

Transformadores de Distribución

NTT-03 TRANSFORMADOR TIPO INTERIOR

ESSA – Área de Proyectos – Equipo CET

CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Naturaleza del cambio	Elaboró	Revisó	Aprobó
2021-05-21	Elaboración	Equipo CET – Área de Proyectos	Equipo CET – Área de Proyectos	Comité técnico ESSA
Grupo Homologación y Normalización CET: Álvaro Ayala Rodríguez, Fredy Antonio Pico Sánchez, Adriana Marcela Ortiz Roa, Gema Liliana Carvajal Jiménez				

CONTENIDO

1.	OBJETIVO	6
2.	ALCANCE	6
3.	DEFINICIONES	6
4.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	7
5.	CONSIDERACIONES GENERALES	7
5.1	CAPACIDAD	7
5.2	NIVELES DE TENSIÓN	8
5.3	AISLAMIENTO	8
5.4	TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	8
5.5	EQUIPO DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA	10
6.	SUBESTACIONES TIPO INTERIOR– ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS	10
6.1	DISEÑO	10
6.2	BÓVEDA	12
6.2.1	Puertas cortafuego	13
6.2.2	Compuerta de ventilación	14
6.2.3	Sellos cortafuego	14
6.3	CELDA DE MEDIA TENSIÓN (NO APLICA PARA CLIENTES NUEVOS, SISTEMA DE MEDIDA DEBE IR UBICADA EN EL EXTERIOR DEL PREDIO):	14
6.4	EQUIPO DE MANIOBRA	19
6.5	EQUIPO DE PROTECCIÓN	19
6.6	TABLERO DE BAJA TENSIÓN	20
6.7	EQUIPO DE MEDICIÓN	23
6.8	ILUMINACIÓN	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas aplicables	7
Tabla 2. Niveles de tensión de la subestación de distribución.	8
Tabla 3. Aislamiento para conductores.	8
Tabla 4. Capacidad de transformadores según la tensión primaria.	9
Tabla 5. Equipo de maniobra y protección en media tensión.	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Soporte de sujeción para los conductores de media tensión.....	18
• Figura 2. Barraje a través o barras de cobre.....	21
• Figura 3. Barraje a través de conductores en cable.	22
• Figura 4. Instalación de celda del transformador en frente al tablero principal.....	22
Figura 5. Celda de media tensión (no aplica para clientes nuevos, medida debe ir ubicada en el exterior del predio)	24
Figura 6. Iluminación para subestaciones tipo interior.	25
Figura 7. Subestación tipo interior con medida en M.T que requiere bóveda	26
Figura 8. Subestación tipo interior con medida en M.T que no requiere bóveda.....	27

1. OBJETIVO

Establecer las características técnicas que deben ser cumplidas para la instalación de transformadores de distribución en subestaciones tipo interior, en el sistema de distribución de energía de ESSA.

2. ALCANCE

La presente norma describe los requisitos técnicos para la instalación de los transformadores de distribución en subestación tipo interior, entre los cuales están definidos los aspectos documentales, las características constructivas y selección de protecciones. Además, se indican las especificaciones técnicas que deben cumplir los elementos constitutivos.

Esta norma aplica a todas las instalaciones eléctricas nuevas, ampliaciones y remodelaciones que se realicen en el montaje de transformadores de distribución tipo interior, tanto a nivel urbano como rural.

3. DEFINICIONES

Baja tensión (B.T): Nivel de tensión menor o igual a 1000 V.

Bóveda: Estructura sólida, resistente al fuego, ubicada sobre o bajo el nivel del suelo, con acceso limitado a personal calificado, para instalar, mantener, operar o inspeccionar equipos o cables. La bóveda puede tener aberturas para ventilación, ingreso de personal y entrada de cables.

Celda: Estructuras metálicas que cumplen con condiciones mecánicas y de seguridad, construidas para instalarse generalmente de manera auto-soportada y destinados a encerrar equipos en media tensión.

Media tensión: Nivel de tensión comprendido mayor a 1 kV y menor a 57,5 kV

Neutro: Conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora.

Puesto a tierra sólidamente: Conectado a tierra sin insertar ninguna resistencia ni dispositivo de impedancia.

RETIE: Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

Sistema de puesta a tierra (SPT): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interruptores ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y el cableado puesto a tierra.

Subestación: Conjunto de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

Transformador tipo interior: Transformador en la que los equipos, conexiones y barraje se encuentran localizados dentro de las edificaciones.

4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los documentos considerados para la elaboración de esta norma son los que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas aplicables

Código del documento	Descripción
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
NTC 2050 1998	Código Eléctrico Colombiano – Primera Actualización
-	Normas Técnicas de Energía EPM

5. CONSIDERACIONES GENERALES

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE, establece los requisitos técnicos que deben cumplir los tableros, y las celdas de media tensión. De igual forma, describe los requisitos técnicos para los transformadores.

Para efectos de la presente norma, se denominarán tableros a los paneles o gabinetes de baja tensión, y celdas cuando sean de media tensión. Se considera tablero principal, si contiene la protección principal y el puente equipotencial principal.

La sección 450 de la norma NTC 2050 (primera actualización) contiene los requisitos para instalación de transformadores y bóvedas. Para el cumplimiento de la presente norma, serán considerados todos los anteriores requisitos, complementados por lo aquí establecido.

5.1 Capacidad

La capacidad de la subestación se determinará con base a la demanda máxima, de tal manera que se cumpla con los valores máximos permitidos para pérdidas en vacío y en carga, según lo establecidos en la norma técnica colombiana NTC 818 y 819.

5.2 Niveles de Tensión

Los niveles de tensión de la subestación se determinan como se enumera en la siguiente tabla.

Tabla 2. Niveles de tensión de la subestación de distribución.

Clasificación (nivel)	Nivel de tensión	Tensión nominal (V)		Tensión máxima (% de la nominal)	Tensión mínima (% de la nominal)
		Sistemas trifásicos de 4 conductores	Sistemas monofásicos de 2 o 3 conductores		
Baja tensión (nivel 1)	Menor o igual a: 1000 V	120 / 208 127 / 220 254 / 440	120 120 / 240	+5	-10
Media tensión (niveles 2 y 3)	Mayor a: 1000 V y menor a: 57,5 kV	4160 11400 ⁽¹⁾ 13200 34500	-		

(1) Para estas tensiones se debe instalar transformadores conmutables para tensión de 13,2 kV.

5.3 Aislamiento

Los niveles de aislamiento de la subestación deben estar en concordancia con los niveles de tensión de las líneas asociadas a ella, según se establece según la siguiente tabla:

Tabla 3. Aislamiento para conductores.

Nivel	Aislamiento (kV)
Baja tensión	0,6
Media tensión (13,2 kV)	15
Media tensión (34,5 kV)	36

5.4 Transformadores de Distribución

- El diseño y construcción de transformadores de distribución (MT/BT), deben satisfacer la última revisión de las normas NTC 818 y 819.
- Los transformadores que tengan cambiador o conmutador de derivación deben tener dos avisos, uno de "Peligro no operar" y otro de "para operación sin tensión" o "para operación con el transformador desenergizado", salvo que el equipo lo permita con carga.
- Todo transformador debe estar provisto de una placa de características, fabricada de material resistente a la corrosión, fijada en lugar visible y que contenga la información de la siguiente lista, según criterio adoptado de la NTC-618:

- a) Marca o razón social del fabricante.
- b) Número de serie dado por el fabricante.
- c) Año de fabricación.
- d) Clase de transformador.
- e) Número de fases.
- f) Frecuencia nominal.
- g) Potencias nominales, de acuerdo al tipo de refrigeración.
- h) Tensiones nominales, número de derivaciones.
- i) Corrientes nominales.
- j) Impedancia de cortocircuito.
- k) Peso total en kilogramos.
- l) Grupo de conexión.
- m) Diagrama de conexiones.

La siguiente información debe ser suministrada al usuario en catálogo:

- a) Corriente de cortocircuito simétrica.
- b) Duración del cortocircuito simétrico máximo permisible.
- c) Métodos de refrigeración.
- d) Clase de aislamiento.
- e) Líquido aislante.
- f) Volumen del líquido aislante.
- g) Nivel básico de aislamiento de cada devanado, BIL.
- h) Valores máximos permisibles en transformadores y su forma de medición.
- i) Pérdidas de energía totales a condiciones nominales.

Nota: Las inscripciones sobre la placa de características deben ser indelebles y legibles.

- Si una persona distinta del fabricante repara o modifica parcial o totalmente el devanado de un transformador o cualquier otro de sus componentes, debe suministrar una placa adicional para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y las modificaciones efectuadas.
- Con el objeto de limitar los niveles de cortocircuito y reducir las corrientes en el lado de baja tensión, se recomienda la potencia de los transformadores según sus tensiones, como lo indica la tabla 4.

Tabla 4. Capacidad de transformadores según la tensión primaria.

Capacidad del transformador (kVA)	Tensión primaria (kV)
Hasta 500	13,2
Mayor a 500	34,5

Nota: cualquier excepción a lo anterior debe ser debidamente justificada, y finalmente aprobada por ESSA.

5.5 Equipo de protección y maniobra

Los diferentes equipos de protección y maniobra mencionados en este capítulo cumplirán con lo establecido en la tabla 5.

Tabla 5. Equipo de maniobra y protección en media tensión.

Parámetros	Unidad	Cortacircuitos		Seccionadores bajo carga e interruptores (uso exterior)		Seccionadores bajo carga (uso interior)		Dispositivo de protección contra sobretensión	
		13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5
Tensión de servicio	kV	13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5	13,2	34,5
Tensión nominal	kV	15	36	15	36	15	36	12	30
Corriente nominal	A	100	100	400	400	400	400	-	-
Nivel básico de aislamiento BIL	kV	110	200	110	200	95	150	110	195
Tensión sostenida (1') 60 Hz.	kV	36	70	36	70	34	70	36	70
Corriente de corto circuito simétrica	kA	5	5	5	5	5	5	-	-
Corriente de corto circuito asimétrica	kA	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	-	-
Capacidad nominal de descarga	kA	-	-	-	-	-	-	10	10
Máx. tensión de cebado	kV	-	-	-	-	-	-	68	121

Para las conexiones a un nivel de tensión primaria de 34.5 kV, ESSA exige la instalación de un reconectador en el punto de derivación de la acometida, como medio de protección y maniobra.

En las conexiones a un nivel de tensión primaria de 13.2 kV, el usuario podrá usar caja cortacircuito cuando la corriente de cortocircuito en el punto de derivación no exceda los 12 kA, en ningún caso se aceptarán cajas cortacircuito menor a 12 kA de capacidad de corriente de cortocircuito. Si la corriente de cortocircuito en el punto de derivación supera los 12 kA, el usuario deberá instalar un equipo de protección que este capacitado para soportar este valor, el cual puede ser un reconectador o una caja cortacircuito de 20 kA.

6. SUBESTACIONES TIPO INTERIOR– ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DETALLADAS

6.1 Diseño

- Para los transformadores instalados dentro de edificaciones, se declara de obligatorio cumplimiento la sección 450 del Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050 (primera actualización).
- Se podrá utilizar la subestación tipo interior, si la instalación de transformadores de distribución se hace en predios que tengan una o varias de las características indicadas a continuación:

- Instalación bajo techo.
- Donde el POT o regulación Municipal respectiva lo exija.
- Donde las redes de distribución sean subterráneas de acuerdo al ordenamiento territorial definido en cada municipio o donde ESSA por condiciones técnicas así lo defina.
- Las subestaciones pueden estar configuradas por tres módulos o celdas principales:
 - a) Celda de media tensión (no aplica para clientes nuevos, medida debe ir ubicada en el exterior del predio):

En él se localizará el equipo de maniobra, protección y medida (esta última para medida indirecta – PT's y CT's).
 - b) Celda de transformación:

En él se localizará el transformador de potencia. En el diseño del módulo del transformador podrá recurrirse a soluciones sencillas que aislen adecuadamente las partes bajo tensión. Para el diseño de este módulo, así como para la selección del sitio de localización de la subestación y su montaje, deberán tenerse en cuenta aspectos relacionados con la necesidad de ventilación, cercanía a áreas peligrosas y otros aspectos. Los transformadores en bóveda no requieren de esta celda.
 - c) Celda de baja tensión:

En él se localizarán los barrajes y los equipos de maniobra, protección, medida de baja tensión, y corrección del factor de potencia de baja tensión.
Cuando la subestación se encuentre en un lugar donde se restringe el acceso, podrán dejarse los accionamientos de los interruptores de baja tensión, para operarse desde el exterior sin necesidad de abrir la puerta del módulo, en caso contrario el accionamiento será interior.
- Los locales para instalación de subestaciones tipo interior tendrán una altura mínima de 2,5 m y un área mínima sugerida de 12 m² que permita la libre apertura de las puertas de los módulos, y el libre acceso de los equipos a instalar.
- Los transformadores refrigerados en aceite no deben ser instalados en niveles o pisos que estén por encima de sitios de habitación, oficinas y en general lugares destinados a ocupación permanente de personas.
- Los módulos o celdas deberán diseñarse para incluir en su interior, debidamente ordenado el equipo de la subestación, aislándolo del medio y brindando seguridad para el personal.
- El local para las subestaciones dentro de edificaciones se debe ubicar en un sitio de fácil acceso desde el exterior con el fin de facilitar tanto al personal calificado las labores de mantenimiento, revisión e inspección, como a los vehículos que transportan los equipos. Los locales ubicados en semisótanos y sótanos, con el techo debajo de antejardines y paredes que limiten con muros de contención, deben ser debidamente impermeabilizados para evitar humedad y oxidación.

- En las zonas adyacentes a la subestación no deben almacenarse combustibles.
- En las subestaciones está prohibido que crucen canalizaciones de agua, gas natural, aire comprimido, gases industriales o combustibles, excepto las tuberías de extinción de incendios.
- Las subestaciones a nivel de piso deben tener una placa en la entrada con el símbolo de “Peligro Alta Tensión” y con puerta de acceso hacia la calle, preferiblemente.
- El nivel de ruido en la parte externa del encerramiento no debe superar los valores establecidos en las disposiciones ambientales sobre la materia, de acuerdo con la exposición a las personas.

6.2 Bóveda

Las bóvedas para alojar transformadores refrigerados con aceite mineral, independiente de su potencia o transformadores tipo seco con tensión mayor a 35 kV, deben cumplir los requisitos de la Sección 450 de la NTC 2050 y los siguientes complementarios:

- a) Las paredes, pisos y techos de la bóveda deben soportar como mínimo tres horas al fuego, sin permitir que las caras no expuestas al fuego superen los 150 °C, cuando se tenga en el interior de la bóveda una temperatura de 1000 °C, igualmente, se deben sellar apropiadamente las juntas de la o las puertas que impidan el paso de gases calientes entre la pared y el marco de la puerta.
- b) Las bóvedas deben contar con los sistemas de ventilación, para operación normal de los equipos y con los dispositivos que automáticamente cierren en el evento de incendio.
- c) Las bóvedas para alojar transformadores refrigerados con aceite mineral, independiente de su potencia o transformadores tipo seco con tensión mayor a 35 kV, instalados en interiores de edificios, requieren que las entradas desde el interior del edificio, estén dotadas de puertas cortafuego, capaces de evitar que el incendio del transformador se propague a otros sitios de la edificación.
- d) Para transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112,5 kVA, con RISE menor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, se acepta una bóveda o cuarto de transformadores resistente al fuego durante una hora.
- e) Para transformadores secos, de potencia mayor o igual a 112,5 kVA, con RISE mayor de 80 °C y tensión inferior a 35 kV, no requiere puerta resistente al fuego, siempre y cuando estén instalados en cabina o gabinete metálico (celda) con abertura de ventilación tal como lo determina la NTC 2050.
- f) Las bóvedas para transformadores aislados con líquidos de alto punto de

inflamación (mayor a 300 °C), deben cumplir el numeral 450-23 de la NTC 2050.

- g) La conformidad de la bóveda se verificará en el proceso de inspección de la instalación.
- h) Todo cuarto eléctrico donde puedan quedar personas atrapadas, deben contar con puertas que abran hacia afuera y estén dotadas de cerradura anti pánico.

Las características constructivas de la bóveda para transformadores, tales como paredes, techo, piso, puerta, ventilación, drenaje, etc. Pueden consultarse en la sección 450 parte C de NTC 2050 (primera actualización).

6.2.1 Puertas cortafuego

Las puertas cortafuego deben cumplir con los siguientes requisitos adaptados de las normas NFPA 251, NFPA 252, NFPA 257, NFPA 80, ANSI A156.3, UL 10 B, ASTM A653 M, ASTM E152 y EN 1634 -1.

- a) Resistir el fuego mínimo durante tres horas cuando la bóveda aloja transformadores refrigerados en aceite o transformadores secos de tensión mayor a 35 kV.
- b) Ser fabricadas en materiales que mantengan su integridad física, mecánica y dimensiones, para minimizar y retardar el paso a través de ella de fuego o gases calientes, capaces de provocar la ignición de los materiales combustibles que estén a distancia cercana, del lado de la cara no expuesta al fuego.
- c) No emitir gases inflamables ni tóxicos tanto a temperatura normal o a la temperatura del incendio.
- d) La temperatura en la pared no expuesta al fuego no debe ser mayor a 200 °C en cualquiera de los termopares situados a distancias mayores de 100 mm de los marcos o uniones y la temperatura media de estos termopares no debe superar los 150 °C; la temperatura medida en los marcos no debe superar los 360 °C cuando en la cara expuesta al fuego se han alcanzado temperaturas no menores a 1000 °C en un tiempo de tres horas de prueba.
- e) Estar dotadas de una cerradura antipánico que permita abrir la puerta desde adentro de forma manual con una simple presión, aunque externamente esté asegurada con llave y que garantice que, en caso de incendio, la chapa de la puerta no afecte sus características y buen funcionamiento. El mecanismo antipánico debe tener unas dimensiones que cubra mínimo un 80% del ancho de la hoja móvil. La operación de la cerradura desde adentro debe garantizarse por un tiempo mínimo de 30 minutos después de iniciado el fuego.
- f) No tener elementos cortantes o punzantes que sean peligrosos para los operadores.

- g) Se deben probar en un horno apropiado, que permita elevar la temperatura en un corto tiempo, a los siguientes valores mínimos de temperatura: a 5 minutos 535 °C, a 10 minutos 700 °C, a 30 minutos 840 °C, a 60 minutos 925 °C, a 120 minutos 1000 °C y a 180 minutos 1050 °C.
- h) Rotulado: Debe tener adherida en lugar visible (cara no expuesta) una placa metálica permanente con la siguiente información:
- Nombre o razón social del productor.
 - Dimensiones.
 - Peso de la puerta.
 - Fecha de fabricación.
- i) Deben tener en lugar visible una placa permanente con el símbolo de riesgo eléctrico de acuerdo con las características establecidas en el RETIE.

Nota: Se podrán aceptar puertas cortafuego para resistir incendio hasta de una hora a temperaturas de 700 °C, siempre que se garantice la hermeticidad de la bóveda, que impida la entrada de aire, apagando el conato de incendio en un tiempo no mayor a cinco minutos. Para esto se debe verificar que las compuertas, empaques intumescentes de la puerta, sellos de ductos o cárcamos de entrada o salidas de cables, hagan de la bóveda un encerramiento plenamente hermético a la entrada del aire en un tiempo no mayor al necesario para impedir mantener la conflagración.

6.2.2 Compuerta de ventilación

Las compuertas de ventilación (dámper) y fusibles, deben cumplir una norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique.

6.2.3 Sellos cortafuego

Los sellos cortafuego, deben cumplir una norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC que les aplique.

Nota: Cuando los aceites refrigerantes de los transformadores tengan mayor temperatura de ignición a la de los aceites minerales, los tiempos de resistencia al fuego de las bóvedas y puertas cortafuego, será las que determinen normas técnicas internacionales o de reconocimiento internacional para este propósito.

6.3 Celda de media tensión (no aplica para clientes nuevos, sistema de medida debe ir ubicada en el exterior del predio):

Las celdas de media tensión deben cumplir los requisitos establecidos en el RETIE, asegurando el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Los módulos de las subestaciones serán autosoportados, construidos en acero

laminado en frío (cold rolled) calibre mínimo 12 MSG para la perfilería estructural y calibre mínimo 16 MSG para el recubrimiento.

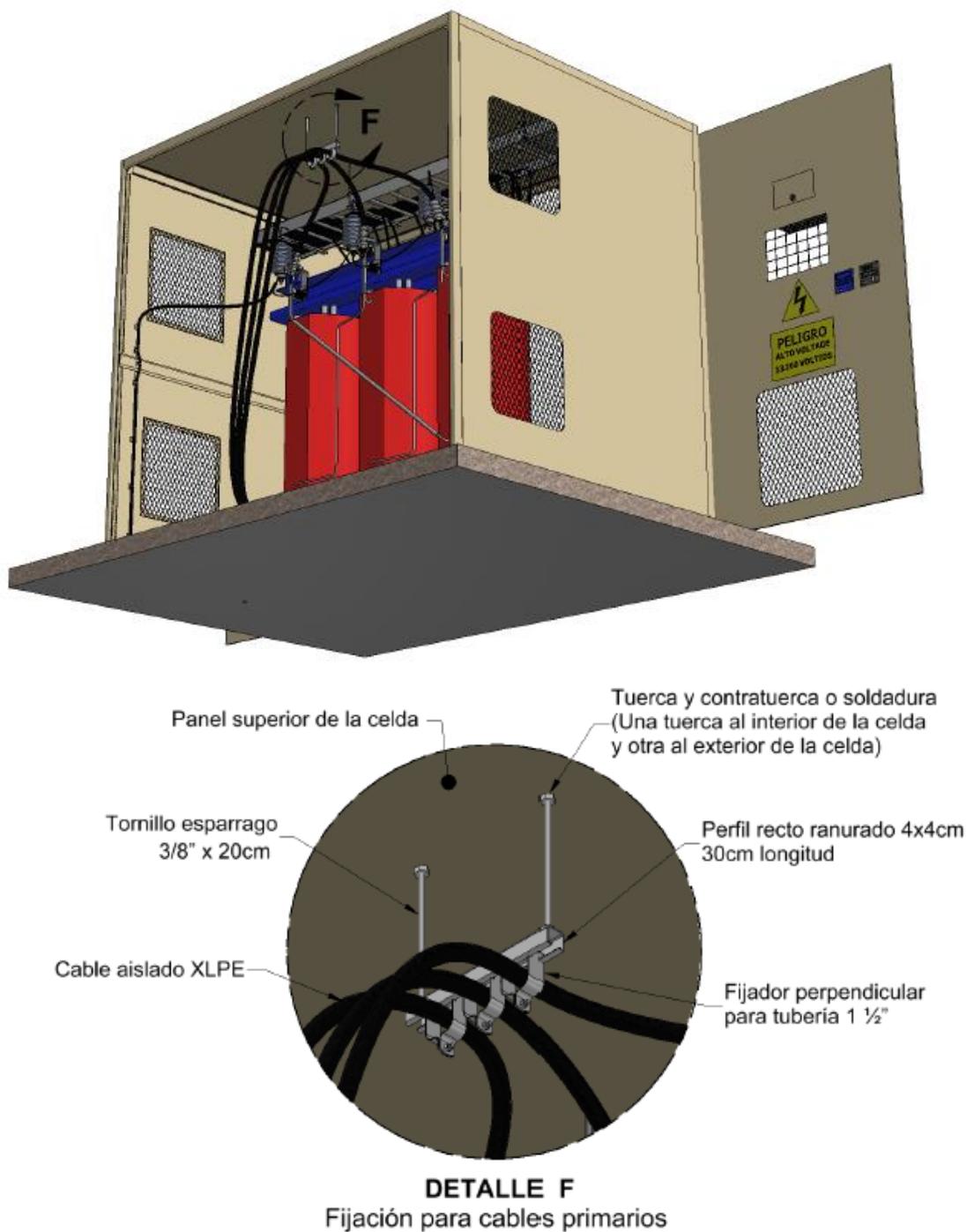
- Deberán poseer puertas removibles para dar acceso al equipo instalado en el interior de las mismas, provistas de cerraduras con llave.
- En la parte superior deberá diseñarse un sistema de fusible mecánico que permita la evacuación de gases y brinde una vía de escape a la onda explosiva en caso de falla interna.
- La pintura a utilizar para celdas deberá ser de la gama de colores RAL 7032, 7035, 7042, de acabado mate. Deberá emplearse pintura en polvo con poliéster y cumplir con las condiciones y requisitos que permita una adherencia mínima del 95%, cuando se someta al ensayo descrito en la NTC 811, método de la cuadrícula, o una norma equivalente.
- En caso de utilizar ventanillas sobre las puertas, éstas serán de vidrio de seguridad situadas frente a los instrumentos a observar.
- Las dimensiones mínimas de los módulos del seccionador y del transformador se encuentran en la figura 7.
- Las subestaciones de distribución deben asegurar que una persona no pueda acceder a las partes vivas del sistema, evitando que sobrepasen las distancias de seguridad propias de los niveles de tensión de cada aplicación en particular. La persona no puede acceder al contacto de la zona energizada ni tocándola de manera directa ni introduciendo objetos que lo puedan colocar en contacto con la línea.
- Para prevenir accidentes por arcos internos, se deben cumplir los siguientes criterios:
 - a) Las celdas deben permitir controlar los efectos de un arco (sobrepresión, esfuerzos mecánicos y térmicos), evacuando los gases hacia arriba, hacia los costados, hacia atrás o 2 metros por encima del frente.
 - b) Las puertas y tapas deben tener un seguro para permanecer cerradas.
 - c) Las piezas susceptibles de desprenderse (ej.: chapas, aislantes, etc.), deben estar firmemente aseguradas.
 - d) Cuando se presente un arco, no debe perforar partes externas accesibles, ni debe presentarse quemadura de los indicadores por gases calientes.
 - e) Conexiones efectivas en el sistema de puesta a tierra.
- Los encerramientos utilizados por los equipos que conforman las subestaciones deben alojar en su interior los equipos de corte y seccionamiento; por esta razón deben ser metálicos. Las ventanas de inspección deben garantizar el mismo grado de protección del encerramiento y el mismo nivel de aislamiento.
- Las celdas deben tener como mínimo un grado de protección IP20. Un grado de protección mayor dependerá del sitio de instalación de la misma. Los tamaños de las aberturas de ventilación de la celda deben ser construidos de tal forma que se garantice

el nivel de protección para el ingreso de elementos sólidos y de agua según el grado IP de la celda. No se permite el ingreso de varillas o cuerpos mayores de ½" de diámetro a través de las ventanas de ventilación.

- Las puertas de las celdas (hojas) no deben tener unas dimensiones mayores a 1m de ancho x 2.30m de alto, medidos en las áreas planas (sin incluir dobleces). Para dimensiones mayores, deberá solicitarse la previa autorización de ESSA con la debida justificación del caso.
- Las puertas deben contar con refuerzo interno para garantizar una rigidez y resistencia mecánica tal, que impidan las oscilaciones o vaivenes al momento de la apertura de estas.
- Cuando se instalen perfiles verticales entre las puertas de acceso a la celda, estos deben ser fácilmente retirables, con el fin de no obstaculizar el ingreso o retiro del transformador.
- Las cubiertas y puertas no deben permitir el acceso a personal no calificado, al lugar donde se alojan los barrajes energizados. Los paneles laterales, superior, inferior y posterior (fondo) de la celda, deben ser asegurados internamente y no podrán ser retirados externamente.
- Toda la tornillería, tuercas, arandelas planas y de presión, elaboradas en materiales ferrosos que se empleen en los módulos, serán galvanizadas en caliente. La secuencia de colocación de tales elementos será: tornillo, arandela plana, elemento a fijar, arandela plana, arandela de presión y tuercas.
- La puerta de acceso al módulo estará enclavada con el mecanismo de apertura y cierre del seccionador alojado en él, en tal forma que la puerta no pueda ser abierta si el seccionador está cerrado, y que no pueda cerrarse el seccionador si la puerta está abierta. El enclavamiento será de tipo mecánico, suficientemente fuerte para que pueda resistir sin daño una operación indebida con esfuerzos normales.
- No obstante, el hecho de poder abrir la puerta cuando el seccionador se encuentre abierto, no significa que el encargado del mantenimiento pueda maniobrar libremente pues los polos de entrada al seccionador pueden estar energizados.
- Las celdas deben tener adherida de manera clara, permanente y visible, mínimo la siguiente información:
 - a) Tensión(es) nominal(es) de operación.
 - b) Corriente nominal de alimentación.
 - c) Número de fases.
 - d) Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).
 - e) Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.
 - f) Diagrama unifilar actualizado.

- g) Grado de protección o tipo de encerramiento.
- h) El tipo de ambiente para el que fue diseñada en caso de ser especial
- En la parte frontal de la celda se deberá instalar una placa con las características del transformador. Esto con el fin de evitar el ingreso a la celda de personal que requiera verificar los datos de placa de este elemento.
 - Los transformadores deben ser instalados de tal forma en la celda, que la puerta de acceso deberá quedar frente a los bujes secundarios del transformador. No se permitirá que las puertas de acceso a la celda queden de forma lateral al transformador.
 - La celda del transformador deberá ser anclada adecuadamente al piso de la subestación por medio de pernos expansivos.
 - Para la instalación de los transformadores se deben instalar zapatas de caucho en la base, con el fin de mitigar la transferencia de vibración a la estructura de la edificación.
 - En las puertas de los diferentes módulos de las celdas deben instalarse avisos con la leyenda “Peligro de Muerte”, acompañado del símbolo de riesgo eléctrico establecido en el RETIE.
 - Los conductores de media tensión que se conectan al devanado primario del transformador deben ser fijados a la celda por medio de fijadores perpendiculares para tubería de 1 1/2” soportados a través de un perfil recto ranurado de 4x4 cm. El perfil deberá estar sujeto a la parte superior de la celda por medio de tornillo espárrago de 3/8” con tuerca y contratuerca o soldado a la estructura de la celda. Ver Figura 1.
 - Las dimensiones de la celda deben garantizar en los laterales un espacio mínimo de separación de 400mm medidos entre las partes activas energizadas (devanados, bujes, barrajes) del transformador y la celda.
 - En la parte frontal y posterior de la celda, el espacio mínimo de separación deberá ser el mayor valor entre 400mm y el radio de cobertura permitido para el conductor, medidos entre el extremo más sobresaliente del transformador y la celda.
 - Las celdas deben estar provistas de aberturas de ventilación con el fin de obtener la refrigeración y mantener las temperaturas de operación adecuadas para los transformadores.
 - Se debe facilitar el intercambio de calor en el transformador, por lo cual la celda del transformador no debe tener rejillas de ventilación en la parte superior. De igual forma, se evita que, ante una posible filtración de agua en el techo de la subestación, se presente una caída de agua sobre el transformador.
 - Las aberturas de ventilación deben ser en celosía, perforación punzonada o malla, para dejar pasar el aire e impedir la entrada de animales o cuerpos extraños

Figura 1. Soporte de sujeción para los conductores de media tensión.



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 19 de 27
	TRANSFORMADOR TIPO INTERIOR	Código: NTT-03

6.4 Equipo de maniobra

- Lo constituye como mínimo un seccionador para operación manual tripolar bajo carga, equipado con fusibles tipo HH y un disparador tripolar por fusión de uno de ellos, que cumpla con las características estipuladas en la tabla 4.
- La operación del seccionador se efectuará por medio de palanca o manivela accionada desde el exterior del módulo.
- Los enclavamientos entre los diferentes elementos de corte y seccionamiento en una subestación son indispensables por razones de seguridad de las personas y conveniencia operativa de la instalación para no permitir que se realicen accionamientos indebidos por errores humanos.
- Para el caso de que se instale un transformador tipo PadMounted, no será obligatorio la instalación independientemente el módulo o celda del equipo de maniobra y protección en media tensión aquí definido (Figura 8) ya que estos elementos vienen incorporados de fábrica de manera compacta en dicha subestación formando un conjunto Maniobra-Protección-Transformador de potencia. Por otro lado, dependiendo de las características de la potencia, voltaje y del líquido refrigerante del transformador, como se define en este documento, este se deberá instalar o no en bóveda. Los detalles de instalación de este tipo de transformador pueden ser consultada en la norma ESSA “Transformador tipo Pedestal (Pad-Mounted)”.

6.5 Equipo de protección

- Asociados al seccionador correspondiente al transformador, se utilizarán fusibles tipo HH de fusión en arena y con percutor para activar el mecanismo de apertura del seccionador. Su selección tendrá en cuenta los criterios de coordinación y los establecidos por los fabricantes de los transformadores y de los fusibles.
- El encerramiento de cada unidad funcional deberá ser conectado al conductor de tierra de protección. Todas las partes metálicas puestas a tierra y que no pertenezcan a los circuitos principales o auxiliares, también deberán ser conectadas al conductor de puesta a tierra directamente o a través de la estructura metálica.
- La continuidad e integridad del sistema de puesta a tierra deberán ser aseguradas teniendo en cuenta el esfuerzo térmico y mecánico causado por la corriente que éste va a transportar en caso de falla monofásica.
- Bajo el área ocupada por la subestación se debe construir una malla de tierra que se compondrá como mínimo de cuatro (4) varillas copperweld colocadas formando un paralelogramo y unidas entre sí por un conductor de cobre desnudo de calibre mínimo número 2 AWG el cual se unirá a las varillas mediante soldadura. El diseño se

ajustará a las facilidades del sitio de montaje y garantizará una impedancia de puesta a tierra de acuerdo con lo establecido en RETIE. La malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir la placa del piso destinado a la subestación.

- En uno de los módulos metálicos se debe disponer de una platina de cobre electrolítico de sección transversal tal que nunca se excedan los 200 A/mm² de densidad de corriente, la cual servirá como barra de tierra. Todas las partes metálicas no conductoras de corriente de la subestación se conectarán a tierra.
- Se conectarán a la barra de tierra, además, el neutro del transformador, las pantallas metálicas de los cables, las pantallas semiconductoras de los terminales preformados, los soportes de terminales preformados y de cables secos, los neutros de las estrellas de los equipos de medida, etc. Las puertas de las celdas o compartimientos se conectarán a la barra de tierra con un conductor de cobre flexible calibre número 2 AWG mínimo. La barra de tierra irá perñada a los ángulos de la base del módulo y se conectará a la malla de tierra por lo menos en dos puntos con cable de cobre desnudo de área seccional equivalente a la barra y con conectores de compresión con recubrimiento de cobre.
- Los DPS deben instalarse en los bujes primarios del transformador. Las bases de los DPS deben conectarse a tierra a través de conductor tipo cableado. Los conductores de conexión del DPS a la red y a tierra no deben ser de calibre inferior a 6 AWG. Este cable deberá asegurarse a la celda para evitar acercamientos al devanado. Los DPS deben conectarse directamente al sistema de puesta a tierra de la instalación y no a través de la barra equipotencial que posee la celda para conectar a tierra las partes metálicas de la misma. Esta conexión debe ser con soldadura exotérmica o con conector de compresión.

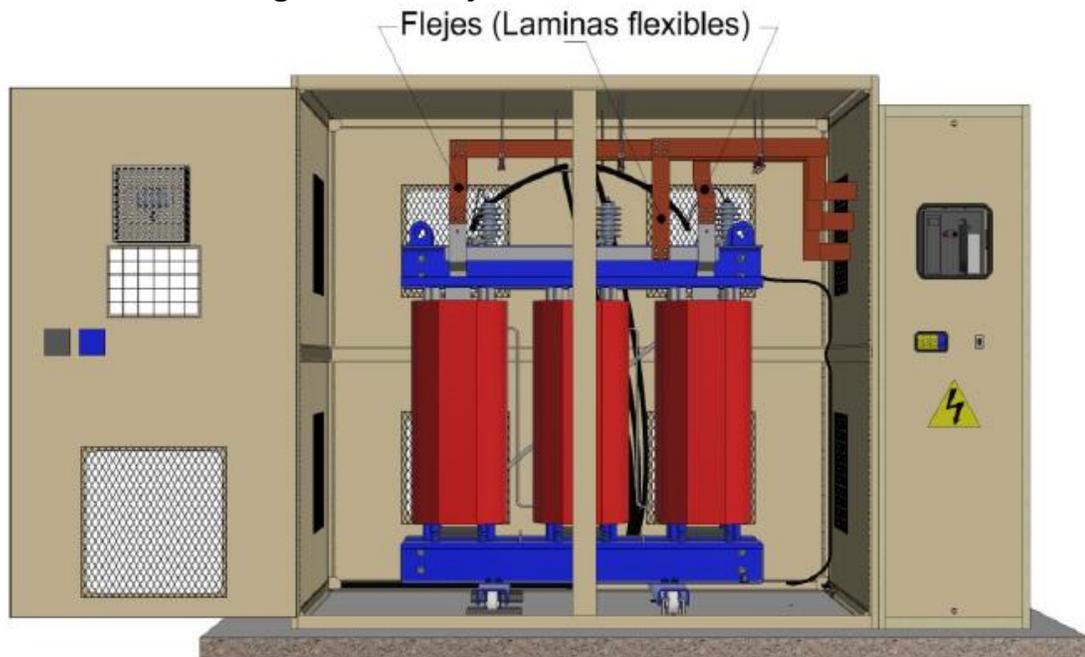
6.6 Tablero de baja tensión

Los tableros de baja tensión deben cumplir los requisitos establecidos en el RETIE, asegurando el cumplimiento de los siguientes requisitos:

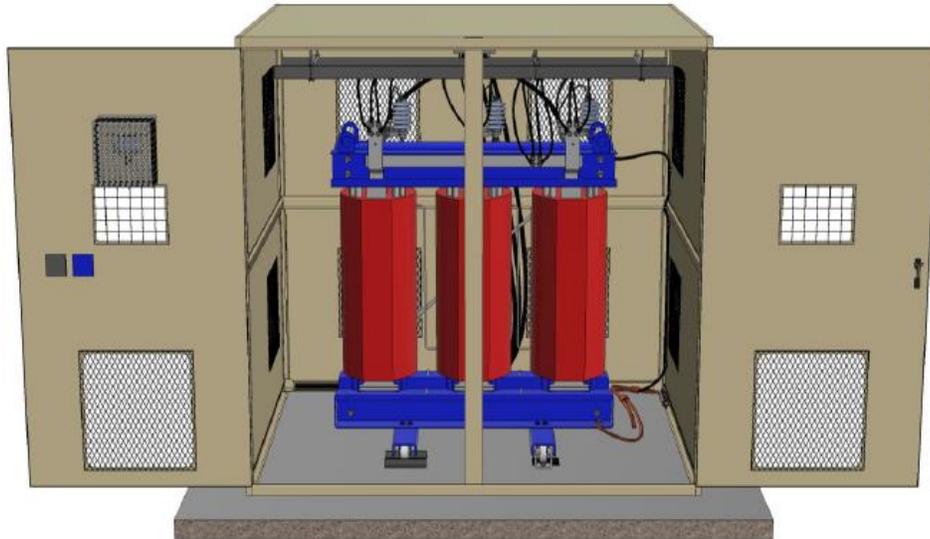
- Los barrajes de baja tensión se diseñarán en cobre electrolítico de alta pureza seleccionado en calibres adecuados para las corrientes nominales de servicio. Se soportarán sobre aisladores o portabarras de resina, porcelana o baquelita de alta resistencia con capacidad para soportar los esfuerzos de cortocircuito exigidos por el sistema. Se utilizará conductor de cobre aislado tipo THHW o XLPE para las conexiones entre barraje e interruptores de salida de baja tensión o platina de cobre según se diseñe.
- Si los tableros de protección o medida se encuentran a un costado de la celda del transformador, deben emplearse platinas o barras de cobre o aluminio para hacer la conexión entre la celda y el tablero principal, de lo contrario podrá realizarse a través de conductores en ducto, bandeja portacable o tubo según aplique. Ver Figuras 2 y 3.

- Para corrientes nominales superiores a 800 Amperios, se recomienda hacer la conexión entre la celda y el tablero principal por medio de platinas de cobre o aluminio.
- En los casos en los que los conductores secundarios del transformador se instalen en cable, éstos deben estar asegurados en el interior de la celda por medio de una canastilla o bandeja portacables hasta el sitio donde salgan de la celda. El nivel de ocupación de la bandeja portacables o de la canastilla deberá cumplir lo dispuesto en el artículo 318-10 de NTC 2050 (primera actualización).
- La interconexión entre el transformador y el tablero general de protecciones solo podrá realizarse en forma subterránea, cuando sea estrictamente necesario, como en los casos cuando el tablero general de protecciones se encuentra muy alejado de la celda del transformador, y por la trayectoria y longitud del ducto es traumática su construcción.
- Cuando se empleen ductos para la interconexión entre el tablero principal y el transformador, los mismos deben cumplir los requisitos del numeral 10.2.16 de la norma EPM RA8-013.

• **Figura 2. Barraje a través o barras de cobre.**

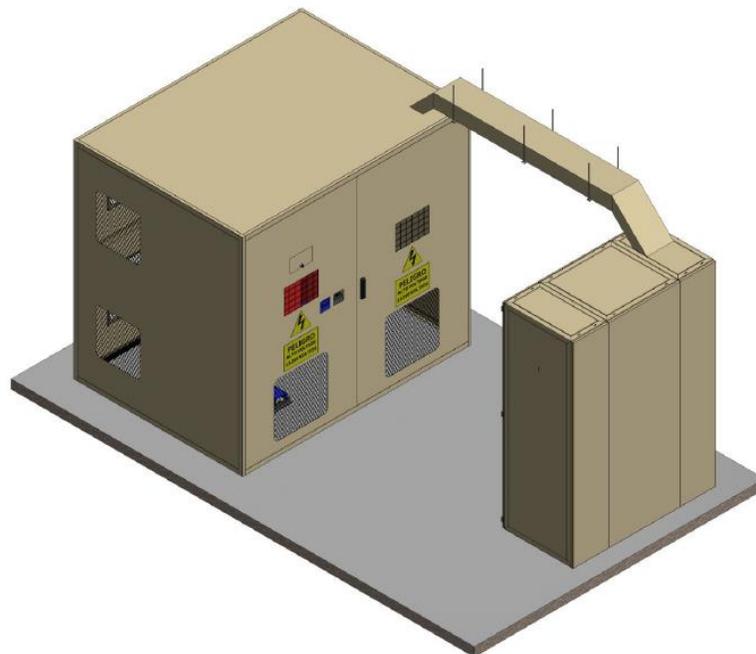


- **Figura 3. Barraje a través de conductores en cable.**



- En los casos cuando no es posible garantizar la instalación del tablero general de protecciones de baja tensión en un costado o aledaño a la celda del transformador y se instale frente a ésta (Ver Figura 4), se debe procurar que dicha interconexión se realice por medio de un ducto cerrado, asegurado a la loza de la subestación, siempre que la altura y disposición de elementos en la subestación permitan la instalación de dicho elemento.

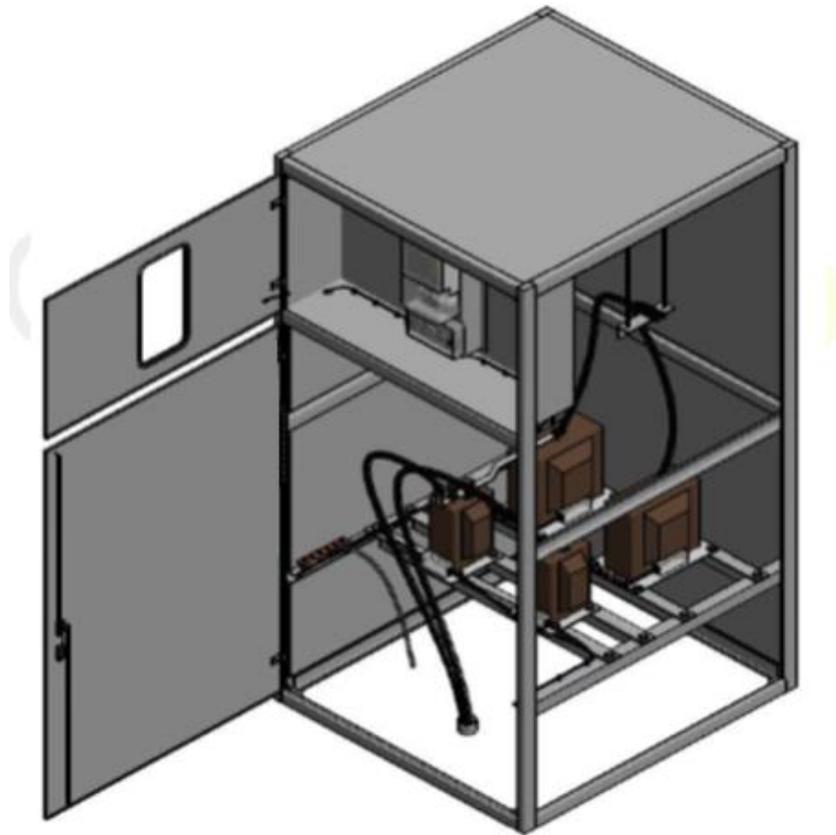
- **Figura 4. Instalación de celda del transformador en frente al tablero principal.**



6.7 Equipo de medición

- Antes de su instalación en el punto de medición, el equipo de medición deberá ser revisado, calibrado y programado por el comercializador o un tercero debidamente acreditado ante la autoridad nacional competente.
- Los transformadores de medida se instalarán en sitio de fácil acceso para verificación de la conexión y placa de características.
- La canalización para los conductores entre la celda del transformador y el tablero principal de baja tensión, cuando éstos no se encuentran contiguos, debe ser en ducto cerrado o tubería TMG-IMC si es expuesta o en PVC DB si es empotrada.
- Estos transformadores estarán localizados en el módulo correspondiente a la tensión nominal de los mismos y dispondrán de tornillos para ser sellados por la Empresa.
- Cuando la medición sea indirecta se instalará un módulo para alojar los transformadores de medida y dispondrá de tornillos para ser sellados por ESSA.
- Los transformadores de corriente y de potencial en media tensión deberán tener un sistema de fijación adecuado. En todo caso, los mismos deberán estar soportados en una base construida ya sea con platinas de espesor mínimo 5mm y de 50mm de ancho o que posea refuerzos con este tipo de estructura (ver Figura 5).
- Para facilitar la revisión de las conexiones en la medida indirecta, los conductores que sirven de conexión entre el secundario de los transformadores de tensión y el medidor de energía deberán agruparse e instalarse en una trayectoria diferente a la de los conductores que sirven de conexión entre el secundario de los transformadores de corriente y dicho medidor.
- El cableado de los transformadores de medida deberá asegurarse directamente a la estructura de la celda por medio de correas plásticas y no será permitido el uso de soportes con adhesivos, debido a que estos no garantizan un contacto adecuado, y al soltarse, podrían generar acercamientos de estos conductores a partes vivas en media tensión.
- En medida indirecta, para garantizar el registro del consumo propio de los transformadores de potencial, estos deberán quedar instalados después de los transformadores de corriente (“Aguas Abajo”)

Figura 5. Celda de media tensión (no aplica para clientes nuevos, medida debe ir ubicada en el exterior del predio)



- Si al retirar los paneles laterales, posteriores (fondo) y superiores de las celdas quedan partes vivas expuestas o algún elemento que compone el equipo de medida queda accesible, estos paneles deberán estar fijados o sellados desde el interior de la celda, y los mismos no podrán ser asegurados con tornillos u otro tipo de elementos que puedan ser retirados externamente. Esta disposición también aplica para las celdas que existan antes de la medida.

6.8 Iluminación

El local deberá disponer de un sistema de iluminación artificial con un nivel medio superior a 100 luxes, cuyo control se encuentre ubicado cerca de la puerta de acceso (ver Figura 6).

Figura 6. Iluminación para subestaciones tipo interior.

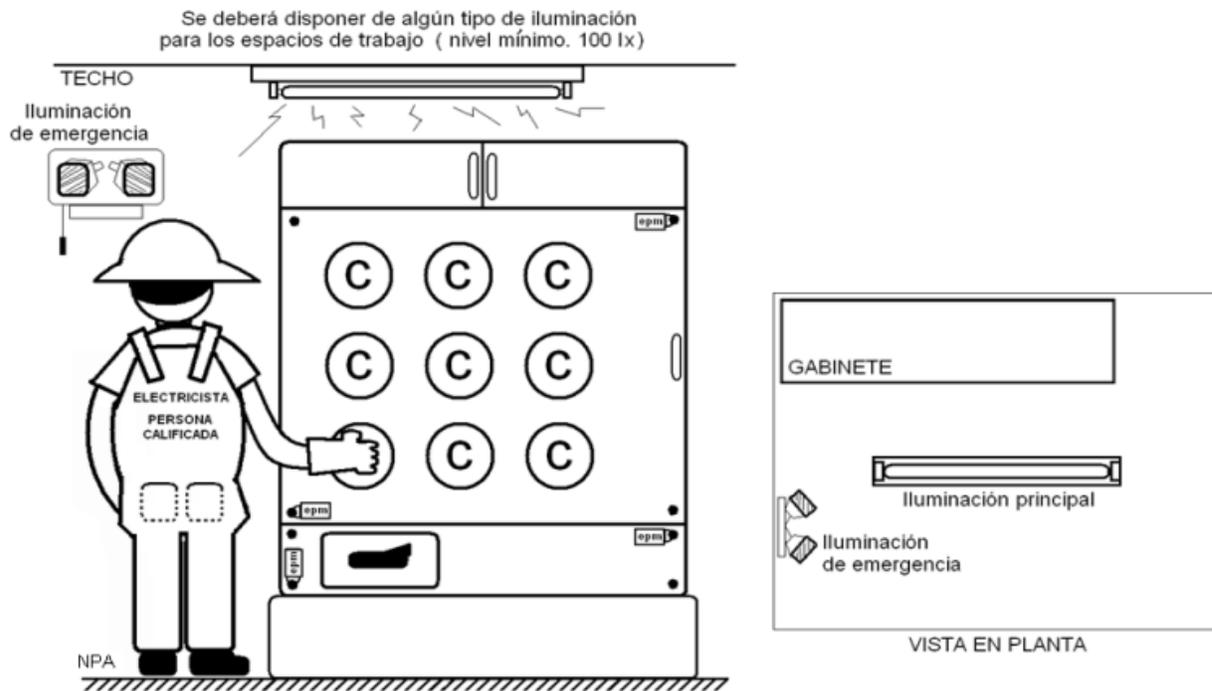
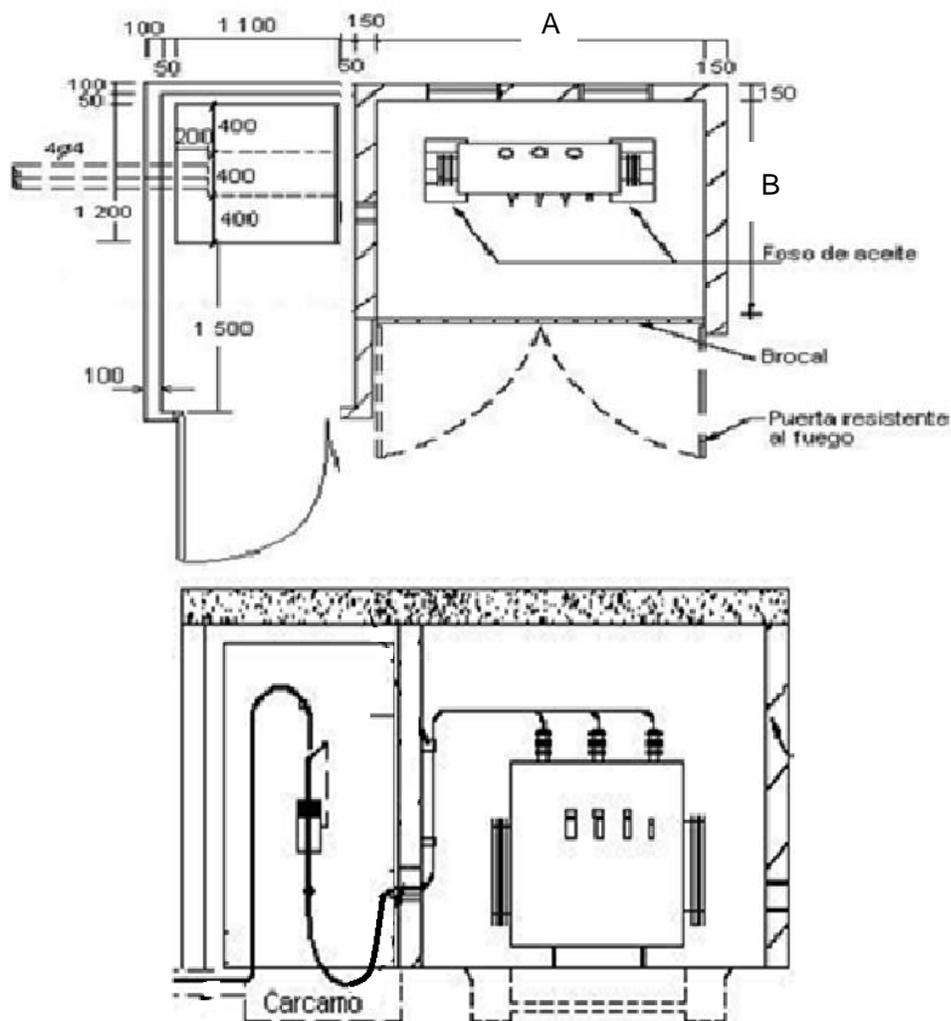


Figura 7. Subestación tipo interior con medida en M.T que requiere bóveda

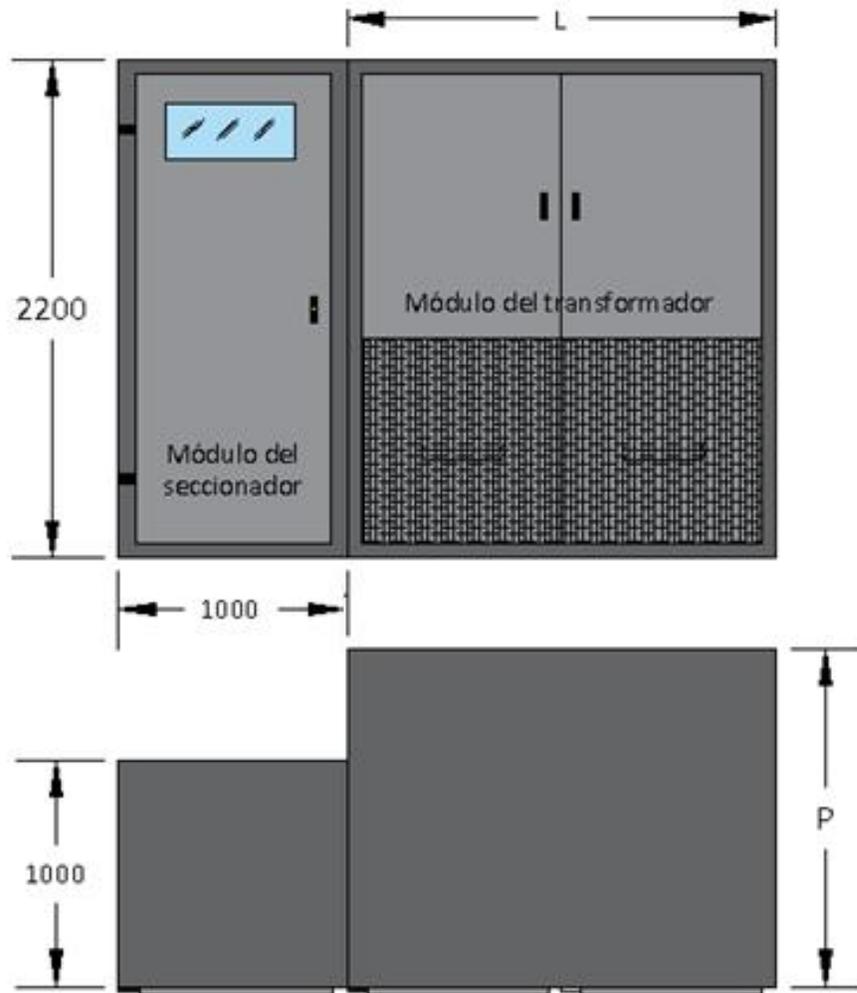


POTENCIA (kVA)	Dimensiones del local	
	A (mm)	B (mm)
30	1 500	1 500
45	1 500	1 500
75	1 500	1 500
112,5	2 000	2 000
150	2 000	2 000
250	2 000	2 000
300 – 400	2 500	2 000
500 – 630	2 500	2 500
750 – 1000	3 100	2 500

Notas:

- Frente a las celdas de maniobra y protección se debe dejar un espacio un espacio completamente libre para la circulación y maniobra mínimo 1500 mm.
- En caso de tener equipos de protección en aceite los muros serán cortafuegos.
- Se permite reducir la distancia entre celdas y puerta a 600 mm, siempre que se garantice el espacio para maniobras más allá de la puerta y el frente de las celdas quede totalmente libres.

Figura 8. Subestación tipo interior con medida en M.T que no requiere bóveda.



Transformador (kVA)	L (mm)	P (mm)
0-150	1500	1000
>150 a 315	1800	1200