



# NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

## PARTE A

### GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

#### SECCIÓN A-15

#### REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

##### ELABORACIÓN Y APROBACIÓN TÉCNICA:

ELABORADO:	FIRMA
Ing. Carlos Alberto Sánchez Arcos Jefe de Departamento de Estudios de Distribución (S)	
REVISADO:	FIRMA
Ing. Juan Gabriel Calderón Olivo Dirección Zona Centro (E)	
APROBADO:	FIRMA
Ing. Christian Rodrigo Muñoz Ontaneda Gerente de Distribución (E)	



EMPRESA  
ELÉCTRICA  
QUITO S.A.

NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 2 DE 110

**ASESORÍA METODOLÓGICA:**

<b>ASESORÍA METODOLÓGICA ELABORADO:</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. William Roberto Dávila Alulema Analista del Departamento Sistema de la Calidad	
<b>REVISADO:</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Carlos Francisco Dávila Maldonado Jefe de Departamento Sistema de la Calidad (E)	



## Contenido

0.-	HISTORIAL DE CAMBIOS: .....	9
A-15	REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN .....	10
A-15.01	BANCO DE DUCTOS Y ZANJAS .....	10
A-15.01.1	Ductos:.....	10
A-15.01.2	Zanjas:.....	16
A-15.02	POZOS DE REVISIÓN.....	23
A-15.02.1	Consideraciones constructivas .....	23
A-15.02.2	Tapas.....	24
A-15.03	CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO DE FRENTE MUERTO ...	29
A-15.03.1	Obra Civil: .....	29
A-15.03.2	Obra Eléctrica:.....	37
A-15.04	EQUIPO Y ACCESORIOS PARA REDES SUBTERRÁNEAS.....	46
A-15.04.1	Transformadores.....	46
A-15.04.2	Equipos de seccionamiento y protección.....	53
A-15.04.3	Conectores aislados separables.....	57
A-15.05	CABLES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE .....	64
A-15.05.1	Cables para red de MV .....	64
A-15.05.2	Cables para red de BV .....	66
A-15.05.3	Accesorios para conexión de cables .....	67
A-15.06	DIMENSIONES DE CÁMARAS DE DISTRIBUCIÓN .....	69
A-15.06.1	Consideraciones principales para el dimensionamiento de las cámaras de distribución. 70	
A-15.06.2	Dimensiones de las cámaras de distribución .....	73
A-15.07	TRANSICIONES AÉREAS – SUBTERRÁNEAS DE RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE	86
A-15.07.1.	CONFIGURACIONES DE TRANSICIÓN AÉREA - SUBTERRÁNEA: .....	86
A-15.08	ACOMETIDAS DOMICILIARIAS SUBTERRÁNEAS .....	97
A-15.08.1.	Tubería PVC.....	98
A-15.08.2.	Tubería rígida EMT. ....	98
A-15.08.3.	Tubería metálica flexible con revestimiento de PVC (funda sellada).....	99
A-15.09	BARRAS MULTICONDUCTORAS PARA ACOMETIDAS SOTERRADAS.....	100
A-15.09.1.	ELEMENTOS PARA DERIVACIÓN DE ACOMETIDAS SOTERRADAS: .....	100
A-15.09.2.	INSTALACIÓN GENERAL DE LAS BARRAS MULTICONDUCTORAS:.....	104
A-15.09.3.	CABLEADO DE LAS BARRAS MULTICONDUCTORAS:.....	108



## Índice de tablas

Tabla A-15.01_ 1 Cables de medio y bajo voltaje usados para canalización de redes eléctricas... 11	11
Tabla A-15.01_ 2 Cables de medio y bajo voltaje usados para transiciones aéreas-subterráneas de redes eléctricas..... 11	11
Tabla A-15.01_ 3 Configuraciones de banco de ductos..... 13	13
Tabla A-15.01_ 4 Profundidades mínimas de las zanjas para los ductos o banco de ductos..... 17	17
Tabla A-15.02_ 1 Dimensiones mínimas de los pozos de distribución..... 23	23
Tabla A-15.02_ 2 Nivel de relieve de las tapas..... 28	28
Tabla A-15.03_ 1 Área de ventilación..... 35	35
Tabla A-15.03_ 2 Dimensiones pozo de ventilación..... 36	36
Tabla A-15.03_ 3 Dimensiones ventanas..... 37	37
Tabla A-15.03_ 4 Sección del conductor para la elaboración de la malla de puesta a tierra..... 41	41
Tabla A-15.03_ 5 Capacidad máxima de transportación de corriente de una barra de cobre según su sección..... 44	44
Tabla A-15.04_ 1 Elementos generales de un transformador sumergible..... 47	47
Tabla A-15.05_ 1 Principales características de los conductores de MV..... 65	65
Tabla A-15.05_ 2 Principales características de los conductores de BV..... 66	66
Tabla A-15.06_ 1 Profundidad mínima del espacio de trabajo en bajo voltaje..... 72	72
Tabla A-15.06_ 2 Profundidad mínima del espacio de trabajo en medio voltaje..... 72	72
Tabla A-15.06_ 3 Profundidad del espacio de trabajo a utilizar en la EEQ..... 73	73
Tabla A-15.06_ 4 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados..... 74	74
Tabla A-15.06_ 5 Dimensiones para una cámara de distribución a nivel, con un transformador convencional frente muerto y celdas..... 78	78
Tabla A-15.06_ 6 Dimensiones para una cámara de distribución subterránea, con transformador ocasionalmente sumergible y celdas aisladas..... 82	82

## Índice de figuras

Fig. A-15.01_ 1 Banco de ductos con separadores..... 12	12
Fig. A-15.01_ 2 Banco de ductos con cuadrícula de tubería de 2" de PVC..... 12	12
Fig. A-15.01_ 3 Distancias entre separadores o cuadrículas de tuberías en los bancos de ductos..... 13	13
Fig. A-15.01_ 4 Configuración de banco de ductos EU0_0B3x2B1..... 14	14
Fig. A-15.01_ 5 Configuración de banco de ductos EU0_0B(1x2C + 2x2B)2..... 15	15



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

Fig. A-15.01_ 6 Configuración 1,2 y 3 de banco de ductos, con sus usos e identificador nemotécnico.....	16
Fig. A-15.01_ 7 Configuración 4, 5 y 6 de banco de ductos con sus usos e identificador nemotécnico.....	16
Fig. A-15.01_ 8 Vista lateral de banco de ductos con materiales de relleno en lugares sin tráfico vehicular.....	18
Fig. A-15.01_ 9 Vista frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares sin tráfico vehicular.....	18
Fig. A-15.01_ 10 Vista lateral de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular liviano.....	19
Fig. A-15.01_ 11 Vista frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular liviano.....	20
Fig. A-15.01_ 12 Vista lateral y frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular pesado.....	21
Fig. A-15.01_ 13 Vista lateral y frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular pesado.....	21
Fig. A-15.01_ 14 Cinta de señalización para indicar la presencia de red eléctrica soterrada.....	22
Fig. A-15.02_ 1 Dimensiones de las tapas de hormigón.....	24
Fig. A-15.02_ 2 Características de las tapas de hormigón.....	25
Fig. A-15.02_ 3 Placa metálica para las tapas de hormigón.....	25
Fig. A-15.02_ 4 Ganchos de izaje.....	26
Fig. A-15.02_ 5 Tapa redonda.....	27
Fig. A-15.02_ 6 Tapa cuadrada.....	27
Fig. A-15.03_ 1 Escalera de ingreso.....	31
Fig. A-15.03_ 2 Losa de hormigón móvil.....	32
Fig. A-15.03_ 3 Pozos de ventilación.....	35
Fig. A-15.03_ 4 Alturas a la que deben ser instalados los diferentes elementos de la cámara de transformación y/o seccionamiento.....	39
Fig. A-15.03_ 5 Código de colores usados para conductores según el nivel de voltaje.....	40
Fig. A-15.03_ 6 Disposición de las salidas de la malla de puesta a tierra dentro de una cámara de transformación y/o seccionamiento. Gráfico referencial.....	42
Fig. A-15.03_ 7 Barra de cobre 5x50 mm con 5 salida para derivación instalada en pared de la cámara de transformación y/o seccionamiento.....	45
Fig. A-15.03_ 8 Barra multiconductora con 6 salidas para derivación instalada en la pared de la cámara de transformación y/o seccionamiento.....	45
Fig. A-15.04_ 1 Elementos generales de un transformador sumergible.....	47
Fig. A-15.04_ 2 Instalación del transformador pedestal.....	48
Fig. A-15.04_ 3 Distancias de seguridad al transformador pedestal.....	49
Fig. A-15.04_ 4 Sistema de contención y recolección de los derrames de aceite conformado por una zanja y trampa de aceite.....	51



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 6 DE 110

Fig. A-15.04_ 5 Transformador convencional de frente muerto (monofásico).....	52
Fig. A-15.04_ 6 Accesorios para la conexión del transformador convencional de frente muerto. ..	53
Fig. A-15.04_ 735 Partes básicas de una celda de medio voltaje.....	54
Fig. A-15.04_ 8 Equipo de protección y seccionamiento para redes subterráneas aislado en estado sólido.....	57
Fig. A-15.04_ 9 Boquilla tipo pozo.....	58
Fig. A-15.04_ 10 Boquilla tipo inserto.....	59
Fig. A-15.04_ 11 Boquilla tipo inserto doble.....	59
Fig. A-15.04_ 12 Conector tipo codo.....	60
Fig. A-15.04_ 13 Conector tipo "T".....	61
Fig. A-15.04_ 14 Conector codo portafusible.....	61
Fig. A-15.04_ 15 Barrajes aislados desconectable.....	62
Fig. A-15.04_ 16 Descargador tipo codo.....	63
Fig. A-15.04_ 17 Bushing de parque aislado.....	64
Fig. A-15.04_ 18 Tapón aislado.....	64
Fig. A-15.05_ 1 Cable de medio voltaje con apantallamiento en neutro concéntrico.....	65
Fig. A-15.05_ 2 Cable de bajo voltaje, TTU.....	66
Fig. A-15.05_ 3 Terminales de medio voltaje.....	67
Fig. A-15.05_ 4 Empalme de medio voltaje.....	68
Fig. A-15.05_ 5 Empalmes de bajo voltaje.....	69
Fig. A-15.06_ 1 Profundidad del espacio de trabajo, caso 1.....	71
Fig. A-15.06_ 2 Profundidad del espacio de trabajo, caso 2.....	71
Fig. A-15.06_ 3 Profundidad del espacio de trabajo, caso 3.....	72
Fig. A-15.06_ 4 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados-vista superior - con disponibilidad de excavación.....	75
Fig. A-15.06_ 5 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados-vista superior - sin disponibilidad de excavación.....	76
Fig. A-15.06_ 6 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados - vista frontal - con disponibilidad de excavación.....	77
Fig. A-15.06_ 7 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados - vista frontal - sin disponibilidad de excavación.....	77
Fig. A-15.06_ 8 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas – vista superior - con disponibilidad de excavación.....	79
Fig. A-15.06_ 9 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas – vista superior - sin disponibilidad de excavación.....	80



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

Fig. A-15.06_ 10 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas parcialmente aisladas – vista frontal - con disponibilidad de excavación.....	81
Fig. A-15.06_ 11 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas parcialmente aisladas – vista frontal - sin disponibilidad de excavación.....	81
Fig. A-15.06_ 12 Dimensiones de una cámara de distribución subterránea, con transformador ocasionalmente sumergible y celdas completamente aisladas – vista superior.....	83
Fig. A-15.06_ 13 Dimensiones de una cámara de distribución subterráneas, con transformador ocasionalmente y celdas completamente aisladas – vista frontal.....	84
Fig. A-15.06_ 14 Dimensiones a considerar en una cámara de seccionamiento.....	85
Fig. A-15.07_ 1 Estructuras de transición de red subterránea - aérea en salida de primario. ....	87
Fig. A-15.07_ 2 Modelo de crucetas para sujeción de cable de medio voltaje para redes trifásicas y monofásicas.....	89
Fig. A-15.07_ 3 Detalle de instalación de cruceta para sujeción de red trifásica de medio voltaje.....	89
Fig. A-15.07_ 4 Detalle de conexión de elementos a la puesta de tierra.....	90
Fig. A-15.07_ 5 Conector de ranura paralela de dos pernos.....	90
Fig. A-15.07_ 6 Instalación de equipo de protección y/o seccionamiento en salida de primario de S/E.....	91
Fig. A-15.07_ 7 Derivación de una red aérea a una subterránea en estructura 3CR.....	92
Fig. A-15.07_ 8 Derivación de una red aérea a una subterránea.....	93
Fig. A-15.07_ 9 Instalación de cruceta para sujeción del conductor de medio voltaje en una derivación de red aérea a desnuda.....	94
Fig. A-15.07_ 10 Transición de una red aérea a una subterránea (circuito expreso).....	96
Fig. A-15.08_ 1 Acometida con tubería PVC empotrada.....	98
Fig. A-15.08_ 2 Acometida con tubería rígida EMT sobrepuesta.....	99
Fig. A-15.08_ 3 Acometida con tubería metálica flexible con revestimiento de PVC.....	99
Fig. A-15.09_ 1 Barras multiconductoras de 6 y 8 puntos de derivación.....	101
Fig. A-15.09_ 2 Soporte de acero galvanizado para barras multiconductoras.....	101
Fig. A-15.09_ 3 Dimensiones en mm de la parte 1 del soporte de barra multiconductora de 6 puntos de derivación.....	102
Fig. A-15.09_ 4 Dimensiones en mm de la parte 2 del soporte de barra multiconductora de 6 puntos de derivación.....	102
Fig. A-15.09_ 5 Pernos de expansión.....	103
Fig. A-15.09_ 6 Ensamblaje de barra multiconductora en soporte.....	103
Fig. A-15.09_ 7 Placa de identificación para nomenclatura de barras multiconductoras.....	104
Fig. A-15.09_ 8 Incorrecta instalación de barras multiconductoras.....	106
Fig. A-15.09_ 9 Terminales de barra de cobre de puesta a tierra con oxidación.....	106
Fig. A-15.09_ 10 Barras multiconductoras alineadas dentro de un pozo de distribución.....	107



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 8 DE 110

Fig. A-15.09_ 11 Barras multiconductoras instaladas en más de una pared del pozo de distribución. ....	108
Fig. A-15.09_ 12 Cableado tramo a tramo de dos pozos de distribución. ....	109
Fig. A-15.09_ 13 Conexión de las acometidas en las barras multiconductoras dentro del pozo de distribución de inicio o pasante de circuito. ....	109
Fig. A-15.09_ 14 Conexión de las acometidas en las barras multiconductoras dentro del pozo de distribución fin de circuito. ....	110





NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 9 DE 110

0.- HISTORIAL DE CAMBIOS:

#VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DE CAMBIOS	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA APROBACIÓN
00	Creación de la sección A-15 Redes Soterradas de Distribución	Ing. Carlos Sánchez, Jefe Dpto. Estudios de Distribución	Ing. Juan Calderón, Director Zona Centro. <b>Asesoría Metodológica</b> Ing. William Dávila, Analista Dpto. Sistema de Calidad. Mgs. Carlos Dávila, jefe del Dpto. Sistema de Calidad (E).	Ing. Christian Muñoz, Gerente de Distribución	2024 10 18



## A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

Las redes de distribución soterradas son empleadas en zonas de urbanismo para prevalecer la estética de la historia de la ciudad, o para establecer condiciones de seguridad dónde no es aconsejable las redes de distribución aéreas, ya que esta tecnología mejora la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico.

Por tal motivo, en esta sección de la norma, se plantean directrices para la elaboración de diseños, construcción y fiscalización de las redes de distribución soterradas de la EEQ.

### A-15.01 BANCO DE DUCTOS Y ZANJAS

Los bancos de ductos y zanjas son elementos que forman parte de la instalación de redes eléctricas soterradas; la combinación de ellos permite llevar a cabo una instalación ordenada, un enrutamiento eficiente y seguro de los cables de medio voltaje (MV) y/o bajo voltaje (BV).

#### A-15.01.1 Ductos:

Los cables estarán protegidos mediante tuberías de uso eléctrico, los cuales serán de PVC o HDPE (Polietileno de alta densidad).

##### A-15.01.1.1 Tipo Ductos:

Se debe instalar tubería PVC de pared estructurada e interior lisa tipo B que cumplan con la Norma NTE INEN 2227 y NTE INEN 1869 para red de MV y BV (diámetro de 110 mm y 160 mm) o tubo corrugado de polietileno de alta densidad para red de MV y BV (diámetro de 110 mm y 160 mm) y manguera de polietileno (diámetro 50 mm) para alumbrado público y acometidas domiciliarias.

#### *Características:*

- Los ductos con cables no deben ser tapados, ya que estos deben permitir la ventilación adecuada para disipar las altas temperaturas que podrían generarse debido a la presencia de los cables energizados.
- Es fundamental mantener los ductos de reserva tapados para asegurar que permanezcan libres de basura, roedores, agua y otros elementos no deseados.
- Los accesorios como el pegamento, los anillos de goma y los tapones, deben estar específicamente diseñados para ser utilizados con la tubería mencionada anteriormente.
- Se utilizará únicamente los materiales provenientes de fábricas que tengan el sello de calidad INEN.
- El color del ducto para instalaciones eléctricas subterráneas será de color naranja.
- Para las redes subterráneas se debe utilizar tubería de PVC o HDPL, mientras que para las transiciones aérea – subterráneas se debe utilizar tubería metálica.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 11 DE 110

- Para niveles de voltaje desde 1 kV hasta 25 kV, se permite el paso de un máximo de 3 conductores de cobre o aluminio con aislamiento XLPE desde la sección 1/0 AWG hasta 4/0 AWG a través de un solo ducto de 110 mm (4”).
- Para niveles de voltaje desde 1 kV hasta 25 kV, se permite el paso de un máximo de 3 conductores de cobre o aluminio con aislamiento XLPE desde la sección 250 MCM hasta 350 MCM a través de un solo ducto de 160 mm (6”).
- Para niveles de voltaje desde 1 kV hasta 25 kV, se permite el paso de un solo conductor de cobre o aluminio con aislamiento XLPE desde la sección 500 MCM hasta 750 MCM a través de un solo ducto de 110 mm (4”).

En las tablas A-15.01\_1 y A-15.01\_2 se proporcionan detalles sobre la sección y la cantidad de cables que serán aceptados en los distintos ductos utilizados en las canalizaciones y transiciones de redes eléctricas.

*Tabla A-15.01\_1 Cables de medio y bajo voltaje usados para canalización de redes eléctricas.*

DUCTOS EMPLEADOS EN LAS CANALIZACIONES DE REDES ELÉCTICAS				
Calibre del Conductor (AWG o MCM)	Uso	Voltaje [kV]	No. Máximo de conductores aislados por ducto [u]	Diámetro del ducto PVC O HDPL [mm]
1/0, 2/0, 3/0, 4/0	Red de distribución en M.V.	1 - 25	3	110
250, 350	Red de distribución en M.V.	1 - 25	3	160
500, 750	Red de distribución en M.V.	1 - 25	1	110
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	Red de distribución en B.V.	0,6	4	110
6, 4, 2, 1/0	Alumbrado público y acometida	0,6	4	50

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

*Tabla A-15.01\_2 Cables de medio y bajo voltaje usados para transiciones aéreas-subterráneas de redes eléctricas.*

TUBERÍAS EMPLEADOS EN LAS TRANSICIONES DE REDES ELÉCTICAS				
Calibre del Conductor (AWG o MCM)	Uso	Voltaje [kV]	No. Máximo de conductores aislados por ducto [u]	Diámetro de la tubería metálica [mm]
1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250	Red de distribución en M.V.	1 - 25	3	110
350, 500, 750	Red de distribución en M.V.	1 - 25	3	160
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	Red de distribución en B.V.	0,6	4	63
6, 4, 2, 1/0	Alumbrado público y acometida	0,6	4	50

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

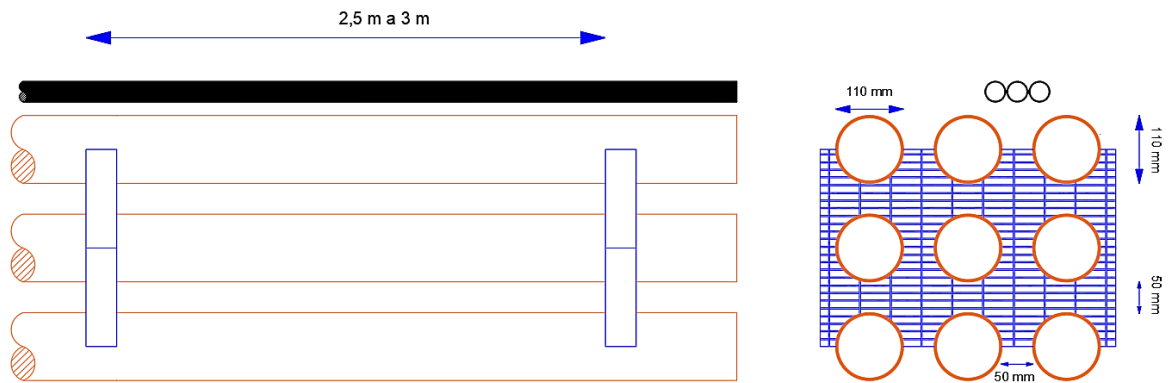
### A-15.01.1.2 Separadores de banco de ductos:

Para conservar una distancia uniforme entre ductos se debe utilizar separadores de láminas de PVC. La pared

-mínima horizontal y vertical entre ductos de un mismo banco será de 50 mm, independientemente del diámetro de tubería y del nivel de voltaje empleado.



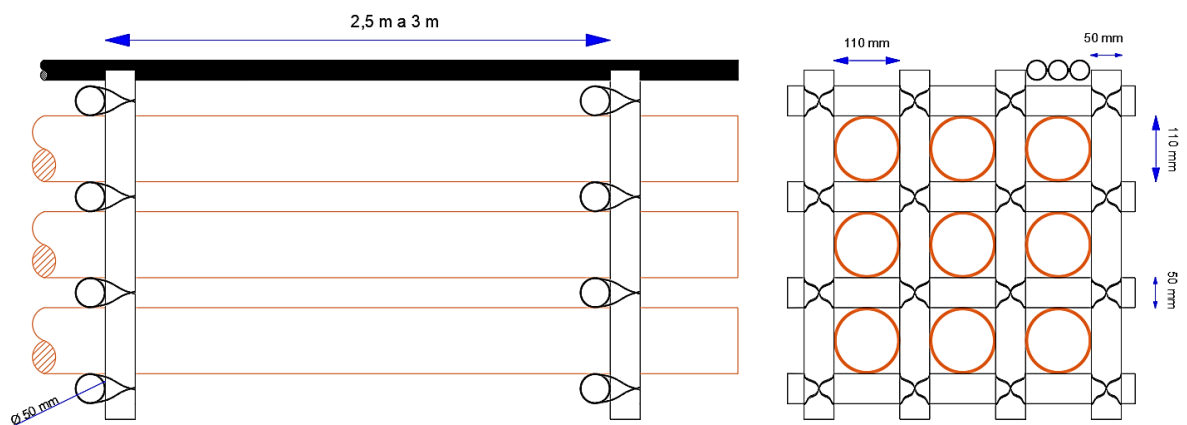
Fig. A-15.01\_ 1 Banco de ductos con separadores.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Si no se dispone de separadores fabricados, es posible utilizar tuberías de 2" (50 mm) como sustitutos. Estas tuberías se colocan estratégicamente para formar una cuadrícula que alojará la ductería proyectada, manteniendo un espaciamiento uniforme horizontal y verticalmente.

Fig. A-15.01\_ 2 Banco de ductos con cuadrícula de tubería de 2" de PVC.

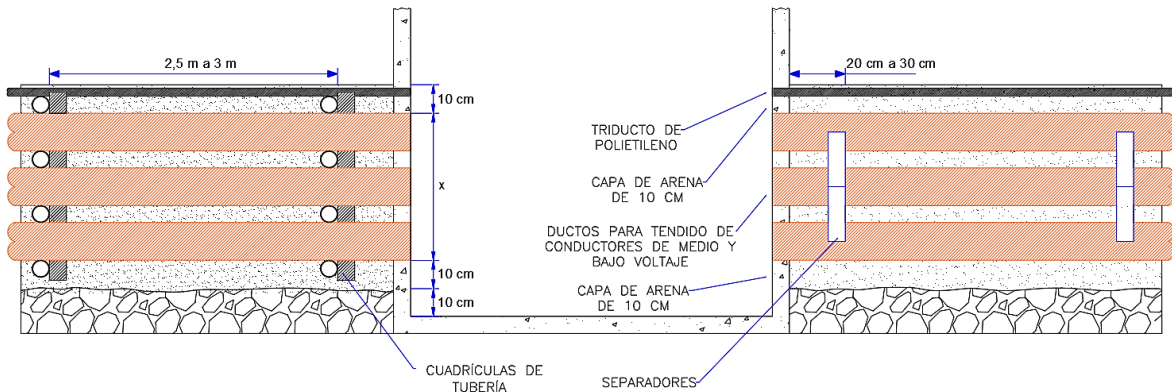


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La distancia longitudinal entre cada separador o cuadrícula de tubería será de 2,5 m a 3 m. Los separadores que estén cercanos a las paredes de los pozos de distribución o cámaras de transformación y/o seccionamiento deben tener una separación de 20 cm a 30 cm.



Fig. A-15.01\_3 Distancias entre separadores o cuadrículas de tuberías en los bancos de ductos.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Nota: La distancia “x” es variable, ya que depende de la cantidad de ductos que se instalarán en el proyecto.

#### A-15.01.1.3 Configuración del banco de ductos:

La configuración de los ductos dentro de una misma zanja está dada en base al número de filas por número de columnas:

Se pueden utilizar las siguientes configuraciones de ductos, donde el primer dígito indica el número de filas y el segundo indica el número de columnas.

Tabla A-15.01\_3 Configuraciones de banco de ductos.

Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1x2	1x3	1x4
2x2	2x3	2x4
3x2	3x3	3x4
4x2	4x3	

Fuente: Sección 1 Marco Teórico para la Homologación de las Unidades de Propiedad y Unidades de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas – Ministerio de Energía y Minas

Nota: Para los sistemas de comunicación de equipos eléctricos, se debe colocar en toda canalización un triducto de polietileno de pared exterior lisa e interior con estrías longitudinales, de 40 mm de diámetro.

#### A-15.01.1.4 Identificador nemotécnico del banco de ductos:

Las estructuras en redes subterráneas se definen en base a los elementos que involucran trabajos de obra civil para un sistema de distribución soterrado.

**Primer campo:** EU  
**Segundo campo:** No aplica.  
**Tercer campo:** No aplica.  
**Cuarto campo:** Tipo - Corresponde al tipo de estructuras utilizadas, en este caso se utilizará la siguiente:

**B:** Banco de ductos

**Quinto campo:** Especificaciones Técnicas – Estará conformado por caracteres alfabéticos en mayúsculas, numéricos y/o signos.

El banco de ductos se define sobre la base de la configuración de los ductos dentro de la misma zanja, establecida en la tabla A-15.01\_3. El diámetro de los ductos para las redes subterráneas se define por un carácter alfabético, las equivalencias son las siguientes:

A = 50 mm  
 B = 110 mm  
 C = 160 mm

La ubicación del banco de ductos se defina por un carácter numérico, las equivalencias son las siguientes:

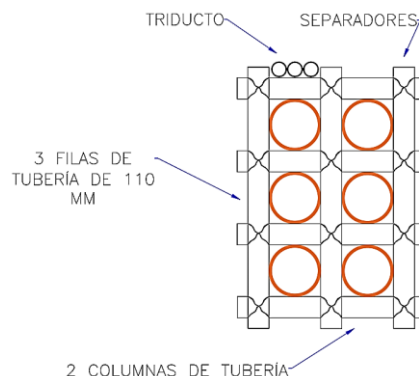
1 = Acera  
 2 = Calzada

A continuación, se dan dos ejemplos de configuración de banco de ductos con su respectiva identificación nemotécnica:

**Ejemplo 1:** Estructura para redes subterráneas, banco de ductos, configuración 3 filas por 2 columnas de 110 mm en acera:

**EU0\_0B3x2B1**

Fig. A-15.01\_4 Configuración de banco de ductos EU0\_0B3x2B1.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

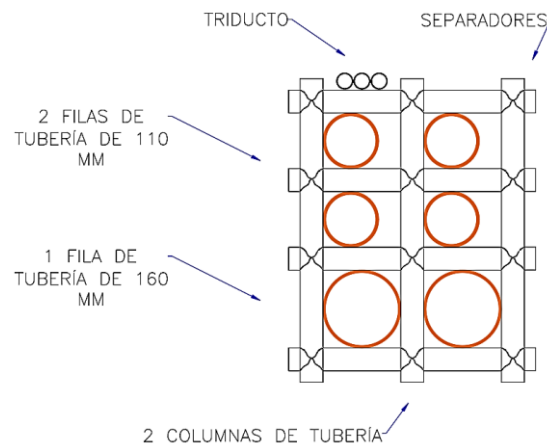


En el caso de que sea necesario identificar la combinación de conductos con diferentes diámetros dentro de una misma zanja, se coloca el símbolo "+" como indicador vinculante, y dicha combinación se representa dentro de un paréntesis ().

**Ejemplo 2:** Estructura para redes subterráneas, banco de ductos, configuración de ductos 1 fila por 2 columnas 160 mm + 2 filas por 2 columnas de 110 mm en calzada:

***EU0\_0B(1x2C+2x2B)2***

*Fig. A-15.01\_ 5 Configuración de banco de ductos EU0\_0B(1x2C+2x2B)2.*



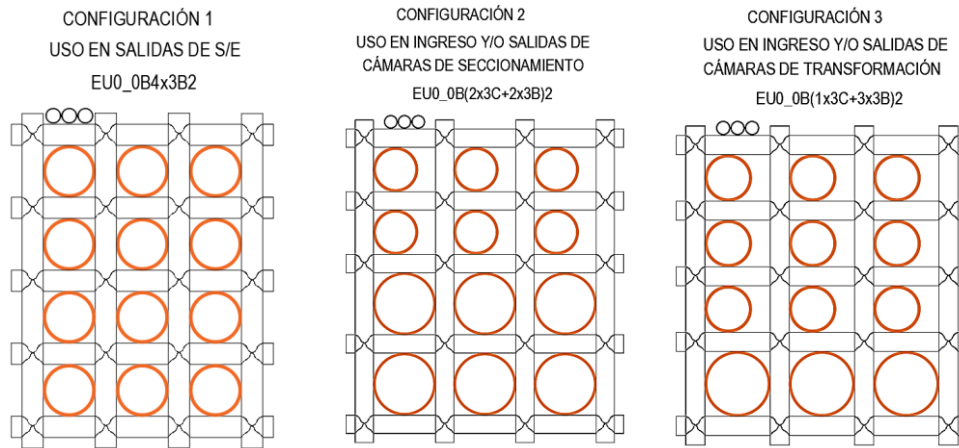
*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

#### **A-15.01.1.5 Configuración de banco de ductos más comunes según su aplicación:**

En esta sección se muestra las configuraciones de banco de ductos comúnmente utilizadas en sistemas subterráneos de medio voltaje según su uso y/o aplicación. Cabe indicar que el diámetro del ducto usado para la red de medio y bajo voltaje depende de la cantidad de cables y a la sección del mismo que se utiliza en el proyecto y los gráficos presentados son de referencia, para mayor información revisar la Tabla A-15.01\_1 Cables de medio y bajo voltaje usados para canalizaciones de redes eléctricas.

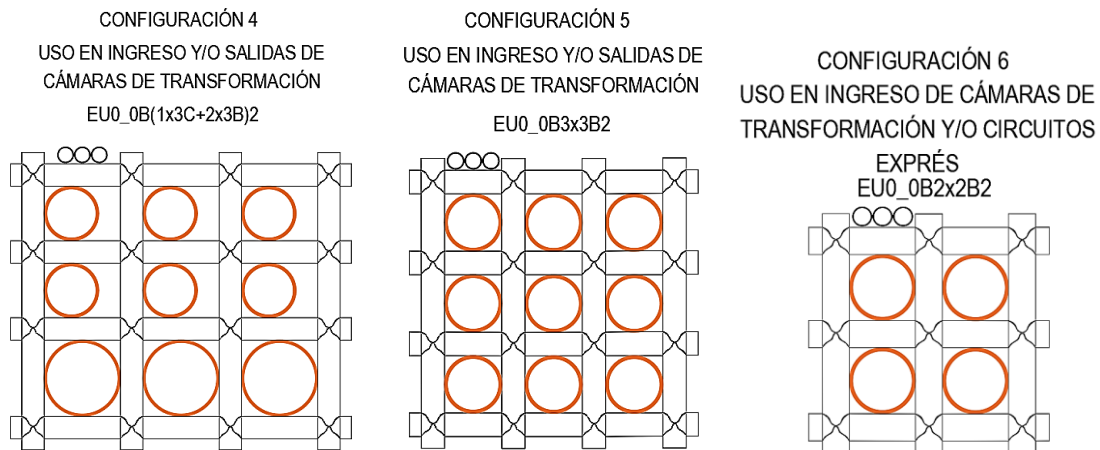


Fig. A-15.01\_ 6 Configuración 1,2 y 3 de banco de ductos, con sus usos e identificador nemotécnico.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.01\_ 7 Configuración 4, 5 y 6 de banco de ductos con sus usos e identificador nemotécnico.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## A-15.01.2 Zanjas:

En esta sección se da los lineamientos correspondientes a la profundidad, ancho y relleno de las zanjas para las redes de distribución subterráneas.

### A-15.01.2.1 Distancia de separación entre banco de ductos para uso eléctricos y otros servicios:

La separación horizontal mínima entre bancos de ductos eléctricos y otros servicios será de 25 cm.

En lo posible, se debe evitar instalar ductos de otros servicios de manera paralela por encima o debajo de los ductos eléctricos, sin embargo, en situaciones excepcionales donde sea necesario colocar ductos de otros servicios paralelamente por encima o por debajo de los ductos eléctricos, se debe mantener la misma separación vertical mencionada anteriormente (25 cm).





Los cables están protegidos mediante tuberías de uso eléctrico, las cuales serán de PVC o HDPE (Polietileno de alta densidad).

#### A-15.01.2.2 Profundidad:

En la tabla A-15.01\_4 se indica la profundidad mínima que deben tener los ductos o bancos de ductos para la protección de los conductores de medio y bajo voltaje, según el lugar dónde vayan a ser instalados. Esta profundidad se debe considerar con respecto a la parte superior de los ductos o banco de ductos.

*Tabla A-15.01\_4 Profundidades mínimas de las zanjas para los ductos o banco de ductos.*

Localización	Profundidad mínima [m]
Lugares sin tráfico vehicular.	0,4
Lugares con tráfico vehicular liviano.	0,6
Lugares con tráfico vehicular pesado.	1,3

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

En los casos donde no se puedan obtener los valores de profundidad mínimas indicados en la tabla A-15.01\_4, se debe colocar en todo el trayecto de la zanja una capa de hormigón de 20 cm de resistencia mecánica tal que garantice la protección del banco de ductos.

#### A-15.01.2.3 Material de relleno de banco de ductos:

En esta sección se da a conocer el material que se utiliza para cubrir los ductos o banco de ductos colocados en las zanjas según el lugar dónde se realizará la construcción de las redes subterráneas.

##### *Lugares sin tráfico vehicular*

El fondo de la zanja debe tener un terminado uniforme sobre el cual se coloca como primera parte una capa de arena de 10 cm, consiguiendo un piso regular y uniforme, de tal manera que al colocar la primera fila de los ductos esta se apoye en toda su longitud.

Posterior a la primera capa de arena se coloca el banco de ductos, esto de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Para cubrir el banco de ductos instalados en áreas sin tráfico vehicular (bajo las aceras), se utiliza arena como material de relleno. En caso de encontrarse con un alto nivel freático, se debe emplear un material de mejoramiento como relleno, asegurándose de que este sobrepase los 10 cm del ducto más superficial del banco de ductos.

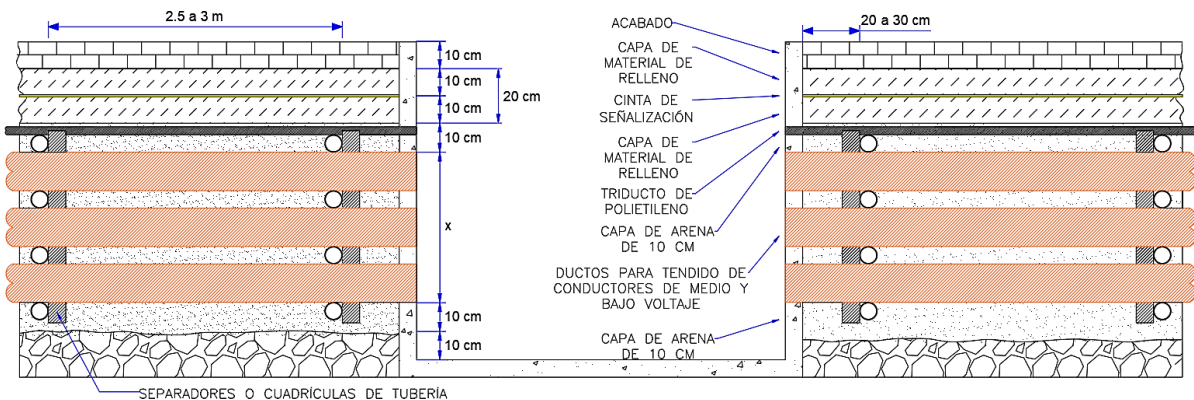
Después de la capa de arena esparcida sobre el último ducto, se coloca una capa de 20 cm de material de relleno (libre de piedra) compactado manualmente.

Como capa final del relleno del banco de ductos se tiene el acabado. Para esta capa se debe tener presente que tipo de material se va a instalar, esto para determinar si el espesor de la capa anterior se mantiene, aumenta o disminuye.

La cinta de señalización de riesgo eléctrico, es colocada a una profundidad de 20 cm, medidos desde la acera (acabado), para más detalle ir a la sección **A-15.01.2.5 Cinta de señalización**.

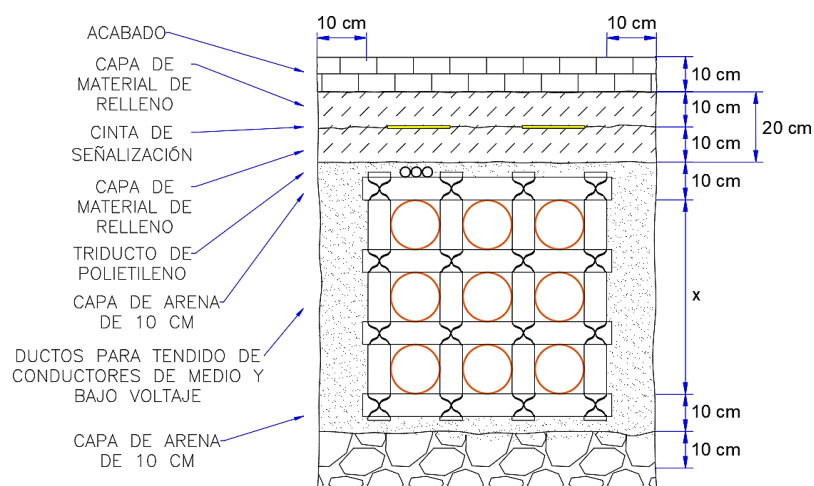
Se mantiene una distancia de 10 cm entre las paredes de las zanjas hacia el banco de ductos. A continuación, se presentan gráficos ilustrativos de referencia sobre cómo realizar el relleno de las zanjas en áreas sin tráfico vehicular.

Fig. A-15.01\_8 Vista lateral de banco de ductos con materiales de relleno en lugares sin tráfico vehicular.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.01\_9 Vista frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares sin tráfico vehicular.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

**Nota:** La distancia "x" en la figura Fig. A-15.01\_8 y Fig. A-15.01\_9 depende de la cantidad de ductos que se instalan en el proyecto.

### Lugares con tráfico vehicular liviano

El fondo de la zanja debe tener un terminado uniforme sobre el cual se coloca una cama de arena de 10 cm consiguiendo un piso regular y uniforme, de tal manera que, al colocar la primera fila de los ductos, esta se apoye en toda su longitud.

Posterior a la primera capa de arena se coloca el banco de ductos, esto de acuerdo a las necesidades del proyecto.

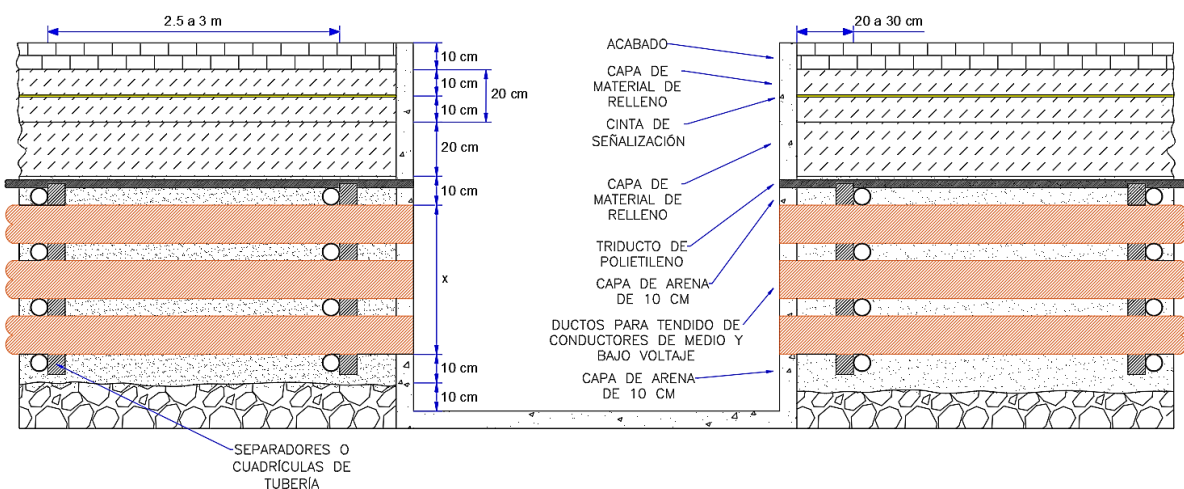
Para cubrir el banco de ductos instalados en áreas con tráfico vehicular liviano (bajo las calzadas) se utiliza arena como material de relleno. Este relleno sobrepasará 10 cm al ducto más superficial del banco de ductos. Luego de esto, se completa el relleno de la zanja con capas de 20 cm con material de relleno (libre de piedra), compactadas manualmente.

Como capa final del relleno del banco de ductos se tiene el acabado. Para esta capa se debe tener presente que tipo de material se va a instalar, esto para determinar si el espesor de la capa anterior se mantiene, aumenta o disminuye.

La cinta de señalización de riesgo eléctrico, se colocada a una profundidad de 20 cm, medidos desde la calzada (acabado), para más detalle ir a la sección **A-15.01.2.5 Cinta de señalización**.

La distancia de las paredes de las zanjas hacia los ductos será de 10 cm. A continuación, se presentan gráficos ilustrativos de referencia sobre cómo se debe realizar el relleno de las zanjas en lugares con tráfico vehicular liviano.

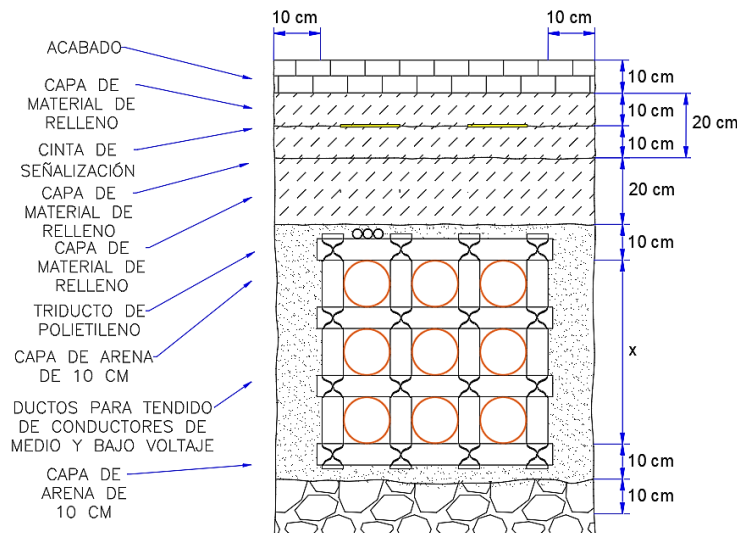
Fig. A-15.01\_ 10 Vista lateral de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular liviano.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Fig. A-15.01\_ 11 Vista frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular liviano.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

*Nota:* La distancia “x” en la figura Fig. A-15.01\_10 y Fig. A-15.01\_11 depende de la cantidad de ductos que se instalan en el proyecto.

### Lugares con tráfico vehicular pesado

El fondo de la zanja debe tener un terminado uniforme sobre el cual se coloca una capa de arena de 10 cm consiguiendo un piso regular y uniforme, de tal manera que, al colocar la primera fila de los ductos, esta se apoye en toda su longitud.

Para cubrir el banco de ductos instalados en lugares con tráfico vehicular pesado (bajo las autopistas) se debe utilizar arena como material de relleno. Este relleno sobrepasará 10 cm al ducto más superficial del banco de ductos, y se completa el relleno de la zanja con capas de 20 cm con material de relleno (libre de piedra), compactadas manualmente.

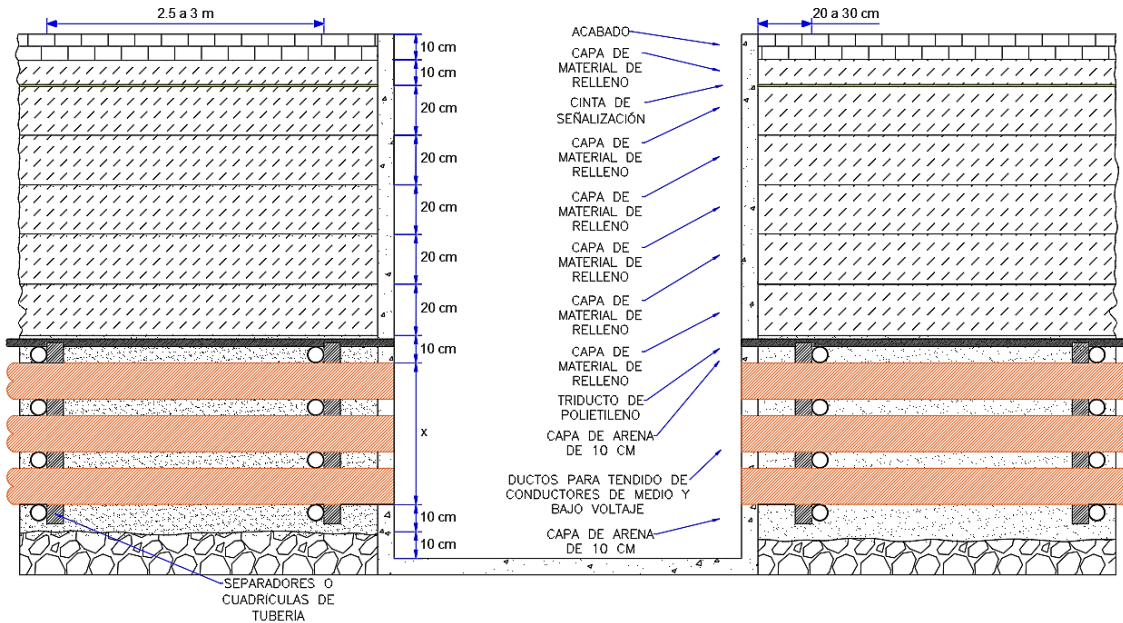
Como capa final del relleno del banco de ductos se tiene el acabado. Para esta capa se debe tener presente que tipo de material se va a instalar, esto para determinar si el espesor de la capa anterior se mantiene, aumenta o disminuye.

La cinta de señalización de riesgo eléctrico, se coloca a una profundidad de 20 cm, medidos desde la calzada (acabado), para más detalle ir a la sección **A-15.01.2.5 Cinta de señalización**.

La distancia de las paredes de las zanjas hacia los ductos será de 10 cm. A continuación, se presentan gráficos ilustrativos de referencia sobre cómo se debe realizar el relleno de las zanjas en lugares con tráfico vehicular pesado.

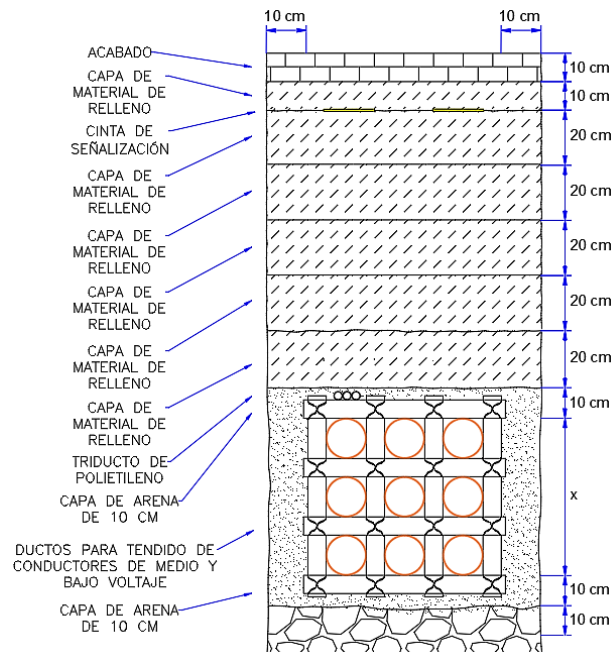


Fig. A-15.01\_ 12 Vista lateral y frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular pesado.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.01\_ 13 Vista lateral y frontal de banco de ductos con material de relleno en lugares con tráfico vehicular pesado.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Nota: La distancia "x" en la figura Fig. A-15.01\_ 12 y Fig. A-15.01\_ 13 depende de la cantidad de ductos que se instalarán en el proyecto.

#### A-15.01.2.4 Ancho de zanja:

El ancho de la zanja debe permitir colocar el banco de ductos el acoplamiento sin dificultad y compactar el relleno. Viene dado por la ecuación 1:

$$Bd = ND + (N - 1)e + 2x \quad (1)$$

Donde

**Bd:** Ancho de zanja

**N:** Número de tubos (vías) en sentido horizontal

**D:** Diámetro exterior del tubo

**e:** Espacio entre tubos (mínimo 5 cm)

**x:** Distancia entre la tubería y la pared de la zanja. (mínimo 10 cm).

#### A-15.01.2.5 Cinta de señalización:

Para indicar la existencia de ductos eléctricos se debe colocar cintas o banda de PVC en toda la trayectoria del banco de ductos.

Cuando el ancho de la zanja sea igual o inferior a 0,5 m, se coloca una cinta de señalización. En caso de que la zanja tenga un ancho mayor a 0,5 m, se coloca dos cintas de señalización.

Fig. A-15.01\_ 14 Cinta de señalización para indicar la presencia de red eléctrica soterrada.



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas

La cinta de señalización debe contener la siguiente información:

- Señal de advertencia de peligro de riesgo eléctrico (ISO 3864).
- Leyenda de advertencia de la presencia de cables eléctricos.



- Logo de la empresa distribuidora (opcional).

## A-15.02 POZOS DE REVISIÓN

### A-15.02.1 Consideraciones constructivas

Se debe utilizar pozos cuando existan cambios de dirección, transición aérea a subterránea, así como a lo largo de los tramos rectos de la ruta del circuito. La distancia entre pozos depende del diseño, esta distancia estará entre 30 m y 60 m.

Los pozos deben mantener un espacio de trabajo limpio, suficiente para desempeñar las labores de mantenimiento.

En las calles y veredas en donde se construyen los pozos y ductos, generalmente existen instalaciones de agua potable, alcantarillado, teléfonos, energía eléctrica, etc., por lo cual, durante el diseño y la construcción se debe consultar y coordinar con las entidades responsables de estos servicios para contar con los planos e información correspondientes de las instalaciones existentes.

En algunos casos, no es posible disponer de esta información, por lo que es necesario una inspección minuciosa de los sitios del proyecto, para poder obtener la mayor cantidad de información, para la realización de los diseños correspondientes.

Los pozos se deben construir exclusivamente con paredes de hormigón armado de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>. El espesor mínimo de las paredes será de 12 cm. La entrada del pozo debe estar al mismo nivel que el piso; no se permitirán cilindros de entrada.

Las dimensiones mínimas aprobadas para pozos se indica en la Tabla A-15.02\_1.

*Tabla A-15.02\_1 Dimensiones mínimas de los pozos de distribución.*

TIPOS	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación
Tipo A	0.60	0.60	0.75	AP-BV y ACOMETIDA en conjuntos habitacionales
Tipo B	0.90	0.90	0.90	AP-BV-ACOMETIDA
Tipo C	1.20	1.20	1.20	MV-BV-AP
Tipo D	1.60	1.20	1.50	MV-BV-AP

Las dimensiones podrán aumentar dependiendo de la cantidad de ductos a instalarse.

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

La distancia entre la parte inferior de los ductos más profundos y la base del pozo debe ser mínimo de 10 cm. El banco de ductos debe estar centrado con respecto a las paredes laterales del pozo, salvo en curvas cerradas, donde debe garantizarse el radio de curvatura de los cables.



Para los pozos tipo C y D, se debe instalar escaleras o peldaños metálicos empotrados en la pared, para facilitar el acceso al personal autorizado.

El banco de ductos no podrá rebasar el nivel de pared terminada del pozo, quedarán a 5 cm antes de salir a la superficie interior del pozo para dar una curvatura con radio de 3 cm (chaffán) para que ingresen los cables al ducto sin daño a la chaqueta.

El acceso a los pozos de revisión debe ser prioritariamente por la acera, se aceptarán excepciones con el justificativo técnico correspondiente.

No se aceptarán pozos de forma octogonal.

### A-15.02.2 Tapas

Las tapas para los pozos se construyen con los siguientes materiales:

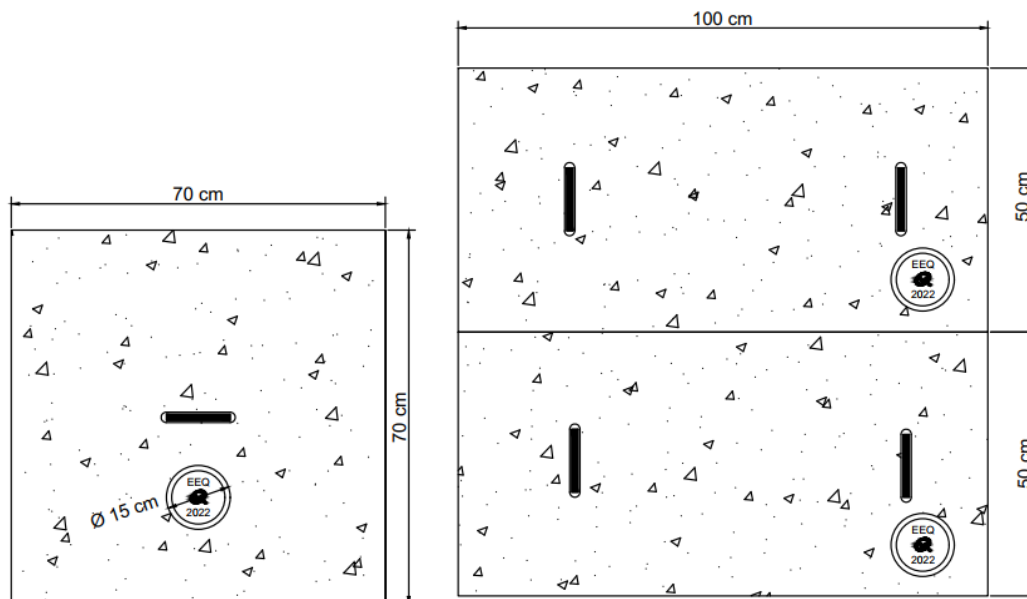
- Hormigón armado: Para pozos tipo A y B
- Grafito esferoidal: Para pozos tipo C y D

#### Tapas de hormigón armado

Las dimensiones de las tapas de hormigón para pozos son las siguientes:

- Los pozos tipo A tendrán una tapa de 70 x 70 cm
- Los pozos tipo B tendrán 2 tapas de 100 x 50 cm cada una.

*Fig. A-15.02\_ 1 Dimensiones de las tapas de hormigón.*



*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios.*

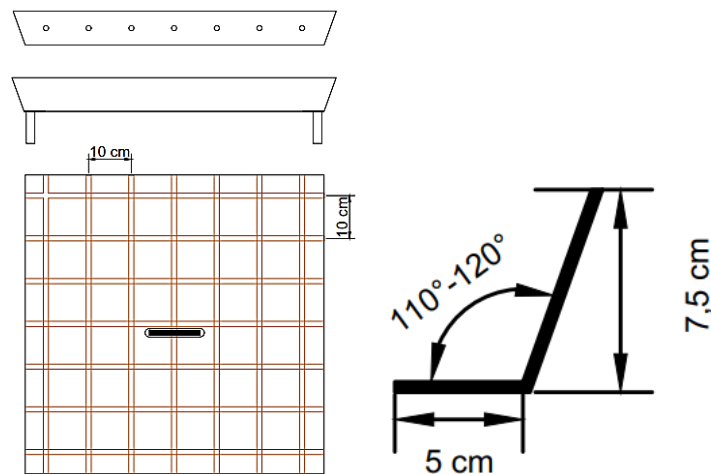




Las tapas de hormigón deben tener un marco y brocal (contramarco) metálico construido de pletina de acero de espesor de 4 mm mínimo y 50 mm de base por 75 mm de alto con una abertura de  $110^\circ$  -  $120^\circ$  tanto para el brocal como para el marco de la tapa.

La resistencia mínima del hormigón de la tapa es de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, de 70 mm de espesor en vereda, con armadura de  $\varnothing=12$  mm cada 100 mm, en ambas direcciones.

Fig. A-15.02\_2 Características de las tapas de hormigón.



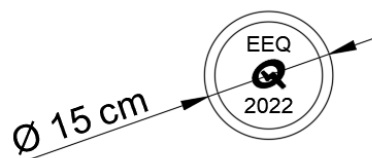
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

El marco y brocal deben tener un recubrimiento de pintura anticorrosiva, con al menos dos capas.

Para asegurar un ajuste adecuado, el brocal debe contar con anclajes que están integrados alrededor del pozo. La tapa debe tener un acabado liso para evitar la entrada de agua.

En las tapas de hormigón se colocará una placa metálica redonda, donde se incluye sello, las iniciales de la Empresa Eléctrica Quito y año de fabricación de la tapa tal como se indica en la Figura A-15.02\_3.

Fig. A-15.02\_3 Placa metálica para las tapas de hormigón.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

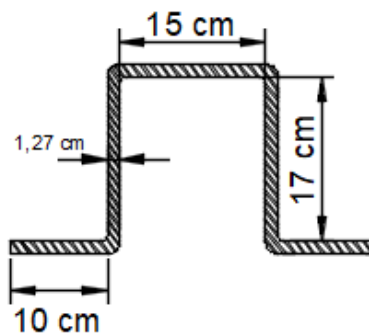
Para facilitar el levantamiento de las tapas de los pozos, se debe instalar asas o ganchos de izaje hechos de varilla lisa de 12,7 mm (1/2") en acero galvanizado. Estos ganchos tienen una forma de



estribo, doblados hacia afuera 10 cm por cada lado, formando ángulos de  $90^\circ \pm 5^\circ$ . El borde superior del gancho tiene una longitud de 15 cm y una altura de 17 cm, sin exceder la rasante de la superficie o la parte superior de la tapa. Los agujeros para los ganchos se ajusta al diámetro de la varilla.

En el caso de las tapas de los pozos tipo A, se coloca un asa, mientras que para las tapas de los pozos tipo B se coloca dos asas por tapa.

*Fig. A-15.02\_ 4 Ganchos de izaje*



*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

#### Tapas de grafito esferoidal

Las tapas de grafito esferoidal o hierro nodular serán fabricadas bajo las normas NTE INEN 2496 y NTE INEN 2499. La elección del tipo de tapa y su ubicación se depende de la fuerza de rotura y el uso establecido en la norma. A continuación, se indican los lugares donde se debe instalar según estas especificaciones:

- Carga de rotura de 125 kN, en pozos ubicados en aceras de paso peatonal y conjuntos habitacionales.
- Carga de rotura de 250 kN, en pozos ubicados en aceras donde haya acceso de vehículos livianos.
- Carga de rotura de 400 kN, en pozos ubicados en calzadas transitadas por todo tipo de tráfico automotor (liviano y pesado) y en aceras donde se determine su necesidad.

Las tapas deben cumplir con las especificaciones técnicas indicadas por la EEQ. Estas tapas estarán equipadas con un seguro de cierre de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y su llave correspondiente.

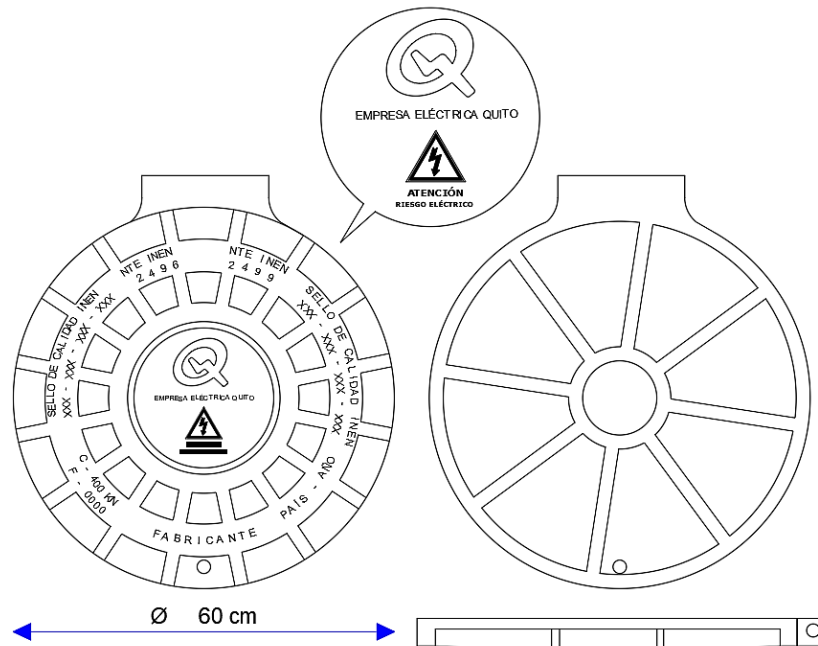
Las tapas deben estar montadas en un marco hecho del mismo material. El diseño de la tapa debe proveer un soporte antideslizante para los vehículos y peatones.

Las tapas destinadas a los pozos tipo C y D son de grafito esferoidal y se utilizan exclusivamente para el acceso del personal autorizado. Se puede usar tapas redondas o cuadradas, con las siguientes dimensiones:



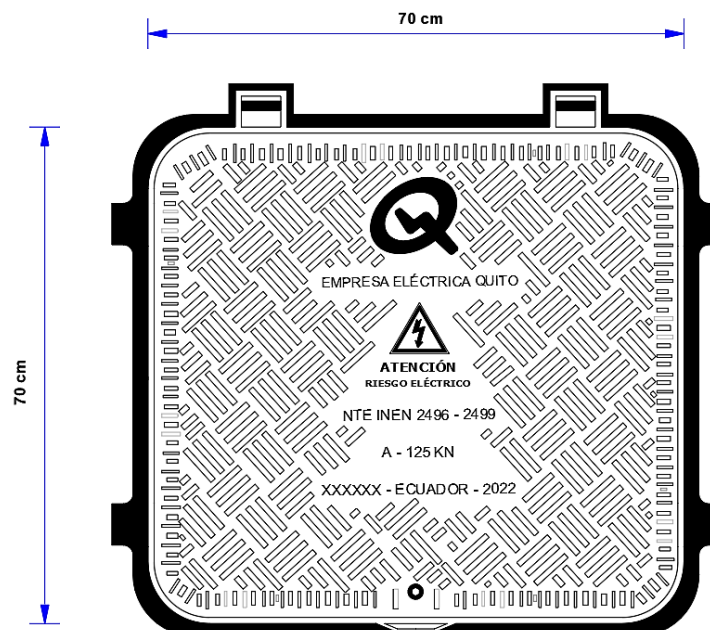
- Las tapas redondas deben ser de un diámetro mínimo de 60 cm libres.
- Las tapas cuadradas deben tener una dimensión mínima de 70x70

Fig. A-15.02\_5 Tapa redonda.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.02\_6 Tapa cuadrada



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 28 DE 110

Las tapas de grafito esferoidal o hierro nodular llevan el rotulado con letra técnica en alto relieve con las características establecidas en la Tabla A-15.02\_2.

Tabla A-15.02\_2 Nivel de relieve de las tapas.

Grupo	Nivel del relieve [mm]	
	Mínimo	Máximo
A, B	2	6
C, D, E	3	8

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

El rotulado debe contener la siguiente información:

- La marca o el nombre y/o la sigla del fabricante o del importador (según aplique) y el país de fabricación, que puede estar en forma de código.
- Norma de referencia del Producto: NTE INEN 2496 o su equivalente, en alto relieve.
- Identificación del producto (aplicación, número de serie, lote, fecha de fabricación).
- Marcas adicionales a criterio del fabricante relacionadas con la aplicación o el propietario. La EEQ requerirá marcación de las siglas de la Empresa o logotipo y símbolo de riesgo eléctrico.
- La clase apropiada (ejemplo D 400).
- Norma de referencia de la fundición utilizada: NTE INEN 2481 y NTE INEN 2499 o sus equivalentes, en alto o bajo relieve.

La superficie del dibujo en alto relieve no será menor que el 10 % ni superior al 70 % de la superficie total.

### A-15.02.3 Pisos de los pozos:

El nivel freático de la zona donde se construye el sistema subterráneo determina el tipo de piso que se instala en los pozos. Las opciones son las siguientes:

- Piso con hormigón y drenaje

El piso de los pozos está formado por una loseta de hormigón de al menos 10 cm de espesor, y se instalará un drenaje en el mismo. El drenaje consiste de un sifón conectado al sistema de alcantarillado público mediante una tubería de PVC de al menos 75 mm de diámetro, preferiblemente pluvial, y se recomienda utilizar una válvula check. La losa de piso debe tener una inclinación mínima del 1,5 % hacia el drenaje para garantizar el correcto drenaje del agua.

- Piso con hormigón y material filtrante

El piso de los pozos está formado por una loseta de hormigón de al menos 10 cm de espesor, con una inclinación del 1,5 % como mínimo para permitir el drenaje adecuado del agua. Esta inclinación garantiza que el agua se dirija hacia una franja sin hormigonar, que esta rellena de material filtrante como grava. Esta franja de grava cubrirá al menos el 10 % del área total del piso del pozo. De esta



manera, se asegura un buen sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en el interior del pozo.

- Piso sin hormigón y material filtrante

El piso del pozo está constituido por una capa de al menos 10 cm de material filtrante (grava) que ocupará toda su área.

En pozos donde se realice conexiones a tierra, se recomienda implementar piso sin hormigón y material filtrante.

### A-15.03 CÁMARAS DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO DE FRENTE MUERTO

#### A-15.03.1 Obra Civil:

Los materiales y demás componentes a utilizar en las obras, deben ser de primera calidad y cumplir las especificaciones técnicas descritas en las siguientes secciones y además deben estar certificados por Organismos de Certificación Acreditados.

##### A-15.03.1.1 Características Generales:

- La cámara está diseñada para uso exclusivo de energía eléctrica. Es construida previa verificación de las especificaciones técnicas de los equipos a instalar.
- Se construye en el sitio más idóneo desde el punto de vista eléctrico y considerando las estructuras existentes en el lugar, ejecutando las obras civiles para la cimentación, instalaciones eléctricas, seguridad y el equipamiento completo indicado en las especificaciones de la EEQ.
- Las cámaras deben cumplir las especificaciones que se detallan más adelante, debiéndose entender éstas como características mínimas.
- La cámara debe ser resistente a esfuerzos externos, ventilada adecuadamente, resistente al fuego, impermeable, con acabados adecuados.
- Las cámaras deben estar ubicadas en lugares que permitan el acceso vehicular que faciliten la instalación y/o retiro de equipos para labores de mantenimiento.
- Las cámaras son resistentes principalmente al agua y la humedad. Las paredes son enlucidas y se utiliza pintura blanca para interiores resistente a la humedad.
- La impermeabilización de las paredes, muros y losas de las cámaras debe realizarse por los siguientes métodos:
  - *Impermeabilización Rígida.* - en este tipo de impermeabilizaciones se utiliza cemento más aditivo.
  - *Impermeabilización Flexible.* - en este tipo de impermeabilizaciones se utilizan aditivos acrílicos, elastomérico, láminas de PVC, asfálticos.
- Para una mayor impermeabilidad se debe realizar un buen vibrado del hormigón y la utilización de aditivos durante la preparación del hormigón y morteros, para prevenir y solucionar problemas de humedad en la construcción, estos ayudan a que el hormigón sea lo suficientemente impermeable y resistente a la compresión.



- La impermeabilidad del hormigón debe cumplir los requisitos indicados en la Norma UNE-EN 12390-8, o norma INEN equivalente.
- Las juntas que se forman al unir las losas móviles de las cámaras subterráneas, deben ser tratadas con un aditivo que cumpla con características de elasticidad y gran adherencia, o algún sellante para juntas para prevenir filtraciones de agua.

#### A-15.03.1.2 Tipo de Cámaras de Distribución:

##### A-15.03.1.2.1 Cámaras a Nivel:

Las cámaras a nivel son aquellas que no se encuentran inmersas en el suelo y cuyo acceso es por la parte frontal. La puerta de acceso debe tener una altura mínima de 2,30 m y un ancho mínimo de 1,6 m.

La puerta de la cámara se construye en lámina metálica de espesor 1,5 mm, con una resistencia al fuego mínimo de 3 horas, según la norma NEC 450.43 (NFPA 70, última edición vigente). Cuando la cámara se construya sobre un espacio libre o arriba de otros pisos, el piso debe tener la adecuada resistencia estructural para la carga soportada.

En todos los casos, se debe garantizar un espacio de trabajo adecuado para permitir la apertura de las puertas en un ángulo de al menos 90 grados.

En el diseño de los accesos a la cámara se debe tener en cuenta las dimensiones del mayor de los equipos a albergar, de tal forma que no presenten dificultades en la entrada y salida de los mismos. Para ayudar a la ventilación de la cámara eléctrica, la puerta de acceso debe tener rendijas para el ingreso o salida de aire en la parte superior e inferior de la misma, cubiertas con una malla metálica para evitar el ingreso de animales.

##### A-15.03.1.2.2 Cámaras Subterráneas:

Las cámaras subterráneas son aquellas que se construyen bajo el nivel de calzada, inmersas en el suelo y cuyo acceso es por la parte superior. Deben ser construidas de hormigón armado con las siguientes resistencias:

- Mínimo 240 kg/cm<sup>2</sup>, para lo que corresponde a losas tanto móviles y fijas para soportar el paso de vehículos.
- Mínimo 210 kg/cm<sup>2</sup>, para todas las paredes y pisos.

Las paredes y el techo de las cámaras deben construirse de materiales que tengan la resistencia estructural con un acero de refuerzo  $f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup> adecuada a las condiciones que puedan presentarse y una resistencia mínima al fuego de tres horas.

Los pisos de las cámaras en contacto con la tierra deben ser de hormigón de un espesor mínimo de 10 cm; cuando la cámara se construya sobre un espacio libre o arriba de otros pisos, el piso debe tener la adecuada resistencia estructural para la carga soportada y una resistencia mínima al fuego de tres horas. No se permiten construcciones atornilladas ni con paredes de tabloncillos.



En la losa superior de las cámaras se deja boquetes para instalar tapas de grafito esferoidal cuadradas de 70x70 cm o tapas circulares de 60 cm de diámetro para el ingreso de personal de mantenimiento, que debe cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en la Norma para Sistemas de Distribución, parte C.

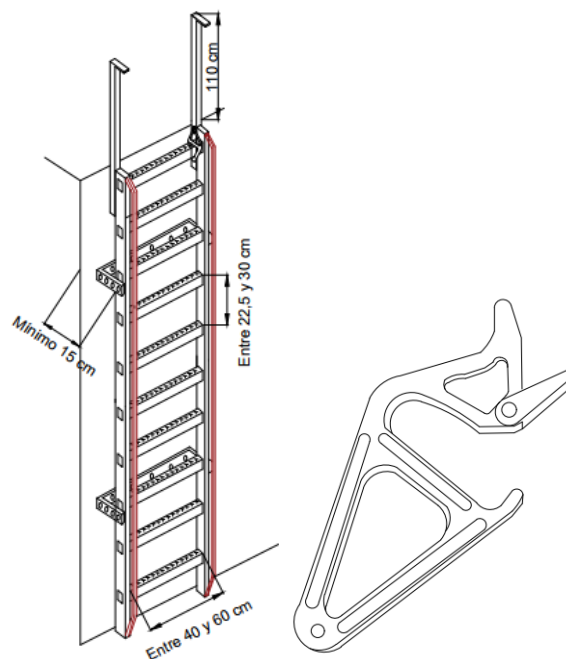
El acero del refuerzo estructural debe conectarse a la malla de puesta a tierra mediante conectores de un material tal que evite la corrosión y el par galvánico en la unión entre el hierro y el cobre.

### A-15.03.1.3 Escaleras de ingreso a las cámaras subterráneas:

Para el ingreso y salida del personal a las cámaras eléctricas o pozos de profundidad mayores a 2 metros, se instala una escalera vertical de hierro galvanizado, cuyos peldaños están unidos a los dos montantes o largueros que soportan la carga. En la parte superior, el peldaño más alto debe estar posicionada al mismo nivel de la superficie o la zona de llegada. Los largueros están unidos a la pared permanentemente mediante sistemas de fijación adecuados para garantizar su inmovilización. La escalera debe estar construida con tubo galvanizado de 25,4 mm de diámetro o tubo cuadrado de 30 mm de lado. Los peldaños deben estar colocados de manera sucesiva, con una distancia entre ellos que oscilará entre 22,5 cm y 30 cm. Se asegura una distancia mínima de 15 cm entre la pared y los peldaños. La longitud de los peldaños será entre 40 y 60 cm, y todos ellos tendrán una superficie antideslizante para mayor seguridad.

Adicionalmente, para facilitar el ingreso del personal a la cámara, se debe colocar pasamanos a ambos lados y a lo largo de toda la escalera, los largueros de forma corrediza deben extenderse hacia arriba al menos 1,1 m y deben contar con el dispositivo de fijación adecuado para evitar su deslizamiento durante el ingreso.

Fig. A-15.03\_1 Escalera de ingreso.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Las escaleras y la estructura de protección contra caídas, deben cumplir con lo requerido en la norma ISO 14122-4, en cuanto a carga soportada y pruebas.

Para ingresar a las cámaras de distribución subterránea, es imprescindible que el personal utilice el equipo de protección adecuado para reducir el riesgo de caídas.

#### A-15.03.1.4 Acceso de los equipos a las cámaras subterráneas:

La ubicación del espacio físico para el ingreso de los equipos a la cámara eléctrica subterránea es por la vereda, salvo casos puntuales donde por las condiciones topográficas del terreno se tenga que colocar el ingreso de los equipos por la calzada, para lo cual, se debe coordinar previamente con el personal de la EEQ la viabilidad de realizar esta proyección.

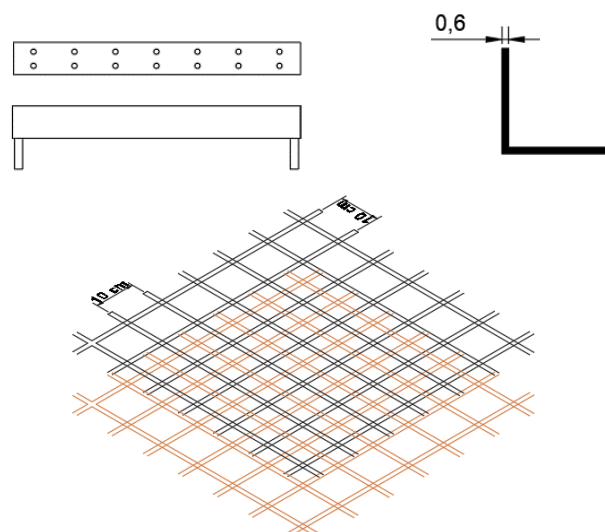
Para permitir el ingreso de los equipos a las cámaras, se lo realiza mediante losas de hormigón móviles. Las dimensiones de las mismas deben ser de acuerdo al equipo más grande que se proyecta instalar dentro de la cámara.

##### A-15.03.1.4.1 Losas de hormigón móviles:

Las losas de hormigón móviles deben situarse sobre el área donde no se proyecte instalar equipos eléctricos, a menos que estos sean sumergibles y el número máximo de losas será de 4.

Las losas móviles deben tener un marco y brocal (contramarco) metálico con perfiles tipo L de espesor de 6 mm, con un recubrimiento de pintura anticorrosiva, mínimo de dos capas. Estas son construidas con hormigón armado de resistencia de  $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$  de 150 mm de espesor con armadura  $\varnothing = 12 \text{ mm}$  cada 100 mm a doble capa.

Fig. A-15.03\_2 Losa de hormigón móvil.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios





Para facilitar el levantamiento de la losa de hormigón móvil, se coloca en forma equidistante 2 asas o ganchos de izaje hechos de varilla lisa de 14 mm en acero galvanizado. Estos ganchos tienen una forma de estribo, doblados hacia afuera 10 cm por lado (no soldada), formando ángulos de  $90^\circ \pm 5^\circ$ . El borde superior del gancho debe tener una longitud de 15 cm y una altura de 25 cm, sin exceder la rasante de la superficie o la parte superior de la tapa. Los agujeros para los ganchos se ajustarán al diámetro de la varilla.

En cada losa móvil se debe incluir un sello con las iniciales de la Empresa Eléctrica Quito, logotipo y año de fabricación de la losa.

Las características descritas son mínimas por lo que cada proyecto debe ser revisado por el diseñador estructural.

#### **A-15.03.1.4.2 Tapas de grafito esferoidal o hierro nodular:**

Las tapas deben ser fabricadas bajo las normas INEN 2496 y 2499. La elección del tipo de tapa y su ubicación se determina según la fuerza de rotura y el uso establecido en la norma. A continuación, se indican los lugares donde se instalan según estas especificaciones:

- Carga de rotura de 125 kN en aceras de conjuntos habitacionales.
- Carga de rotura de 250 kN en aceras donde haya acceso de vehículos livianos.
- Carga de rotura de 400 kN en calzadas transitadas por todo tipo de tráfico automotor (liviano y pesado) y en aceras donde se determine su necesidad.

Las tapas deben cumplir con las especificaciones técnicas indicadas por la EEQ. Estas deben tener de un seguro de cierre de  $\frac{1}{4}$  de vuelta con su llave respectiva y un sistema que permita su acople múltiple.

Las tapas deben estar montadas en un marco hecho del mismo material. El diseño de la tapa debe proveer un soporte antideslizante para los vehículos y peatones.

#### **A-15.03.1.5 Canalizaciones dentro de la cámara de distribución:**

Las cámaras deben contener canales perimetrales y rejillas a nivel del piso, las dimensiones interiores mínimas de los canales serán de 0,4 m de ancho y 0,6 m de profundidad para Bajo Voltaje y 0,6 m de ancho y 0,6 m de profundidad para Medio Voltaje. Cada canal es independiente eléctricamente.

Para zonas con niveles freáticos altos o propensos a inundación, se considera la instalación de bandejas portacables en cámaras subterráneas, o la construcción de cámaras a nivel.

Para cubrir los canales, en la parte superior se coloca una rejilla metálica prefabricada tipo grating, o rejillas elaboradas con enrejados de 50 mm entre sí unidas mediante dos perfiles angulares de



acero, ambas opciones deben soportar cargas de servicio (normativa NEC-SE-CG), estar asentadas en un perfil metálico para su conexión a tierra y estar al mismo nivel del piso de la cámara. La longitud máxima de cada rejilla será de 1 metro. Asimismo, todas las rejillas deben ser galvanizadas en caliente y ser removibles para facilitar el acceso y mantenimiento.

Los canales deben tener una inclinación mínima de 1,5% y estarán canalizados hacia un pozo recolector ante posibles filtraciones de agua al interior de la cámara.

El pozo colector de agua, también conocido como sumidero, debe tener una superficie de 40x40 cm y una profundidad de 60 cm. La base del pozo se deja sin fundir y se coloca grava en contacto con el suelo para permitir el drenaje del agua. Se recomienda ubicar el sumidero en la esquina más cercana a la escotilla de ingreso de la cámara para facilitar el drenaje. Es importante tener en cuenta que estas dimensiones son las mínimas requeridas para su funcionamiento adecuado.

Como alternativa, donde el nivel freático o inundaciones de la cámara sea frecuente, en el pozo recolector se coloca un drenaje mediante un sistema de evacuación de agua conformado por una bomba eléctrica automática, se expulsa el agua al colector público o a la vereda a través de un ducto de 110 milímetros (4”) de diámetro como mínimo, a esta tubería debe incorporarse una válvula check horizontal y un sifón, para evitar el regreso del agua.

En cámaras a nivel, la construcción de canales se puede realizar sobre el nivel de piso o bajo el nivel de piso.

- ***Canalización para recolección de aceite del transformador:***

Con el objetivo de evitar dificultades ante una eventual fuga del aceite del transformador, se deberá construir alrededor del perímetro del mismo una zanja de hormigón de 20 cm de ancho x 60 cm de profundidad, dentro del canal se colocará grava de 18 mm de diámetro (mínimo), hasta una altura entre 15 cm a 20 cm medido desde lo más profundo del canal.

**A-15.03.1.6 Ventilación de cámaras de distribución:**

**A-15.03.1.6.1 Ventilación de cámaras a nivel:**

Las cámaras a nivel deben contar con ventilación natural a través de dos ventanas de iguales dimensiones, una para la entrada de aire en la parte inferior de la cámara y otra para la salida de aire en la parte superior de la cámara de preferencia en paredes opuestas. La selección del área total de las ventanas depende de la capacidad del transformador a proyectar, tal como se indica la tabla A-15.03\_1.



Tabla A-15.03\_ 1 Área de ventilación.

Capacidad del transformador [kVA]		Área neta total mínima [m <sup>2</sup> ]
De	Hasta	
0	500	1,40
501	1000	2,40
1001	2000	4,40

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

En caso de ser una cámara solo de seccionamiento se considerará como capacidad del transformador 0 kVA y se seleccionará el valor de área neta según esa capacidad.

Ejemplo: Utilizando un transformador de 500 kVA la suma de las áreas de las ventanas para ventilación es de 1,40 m<sup>2</sup>, por lo que se contará con dos ventanas de 1 x 0,70 m.

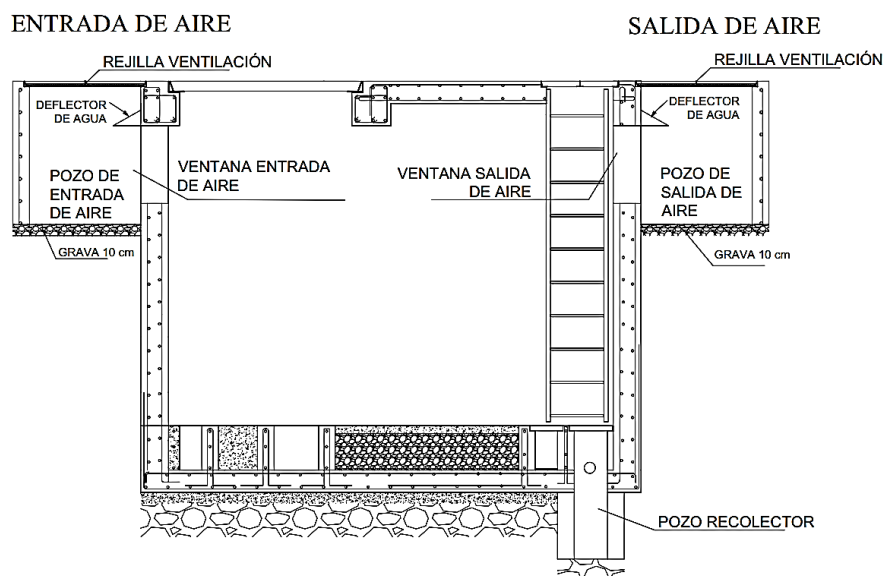
Las ventanas deben tener una reja de hierro soldada cubierta con una malla metálica o rejilla tipo grating de seguridad, que impidan el robo de equipos y el paso de animales y objetos dentro de la cámara. Esta reja debe estar embebida en la pared de la cámara de manera que la misma no pueda ser removida.

#### A-15.03.1.6.2 Ventilación de cámaras subterráneas:

La ventilación natural en cámaras subterráneas se compone de:

*Pozos de ventilación.* - Se deben construir dos pozos de ventilación uno para la entrada de aire y otro para la salida de aire, los cuales se ubicarán en la parte contigua de las paredes exteriores de la cámara, tal como se muestra en la siguiente imagen.

Fig. A-15.03\_3 Pozos de ventilación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Los pozos de ventilación deben garantizar un flujo de aire adecuado según la capacidad del transformador a proyectar, por lo que tendrán las dimensiones que se indica en la Tabla A-15.03\_2. En caso de ser una cámara solo de seccionamiento se considerará como capacidad del transformador 0 kVA y se seleccionará los valores según esa capacidad.

Tabla A-15.03\_2 Dimensiones pozo de ventilación.

Capacidad del transformador [kVA]		Largo mínimo del pozo [m]	Ancho mínimo del pozo [m]
De	Hasta	a	b
0	500	1,00	0,70
501	1000	1,20	1,00
1001	2000	2,00	1,10

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Los pozos tendrán una rejilla horizontal de grafito esferoidal o rejilla tipo grating de acero galvanizado a nivel de piso que soporte la carga según el lugar donde se encuentre la cámara, para lo cual se tiene la siguiente disposición:

- *Rejillas de Grafito Esferoidal o Hierro Nodular*

125 kN en aceras de conjuntos habitacionales.

250 kN en aceras de vías públicas donde haya acceso de vehículos livianos.

400 kN en calzadas transitadas por todo tipo de tránsito automotor (liviano y/o pesado) y en aceras donde se determine su necesidad.

- *Rejillas de acero galvanizado tipo grating*

Estas rejillas deben soportar cargas de similares características según la ubicación descrita para las rejillas de grafito esferoidal.

De preferencia el piso de los pozos de ventilación no será fundido y se colocará una capa de material filtrante de 10 cm mínimo (grava) que ocupará toda su área.

Como alternativa los pisos estarán contruidos por una loseta de hormigón de 10 cm mínimo con una inclinación del 1,5 % hacia el drenaje conectado al sistema de alcantarillado público para evacuar el agua a través de una tubería de 110 mm (4") de diámetro como mínimo, a esta tubería deberá incorporarse un sifón de 110 mm, una válvula check horizontal de 110 mm, y una rejilla.

*Ventanas.* - Contará con dos ventanas de igual dimensión, una para entrada de aire y otro para salida de aire, la suma de las áreas de las ventanas para ventilación se establece en la Tabla A-15.03\_3.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 37 DE 110

Tabla A-15.03\_ 3 Dimensiones ventanas.

Capacidad del transformador [KVA]		Área neta total mínima [m <sup>2</sup> ]	Largo mínimo de cada ventana [m]	Ancho mínimo de cada ventana [m]
De	Hasta		a	b
0	500	1,40	1,00	0,70
501	1000	2,40	1,20	1,00
1001	2000	4,40	2,00	1,10

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Las ventanas de entrada y salida de aire estarán ubicadas en paredes opuestas y deberán tener una reja de hierro soldada cubierta con una malla metálica o rejilla tipo grating de seguridad, que impedirá el robo de equipos y el paso de animales y objetos dentro de la cámara. Esta reja debe estar embebida en la pared de la cámara de manera que la misma no pueda ser removida.

En las cámaras subterráneas en las cuales no se pueda cumplir con las dimensiones establecidas para la ventilación natural será necesario que se disponga de una ventilación forzada, la cual se realizará mediante un estudio y diseño específico.

### A-15.03.2 Obra Eléctrica:

En esta sección se analizará los puntos más relevantes que deben considerarse para el equipamiento de la obra eléctrica dentro de una cámara de transformación y seccionamiento de frente muerto.

#### A-15.03.2.1 Características Generales:

Las características generales que deben cumplir las cámaras de transformación y/o seccionamiento de frente muerto sean estas a nivel o subterráneas en lo referente a la obra eléctrica son las siguientes:

- Las Cámaras a Nivel o Subterráneas contarán con un tablero bifásico de distribución eléctrica con un mínimo de 6 servicios que contendrá las protecciones de los circuitos de bajo voltaje de la cámara (instalaciones eléctricas internas). El tablero se lo instalará de manera sobrepuesta en la mampostería de la cámara a una altura de 1,60 m medidos desde el piso terminado.

1.- El primer servicio del tablero bifásico de distribución eléctrica será destinado para el circuito de iluminación de la cámara de 120/127 V, 15 A, el cual estará protegido con un interruptor automático termomagnético simple.

2.- El segundo servicio del tablero bifásico de distribución eléctrica será destinado para el circuito de fuerza de la cámara de 120/127 V, 20 A, el cual estará protegido con un interruptor automático termomagnético simple. Este contará con un tomacorriente ubicado en la misma pared y altura del interruptor (ingreso a la cámara) para dar mantenimiento a la cámara.

3.- El tercer y cuarto servicio del tablero bifásico de distribución eléctrica será destinado para el circuito de fuerza de la cámara de 240/220 V, 20 A, el cual estará protegido con un interruptor



## NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

### SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 38 DE 110

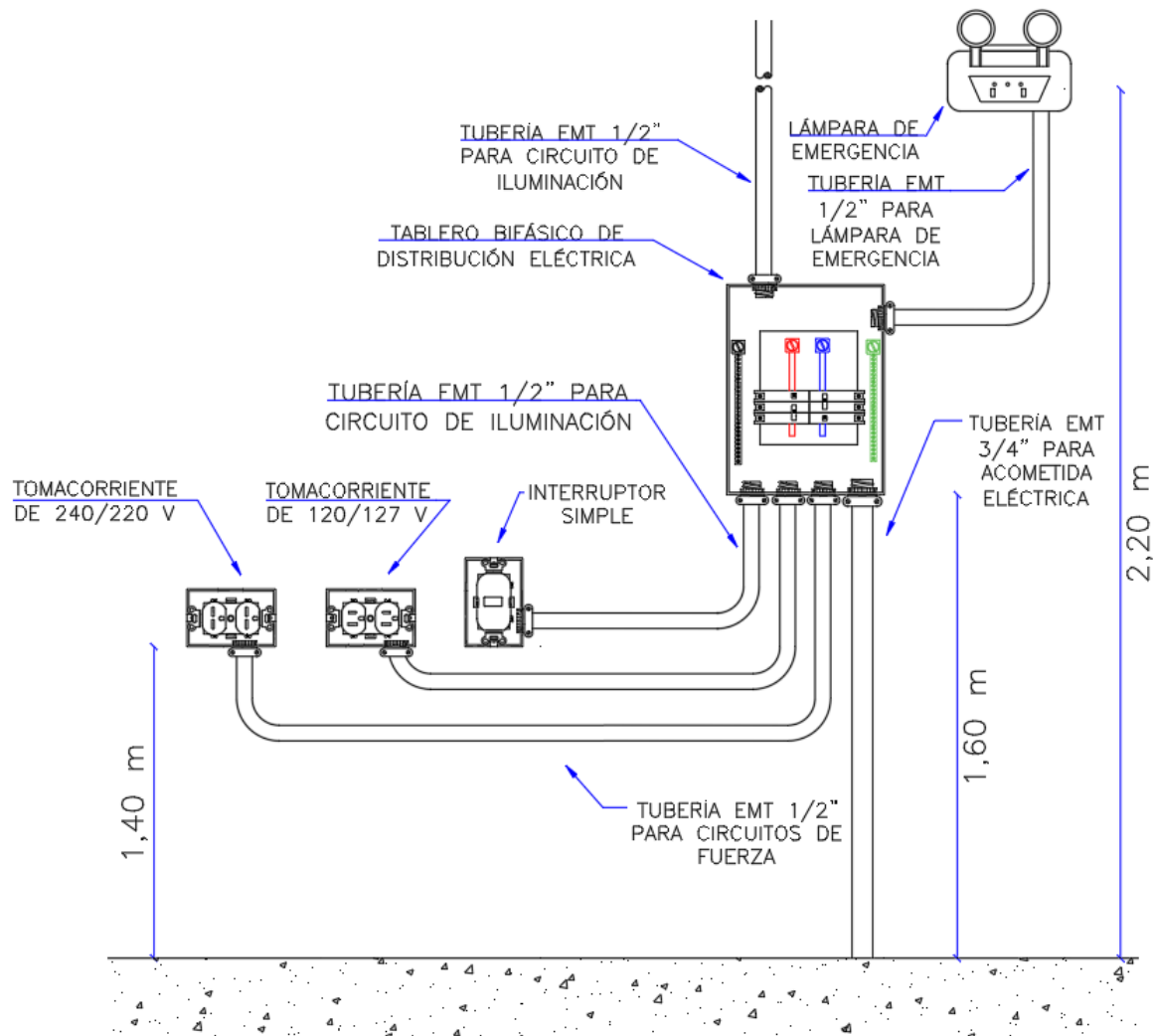
automático termomagnético doble. Este contará con un tomacorriente ubicado en la misma pared y altura del interruptor (ingreso a la cámara) para dar mantenimiento a la cámara.

4.- El quinto y sexto servicio del tablero bifásico de distribución eléctrica se mantendrán como reservas para necesidades futuras, como la instalación de circuitos para ventilación forzada o bombas sumergibles, según sea necesario. La decisión de utilizar estos servicios se determinará en la etapa de diseño, según los requisitos y especificaciones específicas del proyecto.

- El tablero bifásico de distribución eléctrica se lo energizará mediante una acometida eléctrica cuyos conductores serán de cobre aislado tipo THHN con una sección de 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG) para las 2 fases y el neutro. Para la tierra se utilizará conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección de 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG). La acometida saldrá desde las protecciones del tablero principal de la distribución de la red de bajo voltaje de la cámara.
- En caso de no existir una red de bajo voltaje dentro de la cámara, la acometida para el tablero bifásico de distribución eléctrica se tomará desde el pozo de revisión, tablero de distribución principal o poste más cercano a la cámara donde haya red de bajo voltaje.
- Para transportar la acometida al tablero bifásico de distribución se usará tubería EMT de 3/4".
- Las cámaras a nivel y subterráneas ubicadas en urbanizaciones privadas, condominios, industrias y ciudadelas dispondrán de un tomacorriente que se derivará del circuito de iluminación para la conexión de la luz de emergencia de carácter autónomo de una duración mínima de una hora en el caso de que ocurra una falla en el sistema de iluminación normal.
- La luz de emergencia será instalada en la parte superior de la cámara a una altura de 2,20 m medidos desde el piso terminado de la cámara y señalará el acceso a la misma.
- En las cámaras a nivel o subterráneas ubicadas en vías de acceso público no se instalará iluminación de emergencia.
- Las instalaciones eléctricas dentro de las cámaras para los circuitos de iluminación y fuerza deberán ser realizadas de manera sobrepuesta en la mampostería y se la realizará con tubería EMT de 1/2".
- Las tuberías EMT serán sujetadas en la mampostería de la cámara con tornillos, tacos Fisher y abrazaderas EMT de la misma medida de la tubería.
- Las instalaciones eléctricas dentro de la cámara deberán ser realizadas con cajetines metálicos instalados de manera sobrepuesta en la mampostería de la cámara.
- Los tramos de tuberías de las instalaciones eléctricas deben ser continuos entre cajas de salida, cajas de conexión, tableros, entre otros y unidas a las cajas cajetines mediante conectores EMT.



Fig. A-15.03\_ 4 Alturas a la que deben ser instalados los diferentes elementos de la cámara de transformación y/o seccionamiento.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

- Para los conductores eléctricos de bajo voltaje dentro de la cámara se tendrá que usar el código de colores establecidos por la norma NEMA / ANSI para su correcta identificación. En el caso de contar con conductores de un solo color, estos deben ser identificados en sus extremos con cinta aislante o cintra termo-retráctil con el mismo código de colores.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 40 DE 110

Fig. A-15.03\_5 Código de colores usados para conductores según el nivel de voltaje.

CÓDIGO DE COLORES NORMA NEMA / ANSI (AMERICANA)									
SISTEMA	1F	1F	3F Y	3F ▲	3F ▲ -	3F Y	3F Y	3F ▲	3F ▲
Valores de Voltajes Nominales	120 [v]	240 / 120 [v]	208 / 120 [v]	240 [v]	240/208/120 [v]	380 / 220 [v]	480 / 440 [v]	480 / 440 [v]	Mas de 1000 [v]
NÚMERO DE FASES Y COLORES	1 Fase	2 Fases	3 Fases	3 Fases	3 Fases	3 Fases	3 Fases	3 Fases	3 Fases
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo	Desnudo
TIERRA AISLADA				No aplica			No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.03.2.2 Circuitos de iluminación y fuerza:

En esta sección se darán las directrices a seguir durante la ejecución de la instalación de los circuitos de iluminación y fuerza.

##### *Circuito de Iluminación:*

- El circuito de iluminación de todas las cámaras, ya sean a nivel o subterráneos, deberá ser diseñado para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación.
- Se utilizará conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección de 2.08 mm<sup>2</sup> (14 AWG) para la fase y neutro.
- El circuito de iluminación será comandado mediante un interruptor simple instalado en el cajetín destinado para este fin; este se colocará en la parte interna de la cámara en el ingreso de la misma a una altura de 1,40 m medido desde el piso terminado.
- Las cámaras tendrán como mínimo una iluminancia de 300 lux, este valor será verificado por personal de la EEQ mediante un luxómetro en la etapa de recepción del proyecto.
- Los puntos de iluminación serán ubicados en las paredes fijas de la cámara, su distribución será de tal manera que se tenga una iluminación uniforme.
- Se recomienda instalar luminarias industriales de tipo LED con carcasa hermética anti vandalismo.

##### *Circuito de Fuerza:*

- La cámara contará con dos circuitos de fuerza, los cuales deben ser diseñado considerando salidas polarizadas para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por cada circuito de tomacorriente.





## NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 41 DE 110

- Se utilizará conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección de 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) para la fase, neutro, y conductor de cobre aislado tipo THHN con una sección de 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG) para la tierra.
- El primer circuito de fuerza contará con un tomacorriente de 120/127 V y se instalarán en el cajetín destinado para este fin en la parte interna de la cámara y su ubicación será en la misma pared donde se instale el interruptor (ingreso a la cámara) a una altura de 1,40 m medido desde el piso terminado.
- El segundo circuito de fuerza contará con un tomacorriente de 240/220 V y se instalarán en el cajetín destinado para este fin en la parte interna de la cámara y su ubicación será en la misma pared donde se instale el interruptor (ingreso a la cámara) a una altura de 1,40 m medido desde el piso terminado.

### A-15.03.2.3 Sistema de puesta a tierra:

La malla de puesta a tierra será construida con cable de cobre desnudo, varilla de cobre o de acero bañado en cobre y su unión se realizará mediante soldadura exotérmica. Debe ser construida, verificada y aprobada por personal de la EEQ antes de ser fundido el piso de la cámara.

#### *Conductor de la malla de puesta a tierra:*

La sección del conductor para la malla de puesta a tierra se determinará de acuerdo a la sección del conductor o área equivalente de los conductores en paralelo del alimentador principal que ingresa a la cámara de transformación y/o seccionamiento. Para la malla de puesta a tierra solo se utilizará conductor de cobre conforme se indica en la Tabla A-15.03\_4.

*Tabla A-15.03\_4 Sección del conductor para la elaboración de la malla de puesta a tierra.*

Sección del conductor o área equivalente de conductores en paralelo del Alimentador principal que ingresa a la cámara de transformación y/o seccionamiento (AWG/kcmil)		Sección del conductor de cobre desnudo para malla de puesta a tierra (AWG/kcmil)
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre
Más de 3/0 hasta 350	Más 250 hasta 500	2
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

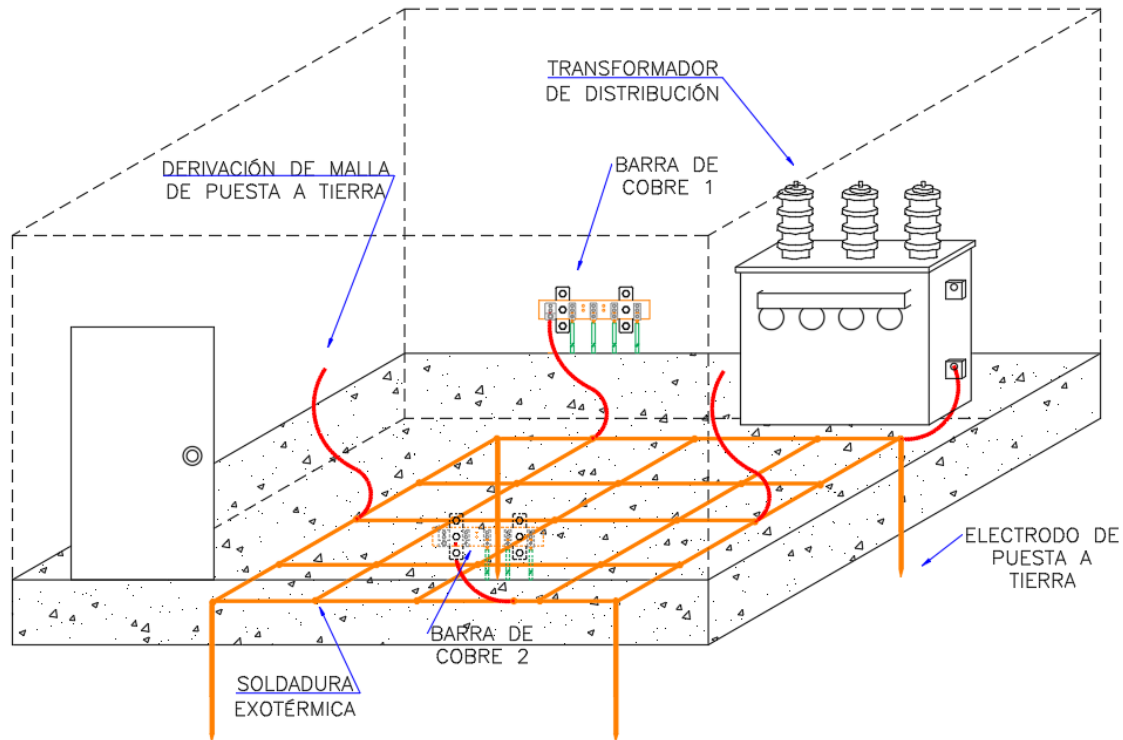
De la malla de puesta a tierra se dejará 5 derivaciones (salidas) para la conexión de los diferentes equipos, distribuidos de la siguiente manera:

- La primera salida se la conectará en la primera barra de cobre instalada en la cámara.
- La segunda salida se la conectará en la segunda barra de cobre instalada en la cámara.
- La tercera salida se la conectará a la Celda de Medio Voltaje.
- La cuarta salida se la conectará en el neutro del transformador.



- La quinta salida se la dejará de reserva y conectada al equipo más cercano.

Fig. A-15.03\_6 Disposición de las salidas de la malla de puesta a tierra dentro de una cámara de transformación y/o seccionamiento. Gráfico referencial.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

### **Electrodo de puesta a tierra:**

El electrodo usado para la malla de puesta a tierra debe cumplir las siguientes características:

- El electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre o de acero recubierto de cobre de alta camada de 254 micras.
- Las medidas deben ser como mínimo de 1,80 m de largo por 5/8” de diámetro.
- Los electrodos se los debe clavar de manera que tengan como mínimo 1,80 m de profundidad de contacto con el suelo.
- Si se encontrara alguna roca, el electrodo se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad.

### **Resistencia de la malla de puesta a tierra:**

La malla de puesta a tierra para cámaras de transformación y/o seccionamiento sean estas a nivel o soterradas tendrán un valor de resistencia menor o igual a 10  $\Omega$ , valor que será verificado y aprobado por personal de la EEQ previo a la fundición del piso de la cámara.



### ***Diseño de la malla de puesta a tierra:***

Para realizar el diseño de la malla de puesta a tierra se tiene las siguientes consideraciones:

- El método para el diseño de la malla de puesta a tierra debe quedar a criterio de cada Ingeniero diseñador y a las condiciones del terreno.
- El Ingeniero diseñador debe presentar el diseño de la malla de puesta a tierra de manera detallada, presentando todos los parámetros, criterios y condiciones considerados en el mismo, especialmente la resistividad medida y de diseño, referencia de la Norma IEEE 142.

### ***Conductor de puesta a tierra del neutro y de las barras de cobre:***

Para conectar el neutro y las barras de cobre a la malla de puesta a tierra se usará un conductor con la misma sección del conductor usado para la construcción de la malla de puesta a tierra.

### ***Conductor de puesta a tierra para equipos:***

Para realizar la conexión de las partes metálicas de los equipos instalados dentro de la cámara con las barras de cobre de puesta tierra seguiremos los siguientes lineamientos:

- Para conectar puertas, ventanas, tapas de ingreso a la cámara, rejillas de piso, escalera, tubería EMT, carcasa del barraje premoldeado a las barras de cobre de la malla de puesta a tierra se utilizará un conductor de cobre aislado de sección No. 8 AWG o 6 AWG de aluminio TTU.
- Para conectar la carcasa de las celdas de medio voltaje, carcasa del transformador y carcasa del tablero de distribución de la red de bajo voltaje a las barras de la malla de puesta a tierra se utilizará el mismo conductor de la malla.

### ***Protección para el Conductor de puesta a tierra:***

Para proteger el conductor de puesta a tierra que se conecta en la herrajería de la cámara se tendrá las siguientes consideraciones:

- Para proteger al conductor de cobre aislado No. 8 AWG que va desde la puerta, ventanas, tapas de ingreso a la cámara, rejillas de piso, escalera, tubería EMT, carcasa del barraje premoldeado hasta las barras de cobre se utilizará tubería de cloruro de polivinilo (Tubería PVC), mismo que se sujetará a la pared mediante abrazaderas EMT y tornillos.
- Si se utiliza el conductor de aluminio TTU No. 6 AWG para conectar la puerta, ventanas, tapas de ingreso a la cámara, rejillas de piso, escalera, tubería EMT, carcasa del barraje premoldeado hasta las barras de cobre, este será conectado de forma directa a la pared mediante abrazaderas EMT y tornillos.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 44 DE 110

***Derivación de puestas a tierra:***

Las cámaras de transformación y/o seccionamiento de frente muerto a nivel o subterráneas contarán con 2 barras de cobre o barras multiconductoras, mismas que tendrán las siguientes consideraciones:

- Las barras de cobre o barras multiconductoras tendrán como mínimo 6 puestos para derivación (salidas).
- Se instalarán a una altura mínima de 60 cm medidos desde el piso terminado de la cámara en paredes opuestas donde haya libre acceso para el mantenimiento.
- Para la instalación de las barras de cobre en la pared se usará aisladores de bajo voltaje con su respectivo herraje. Este herraje será sujetado a la pared de la cámara mediante pernos expansores.
- Para la instalación de las barras multiconductoras se utilizará un soporte de sujeción, el cual será sujetado a la pared de la cámara mediante pernos expansores. Ver sección A-15.09.1.2.
- La unión entre los conductores de entrada y salida de la barra de cobre y los diferentes equipos que se van a conectar al sistema de puesta a tierra se lo realizará mediante terminales de compresión de cobre estañado tipo barril de 2 perforaciones de acuerdo a la sección del conductor.
- Las dimensiones de las barras de cobre de la cámara serán como mínimo de 50x5 mm, esto dependerá de la capacidad de corriente a la que esta podría estar sometida. Cabe indicar que no se aceptará barras de cobre de menores dimensiones a las indicadas en la tabla A-15.3\_5.

*Tabla A-15.03\_5 Capacidad máxima de transportación de corriente de una barra de cobre según su sección.*

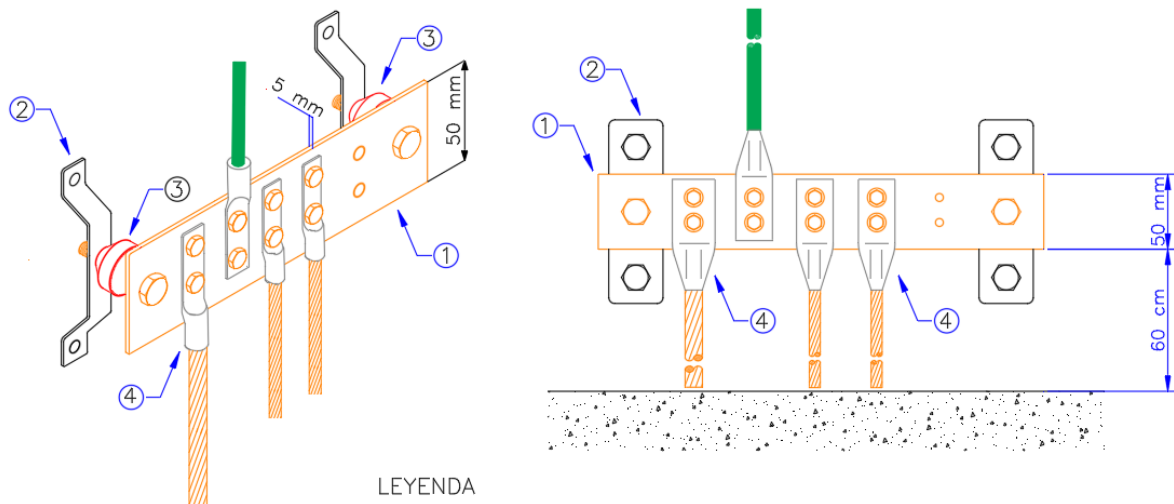
Medidas [mm]	Sección de barra [mm <sup>2</sup> ]	Capacidad de corriente [A]
50x5	249	583
50x10	499	852
60x5	299	688
60x10	599	985

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

- En caso de necesitar una barra de mayor capacidad de corriente, consultar en la norma DIN 43 671.



Fig. A-15.03\_ 7 Barra de cobre 5x50 mm con 5 salidas para derivación instalada en pared de la cámara de transformación y/o seccionamiento.

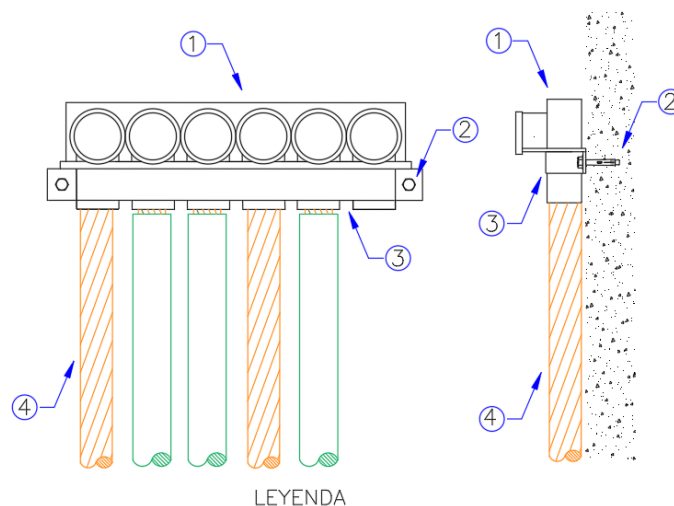


LEYENDA

- 1.- Barra de Cobre de 5 x 50 mm con 5 salidas para derivación
- 2.- Herraje para aislador de bajo voltaje
- 3.- Aislador de bajo voltaje
- 4.- Terminal de compresión tipo barril de 2 perforaciones de cobre estañado

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.03\_ 8 Barra multiconductora con 6 salidas para derivación instalada en la pared de la cámara de transformación y/o seccionamiento.



LEYENDA

- 1.- Barra multiconductora de 6 salidas.
- 2.- Perno expansor para sujeción a la pared.
- 3.- Herraje para barra multiconductora.
- 4.- Conductor de Puesta a tierra.

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



## A-15.04 EQUIPO Y ACCESORIOS PARA REDES SUBTERRÁNEAS

### *Características generales de los equipos a instalarse*

Las cámaras eléctricas de distribución se clasifican en dos tipos: subterránea y a nivel, estas pueden estar conformadas por equipos de maniobra, protección y/o seccionamiento, y transformadores. En cualquier tipo de cámaras, todos los equipos a instalarse deben ser de frente muerto, para brindar seguridad al personal de operación y mantenimiento.

Los equipos que se instalen dentro de pozos y cámaras subterráneas deben ser del tipo ocasionalmente sumergible o completamente sumergible.

### A-15.04.1 Transformadores

El transformador deberá contar con una base de hormigón armado, con una resistencia mínima de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , cuyas dimensiones dependerán del equipo a instalar. La longitud de la base debe cubrir totalmente el equipo, para el caso de los transformadores ocasionalmente sumergible y convencional de frente muerto debe incluir sus radiadores y bujes.

#### 1. Transformadores ocasionalmente sumergibles

Los transformadores ocasionalmente sumergibles deberán ser utilizados específicamente en cámaras subterráneas. Este equipo está diseñado para que opere ocasionalmente sumergido, bajo condiciones predeterminadas de presión y tiempo. Todos los elementos del transformador tales como fusibles, instrumentos de medida, boquillas, son montadas en la tapa superior del mismo; únicamente la válvula de drenaje y muestreo se localizan en las paredes laterales del transformador.

Características constructivas:

- Accesorios tipo frente muerto y aislados
- Tanque de acero inoxidable
- Totalmente sellado, con tapa emperrada
- Cambiador de derivaciones de operación exterior con manivela de material inoxidable.
- Boquillas de medio voltaje tipo pozo
- Boquillas de bajo voltaje tipo muelle aislado o espiga aislado
- Válvula de drenaje para toma de muestras
- Empaques de material elastomérico y compatibilidad con líquido aislante.
- Soportes para boquilla de parqueo o estacionaria.
- Seccionador en medio voltaje de 2 o 4 posiciones, sumergido en aceite.
- Fusibles de protección en MV tipo bay-o-net y limitador de corriente.
- Soportes para izado del transformador
- Considerar para medio voltaje, la instalación de conectores para acoplar pararrayos tipo codo.

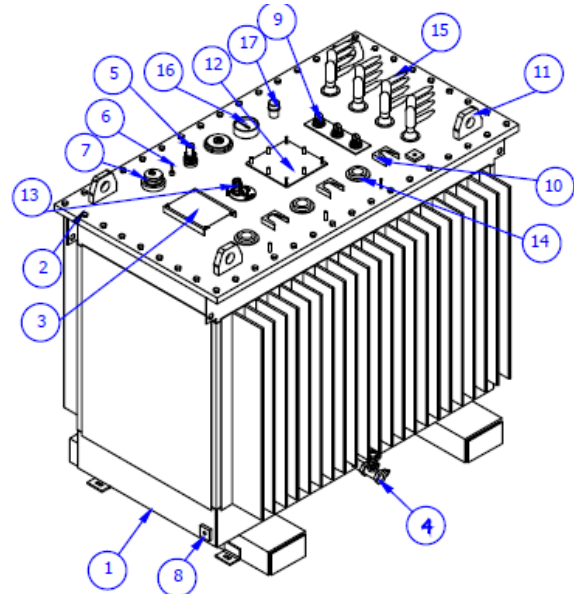


Tabla A-15.04\_ 1 Elementos generales de un transformador sumergible.

Ítem	Descripción
1	Cuba del transformador
2	Tapa empernada
3	Placa de características
4	Válvula de drenaje para toma de muestras
5	Indicador de nivel de aceite
6	Válvula de nitrógeno
7	Válvula de sobrepresión
8	Ranura para conexión a tierra
9	Portafusibles bay-o-net
10	Soporte para buje de parqueo
11	Soporte de izado
12	Caja de cambiadores de derivaciones
13	Seccionador dos posiciones
14	Bushing medio voltaje
15	Bushing bajo voltaje
16	Manovacúmetro
17	Neplo de llenado

Fuente: Elaboración propia – Sección  
Planeamiento y estudios

Fig. A-15.04\_ 1 Elementos generales de un transformador sumergible.



Fuente: Elaboración propia – Sección  
Planeamiento y estudios

## 2. Transformadores tipo pedestal

Los transformadores tipo pedestal serán utilizados en aquellos sitios donde la distribución de medio voltaje es soterrada (urbanizaciones, parques, aéreas verdes, plazas, etc.) y estarán ubicados a la intemperie o excepcionalmente en lugares donde no exista el espacio físico para la construcción de una cámara eléctrica a nivel y que no sea susceptible a inundaciones, no podrán ser instalados en cámaras subterráneas.

Es apto para las aplicaciones que requieran una unidad de transformación compacta y autoprottegida, que armonice con el medio ambiente.

*Características constructivas:*

- Serán de tipo radial.
- Los bushings de medio voltaje serán de tipo elastoméricos EPDM y de frente muerto.
- La estructura de los tanques deberá ser construido conforme a la norma NTE INEN 2683/2684 o normas internacionales equivalentes.
- La protección de MV del transformador pedestal consiste en la selección y coordinación de fusibles de expulsión tipo bay-o-net dual sensing en serie con el fusible limitador de corriente, que dependerá de la capacidad, curva de protección de los fusibles y el



transformador, tipo de fuente (monofásica o trifásica), voltaje de alimentación y conexión del primario (delta o estrella).

- Para protección en BV, de manera opcional, se podrá equipar con un interruptor térmico/termomagnético.
- Para proteger el transformador contra sobre voltajes por maniobra deberá contar con la instalación de descargador tipo codo.

*Fig. A-15.04\_ 2 Instalación del transformador pedestal.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

#### *Instalación:*

La instalación del transformador debe realizarse en un sitio de fácil acceso, con capacidad de izar y transportar el transformador.

Deberá ser alimentado desde un dispositivo de seccionamiento y/o protección, ubicado antes del transformador. Se pueden utilizar los barrajes premoldeados.

Debe ser instalado sobre una base de hormigón, las dimensiones de la base estarán de acuerdo con la capacidad del transformador y es un dato que debe ser suministrado por el fabricante del transformador. Los cables de alimentación entrarán por la parte inferior, por lo que la obra civil debe permitir las facilidades para la conexión de los cables.

El transformador pedestal debe quedar instalado en un lugar con suficiente superficie para permitir la apertura de las puertas del gabinete, las cuales deben alcanzar un ángulo mayor de 135°.

Este transformador no se podrá instalar en rutas peatonales. En caso de que el transformador quede cercano a zonas de tráfico vehicular se deben instalar barreras de protección que eviten, en caso de accidente, un daño al transformador. Si se requiere, se podrán instalar alrededor



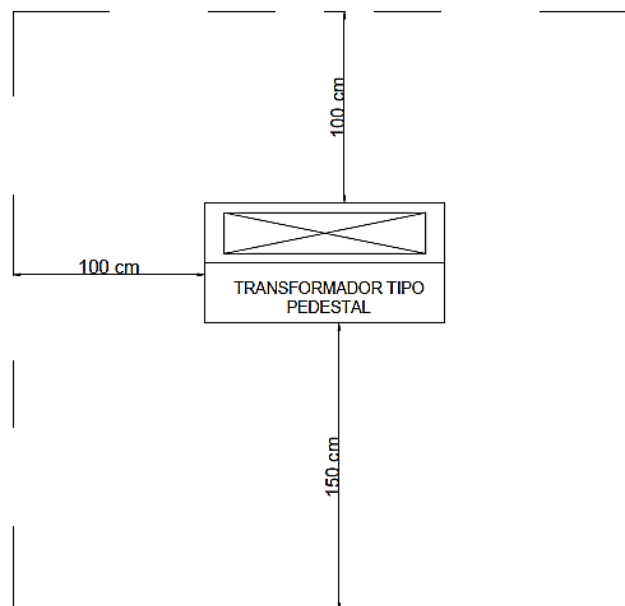


cerramientos para la protección contra vandalismo, siempre que estas garanticen el libre acceso al personal de la EEQ y la correcta apertura de las puertas del transformador.

La instalación del transformador debe garantizar distancias mínimas a edificaciones, muros, vías y árboles, de instalarse cerca de muros estos deben ser resistentes al fuego. Además, deben estar ubicados en lugares que permitan el acceso vehicular para su instalación y retiro.

Deberá guardarse una distancia lateral y posterior al transformador pedestal de 100 cm, además, la distancia mínima requerida en la parte frontal del transformador es de 150 cm, para facilitar las actividades de operación y mantenimiento que el equipo requiera, según lo establecido por la norma NFPA 70 NEC 2023.

*Fig. A-15.04\_3 Distancias de seguridad al transformador pedestal.*



*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

Todo transformador cuya capacidad sea igual o superior a 112,5 kVA, deberá poseer un sistema de contención y recolección de los derrames de aceite conformado por una zanja y trampa de aceite, el cual deberá tener la capacidad de contener el 100% del volumen total de aceite del transformador a instalar. Para mayor detalle en la Fig. A-15.04\_4 se anexa el esquema del sistema de contención y recolección de aceite (zanja y tanque), aunque es claro que el diseñador puede especificar un sistema particular teniendo en cuenta que su diseño cumpla con las siguientes condiciones:

- a. La zanja asociada a la trampa de aceite debe permitir la contención de los derrames de aceite e impedir que estos se drenen a través de los ductos, cárcamos o por fuera del cerramiento del transformador.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

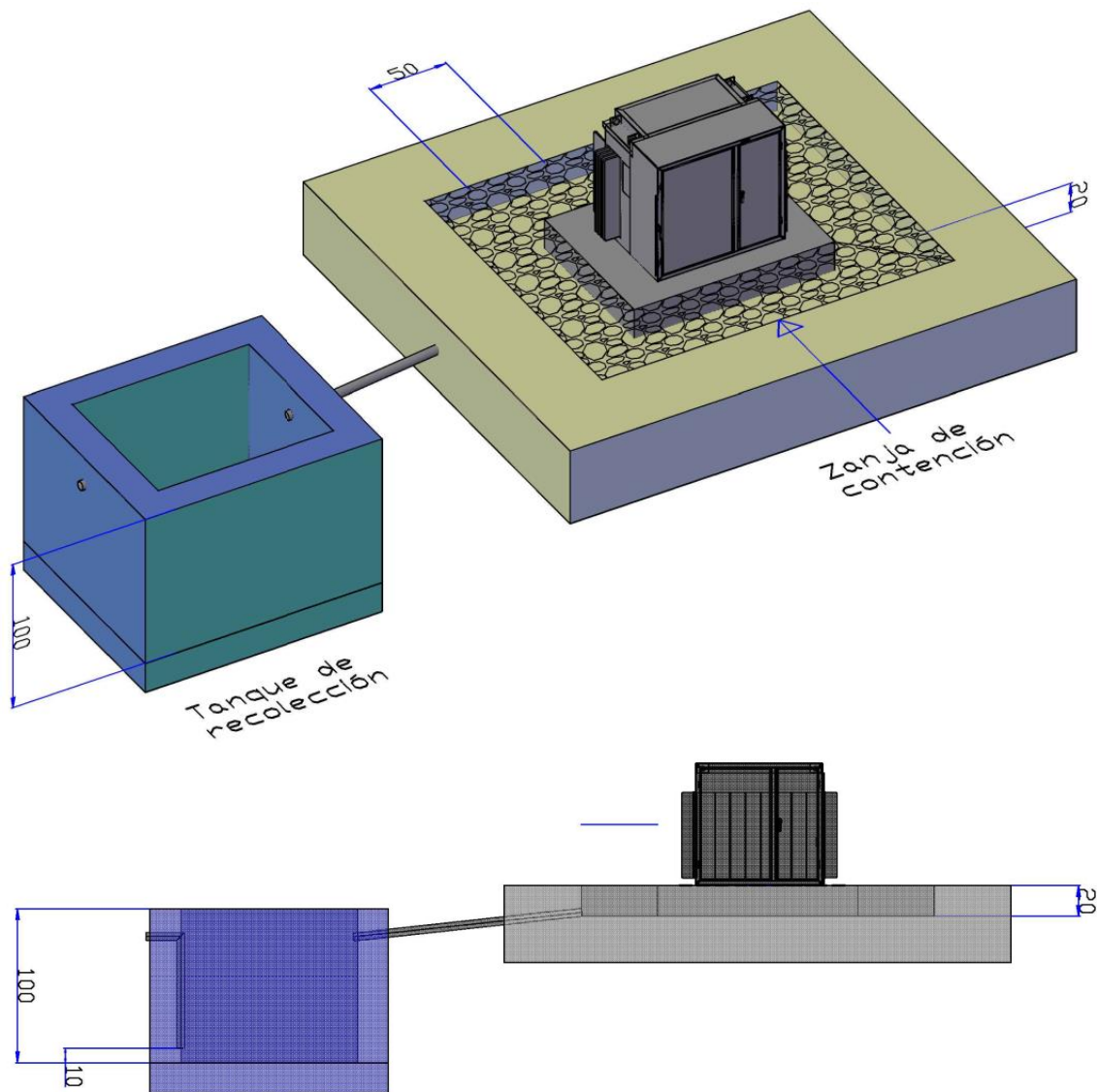
Página: 50 DE 110

- b. La zanja debe ser construida alrededor del transformador y debe tener una profundidad y ancho mínimo de 200 mm y 500 mm respectivamente. Adicionalmente, debe estar completamente cubierto de grava con un diámetro mínimo de 1" para ahogar la combustión que pudiera presentarse como producto del derrame de aceite.
- c. Los ductos que transportan los derrames desde la zanja hasta la trampa de aceite deben ser instalados en TMG tipo IMC, de acero al carbón u otro material adecuado para la intemperie y resistente frente a líquidos combustibles. Adicionalmente, su diámetro debe ser de mínimo 1" y el tramo que conduce el aceite hacia la trampa, deberá tener una pendiente mínima del 5%.
- d. El tubo de entrada y salida de la trampa de aceite deben estar instalados a la misma altura.
- e. El tanque de recolección de los derrames de aceite debe tener un volumen tal que permita alojar el 100% de la capacidad de aceite del transformador, y su profundidad no debe ser superior a 1 m.
- f. El tanque de recolección de los derrames de aceite debe ser impermeabilizado en su interior para evitar la filtración de aceites, además que debe poseer un drenaje en forma de codo, el cual debe ser instalado en el interior del tanque, y la altura de la parte inferior del codo al piso del tanque debe ser de máximo 10 cm.
- g. La tapa del tanque de recolección debe ser de hormigón, serán fabricados según las características técnicas indicadas en la sección A-15.02.2 *Tapas de hormigón armado*.

Para transformadores cuya capacidad sea inferior a 112,5 kVA, no será necesaria la construcción del tanque para la contención de aceite, para esos casos será suficiente con la construcción de una zanja alrededor del transformador, cuya profundidad y ancho sean de 200 mm y 500 mm respectivamente, y que deberá contener grava de diámetro no inferior a 1". En este caso, se deberá disponer de un plan de contingencias donde se establezcan las condiciones bajo las cuales debe atenderse un posible derrame de aceite, para evitar su propagación y la contaminación que puede generar sobre el área que rodea el equipo.



Fig. A-15.04\_ 4 Sistema de contención y recolección de los derrames de aceite conformado por una zanja y trampa de aceite.



Dimensiones en cm

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

El transformador tipo pedestal se anclará sólidamente a la base o pedestal de concreto a través de los pernos instalados para tal fin. Los dispositivos de anclaje deben ser accesibles solamente desde el interior de los compartimentos. La malla de hierro que constituye el refuerzo estructural de la base pedestal de concreto, se deberá unir a la malla de puesta a tierra del transformador, el conector debe ser de un material tal que evite la corrosión y el par galvánico en la unión entre el hierro y el cobre.



Del terminal neutro del transformador se conectará un conductor hacia la malla de puesta a tierra, del mismo calibre del conductor de neutro. El tanque del transformador se conectará también a la malla de puesta a tierra. A esta tierra se deben conectar sólidamente todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas.

Las conexiones de puesta a tierra se harán solo con soldadura exotérmica y no deberá superar los 10  $\Omega$ . Para mayor detalle se debe referir a la sección A-15.03.2.3.

El transformador tipo pedestal dispondrá de una placa con el símbolo de “Peligro Alto Voltaje”.

### 3. Transformadores convencionales con frente muerto

Este equipo se caracteriza por no disponer de elementos expuestos en MV y BV que puedan significar riesgos de contacto accidental. Sus especificaciones serán similares a los transformadores convencionales a excepción de la conexión exterior de medio voltaje, el cual se efectuará por medio de conectores elastoméricos, y la conexión exterior en bajo voltaje será mediante boquillas tipo muelle aislado o espiga aislado.

Para uso exclusivo en cámaras a nivel, en el primer piso alto o primer subsuelo que no son propensos a inundación (estacionamientos, parqueaderos, etc.).

*Fig. A-15.04\_5 Transformador convencional de frente muerto (monofásico).*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

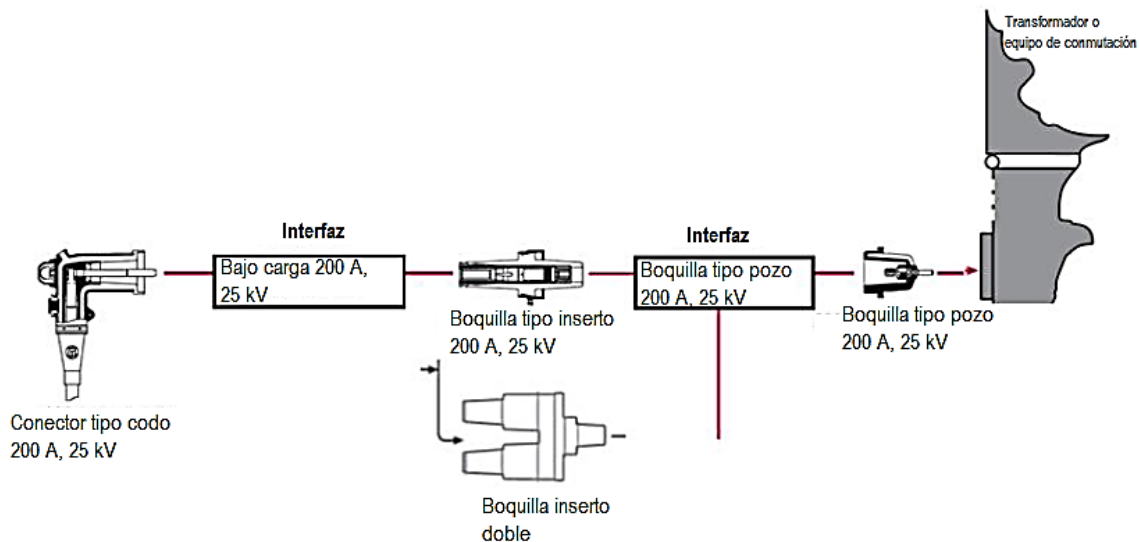
#### *Características constructivas:*

- Los bushings de medio voltaje serán de tipo elastomérico y de frente muerto.
- Boquillas de bajo voltaje serán tipo muelle aislado o espiga aislado.



- Tanque construido con láminas de acero al carbono.
- Refrigeración natural en aceite.

Fig. A-15.04\_ 6 Accesorios para la conexión del transformador convencional de frente muerto.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## A-15.04.2 Equipos de seccionamiento y protección

### 1. Celdas secundarias de medio voltaje

Las celdas secundarias de medio voltaje deben ser diseñadas y probadas para uso en redes subterráneas en servicio al interior, en cámaras no inundables, empleando como medio de aislamiento el gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), aire o aislamiento de estado sólido, y como sistema de extinción del arco el gas SF<sub>6</sub> o vacío, cumpliendo con las reglamentaciones y normas nacionales e internacionales.

Las celdas son exclusivamente diseñadas para la conexión, desconexión y la distribución de la energía eléctrica en corrientes hasta 630 A, en voltajes de servicio de la EEQ, a 60 Hz. Debe ofrecer la máxima seguridad en la operación al personal.

Se instalarán celdas parcialmente aisladas únicamente en cámaras de distribución a nivel, en el caso de tener restricciones o problemas de espacio se puede instalar celdas completamente aisladas en este tipo de cámaras. Para cámaras de distribución subterráneas se instalarán equipos de tipo sumergible, conforme lo establece la norma NOM 001 Instalaciones Eléctricas artículo 923-7b3, o como alternativa celdas completamente aisladas con un grado de protección de IP65 o superior.

Las celdas están diseñadas para las siguientes aplicaciones:

- Maniobras de conexión y desconexión de redes de distribución con carga, en medio voltaje.

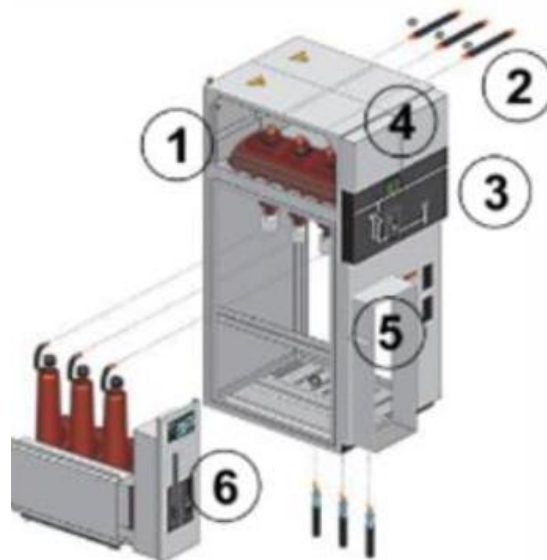


- Interrupción de corrientes de falla en medio voltaje.
- Protección y seccionamiento de transformadores de distribución.
- Transferencia de carga.
- Medición en medio voltaje.

Las celdas de medio voltaje deberán estar constituidas como mínimo por las siguientes partes:

- 1) Seccionador aislado en SF6, aire o estado sólido
- 2) Barras de cobre
- 3) Mecanismos de operación, debe incluir accesorios para operación manual
- 4) Gabinete para bajo voltaje (control).
- 5) Interfaces de conexión para cables y accesorios de medio voltaje, frente muerto, que cumpla la norma IEC 60502-4 e IEC 60137/CENELEC EN 50180 y 50181, o ANSI/IEEE Std 386-2016.
- 6) Elementos de protección en medio voltaje (interruptor en SF6 o vacío)
- 7) Interfaces de para ser extensible por ambos lados

*Fig. A-15.04\_ 735 Partes básicas de una celda de medio voltaje.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas. – Ministerio de Energía y Minas*



### Tipo de celdas a receptarse en la EEQ.

Según su tecnología de aislamiento y extinción:

- Celdas parcialmente aisladas: celdas cuyo barraje tiene como medio de aislamiento el aire, y el medio de corte y extinción del arco puede ser SF6 o vacío.
- Celdas completamente aisladas: celdas cuyo barraje tiene como medio de aislamiento el gas SF6, y el medio de corte y extinción del arco puede ser SF6 o vacío.

Según su función:

- Celda de remonte, pasacables o de acople: Serán utilizadas solo para acople entre celdas, no debe usarse como entrada o salida del tren de celdas.
- Celda seccionador: Posee un seccionador de tres posiciones sin la capacidad de maniobra en falla. Deberán ser utilizados para seccionamiento de alimentadores, línea trocal o primario, seccionamiento o derivaciones en cámaras de transformación y estarán ubicadas en la entrada y salida del tren de celdas de la cámara de seccionamiento.
- Celda seccionador fusible: Dispone de un seccionador de tres posiciones (cerrado / abierto / puesto a tierra), incluyendo además protección con fusibles. Los fusibles se alojan en el interior de tubos portafusible estancos. Utilizados para protección de transformadores o servicios auxiliares, este tipo de celdas se presenta como alternativa a la celda interruptor para transformador; al usar esta celda el contratista debe proveer a la EEQ un juego adicional de fusibles que servirán como repuestos, los mismo que deben ser alojados dentro de una caja metálica completamente hermética, instalada en el interior de la cámara de distribución.
- Celda seccionador para barra partida: Celda modular provista de un seccionador de dos posiciones (conectado y seccionado). Se implementará para interconexiones y acoples entre primarios, líneas trocales o alimentadores.
- Celda con interruptor de línea: Posee un interruptor automático de tecnología de corte en vacío o SF6 y un seccionador de tres posiciones en serie con él. Ambos elementos se ubican en el interior del compartimento de interruptor. Es implementado junto con un equipo de comunicaciones para su incorporación al sistema SCADA de la EEQ.  
Deberán ser utilizados para protección, conexión y desconexión (bajo falla) de alimentadores, línea trocal o primario.
- Celda con interruptor para transformador: Posee un interruptor automático de tecnología de corte en vacío o SF6 para 200 A, se utilizarán exclusivamente para protección puntual del transformador, por lo no se requiere de un protocolo de comunicación. Incorporará relés solo para protección contra sobrecorriente (50 y 51).  
Se priorizará el uso de este tipo de celdas para la protección del transformador.
- Celda de medida: Deberán estar equipadas con transformadores de voltaje y de corriente de clase 0,2 S (rango extendido). Anterior a su instalación se debe implementar un equipo de interrupción bajo carga.
-



La EEQ exigirá la entrega el diagrama unifilar de las celdas en todos los proyectos.

Las especificaciones técnicas de cada tipo de celda se encuentran descrita en la Norma para Sistemas de Distribución parte C.

## 2. Equipo de protección y seccionamiento para redes subterráneas aislado en estado sólido

Este equipo se compone por seccionadores o interruptores con sistema de extinción del arco en vacío o SF<sub>6</sub> y con un sistema de aislamiento en estado sólido; por cada vía el equipo estará disponible desde 4 hasta 6 vías (entrada, salida y derivaciones).

La conexión para cada vía estará equipada con boquillas tipo pozo e inserto con capacidad de 200 A o 600 A, para el acoplamiento con los circuitos de MV se realizará mediante codos conectores aislados premoldeados o terminales de conexión premoldeado tipo "T", dependiendo de la corriente nominal, fabricados según la norma IEEE Std. 386. El equipo estará compuesto por un tanque de acero inoxidable soldado y botellas rellenas de gas SF<sub>6</sub> o en vacío recubiertas con aislamiento en estado sólido, en caso que el equipo sea tipo pedestal debe estar totalmente protegido con una carcasa de acero inoxidable.

Los interruptores para redes subterráneas proporcionan seccionamiento de carga e interrupción de fallas, deberán ser instalados en cámaras subterráneas y opcionalmente en cámaras a nivel.

### *Características Constructivas:*

- Los seccionadores e interruptores deberán tener posiciones: de cierre y apertura; estas operarán de manera manual o automática.
- Deberán proporcionar seccionamiento tripolar con carga.
- Indicación visual de apertura por falla
- La maniobra de operación manual deberá realizarse mediante palanca de acero.
- Se aceptarán los siguientes tipos de interruptores para redes subterráneas:
  - Tipo sumergible. – Con tanque de acero inoxidable y accesorios tipo sumergible para conexión del cable, para cámaras de distribución subterráneas.
  - Tipo bóveda húmeda. – Tanque de acero inoxidable, podrá ser montado en el piso o sobre la pared de una cámara, e incluye componentes tipo sumergible para conexión del cable, para cámaras de distribución subterráneas o a nivel con parámetros de humedad alto.
  - Interruptor pedestal. – Gabinete metálico y tanque de acero inoxidable, para instalación a la intemperie.
- Se puede incluir equipos de comunicación para automatización, en coordinación con centro de Control





*Fig. A-15.04\_ 8 Equipo de protección y seccionamiento para redes subterráneas aislado en estado sólido.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas. – Ministerio de Energía y Minas*

### A-15.04.3 Conectores aislados separables

#### A-15.04.3.1 Parámetros de uso

Los conectores aislados separables (barrajes premoldeados de medio voltaje y demás accesorios) o las cajas de derivación (barrajes premoldeados instalados en una armadura metálica), no son elementos de protección y/o seccionamiento y no deben ser utilizados en circuitos troncales y circuitos de derivación de medio voltaje (huso, malla o radial) desde una cámara (nodo) de seccionamiento, y en este caso se deberá utilizar celdas aisladas para medio voltaje.

En el diseño de proyectos o en aquellos que requieren actualización, para las derivaciones desde cámaras de transformación, se puede considerar el uso de conectores aislados separables o las cajas de derivación, para uso residencial en redes radiales, siempre y cuando la potencia total de los transformadores individuales conectados al sistema de barras no supere los 200 kVA para 6.3 kV y 750 kVA para 22.8 kV. Cuando se supere dichas potencias se utilizará celdas.

Si la barra derivadora se encuentra a una distancia menor a 50 metros del transformador se puede considerar solo la protección propia del transformador, y cuando la distancia de derivación supere este valor se colocará un codo portafusible al inicio de la línea a proteger.

En los proyectos que consideren el uso de conectores aislados separables y tengan una topología de huso o anillo abierto, se deberá instalar celdas de protección o seccionamiento a la mitad del circuito o red de medio voltaje. La definición del equipo a instalarse se coordinará con el área de operación y mantenimiento.

Se usará codos portafusible en transformadores convencionales de frente muerto y se contemplará en el diseño la obligatoriedad de proveer un juego adicional de fusibles, los cuales deberán ingresar a bodega con la codificación correspondiente.



Los barrajes aislados deben ser instalados a una altura de 120 cm medidos desde el piso de la cámara de distribución, cuando sea instalado de manera vertical e inclinado se colocará a la misma altura medido desde el piso de la cámara hasta el punto medio de la barra.

### A-15.04.3.2 Descripción de los conectores aislados separables

#### 1. Boquilla tipo pozo:

Este elemento se encuentra instalado en el tanque del transformador para conectar el bobinado primario, en terminales de equipos como barrajes desconectables, equipos de protección y seccionamiento con aislamiento en estado sólido, etc.; permite el enlace para la energización de los equipos. Debe instalarse junto con el bushing tipo inserto.

*Fig. A-15.04\_ 9 Boquilla tipo pozo.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

#### 2. Boquilla tipo inserto

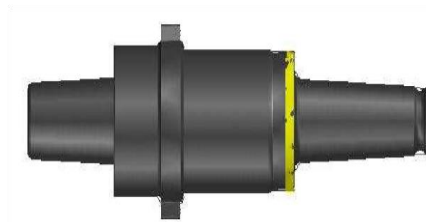
Utilizado en instalación y acople con el bushing tipo pozo, sirve como interfaz de conexión y desconexión entre el equipo a energizar y los conectores (tipo codo o tipo "T") integrados al cable. Debe cumplir con la especificación citadas en la norma IEEE Std 386 (versión vigente) para garantizar la compatibilidad de acoplamiento con las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo o tipo "T".

Características:

- Interfaz para 200 A o 600 A
- Dispositivo para apriete al torque para su instalación
- Conexión de cable a tierra



*Fig. A-15.04\_ 10 Boquilla tipo inserto.*

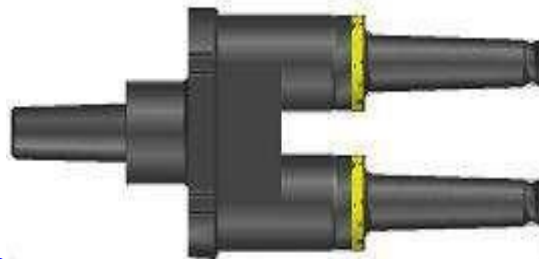


*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

### 3. Boquilla tipo inserto doble (Feet Thru Insert)

Se utiliza para añadir un descargador tipo codo en el elemento a energizar. De la misma manera debe cumplir con la especificación citadas en la norma IEEE Std 386 (versión vigente) para garantizar la compatibilidad de acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo. Posee ranuras para conexión de cable a tierra

*Fig. A-15.04\_ 11 Boquilla tipo inserto doble.*



3,2

*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

### 4. Conector tipo codo

Estos elementos se utilizan para realizar la integración del cable al sistema de conectores aislados separables, de esta forma hacen posible la interconexión de los cables al equipo (transformador, interruptor, celdas y barras).

Los conectores tipo codo proporcionan la configuración de frente muerto, además su aislamiento debe estar en la capacidad de brindar protección en casos de una inundación de las cámaras donde se ubiquen, estos deben ser completamente sumergibles.

Especificados para uso en equipos para red subterránea como transformadores tipo pedestal, convencionales frente muerto, equipo de protección y seccionamiento con aislamiento en estado sólido, barrajes y otras aplicaciones.



#### Características:

- Capacidad de 200 A.
- Disposición para operación con pértiga.
- Ranuras para conexión a tierra.
- Fabricados de material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.
- Estos conectores aislados tipo codo deberán cumplir estrictamente con la norma IEEE Std 386, versión vigente.

*Fig. A-15.04\_ 12 Conector tipo codo.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

## 5. Conector tipo T

Es un conector separable con configuración en T apantallado cuyo cuerpo principal es un premoldeado de fabricación por inyección. Debido a su diseño, no se recomienda su uso en sistemas donde se requieren frecuentes operaciones de conexión y desconexión.

Los conectores deben cumplir con las características de frente muerto y ser completamente sumergibles. Este tipo de conectores permite su acoplamiento sucesivo. El terminal no utilizado del conector debe quedar aislado mediante el tapón correspondiente.

Se instalarán conectores tipo “T” en capacidades desde 600 A, para operación sin carga. Especificados para salidas y/o derivaciones de circuitos en medio voltaje.

Estos conectores deberán cumplir estrictamente con la norma IEEE Std 386-2016, o IEC 60502-4 e IEC 60137/CENELEC EN 50180 y 50181 (para celdas), versión vigente.

#### Características:

- Operación sin carga
- Estos conectores deberán ser moldeados empleando un material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.

Fig. A-15.04\_ 13 Conector tipo "T".



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas

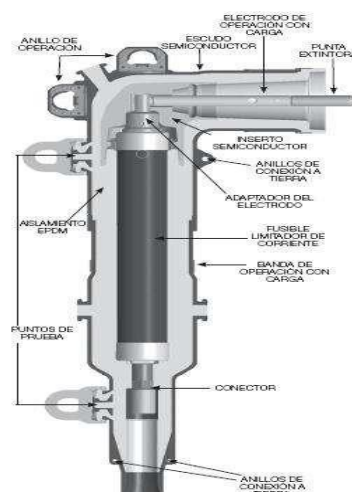
## 6. Codo Portafusible

El codo portafusible proporciona medios convenientes para adicionar la protección de los fusibles a los codos conectores y conectar cables subterráneos a transformadores, equipo de protección y seccionamiento con aislamiento en estado sólido y barrajes desconectables. Son diseñados para una operación hasta los 200 A.

Características:

- Estos conectores deberán tener un cuerpo moldeado empleando un material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.
- Cumplen con la norma IEEE Std 386, versión vigente.
- Cuerpo separable que facilita el cambio de fusible.
- Sumergible, frente muerto y resistente a la corrosión.

Fig. A-15.04\_ 14 Conector codo portafusible.



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas



## 7. Barrajes aislados desconectables

Son elementos diseñados para hacer derivaciones en medio voltaje en redes subterráneas. Usados en cámaras de distribución eléctrica o pozos de derivación de redes subterráneas donde se requiere establecer derivaciones, facilitando el mantenimiento y cambio de elementos en los circuitos. Para mayor detalle de su aplicación referirse a la sección A-15.04.3.1 *Parámetros de uso*.

Características:

- Capacidad desde 200 A de 4 hasta 6 vías.
- Base de cobre de alta pureza que une las vías. Se acepta base de aluminio de alta conductividad para el caso de barraje de 600 A.
- Debe estar equipado, por cada vía, de bushing tipo pozo e inserto, o de bushing tipo integral.
- Las vías y el cuerpo del barraje está recubierto con caucho EPDM.
- El soporte de montaje es de acero inoxidable el cual puede ser girado sobre su eje para permitir su operación de diferentes ángulos.
- Debe poseer puntos de conexión en el soporte para puesta a tierra
- Se requiere el uso de un barraje por fase. Debe disponer mínimo de una entrada, una salida y dos derivaciones.
- Se debe colocar tapones aislados premoldeados de caucho EPDM en las vías no utilizadas.
- Debe contar con dos soportes para colocar las boquillas de parqueo.

*Fig. A-15.04\_ 15 Barrajes aislados desconectable.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

## 8. Descargador tipo codo

Son diseñados para protección contra sobrevoltaje de los equipos y cables en redes subterráneas.

Características:

- Debe cumplir con la norma IEEE Std 386 (versión vigente) en lo referente al cuerpo e interfaz, y con la norma IEEE C62.11(versión vigente) en lo referente a su funcionalidad.
- El cuerpo debe ser moldeado con caucho EPDM.
- Punto de conexión en el soporte para puesta a tierra
- Deben ser completamente sellados y totalmente sumergibles para utilizarse en las diferentes aplicaciones.
- Diseñados para boquillas y codos de 200 A.
- Conexión y desconexión en presencia de voltaje (sin carga).

Fig. A-15.04\_ 16 Descargador tipo codo.



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas

## 9. Bushing de parqueo aislado

Este dispositivo es instalado en el soporte de parqueo ubicado en el barraje desconectable, en el transformador pedestal, en el transformador sumergible o en el equipo de protección y seccionamiento con aislamiento en estado sólido, con el propósito de colocar temporalmente en este elemento los codos que hayan sido desconectados, de esta manera el cable puede permanecer en un sitio seguro y firme.

Características:

- Cumplen con la norma IEEE Std. 386 (versión vigente).
- Posee un conector de cable a tierra.
- Posee un perno de ojo de acero inoxidable con una base de latón.
- Estos bushing deben ser fabricados empleando un material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.



*Fig. A-15.04\_ 17 Bushing de parque aislado.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

## 10. Tapón aislado

Son elementos de aislamiento y protección colocados en las boquillas que no están en uso en los equipos energizados.

Características:

- Cumplen con la norma IEEE Std 386 (versión vigente).
- Posee cable para conexión a tierra.
- Estos bushing deberán ser construido empleando un material aislante EPDM de alta calidad tratado con peróxido.
- Deben proteger y aislar boquillas energizadas.

*Fig. A-15.04\_ 18 Tapón aislado.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

## A-15.05 CABLES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

### A-15.05.1 Cables para red de MV

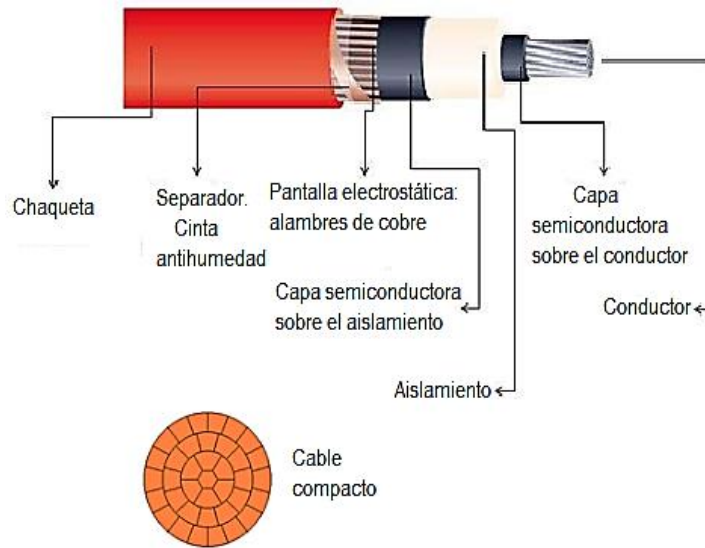
En el sistema de distribución subterráneo para medio voltaje, se utilizarán cables monopolares con conductor de cobre o aluminio aislados, con el 100% de nivel de aislamiento de polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) para voltajes de 25 kV.





Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación en condiciones normales de trabajo es de 90 °C, 130 °C para condiciones de sobrecarga emergente y 250 °C para condiciones de corto circuito.

Fig. A-15.05\_ 1 Cable de medio voltaje con apantallamiento en neutro concéntrico.



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas

Tabla A-15.05\_ 1 Principales características de los conductores de MV.

Parámetro	Característica
Conductor	Cobre suave o aluminio serie 8000
Forma del conductor	Cableado concéntrico compacto
Material de la capa semiconductor sobre el conductor	Semiconductor de polietileno reticulado de alta adherencia (XLPE o TRXLPE)
Tipo de Aislamiento	Polietileno Reticulado XLPE ó TRXLPE
Material de la capa semiconductor sobre el aislamiento	Semiconductor de polietileno reticulado de alta adherencia (XLPE o TRXLPE)
Tipo de pantalla electrostática	Alambre de cobre en disposición helicoidal
Chaqueta	Material termoplástico PVC o polietileno retardante a la llama, resistente a la abrasión, calor y humedad. Color rojo

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Los cables de MV que la EEQ implementará en su sistema de distribución subterránea debe ocupar la pantalla electrostática como conductor neutro, por lo cual, en un sistema trifásico estos alambres deben soportar 1/3 de la corriente (1/3 neutral), y para un sistema monofásico estos alambres deben soportar por completo la corriente (full neutral).

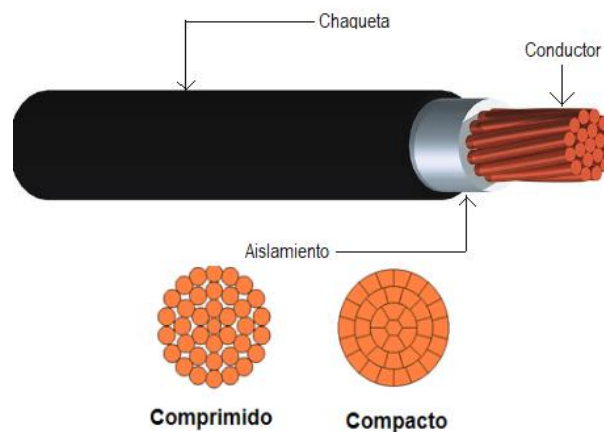


Se utilizarán cables de MV de cobre exclusivamente en la salida de subestaciones, en el resto de la red de distribución subterránea se priorizará el uso de cables de MV de aluminio (salvo casos excepcionales con la justificación técnico-económica correspondiente).

#### A-15.05.2 Cables para red de BV

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre o aluminio, con aislamiento mínimo de 600 V con polietileno reticulado (XLPE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad.

Fig. A-15.05\_2 Cable de bajo voltaje, TTU.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Tabla A-15.05\_2 Principales características de los conductores de BV.

Parámetro	Característica
Conductor	Cobre suave o aluminio serie 8000
Forma del conductor	Trenzado concéntrico comprimido clase B, o superior
Tipo de Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Chaqueta	Policloruro de vinilo (PVC)
Temperatura máxima de operación	90°C

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Se debe priorizar el uso del cable de aluminio en red subterránea de BV (salvo casos excepcionales con la justificación técnico-económico correspondiente).



### A-15.05.3 Accesorios para conexión de cables

#### 1. Terminales de Medio Voltaje

Los cables aislados para medio voltaje son construidos de tal forma que el esfuerzo eléctrico dentro del aislamiento sea distribuido uniformemente. Cuando el cable es cortado, los esfuerzos eléctricos son deformados de tal manera que las porciones de aislamiento están sobre esforzadas. Estos puntos se convierten en puntos de falla de aislamiento, para prevenir estas fallas es necesario instalar puntas terminales en los puntos donde el cable debe ser cortado, para conectarlos a los equipos y líneas aéreas.

Utilizados para transición de red aérea – subterránea.

Características:

- Cumplen con la norma IEEE Std. 48, última edición vigente.
- Proveer una correcta conexión para la transmisión de corriente
- Proveer protección contra la humedad
- Proporcionar alivio al esfuerzo de voltaje
- Material elastomérico premoldeado de alta protección UV o contraíble en frío

*Fig. A-15.05\_ 3 Terminales de medio voltaje.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

#### 2. Empalmes de Medio Voltaje

Son utilizados para unir los finales de conductores aislados de medio voltaje, reconstruyendo las porciones de capas de aislamiento de cable que fueron removidas y proporcionar protección contra la humedad sobre el área empalmada, además para reparar el cable cuando este tenga falla.

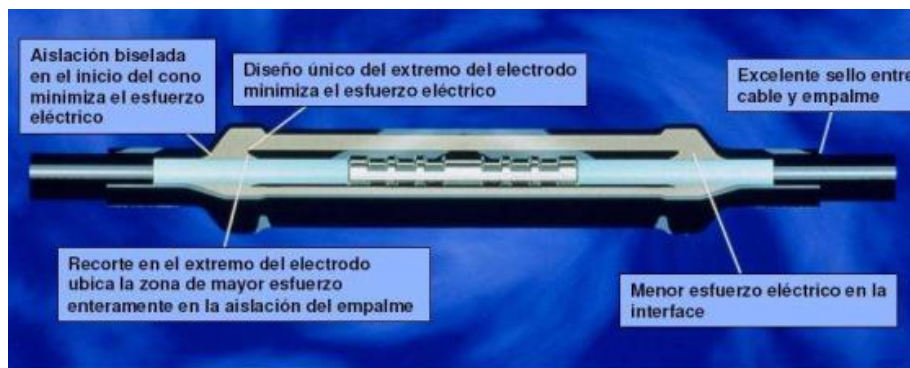
Características de empalme contraíble en frío y premoldeado:

- Proveer protección contra la humedad.



- Deben cumplir la norma IEEE Std 404, última edición vigente.
- Construido en caucho EPDM curado con peróxido (premoldeado) y/o en caucho de silicona de alta calidad (contraíble en frío).
- No requiere de herramientas especiales para su instalación.
- Los empalmes tendrán una cubierta capaz de mantener la superficie exterior del empalme a potencial cero.
- Los empalmes deberán ser aptos para las siguientes condiciones de servicio: al aire, enterrados, sumergidos continuamente o durante periodos en agua a una profundidad que no exceda los 7 m y temperatura ambiente de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- La capacidad de corriente del empalme deberá ser mayor que la capacidad de corriente del cable donde se usará este.

Fig. A-15.05\_ 4 Empalme de medio voltaje.



Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas

Como alternativa, se puede realizar el empalme mediante manguitos de unión y compresión, y utilizar cintas eléctricas para la restitución de los diferentes componentes del cable (a excepción del conductor) la cual se realiza aplicando las mismas en forma sucesiva hasta obtener todas las capas del cable. Dependiendo del elemento a restituir, se determinan las características físicas y químicas de las cintas a utilizar en la elaboración del empalme.

### 3. Empalmes de Bajo Voltaje

Son utilizados para unir los finales de conductores aislados de bajo voltaje, para proporcionar protección contra la humedad sobre el área empalmada, para reparar el cable cuando este tenga falla, para conexión de acometidas domiciliarias o para derivación de la red de bajo voltaje.



Características:

- Diseñados para ser usados en sitios expuestos a la intemperie, directamente enterrados o sumergidos.
- Cumple con la prueba de sello ante exposición al agua la norma ANSI C119.1, versión vigente.
- Existen diferentes tipos de empalmes como: auto contraíbles en frío, resina y gel.

*Fig. A-15.05\_ 5 Empalmes de bajo voltaje.*



*Fuente: Sección 2 Manual de Construcción del Sistema de Distribución Eléctrica de Redes Subterráneas.  
– Ministerio de Energía y Minas*

Para los cables de bajo voltaje, también se puede emplear como alternativa el empalme mediante manguitos de unión y compresión, y utilizar cintas eléctricas en la restitución de los diferentes componentes del cable (a excepción del conductor) la cual se realiza aplicando las mismas en forma sucesiva hasta obtener todas las capas del cable. Dependiendo del elemento a restituir, se determinan las características físicas y químicas de las cintas a utilizar en la elaboración del empalme.

## A-15.06 DIMENSIONES DE CÁMARAS DE DISTRIBUCIÓN

Las cámaras de distribución alojarán técnicamente a los equipos eléctricos de acuerdo a normativas, garantizando la operación de la red eléctrica; además, las cámaras de distribución deben permitir las actividades de maniobra y mantenimiento de los equipos por parte del operador, para ello debe disponer de distancias de seguridad que garantice el bienestar del personal de operación y mantenimiento.

Con los antecedentes descritos, es necesario establecer las dimensiones mínimas que deben ser consideradas para la construcción de las cámaras de distribución. Dos parámetros serán fundamentales para el dimensionamiento:

- Equipos a instalar
- Distancias de seguridad



## A-15.06.1 Consideraciones principales para el dimensionamiento de las cámaras de distribución.

### 1. Equipos a instalar

En la cámara de distribución existe una variedad de equipos que pueden instalarse, sin embargo, según las dimensiones que presentan, se consideran relevantes los siguientes:

- a. Transformadores: La longitud de la base de hormigón debe cubrir totalmente el equipo; adicional a la marca del transformador, sus dimensiones dependerán del número de fases, la potencia y el tipo de transformador.
- b. Celdas de distribución: Adicional a la marca, las dimensiones del equipo dependerán del tipo de celda según su medio de aislamiento y extinción (parcialmente aisladas y completamente aisladas) y su función (seccionador, interruptor, de medida, etc.).
- c. Barrajes aislados de MV: El largo de este equipo dependerá del número de vías incorporados, para la EEQ puede ir desde 4 hasta 6 vías.
- d. Tablero de bajo voltaje: Sus dimensiones dependerán de la marca de breakers termomagnéticos utilizados, pues la norma de fabricación no estandariza su tamaño.

De acuerdo a los equipos descritos las dimensiones de la cámara de distribución pueden variar dependiendo del tipo de equipo utilizado y del fabricante del mismo.

### 2. Distancias de seguridad

Para definir los espacios necesarios para el trabajo de operación y mantenimiento se adoptará lo establecido en la norma NFPA 70 NEC 2023:

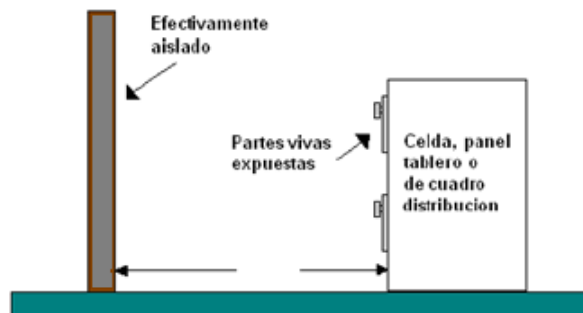
- A. Profundidad del espacio de trabajo. La norma describe los siguientes casos:

Caso 1:

Partes energizadas expuestas en un lado del espacio de trabajo y partes sin energizar o puestas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo; o partes energizadas expuestas a ambos lados del espacio de trabajo que son efectivamente separadas por materiales aislantes adecuados. No se consideran partes energizadas los cables o barras aislados que funcionen a menos de 300 V.



Fig. A-15.06\_ 1 Profundidad del espacio de trabajo, caso 1.

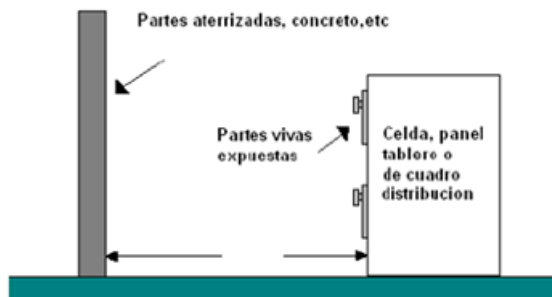


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Caso 2:

Partes energizadas expuestas a un lado del espacio de trabajo y puestas a tierra en el otro lado. Materiales como concreto y ladrillo deben ser considerados como puestos a tierra.

Fig. A-15.06\_ 2 Profundidad del espacio de trabajo, caso 2.



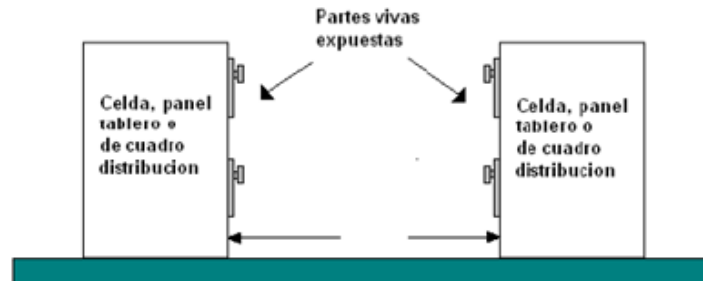
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Caso 3:

Partes energizadas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo (no protegidas como está previsto en el caso 1, con el operador entre ambas).



Fig. A-15.06\_ 3 Profundidad del espacio de trabajo, caso 3.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

De los casos descritos, considerando que dentro de la cámara de distribución todos los equipos deben cumplir con la condición de frente muerto y conectados efectivamente a tierra, la profundidad del espacio de trabajo para las cámaras de distribución, tanto para medio como para bajo voltaje, es definido por el caso el caso 1.

Si el transformador no presenta boquillas tipo muelle aislado o espiga aislado en los bujes de BV, por situaciones justificadas y validadas por el personal técnico de la EEQ, se considerará el caso 2.

Según la norma NFPA 70 NEC 2023 se debe cumplir con las siguientes distancias de seguridad, considerando el caso elegido y el nivel de voltaje:

Tabla A-15.06\_ 1 Profundidad mínima del espacio de trabajo en bajo voltaje.

Voltaje nominal	Distancia libre, mínima		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0 - 150 V	900 mm	900 m	900 m
151 - 600 V	900 mm	1 m	1,2 m
601 - 1000 V	900 mm	1,2 m	1,5 m

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Tabla A-15.06\_ 2 Profundidad mínima del espacio de trabajo en medio voltaje.

Voltaje nominal	Distancia libre, mínima		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
1 001 – 2 500 V	900 mm (3 ft)	1,2 m (4 ft)	1,5 m (5 ft)
2 501 – 9 000 V	1,2 m (4 ft)	1,5 m (5 ft)	1,8 m (6 ft)
9 001 – 25 000 V	1,5 m (5 ft)	1,8 m (6 ft)	2,8 m (9 ft)
25 001 V– 75 kV	1,8 m (6 ft)	2,5 m (8 ft)	3,0 m (10 ft)
Sobre 75 kV	2,5 m (8 ft)	3,0 m (10 ft)	3,7 m (12 ft)

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios





NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 73 DE 110

Tabla A-15.06\_ 3 Profundidad del espacio de trabajo a utilizar en la EEQ.

Nivel de voltaje [V]	Distancia [mm]
0 – 150	900 o 1000
150 - 600	900 o 1000
9001 - 25000	1500

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

- B. Ancho del espacio de trabajo. La norma NFPA 70 NEC 2023 establece las siguientes distancias:

Bajo voltaje: El ancho del espacio de trabajo frente al equipo eléctrico debe ser el ancho del equipo o 762 mm, el que sea mayor. En todos los casos, el espacio de trabajo deberá permitir una apertura de al menos 90 grados de las puertas del equipo o paneles con bisagras.

Medio voltaje: el espacio de trabajo libre no debe ser inferior al ancho del equipo o 914 mm de ancho (medido en paralelo al equipo), el que sea mayor.

- C. Altura del espacio de trabajo. La norma NFPA 70 NEC 2023 establece las siguientes distancias:

Bajo voltaje: El espacio de trabajo debe estar despejado y extenderse desde el piso o la plataforma hasta una altura de 2 m o la altura del equipo, la que sea mayor.

Medio voltaje: el espacio de trabajo libre no debe ser inferior al a 2 m.

## A-15.06.2 Dimensiones de las cámaras de distribución

En esta sección se presentan las dimensiones a considerar en las cámaras de distribución de la EEQ, en cámaras tipo que son construidas con mayor frecuencia (son modelos de referencia). Todas las dimensiones de estos modelos tienen referencia con lo establecido en la sección A-15.06.1 y la sección A-15.03 (obra civil y eléctrica para cámaras de distribución).

Se pueden establecer modelos y dimensiones distintas, siempre que este modelo sea revisado y aprobado por personal técnico de la EEQ, cumpla lo determinado en las secciones A-15.06.1, A-15.03 y con las distancias de seguridad establecidas en el presente documento.

1. *Cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados.*

La particularidad de implementar este tipo de cámara se presenta en el transformador convencional de frente muerto, pues en medio voltaje las botas de conexión se encuentran en la parte posterior del mismo por lo que para su operación se debe garantizar la profundidad del espacio de trabajo necesario, es decir 150 cm. Además, se debe considerar la profundidad del espacio de trabajo en el lado secundario del transformador (frontal) según la tabla A-15.06\_1; para los barrajes aislados de MV este espacio es de 150 cm.



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 74 DE 110

Con estas consideraciones se presentan las siguientes dimensiones:

*Tabla A-15.06\_ 4 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados.*

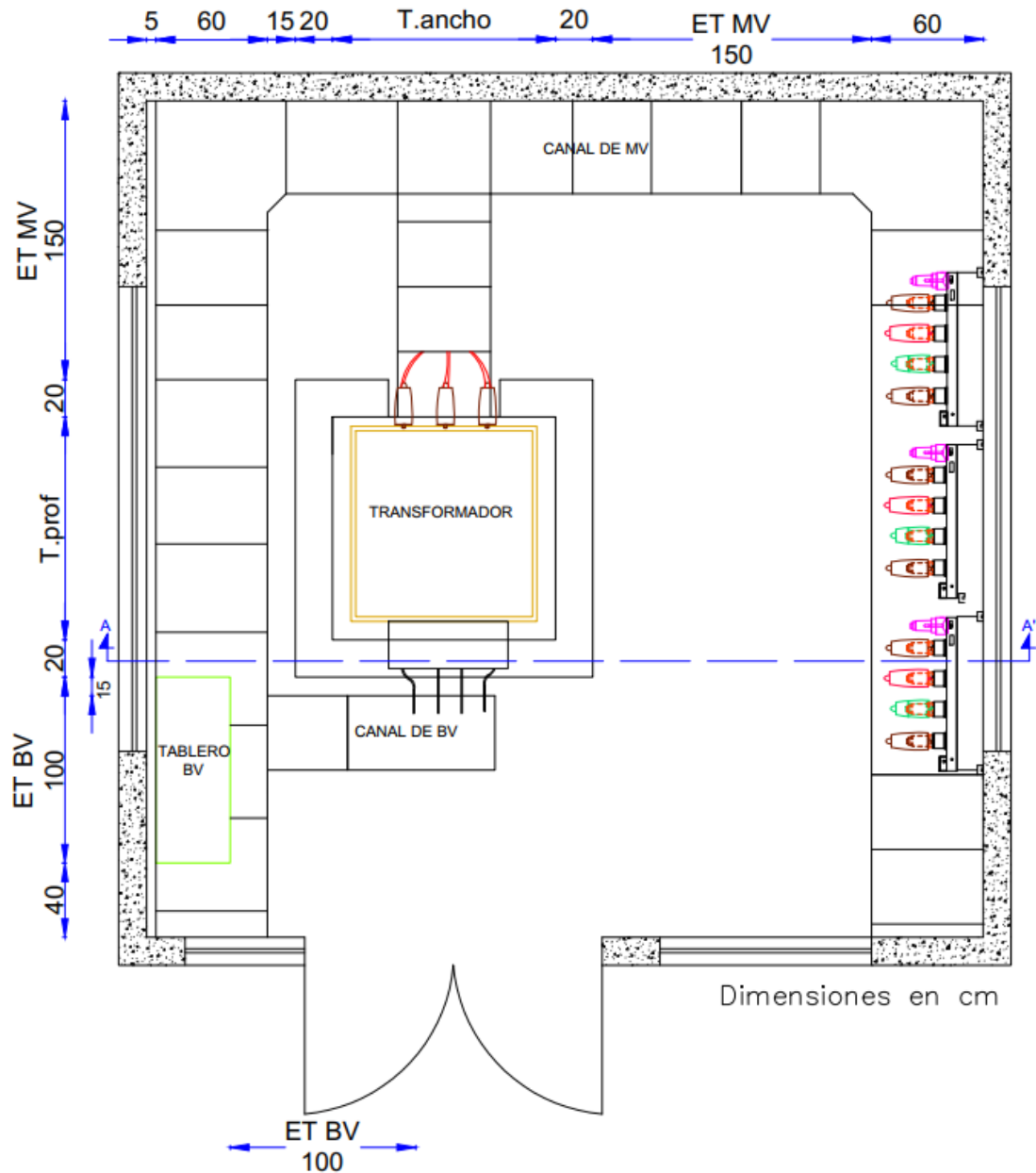
Profundidad	Distancia [cm]
Espacio de trabajo del transformador, medio voltaje (ET MV)	150
Canal aceite posterior	20
Transformador, profundidad	T.prof
Canal aceite anterior	20
Espacio de trabajo del transformador, bajo voltaje (ET BV)*	100
Rango apertura de puerta	40
Total	330+ T.prof
Ancho	
Apoyo para tapa de canal MV	5
Ancho canal MV	60
Muro entre canal MV a canal aceite	15
Ancho canal aceite, izquierdo	20
Transformador, ancho	T.ancho
Ancho canal aceite, derecho	20
Espacio de trabajo barrajes, medio voltaje (ET MV)	150
Ancho canal MV	60
Total	330 + T.ancho
Alto	
Altura canal de MV y BV	60
Espacio de trabajo, medio voltaje (ET MV)	200
Distancia restante para ventilación	40
Total	300

\*Se ha considera el caso más extremo, si en transformador tiene bujes aislados el espacio de trabajo debe ajustarse a 90 cm

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*



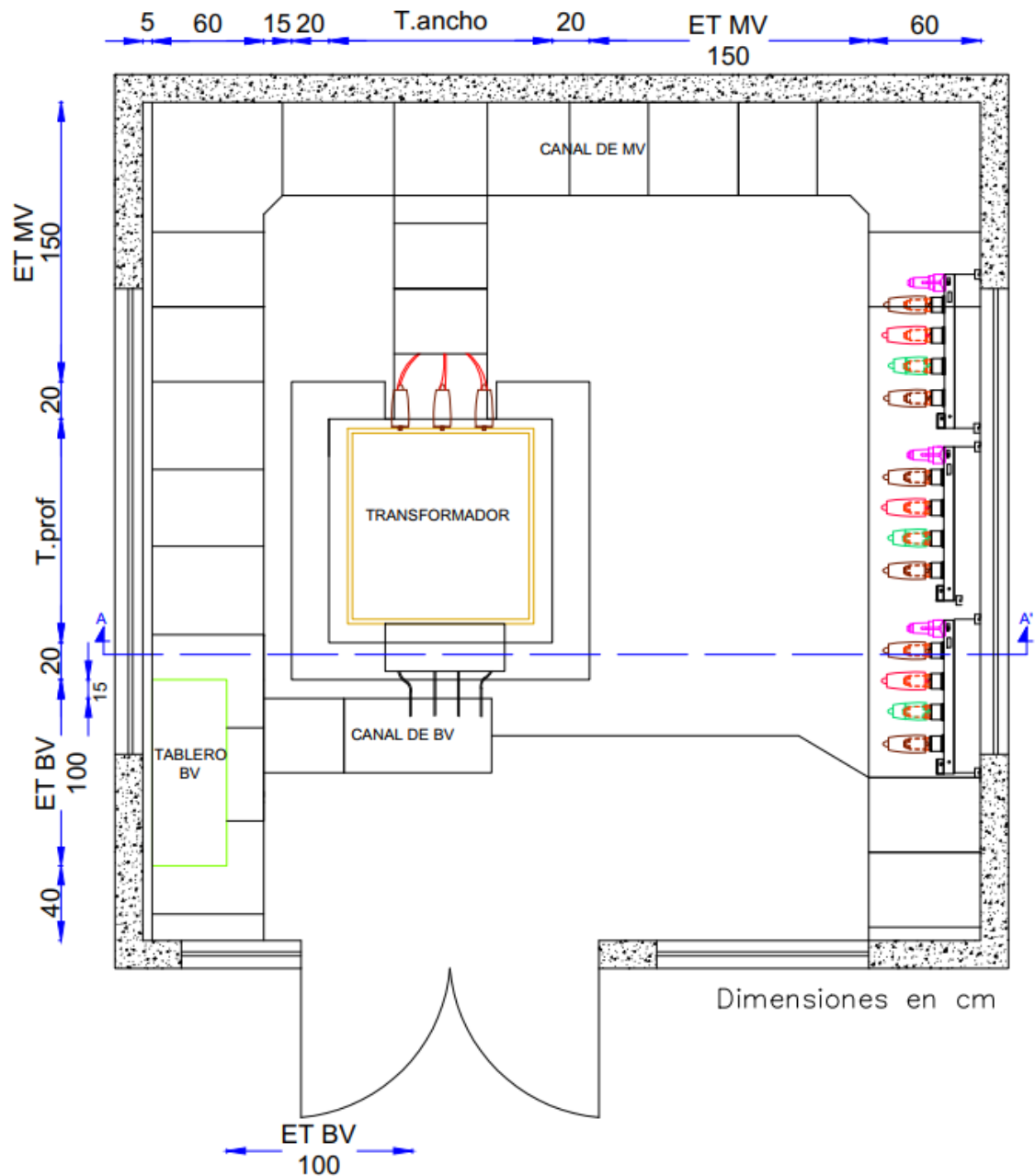
Fig. A-15.06\_ 4 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados-vista superior - con disponibilidad de excavación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



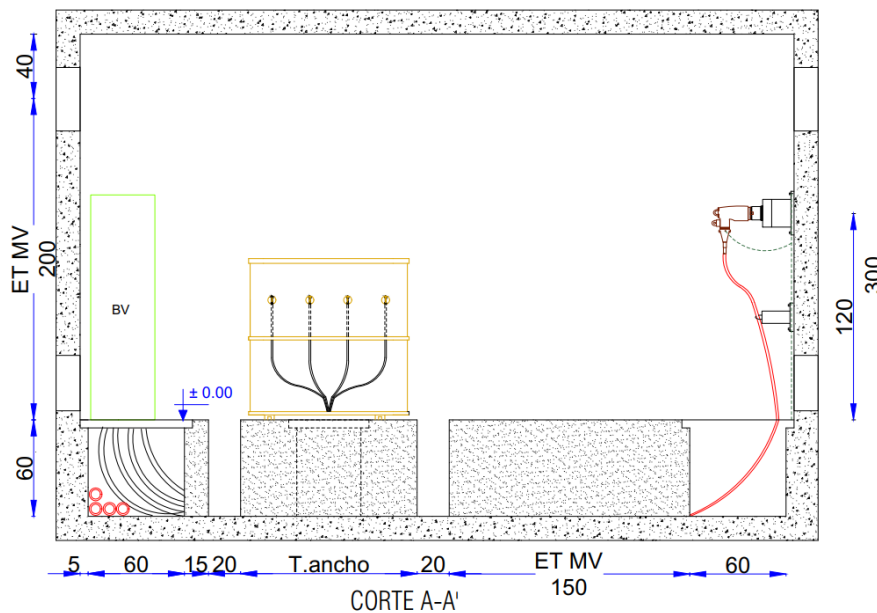
Fig. A-15.06\_ 5 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajes aislados premoldeados-vista superior - sin disponibilidad de excavación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



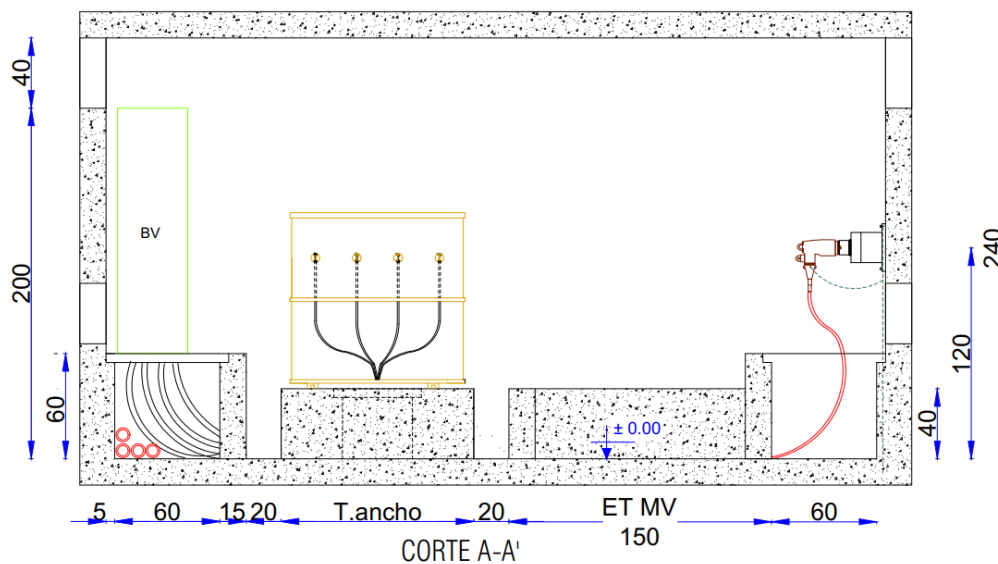
Fig. A-15.06\_ 6 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajés aislados premoldeados - vista frontal - con disponibilidad de excavación.



Dimensiones en cm

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.06\_ 7 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y barrajés aislados premoldeados - vista frontal - sin disponibilidad de excavación.



Dimensiones en cm

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 78 DE 110

2. Cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas.

En este caso las dimensiones de las cámaras dependerán del transformador (ubicación de los bujes de MV) y del tipo de celdas, pudiendo implementarse con celdas parcialmente aisladas o celdas completamente aisladas, considerando lo establecido en la sección C (equipos y accesorios para cámaras subterráneas).

Las dimensiones propuestas se describen a continuación:

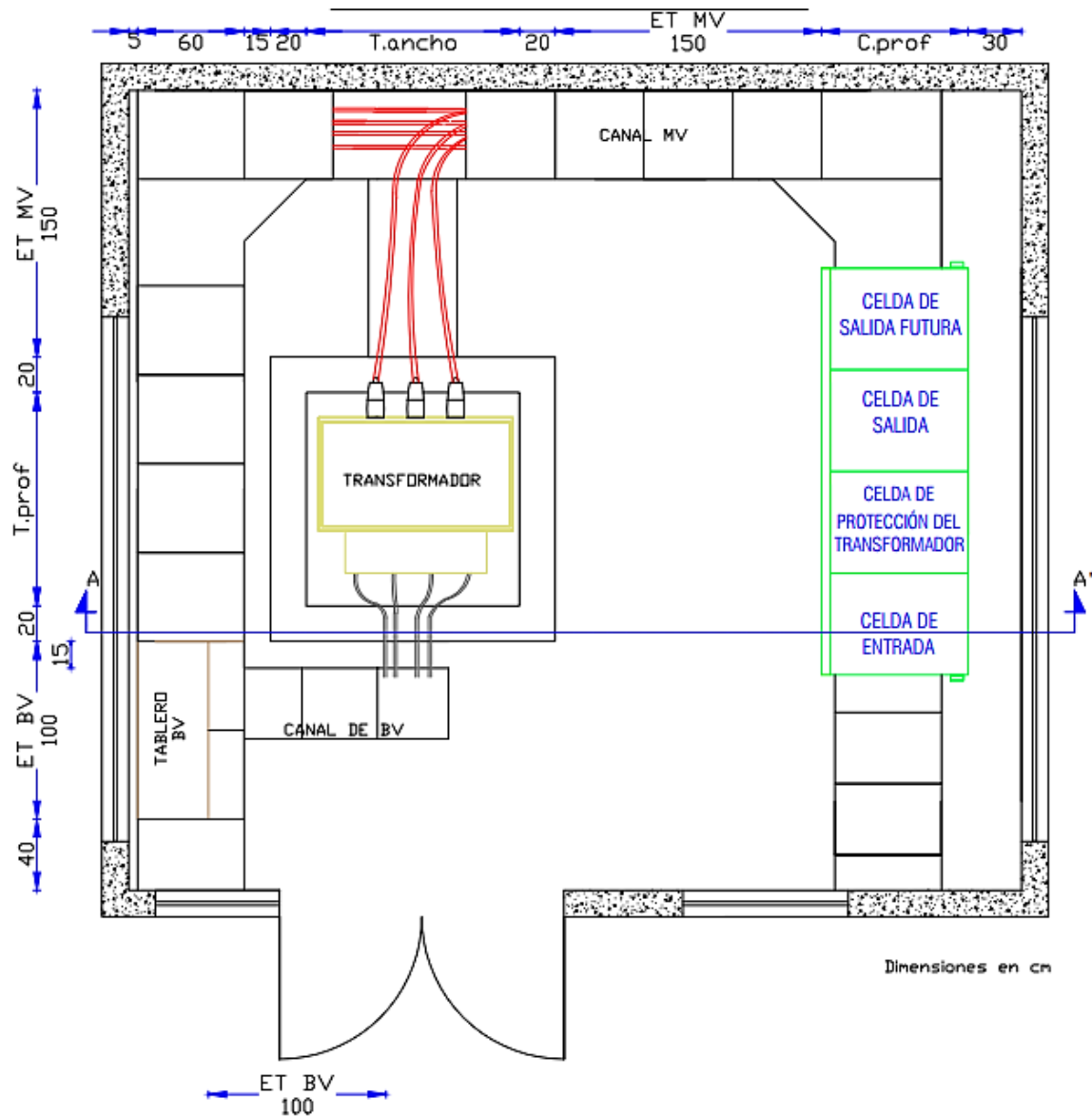
Tabla A-15.06\_ 5 Dimensiones para una cámara de distribución a nivel, con un transformador convencional frente muerto y celdas.

Profundidad	Distancia [cm]
Espacio de trabajo transformador, medio voltaje (ET MV)	150
Canal aceite posterior	20
Transformador, profundidad	T.prof
Canal aceite anterior	20
Espacio de trabajo, bajo voltaje (ET BV)	100
Rango apertura de puerta	40
<b>TOTAL</b>	<b>330 + T.prof</b>
Ancho	
Apoyo para tapa de canal MV	5
Ancho canal MV	60
Muro entre canal MV a canal aceite	15
Ancho canal aceite, izquierdo	20
Transformador, ancho	T.ancho
Ancho canal aceite, derecho	20
Espacio de trabajo celdas, medio voltaje (ET MV)	150
Profundidad de la celda	C.prof
Distancia entre celda y la pared	30
<b>TOTAL</b>	<b>300 + T.ancho + C.prof</b>
Alto	
Altura canal de MV y BV	60
Altura de las celdas (parcialmente aisladas o aisladas)	C.alto
Altura celdas a techo	60
<b>TOTAL</b>	<b>120 + C.alto</b>

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



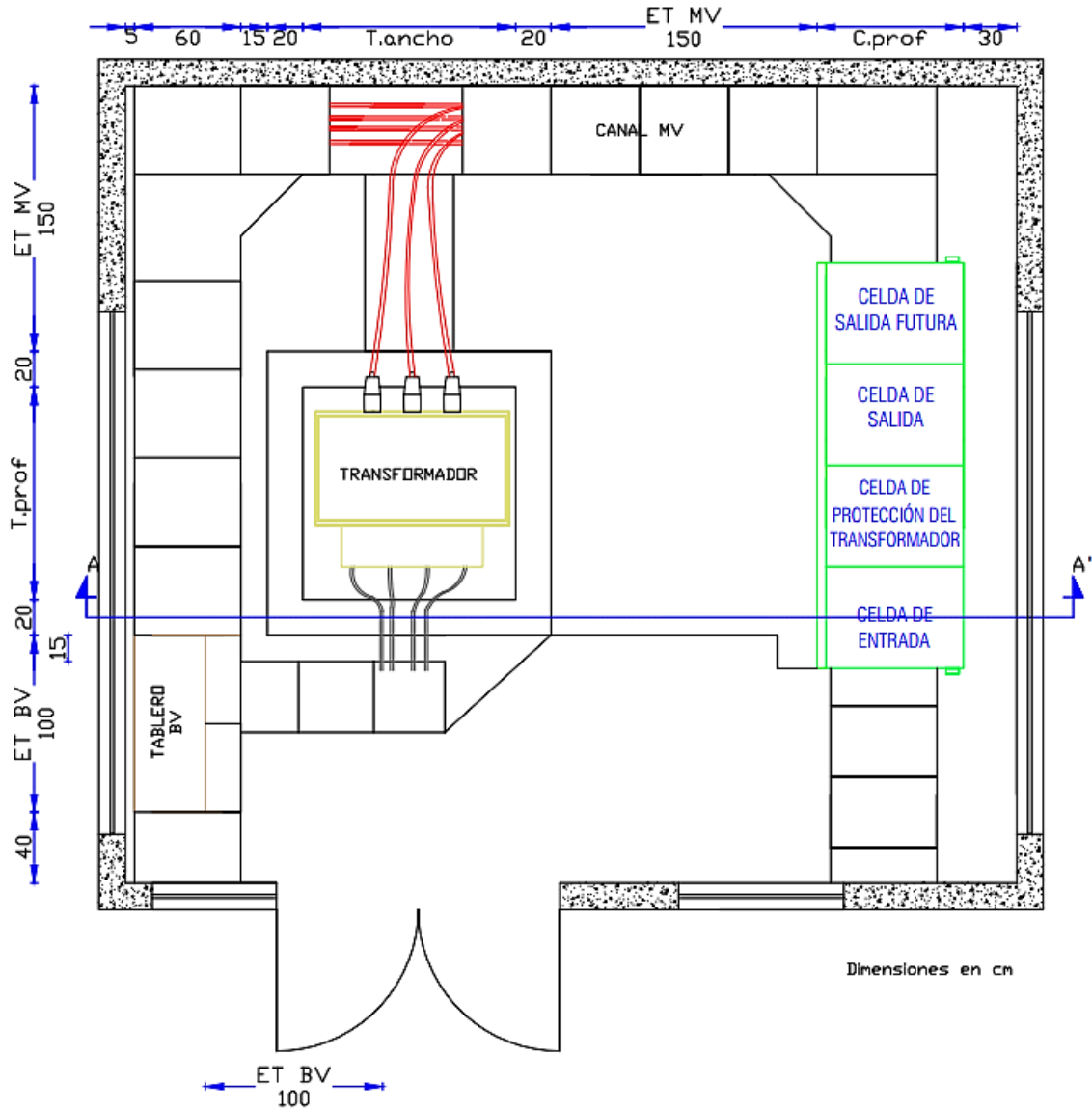
Fig. A-15.06\_ 8 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas – vista superior - con disponibilidad de excavación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Fig. A-15.06\_9 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas – vista superior - sin disponibilidad de excavación.

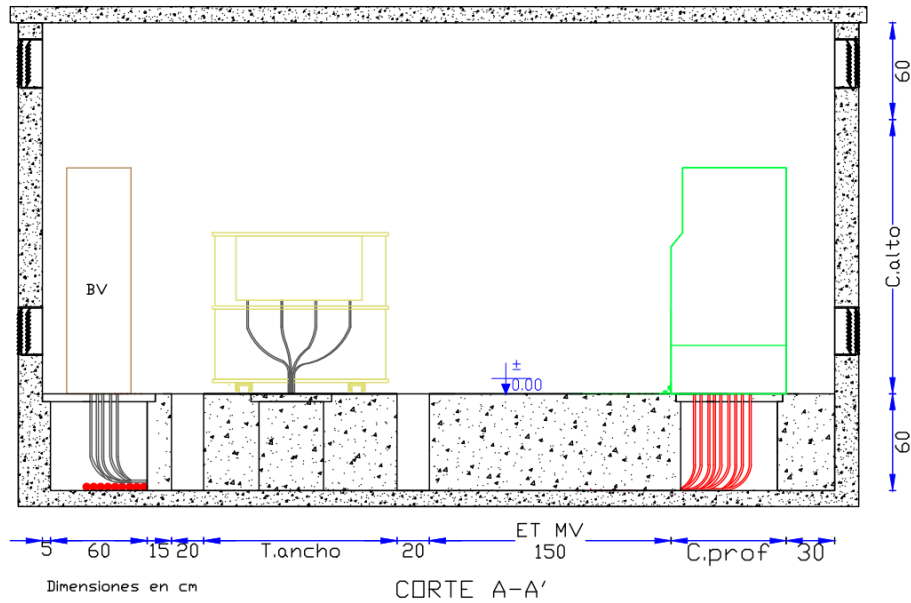


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



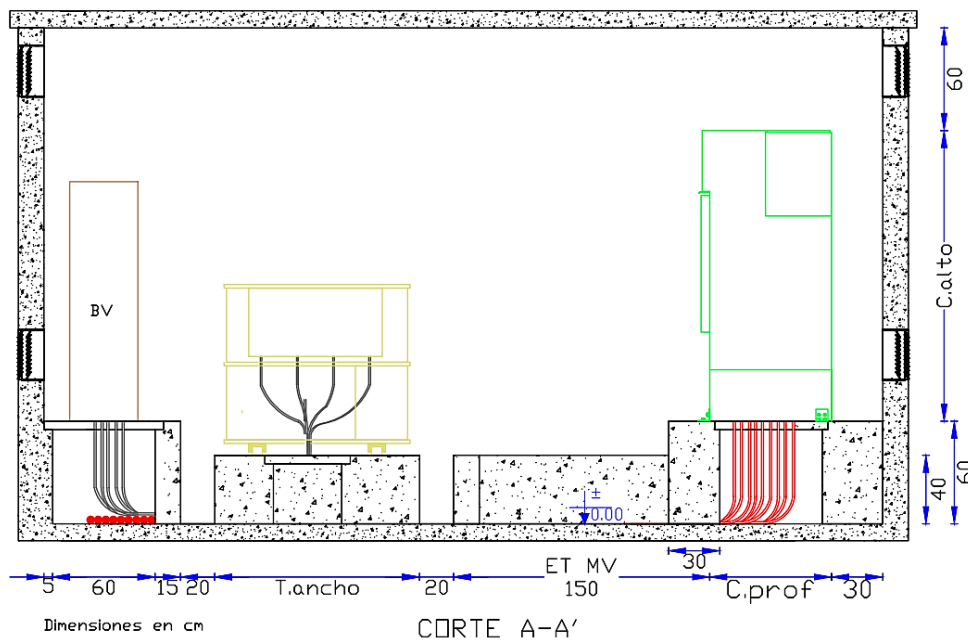


Fig. A-15.06\_ 10 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas parcialmente aisladas – vista frontal - con disponibilidad de excavación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

Fig. A-15.06\_ 11 Dimensiones de una cámara de distribución a nivel, con transformador convencional frente muerto y celdas parcialmente aisladas – vista frontal - sin disponibilidad de excavación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 82 DE 110

### 3. Cámara de distribución subterránea.

Las cámaras subterráneas serán implementadas con equipos que soporten la humedad y posibles inundaciones, por este motivo únicamente se instalarán en este tipo de cámaras transformadores ocasionalmente sumergibles, y celdas aisladas o equipos de protección y seccionamiento para redes subterráneas aislado en estado sólido. Se puede instalar también barrajes aislados premoldeados y sus accesorios.

Se debe evitar la instalación del tablero de bajo voltaje y de las celdas de distribución debajo de las losas móviles. Además, tener en cuenta las consideraciones establecidas en la sección A-15.03.

Las dimensiones propuestas se describen a continuación:

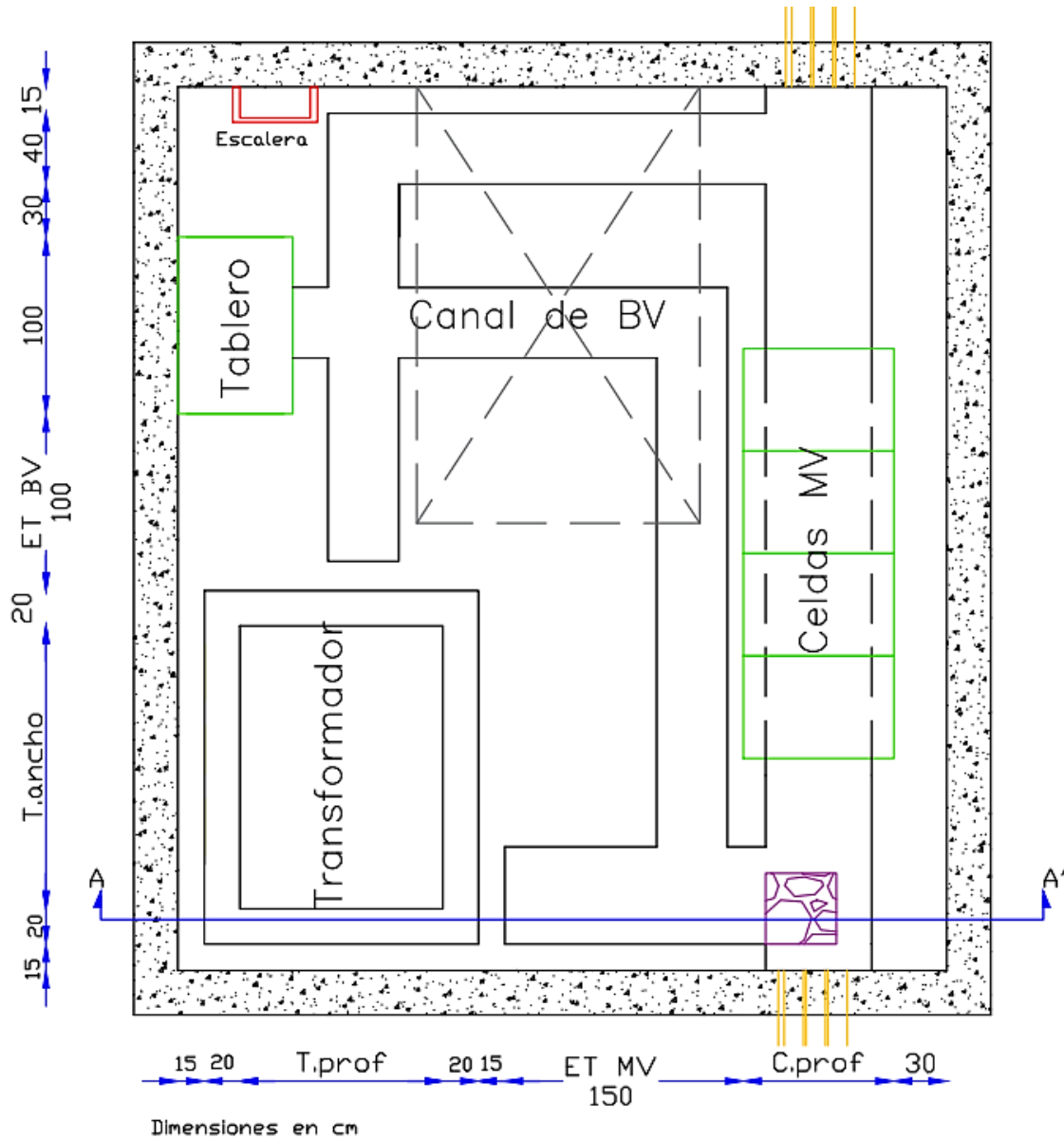
*Tabla A-15.06\_ 6 Dimensiones para una cámara de distribución subterránea, con transformador ocasionalmente sumergible y celdas aisladas.*

Profundidad	Distancia [cm]
Distancia desde la pared al canal para aceite	15
Canal aceite posterior	20
Transformador, ancho	T.ancho
Canal aceite anterior	20
Espacio de trabajo transf., bajo voltaje (ET BV)	100
Ancho del tablero de BV	100
Rango para apertura del tablero BV	30
Canal BV	40
Distancia desde canal BV a la pared	15
<b>Total</b>	<b>340 + T.ancho</b>
Ancho	
Distancia de la pared al canal para aceite	15
Canal aceite izquierdo	20
Transformador, profundidad	T.prof
Canal aceite derecho	20
Espacio de trabajo transf., medio voltaje (ET MV)	150
Profundidad de la celda	C.prof
Distancia entre celda y la pared	30
<b>Total</b>	<b>235 + T.prof + C.prof</b>
Alto	
Altura canal de MV y BV	60
Altura celdas Aislada o espacio de trabajo en MV (el que sea mayor)	200
Altura celdas a techo	60
<b>Total</b>	<b>320</b>

*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*



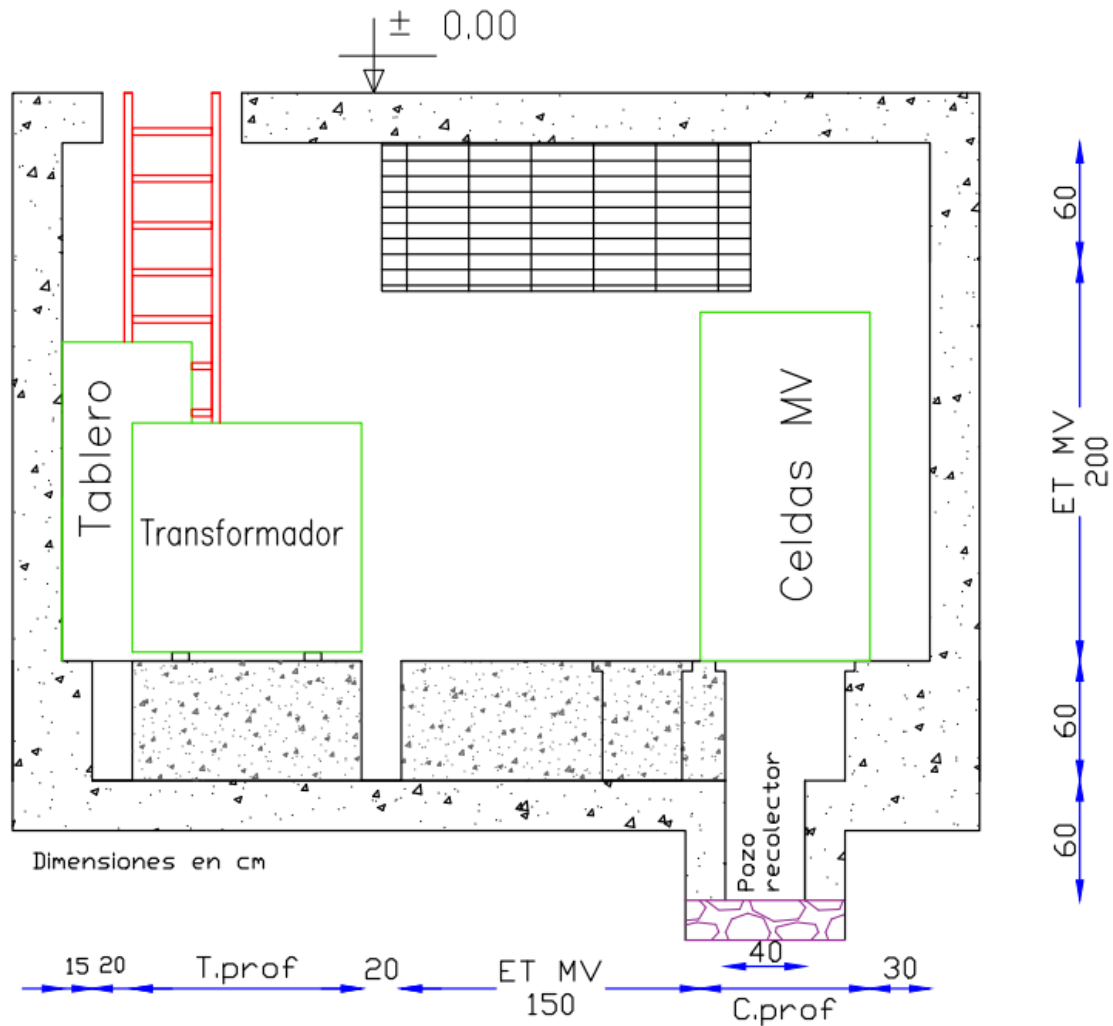
Fig. A-15.06\_ 12 Dimensiones de una cámara de distribución subterránea, con transformador ocasionalmente sumergible y celdas completamente aisladas – vista superior



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Fig. A-15.06\_ 13 Dimensiones de una cámara de distribución subterráneas, con transformador ocasionalmente y celdas completamente aisladas – vista frontal.



### CORTE A-A'

Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### 4. Cámara de seccionamiento

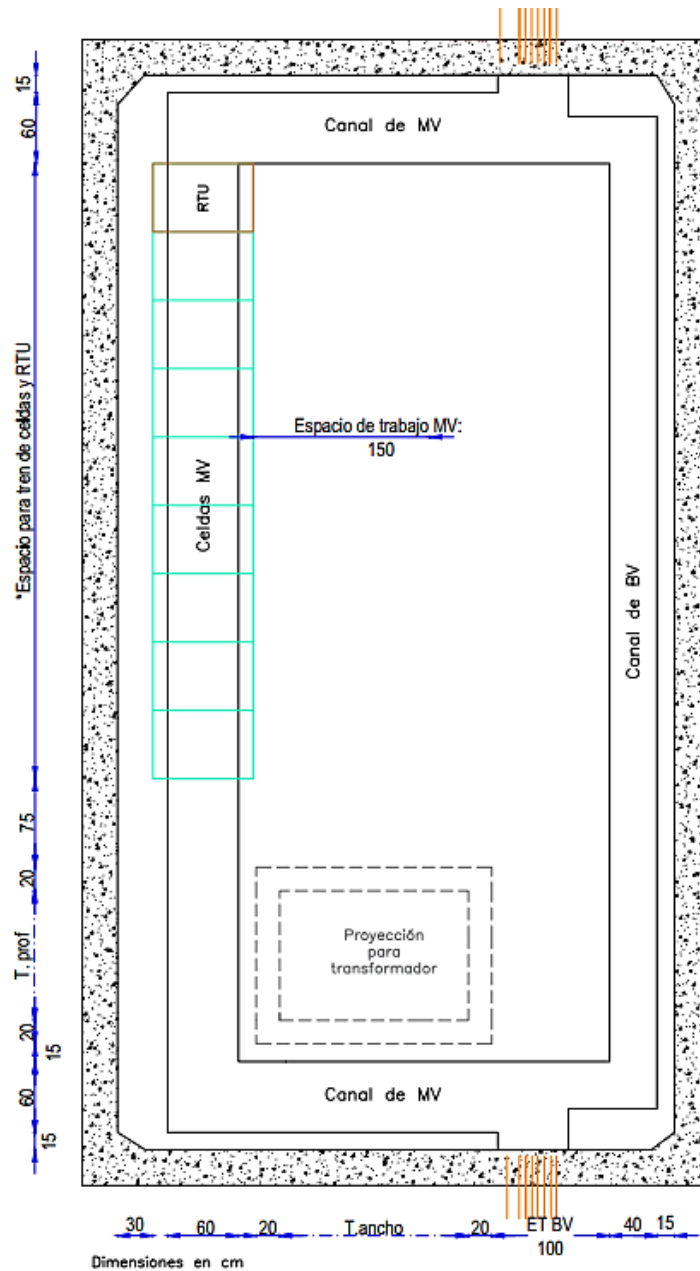
Las cámaras de seccionamiento alojarán un determinado número de celdas que permita la interconexión de alimentadores primarios, deberá contar con el equipo correspondiente para la automatización de las maniobras de seccionamiento e interconexión (RTU). Además, se deberá considerar un espacio necesario para la futura instalación de un transformador.

La cámara de seccionamiento puede ser ubicada a nivel o ser subterránea, por lo que pueden instalarse celdas parcialmente aisladas o completamente aisladas, respectivamente; y, dependiendo del tipo de cámara, se podría instalar transformadores convencionales de frente muerto o transformadores ocasionalmente sumergibles.



Ante las diferentes posibilidades descritas es difícil establecer un modelo tipo para estas cámaras, por lo que deberán ser diseñadas de manera que cumplan: las dimensiones establecidas para la obra civil (A-15.03.1), los espacios de trabajo determinados en medio voltaje y bajo voltaje, y el tipo de equipos a instalarse.

Fig. A-15.06\_ 14 Dimensiones a considerar en una cámara de seccionamiento.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## A-15.07 TRANSICIONES AÉREAS – SUBTERRÁNEAS DE RED DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

Las transiciones de red de medio y bajo voltaje son el conjunto de estructuras y dispositivos cuya finalidad primordial es realizar la interconexión del sistema eléctrico aéreo con el sistema subterráneo, con el cual se busca mejorar la estética, confiabilidad, seguridad y funcionalidad de los sistemas de distribución eléctrica en entornos urbanos y rurales.

La selección adecuada de la estructura, terminales y protecciones permitirá mayor continuidad del servicio eléctrico.

### A-15.07.1. CONFIGURACIONES DE TRANSICIÓN AÉREA - SUBTERRÁNEA:

En esta sección se da a conocer las partes que conforman las principales configuraciones de transiciones de red aérea – subterránea que se pueden dar en un sistema eléctrico de distribución, así como las diferentes directrices que se deben seguir al momento de realizar un diseño y/o construcción de la misma.

#### A-15.07.1.1. TRANSICIÓN AÉREA – SUBTERRÁNEA SALIDA DE PRIMARIO DE S/E:

Esta configuración será utilizada en los siguientes casos:

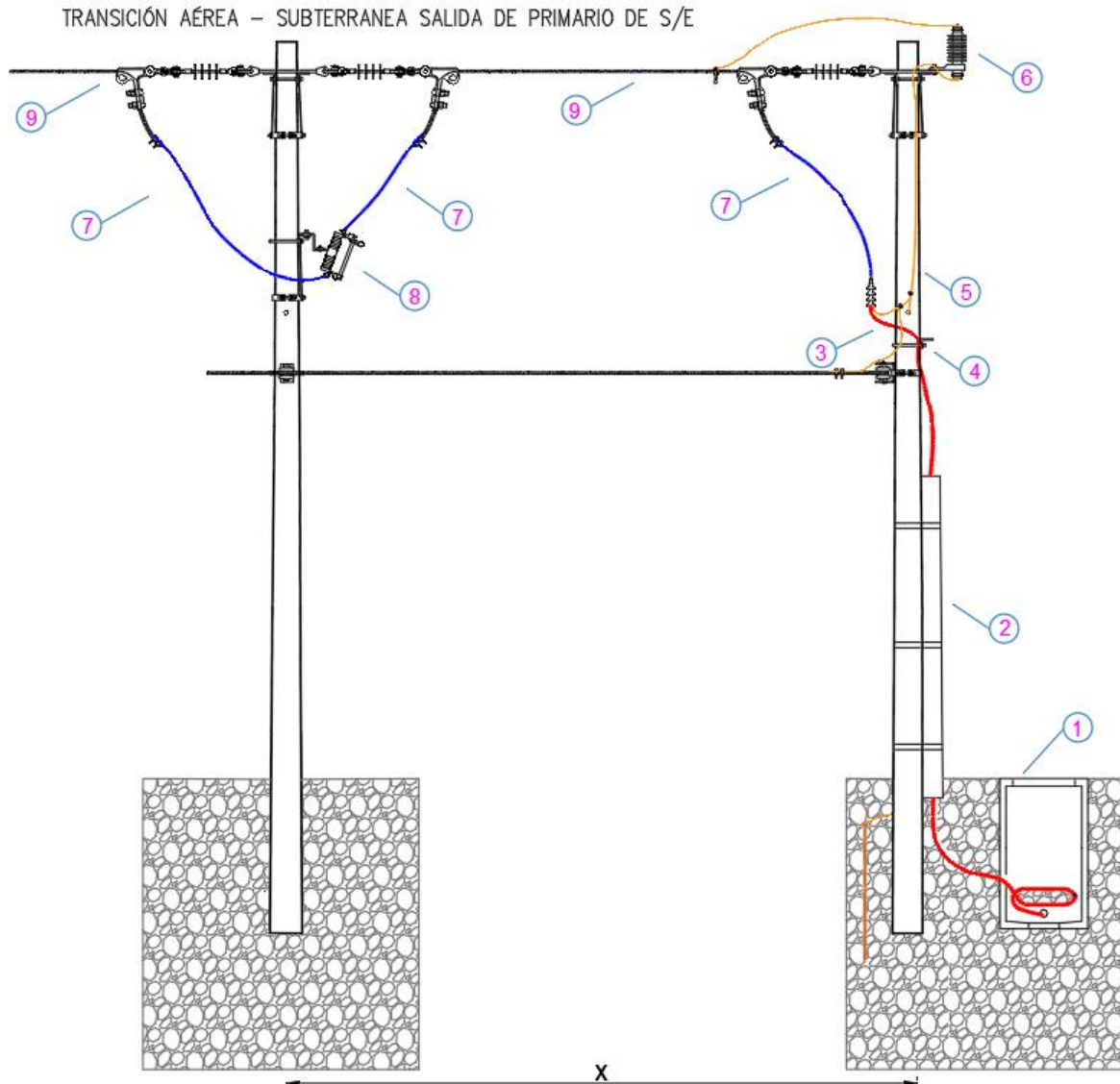
- En salida de subestaciones eléctricas.
- Para evitar cruces con redes de subtransmisión o distribución.
- En lugares de alta demanda de soterramiento.

Entre las principales partes de esta configuración tenemos:

1. Pozos de revisión y banco de ductos
2. Tubería para transición
3. Conductor aislado de medio voltaje
4. Cruceta para sujeción de cable de medio voltaje
5. Puesta a tierra
6. Descargador de sobrevoltaje
7. Conductor de unión
8. Equipo de protección y/o seccionamiento
9. Conductor desnudo para red de distribución.



Fig. A-15.07\_ 1 Estructuras de transición de red subterránea - aérea en salida de primario.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

### 1.- Pozos de revisión y Banco de ductos

El banco de ductos ayudará al enrutamiento de los conductores aislados de medio voltaje que se usarán en la construcción del primario.

De acuerdo a la proyección y distribución de la red de medio voltaje, se debe escoger la configuración de banco de ductos que más se adapte a las necesidades de la red proyectada, para lo cual se recomienda revisar la sección A-15.01.1.5 *Configuración de banco de ductos más comunes según su aplicación.*



# NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 88 DE 110

En caso de que exista la necesidad de usar una configuración que no se encuentra contemplada en la sección antes indicada, se debe revisar la sección *A-15.01.1.3 Configuración de banco de ductos* y la sección *A-15.01.1.4 Identificador nemotécnico del banco de ductos*.

Para determinar el diámetro de los ductos que se proyectará en la configuración del banco de ductos se debe utilizar la Tabla A-15.01\_1, la cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por ducto.

El pozo de revisión tiene las funciones de distribución y almacenamiento de la reserva de los conductores aislados de medio y bajo voltaje. El tipo de pozo de revisión a usarse dependerá de las necesidades del proyecto, para lo cual se debe revisar la sección *A-15.02.1 Consideraciones constructivas*

## 2.- Tubería para transición

Se utilizará tubería rígida de acero galvanizado, misma que tendrá una longitud de 6 m y será sujeta al poste mediante flejes y hebillas según las condiciones que el proyecto lo permita.

Para determinar el diámetro de tubería que se utilizará en la transición, se debe revisar la Tabla A-15.01\_2, la cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por tuberías.

## 3.- Conductor aislado de medio voltaje para red de distribución aérea.

En salidas de subestaciones eléctricas se debe utilizar conductores aislados de medio voltaje de cobre con aislamiento XLPE o TRXLPE, nivel de aislamiento 100%, 1/3 neutral. Revisar la sección A-15.05.1 *Cables para red de MV* para obtener información más detallada.

## 4.- Cruceta para sujeción de cable de medio voltaje

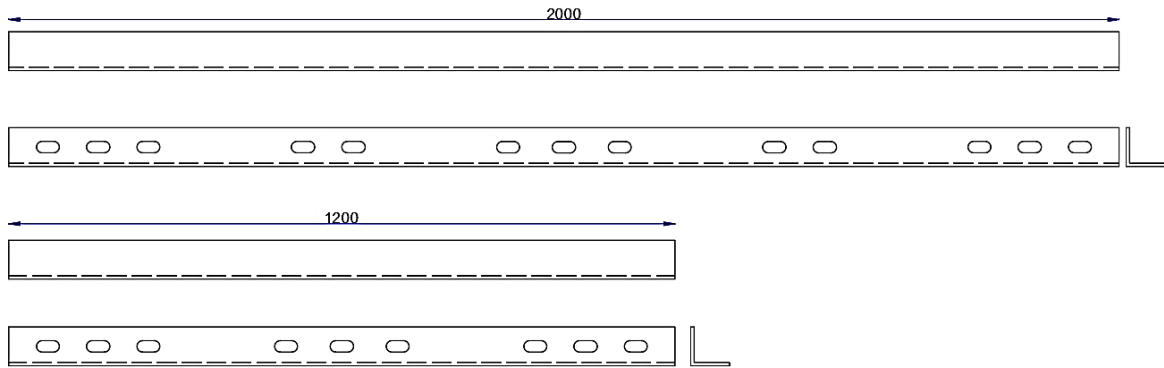
Esta cruceta tendrá la función de sostener el conductor de medio voltaje aislado y así aliviar la tensión mecánica que se pueda originar en la punta terminal a causa del peso del conductor.

Esta cruceta tendrá las mismas dimensiones que la cruceta usada para el montaje de seccionadores y descargadores de sobrevoltaje, sin embargo, esta tendrá perforaciones diferentes, que serán utilizadas para sostener el conductor de medio voltaje aislado a la cruceta, Fig. A-15.07\_2. La cruceta de 2 m será para bajantes de redes trifásicas y la cruceta de 1,2 m será para bajantes de redes monofásicas. Todas las dimensiones de estas crucetas se encuentran detallado en las especificaciones técnicas.





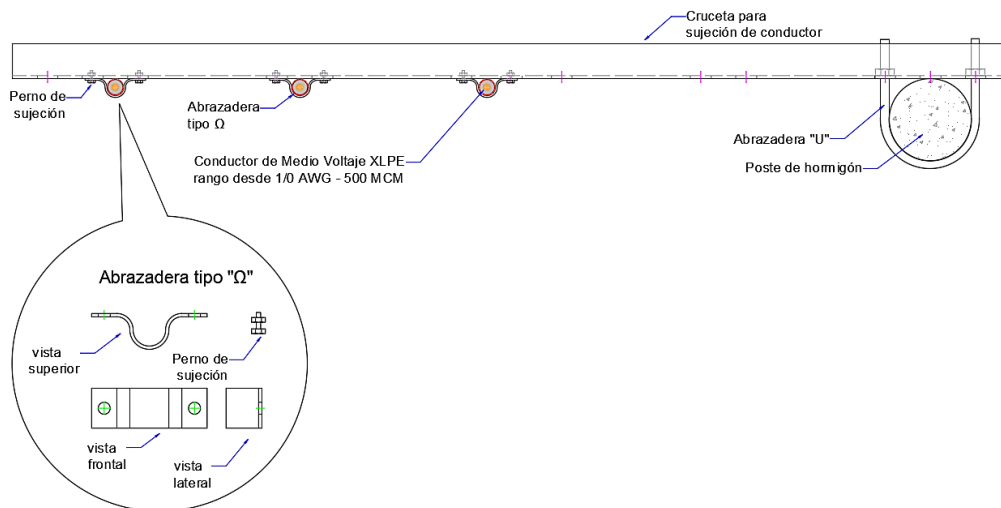
Fig. A-15.07\_2 Modelo de crucetas para sujeción de cable de medio voltaje para redes trifásicas y monofásicas.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La fijación del conductor aislado de medio voltaje a la cruceta se llevará a cabo utilizando abrazaderas tipo "Ω", las cuales rodearán al conductor con una capa adicional de la chaqueta XLPE. Esta medida tiene como objetivo brindar protección al conductor al momento de ser asegurado a la cruceta. Fig. A-15.07\_3.

Fig. A-15.07\_3 Detalle de instalación de cruceta para sujeción de red trifásica de medio voltaje.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

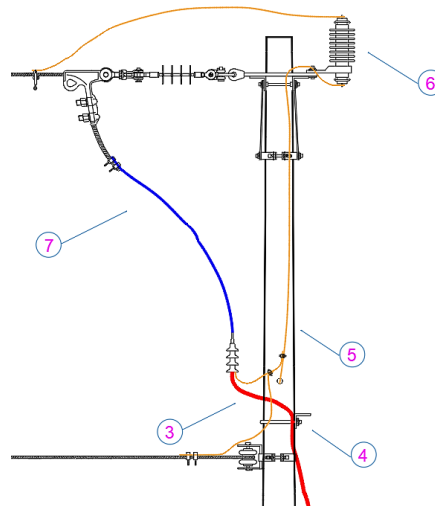
## 5.- Puesta a tierra

La puesta a tierra se realizará mediante conductor de cobre desnudo de sección 1/0 AWG, instalado dentro del poste. En la base del poste, se realizará la unión del conductor de cobre con una varilla de puesta a tierra de cobre o de acero bañada en cobre mediante soldadura exotérmica.



En la parte superior del conductor de puesta a tierra se conectará el neutro corrido del sistema, los descargadores de sobrevoltaje y la pantalla del conductor XLPE o TRXLPE, mediante conectores de ranura paralela perno central de cobre estañado (bimetálico). Fig. A-15.07\_4.

Fig. A-15.07\_4 Detalle de conexión de elementos a la puesta de tierra.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## 6.- Descargadores de Sobrevoltaje

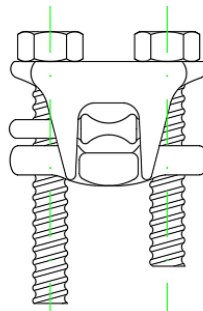
Estos serán conectados de forma directa a la red de medio voltaje mediante un conector de línea energizada y conductor de cobre desnudo No. 1/0 AWG. Fig. A-15.07\_4.

## 7.- Conductor de Unión

Este conductor hará la unión entre la red de distribución desnuda y la subterránea. Este podrá ser TTU de cobre (2 000 V) o conductor XLPE sin la chaqueta protectora. Fig. A-15.07\_4.

La conexión de este conductor con la red de distribución aérea se lo debe realizar con dos conectores de ranura paralela de dos pernos de cobre estañado (bimetálico). Fig. A-15.07\_5.

Fig. A-15.07\_5 Conector de ranura paralela de dos pernos.



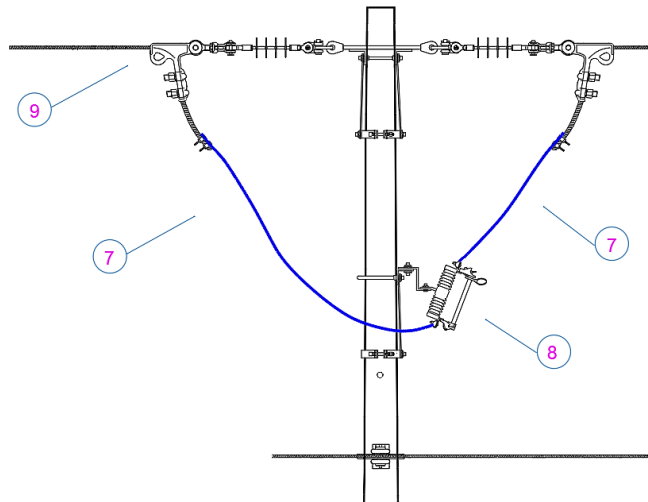
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



## 8.- Equipo de protección y/o seccionamiento

El equipo de protección y/o seccionamiento será instalado en el vano siguiente de donde se realizó la transición de la red aérea a subterránea del primario. Se deberá coordinar con el área requirente que tipo de elemento se utilizará para la protección del primario. Fig. A-15.07\_6.

Fig. A-15.07\_6 Instalación de equipo de protección y/o seccionamiento en salida de primario de S/E.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## 9.- Conductor desnudo para red aérea de medio voltaje.

La sección del conductor será considerada según la longitud del primario y la carga que se proyecta suplir con el mismo.

### A-15.07.1.2. TRANSICIÓN AÉREA – SUBTERRÁNEA PARA DERIVACIÓN

Esta configuración será utilizada en los siguientes casos:

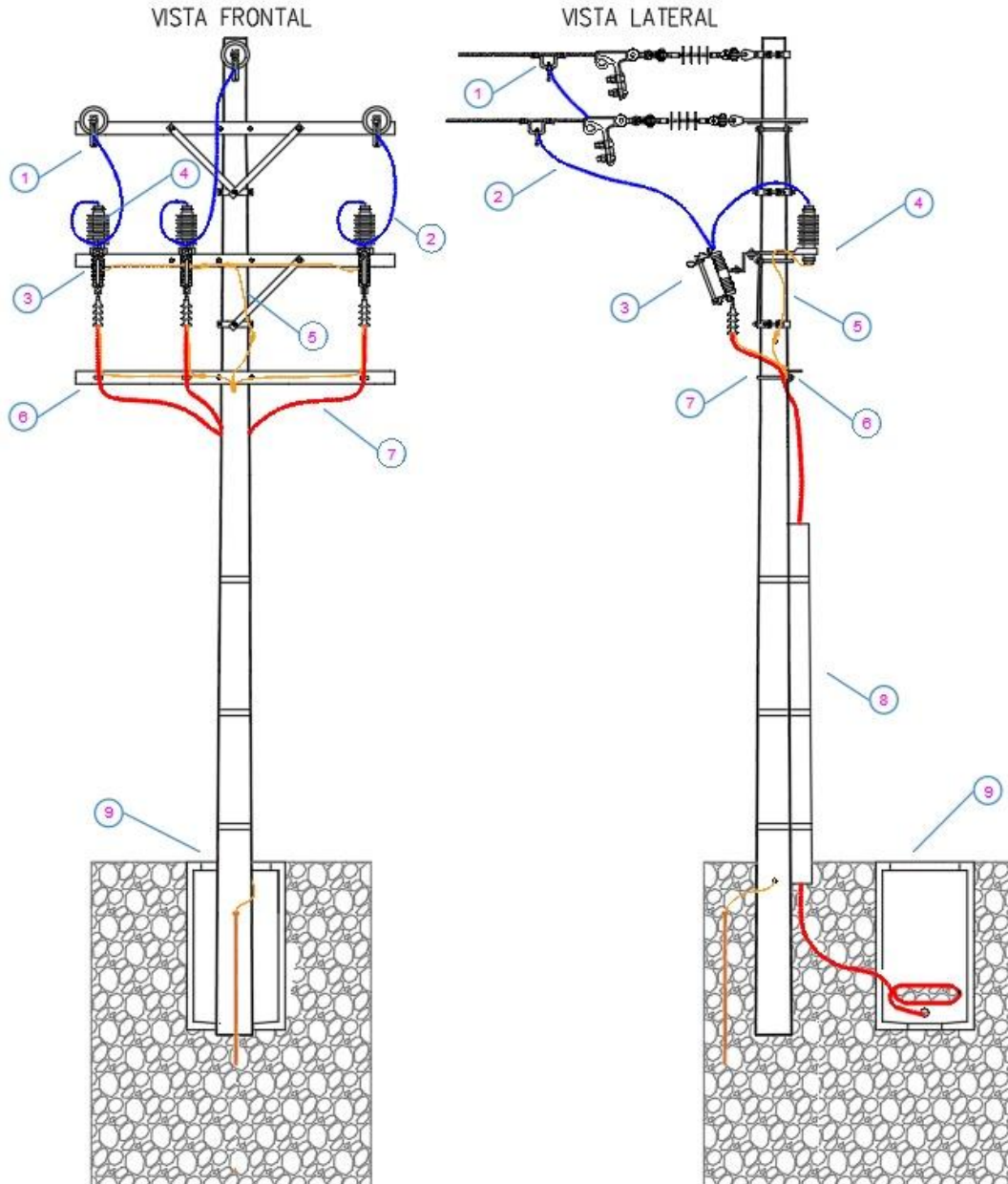
- En derivaciones para cámaras de distribución

Entre las principales partes de esta configuración tenemos:

1. Punto de derivación
2. Conductor de Unión
3. Equipo de protección y/o seccionamiento
4. Descargador de sobrevoltaje
5. Puesta a tierra
6. Cruceta para sujeción de cable de medio voltaje
7. Conductor aislado de medio voltaje
8. Tubería para transición
9. Pozo de revisión y banco de ductos



Fig. A-15.07\_7 Derivación de una red aérea a una subterránea en estructura 3CR.



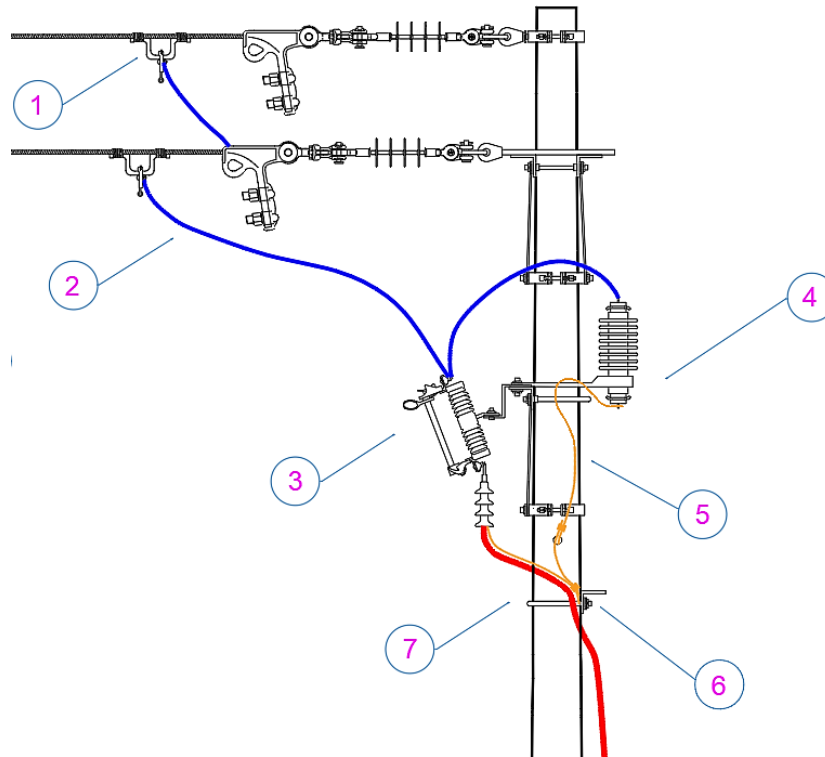
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## 1.- Punto de derivación

Es el lugar de donde se realizará la derivación de red aérea a red soterrada; mediante estribos y conectores de línea energizada.



Fig. A-15.07\_8 Derivación de una red aérea a una subterránea.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## 2.- Conductor de Unión

Este conductor hará la unión entre la red de distribución desnuda y la subterránea. Este podrá ser TTU de cobre (2 000 V) o conductor XLPE sin la chaqueta protectora. Fig. A-15.07\_8.

## 3.- Equipo de protección y/o seccionamiento

El equipo de protección y/o seccionamiento será instalado en el mismo poste dónde se va a realizar la derivación de la red aérea a subterránea para la cámara de transformación. Fig. A-15.07\_8.

## 4.- Descargadores de Sobrevoltaje

Para la conexión de los descargadores, se realizará un puente desde la entrada del seccionador hasta la entrada del descargador mediante el conductor TTU de cobre (2 000 V). Fig. A-15.07\_8.

## 5.- Puesta a tierra

La puesta a tierra se realizará mediante conductor de cobre desnudo de sección 1/0 AWG, instalado dentro del poste. En la base del poste, se realizará la unión del conductor de cobre con una varilla de puesta a tierra de cobre o de acero bañada en cobre mediante soldadura exotérmica.

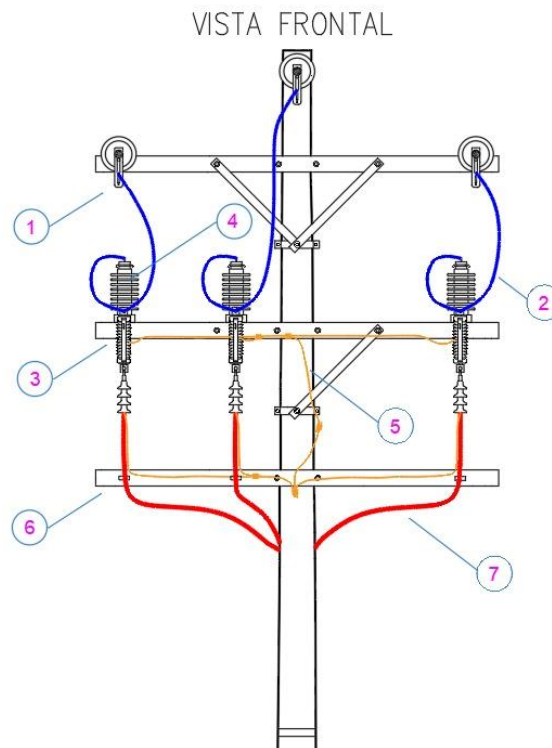


En la parte superior del conductor de puesta a tierra se conectará el neutro corrido del sistema, los descargadores de sobrevoltaje y la pantalla del conductor XLPE o TRXLPE, mediante conectores de ranura paralela perno central de cobre estañado (bimetálico). Fig. A-15.07\_8, Fig. A-15.07\_9.

## 6.- Cruceta para sujeción de cable de medio voltaje

Esta cruceta tendrá la función de sostener el conductor de medio voltaje aislado y así aliviar la tensión mecánica que se pueda originar en la punta terminal a causa del peso del conductor.

*Fig. A-15.07\_9 Instalación de cruceta para sujeción del conductor de medio voltaje en una derivación de red aérea a desnuda.*



*Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios*

Esta cruceta tendrá las mismas dimensiones que la cruceta usada para el montaje de seccionadores y descargadores de sobrevoltaje, sin embargo, esta tendrá perforaciones diferentes, que serán utilizadas para sostener el conductor de medio voltaje aislado a la cruceta, Fig. A-15.07\_2. La cruceta de 2 m será para bajantes de redes trifásicas y la cruceta de 1,2 m será para bajantes de redes monofásicas. La fijación del conductor aislado de medio voltaje a la cruceta se llevará a cabo utilizando abrazaderas tipo "Ω". Para dar una protección adicional al conductor, se añadirá una capa de la chaqueta XLPE (sobrante o retirada del cable de MV) alrededor del cable que esta abrazado contra la cruceta. Fig. A-15.07\_3.

## 7.- Conductor aislado de medio voltaje para red de distribución aérea

En las derivaciones se debe utilizar conductores aislados de medio voltaje de cobre o aluminio con aislamiento XLPE o TRXLPE, nivel de aislamiento 100%, 1/3 neutral. Revisar la sección A-15.05.1 *Cables para red de MV*, para obtener información más detallada.

## 8.- Tubería para transición

Se utilizará tubería rígida de acero galvanizado, misma que tendrá una longitud de 6 m y será sujeta al poste mediante flejes y hebillas según las condiciones del proyecto lo permita.

Para determinar que diámetro de tubería se utilizará para realizar la transición, se debe revisar la Tabla A-15.01\_2, cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por tuberías.

## 9.- Pozos de derivación y banco de ductos

El banco de ductos ayudará al enrutamiento de los conductores aislados de medio voltaje que se usarán en la distribución de la transición hacia la cámara.

De acuerdo a la proyección y distribución de la red de medio voltaje, se debe escoger la configuración de banco de ductos que más se adapte a las necesidades de la red proyectada, para lo cual se recomienda revisar la sección A-15.01.1.5 *Configuración de banco de ductos más comunes según su aplicación*.

En caso de que exista la necesidad de usar una configuración que no se encuentra contemplada en la sección antes indicada, se debe revisar la sección A-15.01.1.3 *Configuración de banco de ductos* y la sección A-15.01.1.4 *Identificador nemotécnico del banco de ductos*.

Para determinar el diámetro de los ductos que se utilizará en la configuración del banco de ductos se debe utilizar la Tabla A-15.01\_1, cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por ducto.

El pozo de revisión tiene las funciones de distribución y almacenamiento de la reserva de los conductores aislados de medio y bajo voltaje. El tipo de pozo de revisión a usarse dependerá de las necesidades del proyecto, para lo cual se debe revisar la sección A-15.02.1 *Consideraciones constructivas*.

### A-15.07.1.3. TRANSICIÓN AÉREA – SUBTERRÁNEA DE BAJO VOLTAJE

Esta configuración será utilizada en los siguientes casos:

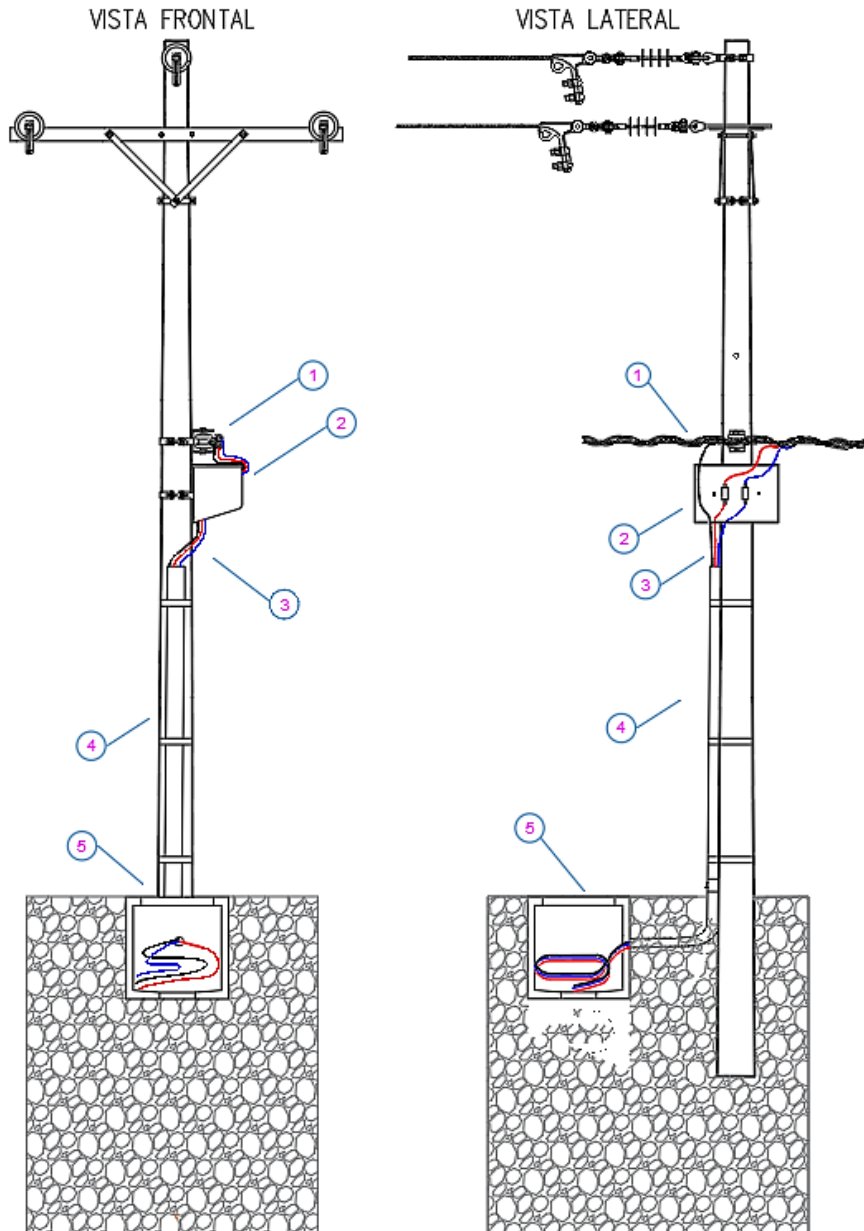
- En derivaciones para circuitos expresos.

Entre las principales partes de esta configuración tenemos:

1. Red de bajo voltaje aéreo
2. Equipo de protección
3. Red de bajo voltaje subterráneo
4. Tubería de transición
5. Pozo de derivación y banco de ductos



Fig. A-15.07\_ 10 Transición de una red aérea a una subterránea (circuito expreso).



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

## 1.- Red de bajo voltaje aéreo

Es la que distribuye el suministro eléctrico para los usuarios, de aquí se realizará la derivación para el circuito expreso. Esta red puede ser con conductor desnudo o con conductor preensamblado.



## 2.- Equipo de protección

Para realizar la protección del circuito expreso, se instalará una capaceta, misma que contendrá los fusibles NH, cuya capacidad estará sujeta a la corriente que circulará por dicho circuito.

## 3.- Red de bajo voltaje subterráneo

El cable para la transición será TTU de aluminio, para mayor información con lo referente al conductor, revisar la sección A-15.05 CABLES DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE

## 4.- Tubería de transición

Se utilizará tubería rígida de acero galvanizado, misma que tendrá una longitud de 6 m y será sujeta al poste mediante flejes y hebillas según las condiciones del proyecto lo permita.

Para determinar que diámetro de tubería se utilizará para realizar la transición, se debe revisar la Tabla A-15.01\_2, cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por tuberías.

## 5.- Pozo de derivación y banco de ductos

El banco de ductos ayudará al enrutamiento de los conductores aislados de bajo voltaje que se usarán en la distribución del circuito expreso (acometida) hasta el domicilio del cliente.

De acuerdo a la proyección y distribución del circuito expreso se debe escoger la configuración de banco de ductos que más se adapte a estas necesidades, para lo cual se recomienda revisar la sección A-15.01.1.5 Configuración de banco de ductos más comunes según su aplicación.

En caso de que exista la necesidad de usar una configuración que no se encuentra contemplada en la sección antes indicada, se debe revisar la sección A-15.01.1.3 Configuración de banco de ductos y la sección A-15.01.1.4 Identificador nemotécnico del banco de ductos.

Para determinar el diámetro de los ductos que se utilizará en la configuración del banco de ductos se debe utilizar la Tabla A-15.01\_1, cual establece el calibre y número máximo de conductores aislados permitidos por ducto.

El pozo de revisión tiene las funciones de distribución y almacenamiento de la reserva de los conductores aislados de medio y bajo voltaje. El tipo de pozo de revisión a usarse dependerá de las necesidades del proyecto, para lo cual se debe revisar la sección A-15.02.1 Consideraciones constructivas.

## A-15.08 ACOMETIDAS DOMICILIARIAS SUBTERRÁNEAS

Las acometidas domiciliarias saldrán del pozo más cercano a la vivienda por donde esté atravesando la red de bajo voltaje. Se utilizará cable tipo TTU de aluminio de calibre mínimo 4 AWG o de cobre de calibre mínimo 6 AWG para las fases y el neutro, el mismo que llegará al tablero o caja de medidores que estará ubicado en la fachada de la vivienda.

La longitud máxima de acometida recomendada será 25 m, bajará en forma perpendicular desde la caja hasta el piso, punto desde el cual haciendo una curvatura que no dañe el aislamiento del conductor se dirigirá hacia la red en bajo voltaje.



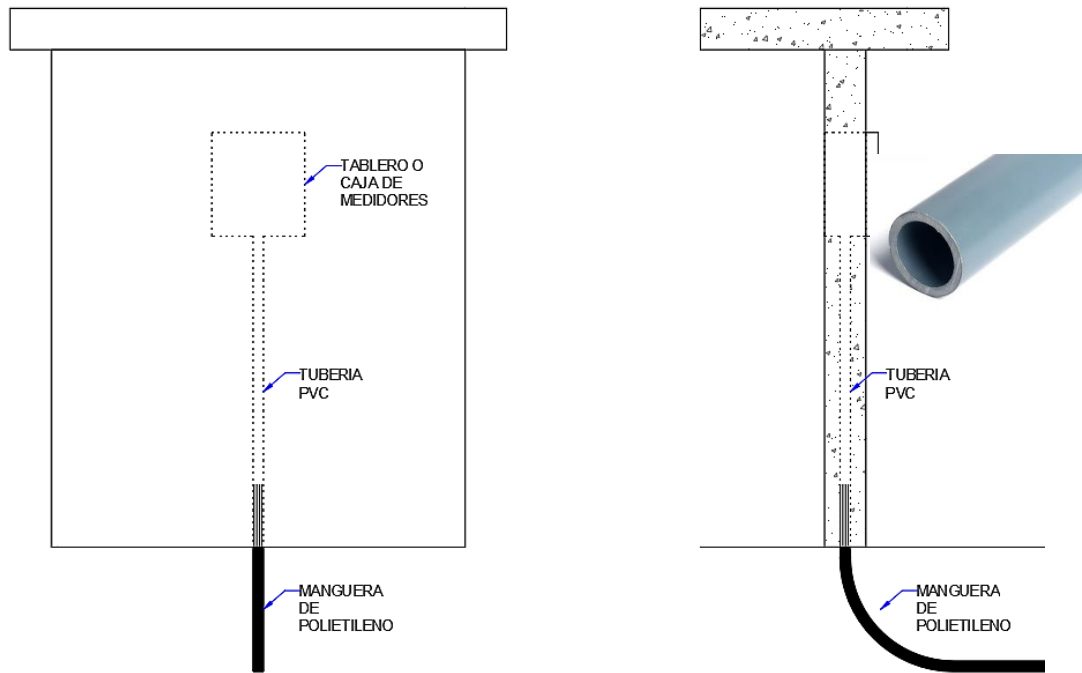
Para proteger los cables soterrados se utilizará tubería (manguera) de polietileno de alta densidad flexible de 2 pulgadas, en donde se alojará un circuito por tubería.

Para la protección de los cables en las fachadas de las viviendas, desde el piso hasta el tablero o caja de medidores, se podrán utilizar las siguientes opciones según el acabado de la fachada.

#### A-15.08.1. Tubería PVC.

Utilizada de manera empotrada en paredes lisas donde se pueda realizar esta acción como se indica en la Fig. A-15.08\_1.

Fig. A-15.08\_1 Acometida con tubería PVC empotrada.



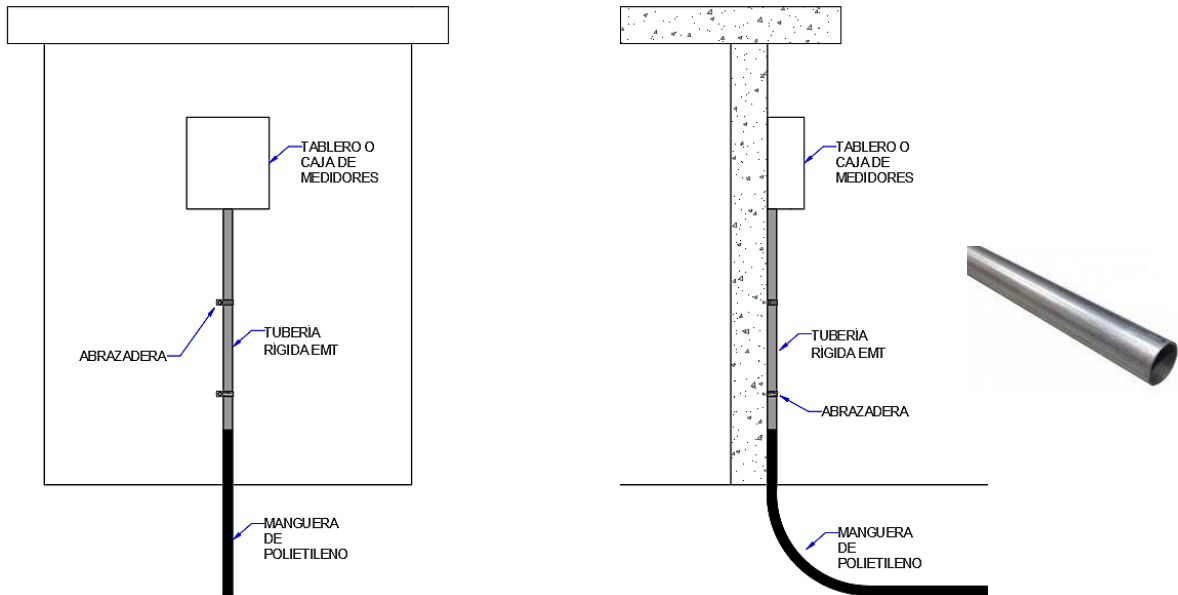
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.08.2. Tubería rígida EMT.

Utilizada de manera sobrepuesta en paredes lisas donde no se pueda empotrar la tubería en la fachada de la vivienda, por ejemplo, casas con fachada en madera, prefabricadas o fachadas sin ladrillo, garantizando una correcta sujeción a la pared con abrazaderas, tornillos y taco fisher, como se indica en la Fig. A-15.08\_2



Fig. A-15.08\_2 Acometida con tubería rígida EMT sobrepuesta.

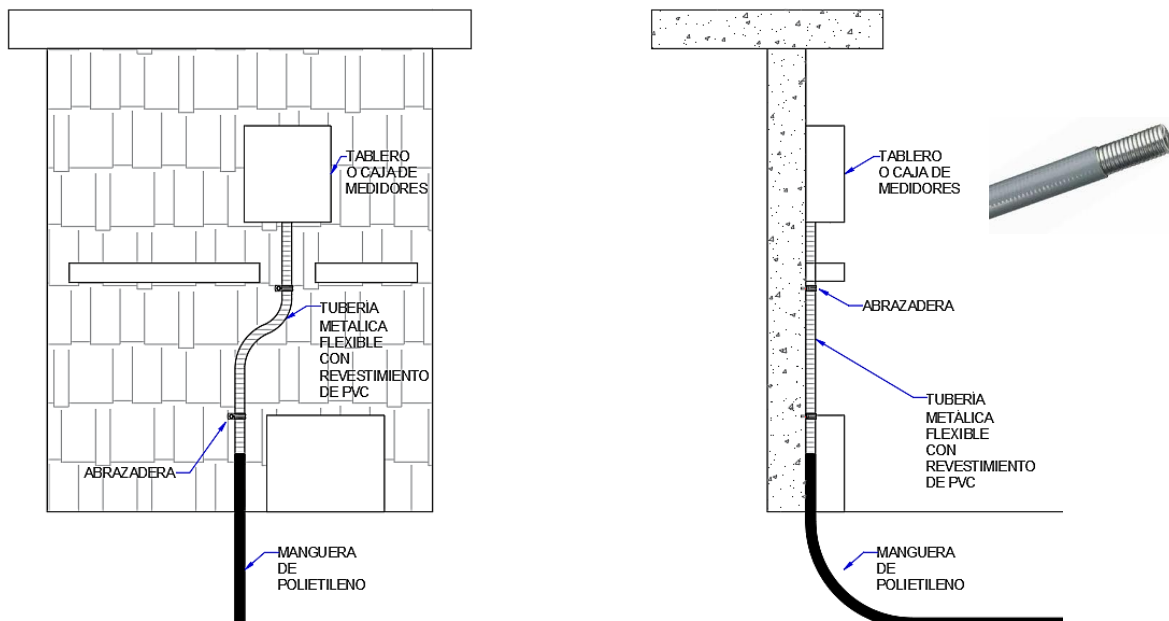


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

### A-15.08.3. Tubería metálica flexible con revestimiento de PVC (funda sellada).

Utilizada de manera sobrepuesta en paredes irregulares, por ejemplo, casas con bordillos, jardineras o fachadas con piedra decorativa, garantizando una correcta sujeción a la pared con abrazaderas, tornillos y taco fisher, como se indica en la Fig. A-15.08\_3.

Fig. A-15.08\_3 Acometida con tubería metálica flexible con revestimiento de PVC.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudio

## A-15.09 BARRAS MULTICONDUCTORAS PARA ACOMETIDAS SOTERRADAS.

Para llevar a cabo la derivación de las acometidas soterradas dentro de los pozos de distribución, destinados a los diversos usuarios residenciales ubicados dentro de las distancias permitidas, se emplearán elementos que satisfagan los siguientes criterios generales:

- Tener capacidad de soportar condiciones como humedad, polución, inmersión parcial o total en agua.
- Ser de fácil montaje y desmontaje dentro de los pozos de distribución.
- Permitir una fácil conexión y desconexión de cada una de las acometidas.
- Garantizar el servicio continuo del suministro eléctrico en todo momento.

### A-15.09.1. ELEMENTOS PARA DERIVACIÓN DE ACOMETIDAS SOTERRADAS:

La derivación de las acometidas eléctricas soterradas se llevará a cabo mediante barras multiconductoras, las cuales serán instaladas en las paredes de hormigón de los pozos de distribución. Estas barras estarán fijadas a las paredes mediante soportes de acero galvanizado.

Para asegurar los soportes de acero galvanizado en las paredes de los pozos, se emplearán pernos de expansión. Para la identificación de las fases y el neutro de la red de bajo voltaje, se utilizarán placas de identificación que serán colocadas en la parte superior de cada barra multiconductora. A continuación, se detallan cada uno de estos elementos.

#### A-15.09.1.1 Barras multiconductoras:

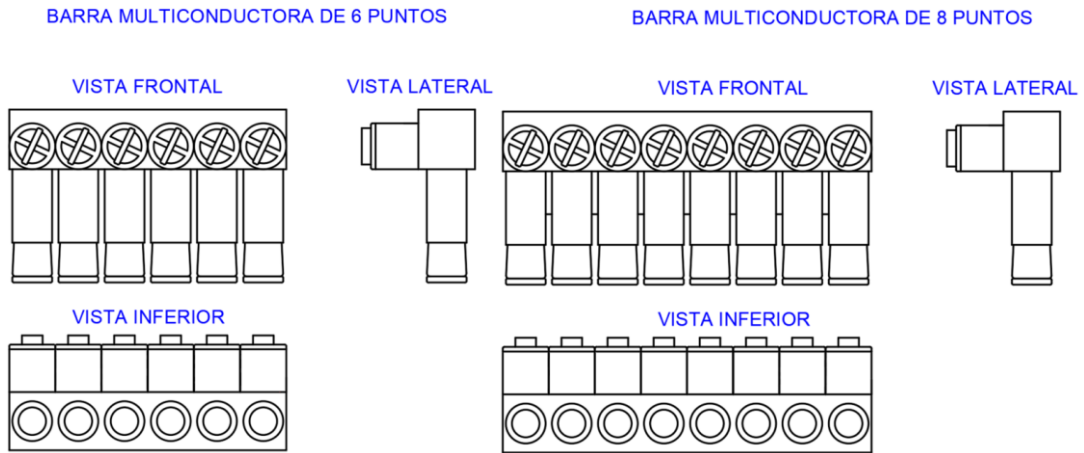
Las barras multiconductoras debe garantizar el no contacto de las partes energizadas del conductor y de la misma barra con la humedad.

Las barras multiconductoras que se instalen deben cumplir con todos los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas. Deben ser de conexión bimetálica para permitir la conexión de cables tanto de aluminio como de cobre.

Estas contarán con 6 u 8 puntos de derivación, dependiendo del número proyectado de acometidas y del número de acometidas de reserva. Además, las barras multiconductoras deben garantizar que no haya contacto entre las partes energizadas con el agua ya sea por humedad o inundación del lugar dónde estas son instaladas.



Fig. A-15.09\_1 Barras multiconductoras de 6 y 8 puntos de derivación.

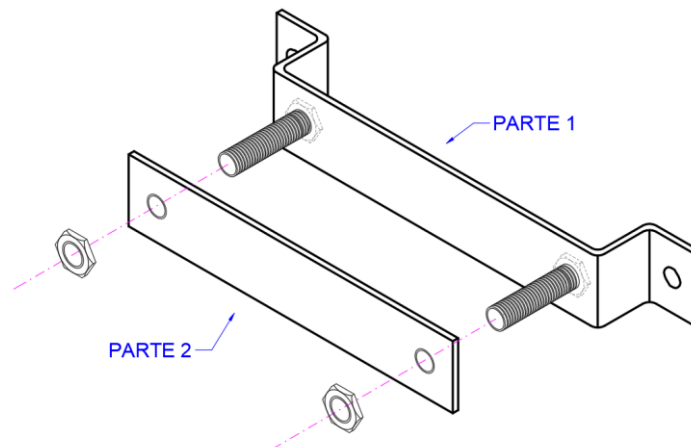


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.09.1.2 Soportes para barras multiconductoras:

Estos elementos serán los encargados de fijar y asegurar las barras multiconductoras en la pared del pozo de distribución. El material de los soportes debe ser platina de acero galvanizado de 38 mm x 4 mm y constará de dos partes.

Fig. A-15.09\_2 Soporte de acero galvanizado para barras multiconductoras.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La longitud de los soportes variará según el número de puntos de derivación de las barras multiconductoras. La parte 1 del soporte estará equipado con 2 perforaciones laterales diseñadas para fijarlo a la pared de manera segura. La parte 2 tendrá 2 perforaciones, mismas que servirán para asegurar



la parte 2 con la parte 1 del soporte, permitiendo que en medio de las dos se aloje la barra multiconductora.

Fig. A-15.09\_ 3 Dimensiones en mm de la parte 1 del soporte de barra multiconductora de 6 puntos de derivación.

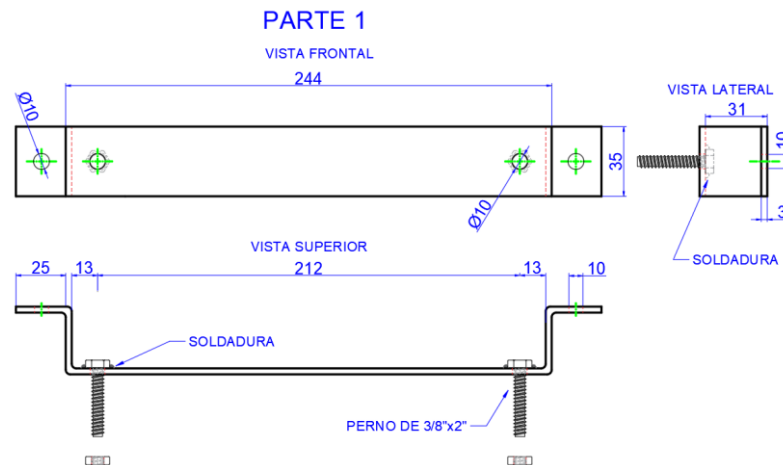
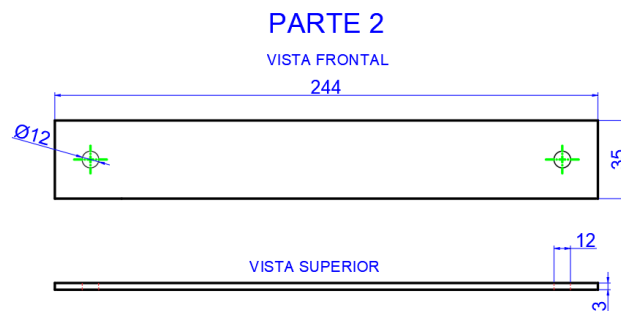


Fig. A-15.09\_ 4 Dimensiones en mm de la parte 2 del soporte de barra multiconductora de 6 puntos de derivación.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

### A-15.09.1.3 Pernos de expansión:

Estos elementos serán responsables de fijar y asegurar los soportes de las barras multiconductoras en las paredes de los pozos de derivación. Se deben realizar dos perforaciones en la pared del pozo de distribución para instalar los pernos. Los pernos expansores a utilizar serán de 3/8" x 2" de material anticorrosivo.



Fig. A-15.09\_5 Pernos de expansión.



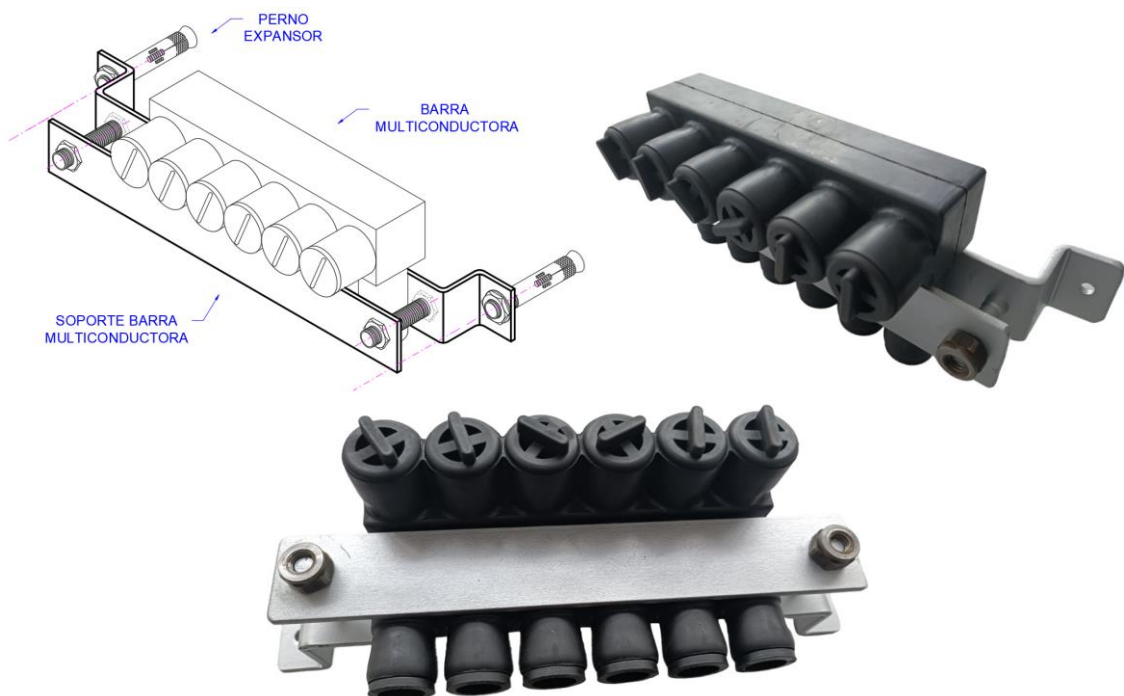
Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.09.1.4 Ensamblaje de los elementos:

Las barras multiconductoras se colocarán entre las dos partes del soporte. Las tuercas laterales se ajustarán de manera que permitan asegurar la barra multiconductora y evitar su movimiento al insertar o retirar cables eléctricos. Es importante no realizar un ajuste excesivo, esto con el fin de evitar la deformación de la parte inferior de la barra, lo cual podría dificultar la inserción o extracción de cables eléctricos.

Una vez ajustada la barra al soporte, se procederá a fijarla en el pozo usando las perforaciones laterales de la barra, asegurándola con los pernos expansores instalados en la pared.

Fig. A-15.09\_6 Ensamblaje de barra multiconductora en soporte.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.09.1.5 Placas de identificación:

Este elemento será fijado en la parte superior de las barras multiconductoras y será el encargado de identificar la asignación de las fases, neutro y tierra del sistema. Las placas serán de acrílico en la cual se escribirán las siguientes leyendas según corresponda:

**Fase 1:** BV – FASE 1

**Fase 2:** BV – FASE 2

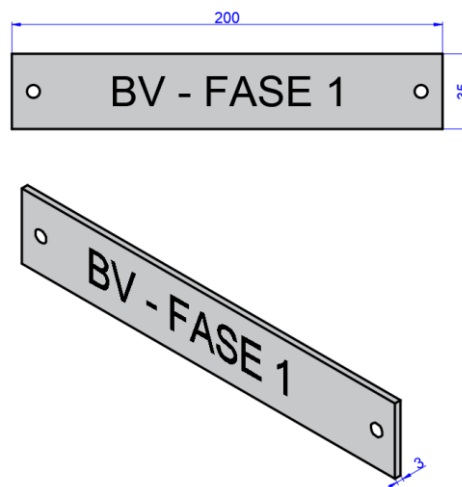
**Fase 3:** BV – FASE 3

**Neutro:** BV – NEUTRO

**Tierra:** BV – TIERRA

En la Fig. A-15.09\_7 se indica las medidas que deben cumplir las placas de identificación, estas medidas están en milímetros.

Fig. A-15.09\_7 Placa de identificación para nomenclatura de barras multiconductoras.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

#### A-15.09.2. INSTALACIÓN GENERAL DE LAS BARRAS MULTICONDUCTORAS:

Para la instalación de las barras multiconductoras dentro de los pozos de distribución se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para cubrir los pozos de tipo B, cuyas dimensiones mínimas son de 90 cm x 90 cm x 90 cm, se pueden utilizar tapas de hormigón o de hierro nodular cuadradas, ver sección **A-15.02.2 punto Tapas de grafito esférico**, esto con el fin de proporcionar el espacio suficiente para que el personal pueda realizar maniobras de instalación, mantenimiento o retiro de las barras multiconductoras dentro del pozo de distribución.





NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A  
GUÍA DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
SECCIÓN A-15 REDES SOTERRADAS DE DISTRIBUCIÓN

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

VERSIÓN: 00

Código: DI-EP-P001-D001 - A-15

Página: 105 DE 110

- Se debe evitar la obstrucción del cableado de las fases y realización de curvaturas innecesarias o muy cerradas de los cables, ver Fig. A-15.09\_8.
- Para la derivación de la puesta a tierra dentro de los pozos de distribución se utilizarán barras multiconductoras, esto con el fin de evitar el robo u oxidación de la barra de cobre, ver Fig. A-15.09\_9.
- Las barras multiconductoras asignadas para los conductores de las fases deben estar alineadas a la misma altura, ver Fig. A-15.09\_10.
- Las barras multiconductoras asignadas para los conductores del neutro y la tierra deben estar alineadas debajo de las barras multiconductoras de las fases, ver Fig. A-15.09\_10.
- Las barras para puesta a tierra serán colocadas solo en los pozos de distribución de fin de circuito ver Fig. A-15.09\_12.
- En los pozos de distribución de fin de circuito instalados en vías de acceso público se instalará barras multiconductoras de 4 derivaciones para puesta a tierra. En los pozos de distribución de fin de circuito instalados en vías de acceso privado (urbanizaciones, condominios, lotizaciones etc.) se instalarán una barra de cobre para la puesta a tierra, ver Fig. A-15.03\_7.
- Las barras multiconductoras deben estar separadas a una distancia mínima de 150 mm por debajo de la losa del pozo de distribución. Ver Fig. A-15.09\_10.
- Las barras multiconductoras deben estar separadas a una distancia mínima de 50 mm de las paredes del pozo de distribución. Fig. A-15.09\_10.
- En caso de que la pared del pozo de distribución no cuente con el espacio suficiente para la colocación de todas las barras multiconductoras, éstas podrán ser instaladas en las otras paredes del pozo, evitando ser colocadas en la misma dirección dónde están colocados los bancos de ductos. En caso de haber otro tipo configuración, será potestad del personal de la EEQ determinar su validez siempre que cumplan con los lineamientos antes establecidos. Ver Fig. A-15.09\_11.

Fig. A-15.09\_ 8 Incorrecta instalación de barras multiconductoras.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La Fig. A-15.09\_ 8 muestra la incorrecta instalación de las barras multiconductoras dentro de un pozo de distribución, ya que presentan un cruce de un conductor con una de las derivaciones de la barra multiconductora instalada en la parte inferior. Otro problema asociado con esta incorrecta instalación es la creación de curvaturas innecesarias o muy cerradas en los cables de acometida. Esto puede provocar puntos calientes y estrés mecánico en el aislamiento de los cables, debilitando así el aislamiento de los mismos en esos puntos.

Fig. A-15.09\_ 9 Terminales de barra de cobre de puesta a tierra con oxidación.

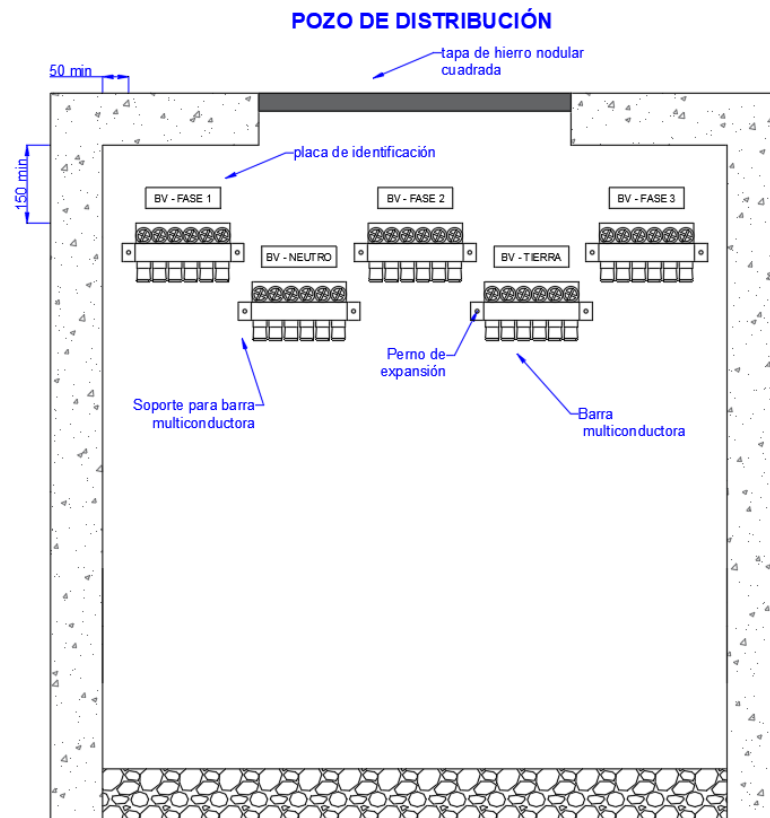


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



La Fig. A-15.09\_9 muestra la oxidación presente en los terminales de una barra de cobre para distribución de la puesta a tierra, esto debido a la humedad presente dentro de los pozos de distribución, esta condición afecta en el correcto funcionamiento del sistema de puesta a tierra.

Fig. A-15.09\_10 Barras multiconductoras alineadas dentro de un pozo de distribución.

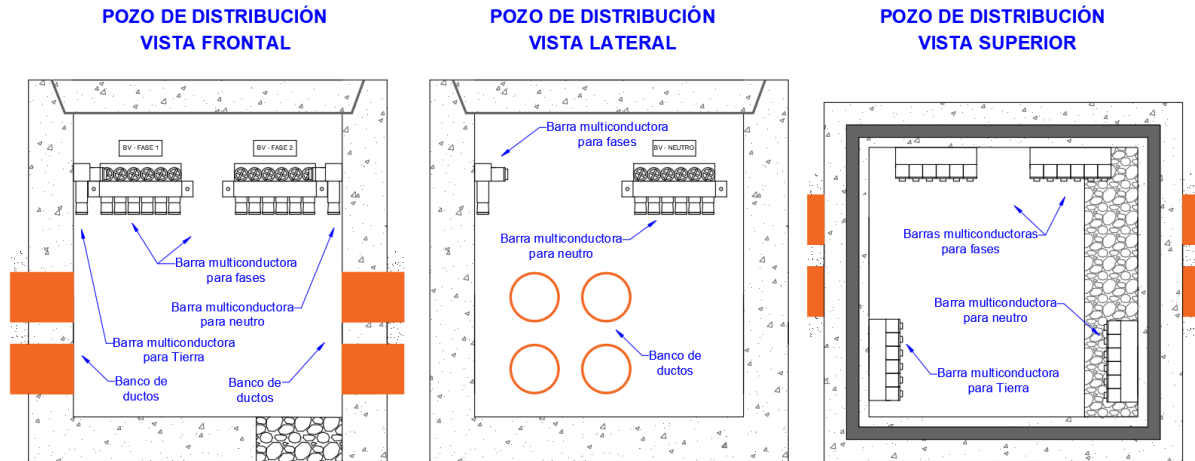


Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La Fig. A-15.09\_10 muestra la ubicación de las barras multiconductoras en una misma pared del pozo de distribución, detallando las distancias mínimas de separación que estas deben cumplir dentro del pozo.



Fig. A-15.09\_11 Barras multiconductoras instaladas en más de una pared del pozo de distribución.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

La Fig. A-15.09\_11 muestra otra manera de realizar la ubicación de las barras multiconductoras dentro de un pozo de distribución en caso de no contar con el espacio suficiente para ubicarlas en una sola pared.

### A-15.09.3. CABLEADO DE LAS BARRAS MULTICONDUCTORAS:

El cable utilizado para energizar las barras multiconductoras debe ser de la misma sección del cable utilizado para el circuito principal de bajo voltaje.

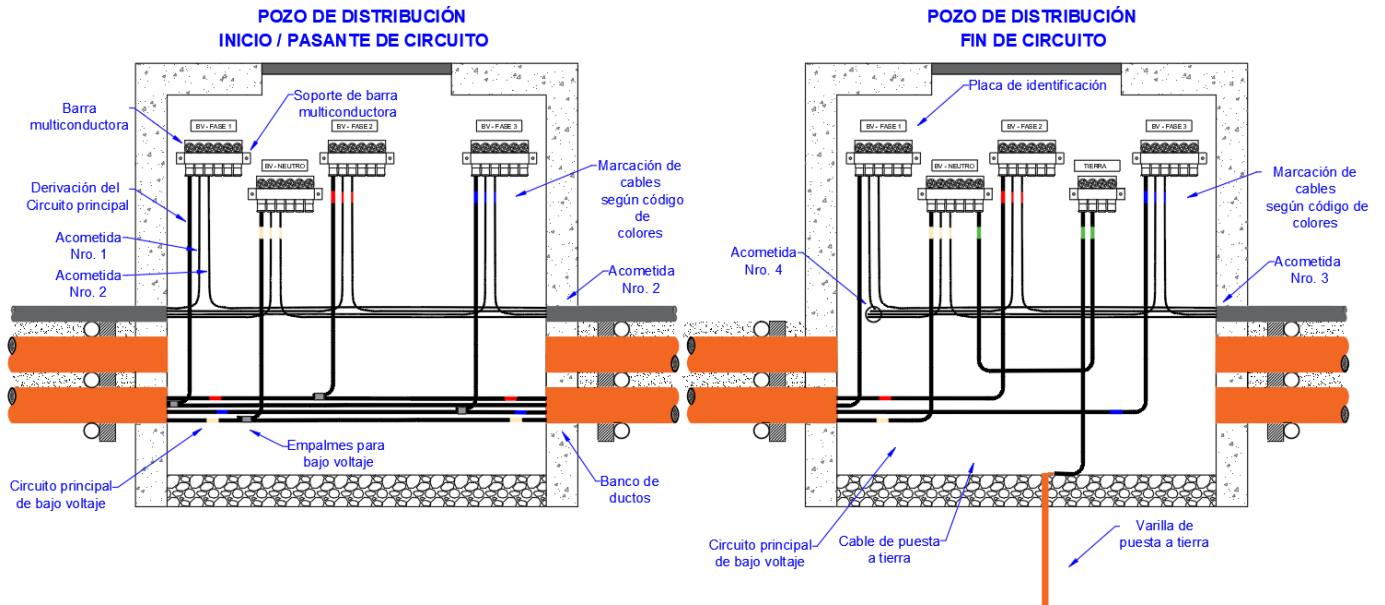
El código de colores utilizado para la identificación de los cables será según Fig. A-15.03\_5.

#### A-15.09.3.1 Cableado en derivación:

Al circuito principal de bajo voltaje que va de pozo a pozo, se le realizará un empalme para tener una derivación del circuito principal, mismo que será colocado en un extremo de la barra multiconductora. Este procedimiento se lo realizará en todos los pozos restantes del circuito. El empalme de la derivación se lo hará con los empalmes para bajo voltaje según la sección A-15.05.3 numeral 3 empalmes de bajo voltaje.

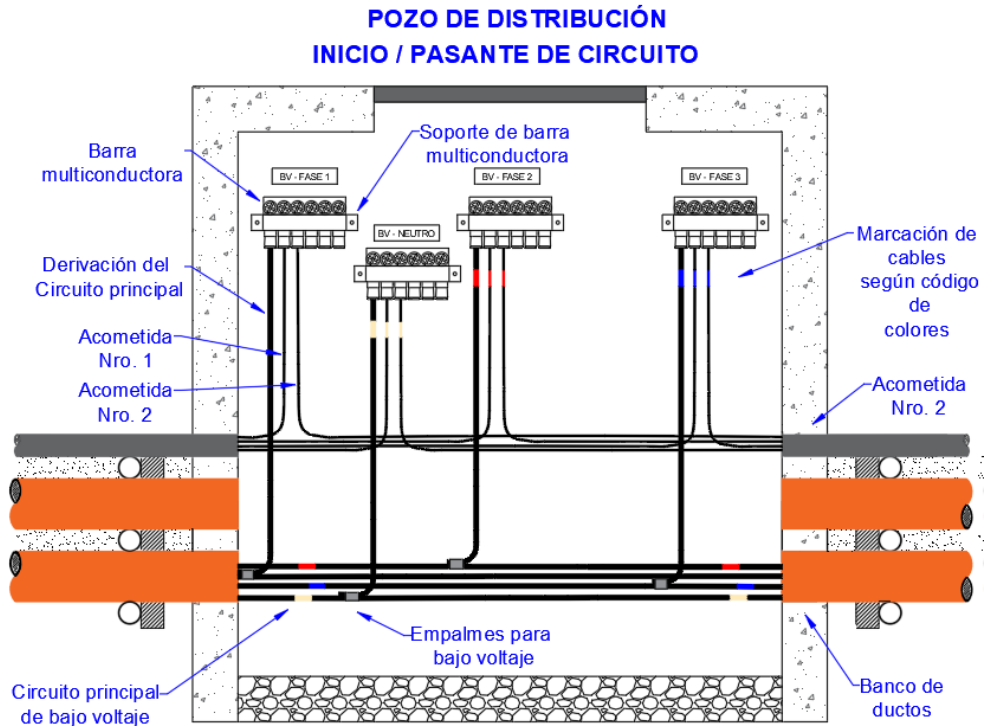


Fig. A-15.09\_ 12 Cableado tramo a tramo de dos pozos de distribución.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios

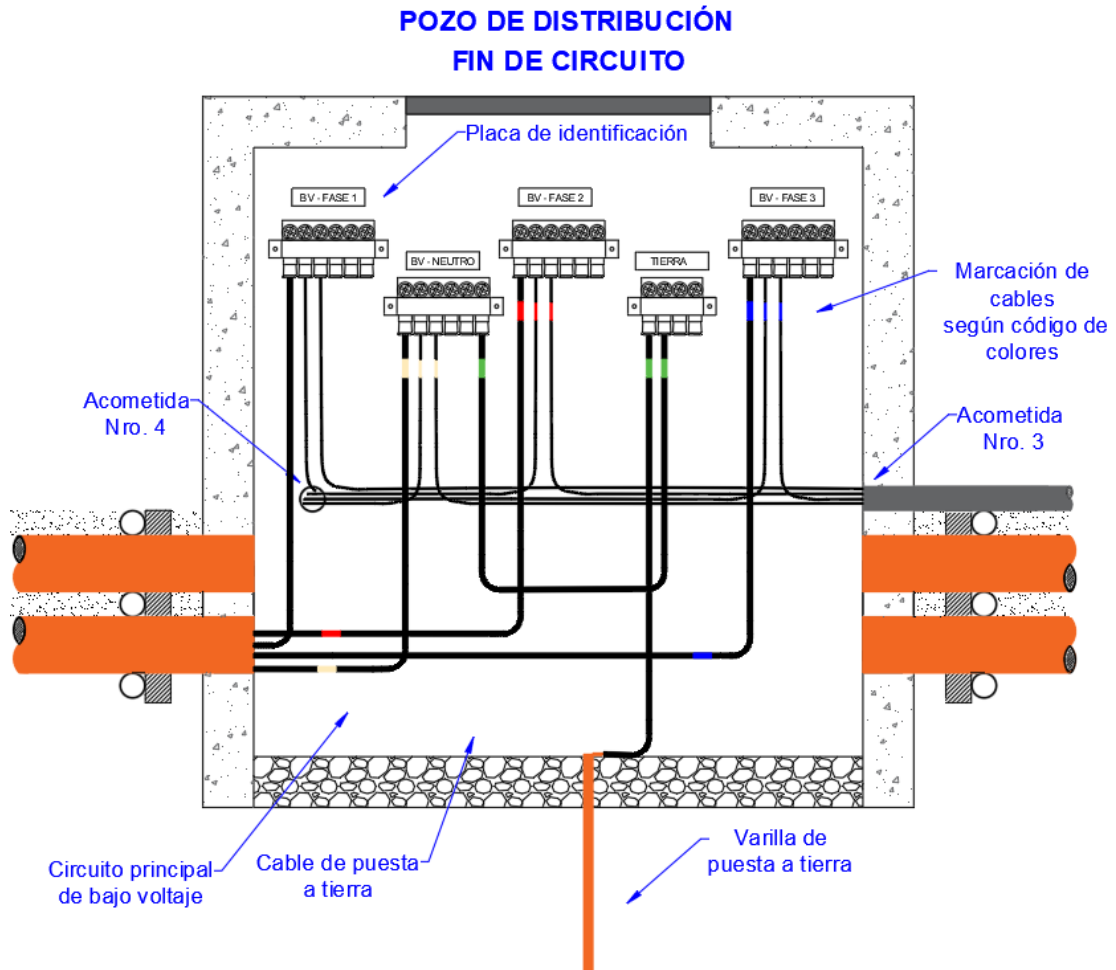
Fig. A-15.09\_ 13 Conexión de las acometidas en las barras multiconductoras dentro del pozo de distribución de inicio o pasante de circuito.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios



Fig. A-15.09\_ 14 Conexión de las acometidas en las barras multiconductoras dentro del pozo de distribución fin de circuito.



Fuente: Elaboración propia – Sección Planeamiento y estudios