil, de manera que, en casos necesarios, se debe considerar la posibilidad de usar equipo adicional – redundancia de equipos-, para cubrir las contingencias.
- f) La instalación debe ser lo más económica posible.



### La selección del esquema de barras.

Una de las consideraciones que se deben hacer, cuando se realiza la selección de un esquema de barras, además de la económica, es la flexibilidad que el arreglo permita, entendiéndose por flexibilidad, la facilidad para sacar de servicio un interruptor, las barras, etcétera, sin interrumpir el servicio o modificar la protección.

Los siguientes aspectos, se toman en consideración:

- Costo
- Seguridad
- Confiabilidad
- Flexibilidad de operación
- Simplicidad de protección
- Arreglo de equipo simple, y con fácil mantenimiento
- Disponibilidad de terreno para la construcción
- Localización de las líneas
- Áreas requerida para ampliaciones futuras
- Estética

Algunos factores adicionales que se pueden considerar, porque en un momento dado afectan la operación, son las condiciones meteorológicas, la contaminación y la cantidad y condiciones del mantenimiento por realizar.

Existen varias formas básicas para conexión de barras, interruptores y líneas o alimentadores, y cada una de estas formas, puede tener algunas variantes, para satisfacer los requerimientos particulares de un proyecto.

Los arreglos de barras más comunes, usados para los distintos niveles de tensión, en los proyectos de la gerencia de proyectos de transmisión y transformación, son los siguientes:

<b>115 kV</b>	<b>Doble juego de barras principales (barra principal y barra auxiliar) Barra principal y barra de transferencia (definitiva o con previsión, para conversión a barra 1 – barra 2)</b>
<b>230 kV</b>	<b>Doble juego de barras principales (barra 1 – barra 2). Barra principal y barra de transferencia (con previsión a barra 1 y barra 2). Interruptor y medio</b>
<b>400 kV</b>	<b>Interruptor y medio</b>

### Tensiones Normalizadas

Tensión Nominal kV	Tensión Máxima de Diseño kV	Nivel Básico de Aislamiento, al impulso por rayo kV	Nivel Básico de Aislamiento, al impulso por maniobra kV
115	123	550	-
230	245	1050 900	-
400	420	1300 1425	1050 1050

### Tensiones Nominales, Calibre y Material Conductor

Tensión Nominal kV	Calibre y Material Del Conductor MCM, ACSR	Límite de Corriente Térmica por Conductor (a 75 °) A
115	795	900
	900	970
	1113	1110
230	900	970
	1113	1110
400	1113	1110

### Corriente de Corto Circuito

Tensión Nominal kV	Corriente de Corto Circuito kA
115	25
230	31.5
400	40

### Componentes de una Subestación Eléctrica

Debido a la explosión demográfica mundial y a los avances tecnológicos en materia eléctrica, lo cual no es ajeno a nuestro país, la demanda de energía eléctrica crece en forma exponencial con el transcurso del tiempo. Esta creciente demanda de energía eléctrica, ha obligado a que el sistema interconectado nacional, utilice líneas de transmisión de alta tensión

para el transporte eficiente de grandes volúmenes de energía desde los centros de generación hasta los de consumo.

Para transportar estos grandes volúmenes de energía y distribuirla a todas las regiones del país, es necesario desarrollar paralelamente la infraestructura requerida con todo tipo de instalaciones para realizar todas las operaciones de transmisión y transformación.

El Sistema Eléctrico Nacional está integrado principalmente por las centrales generadoras, las líneas de transmisión y las Subestaciones de Potencia, éstas últimas desempeñan una función fundamental, ya que son los nodos de entrada y salida de los paquetes de energía para su envío a grandes distancias, regulación o distribución. Una Subestación Eléctrica es una instalación empleada para la transformación de los parámetros de la energía eléctrica.

Dentro de cada una de las instalaciones, se encuentra involucrado el equipo de transformación que permite adecuar la energía eléctrica a las necesidades de los consumidores.

### **Transformadores**

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro al silicio. Las bobinas o devanados se denominan "primario y secundario" según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Se denomina transformador a una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño.

Si suponemos un equipo ideal y consideramos, simplificando, la potencia como el producto de la tensión por la intensidad, ésta debe permanecer constante (ya que la potencia a la entrada tiene que ser igual a la potencia a la salida).

La razón técnica para realizar esta operación es la conveniencia de realizar el transporte de energía eléctrica a larga distancia a tensiones elevadas para reducir las pérdidas resistivas ( $P = RI^2$ ), que dependen de la intensidad de corriente.

El transformador es un dispositivo primario que, de acuerdo con su relación modifica los parámetros eléctricos (tensión y corriente), operando como elevadores o reductores.

Se tiene la Especificación CFE-K0000-06 para Transformadores de potencia

Las clasificaciones más comunes de los transformadores son las siguientes:

Por el tipo de núcleo:

- Tipo columna(core)
- Tipo acorazado(shell)

Por el número de fases:

- Trifásicos

- Monofásicos

### **Regulador de Tensión**

Es un equipo eléctrico que acepta una tensión eléctrica variable, dentro del parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante.

### **Reactores de Potencia**

El reactor absorbe los reactivos regulando la tensión, además de compensar las líneas de transmisión que por su longitud generan reactivos capacitivos.

Estos se construyen tanto en unidades monofásicas como en unidades trifásicos; su apariencia física es muy parecida a la de los transformadores de potencia, su capacidad se determina en MVAR's. (MegaVolts-Amperes reactivos).

Básicamente consisten en una bobina arrollada sobre un núcleo de acero, pudiendo ser este núcleo seccionado o sólido. La aplicación de los reactores monofásicos son la de actuar como reactancia de puesta a tierra del neutro. Consiste en aumentar la impedancia en el neutro de un transformador o de una reactancia en paralelo (en líneas de transmisión). Durante las fallas monofásicas a tierra, la reactancia limita la intensidad de falla en el neutro, mejorando la restauración del servicio en la línea eléctrica, mediante un esquema de disparo y cierre monopolar.

Se tiene la Especificación CFE-Y1000-03 para Reactores de potencia

### **Bancos Capacitivos**

Los bancos de capacitores están compuestos por un arreglo de unidades capacitivas de tal manera que se obtenga la reactancia requerida. Se entienda por unidad capacitiva al conjunto de elementos capacitores conectados y contenidos dentro de un mismo recipiente del cual salen al exterior las terminales de la capacitancia equivalente de la unidad, Es la mínima parte que puede ser intercambiable.

De acuerdo a los requerimientos del sistema estos bancos de capacitores se conectan en serie a las líneas de Transmisión o en paralelo a las barras de la Subestación.

Compensa la tensión que disminuye conforme se conectan las cargas.

### **Compensador Estáticos de VAR's (CEV's)**

Los CEV's son equipos conformados por reactancias inductivas y capacitivas y electrónica de potencia, destinados a eficientar la transmisión de energía mediante la compensación de reactivos en forma dinámica de acuerdo a las condiciones instantáneas del sistema. Mejorando en forma eficiente el perfil de la tensión manteniéndola dentro de los límites de variación establecidos lo más cercano a su valor nominal

Compensa efectos reactivos del sistema.

### **Interruptores**

Dispositivos de conexión y desconexión que conducen e interrumpen permanentemente corrientes en condiciones normales de operación y en condiciones anormales o de falla.

Sus funciones son las siguientes:

Estando cerrado es un conductor ideal en cualquier instante sin producir sobretensiones.

Estando abierto es un aislador ideal capaz de cerrar rápidamente en cualquier condición sin producir sobretensiones

Existen varios tipos de interruptores, y se pueden dividir en diferentes tipos.

Ya sea por los medios de extinción:

- Interruptores en aire
- Interruptores en aceite
- Interruptores de soplo de aire
- Interruptores en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- Interruptores en vacío

O por su modo de accionamiento:

- Resorte
- Neumático
- Hidráulico

### **Transformadores de Instrumento**

En los sistemas eléctricos de corriente alterna se manejan altas tensiones y corrientes elevadas, por ello y para alimentar los aparatos de protección y medición, los cuáles manejan magnitudes de tensión y corriente bajas (120 V y 5 A), y para esto se requieren equipos especiales llamados transformadores, estos transformadores no sirven para carga, sólo para medición. Siguen los mismos principios de operación que el transformador de potencia, estos son diseñados para no transferir potencia, sino para suministrar señales de corriente o tensión adecuada a los aparatos de medición y control.

Son conectados a las protecciones, sistemas de medición como wattmetros, wathorímetros, relevadores de potencia.

Miden y controlan el sistema, sincronización, señalización.

### **Transformadores de Potencial (TP)**

El TP es un transformador reductor, que nos permite conocer la tensión que hay en el primario sin ningún peligro, simplemente multiplicando la tensión de su secundario por la relación de transformación. Normalmente se utilizan tensiones en su secundario de 115 V o 125 V para alimentar a los relevadores y equipo de medición y control.

Los TP's toman las mediciones de los elementos para censar la tensión del sistema y poder traducirlo a un valor adecuado para la medición y las protecciones. Están conectados a la barra. Existen dos tipos de TP's, los TPI's que miden la tensión para las protecciones y control, y los TPC's que se utilizan para las comunicaciones.

### **Transformadores de Corriente (TC)**

Los TC's son los elementos que censan la corriente del sistema para traducirlo a un valor adecuado para la medición y las protecciones. Teniendo en el secundario un valor de 5 [A].

Cuándo ocurre una falla en el circuito donde están instalados, en condiciones normales de carga, el TC no permite más de 5 A en su circuito secundario, pero cuando ocurre una falla, la corriente primaria se eleva considerablemente y por lo tanto la corriente secundaria también se eleva en la misma proporción que la corriente primara, y dicho cambio es detectado por los relevadores de protección para mandar la señal de disparo a interruptores.

El devanado primario está conectado en serie con el circuito alimentador por lo que la corriente primaria en el TC es la misma. El circuito secundario del TC se conecta por medio de cables de control a las bobinas de corriente de relevadores de protección y/o de los aparatos de medición que por lo general se encuentran a cierta distancia de los TC's en el tablero de control.

Como medida de precaución, el circuito secundario de un TC en servicio, no debe abrirse, ya que por las características de los TC, cuando el circuito secundario se abre, toda la corriente primaria servirá para magnetizar al núcleo, provocando que la tensión secundaria crezca hasta un valor que normalmente es lo suficientemente grande para provocar la ruptura del aislamiento entre espiras y en ocasiones su explosión.

### **Cuchillas**

Dispositivo que sirve para seccionar eléctricamente una instalación o circuito eléctrico de la red, ya sea de un transformador, o de un interruptor, un generador, una línea eléctrica.

Es un dispositivo de ruptura lenta. Debe ser utilizada siempre sin carga o en vacío. El proceso de desconexión debe ser después del interruptor y el proceso de conexión antes del interruptor.

La cuchilla fusible de ácido bórico es utilizada para los servicios propios.

Existen varios tipos de cuchilla dependiendo de su forma de apertura y cierre:

- Vertical
- Horizontal
- Pantógrafo
- Doble apertura horizontal
- Apertura horizontal
- Apertura horizontal sencilla

Existen un tipo especial de cuchillas que son de apertura bajo carga, éstas emplean un booster para que apague el arco eléctrico presentado por las corrientes. Éstas se tienen que operar con el equipo adecuado en caso de realizar la operación de manera local.

Las cuchillas de puesta a tierra se utilizan para referir la tensión de algún elemento a tierra o alguna otra situación especial.

### **Apartarrayos**

Dispositivos automáticos conectados entre fase y tierra destinados a proteger las instalaciones contra las sobretensiones de origen atmosférico o producidos por maniobras. Son instalados en las cercanías de los equipos a proteger. Cuando operan conducen a tierra las ondas de sobretensión.

Limitar la magnitud de la sobretensión a valores que no sean perjudiciales al aislamiento del equipo.

El sistema no se ve interrumpido al activarse, es una protección primaria de los equipos eléctricos contra las sobretensiones. Funciona a través de óxido de Zinc.

Los apartarrayos trabajan cambiando su impedancia al cambiar las condiciones normales de la siguiente manera:

- Alta impedancia para tensiones del sistema
- Baja impedancia para sobretensiones. Estas tensiones son aterrizadas a tierra.

Se tiene la Norma de Referencia NRF-003 CFE-2000 para Apartarrayos

### **Banco de Baterías**

Es una fuente independiente de energía de corriente directa de 125 V, formada por un número determinado de celdas conectadas en serie para obtener la tensión requerida. De acuerdo a su electrólito, pueden ser de Plomo Ácido o de Níquel Cadmio.

El banco de baterías debe mantenerse siempre con una tensión de flotación, el cuál es ligeramente más alto que el nominal del banco, a fin de que este siempre se encuentre a su máxima carga. Para tal fin, se emplea un cargador de baterías (rectificador automático) de la capacidad adecuada a dicho banco.

Este cargador de baterías cuenta con sus propias alarmas y debe ser revisado cotidianamente por el personal de operación y mantenimiento. Los bancos de baterías se ubican en un local independiente con ventilación por medio de extractores para eliminar concentraciones de hidrógeno, el cuál es altamente explosivo ante una chispa.

Debe considerarse al banco de baterías como una de las partes fundamentales para la protección de una subestación de potencia.

Se tiene la Especificación CFE-V7100-19 para Baterías. Y se tiene la Especificación CFE-V7200-48 para Cargadores

### **Barra**

Son elementos físicos dónde se interconectan las líneas de transmisión, generadores y transformadores de potencia y todos los elementos de la red de generación, transmisión y distribución, las barras pueden ser huecas o sólidas.

En alta tensión se acostumbra utilizar barras (Cables Conductores) del mismo material que el conductor de las líneas de Transmisión, pudiendo ser cada fase de uno a tres conductores. Sus dimensiones están en función de la energía que se espera circule por ellas.

### **Servicios de C.A. y C.D.**

Dentro de las subestaciones hay equipos auxiliares que requiere para su funcionamiento de Corriente Alterna o Directa tal es el caso de motores, ventiladores, sistemas de iluminación, sistemas de refrigeración, cargadores de baterías, señalización de estado, control para cierre de apertura de interruptores, etc.

La alimentación de estos equipos, en el caso de Corriente alterna es provista por varias fuentes tales como:

- Circuitos de distribución

- Planta diesel de emergencia
- Terciario de los Transformadores de Potencia

Se tiene la Especificación CFE-VY500-16 para Servicios Propios

### **Bancos de Tierra**

Se utilizan en Subestaciones dónde se tienen conexiones delta-delta y no se referencian a tierra, éstas se conectan a la barra de la Subestación.

### **Cables o Conductores**

Se acostumbra a elegir el mismo material que el conductor de las líneas de transmisión, puede ser de una o tres conductores, las dimensiones están en función de la corriente que se espera circule por ellas.

En casos de media tensión y baja tensión (Metal Clad) se utilizan barras sólidas, generalmente de cobre y aluminio cuya sección transversal es rectangular o cuadrada.

Materiales cuya resistencia al paso de electricidad es muy baja. Los mejores conductores eléctricos con los metales y hay no metales que también conducen electricidad como: el grafito, disoluciones y soluciones salinas, y materiales en estado de plasma.

El material más empleado es el cobre, en forma de cables de uno o varios hilos. Así también se utiliza el aluminio, que es más ligero y favorece su empleo en líneas de transmisión de alta tensión.

### **Sistemas de Tierra**

Se utilizan en los sistemas eléctricos para drenar al terreno las corrientes que se originan por descargas atmosféricas, inducción eléctrica, fallas, desbalances en los equipos, etcétera. Proporcionan una mejor trayectoria para el paso de la corriente al tener una resistencia muy baja.

Todos los equipos son referidos a tierra para limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas o fenómenos transitorios en el propio circuito o a contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como estabilizar la tensión a tierra en condiciones normales de operación.

Además facilitan la acción de dispositivos de sobrecorriente en caso de fallas a tierra.

Proporcionan seguridad a las personas que manipulan los equipos, reduciendo así la magnitud de la diferencia de potencial existente en el terreno y las partes aterrizadas del equipo, en condiciones normales y de falla.

Es de carácter obligatorio el aterrizamiento de equipos eléctricos y por seguridad personal y aspectos del funcionamiento del equipo.

Se tienen que aterrizar y verificar que estén los equipos cuando se realicen los trabajos de libranza en muerto. Verificar que no estén cargados por algún efecto inductivo o capacitivo.

### **Puesta a Tierra**

Conectar intencionalmente a tierra una estructura a través de un conductor de baja resistencia.

### **Conductor de Tierra a Neutro**

Conecta el neutro de un transformador, la terminal de tierra de un apartarrayos, el neutro de un capacitor, de interruptores, etcétera a la malla de tierras.

### **Blindaje Aéreo**

Sistema en la parte superior para evitar descargas atmosféricas, con bayonetas, hilo de guarda, estos conectados a tierra (malla de tierra). Se disipan las sobretensiones a través de la red de tierras estando debidamente interconectadas.

## Anexo III Protecciones

### Medios de Protección

Son dos los fenómenos eléctricos que pueden causar daño al equipo eléctrico de la subestación: sobrecorriente y sobretensión.

#### Sobrecorriente

Toda subestación debe tener en el lado primario un dispositivo general de sobrecorriente que sea adecuado a la tensión y corriente de servicio, así como de capacidad interruptiva que deba estar de acuerdo con la potencia máxima de cortocircuito que pueda presentarse en la subestación.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente: Interruptores de potencia, cuchillas fusible, y cortacircuitos fusibles, termomagnéticos y fusibles.

#### Sobretensión

Existen dos tipos de sobretensiones, el de origen externo y el de origen interno.

El sobretensión de tipo interno es el que se presenta en las instalaciones eléctricas por operaciones del equipo, fallas u otros motivos propios de la red o del equipo.

El sobretensión externo es el producido por descargas atmosféricas y pueden ser de tres tipos:

- Por descarga estática

Se presentan en las instalaciones y principalmente en las líneas de transmisión por el hecho de que existan nubes y éstas sean desplazadas por el viento a 40 km/h. Este es el caso menos peligroso. Puede reducirse su efecto mediante el uso del hilo de guarda en las líneas de transmisión y con bayonetas e hilos de guarda en las subestaciones.

- Por descarga indirecta

Se presentan en las instalaciones por la presencia de rayos que caen en puntos cercanos a las mismas y que por efecto de inducción electrostática y electromagnética, introducen transitorios en las instalaciones. Este tipo es el más frecuente y puede ser grave dependiendo de la intensidad de la descarga.

- Por descarga directa

Son las menos frecuentes en las instalaciones, pero son las que causan los daños más severos debido a la enorme cantidad de potencia que lleva consigo una descarga atmosférica. Las corrientes que se presentan en este tipo de descargas pueden alcanzar valores de hasta 100 kA instantáneos que producen esfuerzos electrodinámicos y térmicos en las instalaciones.

### Protecciones

De acuerdo con el IEEE un esquema de protección es un dispositivo eléctrico con ajustes predeterminados que una vez que se cumplen envían el disparo al interruptor desconectando el equipo fallado lo más rápido posible.

El objetivo, por lo tanto es librar adecuadamente la falla con la mayor velocidad permitida, minimizando con esto al equipo, así como también al personal. Así mismo permitiendo la mayor transferencia de Potencia.

### **Clasificación de las protecciones**

- Protección Primaria: Primera línea de acción ante una falla
- Protección Secundaria o Respaldo: Es la que opera en caso de que la protección primaria falle o no opere.

### **Clasificación de las fallas**

- Fallas Intrínsecas: Son las causadas por fenómenos internos en los elementos del sistema. Por ejemplo: fallas de aislamiento, fallas de conducción, fallas de operación.
- Fallas Extrínsecas: Son las causadas por fenómenos externos de origen atmosférico.

### **Objetivos de los esquemas de protecciones**

- Detectar todas las fallas u otras condiciones anormales de operación
- Desconectar un mínimo de equipo
- Restablecer en forma rápida a la condición normal de operación.

### **Relevadores**

Un relevador es un dispositivo que funciona por condiciones eléctricas o físicas y opera cuando estas condiciones rebasan valores preestablecidos. La operación de un relevador causa la operación de otros equipos.

Las señales que reciben los relevadores son los proporcionados por los transformadores de instrumentos.

Dentro de las características que debe de cumplir un relevador, están:

- Sensibilidad: Un relevador debe de ser sensible para que funciones en forma segura cuando sea necesario, aún con los valores mínimos de operación.
- Selectividad: Selecciona aquellas condiciones en que deben operar y en las que no deben hacerlo, además de seleccionar los casos en los que debe de ser rápida o retardada.
- Velocidad: Opera en tiempos cortos para limitar los daños del equipo.
- Confiabilidad: Ofrecer un máximo de seguridad de que no fallen.
- Economía: Hacer una menor perdida de carga, de tal manera que no se vean afectados los consumidores.

Clasificación de los relevadores según ANSI:

- Por Función
  - Protección
  - Programación

- Regulación
- Supervisión
- Control
- Auxiliares
  
- Por Señal de Entrada
  - De Corriente
  - De Tensión
  - De Potencia
  - De Frecuencia
  - De Flujo
  - De Presión
  - De Temperatura
  
- Por Principio de Operación
  - Por ciento
  - Restricción Múltiple
  - Potencia
  - Admitancia
  - Impedancia
  
- Por Característica de Operación
  - Curva Inversa
  - Curva Definida
  - Cuadrilateral
  - Mho
  
- Por tipo de Construcción
  - Electromecánicos
  - Estáticos
  - Digitales

### **Respaldo Local**

Es el libramiento de la falla en la misma estación donde ocurrió el disturbio.

### **Respaldo Remoto**

Es el libramiento de la falla en una estación alejada donde ocurrió el disturbio.

## Anexo IV Control y Comunicaciones

### Equipo de control supervisorio

Para poder controlar un proceso se requiere tener acceso a sus parámetros de operación y a los elementos que permitan controlarlo. En el manejo de redes eléctricas, los sitios donde se puede tener acceso a los parámetros de operación son las centrales generadores y las subestaciones eléctricas.

En cada uno de estos sitios con datos a captar y dispositivos a controlar se instalan terminales remotas que centralizan su información en una estación maestra a través de un sistema de comunicación. Cada una está encargada de sus funciones de control y supervisión siendo estas las siguientes:

- Adquisición de datos
- Control de dispositivos
- Almacenaje y manejo de información
- Proporciona información al operador, y
- Transmisión de información

Actualmente se tienen los Sistemas de Control Local de Estación (SICLE) a través de casetas distribuidas en las Subestaciones y con la posibilidad de mantener telecontroladas las Subestaciones de Potencia

### Equipo de comunicaciones

Para mantener la comunicación de Voz y Datos en la operación de las Subestaciones, se tienen varios sistemas como lo son:

- OPLAT: Onda portadora de línea de transmisión que en conjunto con las trampas de onda y TPC's o DP's mantiene un sistema llamado Carrier este se utiliza tanto para la comunicación con voz como en enlaces de protecciones para su lógica de operación, este sistema ya es muy poco utilizado aunque se mantiene de respaldo.

- Microondas: Ya sea inalámbrica a través de repetidores o enlaces de fibra óptica por medio de Hilos de Guarda de las líneas de transmisión se mantiene un sistema de Microondas para voz, datos y servicios de canales dedicados a las protecciones y medición. También mediante los conmutadores de las instalaciones, el sistema de microondas se enlaza con los servicios de telefonía comercial en el ámbito de la CFE.

- Trunking: que maneja frecuencia muy cercana a la de los celulares comerciales se enlaza con el sistema de microondas y el sistema VHF que a través de radios portátiles, móviles y repetidores brinda comunicación para realizar maniobras coordinadas entre diferentes ámbitos geográficos, para el personal de CFE.

## Anexo V Nomenclatura

### Nomenclatura del equipo instalado

Nomenclatura	Descripción
93070	Interrupción de 230 kV correspondiente al cable de potencia subterráneo Pensador (Pensador – Kilómetro Cero)
93079	Cuchilla de 230 kV correspondiente al cable de potencia subterráneo Pensador (Pensador – Kilómetro Cero)
96126	Cuchilla Seccionadora de 230 kV que conecta la barra de 230 kV en la sección del Banco T-01 al Banco T-02
96236	Cuchilla Seccionadora de 230 kV que conecta la barra de 230 kV en la sección del Banco T-02 al Banco T-03
93080	Interrupción de 230 kV correspondiente al cable de potencia subterráneo Merced II (Pensador – Merced)
93089	Cuchilla de 230 kV correspondiente al cable de potencia subterráneo Pensador (Pensador – Kilómetro Cero)
92010	Interrupción de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-01
92011	Cuchilla de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-01
92020	Interrupción de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-02
92021	Cuchilla de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-02
92030	Interrupción de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-03
92031	Cuchilla de 230 kV correspondiente al banco de transformación T-03
52015	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-01 en la barra 1
50T15	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-01 en la barra 2
59015	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-02 en la barra 1
59025	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-02 en la barra 2
59035	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-02 en la barra 3
59045	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-02 en la barra 4
52035	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-03 en la barra 3
50T35	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al banco de transformación T-03 en la barra 4
53005	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 71 en la barra 1
50005	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 71 en la barra 2
53015	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 72 en la barra 1
50015	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 72 en la barra 2
53025	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 73 en la barra 1
50025	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 73 en la barra 2
53035	Interrupción de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 73 en la barra 3

	automática RED 74 en la barra 1
<b>50035</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 74 en la barra 2
<b>53045</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 75 en la barra 1
<b>50045</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 75 en la barra 2
<b>53055</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 76 en la barra 1
<b>50055</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 76 en la barra 2
<b>53065</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador PEN 21 en la barra 1
<b>53075</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador PEN 22 en la barra 3
<b>53085</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 51 en la barra 3
<b>50085</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 51 en la barra 4
<b>53095</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 52 en la barra 3
<b>50095</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 52 en la barra 4
<b>53105</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 53 en la barra 3
<b>50105</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 53 en la barra 4
<b>53115</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 54 en la barra 3
<b>50115</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 54 en la barra 4
<b>53125</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 55 en la barra 3
<b>50125</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 55 en la barra 4
<b>53135</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 56 en la barra 3
<b>50135</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de la red automática RED 51 en la barra 4
<b>53145</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador 5 de Mayo
<b>53155</b>	Interruptor de 23 kV tipo Metal Clad correspondiente al alimentador de nuevo proyecto de red en centro histórico (aún sin terminar)
<b>53007</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 71
<b>53017</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 72
<b>53027</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 73
<b>53037</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 74
<b>53047</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 75

<b>53057</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 76
<b>53067</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador PEN 21
<b>53077</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador PEN 22
<b>53087</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 51
<b>53097</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 52
<b>53107</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 53
<b>53117</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 54
<b>53127</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 55
<b>53135</b>	Cuchilla de puesta a tierra de 23 kV correspondiente al alimentador de la red automática RED 56

### Anexo 2 Nomenclatura Anterior y Actual

Nomenclatura Anterior	Nomenclatura Actual
<b>53 PENS</b>	93070
<b>93 PENS</b>	93079
<b>93 EAB</b>	96126
<b>93 EBC</b>	96236
<b>53 MERC II</b>	93080
<b>93 MERC II</b>	93089
<b>T221 A</b>	T-01
<b>T221 B</b>	T-02
<b>T221 C</b>	T-03
<b>53 T221A</b>	92010
<b>93 T221A</b>	92011
<b>53 T221B</b>	92020
<b>93 T221B</b>	92021
<b>53 T221C</b>	92030
<b>93 T221C</b>	92031
<b>52-1 T221A</b>	52015
<b>52-2 T221A</b>	50T15
<b>52-1 T221B</b>	59015
<b>52-2 T221B</b>	59025
<b>52-3 T221B</b>	59035
<b>52-4 T221B</b>	59045
<b>52-3 T221C</b>	52035
<b>52-4 T221C</b>	50T35
<b>52-1 RED 71</b>	53005
<b>52-2 RED 71</b>	50005
<b>52-1 RED 72</b>	53015
<b>52-2 RED 72</b>	50015
<b>52-1 RED 73</b>	53025
<b>52-2 RED 73</b>	50025
<b>52-1 RED 74</b>	53035
<b>52-2 RED 74</b>	50035

<b>52-1 RED 75</b>	<b>53045</b>
<b>52-2 RED 75</b>	<b>50045</b>
<b>52-1 RED 76</b>	<b>53055</b>
<b>52-2 RED 76</b>	<b>50055</b>
<b>52-1 PEN 21</b>	<b>53065</b>
<b>52-2 PEN 21</b>	<b>53145</b>
<b>52-3 PEN 22</b>	<b>53075</b>
<b>52-4 PEN 22</b>	<b>53155</b>
<b>52-3 RED 51</b>	<b>53085</b>
<b>52-4 RED 51</b>	<b>50085</b>
<b>52-3 RED 52</b>	<b>53095</b>
<b>52-4 RED 52</b>	<b>50095</b>
<b>52-3 RED 53</b>	<b>53105</b>
<b>52-4 RED 53</b>	<b>50105</b>
<b>52-3 RED 54</b>	<b>53115</b>
<b>52-4 RED 54</b>	<b>50115</b>
<b>52-3 RED 55</b>	<b>53125</b>
<b>52-4 RED 55</b>	<b>50125</b>
<b>52-3 RED 56</b>	<b>53135</b>
<b>52-4 RED 56</b>	<b>50135</b>
<b>92T RED 71</b>	<b>53007</b>
<b>92T RED 72</b>	<b>53017</b>
<b>92T RED 73</b>	<b>53027</b>
<b>92T RED 74</b>	<b>53037</b>
<b>92T RED 75</b>	<b>53047</b>
<b>92T RED 76</b>	<b>53057</b>
<b>92T PEN 21</b>	<b>53067</b>
<b>92T PEN 22</b>	<b>53077</b>
<b>92T RED 51</b>	<b>53087</b>
<b>92T RED 52</b>	<b>53097</b>
<b>92T RED 53</b>	<b>53107</b>
<b>92T RED 54</b>	<b>53117</b>
<b>92T RED 55</b>	<b>53127</b>
<b>92T RED 56</b>	<b>53135</b>

## Anexo VI Capítulo 800

A continuación se enumeran algunos de los artículos que forman el Capítulo 800, Reglamento de Seguridad e Higiene y que es de vital importancia para poder realizar los trabajos en cualquier instalación de la CFE, perteneciente a la dirección de Transmisión. Aquí se mencionarán los artículos más relevantes y que servirán al Operador para la toma de decisiones para los trabajos que se realicen dentro de las instalaciones.

### SECCION 801- ALCANCE Y APLICACIÓN

#### PRIORIDAD DE LA SEGURIDAD.

La prevención y control de los riesgos de trabajo son parte integral de la función operativa en todos los niveles. DEBEN CONSTITUIR SIEMPRE LA PRIORIDAD NÚMERO UNO, SIN SUBORDINARSE A URGENCIAS, INSUFICIENCIAS O DECISIONES DE CARACTER PERSONAL. Es obligación de todos los trabajadores conocer, cumplir y hacer cumplir las Reglas de Seguridad, para el desempeño seguro y eficiente del trabajo.

#### ALCANCE DEL REGLAMENTO

Las Reglas de Seguridad aquí contenidas abarcan los requisitos más importantes que deben cumplirse en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo, para la protección de los trabajadores, del público y de la integridad de las instalaciones y equipos del proceso de Transmisión. En los casos no previstos en el presente Reglamento, el Gerente Regional de Transmisión decidirá sobre el particular, haciéndolo del conocimiento de cada Centro de Trabajo y de la Comisión de Seguridad e Higiene, a través del responsable de Seguridad e Higiene de la Gerencia.

#### SIGNIFICADO DE LAS REGLAS.

En caso de duda sobre el significado de alguna Regla en particular, los trabajadores tendrán el derecho y la obligación de que le sea aclarada por su jefe inmediato.

#### OBLIGATORIEDAD DE ESTE REGLAMENTO.

EL CUMPLIMIENTO DE LAS REGLAS QUE AQUÍ SE ENUMERAN SERÁ OBLIGATORIO. Su incumplimiento determinará la aplicación de sanciones de carácter administrativo, en los términos de los Artículo 47-XII, 134-II y 135-I y de la Ley Federal del Trabajo y de la Ley Federal del Trabajo y en el contrato colectivo de trabajo CFE-SUTERM, cláusula 46, fracción III, inciso a.

#### APLICACIÓN A OTRAS ÁREAS DE OPERACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y CONTRATISTAS.

Todo trabajo que otras áreas de operación (Generación, Distribución, Coordinadoras de Construcción y Contratistas) tengan que desarrollar en las instalaciones de las Gerencias Regionales de Transmisión, deben sujetarse con carácter de obligatorio al presente reglamento. Los responsables de los trabajos desarrollados por el personal ajeno a la Gerencia Regional de Transmisión dentro de sus instalaciones, tienen la obligación de difundir entre sus trabajadores el presente Reglamento, vigilar que se cumpla, capacitarlos y dotarles oportunamente del equipo de protección personal y de grupo.

## REPORTE DE INCUMPLIMIENTO.

Cuando un trabajador observe que otro trabajador no cumple con las reglas de seguridad, es su obligación hacérselo saber. Si quien comete la violación al Reglamento no corrige su actitud, debe ser reportado a su jefe inmediato, al responsable de Seguridad e Higiene, o a la Comisión de Seguridad e Higiene.

## SECCIÓN 802- RESPONSABILIDAD DE LA SEGURIDAD

### SEGURIDAD PROPIA Y DE LOS DEMÁS

La seguridad en el trabajo es RESPONSABILIDAD DE TODOS. Desde luego, el primer responsable de su propia seguridad es el trabajador mismo. Nadie puede ser obligado a violar las Reglas de Seguridad.

### TRABAJADORES CON MANDO DE PERSONAL

A mayor jerarquía, mayor responsabilidad. Todo trabajador con uno o más trabajadores bajo su mando tiene además las siguientes responsabilidades:

- Planear todas las Maniobras
- Cumplir y hacer cumplir las Reglas de Seguridad, impidiendo las violaciones.
- Toda supervisión que efectúe debe iniciarla verificando los aspectos de seguridad.
- Exigir a sus subordinados la inspección de las herramientas, equipo, medios e instrumentos antes y después de su uso, así como su utilización correcta, incluyendo la Ropa de Trabajo.
- Verificar que los trabajadores ejecuten su trabajo conforme a los procedimientos establecidos, evitando el uso de herramientas, equipos, medios o instrumentos inadecuados, defectuosos o dañados.
- Controlar el acceso de personas al lugar de trabajo.
- Impedir laborar a aquellos trabajadores que no se encuentren física o mentalmente aptos para desarrollar el trabajo en una forma segura, en particular por efectos de enfermedad, alcohol o drogas.
- Impedir el juego y las bromas, que puedan causar accidentes. Así mismo, procurar el trato respetuoso entre los trabajadores y hacia el público en general.
- Impedir que los trabajadores sin la debida capacitación y experiencia desarrollen trabajos con un grado de riesgo alto. Para fines de adiestramiento, dichos trabajadores participarán únicamente bajo la supervisión directa y personal de otro trabajador experimentado y capaz.
- Impedir que los trabajadores laboren si no portan su gafete y la ropa de trabajo, la camisa de manga larga, abotonada y bien fajada, botas de protección y que utilicen adecuadamente su equipo de protección personal según el tipo de actividad a realizar.

## REPORTE Y/O ATENCIÓN DE CONDICIONES Y ACTOS INSEGUROS.

En caso de peligro inminente, todos los trabajadores tienen la obligación ineludible de reportar y/o corregir con prontitud cualquier condición o acto que pueda crear una situación comprometedor para sí mismo y para otros trabajadores, así como para el público, las propiedades de particulares, o los bienes de CFE.

## SECCIÓN 803- PLANEACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL TRABAJO

### PLANEACIÓN

Todo trabajo, sea sencillo o complicado, debe planearse cuidadosamente para cada maniobra, el grupo de trabajo debe reunirse periódicamente para analizar los riesgos posibles y las medidas de seguridad que deben adoptarse, así como los procedimientos aplicables, las herramientas, equipo de trabajo y de seguridad que habrán de emplear en cada caso. La comunicación eficiente debe considerarse como parte integral de la planeación, y las instrucciones de trabajo deben ser claras y precisas, debiendo siempre confirmarse que fueron claramente entendidas.

Entre los posibles riesgos, encontramos que algunos materiales, herramientas, equipos, etcétera, al ser sujetos a esfuerzos, pueden fallar ocasionando accidentes. Al planear los trabajos, tómesese en cuenta esta posibilidad y en caso de falla, reportar al Jefe del Departamento de la especialidad correspondiente.

### CONDICIONES EN EL LUGAR DE TRABAJO.

Antes de iniciar cualquier trabajo deben verificarse las condiciones estructurales, ambientales, mecánicas, eléctricas y el apego a la nomenclatura oficial, detectando los riesgos posibles y determinando las medidas que deben adoptarse para evitar los accidentes.

Cuando no se disponga de iluminación natural suficiente, como por ejemplo en trabajo nocturno, se proveerá de iluminación artificial adecuada. Los reflectores o luminarias que se utilicen deben orientarse de tal manera que no deslumbren o molesten a los trabajadores.

Al trabajarse en lugares confinados o con ventilación deficiente, debe garantizarse que el aire que se respira no constituya un riesgo para la salud, debiendo proveerse de ventilación artificial o utilizar protección respiratoria.

## SECCIÓN 804- EXPERIENCIA Y CAPACIDAD DE LOS TRABAJADORES

### CAPACIDAD FÍSICA Y MENTAL DEL TRABAJADOR

Los trabajadores que se ocupen de labores con alto grado de riesgo, deben estar aptos física y mentalmente, para el desarrollo de su actividad.

No debe permitirse que un trabajador distraído realice este tipo de labores.

No debe permitirse bromas ni juegos que distraigan al personal en su actividad de riesgo alto.

Físicamente el trabajador debe ser apto al esfuerzo que va a realizar.

Debe vigilarse las condiciones de fatiga del trabajador en este tipo de labores.

### EXCESO DE CONFIANZA

Por muy capaz y experimentado que sea el trabajador, debe seguir los procedimientos de trabajo de manera correcta, observando las medidas de seguridad establecidas y utilizar el equipo de protección personal y de trabajo necesario.

Nunca se deben subestimar los riesgos que se corren al efectuar las maniobras de trabajo, ya que no es posible predecir las consecuencias que el menor de los riesgos puede ocasionar.

### **SECCIÓN 805- PROTECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

Cuando por razón de los trabajos se expongan a partes energizadas, en movimiento y materiales o sustancias, que por su naturaleza puedan dañar la salud y la integridad física del personal, deben colocarse avisos preventivos y guardas para advertir las condiciones peligrosas existentes en el área.

Cuando se trabaje en áreas con secciones múltiples semejantes, como es el caso de una sección de una subestación, el lugar de trabajo se debe DELIMITAR EN FORMA NOTORIA, acordonándola o usando barreras y avisos preventivos, a fin de evitar contactos accidentales con partes energizadas, tanto de la propia sección de trabajo como de secciones adyacentes.

### **SECCIÓN 806- MANEJO DE MATERIALES**

#### **LÍMITE DE CARGA MANUAL.**

El límite de carga manual, para trabajadores físicamente aptos, sin la ayuda de otros trabajadores o de equipo para izar es de 50 kilogramos, siempre y cuando el objeto que se manipule, por su forma o tamaño, sea susceptible de ser manejado por un solo trabajador.

Al levantar objetos manualmente, el trabajador debe evitarse flexionar la espalda, para no originar sobreesfuerzo que la pueda lesionar. Debe mantenerse la espalda recta realizando el esfuerzo con brazos y piernas.

#### **MANEJO DE MATERIALES O HERRAMIENTAS ENTRE DIFERENTES NIVELES.**

Queda prohibido aventar las herramientas o materiales para subirlas o bajarlas entre diferentes niveles. En su lugar, debe usarse mandadera con gancho o cubeta de lona u otro medio igualmente eficaz.

#### **USO DE GUANTES DE CUERO.**

Es obligación utilizar guantes de cuero para uso rudo para manejar cables, materiales con aristas filosas, cortantes, abrasivos o punzantes.

#### **EQUIPO PARA MANEJO DE MATERIALES.**

Todo el equipo para manejo de cargas, tales como grúas móviles, grúas viajeras, montacargas, gatos mecánicos e hidráulicos, cables, estrobos, carretillas, barras, ganchos, etc., deben inspeccionarse antes de ser utilizados, verificando su buen estado y capacidad de carga.

Por ningún motivo debe excederse el límite de carga de los equipos y accesorios de carga, los cuales deben estar visiblemente identificados en su capacidad.

Cuando un camión de transporte esté siendo cargado con grúa o montacargas, debe bloquearse y colocársele topes en las ruedas traseras.

## SECCIÓN 807- EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

### ASPECTOS GENERALES.

No debe permitirse a trabajador alguno, la ejecución de cualquier tarea si no utiliza los equipos de protección suficientes, adecuados y en buen estado. Es obligación de los trabajadores el cuidado, mantenimiento, resguardo y uso correcto de los equipos de protección.

Los equipos de protección deben ser inspeccionados por los trabajadores antes de cada utilización. De encontrarse en mal estado, no los utilizará y gestionará su reposición o reparación cuando ésta sea posible. En caso de duda sobre el estado de sus equipos de protección, lo reportarán a su jefe inmediato, quien los verificará y dictaminará lo que proceda.

De persistir la duda, o en caso de desacuerdo, se informará a la Comisión de Seguridad e Higiene, quien resolverá lo conducente.

Todos los equipos de protección deben apegarse a la normatividad, y ser aprobados por el responsable de Seguridad e Higiene.

### PROTECCION DE LA CABEZA.

Debe usarse casco protector de ala ancha con barbiquejo, en los siguientes lugares o tareas específicas:

Al trabajar en líneas o equipos energizados o desenergizados de alta o baja tensión incluyendo los relativos a control, protección y medición.

Al ascender o descender de estructuras o torres, incluidas las de comunicación, canastillas, escaleras portátiles, en tareas de construcción, operación o mantenimiento de líneas de transmisión o equipo de subestaciones.

Al abrir o cerrar cuchillas para conectar o desconectar líneas, tierras o equipos.

Durante el tendido y tensionado de conductores e hilos de guarda. Al conectar o desconectar equipos de puesta a tierra.

Al transitar o ejecutar tareas por debajo de trabajadores que se encuentren laborando en un nivel superior.

Al transitar o permanecer en las áreas de subestaciones, cualquiera que sea su condición de operación o de construcción.

En general, en todos aquellos trabajos en los que se manipulen o muevan objetos por encima de los trabajadores, ya sea en maniobras de carga, descarga, erección, armado o desmantelamiento, durante la operación, mantenimiento o construcción de obra.

### PROTECCIÓN DE LOS OJOS.

Debe utilizarse protección ocular en los siguientes lugares o tareas específicas:

Al trabajar en líneas o equipos energizados.

Al instalar o verificar equipos de protección o medición en circuitos energizados.

Al manejar ácidos o electrolitos, solventes o compuestos calientes o que por reacción química producen vapores.

Al efectuar trabajos de corte y soldadura.

Al abrir o cerrar cuchillas para conectar o desconectar equipo con pértiga o maneral.

Al trabajar con herramientas de potencia-eléctricas, hidráulicas y neumáticas.

Al efectuar conexiones o desconexiones en cables de control en ductos, trincheras o fosas.

Al cortar o limpiar cables con cepillo de mano o carda eléctrica, para fines de empalme o conexión.

Al trabajar en la limpieza de cámaras de interruptores con hexafluoruro de azufre (SF6) y evitar el contacto del polvo residual.

Al aplicar aire a presión en gabinetes y partes sujetas a limpieza de polvo, (radios, tableros, cajas de control, etc.).

En el proceso de pintado con pistola de aire.

En general, al utilizar herramientas con materiales que puedan producir partículas volantes, como es el caso de cincelado, esmerilado, fracturado con marro, sopleteado, corte con segueta, etc.

#### PROTECCIÓN DE LAS MANOS.

Deben usarse guantes de cuero en los siguientes lugares o tareas específicas:

Cuando se manejen objetos cortantes, filosos, abrasivos, con astillas o rebabas, o al utilizar herramientas que pueden producirlos o al manipular aisladores y otros objetos de porcelana o vidrio que puedan tener aristas cortantes.

Al manipular cables, estructuras o herrajes.

Al escalar o descender de estructuras, torres de transmisión o de comunicación.

En la limpieza de brecha, el manejo de maleza y hierba.

Para el manejo de ácidos, solventes orgánicos u otras sustancias irritantes, tóxicas o corrosivas, se usarán guantes especiales para sustancias químicas, aprobados por el Responsable de Seguridad e Higiene.

El manejo de cámaras de arqueo de interruptores con hexafluoruro (SF6).

Usar guantes de cuero para el manejo de objetos o líquidos calientes.

Usar guantes de algodón en el interior de los guantes dieléctricos para eliminar el sudor de las manos.

#### PROTECCION RESPIRATORIA.

De no existir una ventilación natural adecuada, en los siguientes casos, se proveerá de

ventilación artificial, o se utilizará equipo de protección respiratoria aprobado por el responsable de Seguridad e Higiene.

Trabajos en los que produzcan o existan polvos, gases o vapores asfixiantes, irritantes o tóxicos.

Trabajos de corte, soldadura y esmerilado, en lugares confinados

En la inspección interna de transformadores e interruptores de gran volumen.

En el mantenimiento de cámaras de arqueo de interruptores en SF6.

En trabajos de pintado con pistola de aire o aerosol.

#### PROTECCIÓN AUDITIVA.

Cuando sea necesario permanecer en lugares ruidosos, con un nivel de presión acústica igual o superior a los 90 dB(A), debe usarse equipo de protección auditiva aprobado por el responsable de Seguridad e Higiene (en caso de que se sospeche que el nivel de ruido es excesivo cuando para conversar a una distancia aproximada de 70 cm. tenga que hablar muy fuerte o gritando, para poder ser escuchado).

#### PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS ELECTRICOS.

Todos los equipos de protección aislantes, como guantes dieléctricos, escaleras, pértigas canastillas, traje conductor, deben inspeccionarse antes de cada trabajo, para asegurarse de que se encuentren en buen estado, limpios y secos. Deben además probarse periódicamente, conforme a un programa anual de pruebas.

Para aislarse eléctricamente, y evitar formar parte de un circuito eléctrico entre fases o de fase a tierra, los trabajadores usarán plataformas aisladas, canastillas montadas en grúas con brazo aislante, o pértigas. Los guantes dieléctricos se utilizarán obligatoriamente como protección adicional, para los casos de contactos accidentales con puntos a potencial eléctrico distinto al que en ese momento se está trabajando.

El trabajador no debe tocar simultáneamente dos puntos con diferente potencial eléctrico, usando como único medio de aislamiento sus guantes dieléctricos. Por ejemplo, no debe tocar un conductor energizado mientras esté parado directamente en la estructura, aunque utilice guantes dieléctricos de clase adecuada.

#### REGLAS RELATIVAS A LOS GUANTES DIELECTRICOS.

Los guantes dieléctricos en uso, deben probarse conforme a un programa establecido coordinadamente por el responsable de Seguridad e Higiene del centro de trabajo y el Departamento de Calidad de la Gerencia de Transmisión.

Durante el período de uso, el trabajador tiene la responsabilidad de vigilar su buen estado y limpieza, dándoles el uso, cuidados y mantenimiento adecuado.

Todo guante dieléctrico dañado debe mutilarse parcialmente, para así identificarle y evitar su utilización.

Los guantes dieléctricos no serán utilizados en tensiones mayores a su clase, ni para otros fines que no sean exclusivamente protección eléctrica.

Al inspeccionar sus guantes dieléctricos antes de utilizarlos, se verificará que no tengan raspaduras, astillas, burbujas, cortaduras, grietas, perforaciones u otros daños semejantes. La inspección y la prueba de aire deben hacerse por ambas caras del guante ("al derecho y al revés").

El tamaño de los guantes corresponderá a la talla de la mano del usuario.

Los guantes dieléctricos deben usarse únicamente en la mano para la que fueron fabricados, no debiendo usarse "al revés". Esto es, no se volteará el guante izquierdo para usarlo como derecho o viceversa.

Los guantes dieléctricos se usarán siempre con sus correspondientes guantes protectores de cuero y de algodón, que serán de la talla correspondiente a los dieléctricos.

Los guantes protectores de cuero deben mantenerse limpios, libres de grasa o aceites, tierra, rebabas, astillas, etc. y sin roturas o perforaciones. No deben usarse como guantes de trabajo común. De la misma forma no deben usarse guantes de cuero de trabajo común como protectores de dieléctricos.

Cuando no se estén usando los guantes dieléctricos, se guardarán en su correspondiente bolsa de lona con el extremo del puño hacia el fondo de la misma.

Cuando se utilicen los guantes dieléctricos, no se usará reloj, anillos, pulseras u otros objetos que puedan dañarlos.

En su almacenamiento debe evitarse que sufran dobleces o esfuerzos mecánicos. Debiendo guardarse en lugar fresco y seco, alejándolos de los rayos directos del sol y otras fuentes de calor; limpios y secos por su lado "derecho", y de preferencia en su caja original.

En caso de contacto del guante dieléctrico con aceites, grasas u otros derivados del petróleo, deben limpiarse de inmediato.

Los guantes dieléctricos deben mantenerse limpios, para lo cual se lavarán con jabón neutro y agua tibia, dejándolos secar en un lugar fresco, a la sombra, con los dedos hacia arriba o utilizando una toalla suave y limpia.

Deben usarse guantes dieléctricos de la clase adecuada en los casos y tareas que se enlistan a continuación:

Cuando se trabaje en equipo o líneas energizadas, en tareas de construcción o mantenimiento, desde canastillas o plataformas aisladas.

Cuando se trabaje en contacto con estructuras que soporten circuitos energizados de alta tensión, sobre los cuales se esté trabajando en ese momento.

Cuando se manejen conductores que vayan a ser instalados o removidos de estructuras que soportan otros circuitos de alta tensión energizados.

Cuando se toquen estructuras, partes o equipos que estén siendo colocados o retirados en la cercanía de líneas o partes energizadas de alta tensión.

Al efectuar conexiones o desconexiones en sistemas de ductos, trincheras o subterráneos.

Cuando se está trabajando con máquinas o equipos móviles, en la cercanía de líneas o

equipo energizado de alta tensión.

Al abrir o cerrar cuchillas con maneral propio.

Al abrir o cerrar cuchillas, al instalar o retirar equipos de puesta a tierra con pértiga aislante, en ambientes húmedos o lluviosos y en general al efectuar cortes de corriente en ambiente húmedo o lluvioso.

Cuando se operen manualmente interruptores.

Cuando se conecte o desconecte un bajante a tierra.

Cuando así lo dictamine la Jefatura del centro de trabajo de su adscripción.

Traje conductor.

Para trabajos con la técnica de “MANO DESNUDA” en líneas energizadas con tensiones de 115 kV en adelante, es obligatorio el uso del traje conductor.

#### ROPA DE TRABAJO Y CALZADO.

En general para todos los trabajos es obligatorio el uso de la ropa y el calzado proporcionado por CFE, completo y de acuerdo a la normatividad interna, sin modificaciones en su diseño original.

Para los trabajos en líneas o equipos eléctricos, es obligatorio usar la camisa fajada y debidamente abotonada.

El impermeable que se le otorgue a los trabajadores, debe estar disponible y conservarse adecuadamente para su uso.

#### CINTURONES Y BANDOLAS.

Antes de cada uso, los cinturones y bandolas de seguridad deben inspeccionarse, verificando su buen estado. Se revisarán anillos, ganchos, hebillas, remaches, costuras, ojales y el estado general del nylon.

Observando que no haya desgaste excesivo, fracturas, rajaduras o hilos trozados.

Queda prohibido usar el cinturón o la bandola para elevar o bajar materiales u objetos, o para cualquier otro fin que no sea su función exclusiva, que es la de asegurar al trabajador mientras labora en niveles elevados.

Al embandolarse, se tendrá la certeza de que el apoyo es firme y seguro. Así mismo, no se confiará del sonido o "clic" que se produce al fijar los ganchos de la bandola en los anillos del cinturón, sino que se comprobará VISUALMENTE que efectivamente están debidamente acoplados.

Para embandolarse nunca se colocarán los dos ganchos de la bandola en un mismo anillo del cinturón, ya que su hebilla no está diseñada para soportar esfuerzos.

Se prohíbe embandolarse a los conductores y a las cadenas de aisladores.

Cuando una bandola o cinturón se encuentre en malas condiciones debe cortarse y darse

de baja.

El uso de la bandola en las estructuras requiere de la observación del trabajador, para evitar que las aristas u orillas de los herrajes filosos o que contengan rebabas cortantes, causen daños en el tejido de la bandola.

Cuando se trabaje en estructuras de acero, se debe evitar que la bandola tenga deslizamientos frecuentes en las aristas de los herrajes para evitar el corte y desgaste prematuro.

Para evitar el deslizamiento del punto de apoyo de la bandola, se debe colocar en posición horizontal con respecto a la cintura, dándole doble vuelta de manera que le sea cómodo realizar el trabajo.

## SECCIÓN 810- DISTANCIAS DE SEGURIDAD RESPECTO A PARTES ENERGIZADAS

### TENSIÓN DE OPERACIÓN.

Antes de iniciar cualquier trabajo en o cerca de circuitos o equipo energizados, el trabajador debe identificar:

Físicamente el circuito o equipos a tratar, de acuerdo a su nomenclatura.

Los alimentadores de carga o de control.

Los equipos o circuitos próximos y su tensión de operación

Deben aplicarse las medidas de seguridad relativas a la señalización acordonamiento, etc., para evitar las aproximaciones indebidas del personal al área de peligro.

### ¿NO ATERRIZADO? NO MUERTO.

Toda línea o equipo eléctrico se considerará energizado mientras no haya sido conectado el equipo de puesta a tierra y en corto circuito, guardándose las distancias de seguridad correspondientes.

### APROXIMACIÓN VOLUNTARIA O ACCIDENTAL A PARTES ENERGIZADAS.

Para el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad, se deben considerar no solamente los actos voluntarios de los trabajadores, sino posible actos involuntarios o accidentales, tales como resbalones, pérdida de equilibrio, caídas al mismo o diferente nivel, olvido o descuido momentáneo, extensión involuntaria de los brazos o piernas, etc.

### TABLA DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD RESPECTO A PARTES ENERGIZADAS.

En todas las referencias que se hacen en este Reglamento al concepto de "Distancias de Seguridad" o "Distancias Mínimas de Seguridad", corresponde a las distancias que se muestran en la tabla siguiente:

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD (C.A., 60 Hz.)	
Tensión Nominal entre Fases (kV)	Distancia Mínima de Seguridad (metros)
2.4 a 13.8	0.60
34.5	0.75
115	1.50
230	2.50
400	4.40

#### ACERCAMIENTO A DISTANCIAS MENORES.

Pueden reducirse las distancias establecidas en la Tabla anterior, únicamente en los siguientes casos:

Quando se ejecuten trabajos de líneas energizadas a través de los métodos aprobados.

Quando entre el trabajador y la parte energizada se haya instalado previamente un medio aislante.

#### SECCIÓN 813- TRABAJOS EN SUBESTACIONES

##### GENERALIDADES.

Es responsabilidad de quien coordine los trabajos que se ejecuten en una Subestación, el controlar el acceso de personas ajenas al Área de trabajo de CFE.

Es obligación de los trabajadores, tanto de CFE como ajenos, respetar y conservar los avisos de seguridad, preventivos, restrictivos e informativos que se encuentren instalados en el Área de la Subestación.

Todo trabajador que entre a una Subestación debe suponer que todo el equipo y partes eléctricas están energizadas, hasta que no se compruebe lo contrario.

Dentro de la Subestación, los vehículos deben circular a una velocidad máxima de 10 km/h. En general, el equipo mecanizado debe moverse bajo la supervisión de personal calificado, manteniendo las distancias de seguridad.

Los vehículos pesados, con carga pesada o de maniobra deben abstenerse de cruzar sobre las tapas de las trincheras, ductos o registros. Si es indispensable hacerlo, debe acondicionarse el paso con durmientes, viguetas o placas para evitar daños.

Durante la noche el alumbrado normal debe ser suficiente para el trabajo y tránsito del personal.

El piso de los patios de subestaciones debe estar exento de basura, alambre, hierba, madera de desperdicio, vidrios o cualquier material que pueda ocasionar riesgos de trabajo.

Los trabajadores de cualquier especialidad, al término de su turno o jornada de trabajo, deben dejar limpia el área de trabajo. La basura o desechos que originen, deben clasificarse en residuos peligrosos y no peligrosos, depositándose en los lugares apropiados.

Las comunicaciones radiofónicas y de “carrier” deben de usarse apropiadamente.

Cualquier interferencia, bloqueo, ocupación prolongada o inadecuada, así como mensajes falsos, pueden ser causa de perjuicios graves al personal o a las instalaciones.

Las visitas a las subestaciones deben ser restringidas y autorizadas por la Gerencia Regional de Transmisión o la Jefatura de la Subárea respectiva, previo conocimiento del objetivo y nivel técnico o académico de los solicitantes.

Todo grupo de visitantes debe ser acompañado durante su estancia por personal calificado quien previamente le informará además de las funciones y operaciones de las instalaciones de los peligros y riesgos que pudieran tener ciertas áreas donde se les restringirá su acceso; en lo que respecta a la protección de los visitantes como mínimo deben utilizar el casco de seguridad.

La desratización, fumigación y aplicación de herbicidas en subestaciones, debe realizarse periódicamente por personal calificado a fin de evitar la población de roedores e insectos, así como el crecimiento de hierba. Estos trabajos deben ser supervisados por el personal de CFE.

Deberá observarse el buen funcionamiento de cunetas y drenajes que eviten el encharcamiento de los patios.

Las trincheras y registros deben contar con todas sus tapas. Las piezas que se encuentren rotas, deben marcarse visiblemente y reportarse para su reparación o reposición.

Debe observarse el estado que guardan las cercas, bardas, guarniciones, mampostería y alambrados y si están dañadas se deben reportar para su inmediata reparación.

Durante la limpieza o eliminación de hierba en los patios de la subestación o líneas de transmisión, no debe quemarse la maleza ni basura en el área, ya que el humo favorece la conducción eléctrica pudiendo ocasionar un disparo del equipo. La eliminación de la maleza o basura debe observar la normativa ambiental.

Los trabajos que se realicen simultáneamente en dos subestaciones o más, interconectadas por una sola línea o en la misma línea, deben contar con un coordinador común, el Operador de Sistema, o por un solo responsable de la licencia con supervisores en los diversos puntos de trabajo.

Los trabajos ejecutados en subestaciones por contratistas o personal ajeno a las instalaciones eléctricas como pueden ser peones, albañiles, pintores, fontaneros, herreros, etc., y que laboran en las bahías, en las salas de control o tableros, deben ser advertidos de los riesgos y de lo que no deben hacer. Además debe tener una supervisión constante para cuidar sus movimientos y así ayudarles a resolver cualquier dificultad que se les presente.

#### EQUIPO.

Antes de iniciar cualquier trabajo, deben verificarse las condiciones estructurales, mecánicas y eléctricas, detectando los riesgos posibles y determinando las medidas que deben adoptarse para evitar los accidentes.

Siempre se verificará la correcta conexión al sistema de tierras de las partes metálicas no vivas, incluyendo las que forman parte del equipo energizado. También estarán conectadas al neutro del sistema.

Aunque las subestaciones cuenten con un buen sistema de tierras, debe evitarse tocar

las partes metálicas de los equipos energizados. Cuando sea necesario abrir gabinetes de control local y no se tenga la certeza de que están bien aterrizados, debe utilizarse guantes dieléctricos de la clase adecuada y verificar y/o corregir las conexiones.

Las tapas de trincheras y registros, deben mantenerse colocados en su lugar. En caso de destaparse se colocarán barreras o se acordonarán. al momento de destaparse se tomarán las precauciones necesarias para evitar picaduras de animales.

Siempre se usarán guantes en la maniobra de destapar o tapar registros o trincheras. Se debe tener cuidado de no golpearlas, principalmente si se trata de tapas de concreto. Nunca se colocarán tapas fracturadas que representen un riesgo para el tránsito en la subestación.

Cuando se trabaje en áreas desenergizadas, previamente se reunirán el jefe del grupo o grupos de trabajo y los trabajadores, para analizar los riesgos probables y sus medidas preventivas correspondientes. Se instalarán avisos, barreras o acordonamientos para evitar contactos con las áreas energizadas adyacentes.

Cuando sea necesario retirar las cubiertas, protecciones o frentes muertos de las partes vivas de tableros, debe limitarse el área de trabajo con barreras de seguridad y avisos de peligro. Deben colocarse dichas cubiertas nuevamente en su lugar, inmediatamente después de dar por concluidos los trabajos.

Para evitar errores de operación, siempre se dispondrá de una copia actualizada del procedimiento de operación de dicha instalación. También se tendrán en un lugar visible el diagrama unifilar actualizado, así como la identificación con la nomenclatura de norma de los equipos. Todo lo anterior debe consultarse con el centro de control correspondiente, antes de efectuar maniobras de apertura o cierre de los medios de desconexión.

La apertura y cierre de cuchillas seccionadoras, cuchillas fusibles y otros dispositivos similares, se hará utilizando pértiga aislante, ropa de trabajo, guantes aislantes de hule de la clase adecuada, protección ocular, casco protector con barbiquejo y botas dieléctricas, siempre bajo la supervisión de personal calificado.

Las palancas de accionamiento manual, puertas de acceso, gabinetes de equipo de control, etc., se mantendrán con candado a menos que estén siendo operadas o se esté ejecutando en ellas algún trabajo.

Durante el uso de las cuchillas de tierra, aunque deben tener bloqueo mecánico y candado mientras las cuchillas del circuito están cerradas, debe tenerse especial cuidado en la secuencia de operación. El circuito por aterrizar debe estar desenergizado por ambos lados en sus respectivas subestaciones y se debe verificar ya cerradas, que el circuito no se energice por error o falta de bloqueo de las cuchillas de líneas y el interruptor correspondiente.

Cuando se conecten equipos o líneas desenergizadas a un circuito energizado, por medio de cable o algún dispositivo de conexión, éste se debe conectar primero a la parte desenergizada. Inversamente, cuando se desconecte, primero se hace por la parte energizada.

Las salas de baterías deben contar en su instalación eléctrica de alumbrado y ventilación con accesorios a prueba de explosivos.

Las salas de baterías, deben estar ventiladas para evitar concentraciones de gases explosivos.

En las salas de baterías está prohibido fumar, producir flamas abiertas, chispas eléctricas o fuentes de ignición.

Siempre que se manejen ácidos o electrolitos, se deben utilizar los guantes de hule contra sustancias químicas y mandil a prueba de corrosión. Cuando se transporten baterías, es necesario tapar sus respiraderos.

Para diluir ácido en el llenado de baterías, debe evitarse añadir agua a un ácido concentrado. La forma segura es añadiendo el ácido al agua.

Siempre que se detecte olor a ácido sulfúrico, a pesar de tener buena ventilación, pueden ser síntoma de problemas que tenga como consecuencia final la posible explosión de los recipientes de las baterías. Por lo tanto, debe darse aviso inmediato al Jefe a cargo de la instalación.

Siempre que se efectúen trabajos en capacitores con control automático, se deben aterrizar con sus cuchillas de puesta a tierra, previa apertura de su interruptor, cuchillas e interruptor de control. Inmediatamente después y guardando aún las distancias de seguridad se aterrizarán, con equipo portátil, todas las unidades que hayan tenido posibles daños.

Cuando se tengan partes energizadas a alturas menores que las mínimas de seguridad establecidas en la Especificación CFE correspondiente, el equipo o sección debe confinarse para evitar acercamientos peligrosos del personal que labora o transita por las instalaciones. Las puertas de acceso a estas áreas confinadas deben asegurarse y deben instalarse señalamientos preventivos.

Nunca se debe acercarse a los apartarrayos, excepto cuando estén desconectados del circuito y han sido conectados a tierra.

En las maniobras de llenado de aceite aislante, de interruptores, transformadores, etc., se conectarán a tierra tanto las tuberías metálicas como el equipo de tratamiento, bombeo y auxiliares, para descargar la electricidad estática. Evitar chispas eléctricas que puedan ocasionar incendios o explosiones.

Todo equipo portátil de prueba debe conectarse a tierra antes de hacer cualquier conexión.

Siempre que se hagan reparaciones provisionales a los equipos primarios, de control, de comunicaciones, etc., que alteren sus condiciones, de la instalación o de su operación deberá reportarse por escrito y colocar avisos preventivos en el lugar, indicando dicha condición.

Cuando sea necesario hacer cambios de nomenclatura, cualquiera que sea la causa, debe darse a conocer con suficiente anticipación al personal involucrado, además debe proporcionar la información gráfica correspondiente.

Siempre que se efectúen cambios o alteraciones en los equipos, se debe instruir y proveer de toda la información técnica necesaria al personal involucrado.

Todos los equipos primarios instalados en el área de alta inducción y que se encuentran desconectados de las bases o líneas para fines de pruebas o mantenimiento, deben conectarse a tierra para evitar descargas estáticas peligrosas.

Cuando un cable energizado aéreo se deje desconectado y con sus terminales

suspendidas, debe amarrarse con el material aislante a la altura o distancia de seguridad correspondiente. Cuando se dejen desenergizados, se amarrará y aterrizará. En ambos casos, deben colocarse los avisos o señalamientos preventivos correspondientes.

Durante los trabajos de corte, soldadura, esmerilado, cincelado, etc., en áreas con materiales combustibles o inflamables, debe mantenerse una vigilancia permanente, dedicada exclusivamente a prevenir o combatir brotes de incendio. El área debe despejarse en la medida de lo posible y deben tenerse a la mano los extintores adecuados.

Las escaleras portátiles que se usen en las subestaciones, deben ser de material no conductor y ajustarse a las Reglas respectivas.

Para el trabajo nocturno, se dispondrá de iluminación artificial suficiente, propia de la subestación o la adicional que sea necesaria.

En el proceso de secado de los transformadores mediante la circulación de aceite caliente, deben tomarse las siguientes precauciones:

Aterrizar todos los equipos como desgasificadoras, filtros, bombas, calentadores, tuberías metálicas, tanque del transformador y sus partes de conexión eléctrica.

Utilizar guantes de carnaza en el manejo de las válvulas u otras partes calientes.

Disponer de extintores suficientes, en buen estado y de la capacidad y tipo apropiados.

Evitar en el piso materiales combustibles o inflamables.

Reportar de inmediato cualquier anomalía, que represente riesgos al personal o a los equipos.

Los transformadores para conexión de neutro a tierra de los bancos y resistencias en serie, instalados en el piso, deben estar cercados y con avisos de peligro. Esto también es aplicable cuando estén alojados en el propio transformador principal.

La pantalla conductora o semiconductor de los cables de potencia, no debe tocarse sin antes haberla aterrizado en forma efectiva.

Cuando se trabaje en puntos intermedios de cables de potencia, en ese punto debe aterrizar el aislamiento mediante abrazaderas adecuadas.

Al término de cualquier trabajo, el área se dejará limpia de basura o desechos.

Siempre que se trabaje en barras desenergizados donde se cuente con transformadores de potencial o dispositivos de potencial, se tienen que retirar los fusibles del lado de baja tensión para evitar un posible retorno de potencial. Una vez que se hayan concluido los trabajos y retiradas las tierras provisionales, se deben reponer los fusibles.

El cambio de "taps" en los transformadores de potencia y de distribución, con cambiador manual, debe hacerse sin carga. Sus interruptores, tanto de alta como de baja tensión, deben estar abiertos y bloqueados. Antes de hacer el cambio, se deben aterrizar ambos lados del transformador.

Cuando el transformador ha sido dañado, se dejará desconectado tanto el lado primario como del secundario.

Para el uso de grúa en trabajos en subestaciones, el brazo debe aterrizarse guardando la distancia de seguridad a las partes energizadas.

En caso de contar con transiciones aéreo- subterráneo, al realizar trabajos en los elementos (mufas, cables de potencia, etc.) se verificará:

- a. La ausencia de potencial.
- b. El aterrizaje de mufas, cables de potencia, etc. Antes de iniciar cualquier trabajo.

### C. TRABAJOS CON CONTRATISTAS.

En los trabajos de construcción, ampliación o modificación, el responsable del trabajo y sus auxiliares harán un recorrido por el área donde se harán los trabajos y sus alrededores. Se determinarán las medidas de seguridad que se adoptarán, tales como señalización de áreas de peligro, instalación de barreras, cercas o acordonamiento, trazo, disposición de caminos de acceso y tránsito de vehículos y personas, etc.

Debe tenerse especial cuidado en la supervisión del personal de otras especialidades, que no conocen de riesgos eléctricos, tales como albañiles, pintores, carpinteros, peones, etc. El residente y/o responsable de la obra por parte de CFE, debe dar orientación suficiente sobre dichos riesgos.

Debe tenerse presente que el personal de construcción, en general no tiene experiencia amplia con equipo energizado y menos para trabajar en vivo, por lo que éstos deben siempre ser supervisados por personal calificado.

Cuando para la realización de determinados trabajos en Subestaciones, sea necesario el uso de estructuras y andamios metálicos, se les debe proveer de conexiones firmes a tierra.

Siempre que se trasladen varillas y piezas metálicas largas, deben trasladarse menor altura que la del personal que la lleva.

La erección de estructuras metálicas en un medio energizado o cerca de equipos energizados, debe realizarse por personal calificado y con supervisión directa del responsable de la obra.

Las licencias para trabajar cerca de equipos energizados o en cualquier parte de la obra serán transferida al residente y/o responsable, para la supervisión de las condiciones de seguridad y de manipulación de equipos y materiales.

Al término de cada jornada de trabajo o previamente a la devolución de cada licencia, debe supervisarse directamente el área y la obra para evitar que persistan condiciones peligrosas y se pueda normalizar la instalación a condiciones de operación con seguridad.

Durante los trabajos de construcción, es necesario mantener una constante supervisión por parte de CFE de la red de tierras, para que se cumpla con las normas y el diseño de construcción.

Al término de la obra el responsable de la misma, no debe dejar desperdicios, ni

desechos en el área o cerca de ésta.

#### LAVADO DE AISLAMIENTO DE EQUIPO DESENERGIZADO.

Cuando la limpieza se haga a mano, se usarán guantes apropiados para este tipo de trabajo.

Cuando la limpieza sea a base de agua con equipo de lavado, esta maniobra se hará siguiendo las instrucciones contenidas en el procedimiento correspondiente.

## Anexo VII Reglas de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional

Debido a la importancia de las maniobras en una S.E., a continuación se citan algunas definiciones y artículos que se encuentran en las Reglas de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional (REDOSEN), que permiten al personal estar en sincronía para poder realizar las tareas de forma adecuada.

Tanto las definiciones y los artículos mencionados a continuación son los que se aplicarán normalmente en el manejo de la información dentro de la Subestación. En caso de requerir más información, consultar las REDOSEN.

### Definiciones:

**CENACE:** El Centro Nacional de Control de Energía.

**CENAL:** El Centro Nacional del CENACE

**Permisionario:** La persona física o moral que es titular de un permiso de *Autoabastecimiento, Cogeneración, Pequeña Producción, Producción Independiente, Exportación o Importación de Energía Eléctrica.*

**SEN:** Sistema Eléctrico Nacional. Es el conjunto de instalaciones destinadas a la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica de servicio público en toda la República, estén o no interconectadas.

**Reglamento:** Estas Reglas de Despacho y Operación del SEN.

**Área de Control.** Es la entidad que tiene a su cargo el control y la operación de un conjunto de centrales generadoras, subestaciones y líneas de transmisión dentro de un área geográfica determinada por el grupo director del CENACE.

**Centro Nacional de Control de Energía.** Es la entidad creada por la Comisión para: la planificación, dirección, coordinación, supervisión y control del despacho y operación del SEN.

**Gerencia Regional de Transmisión.** Es la entidad que tiene a su cargo el mantenimiento de un conjunto de subestaciones y líneas de transmisión dentro de un área geográfica determinada.

**Abrir.** Es desconectar en forma manual o remota una parte del equipo para impedir el paso de la corriente eléctrica.

**Alimentador.** Es el circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los usuarios.

**Bloqueo.** Es el medio que impide el cambio parcial o total de la condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación de cualquier tipo.

**Cerrar.** Es conectar una parte del equipo, para permitir el paso de la corriente eléctrica.

**Confiabilidad.** Es la habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

**Continuidad.** Es el suministro ininterrumpido del servicio de energía a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables.

**Demanda máxima.** Es la potencia máxima suministrada durante un periodo de tiempo determinado.

**Disparo.** Es la apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar uno o varios elementos del Sistema Eléctrico Nacional.

**Distribución.** Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los usuarios.

**Disturbio.** Es la alteración de las condiciones normales del SEN originada por caso fortuito o fuerza mayor, generalmente breve y peligrosa, de las condiciones normales del Sistema Eléctrico Nacional o de una de sus partes y que produce una interrupción en el servicio de energía eléctrica o disminuye la confiabilidad de la operación.

**Disponibilidad.** Característica que tienen las unidades generadoras de energía eléctrica, de producir potencia a su plena capacidad en el momento preciso en que el despacho de carga se lo demande.

**Emergencia.** Condición operativa de algún elemento del SEN considerada de alto riesgo y que pudiera degenerar en un accidente o disturbio.

**Energizar.** Significa permitir que el equipo adquiera potencial eléctrico.

**Equipo.** Dispositivo que realiza una función específica utilizado como una parte de o en conexión con una instalación eléctrica, para la operación.

**Equipo disponible.** Es el que no está afectado por alguna licencia y que puede ponerse en operación en cualquier momento.

**Equipo vivo.** Es el que está energizado.

**Equipo muerto.** Es el que no está energizado.

**Equipo librado.** Es aquél en el que se ejó la acción de librar.

**Estabilidad.** Es la condición en la cual el Sistema Eléctrico Nacional o una parte de él, permanece unida eléctricamente ante la ocurrencia de disturbios.

**Falla.** Es una alteración o un daño permanente o temporal en cualquier parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio.

**Instalación.** Es la infraestructura creada por el Sector Eléctrico, para la generación, transmisión, transformación y distribución de la energía eléctrica, así como la de los Permisarios que se interconectan con el sistema de la Comisión.

**Interconexión.** Es la conexión eléctrica entre dos Áreas de Control o entre la instalación de un Permisario y un Área de Control.

**Librar.** Es dejar un equipo sin potencial eléctrico, vapor, agua a presión y sin otros fluidos peligrosos para el personal, aislando completamente el resto del equipo mediante interruptores, cuchillas, fusibles, válvulas y otros dispositivos, asegurándose además contra la posibilidad de que accidental o equivocadamente pueda quedar energizado o a presión, valiéndose para ello, de bloqueos y colocación de tarjetas auxiliares.

**Licencia.** Es la autorización especial que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes se protejan, observen o ejecuten un trabajo en relación con un equipo o parte de él, o en equipos cercanos, “en estos casos se dice que el equipo está en licencia”.

**Licencia de emergencia.** Es toda licencia que se solicita para realizar trabajos inmediatos en elementos, dispositivos o equipos que se encuentran en condiciones críticas de operación.

**Licencia programada.** Es toda licencia que se solicita para realizar trabajos de mantenimiento preventivo en elementos, dispositivos o equipos que se encuentran en condiciones normales de operación.

**Licencia en vivo.** Es la autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes, ejecute un trabajo en equipo energizado.

**Licencia en muerto.** Es una autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes, ejecute algún trabajo en equipo desenergizado.

**Licencia para casos especiales.** Es la autorización que se concede a un trabajador sobre un conjunto de equipos de una estación o grupo de estaciones para que éste pueda ordenar directamente en el lugar de trabajo a los Operadores de estación, una serie de maniobras o de eventos a ejecutarse en dicha estación, bajo un programa previo y aprobado por la autoridad correspondiente de los Centros de Control, según corresponda.

**Línea de transmisión.** Es el elemento de transporte de energía entre dos instalaciones del Sistema Eléctrico.

**Maniobra.** Se entenderá como lo hecho por un Operador, directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda o no cambiar el estado y/o el funcionamiento de un sistema, sea eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole.

**Mantenimiento.** Es el conjunto de actividades para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento.

**Número de registro.** Es el número que se le otorga al solicitante de una licencia para su pronta referencia, antes de que se de autorización de la misma.

**Operación.** Es la aplicación del conjunto organizado de técnicas y procedimientos destinados al uso y funcionamiento adecuado de elementos para cumplir con un objetivo.

**Operador.** Es el trabajador cuya función principal es la de operar el equipo o sistema a su cargo y vigilar eficaz y constantemente su funcionamiento. Las abreviaturas que se utilizarán para referirse a los Operadores serán las siguientes:

**SNT** Supervisor Nacional de Turno

**IST** Ingeniero Supervisor de Turno

**IOA** Ingeniero Operador de Área.

**IAT** Ingeniero Auxiliar de Turno.

**IOSA** Ingeniero Operador de Subárea.

**OD** Operador de Distribución.

**OE** Operador de Estación.

**OC** Operador de Central Generadora.

**IDT** Ingeniero Despachador de Turno.

**IP** Ingeniero Programador.

**Parar.** Es el conjunto de operaciones, manuales o automáticas mediante las cuales un equipo es llevado al reposo.

**Protección.** Es el conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos como válvulas, extintores y alarmas, para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague.

**Punto de interconexión.** Es el punto donde se conviene la entrega de energía eléctrica entre dos entidades.

**Red troncal.** Es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y estaciones eléctricas que debido a su función y/o ubicación, se consideran de importancia vital para el Sistema Eléctrico Nacional.

**Relatorio.** Es el documento oficial en el cual se deben de anotar los sucesos de la operación.

**Sincronizar.** Es el conjunto de acciones que deben de realizarse para conectar al Sistema Eléctrico Nacional una unidad generadora o conectar dos porciones separadas del Sistema Eléctrico Nacional.

**Sistema eléctrico de potencia.** Es el conjunto de centrales generadoras estaciones y líneas de transmisión, conectadas eléctricamente entre sí.

**Subárea de Control.** Es la entidad que tiene a su cargo el control y la operación de un conjunto de Centrales generadoras, subestaciones, y líneas de transmisión dentro de un área geográfica y que corresponde a un Área de Control.

**Subárea de Transmisión.** Es la dependencia subalterna de un Área de Transmisión y Transformación responsable del cumplimiento de las funciones encomendadas a ésta en un área geográfica determinada.

**Subestación.** Es la estación que recibe, transforma y/o distribuye energía eléctrica.

**Supervisión del sistema eléctrico.** Ejercer la inspección de los elementos y variables del Sistema Eléctrico Nacional.

**Tarjeta auxiliar.** Es la que se coloca en los mandos de los dispositivos que deben permanecer bloqueados durante el desarrollo de una licencia. El hecho de que una tarjeta auxiliar esté colocada en un dispositivo, es indicación estricta de que ese equipo no debe operarse, independientemente de que se encuentre abierto, cerrado, vivo o muerto. Se emplean para ese fin, las siguientes tarjetas auxiliares identificadas por un color:

**ROJA** Se usa para licencias en equipo muerto.

**AMARILLA** Se usa para licencias en equipo vivo.

**BLANCA** Se usa para licencias para casos especiales. La licencia respectiva y su tarjeta auxiliar autoriza al poseedor a efectuar maniobras en este dispositivo u otros dispositivos, para desarrollar el trabajo para el cual se solicitó la licencia.

**Transformación.** Es la modificación de las características de la tensión y de la corriente eléctrica para adecuarlas a las necesidades de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

**Transmisión.** Es la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos de interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución.

**Unidad Terminal Maestra (UTM).** Es el conjunto de equipos y programas, que procesan información procedente de las unidades terminales remotas, unidades maestras y otros medios, que utilice el Operador para el desempeño de sus funciones y que se encuentran ubicados en los centros de operación de los niveles jerárquicos.

**Unidad Terminal Remota (UTR).** Es el conjunto de dispositivos electrónicos que reciben, transmiten y ejecutan los comandos solicitados por las unidades maestras y que se encuentran ubicadas en las instalaciones del SEN.

**Usuario.** Persona física o moral que hace uso de la energía eléctrica proporcionada por el suministrador, previo contrato celebrado por las partes.

**Zona de distribución.** Es la dependencia subalterna de una División de Distribución, responsable del cumplimiento de las funciones encomendadas a ésta, en un área geográfica determinada.

**Artículo 1.-** El presente Reglamento es de carácter técnico operativo y tiene como objetivo establecer las reglas a las que deberán sujetarse todos los trabajadores y funcionarios que intervengan o deban intervenir en el despacho y la operación del SEN y en lo conducente para los Permisionarios o compañías extranjeras que interactúen de cualquier forma con el mismo.

**Artículo 5.-** Corresponde al CENACE la planeación, dirección, supervisión, coordinación y control del despacho y la operación del SEN, siendo su ámbito de acción, todas las unidades generadoras interconectadas al SEN, como de la propia Comisión y otras compañías y sus interconexiones en cualquier nivel de tensión. En los niveles de tensión menores a 69 kV que no constituyan puntos de interconexión se realizará una función coordinadora.

**Artículo 6.-** El despacho y operación del SEN tiene como finalidad la de hacer eficiente el suministro de energía eléctrica y hacer que se cumpla con los siguientes objetivos básicos:

**SEGURIDAD:** Habilidad del Sistema Eléctrico para soportar la ocurrencia de perturbaciones. Aplicada al SEN, el sistema se considera en operación segura, cuando sea capaz de soportar la ocurrencia de la contingencia sencilla más severa sin la acción de esquemas de control suplementarios.

**CONTINUIDAD:** Es el suministro ininterrumpido del servicio de energía eléctrica a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables.

**CALIDAD:** Es la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento de la Ley.

**ECONOMÍA:** Implica el menor costo global de producción del kWh, resultante del uso óptimo de los recursos energéticos, de generación y de red, considerando las unidades generadoras más eficientes y la asignación de potencia más adecuada, según la disponibilidad, las restricciones ambientales, el costo y consumo de energéticos, las pérdidas en transmisión, las restricciones de red y los contratos existentes.

**Artículo 8.-** El CENACE asignará cada *instalación* eléctrica a un *Área* o *Subárea de Control*, según corresponda de acuerdo con criterios operativos, territoriales y de competencia a su solo arbitrio, pudiendo mediante simple notificación escrita, modificar el *Área* o *Subárea de Control* de adscripción de cualquier *instalación*. La instalación afectada será notificada de su cambio de adscripción con fines de coordinación, supervisión, control y operación de la misma.

**Artículo 20.-** Es facultad del CENACE solicitar a las entidades de distribución, transmisión y generación la información estadística a la que no tiene acceso directo con fines de la operación y el despacho, y es obligación de dichas entidades proporcionarla.

**Artículo 21.-** El CENACE tiene la obligación de proporcionar a las diferentes entidades

operativas, según se convenga, la siguiente información:

- . Reporte de *disturbios*.
- . Condiciones de la red.
- . Novedades relevantes.
- . Resultados de la planeación y la operación.

**Artículo 29.-** En todas las instalaciones se deberá contar con *unidades terminales remotas* y equipos de comunicación; además el CENACE determinará las *instalaciones* en las que se requieran registradores dinámicos de eventos. El responsable de la *estación* tiene la obligación de su instalación y mantenimiento.

**Artículo 33.-** En los centros de operación y en todas las estaciones, deberá llevarse un libro o sistema de captura de información que recibirá el nombre de *relatorio*, el cual tendrá carácter de documento oficial con valor probatorio y en el que se anotarán los sucesos de la operación.

**Artículo 34.-** Todos los sucesos de la operación, deberán ser anotados en el *relatorio* e informadas a la brevedad posible al *Operador* que las ordenó.

**Artículo 35.-** Las anotaciones en el *relatorio* deberán ser veraces, escritas con tinta en el caso de libros, y no deberán contener juicios o comentarios personales de ningún tipo. Para los sistemas electrónicos únicamente se aceptarán las impresiones de aquellos reportes no modificables.

**Artículo 36.-** Para propósito de este Reglamento se conservarán las hojas o impresiones originales del *relatorio* por lo menos tres años sin que éstas sufran daños o mutilaciones.

**Artículo 37.-** Con el propósito de unificar el registro en los *relatorios* y los tiempos en los aparatos gráficos, los relojes serán puestos diariamente con la hora del primer nivel de operación. Está obligado además, el uso del horario de cero a veinticuatro horas.

**Artículo 38.-** El *Operador* que no sea relevado a tiempo, deberá seguir desempeñando sus labores y no suspender las actividades que le competan, sino hasta la hora en que sea relevado. Deberá informar de esta situación a su Jefe Inmediato y al *Operador* del nivel operativo superior.

**Artículo 39.-** El *Operador* entrante debe ser informado verbalmente por el *Operador* saliente de las condiciones existentes del *equipo* a su cargo, y a través de la lectura del *relatorio* enterarse de las novedades ocurridas desde la última vez que dejó el servicio.

**Artículo 40.-** Si el *Operador* entrante se presenta en estado de ebriedad, drogado o visiblemente afectado de su capacidad de actuación, el *Operador* en turno deberá avisar a sus superiores y bajo ninguna circunstancia le entregará el turno.

**Artículo 41.-** Todo *Operador* está obligado a conocer y aplicar los procedimientos técnicos-operativos aprobados y vigentes.

**Artículo 44.-** Sólo el *Operador* en turno está autorizado para ordenar o ejecutar maniobras en el *equipo* a su cargo.

**Artículo 45.-** En todas las maniobras que efectúe el *Operador* a control remoto, se le tendrá como *Operador* de *estación* con las limitaciones del caso.

**Artículo 46.-** El *Operador* informará al *Operador* del nivel operativo superior y a sus superiores de los accidentes personales, maniobras, *licencias*, hechos sobresalientes y de todo aquello que afecte el buen funcionamiento del SEN o que en alguna forma esté relacionado con el mismo.

**Artículo 47.-** El *Operador* deberá informar al *Operador* de nivel operativo superior, cuantas veces le sea requerido, sobre la situación que guarda el *equipo* a su cargo y de los hechos relevantes de la operación durante su turno.

**Artículo 48.-** Si en cualquier momento el *Operador* observa valores de frecuencia, tensión, corriente, flujos, presión, temperatura, etcétera, fuera de los límites fijados, deberá proceder a tomar las medidas correctivas conforme a lo indicado en los manuales o procedimientos de operación informando de inmediato al *Operador* de nivel operativo superior.

**Artículo 49.-** En caso de *disturbio* o *emergencia* el *Operador* deberá atender prioritariamente la operación y deberá coordinarse con el *Operador* de nivel operativo superior. Una vez resuelta la *emergencia* deberá informar a sus superiores.

**Artículo 50.-** Durante una contingencia, el orden jerárquico deberá ser invariablemente respetado; así por ejemplo, las instrucciones del Supervisor del Centro Nacional prevalecerán sobre las del *Operador* del *Área de Control*.

**Artículo 51.-** En casos de *emergencia*, tales como: peligro de muerte, daños en el *equipo*, incendio, inundación, etc., el *Operador* deberá tomar la iniciativa para evitar o reducir los daños, ejerciendo precauciones extremas al efectuar las maniobras que crea convenientes; tan pronto como le sea posible, deberá informar de lo anterior al *Operador* de nivel operativo superior y a quien corresponda.

**Artículo 53.-** En ausencia de un *Operador* de *estación*, todo trabajador involucrado y facultado en la operación se convierte automáticamente en *Operador* de *estación*, con las obligaciones que le imponga este Reglamento.

**Artículo 54.-** El *Operador* deberá atender con prontitud las comunicaciones identificándose de la siguiente manera: lugar, puesto y nombre.

Ejemplo: *Área Norte, Operador Salazar*.

**Artículo 55.-** Al entablar cualquier comunicación, el *Operador* deberá atenderla con cortesía, amabilidad y respeto.

**Artículo 56.-** Al establecerse cualquier comunicación, el *Operador* deberá tener especial cuidado en expresar claramente y con la brevedad adecuada la información completa que deba dar o que le sea pedida. Las expresiones soeces u obscenas están prohibidas en todas las conversaciones en las que se utilicen los sistemas de comunicación.

**Artículo 57.-** El *Operador* repetirá las instrucciones que reciba, pidiendo a su vez que le repitan las que él transmite para asegurarse de que fueron entendidas correctamente.

**Artículo 58.-** El *Operador*, de acuerdo con su nivel jerárquico de operación, tiene prioridad en el uso de las redes de comunicación.

**Artículo 59.-** Cuando por alguna razón no exista comunicación directa de un *Operador* con alguna *estación*, el *Operador* de cualquier *estación* intermedia, deberá retransmitir los mensajes que le sean encomendados.

**Artículo 60.-** El *Operador* informará al *Operador* del nivel operativo superior de las condiciones

atmosféricas cada vez que éste lo solicite. Cuando el *Operador* note que se acerca una tormenta u otro fenómeno atmosférico severo, deberá reportarlo de inmediato, aportando la mayor información posible.

**Artículo 63.-** Todo *equipo* en operación deberá estar en Servicio, en disponibilidad o en *licencia*. De esta forma, si un *equipo* se encuentra desconectado por requerimientos de operación, no se podrá trabajar en él si no se ha tramitado previamente una *licencia*, ya que se considera que dicho *equipo* está disponible y listo para entrar en servicio en cualquier momento.

Si un *equipo* no puede ser puesto en servicio por presentar algún daño, éste deberá tomar la *licencia* respectiva de inmediato.

**Artículo 65.-** Las *licencias* se clasifican en *vivo* o en *muerto* y podrán ser *programadas* o de *emergencia*.

**Artículo 67.-** Las *licencias* programadas deberán solicitarse al CENACE con una anticipación adecuada a la importancia del elemento a librar y del trabajo a realizar.

Además las solicitudes se harán a más tardar a las 12:00 horas del día laborable previo. Las *licencias* para trabajos a ejecutarse en fin de semana, en lunes o días festivos, se solicitarán antes de las 12:00 horas del penúltimo día laborable.

El CENACE proporcionará un número de registro para cada solicitud de *licencia* y dará su resolución a la mayor brevedad, de ser posible, en el transcurso del día en que se hizo la solicitud.

**Artículo 68.-** Las *licencias* que impliquen maniobras complicadas en la red troncal, que afecten la generación o que vayan a alterar apreciablemente las condiciones del SEN deberán solicitarse con un mínimo de 72 horas de anticipación de días hábiles y ser acompañadas de un documento donde se expliquen detalladamente los trabajos a realizar y las condiciones operativas especiales o específicas requeridas.

**Artículo 69.-** Si la *licencia* ocasiona interrupción a los usuarios, la solicitud deberá hacerse con la suficiente anticipación y en ningún caso menor a 96 horas, para estar en condiciones de avisar a los usuarios en los términos que señalan los artículos 27 fracción II de la Ley y 38 y 39 del Reglamento de la Ley.

**Artículo 70.-** En todas las solicitudes de *licencia* se deberán proporcionar los siguientes datos:

- . Nombre y clave de identificación del solicitante.
- . *Estación* e identificación clara y precisa del *equipo* en que se solicita *licencia*.
- . Fecha y hora de inicio y de terminación de la *licencia*.
- . Breve descripción del trabajo que se efectuará. Si es complicado se proporcionará un plano o croquis de detalle.
- . Datos complementarios como: (i) si la *licencia* afecta otros *equipos*, (ii) si se disminuye la capacidad de la *estación*, (iii) si se causará interrupción a los usuarios, etc.

**Artículo 71.-** Las *licencias* serán concedidas sólo al personal autorizado. Para este fin, todas las áreas, usuarios y Permisarios que requieran tomar *licencias* deberán enviar a los Centros de Control del CENACE correspondientes, una lista del personal autorizado a tomar *licencias* por el responsable del área respectiva. Si existiera algún cambio (alta o baja) en la lista del personal

autorizado, éste deberá ser informado de inmediato al *centro de control* respectivo en forma escrita.

**Artículo 74.-** Los trabajos que se estén realizando en algún *equipo* del SEN y, que de alguna manera representen riesgo para la operación de éste, deben suspenderse en horas de *demand máxima* y continuarse después previo acuerdo con el *Operador* del *centro de control*.

**Artículo 75.-** Las *licencias de emergencia* se otorgarán de inmediato y el solicitante será responsable de la decisión tomada al respecto, por lo que deberá demostrar, si así se le requiere, de forma fehaciente que la situación atendida fue realmente una *emergencia*. En ningún caso deberá forzarse la concesión de una *licencia* argumentando tratarse de una *emergencia*. Las *emergencias*, por ser imprevisibles, deben atenderse en el momento que se presenten.

**Artículo 76.-** Si en el transcurso de un mantenimiento normal bajo *licencia*, se detecta una condición anómala y peligrosa para la operación del *equipo*, deberá darse aviso al *centro de control* correspondiente, para continuarla como *licencia de emergencia*.

**Artículo 85.-** Si la *licencia* solicitada es con *equipo* desenergizado, previo a la concesión de la misma, se libraré el *equipo*; para lo cual el *Operador* del *centro de control* correspondiente ejecutará y/o dictará las maniobras y/o órdenes necesarias a los Operadores de *estación* o de Centrales Generadoras citando al *equipo* por su nomenclatura.

**Artículo 95.-** Las instalaciones deberán tener a la vista y actualizados: el diagrama unifilar con nomenclatura, diagrama de protecciones, manual de operación y un directorio donde se especifiquen los números telefónicos para casos de *emergencia*.

**Artículo 98.-** Las maniobras deberán transmitirse en forma clara y precisa, mencionando el *equipo* por su nomenclatura y ejecutarse en la secuencia indicada.

**Artículo 99.-** Cuando se observen errores en la secuencia de las maniobras dictadas, el *Operador* que recibe las órdenes tiene la obligación de hacer notar al *Operador* que las dictó, la secuencia correcta de las mismas.

**Artículo 100.-** Las maniobras deberán ejecutarse cuando no existan dudas, en caso de que se presenten, o cuando se considere que las órdenes no fueron entendidas, éstas deberán aclararse antes de efectuar cualquier *maniobra*. Si persisten las dudas, los Operadores deben suspender toda orden relacionada con la *maniobra* en cuestión, hasta que queden aclaradas.

**Artículo 101.-** Si durante la ejecución de las maniobras el *Operador* de *estación* observa alguna condición anormal, debe comunicársela al *Operador* del Centro del Control correspondiente. Si la condición creada fuera de peligro inmediato, debe el *Operador* de *estación* considerar el caso como de *emergencia*.

**Artículo 102.-** Una vez ejecutadas todas las maniobras, el *Operador* de *estación* debe informar al *Operador* del *centro de control* correspondiente y anotar en el *relatorio* la hora de su ejecución.

**Artículo 103.-** Cuando el *Operador* del *centro de control* considere que las maniobras son muy complicadas, deberán ser muy bien coordinadas y tendrá la autoridad para ordenar la ejecución paso a paso.

**Artículo 105.-** El *Operador* del *centro de control* es el único facultado para dictar o ejecutar las maniobras necesarias para restablecer la condición normal de las instalaciones de su Área, basándose en la información recibida de los Operadores de *estación*, Operadores de Centrales Generadoras, del control supervisorio, en la lectura de los instrumentos y en el instructivo de

operación correspondiente.

**Artículo 106.-** Al dispararse un interruptor, el *Operador de estación* tomará nota de la hora y relevadores que operaron, repondrá o reconocerá las banderas indicadoras y se comunicará de inmediato con el *Operador del centro de control* correspondiente, a excepción de los casos en que se tenga un procedimiento expedido al respecto. En el caso que no se tenga comunicación con el nivel operativo superior, actuará de acuerdo con el procedimiento establecido para tal fin.

**Artículo 107.-** En el caso de presentarse situaciones de *emergencia*, en donde se requiera realizar maniobras de *emergencia*, el *Operador* tratará de apegarse a los lineamientos establecidos; en caso de que se requiera realizar maniobras que no estén dentro del procedimiento, actuará de acuerdo a su criterio y posteriormente informará de la situación que prevalece.

**Artículo 109.-** Cuando la protección diferencial, Buchholz u otro tipo de protecciones tan importantes como éstas operen a través de un relevador de reposición manual desconectando el *equipo* que protege, el *Operador de estación* no debe reconectarlo bajo ninguna circunstancia, y avisará inmediatamente al *Operador del centro de control* correspondiente y al responsable del *equipo*, dando información completa. En general, la reconexión del *equipo* deberá hacerse con la autorización del responsable del mismo.

**Artículo 110.-** Para que alguna parte del *equipo* quede librado, el *Operador de estación* debe asegurarse de que éste no pueda volver a energizarse. Por lo que deberá desconectar alimentación a bobinas de cierre, cerrar válvulas de la tubería de aire, bloquear mecanismos o alguna otra acción que evite la operación de interruptores y *cuchillas*. Los interruptores de *equipo* blindado deberán desacoplarse. Invariablemente el *Operador de estación* debe tener la seguridad, por la parte que le corresponde, de que el *equipo* no tiene peligro de llegar a quedar energizado.

**Artículo 111.-** Cuando se vaya a librar una parte del *equipo*, el *Operador* deberá tomar las medidas necesarias para que no ocurran operaciones erróneas en el *equipo* relacionado con la *licencia* que puedan ocasionar daños al personal, al *equipo* o algún *disturbio*, como ejemplo: bloquear la protección diferencial al librar el interruptor de un banco de transformadores sin transferencia de protecciones, bloquear la protección Buchholz de un transformador que se saque de servicio o algún otro tipo de *bloqueo*.

**Artículo 112.-** En todo elemento o *equipo* que esté bajo *licencia*, se deberán colocar tarjetas auxiliares en los manuales y conmutadores que hayan intervenido en la *maniobra*. Asimismo los Centros de Control deberán etiquetar e inhabilitar los mandos de control del equipo de control supervisorio.

**Artículo 113.-** El personal que ejecute las maniobras en las instalaciones, deberá de cumplir con las normas de seguridad vigentes.

**Artículo 114.-** Antes de efectuar cualquier *maniobra* en las instalaciones se deberá verificar que el *equipo* que se va a accionar sea el correspondiente a la nomenclatura del *equipo* que fue indicado en la relación de pasos para el libramiento del elemento o del *equipo*.

**Artículo 171.-** Para la segura y adecuada operación, la nomenclatura para identificar tensiones, estaciones y equipos, será uniforme en toda la república mexicana. Deberá además facilitar la representación gráfica por los medios técnicos o tecnológicos disponibles en la operación.

**Artículo 172.-** Será obligatorio el uso de la nomenclatura en la operación.

**Artículo 173.-** Las Áreas de Control se deberán identificar por los números siguientes:

1. AREA CENTRAL 2. AREA ORIENTAL 3. AREA OCCIDENTAL 4. AREA NOROESTE 5. AREA NORTE 6. AREA NORESTE 7. AREA BAJA CALIFORNIA 8. AREA PENINSULAR

**Artículo 174.-** Las tensiones de operación se identificarán por la siguiente tabla de colores:

400 KV (AZUL), 230 KV (AMARILLO), de 161 hasta 138 KV (VERDE), de 115 hasta 60 KV (MORADO MAGENTA), de 44 hasta 13.2 KV (BLANCO), Menor de 13.2 KV (NARANJA)

Este código de colores se aplicará en tableros mímicos, dibujos, unifilares y monitores de computadora.

**Artículo 175.-** La identificación de la *estación*, se hará con el número del *Área de Control* seguida de la combinación de tres letras, y es responsabilidad de cada *Área de Control* asignarla, evitando que se repita esta identificación dentro del Área.

**Artículo 176.-** Para distinguir la identificación entre dos estaciones con nomenclatura igual de Áreas de Control diferentes, se tomará en cuenta el número de identificación de cada Área.

**Artículo 177.-** La nomenclatura de las estaciones se definirá con las siguientes normas: La abreviatura del nombre de la *instalación* más conocida, por ejemplo:

Querétaro QRO

**Artículo 178.-** La identificación del *equipo* de una *instalación* determinada, se hará con cinco dígitos. Como única excepción y sujeto a revisiones posteriores, los *alimentadores* de *distribución* (radiales) en 34.5 KV y tensiones inferiores conservarán la nomenclatura de cuatro dígitos en las instalaciones.

**Artículo 179.-** El orden que ocuparán los dígitos de acuerdo a su función, se hará de izquierda a derecha.

PRIMERO Tensión de operación

SEGUNDO Tipo de *equipo*

TERCERO Y CUARTO Número asignado al *equipo* (las combinaciones que resulten) del 0 al 9 para el tercer dígito, combinando del 0 al 9 del cuarto dígito. En el caso de agotar las combinaciones, el tercer dígito será reemplazado por letras en orden alfabético.

QUINTO Tipo de dispositivo.

**Artículo 180.-** TENSIÓN DE OPERACIÓN. Está definido por el primer carácter alfanumérico.

**Artículo 181.-** TIPO DE EQUIPO. Está definido por el segundo carácter numérico de acuerdo a lo siguiente:

No. EQUIPO

- 1 Grupo generador - transformador (unidades generadoras)
- 2 Transformadores o autotransformadores
- 3 Líneas de transmisión o *alimentadores*
- 4 Reactores

- 5 Capacitores (serie o paralelo)
- 6 Equipo especial
- 7 Esquema de interruptor de transferencia o comodín.
- 8 Esquema de interruptor y medio
- 9 Esquema de interruptor de amarre de barras
- 0 Esquema de doble interruptor lado barra número 2.

**Artículo 182.-** NUMERO ASIGNADO AL EQUIPO. El tercero y cuarto dígito definen el número económico del *equipo* de que se trate y su combinación permite tener del 00 al Z9.

**Artículo 183.-** TIPO DE DISPOSITIVO. Para identificarlo se usa el quinto dígito numérico que especifica el tipo de dispositivo de que se trata.

No. DISPOSITIVO

- 0 Interruptor
  - 1 *cuchillas* a barra uno
  - 2 *cuchillas* a barra dos
  - 3 *cuchillas* adicionales
  - 4 *cuchillas* fusibles
- 5 Interruptor en gabinete blindado (extracción)
- 6 *cuchillas* de enlace entre alimentadores y/o barras
- 7 *cuchillas* de puesta a tierra
- 8 *cuchillas* de transferencia
- 9 *cuchillas* lado *equipo* (líneas, transformador, generador, reactor-capacitor).

**Artículo 184.-** Las barras se identifican en la forma siguiente:

- B1 Tensión en KV
- B2 Tensión en KV
- BT Tensión en KV

**Artículo 185.-** Para identificar a los equipos se utiliza la siguiente nomenclatura:

- U Unidad
- T Transformador (todo equipo de transformación)
- AT Autotransformador

R Reactor

C Capacitor

CEV Compensador Estático de VAR's

**Artículo 189.-** En esquema de barra seccionada, cada sección se identifica con letra. Para formar la nomenclatura de las *cuchillas* de enlace entre secciones de barra, se consideran: el segundo dígito como caso especial (seis); el tercer dígito es considerando que las secciones se numeran y se utiliza del 1 al 9; el cuarto dígito se forma con el número de la sección que conecta la cuchilla y el quinto dígito será seis.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han expuesto los principios fundamentales e importancia de la Subestación Eléctrica de Potencia, dando los conceptos para su operación y entendimiento.

La definición de los conceptos expuestos a lo largo de este trabajo, así como los criterios establecidos dentro de esta Subestación, la función que tiene cada elemento que la constituye son de suma importancia que el Operador de la Subestación debe de tomar en consideración para así poder tener los suficientes elementos para poder realizar un trabajo de manera óptima.

Cabe señalar que de la misma manera se presentó lo significativo que representa una Subestación dentro del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), en particular esta Subestación que tiene un papel decisivo dentro del esquema del SEN debido a la importancia por la carga política que conlleva. Por lo que es fundamental este Manual de Operación para tener una correcta operación.

El personal que ha utilizado el presente Manual de Operación ha expresado la utilidad que le ha presentado leer el documento, manifestando que la forma en que han sido abordados los temas han facilitado el entendimiento de los principios de operación de la subestación.

Por otra parte, los operadores más nóveles han manifestado que un punto fundamental del presente Manual de Operación, es la sección de maniobras, con las cuáles no se contaban anteriormente, y que han sido de gran utilidad ya que aquí son presentadas y desarrolladas de la manera más detallada posible, y así el operador puede comprender los puntos fundamentales que le faciliten las tareas en cualquier momento, ya sea para realizar maniobras programadas, maniobras por falla o disturbio, y que forme un criterio que resulte conveniente y así poder realizar una labor correcta y satisfactoria.

Otra punto fundamental que han resaltado los usuarios, es que los principios de operación de la Subestación Eléctrica de Potencia se han expuesto de una manera muy gráfica y amena, lo que ha llevado a que el Operador en turno logre comprender los conceptos que le ayudarán a asimilar la funcionalidad de cada uno de los equipos, y así poder realizar todas las tareas que le competen de manera puntual y adecuada.

El nuevo formato que se ha elegido para la realización de este documento ha resultado de gran ventaja para el Operador, y para todo el personal de las diferentes especialidades que lo ha leído, ya que han encontrado de manera más puntual la información necesaria de todos los aspectos en lo general de cada parte de la Subestación y así poder dar las herramientas para el desarrollo de los trabajos que se necesiten realizar.

También la adición de nuevos temas en esté Manual de Operación, han desarrollado un conocimiento más profundo en conceptos que son de suma importancia para las tareas diarias, en especial la parte de la descripción del EEP, sus bloqueos mecánicos y eléctricos, modos de operación, de tal manera el Operador o usuario del manual ha logrado establecer un base sólida para que en todo momento sepa las acciones que debe de seguir, tomando como base la información de cada equipo, las medidas de seguridad, el control y el objetivo que se sigue en determinada tarea.

## RECOMENDACIONES

Cabe señalar que a medida de que el Operador haga uso de la información aquí presentada, le servirá para poder adquirir un conocimiento que a medida de su desempeño generará en el usuario la experiencia que le permita hacer sus propias observaciones y así enriquecer la información de la cual está haciendo uso.

Este trabajo también representa un punto de partida para la mejora continua, para fijar nuevos objetivos y nuevos planteamientos que son un área de oportunidad y así poder obtener mejores resultados, ofreciendo así un mejor servicio y obtener el mejor rendimiento de las instalaciones.

Se debe señalar que este Manual de Operación, deberá ser actualizado periódicamente, de tal manera que queden asentados los cambios que se puedan generar dentro de las instalaciones, como lo son: cambios de Equipo Eléctrico Primario, cambio de esquema de protecciones, o cualquier otro cambio que se realice y así poder mantener la documentación que permita la correcta operación de la Subestación Eléctrica de Potencia.

**BIBLIOGRAFÍA**

- José Raúl Martín, Diseño de Subestaciones Eléctricas, México, Mc Graw Hill
- Gilberto Enríquez Harper, Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas, México, Limusa
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, Manual de Operación tomo II “Conceptos fundamentales y operacionales de sistemas de energía eléctrica”, CFE Subdirección de Transmisión
- Jacinto Viqueira Landa, Redes Eléctricas Tomo II, México, Facultad de Ingeniería.
- William D. Stevenson, Análisis de Sistemas de Potencia, México, Mc Graw Hill
- José Ramírez Vásquez, Estaciones de Transformación y Distribución Protección de Sistemas Eléctricos, España, CEAC.
- Stephen J. Chapman, Máquinas Eléctricas, México, Mc Graw Hill.
- Chipman, Líneas de Transmisión, México, Mc Graw Hill.
- Lewis Blackburn, Protective Relaying Principles and Applications, New York, Marcel Dekker.
- B. Ravindranath y M Chander, Protección de Sistemas de Potencia e Interruptores, Limusa
- CFE-CTT Gerencia De Subestaciones Y Líneas, Manual de Interruptores de Potencia, México.
- CFE 04400-42, Criterios Básicos Para Subestaciones
- CFE-K0000-06, Transformadores de potencia
- NFR-022 CFE-2006, Interruptores de Potencia
- NFR-027 CFE-2004, Transformadores de Corriente
- NFR-026 CFE-2004, Transformadores de Potencial Inductivo
- CFE-V4200-12, Cuchillas Desconectadoras
- NRF-003 CFE-2000, Apartarrayos
- CFE-VY500-16, Servicios Propios
- G0000-74, Unidad Terminal Remota
- CFE-V7100-19, Baterías
- CFE-V7200-48, Cargadores de Baterías

- NRF-011 CFE-2004, Sistema de Red de Tierras
- Reglas De Despacho y Operación De Sistema Eléctrico Nacional, CFE, Centro Nacional de Control de Energía, Diario Oficial de La Federación.
- CFE Subdirección de Transmisión y Transformación, Reglamento de Seguridad e Higiene en Trabajos en Transmisión
- [www.selinc.com](http://www.selinc.com)
- [www.siemens.com.mx](http://www.siemens.com.mx)