



# **Manual para Redes Eléctricas de Distribución Subterránea**

**Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e  
Industriales**

**Comisión Redes Eléctricas de Distribución**

**2021**

## **Miembros de la Comisión**

### **Redes Eléctricas de Distribución**

Ing. Cristian Acuña Brenes

Ing. Johan Araya Ríos

Ing. Giovanni Barrantes Zúñiga

Ing. Gustavo Calvo Horth

Ing. Ismael López Jiménez

Ing. Javier Maietta Leitón

Ing. Róger Méndez Víquez

Ing. Adrián Mora Álvarez

Ing. Wagner Pineda Rodríguez

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO .....	1
1.2 ALCANCED.....	1
1.3 MARCO DE REFERENCIA.....	1
<b>CAPÍTULO 2: REQUISITOS PARA EL DISEÑO.....</b>	<b>3</b>
2.1 DISEÑO.....	3
2.2 PLANOS.....	4
<b>CAPÍTULO 3: RECOMENDACIONES PARA LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS .....</b>	<b>9</b>
3.1 CANALIZACIÓN.....	9
3.2 CAJAS DE REGISTRO.....	12
3.3 BASES DE CONCRETO PARA INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	15
3.4 PUNTO DE TRANSICIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO.....	16
3.5 CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL CABLEADO.....	17
3.6 ROTULACIÓN O ETIQUETADO EN SITIO.....	17
<b>CAPÍTULO 4: TRANSFORMADORES PARA REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>22</b>
4.1 TRANSFORMADORES AISLADOS EN LÍQUIDO.....	22
4.2 TRANSFORMADORES SECOS.....	39
<b>CAPÍTULO 5: CABLES DE POTENCIA.....</b>	<b>44</b>
5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS CABLES PARA MEDIA TENSIÓN.....	44
5.2 PRUEBAS EN FÁBRICA.....	47
5.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN PARA EL CABLE DESPUÉS DE INSTALADO.....	48
5.4 OTRAS CONDICIONES.....	49
5.5 CABLES DE BAJA TENSIÓN.....	49
<b>CAPÍTULO 6: EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO .....</b>	<b>51</b>

6.1	GENERALIDADES.....	51
6.2	CORTACIRCUITOS.....	52
6.3	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE DE USO EXTERIOR.....	53
6.4	CUCHILLA SECCIONADORA.....	53
6.5	INTERRUPTOR.....	53
6.6	PARARRAYOS.....	56
6.7	REGLETAS DE DERIVACIÓN.....	58
6.8	TERMINALES PARA LA TRANSICIÓN AÉREO – SUBTERRÁNEO.....	58
6.9	EMPALMES.....	59
6.10	PUESTAS A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN.....	60
6.11	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN CIRCUITOS SECUNDARIOS.....	61
6.12	PUNTOS DE ENTREGA Y MEDICIÓN.....	61
	<b>ANEXO N°1 .....</b>	<b>63</b>
	<b>SIMBOLOGÍA .....</b>	<b>63</b>
	<b>ANEXO N°2 .....</b>	<b>67</b>
	<b>FIGURAS DE REFERENCIA .....</b>	<b>67</b>
	<b>ANEXO N°3 .....</b>	<b>78</b>
	<b>METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>78</b>
	<b>ANEXO N°4 .....</b>	<b>81</b>
	<b>FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.....</b>	<b>81</b>

## **CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES**

### **1.1 OBJETIVO.**

Establecer a nivel nacional, los criterios, métodos, equipos y materiales utilizados en la planificación, diseño y construcción de redes de distribución eléctrica subterránea, lo cual permitirá obtener economía, confiabilidad, seguridad, estética y continuidad del servicio eléctrico por medio de instalaciones eficientes que requieran un mínimo de mantenimiento y una máxima calidad del servicio.

### **1.2 ALCANCE.**

Este manual se aplica en aquellas redes subterráneas que forman parte de la red eléctrica de distribución a nivel nacional, comprendida desde la salida de las subestaciones y hasta los usuarios finales de la energía eléctrica, incluyendo los circuitos de media tensión y baja tensión requeridos para este fin, así como todos los equipos necesarios para lograr este propósito.

### **1.3 MARCO DE REFERENCIA.**

Los proyectos u obras que se diseñen y construyan para redes eléctricas de distribución en media tensión, califican como obra mayor, según definición del Reglamento para el Trámite de Planos y la Conexión de los Servicios Eléctricos, Telecomunicaciones y de otros en Edificios del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).

Esta condición se establece independientemente que sean instaladas en vía pública o privada, razón por la cual se deberá aplicar y cumplir todo lo indicado en este documento. Todos los proyectos que se diseñen o construyan en redes eléctricas de media tensión deberán ser avalados por profesionales autorizados para realizar obra mayor. Dichos

profesionales tienen que ser miembros regulares del CFIA, sin excepción, y sujetos a lo establecido en todos y cada uno de los reglamentos que regulan la profesión.

Lo indicado en el párrafo anterior, prevalece tanto para obras que se desarrollarán y formarán parte de la red de distribución de la empresa distribuidora, como para las obras que se ejecuten y queden bajo la responsabilidad del cliente.

También es un requerimiento para el diseño, construcción e inspección de la obra civil la inscripción de un profesional responsable afín a estas labores, avalado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

Según corresponda las normativas técnicas aplicables serán el Código Eléctrico Nacional para la Seguridad y la Vida y/o las emitidas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) vigentes.

En lo referente a la Seguridad, la Salud y el Ambiente, todas las obras deberán cumplir la reglamentación vigente.

## **CAPÍTULO 2: REQUISITOS PARA EL DISEÑO**

### **2.1 DISEÑO.**

#### **2.1.1 CONSULTA PRELIMINAR.**

Se considera recomendable que el profesional responsable de desarrollar un proyecto, consulte previamente con la empresa distribuidora aspectos técnicos como por ejemplo: la disponibilidad y calidad de la energía existente, el nivel de cortocircuito en el posible punto de conexión, los ajustes a la red eléctrica aérea existente, el tipo de configuración de la red a desarrollar (preferible en anillo), la densidad de carga para proyectos similares, el sistema de medición a utilizar y otras características a integrar en su diseño.

#### **2.1.2 PROYECTO.**

Para la realización del proyecto y sus respectivos subproyectos (etapas constructivas por realizar en un plazo preestablecido), se deberá contar con la siguiente información:

- a. Tabla con mínimo lo siguiente: cargas demandadas por cliente, potencia y cantidad de los transformadores (ver una posible metodología para el cálculo de la potencia nominal en el Anexo 03).
- b. Además, topología del circuito, cálculos de capacidad de los conductores, cálculo mecánico aplicable a la instalación de conductores, análisis de corto circuito y coordinación de protecciones y diseño de los sistemas de puesta a tierra.
- c. La información técnica de los equipos, materiales y accesorios recomendados en el diseño tales como conductores de media y baja tensión, transformadores, seccionadores, fusibles e interruptores,

elementos premoldeados, sistemas de derivación a usuarios y esquemas de medición.

- d. La información anterior podrá ser solicitada al profesional responsable por la empresa distribuidora para efectos de revisión.
- e. Las tensiones normalizadas por la ARESEP, las cuales se deben acatar, de igual forma estas tensiones dependen de las conexiones de los transformadores (delta, estrella y sus variantes) por lo tanto, es responsabilidad del diseñador contemplar dentro de su esquema de protecciones los pros y contras de la conexión a utilizar.
- f. Los sistemas de iluminación pública general que vayan a ser traspasados a la empresa distribuidora de energía para su operación y mantenimiento, deberán cumplir con las especificaciones técnicas que establezca la empresa eléctrica.
- g. Se entiende como sistema de iluminación pública general aquel que se destine a iluminar vías que sean alimentadas directamente del sistema de distribución secundario de la empresa distribuidora, sin que haya medición de energía.

## **2.2 PLANOS.**

### **2.2.1 GENERALIDADES.**

Se debe entregar a la empresa distribuidora una copia del plano de catastro y de los planos de las obras eléctricas y civiles, tanto en media tensión, como en baja tensión, alumbrado público (cuando aplique) y del sistema de medición, que contengan la siguiente información:

- a. Simbología y nomenclatura.



- b. Ubicación y localización geográfica.
- c. Plano de conjunto del proyecto con la lotificación indicada.
- d. Trazo de calles públicas, privadas y servidumbres.
- e. Identificación de áreas comunes, parques y zonas verdes.
- f. Ubicación de equipos y dispositivos.
- g. Notas aclaratorias.
- h. Si el proyecto contempla extensiones de líneas aéreas, estas deberán cumplir con el suministro de materiales normalizados y con los requisitos de montaje que tenga establecidos la empresa distribuidora de energía eléctrica que suministrará el servicio.
- i. Los planos serán firmados por el profesional responsable según lo establecido por el CFIA. La firma digital es completamente válida y se deberá cumplir con la legislación respectiva.

### **2.2.2 PLANO ELÉCTRICO.**

Deberá contener la siguiente información:

- a. Ruta de la red eléctrica trazada sobre la planta física del proyecto de acuerdo con la simbología indicada en el Anexo 1.
- b. Ubicación de transformadores, equipos de protección, seccionadores, empalmes, red de alumbrado público y cualquier otro equipo.
- c. El punto de transición de la red aérea a subterránea, así como el poste de la red aérea existente con su respectiva localización (numeración en el poste), en el cual se conecta la nueva red.
- d. Para las transiciones de línea aérea a subterránea se debe indicar el tipo de montaje(s), aislador(es), pararrayo(s) y equipo(s) de protección.

- e. Todos los elementos de la red eléctrica se codificarán según se muestra en el apartado 3.6 correspondiente a rotulación o etiquetado. Tanto en el alimentador como en sus ramales, se indicará el nivel de tensión de operación, número de fases, calibre, tipo de conductor y diámetro del ducto.
- f. Cuadro con el balance de cargas instaladas por fase para circuitos principales y ramales.
- g. Señalar el calibre y las características del conductor.
- h. Diagrama unifilar de media tensión con la siguiente información:
  - 1. Longitud del alimentador.
  - 2. Fases.
  - 3. Tipo de conductor y calibre.
  - 4. Transformadores (niveles de tensión, tipo de conexión, impedancia y capacidad).
  - 5. Puntos de derivación
  - 6. Equipos de protección y seccionamiento.
  - 7. Esquema de respaldo.
  - 8. Sistemas de medición de energía eléctrica.
  - 9. Distancias entre equipos tales como transformadores, seccionadores, empalmes, puntos de derivación.
- i. Deberá incluirse un diagrama unifilar de baja tensión para cada transformador, con la siguiente información:
  - 1. Longitudes de los alimentadores secundarios, de alumbrado y de acometidas.
  - 2. Fases
  - 3. Tipos de conductor y calibre.

4. Conexión de regletas de derivación secundaria en transformadores y cajas de registro.
  5. Esquema de conexión de acometidas a medidores.
  6. Esquema de conexión de lámparas de alumbrado.
  7. Especificación de tensiones y amperajes del sistema de medición de energía eléctrica de baja tensión.
  8. Sistemas de medición de energía eléctrica.
  9. Cuadro de cargas, en el que se indicará para cada transformador su número consecutivo.
  10. Calibres y tipos de conductor secundario, tensión secundaria, longitud de los circuitos secundarios, caída de tensión y balance de cargas por fase en el transformador.
- j. Las curvas de coordinación tiempo-corriente, para su verificación por parte de la distribuidora.
  - k. Sistema de medición eléctrica aprobado por la empresa distribuidora con el respectivo documento de aprobación, donde se indica el sitio y las características del sistema de medición.

### **2.2.3 PLANO CIVIL.**

Las láminas de la obra civil deberán ser independientes de las de la obra eléctrica. El plano de obra civil debe cumplir, con lo indicado en este documento y deberá contener como mínimo la siguiente información:

- a. Planta de diseño de sitio.
- b. Planta de diseño de canalización eléctrica mostrando la localización exacta y a escala de todos los elementos. Se deben indicar las rutas de las diferentes canalizaciones, con la cantidad, diámetro y cédula para cada tubería. Cada

elemento debe ser numerado de acuerdo con lo indicado en este documento.

- c. Cuadro de notas con especificaciones generales.
- d. Cuadro de simbología de canalización eléctrica.
- e. Cuadro de listas de cantidades de canalizaciones y elementos.
- f. Recuadro con la localización del proyecto en la hoja cartográfica correspondiente.
- g. Indicar la distancia de las diferentes canalizaciones entre cada elemento, tales como registros, fosos de transformador, etc.
- h. Incluir secciones descriptivas de puntos críticos debidos a cruces o coincidencias de tuberías de otros sistemas o por localización especial de canalizaciones.
- i. Detalles constructivos de cada elemento. De ser necesario, se deberá presentar una lámina exclusiva para los detalles.
- j. Otros detalles necesarios para la integridad de la obra, tales como: cruces de ríos y quebradas, control de taludes, etc.

#### **2.2.4 PLANOS SEGÚN OBRA.**

Previo a la energización definitiva y/o recepción de la obra, los profesionales de cada área en el desarrollo de esta deberán entregar, a la empresa distribuidora, copia digital de los planos anteriores que contengan todas las modificaciones de obras ejecutadas.

## **CAPÍTULO 3: RECOMENDACIONES PARA LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS**

### **3.1 CANALIZACIÓN.**

#### **3.1.1 DEFINICIÓN.**

Se entiende por canalización, la excavación a efectuarse dentro del área del proyecto, para la colocación de los conductos no metálicos de pared interna lisa, donde serán instalados posteriormente los conductores de media y baja tensión.

#### **3.1.2 DIMENSIONES.**

Las dimensiones mínimas para la canalización serán las mostradas en la Tabla N°1:

**Tabla N°1**

**Dimensiones mínimas para la canalización.**

<b>Tipo de canalización</b>	<b>Ancho</b>	<b>Profundidad (al centro del conducto superior)</b>
Media tensión	60 cm	110 cm
Distribución pública BT	30 cm	70 cm
Acometidas de BT	30 cm	60 cm

#### **3.1.3 CONDUCTOS.**

Los conductos en donde se instalarán los conductores tendrán características mecánicas equivalentes y no menores a la tubería de PVC, SDR 41. Los diámetros mínimos para los conductos serán los mostrados en la Tabla N°2:

**Tabla N°2**

**Diámetros mínimos para los ductos.**

Tipo	Diámetro mínimo (mm)
Media Tensión 35 kV	100
Media Tensión 25 kV	75
Media Tensión 15 kV	75
Distribución pública BT	75
Acometidas BT	50
Alumbrado BT	50

**3.1.4 SEPARACIÓN.**

Deberá existir una separación mínima entre los conductos equivalente a la mitad del diámetro del tubo mayor. Para conservar una distancia uniforme entre los conductos se deben utilizar separadores tipo yugo y podrán ser de madera, fibra de vidrio o plástico, colocados a una distancia máxima de tres metros entre ellos.

**3.1.5 TUBERÍA PREVISTA.**

Para todos los casos se instalará un conducto adicional de iguales características, previsto como reserva. Se exceptúan las canalizaciones de alumbrado y las destinadas a la alimentación de medidores de tipo residencial.

**3.1.6 SEÑALIZACIÓN.**

Todas las canalizaciones llevarán una cinta preventiva de polietileno preferiblemente de color amarillo, con dimensiones mínimas de 100 milímetros de ancho, espesor 0.10 mm, con la leyenda "PELIGRO - ALTO VOLTAJE" o similar en letras de color

negro, impresas a intervalos como máximo cada 200 milímetros a lo largo de esta. La cinta se colocará a una profundidad de 400 mm de la superficie y deberá cubrir la tercera parte del ancho de la canalización.

### **3.1.7 CANALIZACIONES EN CALLE.**

En canalizaciones por calles de tránsito vehicular se recomienda usar una capa de concreto (tobacemento) como relleno con una resistencia mínima de 105 kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.1.8 ACABADO.**

El acabado de la superficie de la canalización será igual o mejor al que tenía el sitio antes de la obra.

### **3.1.9 MATERIAL DE RELLENO.**

Como material de relleno granular se podrá utilizar arena de río o de tajo a un 90% del Proctor Modificado o material del sitio compactado al 90 % del Proctor Standard según lo indicado en las figuras del Anexo 2.

### **3.1.10 LIMPIEZA DE CONDUCTOS.**

Una vez finalizadas todas las obras de construcción civil, el constructor deberá verificar todos los conductos, pasando un cilindro metálico para comprobar que no estén obstruidos o deformados. Posterior a este paso, se debe soplar, limpiar y sellar cada uno de ellos, dichos sellos serán retirados únicamente de los conductos donde se instalarán los cables. El tamaño de los dispositivos de verificación y limpieza deben ser aptos para el diámetro de tubo por verificar.

## **3.2 CAJAS DE REGISTRO.**

### **3.2.1 UTILIZACIÓN.**

Las cajas de registros solo serán utilizadas para el paso de los conductores y se requerirán en las siguientes condiciones:

- a. En los cambios de dirección que no puedan ser absorbidos por el sistema de ductos.
- b. Se obviará la caja en los cambios de dirección que pueden ser absorbidos por el sistema de ductos, siempre y cuando se respeten los radios mínimos de curvatura de los cables y la presión lateral no exceda los límites permisibles para el cable durante el tirado, en cuyo caso deberá ser demostrado.
- c. Cada 100 metros en tramos en línea recta. Para utilizar distancias mayores a la indicada se deberá demostrar que no se excederá la tensión mecánica máxima de jalado especificada para el conductor.

### **3.2.2 DIMENSIONES.**

- a. La longitud mínima de las cajas de paso recto para albergar cable de media tensión será igual a 48 veces el diámetro, sobre la cubierta, del conductor unipolar más grande que entra a la caja. El ancho de las cajas de paso recto será definido por el artículo 323.B del NESC-2007 que establece 90 cm de espacio libre horizontal a lo ancho de la caja; siendo posible reducir esta distancia a 75 cm cuando el cable se fije a una sola de las paredes de la caja.
- b. En el caso de las cajas para cambio de dirección en la canalización, la distancia entre la pared de entrada de cable y la pared opuesta no deberá ser inferior a 36 veces el diámetro, sobre la cubierta, del conductor unipolar



más grande que entra a la caja. Esta distancia se debe incrementar para las entradas de cable adicionales en una cantidad igual a la suma de los diámetros exteriores totales, de todas las otras entradas de cables en un mismo plano a través de la misma pared de la caja. La distancia entre la entrada de un cable y su salida de la caja no debe ser inferior a 36 veces el diámetro, sobre la cubierta, del conductor unipolar más grande.

- c. La profundidad de la caja será definida también por el artículo 323.B del NESC-2007 y sus excepciones, no siendo en ningún caso menor a 10 cm debajo de la base de la tubería más profunda.

En todo caso las dimensiones internas mínimas serán las mostradas en la Tabla N°3:

**Tabla N°3**

**Dimensiones internas mínimas.**

Tipo de registro	Ancho	Largo
Media tensión (mínimas)	120 cm	120 cm
Baja tensión (mínimas)	60 cm	60 cm

**3.2.3 CAJAS PARA EQUIPOS.**

Las cajas que contengan algún tipo de equipo serán dimensionadas en función de éste. Los detalles constructivos de la misma serán responsabilidad de la persona profesional afín responsable de la obra civil, en función de la información que brinde la persona profesional responsable de la obra eléctrica, entre otros: dimensiones internas mínimas, peso de los equipos o demás elementos que se alojen en la caja. Las dimensiones se deberán adecuar a los equipos que contengan, pero nunca serán inferiores a las indicadas en la Tabla N°3.

**3.2.4 ACABADO.**

- a. El interior de todas las cajas debe ser impermeabilizado.
- b. Los topes de los conductos en las paredes de las cajas de registro deben quedar perfectamente sellados con mortero o cualquier otro sellador, para evitar que penetre agua, humedad, tierra, arena o residuos. Además, se debe redondear todas las aristas (abocinado) para evitar daños al cable durante la instalación.

**3.2.5 TAPAS.**

- a. Para aquellas cajas de registro ubicadas en calles o en zonas de tránsito vehicular las tapas serán circulares, resistentes al tipo de tránsito, con un mínimo de 750 mm de diámetro, con bisagra y un pestillo u otro elemento que permita la fijación de la tapa en forma horizontal. Deberán cumplir con

la especificación definida en la norma establecida para el tipo de vía donde se utilizará.

- b. El esquema de aseguramiento de las tapas es obligatorio y deberá convenirse con la empresa distribuidora.
- c. Para aquellas cajas de registro de baja tensión, ubicadas en aceras y zonas verdes las tapas podrán estar construidas de los siguientes materiales:
  - 1. Lámina de acero con superficie antideslizante y con tratamiento anticorrosivo.
  - 2. Hierro fundido o colado.
  - 3. Concreto.
  - 4. Polímeros.
- d. El nivel de acceso a las cajas de registro deberá estar a 100 mm sobre el nivel del suelo en zonas verdes. Si la caja se localiza en acera o calle, la tapa de esta deberá quedar al nivel y será empotrada en la losa superior.
- e. Las tapas de inspección de las cajas de registro deben tener una marca de identificación o un logotipo que indique de modo sobresaliente su función eléctrica.

### **3.3 BASES DE CONCRETO PARA INSTALACIÓN DE EQUIPOS.**

- a. Todo equipo que se instale sobre el nivel de piso deberá contar con una base, con una resistencia adecuada al peso del equipo que soportará, cuyas dimensiones dependerán del equipo por instalar. La altura de la base sobre el nivel de piso terminado no debe ser menor a 100 mm.

- b. Cuando los equipos se encuentren a distancias iguales o menores de 30 metros del poste de transición o de otra caja, no se requiere una caja de registro, solamente la base de concreto.
- c. Se aceptará el uso de bases prefabricadas de otros materiales que hayan sido previamente aprobadas por la empresa distribuidora.

### **3.4 PUNTO DE TRANSICIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO.**

#### **3.4.1 DIÁMETRO.**

El conducto por utilizar debe tener un diámetro mínimo de 150 mm para 35 kV y de 100 mm para 25 y 15 kV.

#### **3.4.2 MATERIAL.**

El conducto que esté expuesto deberá ser tipo rígido, por ejemplo, conduit o PVC eléctrico, cédula 80 como mínimo.

#### **3.4.3 SELLO.**

El sello contra agua de los conductos de transición deberá ser realizado con material resistente a la flama y a los rayos UV.

#### **3.4.4 PROTECCIÓN.**

En el caso de que la transición quede ubicada en vía pública, se deberá consultar a la empresa distribuidora el tipo de protección que se le dará a los conductos de transición.

### **3.5 CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL CABLEADO.**

#### **3.5.1 RESERVA.**

En las cajas de registro de las transiciones aéreo–subterráneo, fosas de transformadores, equipos de protección, maniobra y derivaciones, se dejará 1.5 vueltas de conductor de reserva.

#### **3.5.2 SOPORTERÍA.**

En las cajas de registro de media tensión, tanto los conductores de media como de baja tensión deberán estar sobre soportes plásticos o de PVC o de fibra de vidrio y debidamente sujetos con amarras plásticas. La cantidad y resistencia mecánica de estos soportes y amarras, será según los cables a soportar y de acuerdo con los esfuerzos provocados por las corrientes de corto circuito.

#### **3.5.3 TENSIÓN DE JALADO.**

Se deberá utilizar un dinamómetro para medición continua en el jalado de los cables, en donde se registre la tensión mecánica instantánea y máxima aplicada al conductor. Solo se obviará el uso del dinamómetro cuando el jalado se realice únicamente con fuerza humana, sin ayuda de herramientas o equipos especiales y para tramos no mayores a 100 metros.

#### **3.5.4 SELLADO.**

El conducto de reserva permanecerá sellado con un material de fácil remoción.

### **3.6 ROTULACIÓN O ETIQUETADO EN SITIO.**

Los planos de la obra civil, obra electromecánica, esquemáticos unifilares y los planos de alumbrado público deberán consignar la codificación definida en este apartado.

La señalización de todos los elementos que componen la red eléctrica de distribución deberá realizarse con elementos no metálicos o metálicos de materiales no corrosivos.

Las etiquetas en los cables deberán ser fijadas con collarines o amarras plásticas rotuladas con marcador de tinta indeleble o, en caso de ser metálicas, los números y letras serán troquelados. Las letras y dígitos de los equipos de seccionamiento y transformación no deberán ser menores de 50 mm en altura. En caso de equipos tipo sumergibles, se colocarán en un lugar accesible de la fosa.

### **3.6.1 ACOMETIDAS.**

En cada caja de derivación de baja tensión, así como en las derivaciones realizadas directamente de los bornes de un transformador para acometidas con medición directa, se numerará cada acometida con el respectivo número de localización. En cada caso, se enumerará cada conductor de baja tensión con las letras a, b, c, n y el número de localización.

### **3.6.2 RAMALES DE BAJA TENSIÓN.**

Todos los ramales de baja tensión que partan de un transformador deberán ser numerados con la nomenclatura R+dos dígitos. Los dos dígitos corresponden al número de ramal iniciando en forma consecutiva por el R01, el cual corresponderá al primer ramal que tenga dirección hacia el Este, utilizando como referencia central la ubicación del transformador alimentador; subsecuentemente, se numerarán los siguientes ramales en sentido horario. En caso de que un ramal principal se divida en varias derivaciones, se agregará a estas un dígito adicional consecutivo aparte del 1, iniciando con aquella derivación que se encuentre más al Este; utilizando como punto de referencia el punto de

derivación se deberá colocar una etiqueta a cada conductor del ramal respectivo con la nomenclatura de fase (a, b, c, n) y el número de ramal respectivo.

### 3.6.3 TRANSFORMADORES.

Todos los transformadores deberán ser numerados con la nomenclatura T+ tres dígitos. Los tres dígitos corresponden al consecutivo del número de transformador para cada proyecto, iniciando con el T001, el cual corresponderá a aquel equipo que se encuentre más cerca de la fuente de alimentación principal; subsecuentemente, se numerarán los siguientes transformadores conforme se alejen de la fuente principal.

### 3.6.4 SECCIONADORES.

Los seccionadores o módulos de conexión se numerarán con la nomenclatura M+dos grupos de dos dígitos. Los dos primeros dígitos corresponderán al tipo de módulo de acuerdo con la Tabla N°4:

**Tabla N°4**  
**Codificación de módulos de seccionamiento.**

Código	Número de vías	Capacidad de vías	Características de la derivación
M02	4	2x600+2x200	Protegidas
M03	4	4x200	Sin protección
M04	4	4x200	2 protegidas
M05	3	3x200	Sin protección
M06	4	4x600	2 protegidas
M09	4	4x200	Transferencia automática, derivación con o sin protección
M10	3	3x200	1 protegida
M11	2	2x600	Sin protección

Los segundos dos dígitos corresponden al consecutivo del número de seccionador para cada proyecto, iniciando con el 01, el cual corresponderá a aquel equipo que se

encuentre más cerca de la fuente de alimentación principal; subsecuentemente, se numerarán los siguientes equipos conforme se alejen de la fuente principal.

### **3.6.5 ALIMENTADORES PRINCIPALES.**

Los alimentadores principales de media tensión con capacidades superiores a 200 amperes utilizarán elementos premoldeados de 600 amperes y se numerarán con las letras AP6+dos dígitos consecutivos para cada alimentador del proyecto, iniciando en el 01 para el más cercano a la fuente principal. Los alimentadores principales de media tensión con capacidades igual o inferior a 200 amperes utilizarán elementos premoldeados de 200 amperes y se numerarán con las letras AP2+dos dígitos consecutivos para cada alimentador del proyecto, iniciando en el 01 para el más cercano a la fuente principal. En cada caja de paso o en cada equipo de derivación o de transformación, se deberá colocar una etiqueta, tanto de entrada como de salida, a cada conductor de media tensión, con la nomenclatura de fase (R, S, T o A, B, C) y el número respectivo.

### **3.6.6 ANILLOS DERIVADOS.**

Los anillos derivados de media tensión con capacidad igual o menor a 200 amperes utilizarán elementos premoldeados de 200 amperes y se numerarán con las letras AD+dos dígitos consecutivos para cada alimentador del proyecto, iniciando en el 01 para el más cercano a la fuente principal. En cada caja de paso o en cada equipo de derivación o de transformación se deberá colocar una etiqueta, tanto de entrada como de salida, a cada conductor de media tensión con la nomenclatura de fase (R, S, T o A, B, C) y el número respectivo.

### **3.6.7 ALIMENTADOR RADIAL.**

Los alimentadores radiales de media tensión con capacidad igual o menor a 200 amperes utilizarán elementos premoldeados de 200 amperes y se numerarán con las letras



AR+dos dígitos para cada alimentador de proyecto, iniciando en el 01 para el más cercano a la fuente de alimentación. Se deberá colocar una etiqueta, tanto de entrada como de salida, a cada conductor de media tensión con la nomenclatura de fase (R, S, T o A, B, C) y el número respectivo.

### **3.6.8 REGISTROS DE PASO.**

Todos los registros de paso para conductores de media tensión deberán ser numerados con la nomenclatura R+dos dígitos. Los dos dígitos pertenecen al consecutivo del número de registro para cada proyecto, iniciando en el R01, el cual corresponderá a aquel registro que se encuentre más cerca de la fuente de alimentación principal.

### **3.6.9 CAJA DE REGISTRO DE EMPALME.**

Todas las cámaras de empalme para conductores de media tensión deberán ser numeradas con la nomenclatura E+dos dígitos. Los dos dígitos pertenecen al consecutivo del número de registro para cada proyecto, iniciando en el E01, el cual corresponderá a aquel equipo que se encuentre más cerca de la fuente de alimentación principal.

## **CAPÍTULO 4: TRANSFORMADORES PARA REDES ELÉCTRICAS DE DISTRIBUCIÓN**

### **4.1 TRANSFORMADORES AISLADOS EN LÍQUIDO.**

#### **4.1.1 CONDICIONES GENERALES.**

##### **4.1.1.1 NORMAS GENERALES APLICABLES.**

La normativa aplicable a los transformadores aislados en líquido corresponde al American National Standard Institute, ANSI-C57.

##### **4.1.1.2 CONDICIONES USUALES DE SERVICIO.**

Los transformadores aislados en líquido a ser utilizados en las redes eléctricas de distribución subterránea deberán cumplir con lo establecido en la norma ANSI C57.12.00 y cualquier otra característica particular que se indique. A menos que se indique expresamente lo contrario en este documento, serán para uso exterior, con enfriamiento por aire natural, con una humedad relativa del 95%.

Todas las unidades serán de frente muerto, tanto en el lado de media tensión como en el lado de baja tensión. En obras nuevas la empresa distribuidora aceptará únicamente la conexión de transformadores nuevos.

Se permitirá el uso de transformadores tipo radial para aquellas aplicaciones que solo requieren un transformador. Los transformadores tipo lazo deberán cumplir con el apartado 4.1.1.7.

##### **4.1.1.3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PARTICULARES.**

- a. Frecuencia: La frecuencia de operación será 60 Hz.
- b. Fases: Monofásico o trifásico según sea la utilización del equipo.
- c. Capacidades nominales: Las capacidades nominales serán las establecidas en la Tabla 3 de la norma ANSI C57.12.00. La especificación aplicable para

potencias mayores o menores a las establecidas en la norma de referencia para el tipo de equipo que se trate deberá ser acordada con la empresa distribuidora.

- d. Las capacidades aceptables para ser cedidas a la empresa distribuidora, para su operación y mantenimiento, estarán de acuerdo con la política, procedimiento o el reglamento aplicable para la aceptación de obras de la empresa distribuidora de energía eléctrica a cuyo sistema será conectado el equipo.
- e. Tensiones nominales: Las tensiones nominales serán las establecidas en el Artículo 8 de la Norma Técnica AR-NT SUCAL de ARESEP o su equivalente vigente. Para media tensión la empresa distribuidora definirá entre estas, la tensión de servicio a utilizar en la zona a ubicar el equipo.
- f. Polaridad, desplazamiento angular y conexiones: En los transformadores monofásicos la polaridad será la establecida en el Apartado 5.7.1 de la norma ANSI C57.12.00 siendo aditivos los transformadores de menos de 200 kVA para las redes de 13.8 kV y sustractivos en todas las demás aplicaciones. La conexión en media tensión debe ser de fase a tierra y en baja tensión debe ser trifilar.
- g. Núcleo:
  - 1. En todos los casos el núcleo deberá quedar eléctricamente conectado al tanque y será de acero al silicio o metal amorfo.
  - 2. En los transformadores monofásicos podrá ser del tipo acorazado o tipo núcleo.
  - 3. En los transformadores trifásicos el núcleo deberá ser de cuatro o cinco columnas, esta característica debe ser certificada de fábrica.

- h. Derivaciones (“taps”): Los transformadores deberán tener cinco derivaciones en el lado de media tensión, enumeradas de 1 a 5. En la posición No.3, el transformador suministrará la tensión nominal, las otras posiciones superiores e inferiores ofrecerán una variación de  $\pm 2.5 \%$  por posición de la tensión nominal.
- i. Nivel básico de impulso (BIL): Estará de acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 4 de la norma ANSI C57.12.00. Específicamente para media tensión en las redes de 34.5 kV será de 150 kV, en las de 24.94 kV será de 125 kV y en las de 13.8 kV será de 95 kV. Para baja tensión el BIL será de 30 kV. La empresa distribuidora podrá solicitar niveles diferentes a los anteriores dentro de los establecidos en la tabla de referencia, en tanto lo justifique técnicamente mediante un adecuado estudio de coordinación de aislamiento.

#### **4.1.1.4 ACEITE AISLANTE.**

El aceite dieléctrico puede ser de origen mineral, según ASTM D3487 o de origen vegetal u otro según la norma ASTM D6871-3. Otro tipo de fluidos aislantes deberán ser sometidos y autorizados por la empresa distribuidora.

#### **4.1.1.5 MATERIAL DE LOS DEVANADOS.**

El material de los devanados tanto de baja como de media tensión podrá ser cobre o aluminio.

#### **4.1.1.6 EFICIENCIAS.**

Los valores nominales de eficiencias mínimas para las unidades de transformación monofásicas y trifásicas son las que se indican en la Tabla N°5 y en la Tabla N°6, las cuales son basadas en la norma Nema TP1; se aplicarán los valores de tolerancia establecidos en el Apartado 9.3 de la norma ANSI/IEEE C57.12.00.

**Tabla N°5**

**Valores de eficiencias mínimas para transformadores monofásicos.**

Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)	Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)
10	98.4	167	99.10
15	98.60	250	99.20
25	98.70	333	99.20
37.5	98.80	500	99.30
50	98.90	667	99.40
75	99.00	833	99.40
100	99.00		

**Tabla N°6**

**Valores de eficiencias mínimas para transformadores trifásicos.**

Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)	Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)
15	98.10	300	99.00
30	98.40	500	99.10
45	98.60	750	99.20
75	98.70	1000	99.20
112.5	98.80	1500	99.30
150	98.90	2000	99.40
225	99.00	2500	99.40

#### **4.1.1.7 REQUERIMIENTOS PARA TRANSFORMADORES TIPO LAZO.**

- a. Capacidad de los terminales: Todos los componentes para funcionamiento en lazo deben cumplir con norma ANSI 386. Serán de las siguientes clases:

1. Clase 200: deben ser operables bajo carga, capaces de llevar una corriente permanente de 200 A y tener una capacidad de cortocircuito de 10 kA durante 10 ciclos.
  2. Clase 600: no deben ser operables bajo carga, capaces de llevar una corriente permanente de 600 A y tener una capacidad de cortocircuito de 25 kA durante 10 ciclos.
- b. Terminales y marcado**
1. El transformador trifásico debe tener seis terminales en media tensión y cuatro en el lado de baja tensión. La designación de los terminales primarios deberá ser: H1A, H2A, H3A, H1B, H2B, H3B. La designación de los terminales secundarios deberá ser X1, X2, X3, además para conexión de neutros H0X0.
  2. El transformador monofásico debe tener dos terminales en media tensión y tres en el lado de baja tensión. La designación de los terminales primarios deberá ser: H1A, H1B y los secundarios X1, X2, X3. El terminal neutro del lado de baja tensión estará unido internamente al terminal X2.
  3. La designación de los terminales debe cumplir con lo establecido en el apartado 3 de la norma ANSI C57.12.70.
- c. Seccionamiento:** Las unidades de pedestal tipo lazo deberán ser provistas de un seccionador en “T” tipo LBOR (“Loadbreak Oil Rotary”) de cuatro posiciones, operable desde el exterior mediante una manija de operación manual, contando con las siguientes características eléctricas:
1. Tensión de operación: de acuerdo con la tensión del sistema.

2. Nivel de impulso básico: de acuerdo con la tensión del sistema según 4.1.1.3.i.
3. Corriente nominal máxima 200 A.
4. Corriente momentánea máxima 10 kA.

#### **4.1.1.8 REQUERIMIENTOS PARA TRANSFORMADORES TIPO RADIAL.**

Se podrá utilizar transformadores tipo radial únicamente en el caso de acometidas que alimentan un transformador.

- a. Capacidad de los terminales: Todos los componentes para funcionamiento en lazo deben cumplir con norma ANSI 386. Serán de las siguientes clases:
  1. Clase 200: deben ser operables bajo carga, capaces de llevar una corriente permanente de 200 A y tener una capacidad de cortocircuito de 10 kA durante 10 ciclos.
  2. Clase 600: no deben ser operables bajo carga, capaces de llevar una corriente permanente de 600 A y tener una capacidad de cortocircuito de 25 kA durante 10 ciclos.
- b. Terminales y marcado
  1. El transformador trifásico debe tener tres terminales en media tensión y cuatro en el lado de baja tensión. La designación de los terminales primarios deberá ser: H1, H2, H3. La designación de los terminales secundarios deberá ser X1, X2, X3, y para conexión de neutros HOX0.
  2. El transformador monofásico debe tener un terminal en media tensión y tres en el lado de baja tensión. La designación de los terminal primario deberá ser: H1 y los secundarios X1, X2, X3. El

terminal neutro del lado de media tensión estará unido internamente al terminal X2.

3. La designación de los terminales debe cumplir con lo establecido en el apartado 3 de la norma ANSI C57.12.70.

#### **4.1.1.9 CARACTERÍSTICA DE CORTOCIRCUITO.**

Toda unidad según su capacidad nominal deberá soportar los niveles de magnitud de cortocircuito establecidos en el Apartado 7 de la norma ANSI C57.12.00 durante los tiempos establecidos en la curva correspondiente de acuerdo con el Apartado 4.4 de la norma ANSI C57.109.

#### **4.1.1.10 CARACTERÍSTICA DE IMPEDANCIA.**

La impedancia deberá estar dentro del rango establecido en cada norma específica según el tipo de transformador.

La tolerancia sobre los valores ofrecidos en los valores de impedancia obtenidos no podrá ser mayor que la establecida en el Apartado 9.2 de la norma ANSI C57.12.00.

#### **4.1.1.11 PROTECCIONES.**

El esquema de protección por sobrecorriente de los transformadores inmersos en líquido, podrá ser de dos tipos y ubicados en el lado de media tensión. El primero de ellos debe de brindar protección por sobrecarga y fallas pasantes del lado secundario y estar dentro del transformador. En caso de ser necesario, adicionalmente, se deberá aportar una segunda protección por sobrecorriente, que proteja a la red de alimentación y al tanque del transformador del efecto de fallas catastróficas, el cual puede colocarse dentro o fuera del transformador, y ser preferiblemente del tipo limitador de corriente, para aquellos casos en que la corriente de cortocircuito del sistema en el punto así lo permita, ambas protecciones deben de ser debidamente coordinadas entre sí, para que la



protección de respaldo del sistema solamente opere ante daños catastróficos y nunca ante fallas pasantes provenientes del lado secundario.

#### **4.1.1.12 PLACA DE DATOS DEL TRANSFORMADOR.**

El transformador deberá tener una placa de datos con la información descrita en el Apartado 5.12.2 de la norma ANSI C57.12.00 de acuerdo con la característica de la unidad. La placa debe ser construida con acero inoxidable o aluminio, resistente a la corrosión y la información debe ser impresa e indeleble.

En todo caso la ubicación de la placa será tal que la información pueda ser leída aún con los cables en su lugar. En los transformadores de pedestal deberá estar colocada en el compartimiento de baja tensión. En los transformadores sumergibles, en la parte superior de la unidad. Se recomienda una placa de datos externa para fácil lectura.

Todos los elementos y accesorios externos de los transformadores deberán ubicarse en las zonas y áreas indicadas en las figuras de distribución de espacio de las normas correspondientes.

#### **4.1.1.13 ROTULACIÓN DEL TRANSFORMADOR.**

Toda indicación referente a operación, mantenimiento y seguridad deberá venir preferentemente en el idioma español.

Todo transformador deberá traer en la parte frontal exterior el símbolo de identificación del equipo eléctrico energizado.

#### **4.1.1.14 PRESERVACIÓN DEL ACEITE.**

El transformador debe ser de construcción de tanque sellado, llenado de un volumen constante de nitrógeno o aire seco, por medio de una válvula Schrader con el fin de aislar el aceite dieléctrico de la atmósfera y evitar que exista aire dentro del tanque y así, evitar la acción de humedad. Una válvula reemplazable debe ser provista para evacuar cualquier sobrepresión que se produzca y estar ubicada en el tanque del transformador,

además, ser manual y automática calibrada para operar entre 50 y 62 kPa. La válvula debe ser montada mediante una rosca de 13 mm (½ pulgada) tipo NPT y de un tamaño especificado para un rango mínimo de flujo, esta deberá estar provista de un anillo de jalado capaz de soportar una fuerza de tracción de 11.34 kgf (111.21 N) durante un minuto sin sufrir deformación permanente. Las partes de la válvula expuestas al ambiente tienen que ser resistentes a la corrosión. Asimismo, los empaques lineales y de anillos resistentes al vapor del aceite y a una temperatura de 105° C de operación continua.

#### **4.1.1.15 PRUEBAS.**

Las pruebas en fábrica deben ser hechas de acuerdo con la norma ANSI/IEEE C.57.12.90, la lista de pruebas por realizar estará de acuerdo con la tabla 19 de la norma ANSI C57.12.00 de acuerdo con la capacidad y cantidad de cada unidad y según los procedimientos establecidos en la norma ANSI C57.12.90.

Las pruebas de rutina deberán ser certificadas para cada unidad por el fabricante. Las pruebas de diseño u otras podrán ser solicitadas a pedido especial. La tolerancia y precisión de cada una de las mediciones será regido por lo estipulado en las normas ANSI C57.12.00 y C57.12.90.

#### **4.1.1.16 NIVEL DE SONIDO AUDIBLE.**

Los transformadores deben cumplir los niveles de sonido audible establecidos en la Tabla 0-3 de la norma NEMA TR1.

Las pruebas para determinar el nivel de sonido audible se ajustarán a la norma IEEE 469.

La ubicación de las unidades de transformación deberá considerar estos niveles de sonido audible para el cumplimiento de los niveles máximos establecidos en el Artículo 20 del Decreto 78718-S del Ministerio de Salud.

#### **4.1.1.17 ACCESORIOS.**

Cada unidad debe contar como mínimo con los siguientes accesorios según su ambiente de uso:

- a. Válvula de alivio de presión estática.
- b. Válvula de llenado de nitrógeno.
- c. Termómetro.
- d. Indicador o visor de nivel de aceite.
- e. Llave de drenaje y toma de muestras de aceite de 2.54 cm (1 pulgada) NPT.

#### **4.1.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PARA TRANSFORMADORES DE PEDESTAL.**

##### **4.1.2.1 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PARTICULARES DE LOS CONECTORES.**

Todos los accesorios de conexión de media tensión deberán ser construidos de acuerdo con la norma ANSI-IEEE 386. Los conectores de media tensión deben ser para 15, 25 y 35 kV, según corresponda, con capacidad de operación bajo carga de 200 A.

El tanque debe tener un zócalo de descanso para cada conector de media tensión con las dimensiones establecidas en la tabla de la figura 6a de la norma ANSI C57.12.26. Los terminales de baja tensión serán del tipo espiga hasta 500 kVA en transformadores trifásicos y 167 kVA en monofásicos, con las características de rosca y dimensiones que se indican en la tabla de la figura 9d de la norma ANSI C57.12.26 y la tabla de la figura 4c de la norma ANSI C57.12.25.

Para transformadores de potencias superiores, se utilizarán conectores tipo paleta rectangular de cobre estañado, de 6 o 10 huecos según NEMA (dependiendo de la potencia), será necesario colocar elementos aislantes, tales como mangas o cobertores termocontraíbles o contraíbles en frío, con el fin de poder mantener durante todo momento la condición de “frente muerto” en el lado de baja tensión.

Para todos aquellos transformadores que utilicen conectores aislados roscados, el conector debe tener una capacidad mínima de 500 amperes y contar con un elemento que permita su separación sin la desconexión del cable de baja tensión.

Con el fin de salvaguardar la integridad física de los terminales del lado secundario del transformador, se deberá proveer de un medio de sujeción de los conductores que reduzcan el peso de estos sobre los terminales.

El terminal de baja tensión (HOX0) para el neutro debe ser completamente aislado con un enlace a tierra en la superficie exterior del tanque mediante conductor de cobre.

#### **4.1.2.2 TEMPERATURAS.**

##### **a. Ambiente:**

La temperatura ambiente de operación no debe exceder los 40 °C y la temperatura promedio del aire de enfriamiento por un periodo cualquiera de 24 horas no debe exceder los 30 °C de acuerdo con lo establecido en el Apartado 4.1.2 de la norma ANSI C57.12.00.

##### **b. Por carga**

De acuerdo con lo establecido en el apartado 3.1 de las normas C57.12.25 y C57.12.26, para la potencia especificada, la elevación promedio de la temperatura en los devanados no debe exceder los 65 °C por sobre la temperatura ambiente o la máxima elevación de temperatura no deberá exceder los 80 °C en el punto más caliente. La elevación promedio de la temperatura en el aceite, medida en la parte superior del tanque, no debe exceder los 65 °C por sobre la temperatura ambiente.

#### **4.1.2.3 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS PARTICULARES.**

El transformador de pedestal podrá ser construido en acero dulce o en acero inoxidable tipo AISI 304. Este tipo de material será definido por el profesional responsable de la obra dependiendo de las condiciones ambientales del sitio de la instalación y utilizando como guía la Tabla N°7:

**Tabla N°7**  
**Niveles de contaminación**

<b>Nivel de contaminación</b>	<b>Descripción del Ambiente</b>
Ligero Nivel I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción.</li> <li>• Áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sujetas a frecuentes vientos o lluvia.</li> <li>• Áreas agrícolas y áreas montañosas.</li> <li>• Todas las áreas situadas de 10 km a 20 km del mar y no expuestas a vientos directos provenientes del mar.</li> </ul>
Medio Nivel II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas con industrias que no producen humo contaminante y/o con densidad moderada de casas equipadas con calefacción.</li> <li>• Áreas con alta densidad de casas, pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvia.</li> <li>• Áreas expuestas a vientos del mar, pero no cercanas a la costa (al menos varios kilómetros de distancia).</li> </ul>
Alto Nivel III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de casas con calefacción que generen contaminación.</li> <li>• Áreas cercanas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar.</li> </ul>
Muy alto Nivel IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas generalmente de extensión moderada, sujetas a contaminantes conductivos, y humo industrial, que produzca depósitos espesos de contaminantes.</li> <li>• Áreas de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a rocío del mar, o vientos muy fuertes con contaminación procedente del mar.</li> <li>• Áreas desérticas, caracterizadas por falta de lluvia durante largos períodos, expuesta a fuertes vientos que transporten arena y sal, y sujetas a condensación con regularidad.</li> </ul>

Se establece, como recomendación general, que en los ambientes clasificados con niveles de contaminación alto y muy alto se utilice el acero inoxidable, mientras que para los niveles ligero y medio se utilice el acero dulce.

Las dimensiones de los transformadores serán las establecidas en la norma ANSI C57.12.25 para unidades monofásicas y la norma ANSI C57.12.26 para unidades trifásicas.

En los transformadores trifásicos el desplazamiento angular entre media tensión y baja tensión debe ser cero grados. Por la tanto, la conexión debe ser Yy0 y los devanados de media y baja tensión deben ser conectados en estrella sólidamente puesta a tierra, a través del terminal designado como H0X0, este a su vez, será conectado firmemente a tierra por medio de un conductor de cobre flexible al tanque.

Los compartimentos deben ser separados por una barrera de metal en el caso de requerirse de dos puertas pudiendo ser no metálica en los transformadores de una sola puerta abatible o desmontable.

Todo transformador debe cumplir con lo estipulado en la norma ANSI C57.12.28, en cuanto a los aspectos de seguridad, diseño y recubrimiento en la construcción de los gabinetes.

Respecto al ingreso de objetos externos debe tenerse especial cuidado en que el gabinete cumpla las siguientes pruebas y sus condiciones establecidas en el Apartado 4.3 de la norma ANSI C57.12.28:

- a. Prueba de palanca.
- b. Prueba de intento de introducción de un alambre.
- c. Prueba de tirado.
- d. Prueba de operación.

#### **4.1.2.4 COMPARTIMENTOS.**

En función de su capacidad, los transformadores podrán ser construidos con una sola puerta o dos. Los compartimentos de media y baja tensión deben estar lado a lado del tanque del transformador. Visto de frente, las terminales de media tensión deberán estar a la izquierda y las de baja tensión a la derecha. Cuando se cuente con doble puerta, el acceso al compartimento de media tensión sólo podrá ser posible hasta que se haya abierto la puerta del compartimento de baja tensión. Debe tener al menos un cerrojo adicional y ser removido antes de abrir la puerta del lado de media tensión. Cuando la puerta del compartimento de baja tensión es de diseño de panel plano, esta debe tener tres puntos de cierre con un accesorio de bloqueo manual.

Las puertas deben ser de suficiente tamaño para proveer una adecuada operación del equipo y brindar el suficiente espacio cuando se está trabajando en la unidad. Las puertas deben ser equipadas con fijadores para cuando estén abiertas o diseñadas para traslado manual (tipo desmontable). El borde inferior de los compartimentos debe ser construido de tal manera que permita el uso de anclajes (sujetadores), accesibles únicamente por la parte interior de la unidad.

Las bisagras, pines, varillas y demás componentes de bloqueo, deberán ser de un material resistente a la corrosión, así como todo tornillo, tuerca o elemento soldado al tanque o al gabinete.

La abertura mínima en el fondo del gabinete para la entrada de cables debe ser de 540 a 560 mm de ancho por todo el largo del fondo.

La manija de la puerta debe ser construida de un material no quebradizo ni deformable, y proveer los medios para su bloqueo tales como candados y el tornillo de seguridad exterior, el cual debe contar solo con cabeza pentagonal.



#### **4.1.2.5 TANQUE.**

El tanque del transformador de pedestal podrá ser construido en acero dulce o en acero inoxidable, tipo AISI 304. Este tipo de material será definido por el profesional responsable de la obra dependiendo de las condiciones ambientales en el sitio de instalación.

El tanque deberá ser lo suficientemente fuerte para resistir presiones de 50 kPa sin deformación permanente y 105 kPa sin ruptura o daño del gabinete de seguridad. Debe estar provisto con conectores para puesta a tierra de 12.7 mm (13 UNC) y una profundidad de 10 mm como mínimo. Los receptáculos (roscas) de los conectores deben ser soldados al tanque, deberán proveerse y venir instalados sus respectivos conectores para la puesta a tierra, estos conectores tienen que quedar cerca de la base del transformador cada uno debajo de la entrada y salida del lado de los aisladores (bushing) de alta (H1A, H2A, H3A y H1B, H2B, H3B), además un conector adicional en el compartimento de baja tensión.

Los puntos para el izaje tienen que ser colocados para proveer un balance distribuido para un levantamiento en dirección vertical de todo el transformador completamente armado. Además, poseer un factor de seguridad de levantamiento igual o mayor a 5.

El tanque y los compartimentos deberán tener un recubrimiento anticorrosivo. Las características del proceso de recubrimiento y del material utilizado deben ser iguales o superiores a las descritas en la norma ANSI C57.12.28.

#### **4.1.3 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PARA TRANSFORMADORES SUMERGIBLES.**

##### **4.1.3.1 TEMPERATURA.**

###### **a. Ambiente:**

La temperatura ambiente de operación no debe exceder los 50 °C y la temperatura promedio del aire de enfriamiento por un periodo cualquiera de 24 horas no debe exceder

los 40 °C de acuerdo con lo establecido en el Apartado 3.1 de la norma ANSI C57.12.23 y el Apartado 3.1.2 de la norma ANSI C57.12.24.

**b. Por carga:**

De acuerdo con lo establecido en el apartado 3.1 de la norma ANSI C57.12.23 y el apartado 3.1.1 de la norma ANSI C57.12.24, para la potencia especificada, la elevación promedio de la temperatura en los devanados no debe exceder los 55 °C por sobre la temperatura ambiente o la máxima elevación de temperatura no deberá exceder los 70 °C en el punto más caliente. La elevación promedio de la temperatura en el aceite, medida en la parte superior del tanque, no debe exceder los 55 °C por sobre la temperatura ambiente.

**4.1.3.2 TANQUE.**

El tanque, tornillos, tuercas y demás elementos soldados deberán ser de acero inoxidable, tipo AISI 304. El tanque deberá ser lo suficientemente fuerte para resistir presiones de 50 kPa sin deformación permanente y 138 kPa sin ruptura o daño de la unidad. Debe estar provisto de una entrada de 25.4 mm (1 plg NPT) para la colocación de una válvula de llenado de aceite.

El tanque podrá venir con un recubrimiento anticorrosivo.

Los terminales, para la puesta a tierra de la unidad, deben ser de acero inoxidable, de 12.7 mm (13 UNC) con hueco de derivación y una profundidad de 11.11 mm. Los conectores para puesta a tierra deben permitir el ingreso de cable de 8.37 mm<sup>2</sup> (N°8 AWG) hasta 33.65 mm<sup>2</sup> (N°2 AWG).

## **4.2 TRANSFORMADORES SECOS.**

### **4.2.1 CONDICIONES GENERALES.**

#### **4.2.1.1 NORMAS GENERALES APLICABLES.**

El equipo deberá ser construido de acuerdo con la norma ANSI o IEC que corresponda a la tecnología y características elegidas, supletoriamente, de común acuerdo con la empresa distribuidora.

#### **4.2.1.2 CONDICIONES USUALES DEL SERVICIO.**

Esta especificación define los lineamientos generales que deben cumplir los equipos de transformación para reducción del nivel de tensión, tipo seco, encapsulados o no, a ser conectados a la red de distribución e incluidos o no en subestaciones unitarias para ser instalados en el interior de edificaciones en ubicaciones con un adecuado nivel de accesibilidad. El uso de estos equipos en área exteriores estará condicionado a las condiciones de uso exterior necesarias para el gabinete y a los niveles de seguridad que se tengan en su ubicación final.

#### **4.2.1.3 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PARTICULARES.**

- a. La unidad podrá ser de uso interior o exterior cumpliendo en ambos casos el nivel de ruido establecido en la norma.
- b. Frecuencia: La frecuencia de operación será 60 Hz.
- c. Fases: Monofásico o trifásico según sea la utilización del equipo.
- d. Capacidades nominales: Las capacidades nominales serán las establecidas en la Tabla 3 de la norma ANSI C57.12.00. La especificación aplicable para potencias mayores o menores a las establecidas en la norma de referencia para el tipo de equipo que se trate deberá ser acordada con la empresa distribuidora.

- e. Tensiones nominales: Las tensiones nominales serán las establecidas en el Artículo 8 de la Norma Técnica AR-NT SUCAL de ARESEP o su equivalente vigente. Para media tensión la empresa distribuidora definirá entre estas, la tensión de servicio a utilizar en la zona a ubicar el equipo.
- f. Polaridad, desplazamiento angular y conexiones: En los transformadores monofásicos la polaridad será la establecida en el Apartado 5.7.1 de la norma ANSI C57.12.00 siendo aditivos los transformadores de menos de 200 kVA para las redes de 13.8 kV y sustractivos en todas las demás aplicaciones. La conexión en media tensión debe ser de fase a tierra y en baja tensión debe ser trifilar.
- g. Núcleo:
  - 1. En los transformadores monofásicos podrá ser del tipo acorazado o tipo núcleo.
  - 2. En los transformadores trifásicos el núcleo deberá ser de cuatro o cinco columnas, esta característica debe ser certificada de fábrica.
- h. Derivaciones (“taps”): Los transformadores deberán tener cinco derivaciones en el lado de media tensión, enumeradas de 1 a 5. En la posición No.3, el transformador suministrará la tensión nominal, las otras posiciones superiores e inferiores ofrecerán una variación de  $\pm 2.5\%$  por posición de la tensión nominal.
- i. Nivel básico de impulso (BIL): Estará de acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 4 de la norma ANSI C57.12.00. Específicamente para media tensión en las redes de 34.5 kV será de 150 kV, en las de 24.94 kV será de 110 kV y en las de 13.8 kV será de 60 kV. Para baja tensión el BIL será de 10 kV. La empresa distribuidora podrá solicitar niveles diferentes a los

anteriores dentro de los establecidos en la tabla de referencia, en tanto lo justifique técnicamente mediante un adecuado estudio de coordinación de aislamiento.

#### 4.2.1.4 MATERIAL DE LOS DEVANADOS.

El material de los devanados tanto de baja como de media tensión podrá ser cobre o aluminio.

#### 4.2.1.5 EFICIENCIAS.

Los valores nominales de eficiencias mínimas para las unidades de transformación monofásicas y trifásicas son las que se indican en la Tabla N°8 y en la Tabla N°9, las cuales son basadas en la norma Nema TP1; se aplicarán los valores de tolerancia establecidos en el Apartado 9.3 de la norma ANSI/IEEE C57.12.00.

**Tabla N°8**

**Valores de eficiencias mínimas para transformadores monofásicos.**

Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)	Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)
15	97.60	167	98.80
25	97.90	250	98.90
37.5	98.10	333	99.00
50	98.20	500	99.10
75	98.40	667	99.20
100	98.50	833	99.20

**Tabla N°9**

**Valores de eficiencias mínimas, para transformadores trifásicos.**

Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)	Potencia (kVA)	Eficiencia al 50% de carga (%)
15	96.80	300	98.60
30	97.30	500	98.80
45	97.60	750	98.90
75	97.90	1000	99.00
112.5	98.10	1500	99.10
150	98.20	2000	99.20
225	98.40	2500	99.20

Los valores de eficiencia y pérdidas en los devanados son dados al 100 % de cargabilidad. Para dicha tabla de pérdidas aplica las tolerancias establecidas por el estándar IEEE C57.12.00-1993, las cuales para mejor referencia se muestra en la Tabla N°10.

**Tabla N°10**

**Tolerancias para pérdidas en transformadores monofásicos y trifásicos.**

Número de unidades en una orden	Principio de determinación	Pérdidas en el hierro (%)	Total de pérdidas (%)
1	1 unidad	10	6
2 o más	Cada unidad	10	6
2 o más	Promedio de todas las unidades	0	0

#### 4.2.1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBESTACIÓN.

La subestación deberá tener al menos dos secciones fundamentales:

- a. Seccionamiento tripolar con protección primaria (se omite esta celda, si a la entrada de la instalación existe un sistema de protección con operación tripolar en el lado de media tensión).
- b. Transformación.

Cada una de estas secciones deberá estar contenida en su propio gabinete, la cual deberá cumplir con las normas de seguridad establecidas para la instalación de transformadores secos.

La construcción de las celdas puede ser realizada en una sola unidad o en tres o cuatro unidades separadas, debidamente aisladas y sin que exista ninguna parte energizada expuesta, con las características de material de lámina, espesores y distancias que señala la norma C57.12.55.

#### **4.2.1.7 NIVEL DE SONIDO AUDIBLE.**

Los transformadores deben cumplir los niveles de sonido audible establecidos en las normativas IEC y ANSI.

Las pruebas para determinar el nivel de sonido audible se ajustarán a la norma IEEE 469.

La ubicación de las unidades de transformación deberá considerar estos niveles de sonido audible para el cumplimiento de los niveles máximos establecidos en el Artículo 20 del Decreto 78718-S del Ministerio de Salud.

## CAPÍTULO 5: CABLES DE POTENCIA

### 5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS CABLES PARA MEDIA TENSIÓN.

#### 5.1.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.

Se establecen las características técnicas y requisitos de calidad que deben cumplir los cables de potencia para media tensión, los cuales serán del tipo unipolar con el conductor de cobre o aluminio, bloqueado contra penetración de humedad, el material del aislamiento debe ser EPR (etileno-propileno), para niveles de tensión de 15, 25 y 35 kV, la pantalla metálica estará conformada por hilos de cobre, sellado contra penetración radial de humedad y su cubierta exterior se construirá en polietileno de alta densidad, color negro. Deberán cumplir con las normas y las especificaciones particulares que se presentarán seguidamente:

#### 5.1.2 SECCIÓN TRANSVERSAL.

Las secciones transversales de los conductores se muestran en la Tabla N°11.

**Tabla N°11**  
**Áreas de los conductores.**

Material	Calibre (mm <sup>2</sup> - AWG)			
Cobre	50 – 1/0	120 - 250	185 - 350	240 - 500
Aluminio	50 – 1/0	95 - 3/0	185 - 350	400 - 750

#### 5.1.3 CONDUCTORES DE ALUMINIO.

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a. Redondo compacto.
- b. Conductividad del 61%.
- c. ASTM B 231.
- d. Aluminio 1350.



#### **5.1.4 CONDUCTORES DE COBRE.**

Se deben cumplir las siguientes condiciones:

- a. Cobre recocido ASTM B3.
- b. Cableado tipo B para calibres AWG y clase 2 para calibres en mm<sup>2</sup>.
- c. Sin estañar.
- d. Redondo comprimido o compacto.

#### **5.1.5 CONDICIONES PARA LOS CONDUCTORES.**

- a. Pantalla metálica (neutro concéntrico): Hilos de cobre recocido sin estañar ASTM B3.
- b. Aislamiento: Goma Etilopropilénica (EPR) al 100%. Se permiten aislamientos mayores.
- c. Pantallas de bloqueo de humedad de forma longitudinal en el conductor y radial bajo la cubierta.
- d. Cubierta protectora exterior: polietileno de alta densidad, color negro.
- e. Tipo de conductor: monopolar.
- f. Temperaturas nominales: 90°C operación, 130°C sobrecarga y 250°C cortocircuito. Se permiten temperaturas nominales mayores.
- g. Proceso de curado en seco.

#### **5.1.6 NORMAS.**

La fabricación, pruebas de calidad y aceptación deberán cumplir con las normas ICEA S-94-649-2000, para conductores con calibres denominados mediante AWG, alternativamente se usará la norma para conductores de calibres denominados en mm<sup>2</sup>, IEC-60840.

#### **5.1.7 CONDUCTOR.**

De acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1.1 Especificaciones Generales.

#### **5.1.8 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS SEMICONDUCTORAS Y AISLAMIENTO.**

Sobre el conductor con un proceso de triple extrusión simultánea real, se aplicará una capa semiconductor de homogenización interna, el aislamiento y la capa semiconductor de homogenización externa.

#### **5.1.9 PANTALLA METÁLICA (NEUTRO CONCÉNTRICO).**

La pantalla metálica deberá estar conformada por hilos de cobre, con un área de sección equivalente al 33 % de la sección del conductor de fase y será utilizada como neutro en sistemas monofásicos con una capacidad instalada máxima de 750 kVA, o en sistemas trifásicos. Dependiendo de las corrientes armónicas y la corriente de falla en el punto de entrega, este 33% podría verse incrementado.

#### **5.1.10 PANTALLAS DE BLOQUEO CONTRA PENETRACIÓN DE HUMEDAD.**

El conductor de fase debe ser protegido radial y longitudinalmente contra la humedad, mediante un componente bloqueador de acuerdo con el numeral 6.6 de la norma ICEA S-94-649-2000.

#### **5.1.11 CUBIERTA EXTERIOR.**

Sobre la pantalla de bloqueo exterior (radial), se deberá colocar una cubierta de protección exterior de polietileno de alta densidad, de color negro, con un espesor mínimo de 2 mm.

### **5.1.12 CURADO.**

El proceso de curado del cable deberá ser en seco. No se aceptarán conductores con curado al vapor. En el protocolo de pruebas, el fabricante deberá certificar el proceso de curado que utilizó.

### **5.1.13 IDENTIFICACIÓN.**

Los conductores deberán llevar a lo largo de toda su cubierta, una nota a intervalos máximos de 50 centímetros con letras en bajo relieve, que indiquen lo siguiente:

- a. Nombre del fabricante.
- b. Tipo de aislamiento.
- c. Sección del conductor en mm<sup>2</sup> (kcmil, AWG).
- d. Material del conductor (Cu o Al).
- e. Tensión nominal (por ejemplo: 35 kV).
- f. Año de fabricación.
- g. Nivel de aislamiento.
- h. Porcentaje del neutro.
- i. Numeración progresiva a cada metro de la longitud.

En casos especiales la empresa distribuidora se reserva el derecho de solicitar el cable con las siglas de la empresa.

## **5.2 PRUEBAS EN FÁBRICA.**

El cable deberá cumplir con las pruebas tipo, rutina y aceptación de acuerdo con las normas ICEA, IEC o INTE que se estableció en el punto 5.1.2.

### **5.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN PARA EL CABLE DESPUÉS DE INSTALADO.**

Una vez instalado el cable, con sus respectivos terminales, empalmes y accesorios, se realizarán las pruebas de aceptación. Las pruebas serán efectuadas por una empresa autorizada por la empresa distribuidora. La empresa que realice las pruebas emitirá el protocolo de estas con sus resultados, las cuales serán presentados ante la empresa distribuidora como requisito previo a la energización del sistema. La empresa distribuidora podrá realizar adicionalmente sus propias pruebas de verificación.

Las pruebas por realizar comprenden las siguientes.

#### **5.3.1 PRUEBA DE POTENCIAL APLICADO DC O AC.**

Se aplicará una tensión de corriente directa al nivel de tensión correspondiente del cable, incrementándolo en etapas y manteniéndolo durante un período de 15 minutos, según el procedimiento establecido por la norma IEEE-400 en su última versión.

También se podrá aplicar una tensión de corriente alterna a baja frecuencia (VLF por sus siglas en inglés) de acuerdo con el procedimiento establecido en la norma IEEE 400.2 en su última versión.

Los equipos de prueba deberán estar siempre dentro de los parámetros establecidos por cada fabricante, considerando sus rangos de tolerancia.

#### **5.3.2 OTRAS PRUEBAS.**

Las siguientes pruebas podrán ser realizadas por la empresa distribuidora cuando lo considere necesario.

- a. Prueba de Factor de Potencia del Aislamiento
- b. Prueba de Reflectometría.
- c. Prueba de descargas parciales.

## **5.4 OTRAS CONDICIONES.**

### **5.4.1 CONDICIONES DE ENTREGA Y TRASLADO DE CARRETES.**

Cada largo de cable o tramo se entregará en la obra en un carrete separado, sin empalmes, identificado como mínimo con la información indicada en el punto "Identificación". Los carretes deberán tener la rigidez mecánica suficiente como para soportar la exigencia del transporte sin que el cable sufra deformaciones u otros daños. Los extremos de cable deberán estar siempre protegidos contra la penetración de humedad, mediante un capuchón termo contráctil o contraíble en frío. Para calibres iguales o superiores a 120 mm<sup>2</sup> (250 kcmil) el constructor debe incluir y utilizar un dispositivo de tracción (perno de tracción) para el jalado del cable.

## **5.5 CABLES DE BAJA TENSIÓN.**

### **5.5.1 GENERAL.**

Se especifica y establecen las características técnicas y requisitos de calidad que deben cumplir los cables de baja tensión, para uso en instalaciones comerciales, residenciales e industriales, etc., colocados en forma subterránea en conductos, cable tipo unipolar, material cobre suave o aluminio, con aislamientos termofijos de caucho o de polietileno de cadena cruzada (XLPE), en norma UL o IEC 502, para cables de 0,6/1 kV, clase 2.

### **5.5.2 CARACTERÍSTICAS.**

- a. Material del conductor: cobre recocido, clase 2, o aluminio aleación serie AA-8000 compacto.
- b. Suministro del cable: monopolar todos los calibres o multiconductor para calibres 1/0 AWG e inferiores.

- c. Los calibres mínimos para el caso de la distribución pública general a usar en cobre y aluminio para los ramales distribuidores y para las acometidas, deberán ser consultados a la empresa de distribución.

### **5.5.3 PRUEBAS DE FÁBRICA Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN.**

- a. Las pruebas deberán estar de acuerdo con la norma ASTM, INTE, IEC o U.L.
- b. Las derivaciones de circuitos o de acometidas, se podrán realizar desde los terminales secundarios del transformador con conectores de frente muerto, dentro de las cajas de registro secundarias, utilizando regletas de derivación para uso sumergido (moles), los cuales deberán cumplir con las siguientes normas: ANSI C119.4, y ASTM D543.
- c. Los circuitos secundarios tendrán una topología a definir por el diseñador con conexión en regleta o en armario.
- d. El neutro en el lado secundario del transformador deberá estar puesto a tierra.

## **CAPÍTULO 6: EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO**

### **6.1 GENERALIDADES.**

El diseñador del proyecto determinará la utilización de los equipos de protección y seccionamiento necesarios, de acuerdo con las condiciones particulares de cada proyecto, teniendo como primicia de selección para los mismos, la seguridad de las personas, y las instalaciones, tanto propias como la del resto del sistema eléctrico al que dicha red será conectada y por las normas de fabricación y certificados con los cuales los equipos a instalar serán construidos. Así como las condiciones de seguridad para las maniobras de operación y mantenimiento, del personal que a futuro operará dicha red.

En el caso de que los equipos se quieran traspasar a la distribuidora por parte del propietario de las instalaciones, quedará formalmente por escrito en el contrato de traspaso de obras y en el que se indica que parte o partes de la red serán cedidas a la distribuidora para su mantenimiento de acuerdo con la política de manejo de activos de cada empresa.

En lo que respecta a los lugares donde se instalarán los equipos, ningún equipo que no sea de la distribuidora podrá ser instalado en espacio público y como parte de la puesta en marcha, deberá dejar identificado cada uno de ellos por medio de un método que cada empresa normalizará.

Tanto el o los firmantes(s) del contrato de traspaso de líneas o a quien él designe, como la Empresa Distribuidora estarán en la obligación de informarle a los nuevos clientes u usuarios finales que se conectarán a dicha a red, las condiciones y responsabilidades en la que la misma fue traspasada.

A continuación, se describen algunos componentes de los sistemas de protección y seccionamiento para las redes de distribución subterráneas, los cuales se podrán colocar

individualmente o mezclar en esquemas de subestaciones unitarias, compartimentas tipo metalclad, metal enclosed, pedestales, celdas modulares, etc.:

- a. Cortacircuitos.
- b. Fusibles de expulsión en serie con fusibles limitadores de corriente de rango parcial.
- c. Cuchillas seccionadoras de operación monopolar o tripolar de operación con y sin carga.
- d. Interruptor de uso subterráneo y aéreo.
- e. Celdas modulares.
- f. Pararrayos para la transición aéreo – subterráneo, tipo “Riser Pole” en normativa ANSI/IEEE o Clase 1 en normativa IEC.
- g. Interruptor tipo poste para los casos que aplique y el esquema de coordinación o de manejo de carga así lo justifique.
- h. Regleta de derivación.

## 6.2 CORTACIRCUITOS.

Tensión nominal de operación: 25 y 35 kV. Nivel Básico de Impulso (BIL): 125 y 150 kV. Capacidad interruptiva (mínima): 8 kA simétricos, 12 kA asimétricos (venteo sencillo). Capacidad nominal: 100 A con o sin rompecargas. Distancia de fuga: 432 y 660 mm, para 25 y 35 kV, respectivamente. Normas: ANSI C.37-40, C. 37-41, C.37-42 y NEMA 5G-2.



### **6.3 FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE DE USO EXTERIOR.**

El fusible limitador de uso exterior quedará a criterio de la empresa distribuidora, si es necesaria su instalación de acuerdo al valor de la corriente de cortocircuito en el punto de entrega.

### **6.4 CUCHILLA SECCIONADORA.**

En caso de que el proyecto por su topología y esquema de protecciones requiera la instalación de cuchillas seccionadoras en la transición aéreo subterráneo, (a juicio del diseñador o de la distribuidora), se utilizarán con las características que aportará la empresa distribuidora.

### **6.5 INTERRUPTOR.**

#### **6.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.**

En caso de que el proyecto por su topología y esquema de protecciones requiera la instalación de un interruptor para la protección y seccionamiento al vacío o bajo carga, (tipo pedestal, sumergible, en celdas o en poste), de frente muerto, donde aplique.

El medio de aislamiento podrá ser de gas hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) aislamiento sólido o aceite dieléctrico biodegradable, tendrán cámaras al vacío para la interrupción de corrientes de cortocircuito. La protección de cortocircuito deberá disponer de un relevador de sobrecorrientes basado en microprocesador con capacidad para ser programado en el sitio. Deberá tener los dispositivos para la medición de corrientes e interrogación remota.

El disparo del interruptor deberá ser tripolar para sistemas trifásicos.

### 6.5.2 NORMAS.

La normativa aplicable a los interruptores aislados en líquido corresponde al American National Standard Institute, ANSI-C37.

### 6.5.3 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES.

- a. Clase de aislamiento: 15, 25 y 35 kV
- b. Tensión de operación máxima: 15.5, 27 y 38 kV
- c. Nivel básico de impulso mínimo: 95, 125 y 150 kV
- d. Capacidad de corriente servicio continuo en barras: 600 A
- e. Capacidad de maniobra con carga: 200 o 600 A
- f. Frecuencia: 60 Hz
- g. Medio aislante: SF6, aislamiento sólido o aceite dieléctrico biodegradable
- h. Medio de interrupción del cortocircuito: cámara de vacío
- i. Número de vías: De acuerdo con las necesidades del proyecto.
- j. Posiciones de los contactos del interruptor: Los interruptores deberán ser de dos o tres posiciones, abierto, cerrado y puesta a tierra (este último optativo).
- k. Capacidad interruptiva: según el diseño.
- l. El material del tanque y del gabinete para interruptores tipo pedestal podrá ser de acero dulce o acero inoxidable tipo AISI 304, según las condiciones ambientales del sitio (referirse a la Tabla N°7). Para los interruptores tipo sumergible deberá ser de acero inoxidable, tipo AISI 304.
- m. Boquillas o insertos: Deben cumplir con la norma ANSI/IEEE 386, con apertura bajo carga para los dispositivos de 200 A y sin carga para los de 600 A.

- n. Zócalos de descanso: Debe contar con un zócalo de descanso por cada boquilla de 200 A.
- o. Indicador de presión de gas SF6: Mediante un manómetro con indicación del nivel de presión y colores para presión normal y baja presión.

#### **6.5.4 ESPECIFICACIONES DEL CONTROL.**

Las entradas o salidas que deban tener protección requieren de un relevador de sobrecorriente construido con tecnología basada en microprocesadores, programable directamente en el sitio por medio de una computadora personal o por teclado. El diseño del proyecto deberá prever la alimentación de corriente alterna para el control.

##### **6.5.4.1 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL ELECTRÓNICO.**

- a. Selector de disparo tripolar y monopolar
- b. Apertura manual
- c. Selección de corrientes de disparo por fase, ajustables en un rango de acuerdo con el esquema de protecciones requerido.
- d. Selección de corriente mínima de disparo por desbalance
- e. Retardo de disparo por corriente de magnetización
- f. Medición de corriente por cada fase y para cada salida protegida
- g. Indicador de fallas por fase o tierra de la magnitud de corrientes, con fecha y hora del evento
- h. Selección de curvas de disparo tiempo – corriente.
- i. Registro de operaciones.
- j. Pantalla de visualización y consulta de datos en el equipo o por medio de computador.

- k. Disponer de un puerto de comunicaciones. En caso de que el protocolo de comunicación y el software de interrogación sean del tipo propietario deberá entregarse al menos una licencia de éstos.
- l. Para equipos de pedestal, el gabinete del control será totalmente hermético, con un grado mínimo de protección IP 65 o equivalente. En caso de equipos tipo sumergible el gabinete, también, deberá ser sumergible.
- m. Para equipos tipo sumergibles, el gabinete no deberá estar adosado al equipo.
- n. Para la colocación de interruptores con características diferentes a las citadas anteriormente queda abierta la opción de nuevas tecnologías que cumplan las normas para interruptores citadas en 6.5.2.
- o. Queda a juicio de cada distribuidora determinar si recibe para su operación y mantenimiento esta clase de equipos de acuerdo a sus políticas de manejo de activos.

## **6.6 PARARRAYOS.**

### **6.6.1 PARARRAYOS PARA LA TRANSICIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO.**

#### **6.6.1.1 UBICACIÓN**

Se deberán instalar en todo punto de transición aéreo-subterráneo del tipo “Riser Pole”.

#### **6.6.1.2 NIVELES DE TENSIÓN**

En la Tabla N°12 se muestran los niveles de tensión.

**Tabla N°12**  
**Niveles de tensión**

Tensión, kV	MCOV, kV	Clasificación, kV
15	8.4	10
25	15.3	18
35	22	27

### 6.6.1.3 CAPACIDAD

Será de 10 kA como mínimo, de acuerdo con la norma NEMA ANSI C-62.11 o IEC 60099-4 en clase 1.

### 6.6.2 TIPO CODO.

#### 6.6.2.1 UBICACIÓN

Se deberán utilizar en cada fase del último equipo de cada ramal.

#### 6.6.2.2 NIVELES DE TENSIÓN

En la Tabla N°13 se muestran los niveles de tensión.

**Tabla N°13**  
**Niveles de tensión**

Tensión, kV	MCOV, kV	Clasificación, kV
15	8.4	10
25	15.3	18
35	22	27

### 6.6.2.3 CAPACIDAD

Será de 10 kA como mínimo, de acuerdo con la norma NEMA ANSI C-62.11, ANSI/IEEE 386 o IEC 60099-4 en clase 1.

## **6.7 REGLETAS DE DERIVACIÓN.**

Se aceptará el uso de las regletas de derivación en sistemas de media tensión de conexión monofásica.

## **6.8 TERMINALES PARA LA TRANSICIÓN AÉREO – SUBTERRÁNEO.**

### **6.8.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.**

Los terminales que se especifican a continuación se usarán en la transición del sistema aéreo a subterráneo, en redes monofásicas o trifásicas que operan a una tensión nominal de 15, 25 y 35 kV, de acuerdo con IEC-60815. Deberán ser resistentes a la radiación ultravioleta, a los contaminantes tales como niebla salina, lluvia ácida, polvos abrasivos o minerales, a los contaminantes biológicos, capaz de operar en forma continua en ambientes con humedad relativa de hasta 95 %.

### **6.8.2 NORMAS.**

Deberán cumplir con los requisitos que establece la norma IEEE 48, según la última revisión.

### **6.8.3 ESPECIFICACIONES PARTICULARES.**

Deberán ser del tipo contraíble en frío o termocontraíble. El aislamiento deberá ser hule siliconado y cumplir con las siguientes características:

- a. Tensión nominal: 15, 25, y 35 kV.
- b. Nivel Básico de Impulso (BIL): 95, 125 y 150 kV.
- c. Para usarse en los cables establecidos en esta norma.
- d. Uso exterior.
- e. Cada terminal deberá traer su respectivo soporte para uso exterior galvanizado o anodizado resistente a la corrosión.

## **6.9 EMPALMES.**

### **6.9.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.**

Para proyectos nuevos el diseño del proyecto deberá realizarse de tal forma que no utilice empalmes en tramos de conductores menores a 450 metros. Cuando estos sean necesarios deberán darle al conductor continuidad y uniformidad en todas sus capas, además, ser totalmente herméticos, no permitiendo la penetración de humedad, polvos o contaminantes y resistentes a los ambientes corrosivos. Serán usados en redes monofásicas o trifásicas que operan a un nivel de tensión nominal de 15, 25 y 35 kV a 60 Hz.

### **6.9.2 NORMAS.**

Deberán cumplir con los requisitos que establecen las normas IEEE 404 según la última revisión.

### **6.9.3 ESPECIFICACIONES PARTICULARES.**

Deberán ser del tipo contráctil en frío o termocontraíble para utilizarse en los conductores especificados en esta normativa. Los empalmes deberán cumplir con las siguientes características:

- a. Tensión nominal: 15, 25 y 35 kV.
- b. Nivel Básico de Impulso (BIL): 95, 125 y 150 kV.
- c. Para usarse en los cables establecidos en esta norma.
- d. Venir con sus respectivos conectores para el tipo y calibre estipulado en el requerimiento.

## 6.10 PUESTAS A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN.

En la base del poste de la transición aéreo-subterráneo, en cada transformador, equipo de protección y derivación, se instalará una puesta a tierra. En el caso de utilizar varillas como electrodo de puesta a tierra, estas deberán estar recubiertas de cobre, zinc o acero inoxidable de al menos 2.44 metros de largo y 15.8 milímetros de diámetro, que cumpla con la normativa ANSI/UL 467 (ANSI C33.8) en su versión más reciente, interconectadas con conductor adecuado según el diseño, el cual se conectará al neutro del sistema aéreo y a la pantalla de neutro del cable de media tensión, expuesto en la base de la terminal por medio de un conductor de cobre desnudo, al que deberá brindársele una protección contra vandalismo adecuada. El valor de puesta a tierra en este punto no será mayor de  $10 \Omega$ , en caso de que por la alta resistividad del terreno no se pueda obtener este valor, el diseñador deberá presentar el estudio de resistividad del suelo que justifique el valor obtenido. El tubo metálico de protección para la acometida en media tensión deberá quedar puesto a tierra con una abrazadera y conector adecuados para ese uso.

En fosas que contengan equipo sumergible (regletas de derivación, llaves seccionadoras y otros equipos de múltiples salidas, etc.), se deberá utilizar una barra de cobre sólido, sobre la longitud mayor de la fosa, montada sobre aisladores plásticos contra las paredes internas de la fosa, en esta barra, se generalizarán todos los puntos de puesta a tierra de los elementos (pantallas de los cables, codos, tanques, estructuras metálicas y la conexión de la puesta a tierra de las varillas). Las dimensiones mínimas de la barra serán 76.2 mm de ancho por 6.35 mm de espesor, el largo será variable según las dimensiones interiores de la fosa.

Adicionalmente, para el caso de suelos de alta resistividad, donde no se logran los valores recomendados queda abierta la posibilidad de utilizar métodos alternativos de mejoras en puestas a tierra, para tratar de alcanzar el valor de  $10 \Omega$ .



## **6.11 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN CIRCUITOS SECUNDARIOS.**

### **6.11.1 PUNTOS DE CONEXIÓN.**

- a. Transformador: El punto de derivación colocado en el aislador secundario del transformador (HOX0) se deberá conectar al sistema de puesta a tierra.
- b. Acometida: Cada acometida deberá estar puesta a tierra en el pedestal de medición. La conexión al neutro del sistema interno se hará en el interruptor principal.

### **6.11.2 NORMATIVA.**

La puesta a tierra deberá cumplir con la normativa establecida por la ARESEP para acometidas.

## **6.12 PUNTOS DE ENTREGA Y MEDICIÓN**

### **6.12.1 RESIDENCIAL**

Deberá cumplir con la normativa establecida por la ARESEP para acometidas ARNT-SUINAC.

### **6.12.2 MEDICIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

Tendrá las siguientes características:



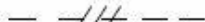
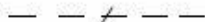

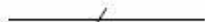




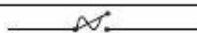

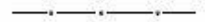


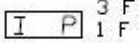
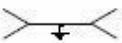

- a. Gabinete tipo pedestal de medición en media tensión, clase 200 o 600 A, para instalación en un sistema subterráneo de 15, 25 y 35 kV trifásico, que cumpla la norma ANSI C57.12.28, para alojar transformadores de medición (de corriente y de potencial), frecuencia 60 Hz, nivel básico de impulso (BIL) de 95, 125 y 150 kV, respectivamente.
- b. El material del tanque y del gabinete podrá ser de acero dulce o acero inoxidable tipo AISI 304, según las condiciones ambientales del sitio









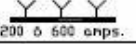


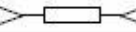



(referirse a la Tabla N°7), de frente muerto acceso frontal y trasero con puertas que permitan su operatividad (abrir o cerrar) mediante la manipulación de tornillos de bloqueo y candados. El gabinete tipo pedestal deberá tener en el lado de media tensión terminales de acceso frontal tipo codo de 200 o 600 A, clase 15, 25 y 35 kV, de acuerdo con la carga y al cable utilizado.












## ANEXO N°1

## SIMBOLOGÍA

ELEMENTOS	SIMBOLO
LINEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSION TRIFASICA	
LINEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSION MONOFASICA	
LINEA SUBTERRÁNEA SECUNDARIA TRIFASICA	
LINEA SUBTERRÁNEA SECUNDARIA MONOFASICA	
ACOMETIDA SUBTERRÁNEA BAJA TENSION TRIFASICA	
ACOMETIDA SUBTERRÁNEA BAJA TENSION MONOFASICA	
CIRCUITO DE ALUMBRADO	
POSTE EXISTENTE	
POSTE FUTURO	
INTERRUPTOR PARA TRANSICIÓN DE AEREO A SUBTERRÁNEO	
CORTACIRCUITOS FUSIBLES - ROMPECARGA	
PUESTA A TIERRA	
LINEA AEREA MEDIA TENSION	
PARARRAYOS PARA TRANSICIONES DE AEREO- SUBTERRANEO	
PARARRAYOS PARA LINEAS MEDIA TENSION SUBTERRANEAS	
INTERRUPTOR TIPO PEDESTAL MEDIA TENSION (SE1-3F-3V)	
CODO DERIVADOR 600 A ( Bol-T )	
TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL TR N° - KVA - 3F ó 1F	

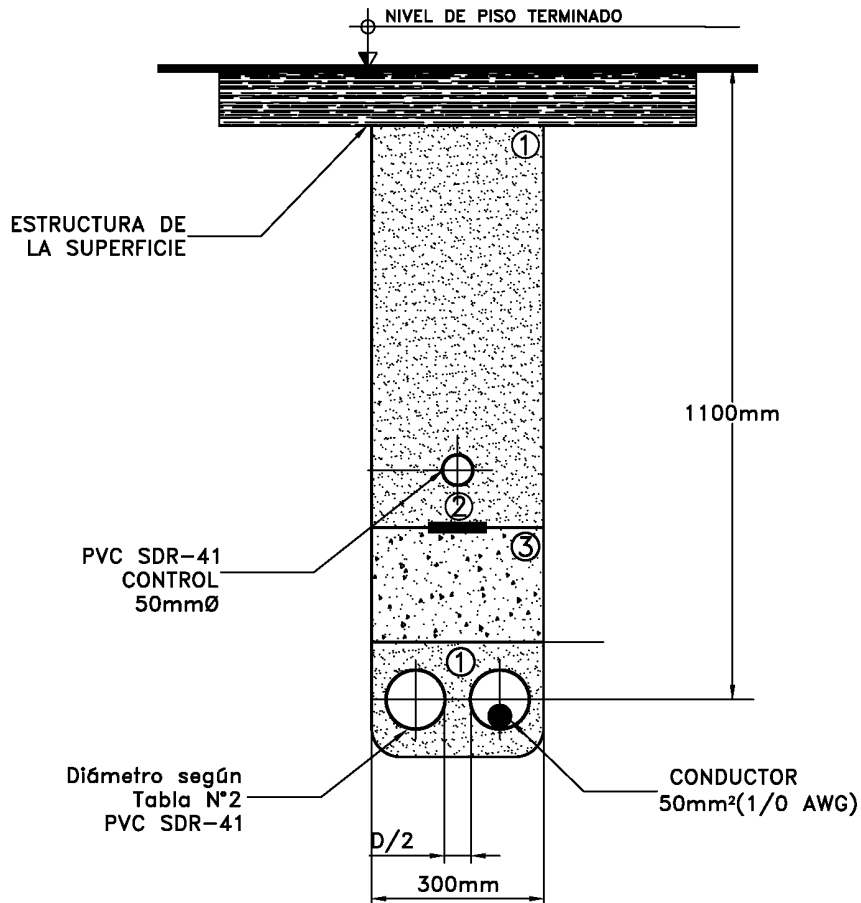
ELEMENTOS	SIMBOLO
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA TRIFASICA	 3F
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA MONOFASICA	 1F
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA TRIFASICA	 CRP 3F
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA MONOFASICA	 CRP 1F
CAJA DE DERIVACION SECUNDARIA	 CRS
FOSA PARA TRANSFORMADOR FT N°	
FOSA PARA SECCIONADOR SE N° - 3F ó 1F - N° vías	 200 ó 600 Amperios
REGLETA DERIVACION SECUNDARIA (Indicar N° de Vías)	
REGLETA DE DERIVACION MEDIA TENSION (Indicar N° de Vías)	 200 ó 600 amps.
CODOS APERTURA BAJO CARGA	 200 ó 600 amps.
INDICADOR DE FALLAS PARA CODOS	
EMPALME MEDIA TENSION RECTO	
EQUIPO DE MEDICION	
LAMPARA VAPOR DE SODIO	
PEDESTAL PARA MEDICION PRIMARIA	

ELEMENTOS	SIMBOLO
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA INTEGRAL	
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA TIPO POZO	
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA INTEGRAL	
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA TIPO POZO	
BOQUILLA PARA DERIVACION ( Feedthru )	
PUESTA A TIERRA	
BOQUILLA DE PARQUEO ( Standoff Bushing )	
REGLETA DERIVACION PORTATIL (Indicar N° de Vías)	
TERMINAL DE CABLE AISLADO DE MEDIA TENSION	



## ANEXO N°2

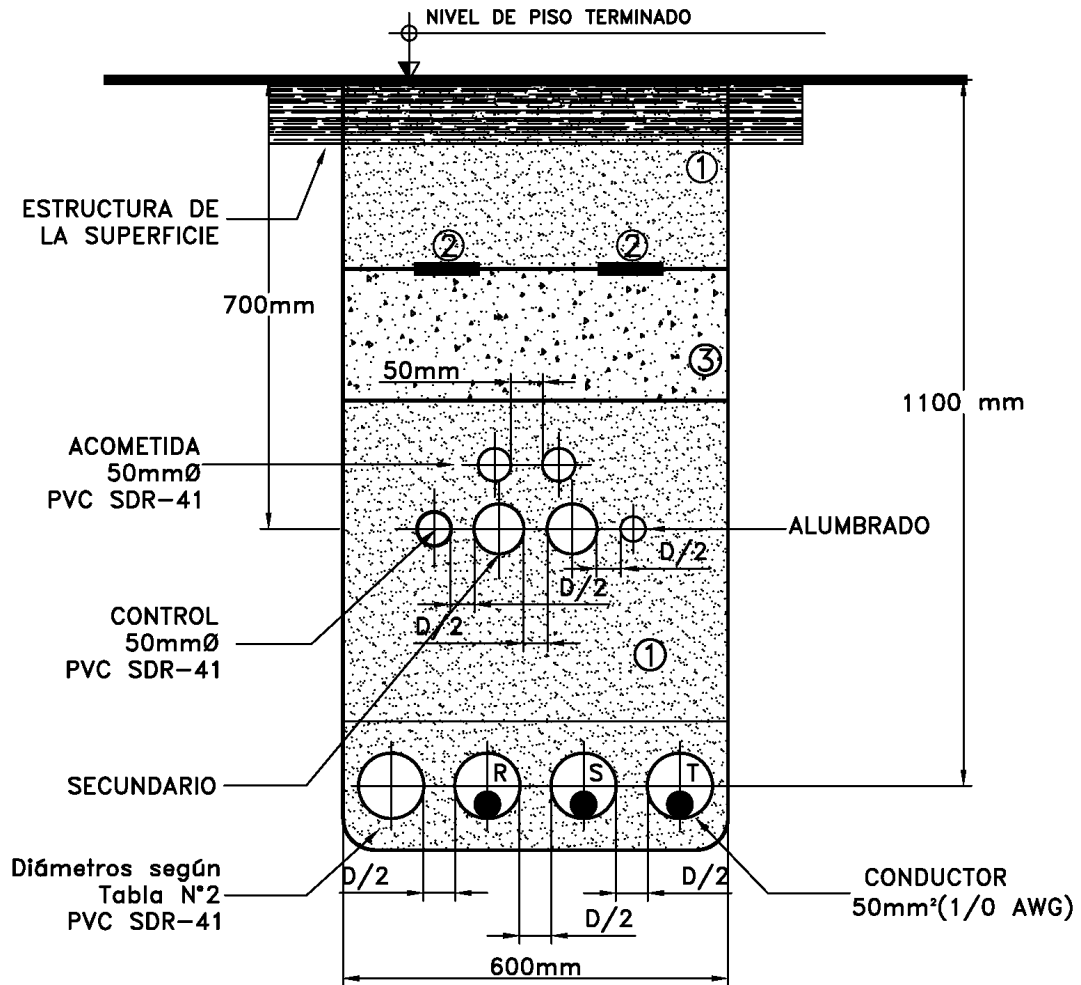
### FIGURAS DE REFERENCIA



- ① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES MATERIAL DEL SITIO DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTANDARD.
- ② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN  $\frac{1}{2}$  ANCHO DE ZANJA
- ③ TOBACEMENTO 105Kg/cm<sup>2</sup> EN CASO DE TRÁNSITO VEHICULAR
- D: DIAMETRO DEL TUBO MAYOR

**FIGURA N°1**  
**Canalización de media tensión monofásica**





① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES MATERIAL DEL SITIO DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTANDAR.

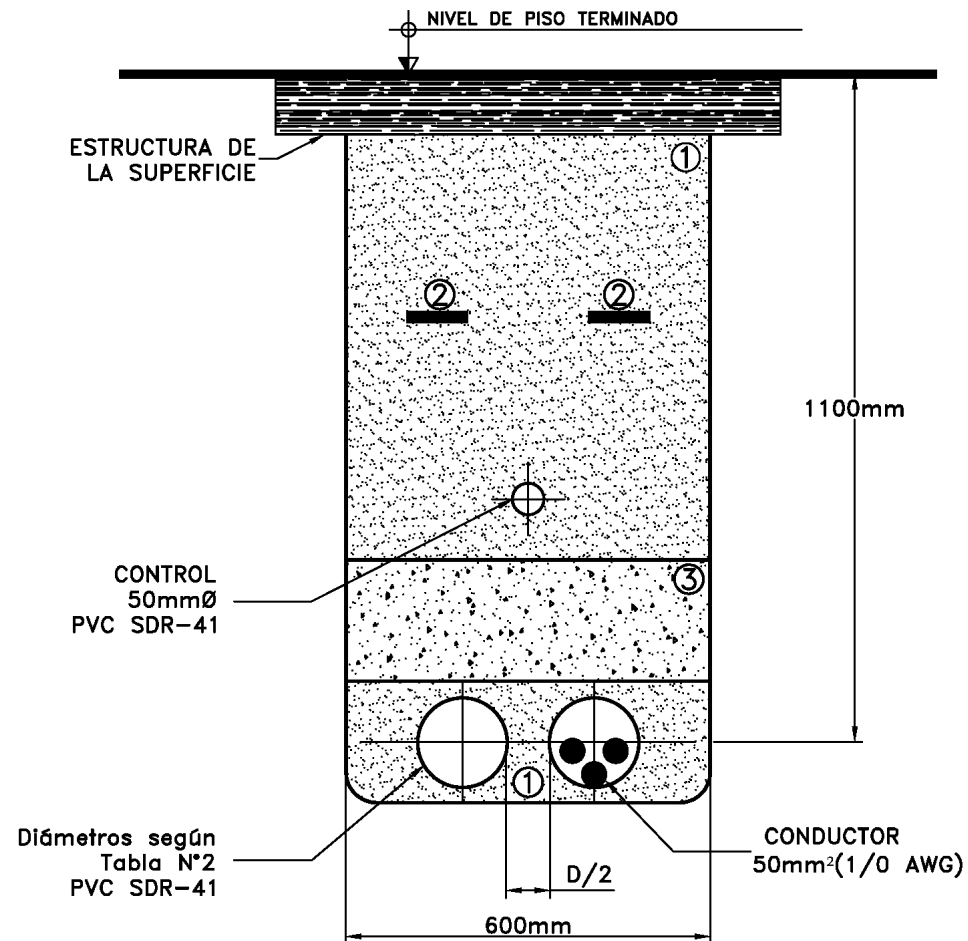
② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN  $\frac{1}{3}$  ANCHO DE ZANJA

③ TOBACEMENTO 105Kg/cm<sup>2</sup> EN CASO DE TRÁNSITO VEHICULAR

D: DIAMETRO DEL TUBO MAYOR

**FIGURA N°2**

**Canalización de media tensión trifásica y baja tensión**



- ① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES MATERIAL DEL SITIO DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTÁNDAR.
- ② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN  $\frac{1}{2}$  ANCHO DE ZANJA
- ③ TOBACEMENTO 105Kg/cm<sup>2</sup> EN CASO DE TRÁNSITO VEHICULAR
- D: DIÁMETRO DEL TUBO MAYOR

**Figura N°3**

**Canalización de media tensión trifásica en un ducto**

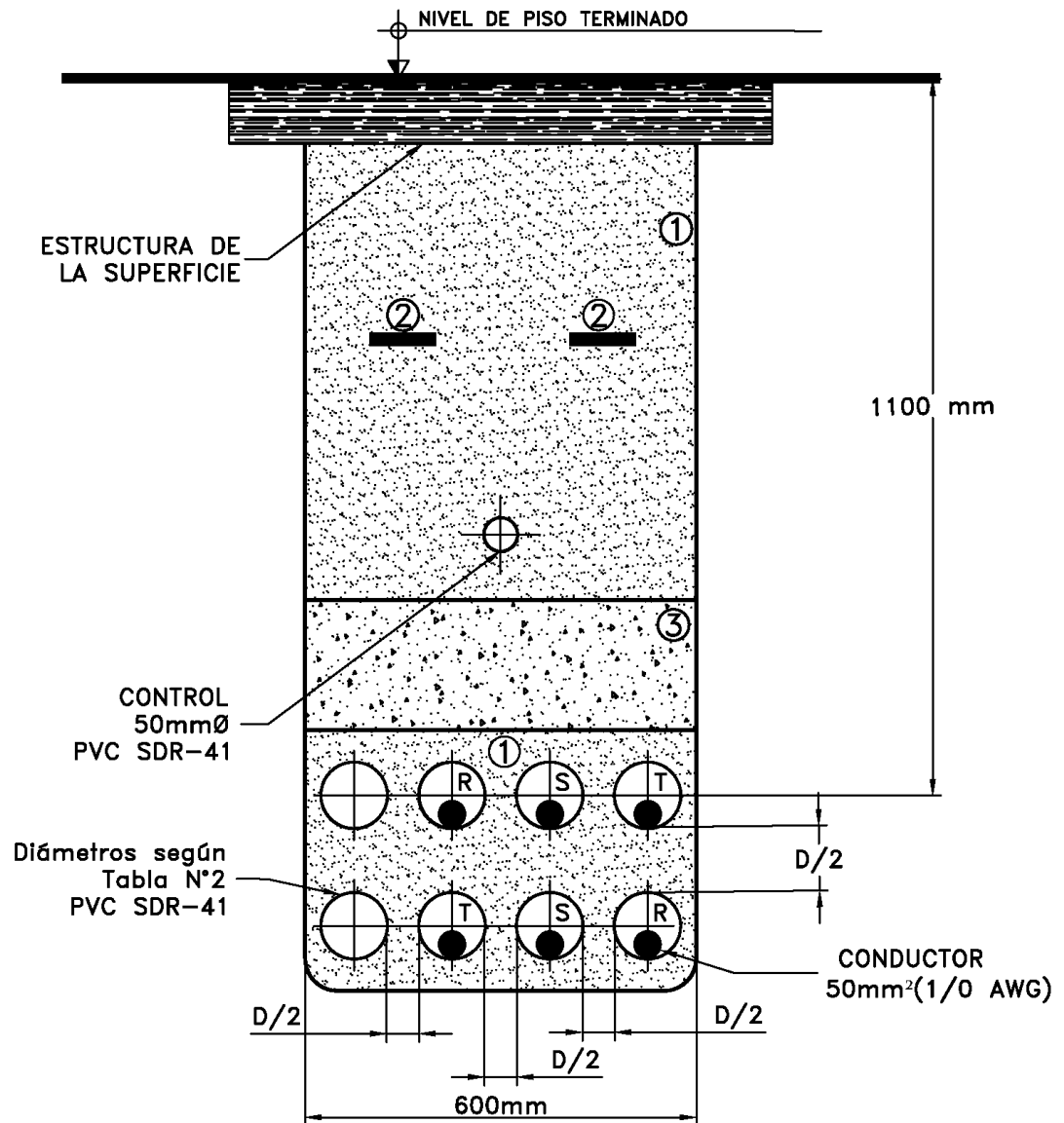
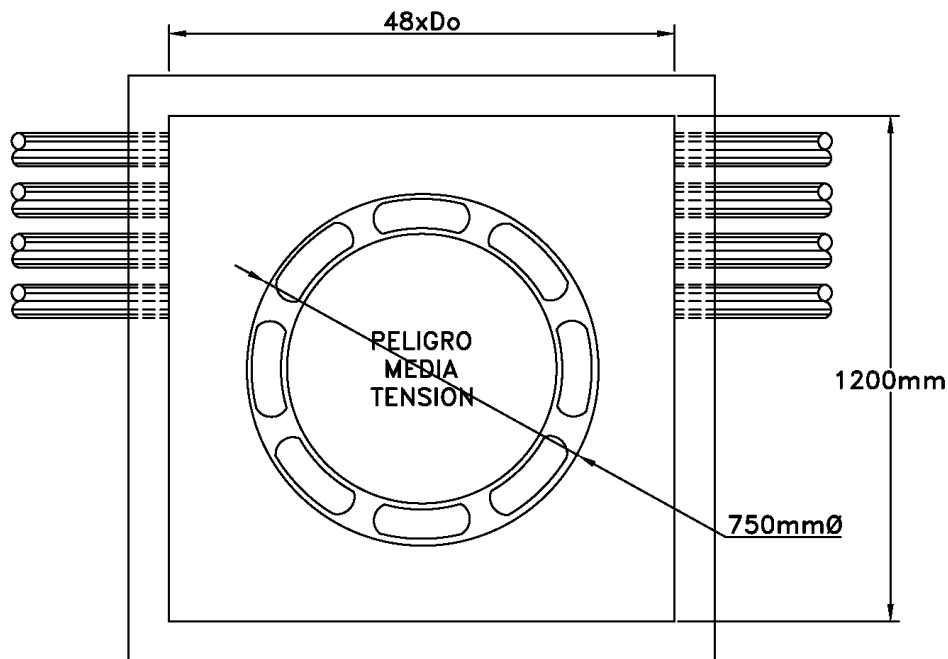


Figura N°4

Canalización doble de media tensión trifásica por calle

## DIMENSIONES INTERNAS:

1. LONGITUD =  $48 \times Do$
  2. ANCHO MÍNIMO = 1200mm
  3. PROFUNDIDAD =  $Pt + 100\text{mm}$
- Do: Diámetro externo conductor mayor  
Pt: Profundidad de tubería más baja



## NOTAS:

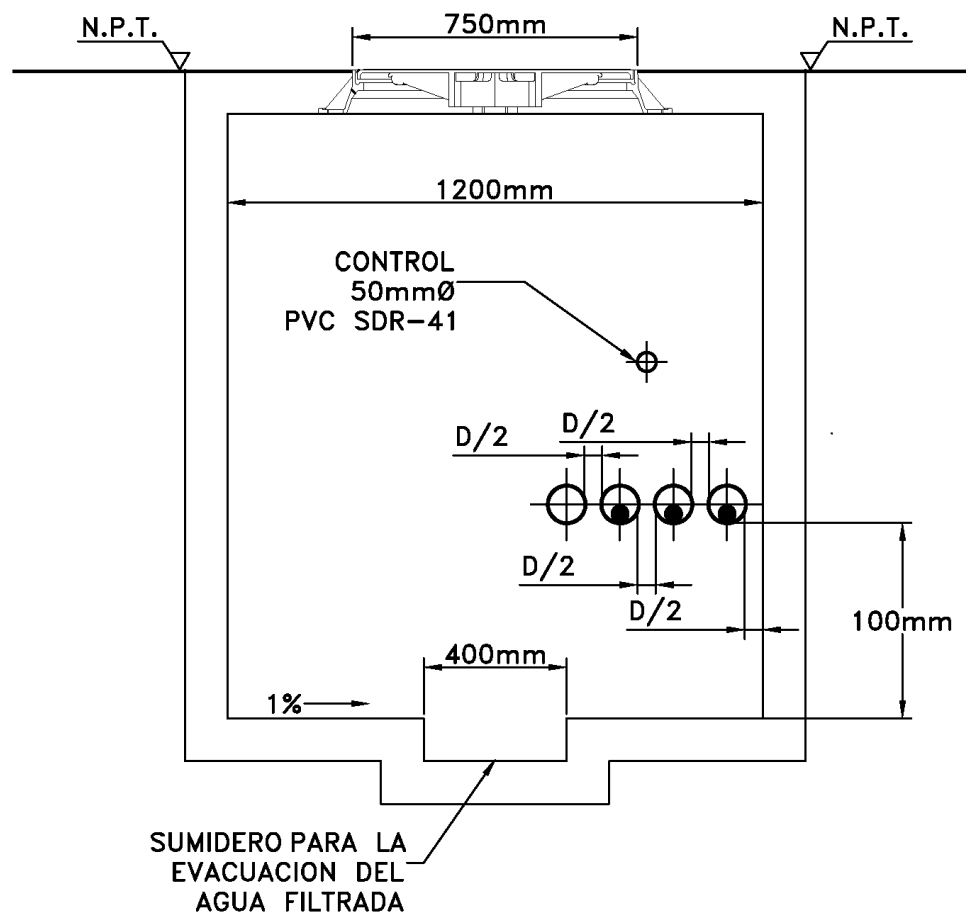
- LA CANALIZACION DE BAJA TENSION, ALUMBRADO PUBLICO Y ACOMETIDA, NO PODRA ENTRAR A NINGUNA CAJA REGISTRO DE MEDIA TENSION, EXCEPTO FOSA DEL TRANSFORMADOR.
- LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.

**Figura N°5**

**Caja de registro de media tensión paso directo, vista superior**

## DIMENSIONES INTERNAS:

1. LONGITUD =  $48 \times D_o$
  2. ANCHO MÍNIMO = 1200mm
  3. PROFUNDIDAD =  $P_t + 100$ mm
- $D_o$ : Diámetro externo conductor mayor  
 $P_t$ : Profundidad de tubería más baja

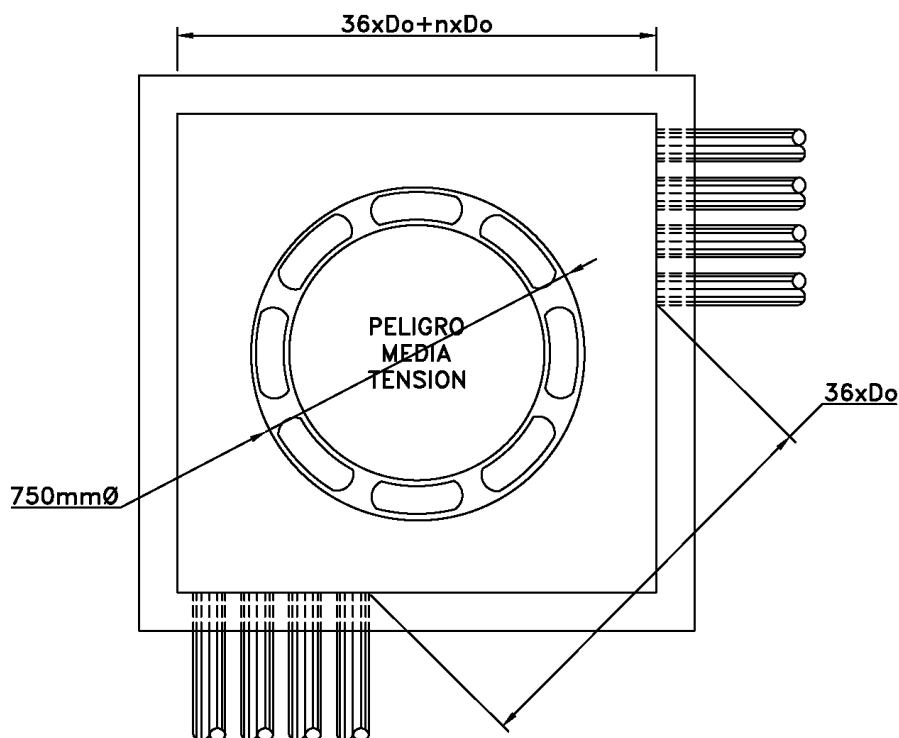


**Figura N°6**

**Caja de registro de media tensión paso directo, vista lateral**

### DIMENSIONES INTERNAS:

1. LONGITUD =  $36 \times Do + n \times Do$       Do: Diámetro externo conductor mayor
2. ANCHO =  $36 \times Do$                       Pt: Profundidad de tubería más baja
3. PROFUNDIDAD =  $Pt + 100 \text{mm}$       n: Cantidad de conductores en mismo plano

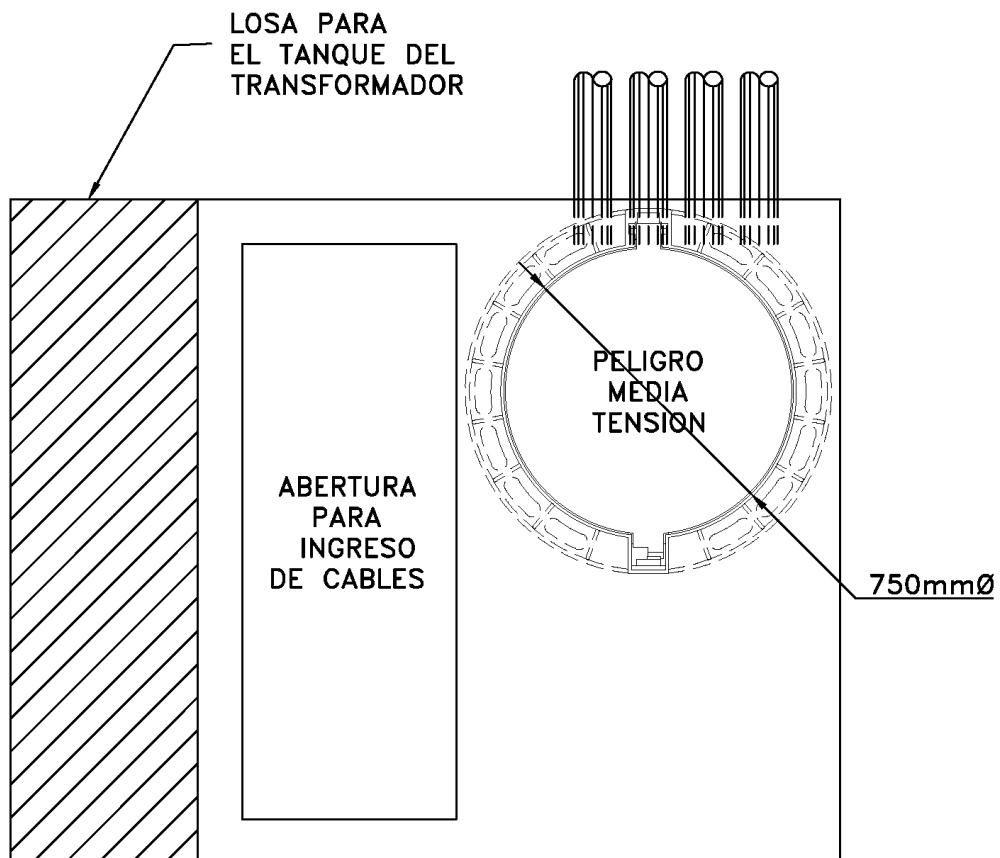


### NOTAS:

- LA CANALIZACION DE BAJA TENSION, ALUMBRADO PUBLICO Y ACOMETIDA, NO PODRA ENTRAR A NINGUNA CAJA REGISTRO DE MEDIA TENSION, EXCEPTO FOSA DEL TRANSFORMADOR.
- LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.

**Figura N°7**

**Caja de registro de media tensión cambio de dirección, vista superior**

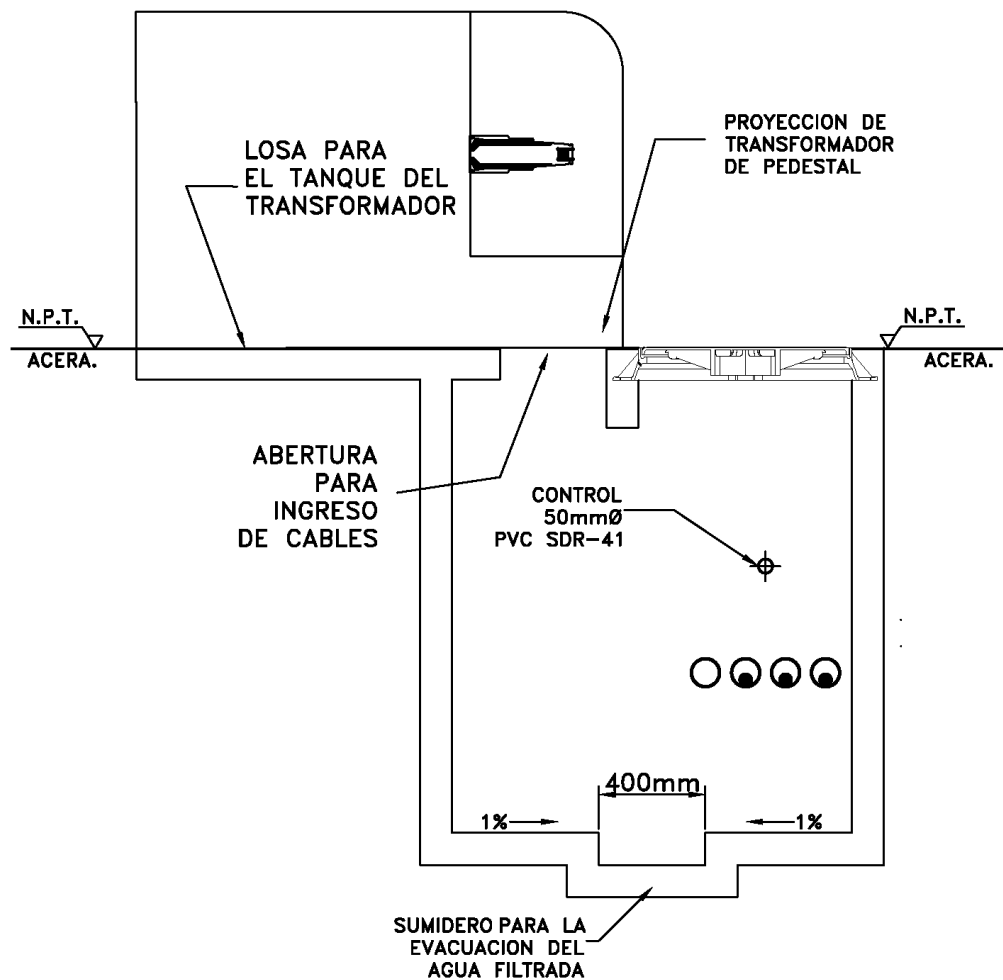


**NOTAS:**

- LAS DIMENSIONES ESTARÁN SUJETAS AL TRANSFORMADOR Y NO SERÁN MENORES A LAS DEFINIDAS PARA LAS CAJAS DE REGISTRO.
- LA FOSA DEBE CONTAR CON LA PRESVISTA PARA LA PUESTA A TIERRA.
- LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.

**Figura N°8**

**Foso para transformador tipo pedestal, vista superior**



**NOTAS:**

- LAS DIMENSIONES ESTARÁN SUJETAS AL TRANSFORMADOR Y NO SERÁN MENORES A LAS DEFINIDAS PARA LAS CAJAS DE REGISTRO.
- LA FOSA DEBE CONTAR CON LA PRESVISTA PARA LA PUESTA A TIERRA.
- LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.

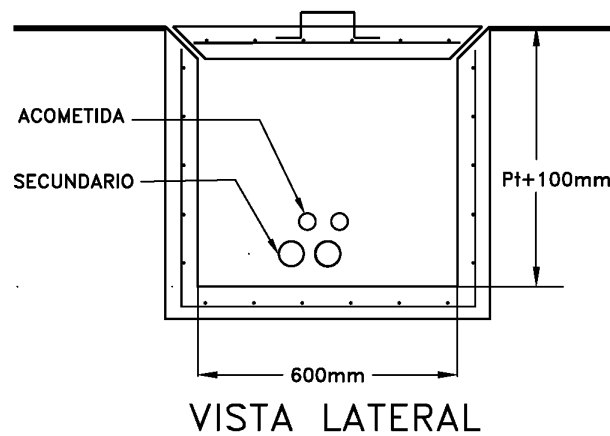
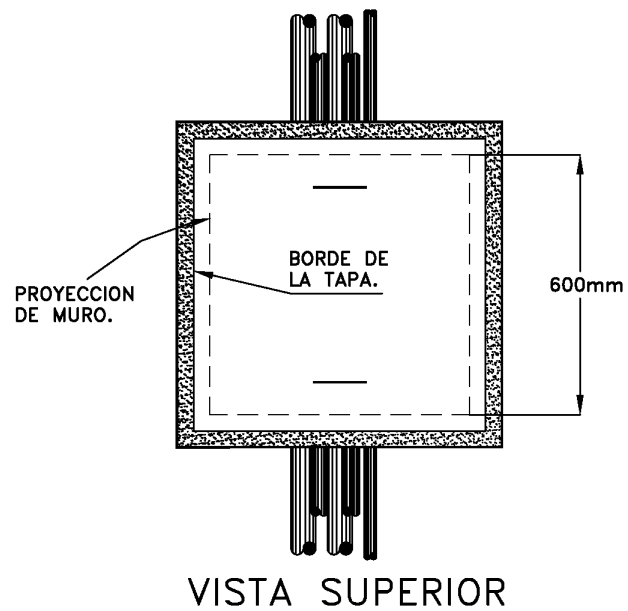
**Figura N°9**

**Foso para transformador tipo pedestal, vista lateral**



### DIMENSIONES INTERNAS:

1. LARGO = 0.60m.
2. ANCHO = 0.60m.
3. PROFUNDIDAD = Pt+100mm



**Figura N°10**

**Caja de registro de baja tensión**

## ANEXO N°3

# METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

## REFERENCIAS

- a. Se deben verificar con la empresa distribuidora los consumos de proyectos similares.
- b. La metodología expuesta en este anexo está en concordancia con la Ley 7447 de Uso Racional de la Energía.
- c. Los valores de consumo presentados han sido suministrados por las empresas distribuidoras eléctricas.
- d. La metodología explicada corresponde a REA, “Estimating kW Demand for Future Load on Rural Distribution Systems”, Stanley J. Vest.

## ALCANCE

El siguiente documento tiene por objeto, determinar la potencia óptima de las unidades de transformación que alimentan proyectos residenciales, comerciales e industriales, a partir de la energía consumida por proyectos similares ya existentes, con el fin de evitar el sobre dimensionamiento que produce calcular la potencia del transformador por medio de los valores escogidos para los cables de las acometidas, alimentadores y circuitos ramales de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional vigente.

Para ello se brinda la forma de calcular la potencia del transformador, de acuerdo con la metodología de la “Rural Electrification Administration” (REA), la cual se basa en curvas que relacionan la demanda en kW de acuerdo con el número de consumidores y los kWh promedio utilizados.

El método desarrollado para la estimación de la demanda en kW consiste en la multiplicación de dos factores FA y FB, que pueden ser obtenidos de tablas o determinados matemáticamente por medio de las siguientes expresiones:

$$FA = N \cdot \left[ 1 - 0,4 \cdot N + 0,4 \cdot \sqrt{(N^2 + 40)} \right]$$

$$FB = 0,005925 \cdot (E)^{0,885}$$

Donde:

N = Número de consumidores

E = kWh promedio por mes por consumidor

También es posible calcular los factores de coincidencia FC y de diversidad FD:

$$FC = \frac{FA}{(3.29) \cdot (N)}$$

$$FD = \frac{(3.29) \cdot (N)}{(FA)}$$

Donde:

FA = 3.29 para un solo consumidor

Así, por ejemplo, si se tienen 406 clientes con un consumo promedio de 205.9 kWh, se tendrá un factor A de 414 y B de 0.66, con lo que la demanda máxima de este grupo de clientes será de  $414 \times 0.66 = 274.85$  kW. Valor que indica la potencia máxima calculada que tendrá un grupo de clientes con estas características de consumo.

Algo importante de esta metodología es que la misma determina la demanda máxima (kW), lo que no es necesariamente la potencia óptima por colocar, ya que se debe determinar los valores de pérdidas dados por diferentes unidades para un perfil de carga, siendo el transformador óptimo, el que brinde los valores más bajos de pérdidas eléctricas.



## ANEXO N°4

### FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA

### FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA:

$$\%E = \frac{100 (P)(kVA)(1000)}{(P)(kVA)(1000) + (NL)(LL)(P^2)(T)}$$

Donde:

- P:= Carga en PU.
  - P = 0.35 para baja tensión (case 600 V), transformadores tipo seco.
  - P = 0.5 para media tensión, transformadores aislados en líquido o secos.
- kVA = kVA nominales de placa.
- NL = Pérdidas sin carga (núcleo) en W a 20 °C.
- LL = Pérdidas a plena carga y temperatura de referencia, consistente con C57.12.00, esto es a 75 °C para secos y 55 °C para transformadores aislados en líquido, en W.
- T = Factor de corrección de temperatura de las pérdidas con carga, para las temperaturas específicas, esto es 75°C para secos y 55°C por transformadores aislados en líquido.