

Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales

Comisión de Distribución Eléctrica



Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea 13.8; 24.9 y 34.5 kV

(Revisión No.1)

Julio de 2015

Miembros de la Comisión de Distribución

Ing. Juan Vicente Bolaños Sequeira, Coordinador / CIEMI

Ing. Warner Pineda Rodríguez / CIEMI

Ing. Roy Guzmán Ramírez / CNFL

Ing. Giovanni Barrantes Zúñiga / CNFL

Ing. Mariela Uribe Olivas / ICE

Ing. Johan Araya Ríos / ICE

Ing. Julio Molina Vásquez / ICE

Ing. Roger Méndez Víquez / CONTRATISTA

Ing. Erick Jiménez Mora / CONSULTOR

Miembros de la Sub-Comisión de Alumbrado

Ing. Erick Jiménez Mora, Coordinador / CIEMI

Ing. Jesús Vicente Aguilar León / ICE

Ing. Juan Diego Alpízar Arguello / ESPH

Ing. Mario Marín Artavia / CNFL

Ing. Eduardo Fernández Monge / CIEMI

Miembros de la Comisión de Distribución 2007-2012

Ing. Rafael Alpízar Salas / ICE

Ing. José Monturiol Le Roy / ICE

Ing. Luis Ulloa Peñaranda / ICE

Índice

CAPÍTULO 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
1.1 OBJETIVO	7
1.2 POLÍTICAS Y DEFINICIÓN TIPO DE OBRA	7
1.3 NORMAS DE REFERENCIA	7
CAPÍTULO 2. CONDICIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO	10
2.1. INTRODUCCIÓN	10
2.2. DISEÑO.....	10
2.3. PLANOS.....	10
CAPÍTULO 3. OBRA CIVIL	14
3.1. CANALIZACIÓN.....	14
3.2. CAJAS DE REGISTRO.....	15
3.3. BASES DE CONCRETO PARA INSTALACIÓN DE EQUIPOS	17
3.4. PUNTO DE TRANSICIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO.	18
3.5. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL CABLEADO.....	18
3.6. SEÑALIZACION EN SITIO	18
CAPÍTULO 4. TRANSFORMADORES PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	21
4.1. TRANSFORMADORES AISLADOS EN LÍQUIDO.....	21
4.2. TRANSFORMADORES SECOS	32
CAPÍTULO 5. CONDUCTORES.....	38
5.1. ESPECIFICACIONES DE CONDUCTORES PARA MEDIA TENSIÓN.....	38
5.2. CONSTRUCCIÓN	39
5.3. PRUEBAS EN FÁBRICA	41
5.4. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN PARA EL CONDUCTOR DESPUÉS DE INSTALADO.....	41
5.5. OTRAS CONDICIONES.....	43
5.6. GARANTÍA	43
5.7. CABLES BAJA TENSIÓN.....	43

CAPÍTULO 6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y ACCESORIOS	44
6.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO	44
6.2. CORTACIRCUITOS	46
6.3. FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE	46
6.4. CUCHILLA SECCIONADORA.....	47
6.5. INTERRUPTOR	47
6.6. PARARRAYOS	49
6.7. INTERRUPTOR PRINCIPAL DE ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN	49
6.8. REGLETAS DE DERIVACIÓN	50
6.9. TERMINALES PARA LA TRANSICIÓN AÉREO - SUBTERRÁNEO	50
6.10. EMPALMES	50
6.11. PUESTAS A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN.....	51
6.12. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN CIRCUITOS SECUNDARIOS	52
6.13. PUNTOS DE ENTREGA Y MEDICIÓN.....	52
6.14. ACCESORIOS EN MEDIA TENSIÓN.....	53
CAPÍTULO 7. ALUMBRADO PÚBLICO	54
7.1. ALCANCE	54
7.2. GENERALIDADES.....	54
7.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS PARA LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA.....	56
7.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS CON SISTEMA DIODO EMISOR DE LUZ (LED)....	60
7.5. CONTROL FOTOELÉCTRICO	62
7.6. POSTES ORNAMENTALES	63
7.7. DISEÑO DE ILUMINACIÓN	64
ANEXO N° 1. SIMBOLOGÍA Y ACCESORIOS.....	67
ANEXO N° 2. FIGURAS	89

CAPÍTULO 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 OBJETIVO

Establecer en nivel nacional, los criterios, métodos, equipos y materiales utilizados en el planeamiento, 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 POLÍTICAS Y DEFINICIÓN TIPO DE OBRA

Los proyectos u obras que se diseñen y construyan para redes de distribución eléctrica de 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). Estas instalaciones son redes de distribución que se incorporarán al sistema de las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

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 de media tensión, deberán ser avalados por los ingenieros autorizados para realizar obra mayor. Dichos profesionales tienen que ser miembros regulares de esta organización, sin excepción, ya que cada proyecto debe contar con un profesional responsable adscrito al CFIA.

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, para las obras que se ejecuten y queden desde la responsabilidad del cliente, la Normativa aplicable será el Código Eléctrico Nacional para la Seguridad y la Vida.

El profesional responsable de la Obra Civil serán un Ingeniero Civil, un Arquitecto o un Ingeniero en Construcción, debidamente incorporado al CFIA.

1.3 NORMAS DE REFERENCIA

NORMATIVA	CAMPO DE APLICACIÓN
ASTM	Características mecánicas del acero de refuerzo para cajas de registro
ASTM	Determinación de cualidades físicas, mecánicas y pruebas en tubos de PVC SDR- 41
ASTM D 3487	Aceite dieléctrico para transformadores de distribución
AISI	Tanques de acero inoxidable para transformadores

NORMATIVA	CAMPO DE APLICACIÓN
ANSI / IEEE C 57.12.00	Transformadores tipo pedestal
ANSI / IEEE C 57.109	Requerimientos de corto circuito para transformadores de distribución
ANSI / IEEE C 57.12.28	Establece los requerimientos de diseño, pintura y seguridad en la construcción de gabinetes de pedestal para transformadores
ANSI / IEEE 386	Norma para accesorios con aislamiento en media tensión (codos, empalmes, terminales, regletas, etc.)
NEMA TP1	Eficiencias de transformadores
ANSI / IEEE C 57.12.90	Pruebas electromecánicas en transformadores pedestal
ICEA S-94-639	Diseño, fabricación y pruebas en cables de media tensión
IEC 885-2	Descargas parciales en cables de media tensión
IEC 502, UL-44, UL-854	Cables de baja tensión
ARNT-SUCAL	Calidad del voltaje de suministro.
ARNT-SUINAC	Instalación y equipamiento de acometidas
NEC	Código Eléctrico (NFPA 70) según el Decreto Ejecutivo No. 36979-MEIC
ANSI C 37.40, C 37.41, C 37.42 y NEMA 5G-2	Equipos de protección monopolar "Corta Circuitos".
ANSI / IEEE C 37.60, C 37.63, C 37.71, C 37.72, C 37.73, C 57.12.28, ASTM D 2472, IEC 56, IEC 265-1	Interruptor para protección y seccionamiento "Llave Seccionadora".
NEMA 4 X	Gabinete para el control electrónico de interruptor tipo poste y llave seccionadora.
USASI, NEMA y ANSI C 62.11	Pararrayos tipo poste 27 kV, 10 kA

NORMATIVA	CAMPO DE APLICACIÓN
IEEE 386, ANSI C 62.11	Pararrayos tipo codo 27 kV, 10 kA
ANSI C 37.60, C 37.61, C 76.1 ANSI / IEEE C 62.11, NEMA SG-13	Interruptor tipo poste para la protección y seccionamiento bajo carga
IEEE 48, VDE 0278, IEC 502	Terminales para cable de media tensión (mufas)
IEEE 404	Empalmes rectos para cable de media tensión.
ANSI C 57.13	Pedestal de medición para media tensión.
ANSI C 136.10	Fotoceldas para alumbrado público.
ASTM D 543	Resistencia química en regletas de derivación secundarias (baja tensión), ante la presencia de líquidos agresivos (ácido sulfúrico, sulfato de sodio, clorato de sodio, hidróxido de sodio, etileno glicerado)
ANSI C 119.4	Características físicas del conector, en regletas de derivación secundarias (baja tensión)
ANSI C 119.1	Ampacidad en regletas de derivación secundarias (baja tensión)
UL 467	Conectores de puesta a tierra en estructuras mecánicas
IEEE 837	Conectores de compresión para puestas a tierra
ASTM B1, B2, B3 y B8	Especificaciones de conductores de cobre desnudo

CAPÍTULO 2. CONDICIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. INTRODUCCIÓN

Las siguientes especificaciones y guías de diseño regirán la construcción de redes de distribución eléctrica subterránea que operan a los niveles de tensión de 13.8; 24.9 y 34.5 kV, así como sus equipos y accesorios. Estas normas establecen los procedimientos por seguir durante las diferentes etapas de los proyectos que sean desarrollados por miembros regulares del CFIA y las obras construidas por las empresas de Distribución Eléctrica.

2.2. DISEÑO

2.2.1 Consulta preliminar

Se considera recomendable que el profesional responsable consulte con la empresa distribuidora para el proyecto a desarrollar, la disponibilidad y calidad de energía existente, el nivel de cortocircuito en el posible punto de conexión, los ajustes a la red 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, la necesidad de constitución de servidumbres y otras características a integrar en su diseño.

2.2.2 Proyecto

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

- a. La memoria de cálculo deberá contener como mínimo la siguiente información: criterios de diseño de cargas, demandas por cliente, potencia y cantidad de los transformadores, topología del circuito, cálculos de capacidad de los conductores, cálculo mecánico de instalación de conductores, análisis de corto circuito y coordinación de protecciones, diseño de los sistemas de puesta a tierra, diseño del sistema de iluminación de acuerdo al Capítulo 7, cuando sea aplicable, etc.
- b. 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.
- c. La información anterior podrá ser solicitada al profesional responsable por la empresa distribuidora para efectos de revisión.

2.3. PLANOS

2.3.1 Generalidades

Se debe entregar a la empresa distribuidora una copia del plano catastrado y de los planos de las obras eléctricas y civiles, tanto en media tensión, baja tensión y alumbrado público, que contengan la siguiente información:

- a. Simbología y nomenclatura.
- d. Norte y ubicación geográfica.
- e. Plano de conjunto del proyecto con la lotificación indicada.
- f. Trazo de calles públicas, privadas y servidumbres.
- g. Identificación de áreas comunes, parques y zonas verdes.
- h. Ubicación de equipos y dispositivos.
- i. Notas aclaratorias.
- j. En todos los planos y detalles se debe indicar la escala utilizada, no siendo menor de 1:500 y el tamaño mínimo de lámina deberá ser de 600mm x 900mm.
- k. Si el proyecto contempla extensiones de líneas aéreas, éstas 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.
- l. Tanto la copia física de los planos como las digitales deberán ser firmados por el profesional responsable de acuerdo a su ámbito profesional. La firma de las copias digitales deberá cumplir con la legislación al efecto.

2.3.2 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 número 1 (figuras).
- 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 indicar el tipo de montaje(s), aislador(es), pararrayo(s) y equipo(s) de protección, de acuerdo con lo especificado en este documento.
- e. Todos los elementos de la Red Eléctrica se codificarán según se muestra en el apartado de Señalización. 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 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 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 Cuadro de cargas, en el que se indicará para cada transformador:
 - .9 Su número consecutivo.
 - .10 Calibres y tipos de conductor secundario, tensión secundaria, longitud de los circuitos secundarios, caída de tensión y balance de fases en el transformador.

2.3.3 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 con distribución de lotes, ancho real de aceras, zonas verdes, cordón de caño, y/o cuneta.
- 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 constructivo de cada elemento incluido en la canalización, de acuerdo con lo indicado en este documento. 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., deberán ser sometidos a la consideración de la empresa distribuidora.
- k. En caso de ser utilizadas las figuras incluidas en este manual, deberá indicarse su procedencia.

2.3.4 Planos según obra

Previo a la energización definitiva y/o recepción de la obra, los profesionales de cada área en el desarrollo de la obra, deberán entregar, a la empresa distribuidora, copia digital y física de los planos anteriores que contengan todas las modificaciones de obras ejecutadas. En caso de contarse con las coordenadas de ubicación de los equipos y las rutas de canalización, estas deberán consignarse en los planos según obra.

CAPÍTULO 3. OBRA CIVIL

3.1. CANALIZACIÓN

3.1.1 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 Los detalles y dimensiones, para los diferentes tipos de canalización, se muestran en las figuras del anexo No 2. Las dimensiones mínimas para la canalización serán las siguientes:

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

3.1.3 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 siguientes:

Tipo	Diámetro mínimo de tubería (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 Los diámetros de los conductos a utilizar serán los indicados en las figuras correspondientes al tipo de canalización.

3.1.5 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.

3.1.6 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.

- 3.1.7 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 ésta. La cinta se colocará a una profundidad de 400 milímetros de la superficie y deberá cubrir la tercera parte del ancho de la canalización.
- 3.1.8 En calle se debe usar concreto como relleno con una resistencia mínima de $f'c = 105 \text{ kg/cm}^2$.
- 3.1.9 El acabado de la superficie de la canalización será igual o mejor al que tenía el sitio antes de la obra.
- 3.1.10 El concreto preparado en fábrica deberá contener el aditivo retardante de fragua que le permita un tiempo de traslado máximo de una hora. Solo se permitirá una aplicación adicional del retardante para un tiempo de traslado total de dos horas. No se aceptará el concreto con más de dos horas de preparado una vez salido de fábrica. El concreto preparado en sitio debe ser aplicado en un tiempo que no supere los 15 minutos.
- 3.1.11 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 la figuras del anexo No 2.
- 3.1.12 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. Para la supervisión de estas labores, es indispensable la presencia del profesional responsable de la obra civil. 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 Las cajas de registros solo serán utilizadas para el paso de los conductores. Las cajas que contengan otro tipo de equipo serán dimensionadas en función del mismo.
- 3.2.2 Serán fabricadas de concreto armado o polimérico con resistencia a la compresión a los 28 días de colado no menor a 210 Kg/cm^2 .
- 3.2.3 El acero de refuerzo se armará en forma de malla con claro de 150 milímetros, utilizando varilla de 9.5 mm (3/8"), grado 40, según norma ASTM con límite de fluencia no menor a 2820 kg/cm^2 .
- 3.2.4 El suelo o material de relleno se debe compactar a un 90% del Proctor modificado si éste es granular o al 90% del Proctor Standard si es cohesivo.
- 3.2.5 El concreto preparado en fábrica deberá contener el aditivo retardante de fragua que le permita un tiempo de traslado máximo de una hora. Solo se permitirá una aplicación adicional del retardante para un tiempo de traslado total de dos horas. No se aceptará el concreto con más de dos horas de preparado una vez salido de fábrica. El concreto preparado en sitio debe ser aplicado en un tiempo que no supere los 15 minutos.
- 3.2.6 Se debe utilizar vibrador durante el proceso de colado para dar uniformidad al concreto.
- 3.2.7 El concreto tendrá una cura mínima de 7 días salvo cuando se utilicen aditivos que aceleren la fragua del concreto.

- 3.2.8** El interior de todas las cajas debe ser recubierto con un mortero impermeabilizante. Éste se debe aplicar en dos capas, gris la primera y blanca la segunda. Antes de su aplicación, todas las grietas o agujeros deberán ser rellenados con un sellador de poliuretano monocomponente.
- 3.2.9** El espesor de las paredes será, como mínimo, 120mm.
- 3.2.10** Se aceptará el uso de cajas prefabricadas de otros materiales no metálicos que hayan sido previamente aprobadas por la empresa distribuidora.
- 3.2.11** 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 incluir un adhesivo de concreto para redondear todas las aristas (abocinado) y evitar daños al cable durante la instalación.
- 3.2.12** Se requerirán cajas de registro en las siguientes condiciones:
- En los cambios de dirección. Los cambios de dirección 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 en la memoria de cálculo. Tampoco será permitida la utilización de dos curvas de radio largo en la tubería de forma consecutiva.
 - En el punto de transición aéreo-subterráneo a una distancia no mayor a 30 metros del poste de transición. En el caso de acometidas únicas trifásicas o monofásicas con longitud no mayor a 30 metros, se requerirá al menos una caja de registro.
 - Debajo de los equipos del sistema; a excepción de lo indicado en la sección 3.3.1.
 - Cada 100 metros en tramos en línea recta. Para utilizar distancias mayores a la indicada se deberá demostrar en la memoria de cálculo que no se excederá la tensión mecánica máxima de jalado especificada para el conductor.
- 3.2.13** Las dimensiones internas mínimas de las cajas de registro deben ser las siguientes:
- 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.
 - 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.

3.2.14 En todo caso las dimensiones internas mínimas serán:

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

- 3.2.15** Las dimensiones de las cajas de registro se deberán adecuar a los equipos que contengan, pero nunca serán inferiores a las indicadas.
- 3.2.16** Para aquellas cajas de registro ubicadas en aceras y zonas verdes las tapas serán cuadradas, de 70x70 cm, de hierro fundido con superficie antideslizante de 6.35 mm de espesor. Deberán ser tratadas con dos capas de pintura anticorrosiva y con dos capas de pintura para acabados metálicos. El esquema de aseguramiento de las tapas es obligatorio y deberá a convenirse con la empresa Distribuidora.
- 3.2.17** Para aquellas cajas de registro ubicadas en calles o en zonas de tránsito vehicular las tapas serán de hierro fundido, circulares 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.
- 3.2.18** Se aceptará el uso de tapas prefabricadas de otros materiales no metálicos que hayan sido previamente aprobadas por la empresa distribuidora.
- 3.2.19** 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 ésta deberá quedar al nivel y será empotrada en la losa superior.

3.3. BASES DE CONCRETO PARA INSTALACIÓN DE EQUIPOS

- 3.3.1** Se permitirá el uso de una base de concreto, o pedestal, para la ubicación de equipos cuando se cuente con una caja de registro a una distancia igual o menor a 30 metros de la ubicación del equipo.
- 3.3.2** Todo equipo que se instale sobre el nivel de piso, deberá contar con una base de concreto armado, con una resistencia mínima de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuyas dimensiones dependerán del equipo por instalar. La altura de la base sobre el nivel de piso terminado, no debe ser menor a 100mm.
- 3.3.3** 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** El conducto a utilizar debe tener un diámetro mínimo de 150 mm para 35 kV y de 100 mm para 25 y 15 kV.
- 3.4.2** El conducto que esté expuesto deberá ser de hierro galvanizado, según se indica en las figuras del anexo No.2.
- 3.4.3** El sello de los ductos de transición deberá ser realizado con material resistente a la flama y a los rayos UV.
- 3.4.4** Se deberá construir un pedestal de protección para el tubo PVC de un metro de altura y que cubra como mínimo los conductos.

3.5. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN DEL CABLEADO.

- 3.5.1** 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** 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 será según los cables a soportar.
- 3.5.3** 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** El conducto de reserva permanecerá sellado con un material de fácil remoción.

3.6. SEÑALIZACION EN SITIO

La señalización de todos los elementos del sistema 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.

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

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, por parte y responsabilidad de la empresa distribuidora. 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 éstas 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. Esta numeración es independiente de aquella que la empresa distribuidora utilice para estos activos.

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 siguiente tabla:

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 c/s 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. Esta numeración es independiente de aquella que la empresa distribuidora utilice para estos activos.

3.6.5 Alimentadores principales.

Los alimentadores principales de media tensión con conductores de 240 mm² utilizarán elementos premoldeados de 600 Amperios 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 conductores de 120 mm² utilizarán elementos premoldeados de 600 Amperios 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 conductores de 50 mm² utilizarán elementos premoldeados de 200 amperios 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**) y el número respectivo.

3.6.7 Alimentador radial

Los alimentadores radiales de media tensión con conductores de 50 mm² utilizarán elementos premoldeados de 200 amperios 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**) 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 Cámara 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 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

4.1. TRANSFORMADORES AISLADOS EN LÍQUIDO

4.1.1 CONDICIONES GENERALES

4.1.1.1 Normas generales aplicables

La siguiente normativa y la listada en los apartados 4.1.2.1 y 4.1.3.1 sirve de base y referencia a las características eléctricas y mecánicas de los transformadores aislados en líquidos a ser utilizados en los sistemas de distribución. Los derechos de autor corresponden al *American National Standard Institute*, ANSI.

Las normas a utilizar referidas en este documento serán aquellas correspondientes a la última revisión y no necesariamente la versión indicada. Cualquier duda, omisión o ambigüedad será aclarada en función de lo establecido por dicho estándar en sus diferentes capítulos o referencias.

- *C57.12.00-2000 Standard Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers*
- *C57.12.20-1997 Requirements for Overhead-Type Distribution Transformers, 500 kVA and Smaller, High Voltage, 34500 Volts and Below, Low Voltage 7970/13800 Y Volts and Below*
- *C57.12.70-1978 (R1993) Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers.*
- *C57.12.80-1992 Terminology for Power and Distribution Transformers (ANSI).*
- *C57.12.90-1993 Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short Circuit Testing of Distribution and Power Transformers*
- *C57.91-1981 Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Overhead and Padmounted Transformers Rated 500 kVA and Less with 55 °C or 65 °C Average Winding Rise.*
- *C57.109.1993 Guide for Liquid-Immersed Transformer Through-Fault-Current Duration.*
- *IEEE Std 469-1988 (Reaff 1994), IEEE Recommended Practice for Voice-Frequency Electrical-Noise Tests of Distribution Transformers.*

4.1.1.2 Condiciones usuales de servicio

Los transformadores aislados en líquido a ser utilizados en los sistemas 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, para operar a una altitud de hasta 1000 m.s.n.m., con una humedad relativa del 95%.

Todas las unidades serán de tipo lazo y 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.

El uso de transformadores aislados en líquido en condiciones inusuales de servicio de acuerdo con lo establecido en el apartado 4.3 de la norma ANSI C57.12.00, deberá ser acordado con la empresa distribuidora a cuyo sistema serán conectados, la cual aprobará, en caso necesario, las características especiales del equipo en función de la variación en las condiciones de uso.

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.

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.

d. Tensiones nominales

Las tensiones nominales serán las establecidas en el apartado 2.1.4 de la norma técnica AR-NTSDC 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.

e. 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 el sistema 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.

En los transformadores trifásicos el desplazamiento angular entre media tensión y baja tensión debe ser cero grados. La conexión debe ser Yy0 y los devanados de media y baja tensión deben ser conectados en estrella sólidamente aterrizada, a través de los terminales designados como Ho y Xo, este a su vez, será conectado firmemente a tierra por medio de láminas de cobre flexible al tanque.

f. Núcleo

En todos los casos el núcleo deberá quedar eléctricamente conectado al tanque y será de acero al silicio o metal amorfo.

En los transformadores monofásicos podrá ser del tipo acorazado o tipo núcleo.

En los transformadores trifásicos el núcleo deberá ser de cuatro o cinco columnas, esta característica debe ser certificada de fábrica.

g. 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 ± 2.5 % por posición de la tensión nominal.

h. Nivel de aislamiento (BIL)

El Nivel Básico de Impulso (BIL) será de acuerdo a los valores establecidos en la Tabla 4 de la norma ANSI C57.12.00.

Específicamente para media tensión en los sistemas de 34,5 kV será de 150 kV, en los sistemas de 24,9 kV será de 125 kV y en los sistemas de 13,8 kV será de 95 kV. Para baja tensión el Nivel Básico de Impulso (BIL) en todos los sistemas 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 a 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 Pérdidas

Los valores máximos admisibles de pérdidas para las unidades son las que se indican en las siguiente tablas, en ambos casos se aplicarán los valores de tolerancia establecidos en el apartado 9.3 de la norma ANSI/IEEE C57.12.00.

UNIDADES MONOFÁSICAS			
Basada en las eficiencias de la norma NEMA TP1			
Rango (kVA)	P _{núcleo} (W)	P _{devanados} (W)	Pérdidas totales (W)
25	90	300	390
50	150	510	660
75	200	710	910
100	270	950	1220
167	395	1450	1845
250	500	2050	2550
333	600	3000	3600
500	810	3800	4610

UNIDADES TRIFÁSICAS			
Basada en las eficiencias de la norma NEMA TP1			
Rango (kVA)	P _{núcleo} (W)	P _{devanados} (W)	Pérdidas totales (W)
75	245	1000	1245
112,5	345	1350	1695
150	430	1625	2055
225	525	2450	2975
300	710	3200	3910
500	1025	5000	6025
750	1310	6800	8110
1000	1650	9500	11150
1500	2150	12500	14650
2000	2450	14500	16950
2500	3000	18000	21000

4.1.1.7 Requerimientos para transformadores tipo lazo.

a. Capacidad del lazo

Todos los componentes para funcionamiento en lazo deben ser operables bajo carga y cumplir con norma ANSI 386, capaces de llevar una corriente permanente de 200 A y tener una capacidad de cortocircuito de 10 kA., durante 10 ciclos.

b. b. Terminales y marcado

La designación de los terminales debe cumplir con lo establecido en el apartado 3 de la norma ANSI C57.12.70-1978.

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, y los secundarios X1, X2, X3, además, para aterrizamiento y conexión de neutro HoXo.

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, además, para aterrizamiento y conexión de neutro HoXo.

c. Seccionamiento

Todas las unidades de pedestal 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 a la tensión del sistema.
- .2 Nivel de impulso básico: de acuerdo a la tensión del sistema según 4.1.1.3.h.
- .3 Corriente nominal máxima 200 A.
- .4 Corriente momentánea máxima 10 kA.

4.1.1.8 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 al Apartado 4.4 de la norma ANSI C57.109.

4.1.1.9 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.

4.1.1.10 Protecciones

Los transformadores deben tener dos fusibles por fase, ambos conectados en serie y debidamente coordinados entre sí, los cuales estarán sumergidos en aceite en el interior del tanque. Uno de estos, tipo bayoneta, denominado fusible de expulsión (FE), será de doble elemento (*dual sensing*), de operación interna y podrá ser reemplazado exteriormente por medio de una pértiga. El otro, denominado fusible limitador de corriente (FLC) será de rango parcial, su sustitución solo podrá realizarse accediendo al interior del tanque de la unidad.

4.1.1.11 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 de manera 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.

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.

4.1.1.12 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.

4.1.1.13 Preservación del aceite

El transformador debe ser de construcción de tanque sellado, llenado de un volumen constante de nitrógeno por medio de una válvula Schreder con el fin de aislar el aceite dieléctrico de la atmósfera y a la vez desplazar el posible oxígeno que se encuentre 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 ($\frac{1}{2}$ pulgada) tipo NPT y de un tamaño especificado para un rango mínimo de flujo, ésta deberá estar provista de un anillo de jalado capaz de soportar una fuerza de tracción de 11.34 Kg 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.

4.1.1.14 Pruebas

Las pruebas en fábrica deben ser hechas de acuerdo con la norma ANSI/IEEE C.57.12.90, éstas serán presentadas a la empresa distribuidora en el protocolo de pruebas realizado por el fabricante, 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.

4.1.1.15 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.

4.1.1.16 Accesorios

Cada unidad debe contar como mínimo con los siguientes accesorios:

- a. Válvula de alivio de presión (Referencia Qualitrol 202-032-01).
- b. Válvula de llenado de nitrógeno
- c. Termómetro (Referencia Qualitrol 151-010-01).
- d. Indicador o visor de nivel de aceite (Referencia Qualitrol 020-029-01).
- e. Llave de drenaje y toma de muestras de aceite de 2.54 cm (1 pulg) NPT.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES PARA TRANSFORMADORES DE PEDESTAL

4.1.2.1 Normas específicas aplicables

- *C57.12.25-1990 Requirements for Padmounted, Compartmental-type, Self-Cooled Single Phase Distribution transformers with separable, Insulated high voltage connectors, High Voltage 34500GrdY/19920 Volts and below; Low voltage 240/120V, 167kVA and Smaller.*
- *C57.12.26-1992 Standard for Transformer Padmounted, Three phase Distribution transformers for use with separable, Insulated high voltage connectors, High Voltage 34500GrdY/19920 Volts and below, 2500kVA and Smaller*
- *C57.12.28-1999 Pad-Mounted Equipment Enclosure Integrity*

4.1.2.2 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 35, 25 y 15 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 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 removibles, 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 amperios (Ver figura RDS en Anexo 1) y contar con un elemento que permita su separación sin la desconexión del cable de baja tensión.

En transformadores con potencias mayores a 500 kVA, en los cuales se deban utilizar conectores de cobre estañado tipo paleta rectangular plana de 6 o 10 huecos, dependiendo de la potencia de la unidad deberán ser provistos con un medio de soporte aislado que contrarreste el esfuerzo mecánico debido al peso de los conductores.

El terminal de baja tensión (X0) para el neutro debe ser completamente aislado con un enlace a tierra en la superficie exterior del tanque mediante láminas de cobre.

4.1.2.3 Temperatura

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 a 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.

4.1.2.4 Características constructivas particulares

El transformador de pedestal deberá ser construido en su totalidad en acero inoxidable tipo AISI 304, 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.

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.

4.1.2.5 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 compartimiento de media tensión sólo podrá ser posible hasta que se haya abierto la puerta del compartimiento 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 compartimiento de baja tensión es de diseño de panel plano, ésta 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 en la posición de 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 equivalente al tipo 304 AISI, 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.

4.1.2.6 Tanque

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 aterrizamiento de 127 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 aterrizar, 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 compartimiento 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, la pintura deberá ser color verde Munsell 7GY 3.29/1.5. 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 Normas específicas aplicables

- *C57.12.23-1992 Standard for Transformers Underground type, Self Cooled, Single Phase Distribution transformers with separable, Insulated high voltage connectors, High Voltage (24940GrdY/14400 V and bellow) and Low voltage 240/120V, 167kVA and Smaller.*
- *C57.12.24-1992 Standard for Transformers-Underground type Three phase Distribution transformers 2500kVA and Smaller, High Voltage, 34500GrdY/19920 Volts and bellow; Low voltage 480 Volts and bellow.*
- *C57.12.32-1994 Submersible Equipment. Enclosure Integrity*

4.1.3.2 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 a 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.

4.1.3.3 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 deberá tener un recubrimiento anticorrosivo. La pintura será de color verde Munsell 7GY 3.29/1.5 y debe ser realizado en tres etapas:

- a. Limpieza química y pretratamiento.
- b. Colocación de base epóxica por efecto de electrodeposición.
- c. Colocación de capa final.

Las características del proceso de recubrimiento y del material utilizado deben ser iguales o superiores a las descritas en la norma ANSI C57.12.32 para unidades sumergibles.

Los terminales, para el aterrizamiento de la unidad, deben ser de acero inoxidable, de ½ plg-13 NC con hueco de derivación y una profundidad de 11.11 mm. Los conectores para aterrizamiento deben permitir el ingreso de cable de 8.37 mm² (N°8 AWG) hasta 33.65 mm² (N°2 AWG).

4.2. TRANSFORMADORES SECOS

4.2.1 Condiciones generales

4.2.1.1 Normas aplicables

La siguiente normativa sirve de base y referencia a las características eléctricas y mecánicas de los transformadores con asilamiento seco a ser utilizados en los sistemas de distribución. Los derechos de autor corresponden al *American National Standard Institute*, ANSI.

Las normas a utilizar referidas en este documento serán aquellas correspondientes a la última revisión y no necesariamente a la versión indicada.

- *C57.12.01-1989 General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers Including Those with Solid Cast and/or Resin-Encapsulated Windings (ANSI).*
- *C57.12.50-1981 (R1989) Ventilated Dry-Type Distribution Transformers 1 to 500 kVA, Single-Phase, and 15 to 500 kVA, Three-Phase with High-Voltage 601-34 500 Volts, Low Voltage 120–600 Volts.*
- *C57.12.51-1981 (R1989) Ventilated Dry-Type Power Transformers, 501 kVA and Larger, Three-Phase, with High-Voltage 601 to 34 500 Volts, Low Voltage 208Y/120 to 4160 Volts.*
- *C57.12.52-1981 (R1989) Sealed Dry-Type Power Transformers 501 kVA and Larger, Three-Phase, with High-Voltage 601 to 34500 Volts, Low Voltage 208Y/120 to 4160 Volts.*
- *C57.12.55-1987, Dry-Type Transformers Used in Unit Installations, Including Unit Substations—Conformance Standard.*
- *C57.12.56-1986 (Reaff 1993), Test Procedure for Thermal Evaluation of Insulation Systems for Ventilated Dry-Type Power and Distribution Transformers.*
- *C57.12.59-1989 Dry-Type Transformer Through-Fault Current Duration.*
- *C57.12.60-1998, Test Procedures for Thermal Evaluation of Insulation Systems for Solid-Cast and Resin-Encapsulated Power and Distribution Transformers.*
- *C57.12.70-1978 (R1993) Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers.*
- *C57.12.91-1995 Test Code for Dry Type Distribution and Power transformers.*

- C57.94-1982 (Reaff 1987), *Recommended Practice for the Installation, Application, Operation, and Maintenance of Dry-Type General Purpose Distribution and Power Transformers.*
- C57.96-1989, *Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers.*
- C57.124-1991 (Reaff 1996), *Recommended Practice for the Detection of Partial Discharge and the Measurement of Apparent Charge in Dry-Type Transformers.*

El equipo deberá ser construido de acuerdo a la norma del ANSI que corresponda a la tecnología y características elegidas, supletoriamente, de común acuerdo con la empresa distribuidora, podrá ser utilizada la norma IEC-60726 y otra normativa IEC aplicable.

4.2.1.2 Objeto de Aplicación

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 generales

La unidad podrá ser de uso interior o exterior, el uso exterior será solo para encapsulados no ventilados.

La unidad podrá ser autoventilada o con enfriamiento forzado con aire o gas, cumpliendo en ambos casos el nivel de ruido establecido en la norma.

Los devanados podrán ser de cobre o aluminio, tanto en el lado de media como de baja tensión.

La unidad deberá cumplir las pérdidas máximas señaladas en la tablas número 4.2.1.3.a, 4.2.1.3.b y 4.2.1.3.c adjuntas.

El nivel de impulso básico mínimo será de 150 kV en el lado de media tensión y 10 kV en el lado de baja tensión para niveles menores de 1 kV, para otros niveles de tensión mayores a este deberá consultarse a la empresa distribuidora.

En los transformadores trifásicos el desplazamiento angular entre media tensión y baja tensión debe ser cero grados. La conexión debe ser Yy0 y los devanados de media y baja tensión deben ser conectados en estrella sólidamente aterrizada

4.2.1.4 Características de la subestación

Deberá ser construida de acuerdo a la norma ANSI C57.12.55-1987, para instalación en ambientes con categoría A, cuyas características están descritas en la tabla No1 de dicha norma.

La subestación deberá estar dividida en tres o cuatro secciones fundamentales: Celda de seccionamiento y protección primaria (se omite esta celda, si a la entrada de la instalación existe interruptor en el lado de

media tensión), celda de medición para albergar transformadores de corriente y potencial, celda del transformador y celda de control, medición y protección secundaria.

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.

4.2.1.5 Nivel de sonido audible

Los transformadores deben cumplir los niveles de sonido audible establecidos en la Tabla 0-4 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.

Tabla 4.2.1.3.a

Cuadro de pérdidas para transformadores secos monofásicos

T E M @ 0,5 % PARA TRAFO SECO						
MONOFÁSICOS IGUALTP1 @ (X) %						
Rango (kVA)	Eficiencia (%) E	Carga (P)	Pnúcleo (NL)	Pdevanados (LL)	Pérdidas totales	Relación
15	97.60	0.5	106	315	421	3
25	97.90	0.5	155	450	605	3
37.5	98.10	0.5	205	630	835	3
50	98.20	0.5	262	780	1042	3
75	98.40	0.5	305	1220	1525	4
100	98.50	0.5	380	1520	1900	4
167	98.80	0.5	505	2020	2525	4
250	98.90	0.5	695	2800	3495	4
333	99.00	0.5	750	3750	4500	5
500	99.10	0.5	1010	5050	6060	5
667	99.20	0.5	1200	6000	7200	5
833	99.20	0.5	1500	7500	9000	5

Tabla No 4.2.1.3.b
Cuadro de pérdidas para transformadores secos Trifásicos

T E T @ 0,5 % PARA TRAFO SECO						
TRIFÁSICOS IGUALTP1 @ (X) %						
Rango (kVA)	Eficiencia (%) E	Carga (P)	P_{núcleo} (NL)	P_{devanados} (LL)	Pérdidas totales	Relación
15	96.80	0.5	124	496	620	4
30	97.30	0.5	208	832	1040	4
45	97.60	0.5	277	1108	1385	4
75	97.90	0.5	402	1608	2010	4
112.5	98.10	0.5	545	2180	2725	4
150	98.20	0.5	686	2744	3430	4
225	98.40	0.5	815	4075	4890	5
300	98.60	0.5	950	4750	5700	5
500	98.80	0.5	1350	6750	8100	5
750	98.90	0.5	1850	9250	11100	5
1000	99.00	0.5	2010	12060	14070	6
1500	99.10	0.5	2725	16350	19075	6
2000	99.20	0.5	3225	19350	22575	6
2500	99.20	0.5	4050	24300	28350	6

(†) 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, tabla No 19 y que se muestra a continuación:

Tabla 4.2.1.3.c

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

CAPÍTULO 5. CONDUCTORES

5.1. ESPECIFICACIONES DE CONDUCTORES PARA MEDIA TENSIÓN

5.1.1 Especificaciones generales

Se establecen las características técnicas y requisitos de calidad que deben cumplir los conductores de potencia para media tensión, los cuales serán del tipo unipolar con el conductor de cobre o aluminio, bloqueado contra penetración de humedad, material del aislamiento EPR para ser usado en niveles de tensión 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 color negro de alta densidad. Deberán cumplir con las normas internacionales que aquí se indiquen y las especificaciones particulares que se presentarán seguidamente:

5.1.1.1 Sección transversal del conductor:

MATERIAL	CALIBRE (AWG - mm ²)			
Cobre	1/0 - 50	250 - 120	350 - 185	500 - 240
Aluminio	1/0 - 50	3/0 - 95	350 - 185	750 - 400

5.1.1.2 Para conductores de aluminio se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Redondo compacto
- Conductividad del 61 %
- ASTM B 231
- Aluminio 1350

5.1.1.3 Para conductores de cobre se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Cobre recocido ASTM B3
- Cableado tipo B para calibres AWG y Clase 2 para calibres en mm²
- Sin estañar
- Redondo Comprimido o compacto

5.1.1.4 Para ambos materiales se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Pantalla metálica (neutro): Hilos de cobre recocido sin estañar ASTM B3.
- Aislamiento: Goma Etilopropilénica (EPR) al 100% para los calibres de 50mm² (1/0 AWG) y 95 mm² (3/0 AWG) y 133 % para los demás calibres.
- Pantallas de bloqueo humedad: Longitudinal en el conductor y transversal bajo la cubierta.

- d. Cubierta protectora exterior: Polietileno de color negro alta densidad.
- e. Tipo de conductor: Monopolar.
- f. Temperaturas máximas: 90°C operación, 130°C sobrecarga 250°C corto circuito
- g. Proceso de curado: En seco.

5.1.2 Normas

La fabricación, pruebas de calidad y aceptación deberán cumplir con las normas **ICEA S-94 649**, para conductores con calibres denominados mediante AWG, alternativamente se usará la norma para conductores de calibres denominados en mm². Las normas de referencia deben estar vigentes a su última revisión, alternativamente incluir las normas equivalentes INTE-IEC 60502-2., INTE-IEC 60228.

5.2. CONSTRUCCIÓN

5.2.1 Conductor

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

5.2.2 Proceso de construcción de pantallas semiconductoras y aislamiento.

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

Los espesores mínimos de aislamiento serán los que se indican en la tabla 5.1.2.

Tabla 5.1.2

Espesores mínimos de aislamiento para cables de media tensión

Voltaje fase a fase (kV)	Calibre conductor (mm ²)	Espesor de aislamiento (mm)			
		100 %		133 %	
		Mínimo en un punto	Máximo en un punto	Mínimo en un punto	Máximo en un punto
15	33.6-400	4.19	5.21	5.33	6.35
25	42.4-400	6.22	7.37	7.75	8.89
35	53.5-400	8.38	9.53	10.2	11.4

5.2.3 Pantalla metálica (Neutro).

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 de hasta 750 kVA, o en sistemas trifásicos.

Las empresas distribuidoras velarán porque los abonados o usuarios de tipo industrial y general, con servicios trifásicos, ajusten sus instalaciones con el fin de que la distorsión armónica de la corriente en el punto de entrega se encuentre dentro de los límites establecidos en la Norma Técnica Calidad de Voltaje de suministro (ARNT-SUCAL) de la ARESEP, o su equivalente vigente a la fecha.

5.2.4 Pantallas de bloqueo contra penetración de humedad.

Entre espacios de los alambres del conductor de fase, se aplicará un compuesto bloqueador en forma longitudinal que evite la penetración y migración de agua a lo largo del conductor. Además, sobre la pantalla metálica se deberá aplicar un compuesto, hilos o cinta higroscópica bloqueadora para evitar la penetración de humedad en forma radial hacia el aislamiento del conductor.

5.2.5 Cubierta exterior.

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

5.2.6 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.

5.2.7 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 mm² (MCM, AWG)
- d. Material del conductor (Cu o Al)
- e. Tensión nominal (35 kV)
- f. Año de fabricación
- g. Numeración progresiva a cada metro de la longitud

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

5.3. PRUEBAS EN FÁBRICA

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

5.4. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN PARA EL CONDUCTOR DESPUÉS DE INSTALADO

Una vez instalado el conductor, 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 éstas 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:

5.4.1 Aislamiento

La resistencia del aislamiento debe ser mayor o igual a la resistencia calculada por medio de la siguiente fórmula:

$$R = K \cdot f_c \cdot \log\left(\frac{D}{d}\right) \cdot L$$

Donde:

- R:** Resistencia del aislamiento en Mega ohm.
- K:** Constante de aislamiento para el EPR igual a 20.000 Mega ohm - km. @ 15.6°C
- D:** Diámetro sobre el aislamiento en milímetros
- d:** Diámetro bajo el aislamiento en milímetros
- L:** Longitud del conductor en km.
- f_c:** Factor de corrección por temperatura (ver gráfico No. 1)

5.4.2 Prueba de Potencial aplicado DC

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

5.4.3 Otras pruebas

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

5.4.3.1 Prueba Factor de Potencia de Aislamiento

Se aplicará 10 KV a 60 Hz para determinar el factor de potencia o factor de disipación y medición de pérdidas del conductor. El valor mínimo aceptado deberá ser igual o menor al establecido por la norma correspondiente.

5.4.3.2 Prueba de Reflectometría.

A cada conductor se le realizará una prueba de reflectometría, la que representará la huella del cable y queda en el historial como una fotografía de la oscilografía y podrá ser comparada con una nueva prueba, ante cualquier avería.

5.4.3.3 Prueba de descargas parciales.

Esta prueba se realizará mediante el procedimiento que establecen las normas indicadas en el punto 5.1.2.

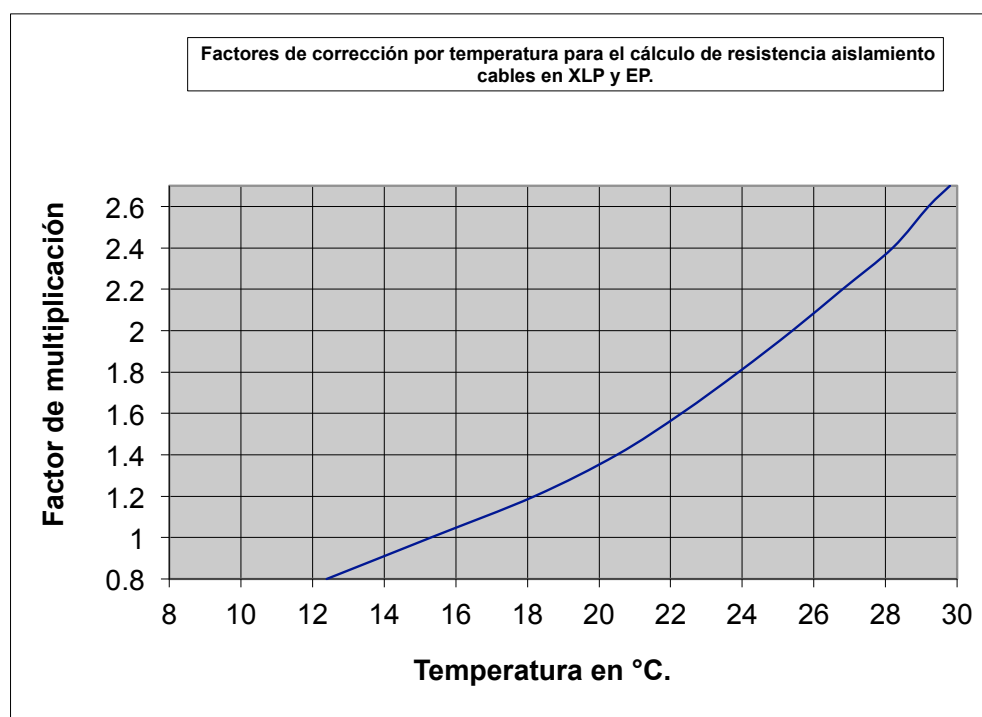


Gráfico 5.4.1

5.5. OTRAS CONDICIONES

5.5.1 Condiciones de entrega y traslado de carretes:

Cada largo de cable o tramo se entregará en la obra en un carrete separado, 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 mm² (250 MCM) el constructor debe incluir y utilizar un dispositivo de tracción (perno de tracción) para el jalado del cable.

5.6. GARANTÍA

El cable deberá tener una garantía mínima de 2 años.

5.7. CABLES BAJA TENSIÓN

5.8.1 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 aleación serie AA 8000, con aislamiento termo fijo de polietileno de cadena cruzada (XLPE). El cable deberá ser igual o superior a RHH / RHW – 2 / USE – 2, para tensiones de 0.6 KV y temperatura de operación 90 °C, cumplir con las normas ASTM-B 800, ASTM-B 801, INTE 20-03-10-05, UL-44, UL-854, o IEC 502, para cables de 0,6/1 kV, clase 2.

5.8.2 Cables de Baja Tensión

- .1 Las secciones transversales de los conductores serán diseñadas de acuerdo con las características particulares del proyecto y justificadas en la memoria de cálculo presentada. La empresa distribuidora se reserva el derecho de modificar o corregir los diseños de acuerdo con la normativa establecida por ARESEP y el Código Eléctrico vigente.
- .2 Material del conductor: Cobre recocido o aluminio aleación serie AA 8000 compacto.
- .3 Suministro del cable: Monopolar.
- .4 Los calibres para el caso de la distribución pública general a usar en cobre y aluminio para los ramales distribuidores y para las acometidas los calibres mínimos serán según se indica en el cuadro siguiente.

MATERIAL	CALIBRE (AWG - mm ²)		
	2 -35	1/0 - 50	250 - 120
Cobre			

Aluminio	1/0 - 50	3/0 - 95	350 - 185
----------	----------	----------	-----------

5.8.3 Pruebas y condiciones de instalación

- .1 Las pruebas deberán estar de acuerdo con la norma ASTM, INTE, IEC o U.L.
- .2 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.
- .3 Los circuitos tendrán una configuración radial, ya sea con conexión en regleta o en armario y como máximo saldrán cuatro ramales de cada transformador.
- .4 Las caídas de tensión en el transformador, registros, en los puntos más lejanos de cada circuito y en las acometidas, deberán cumplir con la reglamentación establecida por ARESEP en la norma AR-NTCVS-2002 "Calidad del voltaje de suministro".
- .5 El neutro se deberá aterrizar en todas las cajas en donde existan derivaciones y en el transformador.
- .6 El neutro en el lado secundario del transformador o en la carcasa del equipo que se trate y en las puestas a tierra de los pararrayos, se deberá conectar y generalizar en un nodo común en el tanque del transformador. De este punto, se deberá conectar dentro de la fosa a la malla de tierras.
- .7 Los sistemas de puesta a tierra y los valores de resistencia en ohmios para instalaciones de media tensión y baja tensión, 10 y 25 ohmios máximo respectivamente, deberán cumplir con lo establecido en la norma "Instalación y equipamiento de acometidas" publicado por ARESEP.

CAPÍTULO 6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y ACCESORIOS

6.1. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO

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, todo lo cual deberá ser demostrado, por los cálculos ofrecidos en la memoria del proyecto 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.

La posterior recepción de los equipos seleccionados, en el caso de que 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 a 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 firmante(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 los posibles 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.

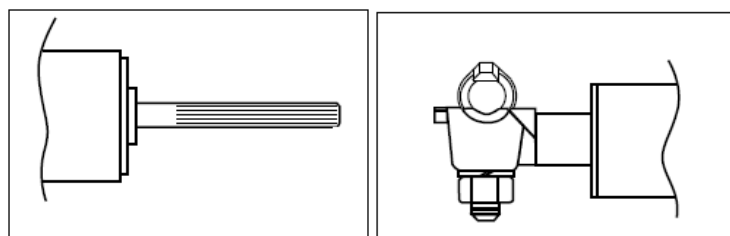
- Cortacircuitos
- Fusibles de expulsión en serie con fusibles limitadores de corriente de rango parcial.
- Cuchillas seccionadoras de operación monopolar o tripolar de operación con y sin carga.
- Interruptor de uso subterráneo.
- Pararrayos para la transición aéreo – subterráneo, tipo “Riser Pole”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

6.2. CORTACIRCUITOS

- 6.2.1 Tensión nominal de operación: 15, 25 o 35 kV.
- 6.2.2 Nivel Básico de Impulso (BIL): 110, 125 y 170 kV.
- 6.2.3 Capacidad interruptiva (mínimo): 12 kA simétricos (Venteo sencillo)
- 6.2.4 Capacidad nominal: 100 A
- 6.2.5 Distancia de fuga: 305, 432 y 660 mm, para 15, 25 y 35 kV respectivamente.
- 6.2.6 Normas: ANSI C.37-40, C. 37-41, C.37-42 y NEMA 5G-2.

6.3. FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

Fusible limitador de corriente para uso exterior, para colocación en serie con cortacircuitos de distribución, para 8.3, 15.5 y 23 kV, para denominaciones 12K, 25K, 40K, 65K, y 80K. Este deberá tener un terminal de espiga por uno de sus extremos y un terminal de ojo por el extremo contrario, apto para recibir cable de No 8 a 2/0 AWG, clase B de acuerdo a la siguiente figura:



Espiga

Terminal de ojo



Fusible limitador de corriente de uso exterior

6.4. CUCHILLA SECCIONADORA

En caso que el proyecto por sus dimensiones requiera la instalación de cuchillas seccionadoras, a juicio del diseñador o de la distribuidora se utilizarán cuchillas seccionadoras en la transición aéreo subterráneo con las características que aportará la distribuidora, si están quedan dentro del grupo de materiales incluidos en el traspaso de líneas, de lo contrario se colocarán las indicadas por el diseñador, siempre y cuando cumplan con la seguridad de las personas, y las instalaciones, tanto propias como la del resto del sistema eléctrico al que dicha red será conectada, todo lo cual deberá ser demostrado, tanto por los cálculos ofrecidos en la memoria del proyecto y por las normas de fabricación y certificados con los cuales los equipos son construidos. Así como las condiciones de seguridad para las maniobras de operación y mantenimiento, del personal que a futuro operará dicha red.

6.5. INTERRUPTOR

6.5.1 Descripción General

Interruptor para la protección y seccionamiento (al vacío o bajo carga) tipo pedestal o sumergible, de frente muerto. Este equipo consiste en un tanque hermético lleno de gas hexafluoruro de azufre (SF₆) a baja presión, con aislamiento sólido o aceite dieléctrico biodegradable, los cuales funcionarán como dieléctrico, tendrán cámaras al vacío para la interrupción de corrientes de cortocircuito. La protección de cortocircuito deberá disponer de un relevador de sobre corrientes del tipo estado sólido, con capacidad para ser programado en el sitio a través de un teclado o por medio de una micro computadora. Deberá tener los dispositivos para la medición de corrientes e interrogación remota.

6.5.2 Normas

Deberá cumplir con las normas de acuerdo con la última revisión:

- ANSI / IEEE C.37.60 - C.37.63 - C.37.71 – C.37.72 – C 37. 73
- C 57.12.28
- ANSI / IEEE 386
- ASTM D 2472
- IEC 56 – IEC 265 – 1
- ASTM (Aceite biodegradable)

6.5.3 Características particulares

- .1 Tensión nominal: 15, 25 y 35 kV
- .2 Tensión de operación máximo: 15.5, 27 y 38 kV
- .3 Nivel básico de impulso mínimo: 110, 125 y 150 kV

- .4 Capacidad de corriente servicio continuo en barras: 600 A
- .5 Capacidad de maniobra con carga: 200 ó 600 A
- .6 Frecuencia: 60 Hz
- .7 Medio aislante: SF6, aislamiento sólido y aceite dieléctrico biodegradable
- .8 Medio de interrupción del cortocircuito: Cámara de vacío
- .9 Número de vías: De acuerdo con las necesidades del proyecto.
- .10 Puesta a tierra de contactos: Los interruptores deberán ser de tres posiciones en los contactos, abierto, cerrado y aterrizado.
- .11 Capacidad interruptiva mínima: 12 kA Simétricos
- .12 Material del tanque y/o gabinete: Acero inoxidable tipo AISI 304. Los de tipo pedestal serán pintados de color verde oliva, similar a Munsell 7.0GY3.29/1.5.
- .13 Boquillas o insertos: Debe cumplir con la norma ANSI/IEEE 386, con apertura bajo carga para los dispositivos de 200 A.
- .14 Zócalos de descanso: Debe contar con un zócalo de descanso por cada boquilla de 200 A.
- .15 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 sobre corriente construido con tecnología basada en microprocesadores, programable directamente en el sitio por medio de una computadora personal o por teclado. Las curvas de operación tiempo-corriente deberá tener la gama de curvas que el esquema de coordinación que el proyecto demande, dicha coordinación deberá aparecer en la memoria de cálculo tal y como se indica en el numeral 2.2.2 (a) de este manual para su verificación por parte de la distribuidora. El diseño del proyecto deberá prever la alimentación de corriente alterna para el control.

6.5.5 Características Particulares del Control Electrónico

- .1 Selector de disparo tripolar y monopolar
- .2 Apertura manual
- .3 Selección de corrientes de disparo por fase, ajustables en un rango de acuerdo al esquema de protecciones requerido.
- .4 Selección de corriente mínima de disparo por desbalance
- .5 Retardo de disparo por corriente de magnetización
- .6 Medición de corriente por cada fase y para cada salida protegida
- .7 Indicador de fallas por fase o tierra de la magnitud de corrientes, con fecha y hora del evento
- .8 Selección de curvas de disparo tiempo – corriente.
- .9 Registro de operaciones.

- .10 Pantalla de visualización y consulta de datos en el equipo o por medio de computador
- .11 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.
- .12 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.
- .13 Para equipos tipo sumergibles, el gabinete no deberá estar adosado al equipo.

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. Queda a juicio de la cada distribuidora determinar si recibe o no esta clase de equipos, de acuerdo a sus políticas de manejo de activos, en el caso que el propietario quiera traspasarlos, para lo cual dejará indicado en el contrato de traspaso de redes que parte o partes de la red recibe.

6.6. PARARRAYOS

6.6.1 Pararrayos para la transición aéreo-subterráneo

Todo punto de transición aéreo-subterráneo debe usar pararrayos tipo Riser Pole. En los niveles de tensión de operación 15, 25 y 35 KV estos serán encapsulados en hule siliconado de tipo óxido metálico para un MCOV de 8.4, 15.3 y 22 kV y un rango de pararrayo de 10, 18 y 27 kV respectivamente, con capacidad de 10kA, de acuerdo con la norma NEMA ANSI C-62.11 o IEC 60099-4 en clase 1.

6.6.2 Tipo Codo

Se deberá utilizar, en cada fase del último equipo de cada ramal, un pararrayos tipo codo de óxido metálico (M.O.V.E.), clase 15, 25 y 35 kV, norma ANSI / IEEE 386 para 8.4, 15.8 y 22 kV MCOV respectivamente de acuerdo con la norma NEMA ANSI C-62.11.

6.7. INTERRUPTOR PRINCIPAL DE ACOMETIDA DE MEDIA TENSIÓN

Cuando por efectos de carga o coordinación de protecciones la colocación de un cortacircuito no sea viable, deberá colocarse un interruptor en la acometida del nuevo sistema. Las características de este equipo serán aportadas por la empresa distribuidora si este queda dentro del contrato de traspaso de redes de media tensión, de lo contrario existe la posibilidad de la colocación de interruptores con características diferentes, siempre y cuando cumpla la seguridad de las personas, y las instalaciones, tanto propias como la del resto del sistema eléctrico al que dicha red será conectada, todo lo cual deberá ser demostrado, tanto por los cálculos ofrecidos en la memoria del proyecto y por las normas de fabricación y certificados con los cuales los equipos son construidos. Así como las condiciones de seguridad para las maniobras de operación y mantenimiento, del personal que a futuro operará dicha red. Queda a juicio de la cada distribuidora determinar si recibe o no esta clase de equipos de acuerdo a su

política de manejo de activos, para lo cual dejará indicado en el contrato de traspaso de redes, que parte o partes de la red recibe.

6.8. REGLETAS DE DERIVACIÓN

Se aceptará el uso de las regletas de derivación, cuando se cumplan las siguientes condiciones: para uso de servicios generales y de alumbrado público, en sistemas de media tensión de conexión monofásica, longitudes no mayores de 150 m, y una potencia máxima de conexión de 50 kVA.

6.9. TERMINALES PARA LA TRANSICIÓN AÉREO - SUBTERRÁNEO

6.9.1 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. Deberán ser resistentes a la radiación ultravioleta, contaminantes tales como niebla salina, lluvia ácida, polvos abrasivos o minerales, contaminantes biológicos, capaz de operar en forma continua en ambientes con humedad relativa de hasta 95 %.

6.9.2 Normas

Deberán cumplir con los requisitos que establecen las normas IEEE 48, según la última revisión.

6.9.3 Especificaciones particulares

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

- .1 Tensión nominal: 15, 25, y 35 kV.
- .2 Nivel Básico de Impulso (BIL): 110, 150 y 200 kV.
- .3 Para usarse en los cables establecidos en esta norma.
- .4 Uso exterior
- .5 Cada terminal deberá traer su respectivo soporte para uso exterior galvanizado o anodizado resistente a la corrosión.

6.10. EMPALMES

6.10.1 Especificaciones generales

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.

6.10.2 Normas

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

6.10.3 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:

- .1 Tensión nominal: 15, 25 y 35 kV.
- .2 Nivel Básico de Impulso (BIL): 110, 150 y 200 kV.
- .3 Para usarse en los cables establecidos en esta norma.
- .4 Venir con sus respectivos conectores de cobre estañado para el calibre estipulado en el requerimiento.

6.11. PUESTAS A TIERRA EN MEDIA TENSIÓN

En la base del poste de la transición aéreo-subterráneo, se instalará una puesta a tierra en una dirección diferente a la que posea la canalización de media y baja tensión, 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 de cobre desnudo, calibre mínimo 1/0 AWG, 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 calibre mínimo 1/0 AWG, a este conductor deberá brindársele una protección contra vandalismo adecuada. El valor de puesta a tierra en este punto no será mayor de 10 ohmios, 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 aterrizado con una abrazadera y conector adecuados para ese uso.

Cada transformador, equipo de protección y derivación, contará con un sistema de puesta a tierra donde su ubicación no interfiera con las canalizaciones existentes en el sitio, 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 de cobre desnudo, calibre mínimo 1/0 AWG, enterradas en la fosa o cerca del equipo por conectar e interconectadas con conductor de cobre desnudo con una sección mínima igual a la sección del área del conductor, donde se conectará el neutro del sistema. Se permite, también, que el sistema de puesta a tierra se instale fuera de la caja de registro, dejando las previstas de tubería correspondientes. El valor de puesta a tierra en este punto no será mayor de 10 ohmios, 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.

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 pared interna 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 ohmios, igualmente de no alcanzarse deberá demostrarse técnicamente las razones por las que no fue posible por medio del estudio de resistividad respectivo.

6.12. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN CIRCUITOS SECUNDARIOS

El punto de derivación colocado en el aislador secundario del transformador (X0), se deberá conectar al sistema de puesta a tierra del transformador. Cada acometida deberá estar aterrizada en el pedestal de medición. La conexión se hará en el interruptor principal, por medio de una puesta a tierra que cumpla con la normativa establecida por la ARESEP para acometidas.

6.13. PUNTOS DE ENTREGA Y MEDICIÓN

6.13.1 Residencial

- .1 Para cada servicio residencial horizontal hasta 200 A, se requiere construir un pedestal de concreto para colocar el equipo de medición en el límite de propiedad y frente a vía pública. En caso de contarse con un muro o que la construcción se encuentre hasta el límite de la propiedad, la instalación del equipo de medición deberá cumplir con la normativa establecida por la ARESEP para acometidas ARNT-SUINAC.
- .2 Cuando la caja de derivación de la acometida o el transformador del cual se deriva ésta, se encuentre a más de 40 metros, en la base del pedestal de medición se colocará una caja de registro en concreto o material polimérico, con una dimensión tal, que permita una fácil manipulación del cable para acceso de la acometida secundaria.
- .3 La empresa eléctrica deberá verificar previo a la conexión de la acometida, que tanto el punto medio de la base del medidor como la palanca de desconexión del interruptor, se encuentren a una altura que no sea inferior a 0,80 m y 0,60 m respectivamente, sobre el nivel del suelo, y estén debidamente instalados en un pedestal de dimensiones adecuadas. En este tipo de montaje no deben quedar partes energizadas expuestas de conformidad con lo establecido en la norma de la ARESEP para acometidas ARNT-SUINAC
- .4 Para entregas de energía con corrientes mayores a 200 A (medición indirecta), aplica lo descrito en cuanto a alturas en el inciso c de este numeral, donde llegarán los cables de las señales de corriente y de voltaje a su respectiva regleta.

- .5 Los transformadores de corriente podrán ser ubicados en el lado secundario del transformador y los proveerá la distribuidora.

6.13.2 Medición en media tensión

.1 Características

- a. Gabinete tipo pedestal de medición en media tensión, clase 200 ó 600 Amperios, 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 uso exterior (T.C. y P.T.), frecuencia 60 Hz, nivel básico de impulso (BIL) de 110, 125 y 150 kV respectivamente.
- b. El gabinete tipo pedestal de medición deberá ser construido de acero inoxidable tipo AISI 304, 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 ó 600 amperios, clase 15, 25 y 35 kV, de acuerdo con la carga y al cable utilizado.

.2 Pruebas en cada unidad:

- a. Nivel básico de impulso BIL: 95, 125 y 150 KV.
- b. Pruebas de tensión aplicada.

6.14. ACCESORIOS EN MEDIA TENSIÓN

Se muestran en las figuras en el Anexo 1.

CAPÍTULO 7. ALUMBRADO PÚBLICO

7.1. ALCANCE

- 7.1.1** El alcance de este manual se limita a los sistemas de iluminación pública general que vayan a ser traspasados a la empresa distribuidora de energía, para su operación y mantenimiento.
- 7.1.2** Se entiende como alumbrado público de uso general aquel que se destine a iluminar vías públicas y privadas de tránsito vehicular y/o peatonal, parques y bulevares en áreas comunes de proyectos residenciales, desarrollos turísticos, zonas industriales, etc., y que sea alimentado directamente del sistema de distribución secundaria de la empresa distribuidora, sin que haya medición de energía.
- 7.1.3** Los sitios que pueden considerarse para tener iluminación pública estarán sujetos al convenio particular entre la empresa distribuidora y la municipalidad en la que se localice el proyecto.
- 7.1.4** No se incluye dentro de este manual la iluminación de las siguientes localidades:
- .1 Iluminación decorativa de uso especial (monumentos, fuentes, fachadas, paisajismo, etc.)
 - .2 Campos deportivos y canchas multiusos.
 - .3 Áreas de piscinas.
 - .4 Parqueos.
 - .5 Iluminación de espacios interiores en zona comunes.
 - .6 Iluminación de carreteras de alto tránsito vehicular.
- 7.1.5** Será responsabilidad del profesional a cargo del diseño verificar previamente con la empresa distribuidora cualquier excepción adicional a las indicadas anteriormente.

7.2. GENERALIDADES

- 7.2.1** Los requerimientos que se indican en este apartado aplican para todas las luminarias especificadas en este capítulo.
- 7.2.2** Rotulación
- Cada luminaria deberá tener una tarjeta adhesiva, imborrable y resistente a la intemperie, en la que se especifique lo indicado en la tabla 7.2.2

Tabla 7.2.2
Información requerida en cada luminaria

Descripción
Diagrama de conexiones
Tensión nominal (V)
Corriente de línea (A)
Número de Catálogo
Marca del Fabricante
Potencia de línea (W)
Distribución fotométrica
Año de fabricación

- 7.2.3** La empresa distribuidora podrá solicitar los certificados de las pruebas correspondientes a las especificaciones indicadas en este Manual.
- 7.2.4** La empresa distribuidora podrá, en caso de que lo considere necesario, realizar por su cuenta o solicitar al fabricante, los ensayos correspondientes para verificar cualquiera de las especificaciones indicadas en este Manual.
- 7.2.5** Para el montaje tipo punta poste la carcasa tendrá una entrada para la espiga o poste de 76.2mm de diámetro como máximo y de 62.0mm como mínimo, debiendo tener un mecanismo de fijación que le permita ajustarse a la espiga del poste sin que pierda verticalidad.
- 7.2.6** Para el montaje mediante brazo de sujeción la carcasa contará con un mecanismo ajustable que permita sujetar el cuerpo del cabezote a un tubo de metal de 42 a 77 mm de diámetro, que asegure la resistencia de la carcasa y su fijación al brazo en forma rígida.
- 7.2.7** El sistema de montaje de la luminaria deberá cumplir con el código de vibraciones 2G ANSI C136.32-2001.
- 7.2.8** El sistema de cierre de la carcasa debe realizarse por medios seguros, con fijación por medio de tornillos o aldaba a presión de material resistente, metálico y anticorrosivo ó de polímero de alta densidad; para garantizar su manipulación normal durante las operaciones de cierre y apertura de la carcasa, sin que produzca deformaciones o daños a sus componentes. El fabricante debe garantizar un mínimo de 100 operaciones de cierre y apertura de la carcasa sin que el mecanismo sufra deformación.
- 7.2.9** Para labores de mantenimiento de la luminaria no se deberá requerir de herramienta

especializada.

7.2.10 La carcasa debe tener una base para el control fotoeléctrico.

7.2.11 El material de la carcasa deberá tener una resistencia al impacto mínima equivalente al valor IK08 de la norma IEC.

7.2.12 Todas las luminarias de un proyecto deben ser de la misma marca, modelo y potencia.

7.2.13 Todas las luminarias que se instalen en el proyecto deberán ser nuevas. No se permitirá el uso de luminarias reconstruidas de ningún tipo. Tampoco está permitido el uso de luminarias que se hayan convertido del tipo de alta intensidad de descarga al tipo LED o viceversa.

7.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS PARA LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA

7.3.1 Descripción General

Luminaria especialmente diseñada para iluminación de parques, plazas, bulevares o calles peatonales y de bajo tránsito vehicular, tipo ornamental, para montaje en posición punta de poste o mediante brazo de soporte. Deberá entenderse por luminaria el conjunto formado por el chasis o carcasa, el sistema óptico (reflector y/o difusor), el equipo eléctrico (balastro de alto factor de potencia, capacitor, ignitor, cables y conectores) y portalámparas (socket). Las especificaciones técnicas se dividen de la siguiente manera:

- Chasis o carcasa
- Sistema Óptico
- Equipo eléctrico
- Portalámpara (socket)

7.3.2 Chasis o Carcasa

- .1 La carcasa deberá ser fabricada en aluminio por inyección a alta presión o coquillado, o en polímero de alta densidad reforzado con fibra de vidrio.
- .2 No deberá tener porosidades, y el espesor deberá ser uniforme y no menor a 2 milímetros.
- .3 Debe ser a prueba de oxidación y corrosión.
- .4 El material deberá ser resistente a temperaturas de hasta 200° C y al efecto de los rayos ultravioleta.
- .5 Para el caso del aluminio, la carcasa deberá ser pintada al horno.
- .6 La carcasa deberá poseer un sistema de cierre conveniente y que asegure la hermeticidad (IP 55 en el bloque óptico e IP 43 en el conjunto eléctrico como mínimo o cumplir la norma ANSI C136.25-2009).
- .7 Para protección del personal de mantenimiento, la carcasa deberá venir sólidamente conectada a tierra.

7.3.3 Sistema Óptico

- .1 El conjunto óptico estará compuesto por el difusor y el reflector. El conjunto óptico debe estar alojado dentro de la carcasa.
- .2 El conjunto óptico deberá tener un grado de hermeticidad mínimo equivalente al grado IP55 de la norma IEC.
- .3 El difusor deberá ser traslúcido o transparente. Podrá ser fabricado en vidrio temperado de alta resistencia o de policarbonato estabilizado y protegido contra el envejecimiento por radiación ultravioleta (UV), resistente al calor, con una resistencia a los impactos mínima equivalente al valor IK08 de la norma IEC, resistente a la abrasión y con un alto factor de transmisión. De espesor uniforme no menor a 3 milímetros y acabado externo liso. No se aceptarán luminarias con refractor prismático exterior.
- .4 El conjunto óptico deberá contar con un filtro especial que permita la respiración, filtre las impurezas y la entrada de humedad.

7.3.4 Equipo Eléctrico

- .1 El equipo eléctrico está compuesto por el capacitor, el arrancador y el balastro.
- .2 El equipo eléctrico podrá estar contenido en una bandeja como un solo conjunto, dentro de la carcasa. Dicha bandeja podrá ser de aluminio anodizado o material termoplástico. En caso de contar con bandeja, ésta debe ser fácilmente desmontable, sujeta a la carcasa por medio de tornillos que no requieran de herramientas especiales. Cada balastro, capacitor e ignitor tendrá una identificación indeleble, resistente al calor, con los datos característicos del fabricante.
- .3 El conjunto eléctrico contenido en la bandeja debe ser de fácil conexión y desconexión eléctrica, alambrados entre sí. La alimentación eléctrica del conjunto será mediante un elemento enchufable de frente muerto, que debe incluir ambos conectores hembra y macho con pestañas de seguridad, al igual que la alimentación al bombillo.
- .4 En caso de no contar con bandeja, todos los elementos del conjunto eléctrico deberán ser de fácil conexión y desconexión eléctrica por medio de conectores enchufables de frente muerto con pestañas de seguridad. Para este caso cada componente debe ser fijado a la carcasa de manera firme mediante tornillos inoxidables, que impidan el fácil desprendimiento del elemento.
- .5 El aislamiento eléctrico de todos los componentes que transportan corriente debe ser para 600 V. Debe cumplir con la norma ANSI C136.2-2004.
- .6 Todos los componentes deberán contar con un certificado de producto de un laboratorio acreditado que garantice su funcionamiento y desempeño de acuerdo a las normas ANSI, IEC o equivalentes.
- .7 El balastro de la luminaria deberá ser electromagnético, de alta eficiencia y bajas pérdidas. Su construcción deberá evitar sobrecalentamiento, vibración y corrosión. Las características eléctricas de los balastros se detallan en la tabla 7.3.4.7.
- .8 El equipo eléctrico debe tener un factor de potencia mínimo del 90%.
- .9 Quedará sujeto a aprobación de la Empresa Distribuidora la utilización de otros tipos de balastro.
- .10 El capacitor puede ser del tipo seco ó en aceite, libres de PCB. Su vida útil debe ser mayor a 50000 horas. Con este capacitor se debe garantizar un factor de potencia mayor o igual a 0.9.

- .11 El arrancador (ignitor) debe tener una vida útil de 50,000 horas como mínimo, con capacidad de operar un mínimo de 120 horas continuas en modo pulsante (circuito abierto) a una temperatura de 70°C sin que se produzcan daños en sus componentes.
- .12 Para el balastro tipo reactor, el arrancador debe de ser del tipo “superposición”.
- .13 La alimentación de la luminaria deberá realizarse por medio de una regleta que permita la conexión segura de los conductores por medio de tornillos. La misma debe estar sólidamente fijada a la carcasa, y contar con tres terminales bien identificados: dos para las fases y uno para tierra. La capacidad de los bornes será para conductores en un rango del N° 12 al N° 10 AWG, voltaje de operación de 240 V y corriente de operación no menor a 15 A.

Tabla 7.3.4.7

Características eléctricas balastros para lámparas de alta intensidad de descarga

Tipo de Balastro	Reactor	CWA
Característica		
Distorsión armónica total	$\leq 20\%$	$\leq 20\%$
Regulación de Voltaje	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
Corriente de línea en operación máxima	0.83 A	0.90 A
Pérdidas Máximas	17%	20%
Potencia Nominal Máxima	150 W	175 W
Voltaje de operación	240 V	240 V
Frecuencia	60 Hz	60 Hz

7.3.5 Bombillas

- .1 Todas las bombillas deberán contar con un certificado de producto de un laboratorio acreditado que garantice su funcionamiento y desempeño de acuerdo a las normas ANSI, IEC o equivalentes.
- .2 Deberán cumplir con las normas ANSI C.78.42-2004 ó las normas IEC 60662 Ed. 2.0 b:2011 y 61167 ed2.0 2011; o equivalentes.
- .3 Todos los bombillos deberán ser nuevos y de fabricación reciente. Los mismos podrán estar sujetos a revisión y aceptación por parte de la empresa distribuidora.
- .4 Las características técnicas de cada bombillo se resumen en la tabla 7.2.4.

Tabla 7.2.4
Características técnicas por tipo de bombillo

Tipo de Bombillo	Vapor de Sodio de Alta Presión	Aditivo Metálico Convencional	Aditivo Metálico Tubo Cerámico
Característica			
Potencia nominal (W)	150	175	150
Voltaje de operación (V)	100	55	90-100
Tipo de rosca	Mogul E40	Mogul E39	Mogul E39 o E40
Flujo Luminoso Inicial (Lm)	17500	17000	16500
Eficacia Lumínica (Lm/W)	116	97	110
Temperatura de color (K)	2000	3200	2800
Índice de rendimiento de color (%)	20	60	65
Posición de funcionamiento	Universal	Universal	Horizontal o Universal*
Acabado	Claro	Claro	Claro
Forma	T46	ED28	T46
Vida media al 50% de fallos (horas)	32000	15000	18000
Contenido de Mercurio (mg)	≤ 16	≤ 16	≤ 16

* La posición de funcionamiento del bombillo deberá estar acorde con la posición del portalámpara en la luminaria.

7.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS CON SISTEMA DIODO EMISOR DE LUZ (LED¹)

7.4.1 Descripción General

- .1 Luminaria con tecnología de LED diseñada especialmente para aplicaciones de alumbrado público.
- .2 Consumo eléctrico de la luminaria de 80 a 160 watts
- .3 Emisión de luz de 4300 a 13600 Lúmenes.
- .4 Eficacia mínima del sistema mayor a 80 lm/W
- .5 Temperatura de color mínima de 4000K y máximo 5500 K
- .6 Índice de rendimiento de color 70% mínimo
- .7 Corriente de operación de la fuente de poder (Driver) de 525 mA a máximo 700 mA
- .8 Deberá operar entre el rango de tensión de alimentación 120V a 277V + 10% a 60 Hz
- .9 Los luminarios deberán tener un rango temperatura de operación entre -10°C y +50°C.
- .10 Fuente de poder (driver) con una especificación de 50000 horas de vida útil mínimo operando a una temperatura de operación menor o igual a 80°C.
- .11 El diodo emisor de luz para esta aplicación debe ser de cuarta generación como mínimo.

7.4.2 Construcción

- .1 La carcasa de la luminaria deberá ser fabricada en aluminio por inyección a alta presión o coquillado, o en polímero de alta densidad reforzado con fibra de vidrio.
- .2 Deberá poseer un sistema de disipación térmica pasivo. Debe ser libre de mantenimiento y a prueba de fallas por medio de convección del calor hacia el medio ambiente sin necesidad de componentes eléctricos o elementos líquidos.
- .3 Debe ser a prueba de oxidación y corrosión.
- .4 El material de la carcasa deberá ser resistente a temperaturas de hasta 200° C y al efecto de los rayos ultravioleta.
- .5 La luminaria debe tener una protección IP 65 ANSI C136.25-2009 o equivalente a IEC.
- .6 En caso de que la luminaria tenga separados el sistema óptico del sistema eléctrico, el compartimiento del sistema eléctrico deberá de tener un grado de protección de al menos IP54 ANSI C136.25-2009 o su equivalente a IEC y el sistema óptico un grado de protección IP 65 ANSI C136.25-2009 o su equivalente a IEC.
- .7 Deberán estar totalmente ensamblados y probados desde fábrica antes de ser embarcados.
- .8 Para protección del personal de mantenimiento, la carcasa deberá venir sólidamente conectada a tierra.

¹ Por las siglas en inglés de *Ligth Emissor Diode*

7.4.3 Sistema Eléctrico

- .1 El equipo eléctrico podrá estar contenido en una bandeja como un solo conjunto, dentro de la carcasa. Dicha bandeja podrá ser de aluminio anodizado o material termoplástico. En caso de contar con bandeja, ésta debe ser fácilmente desmontable, sujeta a la carcasa por medio de tornillos que no requieran de herramientas especiales.
- .2 El conjunto eléctrico contenido en la bandeja debe ser de fácil conexión y desconexión eléctrica, alambrados entre sí. La alimentación eléctrica del conjunto será mediante un elemento enchufable de frente muerto, que debe incluir ambos conectores hembra y macho con pestañas de seguridad.
- .3 En caso de no contar con bandeja, el equipo eléctrico (driver) deberá ser de fácil conexión y desconexión eléctrica por medio de conectores enchufables de frente muerto con pestañas de seguridad. Este elemento debe ser fijado a la carcasa de manera firme mediante tornillos inoxidables, que impidan el fácil desprendimiento del mismo.
- .4 El sistema debe traer una protección contra transitorios de la red eléctrica adicional al que cuente el controlador (driver), por IEEE/ANSI C62.41.-1991, 4kV/2kA, categoría B2.
- .5 Deberá de contar con un factor de potencia de al menos 0.9 y con una distorsión total de armónicas en corriente no mayor a 15%
- .6 La alimentación de la luminaria deberá realizarse por medio de una regleta que permita la conexión segura de los conductores por medio de tornillos. La misma debe estar sólidamente fijada a la carcasa, y contar con tres terminales bien identificados: dos para las fases y uno para tierra. La capacidad de los bornes será para conductores en un rango del N° 14 al N° 10 AWG, voltaje de operación de 240 V y corriente de operación no menor a 15 A.
- .7 Deberá de contar con un medio que permita proveer una conexión física a tierra.

7.4.4 Sistema Óptico

- .1 La luminaria deberá contar con un sistema óptico, el cual podrá implementarse mediante tres métodos: reflectivo, por difusores o una combinación de ambos. Todos los métodos deben garantizar que la distribución de la luz sea uniforme.
- .2 La cubierta exterior deberá ser traslúcida o transparente. Podrá ser fabricada en vidrio temperado de alta resistencia o de policarbonato estabilizado y protegido contra el envejecimiento por radiación ultravioleta (UV), resistente al calor, con una resistencia a los impactos mínima equivalente al valor IK07 de la norma IEC, resistente a la abrasión y con un alto factor de transmisión. De espesor uniforme no menor a 3 milímetros y acabado externo liso. No se aceptarán luminarias con refractor prismático exterior.
- .3 El desempeño fotométrico debe al menos igualar los niveles de iluminación de una luminaria de Vapor de Sodio de Alta Presión de 150 watts tipo cobrahead logrando uniformidades promedio de al menos 3 a 1 iluminancia (promedio entre iluminancia mínima)
- .4 El sistema óptico deberá tener un desempeño con curva fotométrica tipo II ó III en concordancia con la sección LM-79 de los estándares de la IESNA (Sociedad Estadounidense de Ingenieros en Iluminación).
- .5 La luminaria debe tener un tiempo de vida promedio mínimo de 50,000 horas según L85 de la

IESNA, antes de la depreciación del flujo lumínico al 70% del valor inicial.

7.4.5 Certificaciones mínimas

La luminaria deberá contar con las siguientes certificaciones emitidas por un laboratorio debidamente acreditado:

- .1 IES-LM79
- .2 UL Certificado de prueba UL158
- .3 Reportes de cumplimiento de pruebas IP65,
- .4 Código de vibraciones 2G ANSI C136.32-2001.
- .5 Certificado de prueba IK07.

7.5. CONTROL FOTOELÉCTRICO

7.5.1 Descripción General

Control fotoeléctrico para el control de encendido y apagado de Luminarias de Alumbrado Público, para operar a una tensión nominal de línea de 120 V ó 240 V, 60 Hz, para uso a la intemperie, resistente a la luz ultravioleta, la penetración de humedad y las altas temperaturas. Debe cumplir con la norma ANSI C.136.10 para celdas fotoeléctricas para equipo de alumbrado público y las siguientes características técnicas.

7.5.2 Características Técnicas

- .1 Debe contar con un sensor de luz de silicio (fototransistor o fotodiodo).
- .2 Debe ser tipo multi-voltaje, es decir el rango de operación del control fotoeléctrico será desde 105 V a 285 V, como mínimo.
- .3 Debe contar con protección de sobre tensión, tipo varistor (MOV) con un valor mínimo de 360 Julios y 5 kV. En caso de que la fotocelda sea tipo botón se permitirá un valor de protección de sobretensión de 100 Julios.
- .4 Debe contar con una vida mínima de 5000 operaciones eléctricas de encendido-apagado (on/off).
- .5 El nivel de luz para encendido debe ser de 5 a 12 luxes y de apagado o desconexión de 28 a 35 luxes. El encendido debe tener un retardo máximo de 5 segundos. Para evitar el apagado de la luminaria por deslumbramiento el control fotoeléctrico debe contar con retardo de entre 3 y 10 segundos.
- .6 Debe contar con un conmutador unipolar de una vía normalmente cerrado, con modo de falla "encendido". Con capacidad de operar cargas de 1000 Watts /1800 VA (cargas inductivas).
- .7 El conmutador ofrecido podrá ser del tipo electromecánico o electrónico de estado sólido.
 - a. Para el caso de controles fotoeléctricos equipados con conmutador electromecánico (relé), estos deberán soportar cargas permanentes de 30A, 120V. Debido al capacitor colocado en las luminarias de alumbrado público para la corrección del factor de potencia, se requiere que el

conmutador ofrecido soporte corrientes de arranque pico de 40 a 100 A, sin deterioro de sus contactos.

- b. Para el caso de conmutador electrónico de estado sólido, estos deberán tener una capacidad de soportar cargas permanentes de 20A, 120V, se requiere que la conexión y desconexión de la carga sea al cruce por cero de la onda de voltaje y corriente.
- .8 El control fotoeléctrico puede ser del tipo botón o del tipo giro y traba (conocido como “twist-lock”).
- .9 Para el caso del tipo gira y traba, el control fotoeléctrico debe contar con tres clavijas de bronce sólido para la conexión eléctrica. Las clavijas serán resistentes a la oxidación y de buena conductividad. Debe contar con medios para marcar la fecha de instalación en la red.
- .10 Para el caso del tipo botón, el control fotoeléctrico debe contar con tres cables terminales para la conexión eléctrica.
- .11 El chasis o base del control fotoeléctrico debe ser de material plástico resistente al calor y con suficiente rigidez mecánica para soportar todos los elementos que componen el control fotoeléctrico.
- .12 El chasis debe contar con un empaque de polietileno, poliuretano o cualquier otro material aprobado por la empresa distribuidora, que evite la entrada de humedad.
- .13 La cubierta del control fotoeléctrico debe ser de material poliacrílico, o polipropileno, de color azul, resistente al impacto (indeformable), con ventana acrílica con protección a la luz ultravioleta.

7.6. POSTES ORNAMENTALES

7.6.1 Descripción General

Poste especialmente diseñado para iluminación decorativa en parques, plazas o bulevares y calles residenciales, fabricado en aluminio o acero galvanizado en caliente, en lámina de 3 a 4 milímetros de espesor.

7.6.2 Especificaciones técnicas

- .1 Fuste liso o acanalado de una sola sección circular con un diámetro exterior uniforme mínimo de 76,2 milímetros $\pm 5\%$. El fuste también puede estar formado de un tramo de sección troncocónica circular hueca, con un diámetro exterior mínimo de 115 milímetros $\pm 5\%$ en la base, y de 76,2 milímetros $\pm 5\%$ en la cúspide.
- .2 El poste deberá tener una base decorativa o zócalo que podrá tener una altura entre 250 y 530 milímetros.
- .3 El tubo del poste debe estar soldado a la base de sujeción o placa de soporte y estar reforzado con al menos cuatro soportes o aletas verticales desplazados 90° una de la otra.
- .4 En caso de que la luminaria sea para instalación “punta de poste”, el poste deberá tener una espiga para sujetar la luminaria, con una saliente vertical de 70 milímetros como mínimo y 76 milímetros como máximo, y un diámetro externo de 60 ± 1 milímetros.
- .5 La altura del poste deberá ser de 3,5 metros como mínimo y de 9 metros como máximo.

- .6 El poste debe contar con 4 pernos de anclaje en forma de “L”, con tuerca, contratuerca y doble arandela. Estos pernos deben ser suministrados por el mismo fabricante del poste.
- .7 Especificaciones mecánicas de los pernos (tipo de acero y tipo de galvanizado)
- .8 En caso de proyectos con calle de acceso privado, la base del poste deberá tener un registro para la conexión eléctrica de la luminaria. En caso de proyectos en calle pública ó parques de acceso público, el Profesional a cargo debe coordinar con la Empresa Distribuidora particular la ubicación y las medidas de seguridad requeridas para el registro de conexiones eléctricas del sistema de iluminación.
- .9 La tapa de registro debe ser del mismo material y espesor que el material del que está hecha la base del poste. Asimismo, deberá estar sujeta con tornillos de seguridad del tipo TORX de acero inoxidable.
- .10 El poste deberá tener un acabado uniforme con una cubierta protectora anticorrosiva, la cual puede ser a base de pintura electrostática en polvo tipo poliéster, ó recubierto con 2.5 milímetros de material aislante (clase II) del tipo poliamida con fibra de vidrio, pigmentada en la masa, con tratamiento tropicalizado contra los efectos de la radiación ultravioleta.
- .11 El poste deberá estar diseñado para permitir la instalación de las luminarias en posición punta de poste o por medio de brazo. Por lo tanto el conjunto de poste, la luminaria y el brazo (en caso de tenerlo) deben ajustarse perfectamente de forma integral, sin posibilidad de desacoplarse o de permitir vibraciones que comprometan la estabilidad e integridad de la estructura, para condiciones normales de operación.
- .12 Todo poste deberá tener al menos un elemento para conectar el cable de puesta a tierra a su estructura metálica.

7.7. DISEÑO DE ILUMINACIÓN

7.7.1 Descripción General

Esta sección tiene como objetivo detallar todos los requisitos que debe cumplir el diseño de iluminación para los casos tipificados en la sección 1 de este capítulo. Este diseño debe ser incluido en la Memoria de Cálculo especificada en la sección 2.2.2.a de este manual. También se incluyen los requerimientos de instalación de las luminarias en el sistema de distribución eléctrica.

7.7.2 Requisitos particulares

- .1 La alimentación de energía de cada luminaria se hará directamente de la red secundaria. En todos los demás casos, se deberá instalar un medidor eléctrico por cada circuito de iluminación.
- .2 El conductor para la alimentación eléctrica de todo circuito de iluminación, hasta el registro en la base del poste de alumbrado, será mínimo calibre #8 AWG (8,36 mm²) y deberá cumplir en todo con lo especificado en la sección 5.7 de este manual.
- .3 El conductor para la alimentación de cada luminaria, entre el registro en la base del poste y los bornes de conexión del equipo eléctrico, deberá ser como mínimo calibre #12 AWG y aislamiento tipo THHN ó TGP.
- .4 Todos los postes de alumbrado deberán estar sólidamente conectados a un sistema de puesta a

tierra. Esta condición se puede cumplir con el cable de puesta a tierra del circuito de iluminación.

- .5 El espacio mínimo entre postes no será menor que 4 veces la altura de montaje, relación 4:1.
- .6 El cálculo de iluminación debe hacerse con base en los siguientes parámetros:
 - a. Iluminación horizontal a nivel del suelo, punto a punto, uniformemente distribuido sobre la calzada.
 - b. Factor de mantenimiento (LLF) de 0.81.
 - c. Tipo de superficie: R3 para asfalto y R1 para concreto.
 - d. Altura de montaje mínima de 3.5 metros.
- .7 El diseño de iluminación debe cumplir los siguientes requerimientos:
 - a. Iluminancia promedio mantenida a nivel del suelo para calzada y acera (E_{prom}): Valor mínimo aceptable de 9 luxes.
 - b. Luminancia promedio mantenida a nivel del suelo para calzada (L_{prom}): Valor mínimo aceptable de 0,6 cd/m².
 - c. Uniformidad de luminancia global ($U_0 = L_{min}/L_{med}$): Valor mínimo aceptado de 0,25.
 - d. Uniformidad de iluminancia global ($U_0 = E_{min}/E_{prom}$): Valor mínimo aceptado de 0,25.
 - e. Incremento de umbral TI (%): Valor máximo aceptado de 15.
- .8 El diseño y la memoria de cálculo de iluminación deben realizarse a partir de la curva de distribución asimétrica de la luminaria propuesta, y utilizando un programa de cómputo especializado que permita realizar los cálculos solicitados y cumpla con los “Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras” según la norma CIE 140-2000 ó IESNA RP-08-2000.
- .9 El cálculo debe realizarse en un tramo de carretera que incluya al menos tres postes. Será responsabilidad del profesional garantizar que el diseño se cumpla en la totalidad del proyecto.

7.7.3 La memoria de cálculo de iluminación debe incluir la siguiente información:

- .1 Modelo de luminaria y fabricante.
- .2 Las curvas fotométricas de la luminaria escogida (polar tipo C, ISO y coeficiente de utilización).
- .3 Potencia (W).
- .4 Fuente de luz.
- .5 Flujo luminoso (lm)
- .6 Longitud del brazo (si lo tiene).
- .7 Altura de poste.
- .8 Distancia entre postes y configuración (unilateral, tres bolillo, frontal).
- .9 Ancho de vía.
- .10 Ancho de acera.

-
- .11 La matriz de cálculo completa, correspondiente a la iluminancia horizontal del área de cálculo.
 - .12 Debe entregarse la curva fotométrica en formato digital (*.IES)
 - .13 Gráfico de curvas ISOLUX o ISOCANDELA del área de cálculo del proyecto.

ANEXO N° 1. SIMBOLOGÍA Y ACCESORIOS

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	IAS
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)	I P ^{3 F} _{1 F}
CODO DERIVADOR 600 A (Bol-T)	⌵ ⏏ ⌶
TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL TR N° - KVA - 3F ó 1F	△

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	SIMBOLOGIA 1	SIMBOLOGIA			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

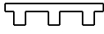
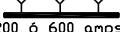
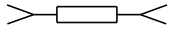
ELEMENTOS	SIMBOLO
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA TRIFASICA	 CRP 3F
CAJA DE REGISTRO PRIMARIA MONOFASICA	 CRP 1F
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA TRIFASICA	 CRP 3F
CAJA DE DERIVACION PRIMARIA MONOFASICA	 CRP 1F
CAJA DE DERIVACION SECUNDARIA	 CRS
FOSA PARA TRANSFORMADOR FT N°	
FOSA PARA SECCIONADOR SE N° - 3F ó 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	

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	SIMBOLOGIA 2	SIMBOLOGIA			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
	FECHA: AGOSTO 2006			ESCALAS: SIN ESCALA			
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

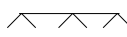
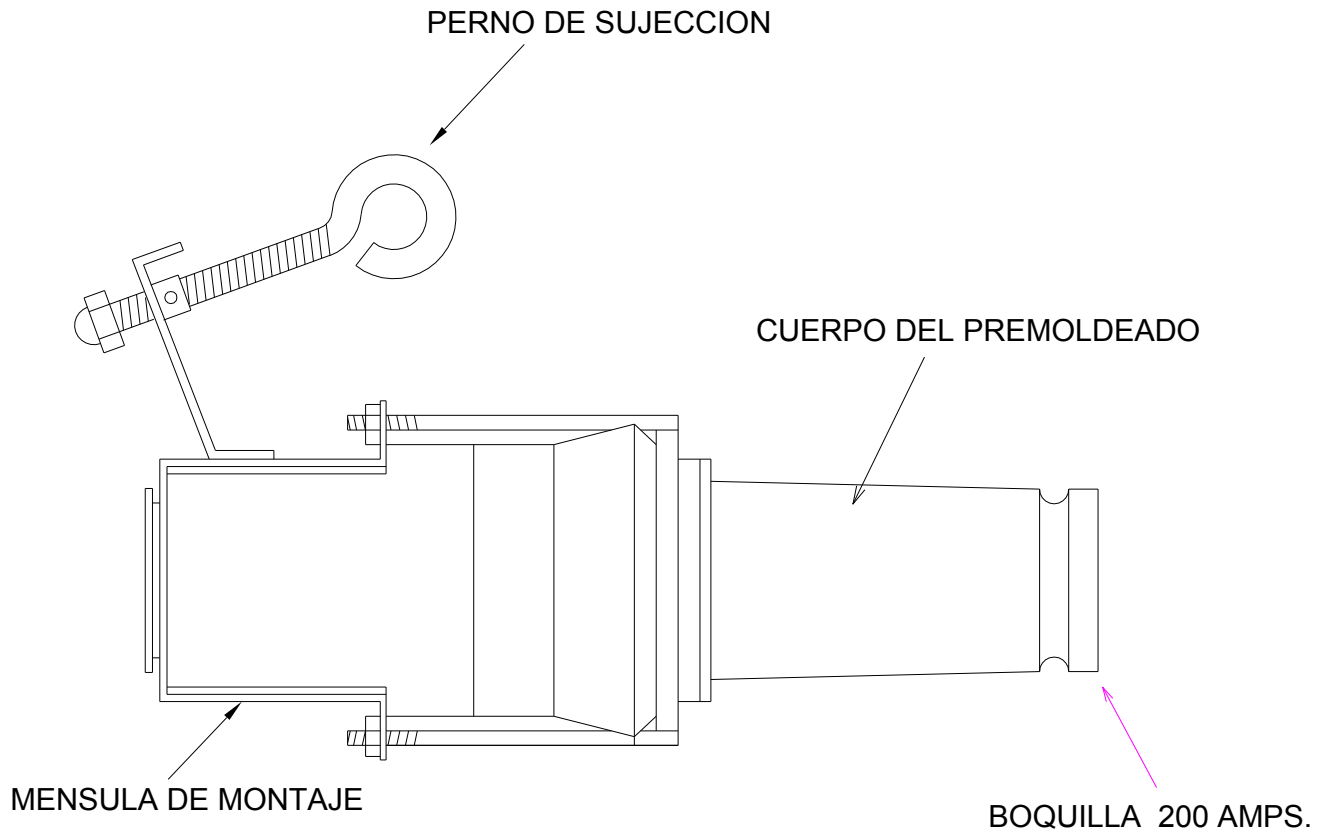
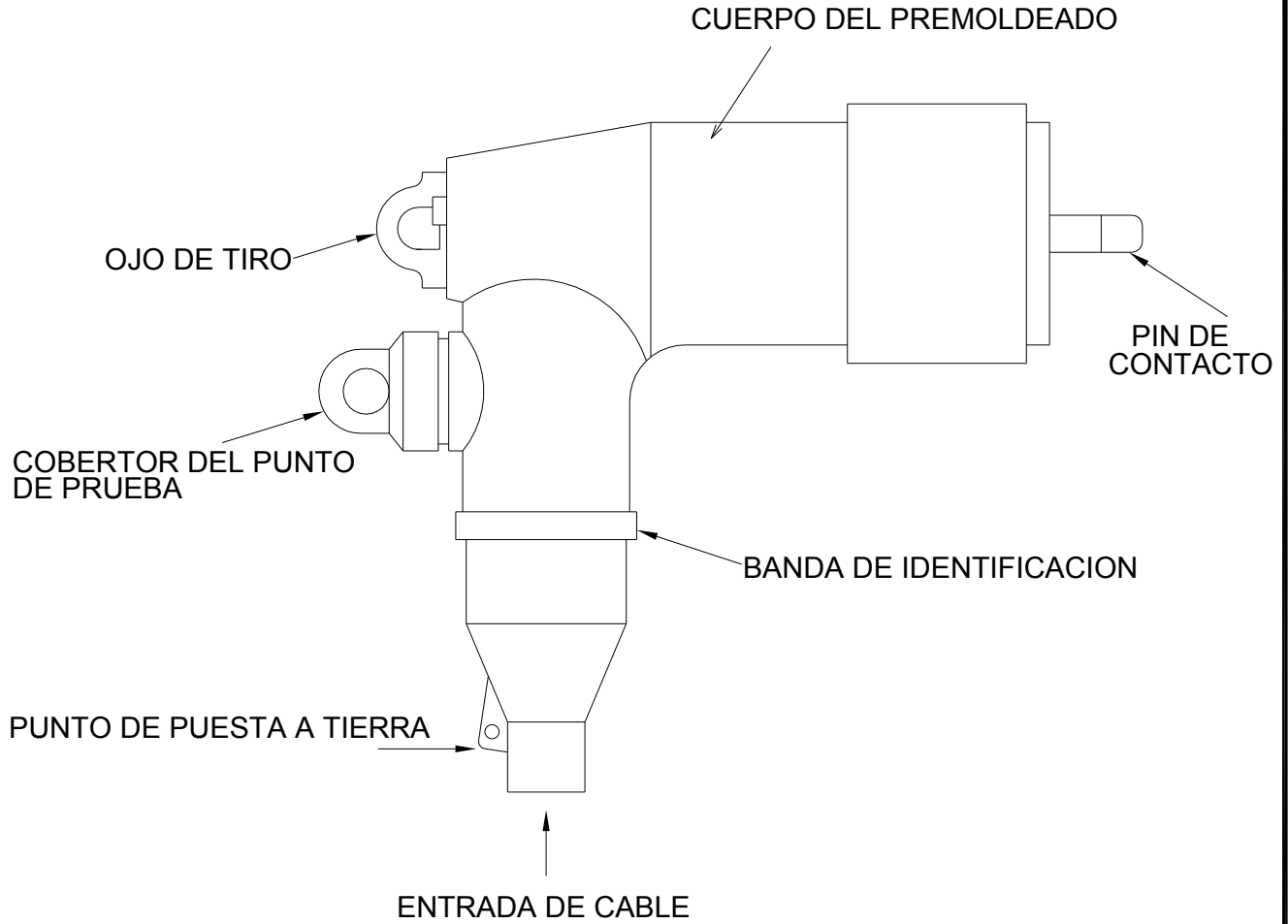
ELEMENTOS	SIMBOLO
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA INTEGRAL	
TAPONES AISLADOS PARA BOQUILLA TIPO POZO	
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA INTEGRAL	
TAPONES P/PUESTA A TIERRA EN BOQUILLA TIPO POZO	
BOQUILLA PARA DERIVACION (Feedthru)	
PUESTA A TIERRA	
BOQUILLA DE PARQUEO (Standoff Bushing)	
REGLETA DERIVACION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

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	SIMBOLOGIA 3	SIMBOLOGIA			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
					FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA		



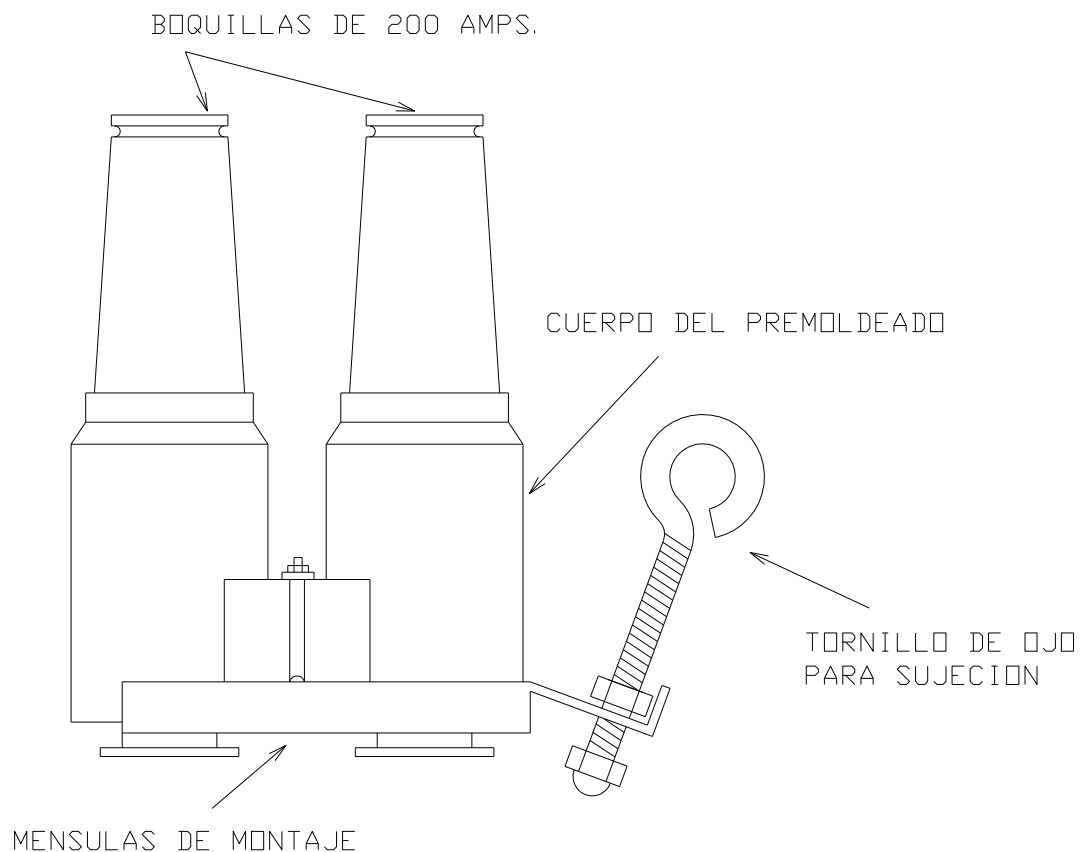
DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA ASI/IEE std. 386

  							
	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICO:	
	BES 35	BOQUILLA ESTACIONARIA SENCILLA (STANDOFF BUSHING) CALSE 35KV, 200A				COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
						FECHA: AGOSTO 2006	ESCALAS: SIN ESCALA

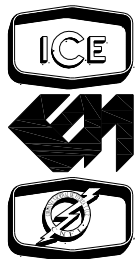


DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA ASI/IEE std. 386

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	TTC200	TERMINAL TIPO CODO CLASE 35KV 200A			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386



FIGURA

NOMBRE

REVISO Y MODIFICO:

BP-D

**BOQUILLA PORTÁTIL DOBLE
(Portable Feedthru)**

COMISION ICE - CIEMI - CNFL

ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ

APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL

FECHA: JUNIO 2006

ESCALAS: 1:20

FECHA REVISION:

(1)

(2)

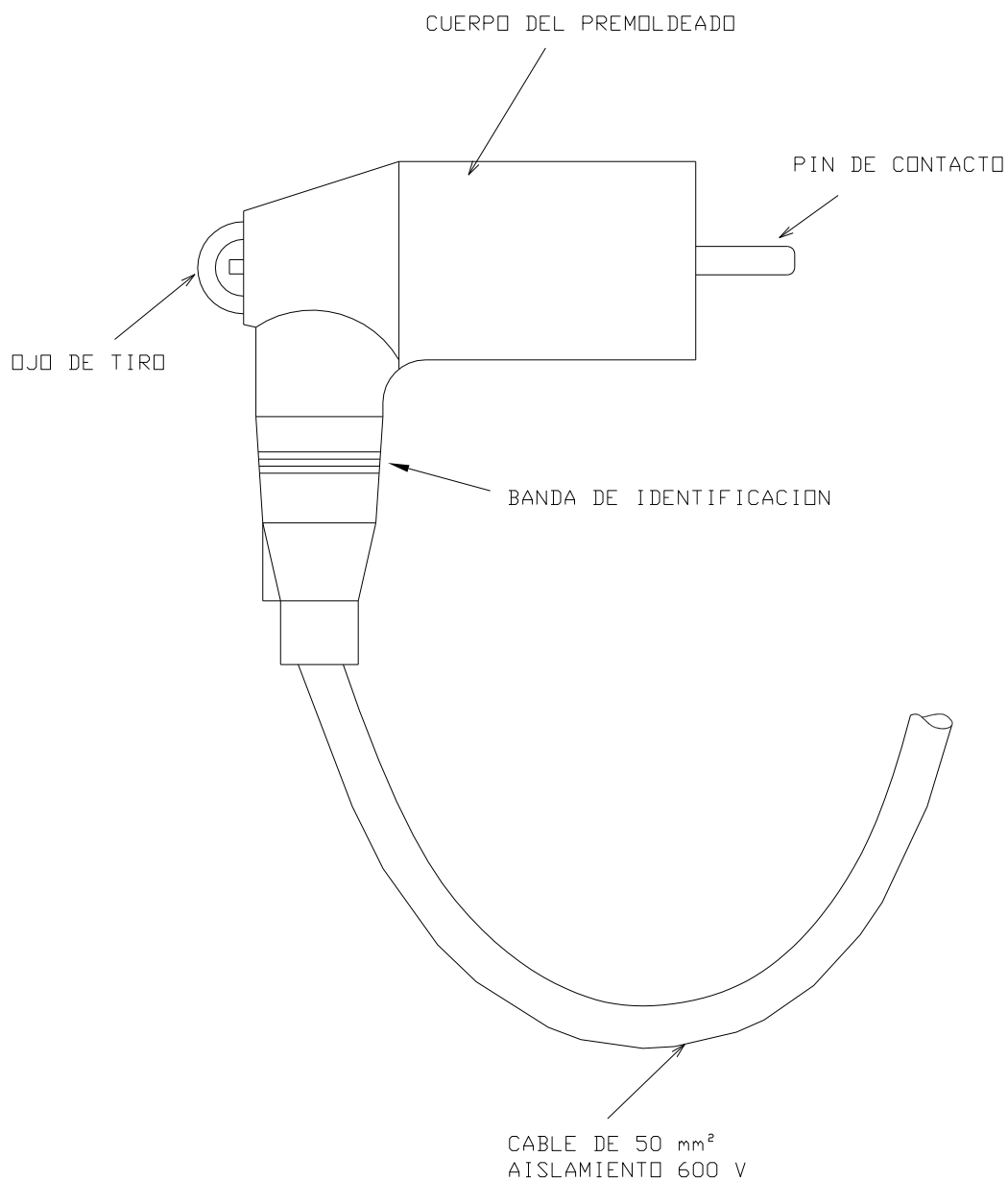
(3)

(4)

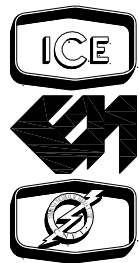
(5)

(6)

(7)



Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386



FIGURA

NOMBRE

REVISO Y MODIFICO:

TCT-200A

TERMINAL TIPO CODO DE
PUESTA A TIERRA

COMISION ICE - CIEMI - CNFL

ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ

APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL

FECHA: JUNIO 2006

ESCALAS: 1:20

FECHA REVISION:

(1)

(2)

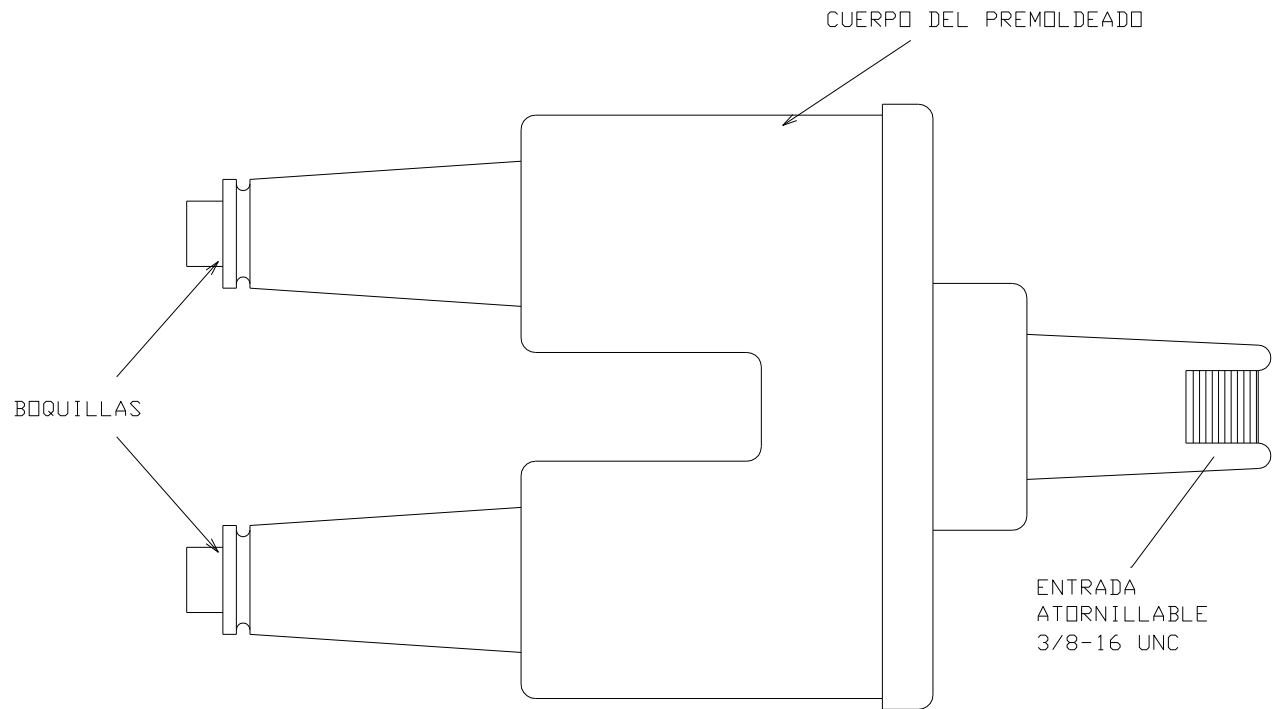
(3)

(4)

(5)

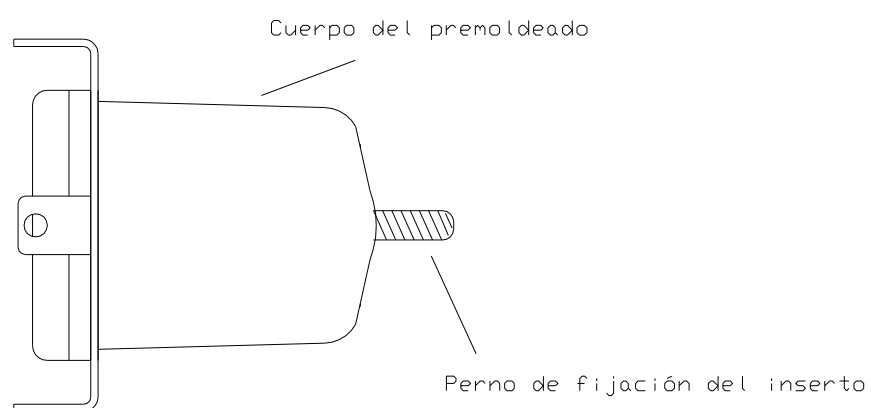
(6)

(7)



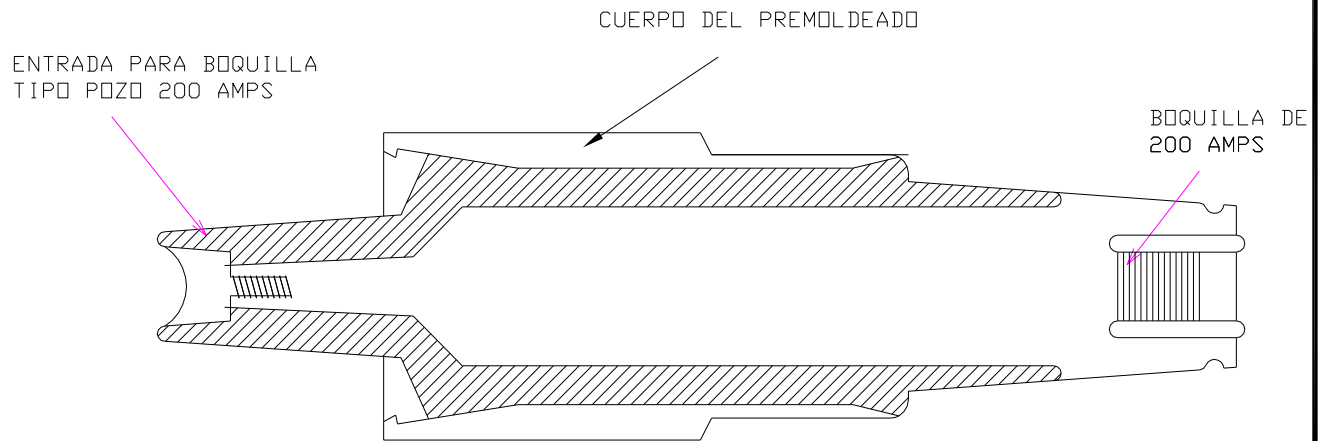
Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	BI-D	BOQUILLA TIPO INSERTO DOBLE			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

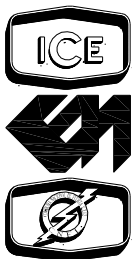


Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386

  						
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:	
	BP	BOQUILLA TIPO POZO			COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
					ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ	
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
						(7)



Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386



FIGURA

NOMBRE

REVISO Y MODIFICO:

BI

BOQUILLA TIPO INSERTO

COMISION ICE - CIEMI - CNFL

ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ

APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL

FECHA: JUNIO 2006

ESCALAS: 1:20

FECHA REVISION:

(1)

(2)

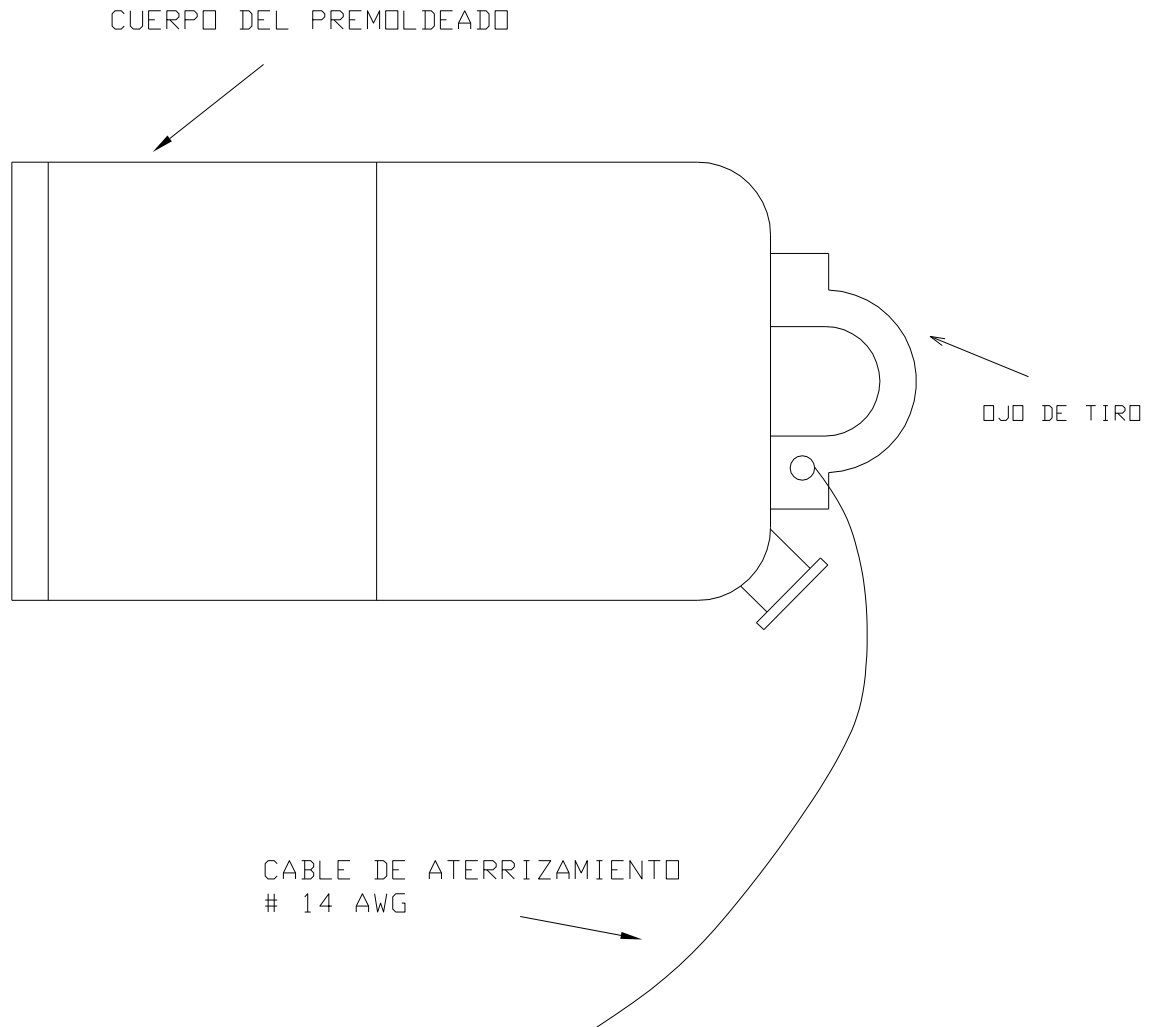
(3)

(4)

(5)

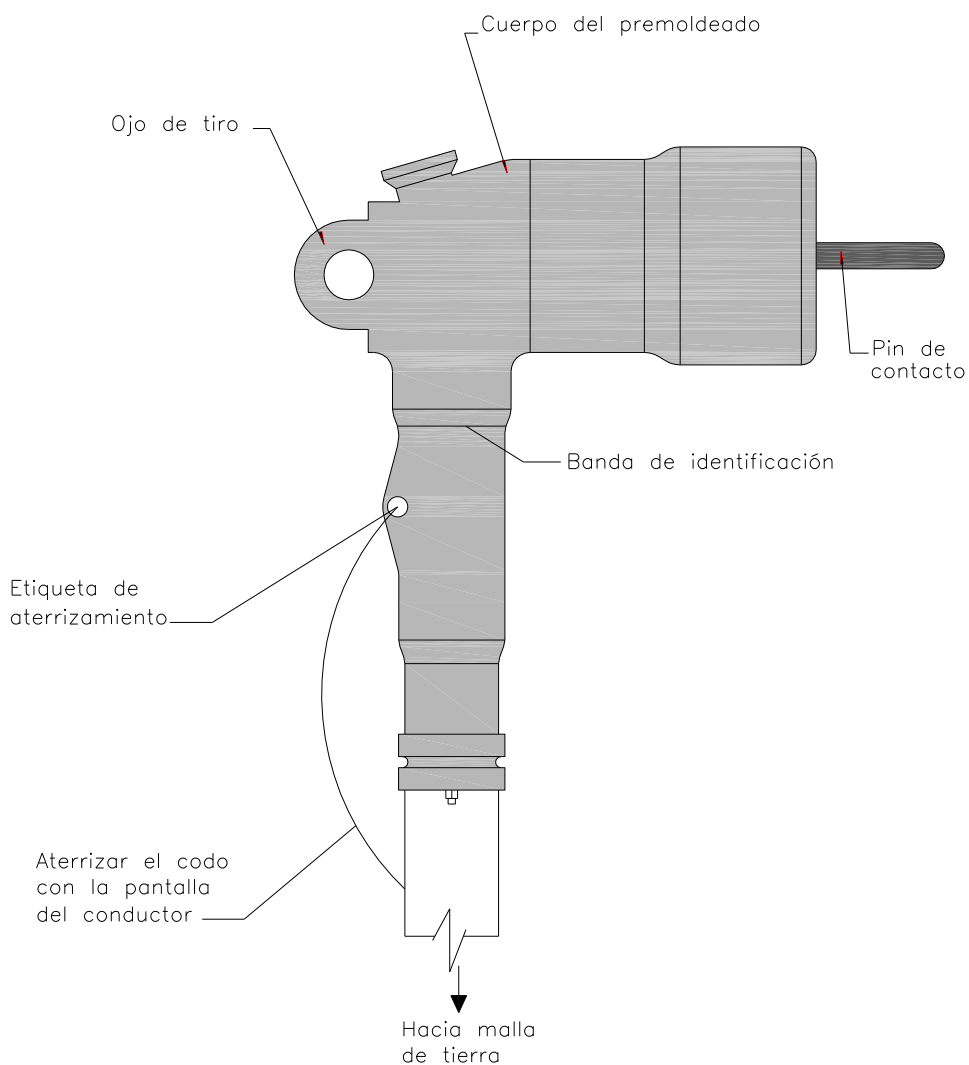
(6)

(7)



Deberá cumplir con la norma ANSI/IEEE Std. 386

  							
	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICO:	
	TA-200	TAPÓN AISLADO 200A				COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Sin escala

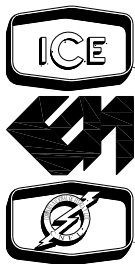
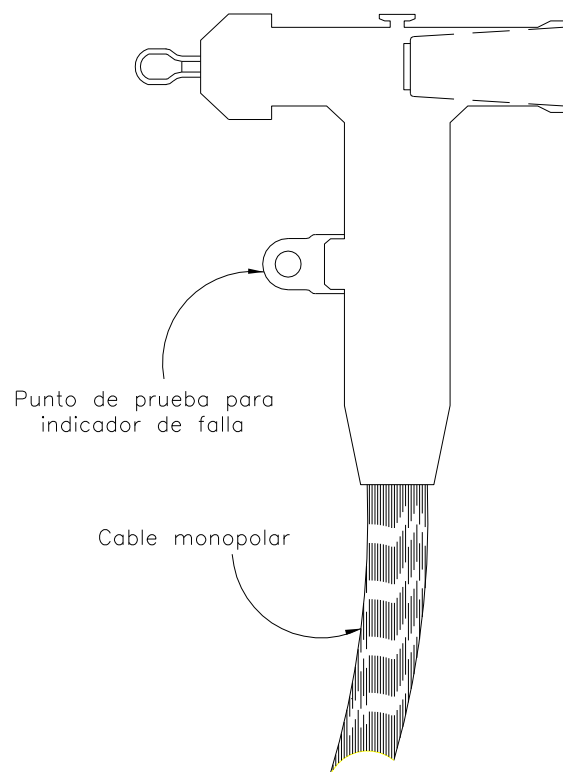


FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICO:		
PC-27	PARARRAYOS TIPO CODO 27kV				COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					FECHA: JUNIO 2006 ESCALAS: 1:20		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Sin escala

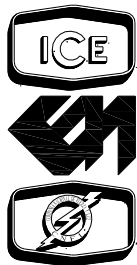
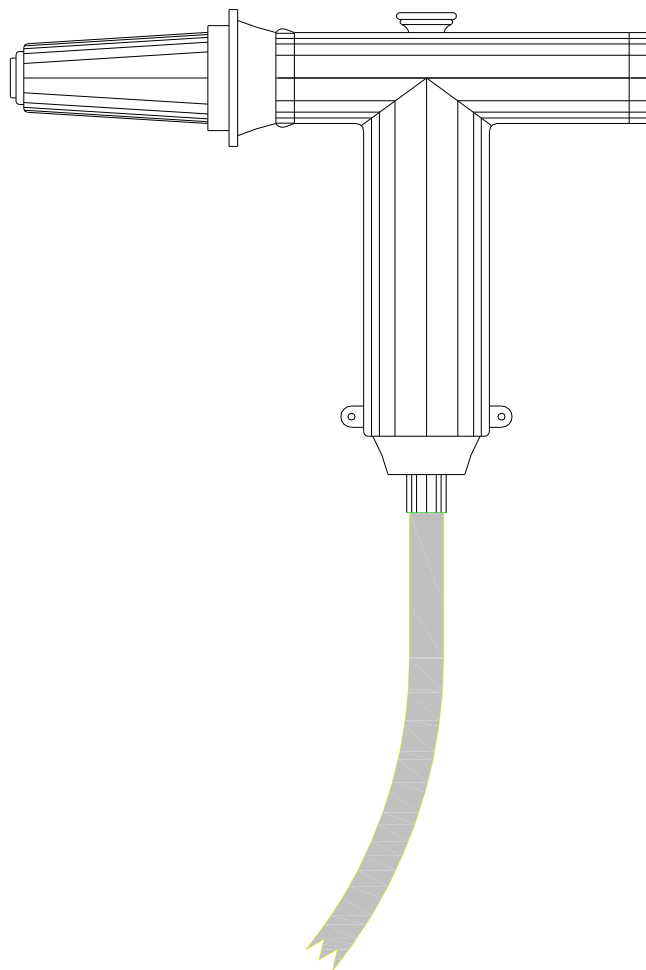
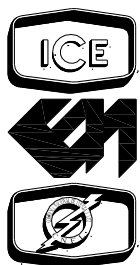


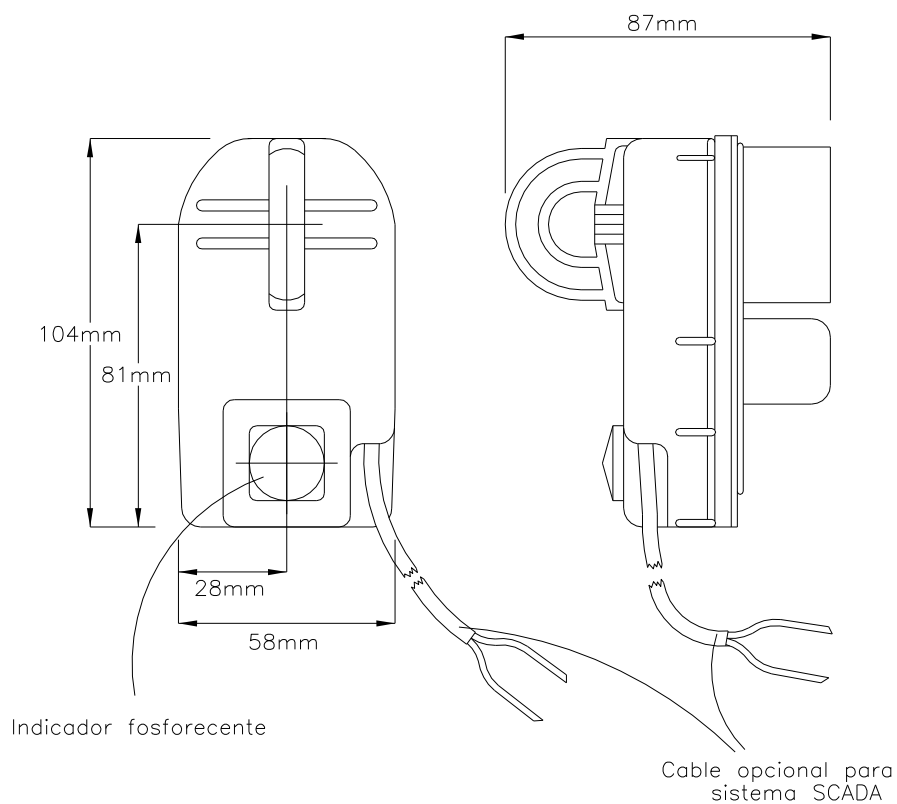
  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	TC-600	TERMINAL TIPO CODO 600A			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					FECHA: JUNIO 2006	ESCALAS: 1:20	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Sin escala

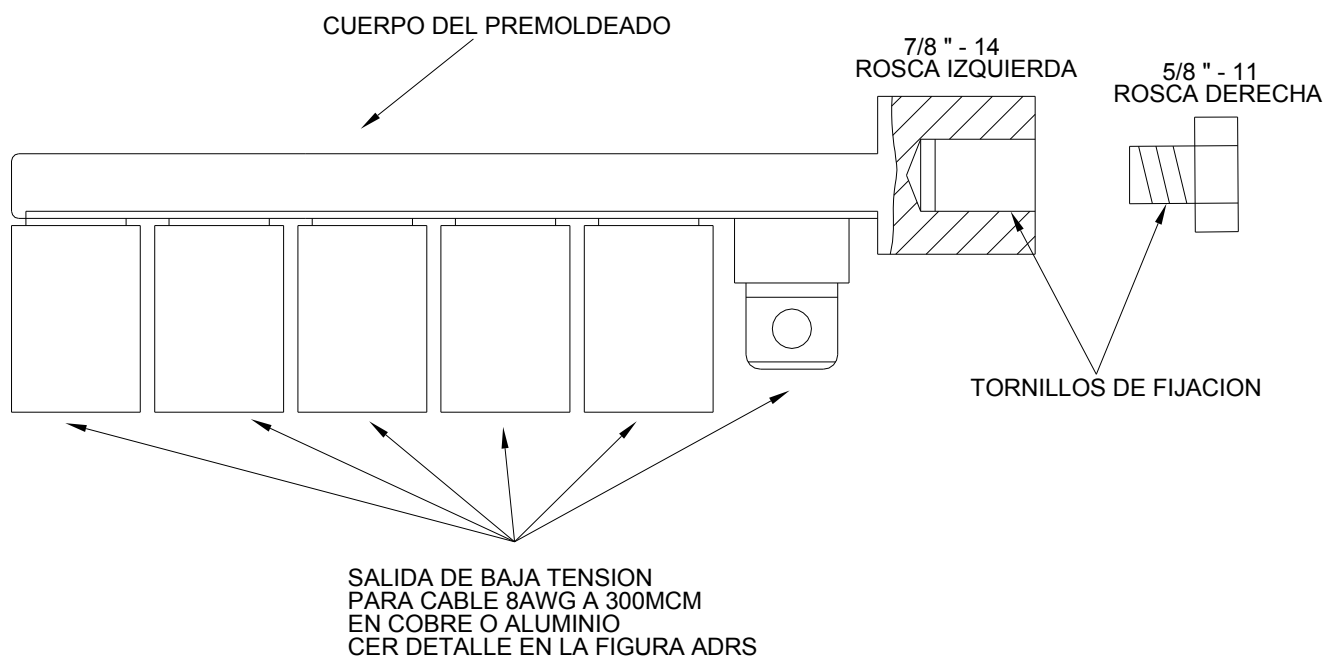


FECHA REVISION:	FIGURA		NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:	
	TC-600-D		TERMINAL TIPO CODO 600A CON DERIVACIÓN 200A (T-OP-II)			COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: JUNIO 2006 ESCALAS: 1:20	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



Sin escala

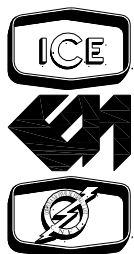
  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	IF	INDICADOR DE FALLA			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					ACTUALIZACION: J.GARRIDO CORDERO / LFAJ		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



NOTAS:

-DE ACUERDO A NORMA ANSI C119.4, ASTM D543
SIMILAR A BURNDY RDMD-2558D, HOMAC FTU 125-6

-AMPACIDAD MINIMA, 500 AMPERIOS A 90°C
SEGUN NORMA ANSI C119.1 SECCION 3.3



FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FIGURA	NOMBRE	REVISO Y MODIFICO:
RDT-600	REGLETA DE DERIVACION SECUNDARIA PARA TRANSFORMADORES 600 AISLAMINETO 600V	COMISION ICE - CIEMI - CNFL
		APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL
		FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA



MANGA TERMO CONTROCTIL



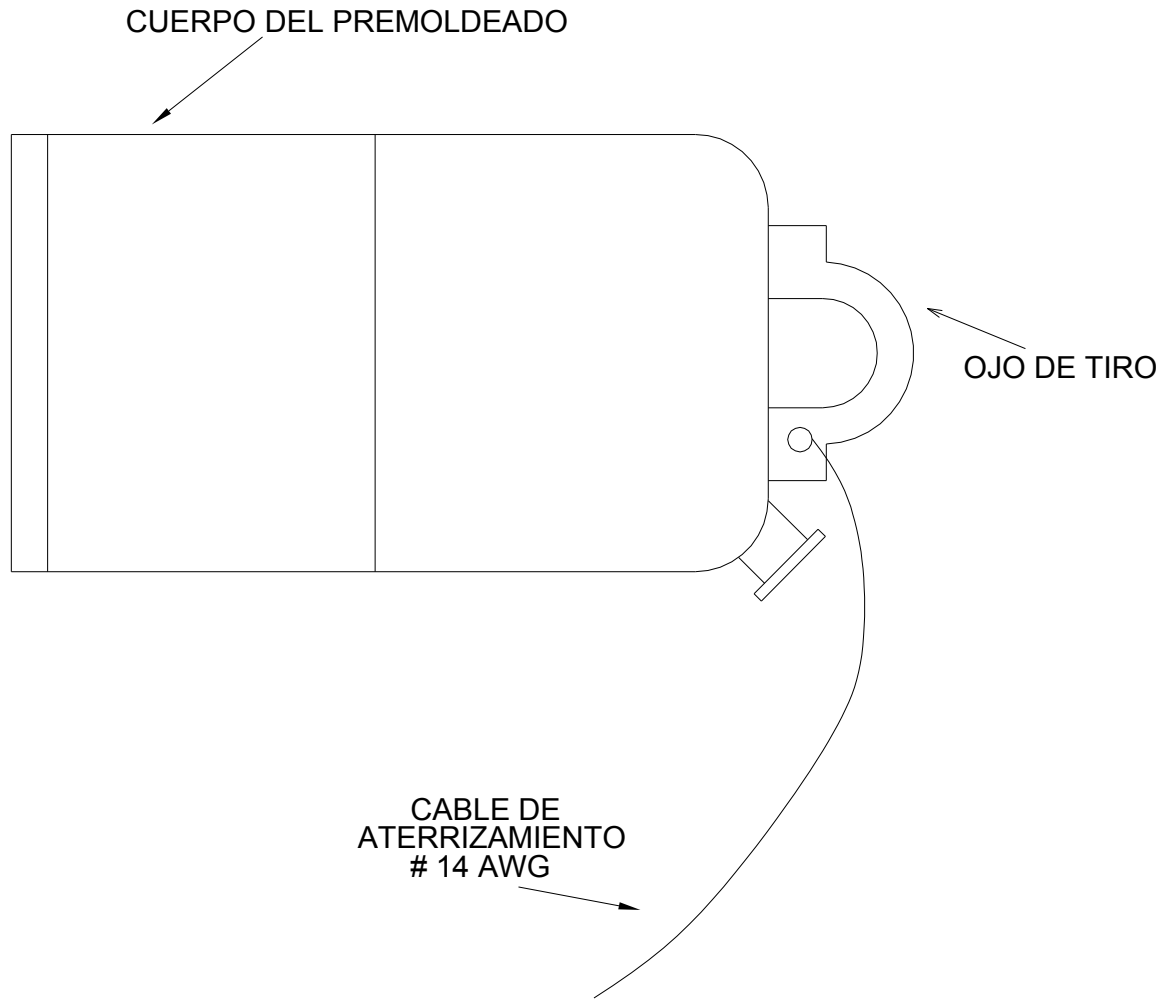
CONECTOR DE COMPRESION



TORNILLO DE FIJACION

DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA ASI/IEE std. 386

							
	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICO:	
	ADRS	ACCERIOS PARA REGLATA DE DERVACION SECNDARIA AISLAMIENTP 600V				COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)



DEBERA CUMPLIR CON LA NORMA ASI/IEE std. 386

  							
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	TA35	TAPON AISLADO CLASE 35KV 200A			COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
					FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA		

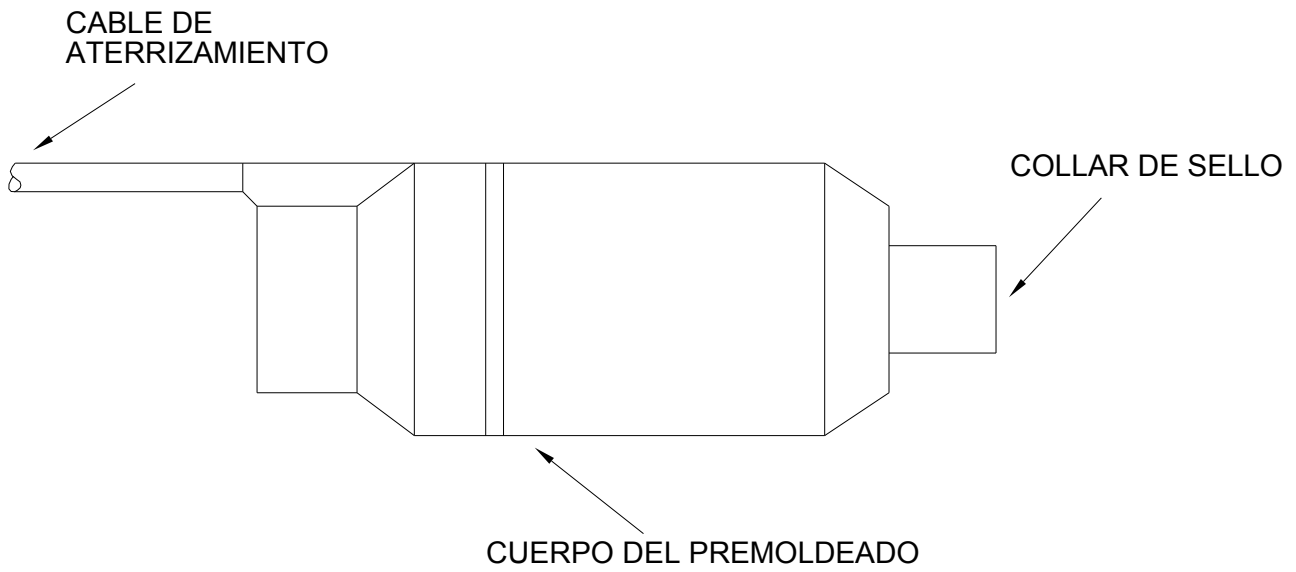
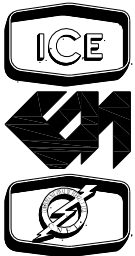
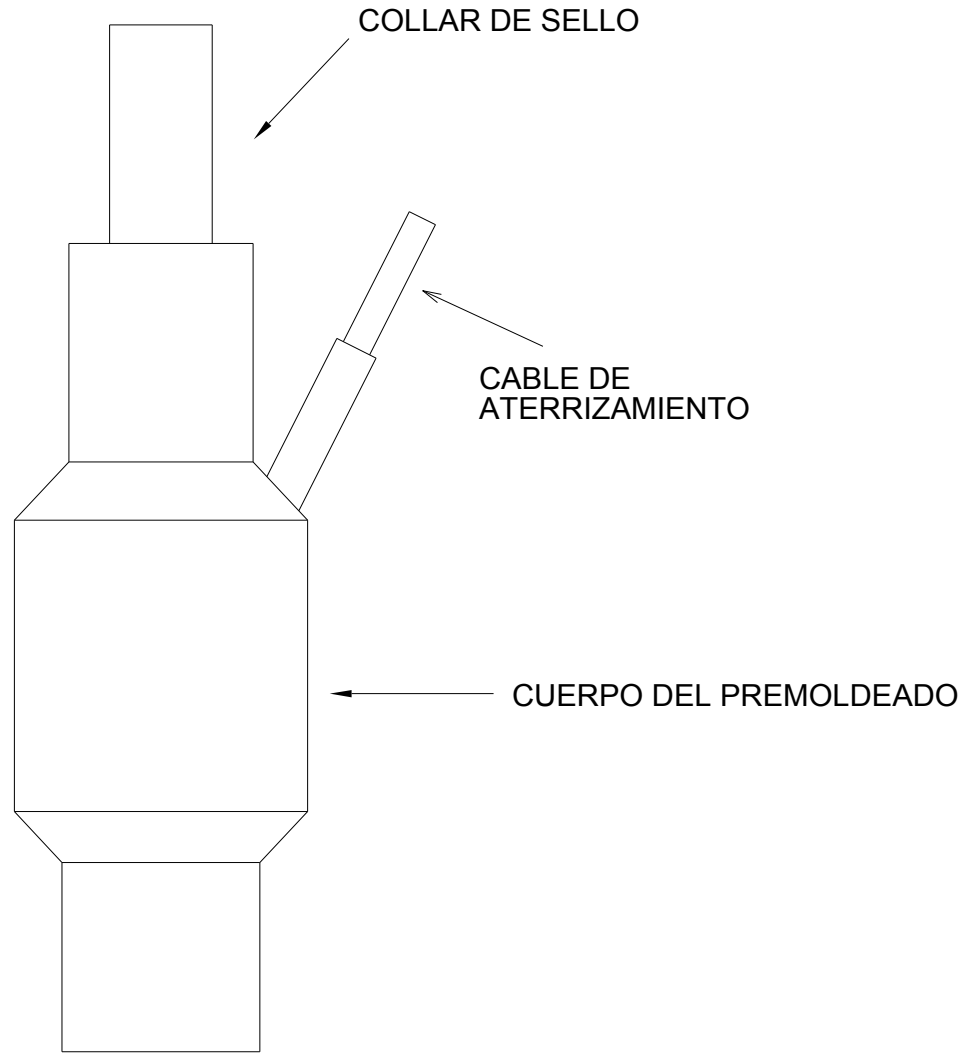
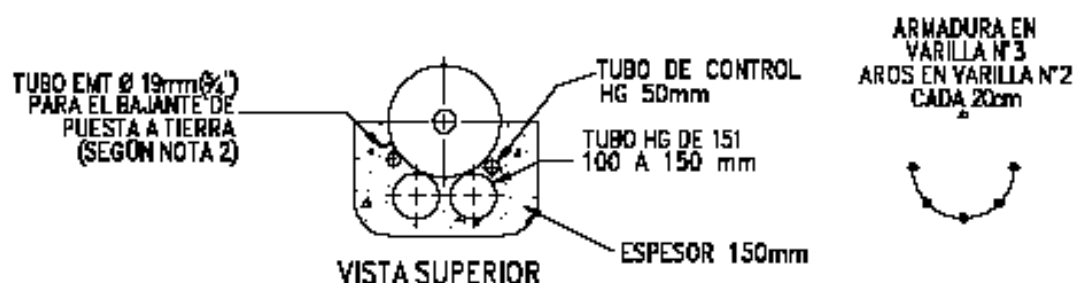


							
	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICO:	
	A600AP	ADAPTADOR PARA ATERRIZAR PANTALLAS CLASE 35KV 600A				COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA	
FECHA REVISION:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

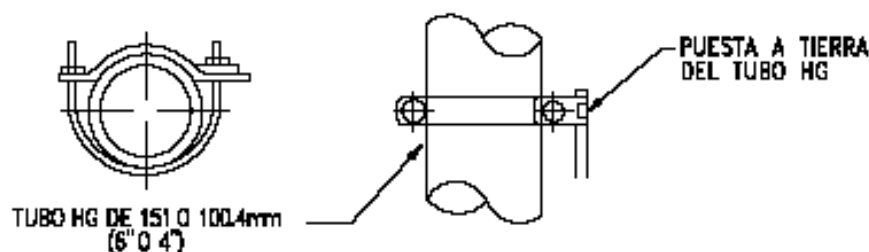


FECHA REVISION:	FIGURA		NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:	
	A200AP		ADAPTADOR PARA ATERRIZAR PANTALLAS CLASE 35KV 200A			COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: SIN ESCALA	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

PEDETAL DE CONCRETO



GAZA CON CENECTOR P/ATERRIZAR
EL TUBO GALVANIZADO
(SEGÚN NOTA 3 DE LA FIGURA TR1Ø Y TR3Ø)



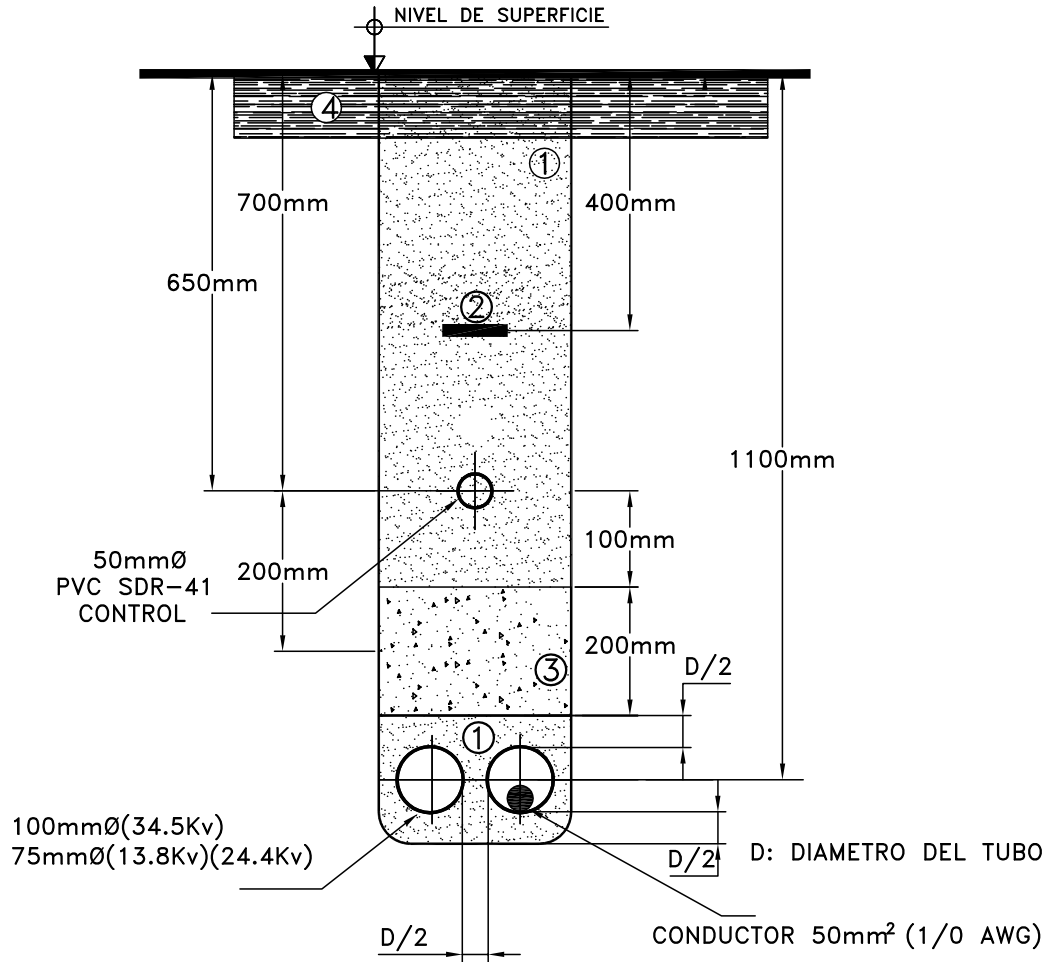
CONECTOR DE COMPRESIÓN P/VARILLA DE PUESTA A TIERRA
(SEGÚN NOTA 4 DE LA FIGURA TR1Ø Y TR3Ø)



NOTA: SIMILAR A CAT. BURNDY, YGHP34C26, SEGÚN NORMA IEEE-837

	FIGURA		NOMBRE			REVISO Y MODIFICÓ:		
	TR-D		DETALLE EN LAS TRANSICIONES MONOFÁSICAS Y TRIFÁSICAS			COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CIEM		
						APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL		
						FECHA: JUNIO 2006 ESCALAS: 1:25		
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	

ANEXO N° 2. FIGURAS



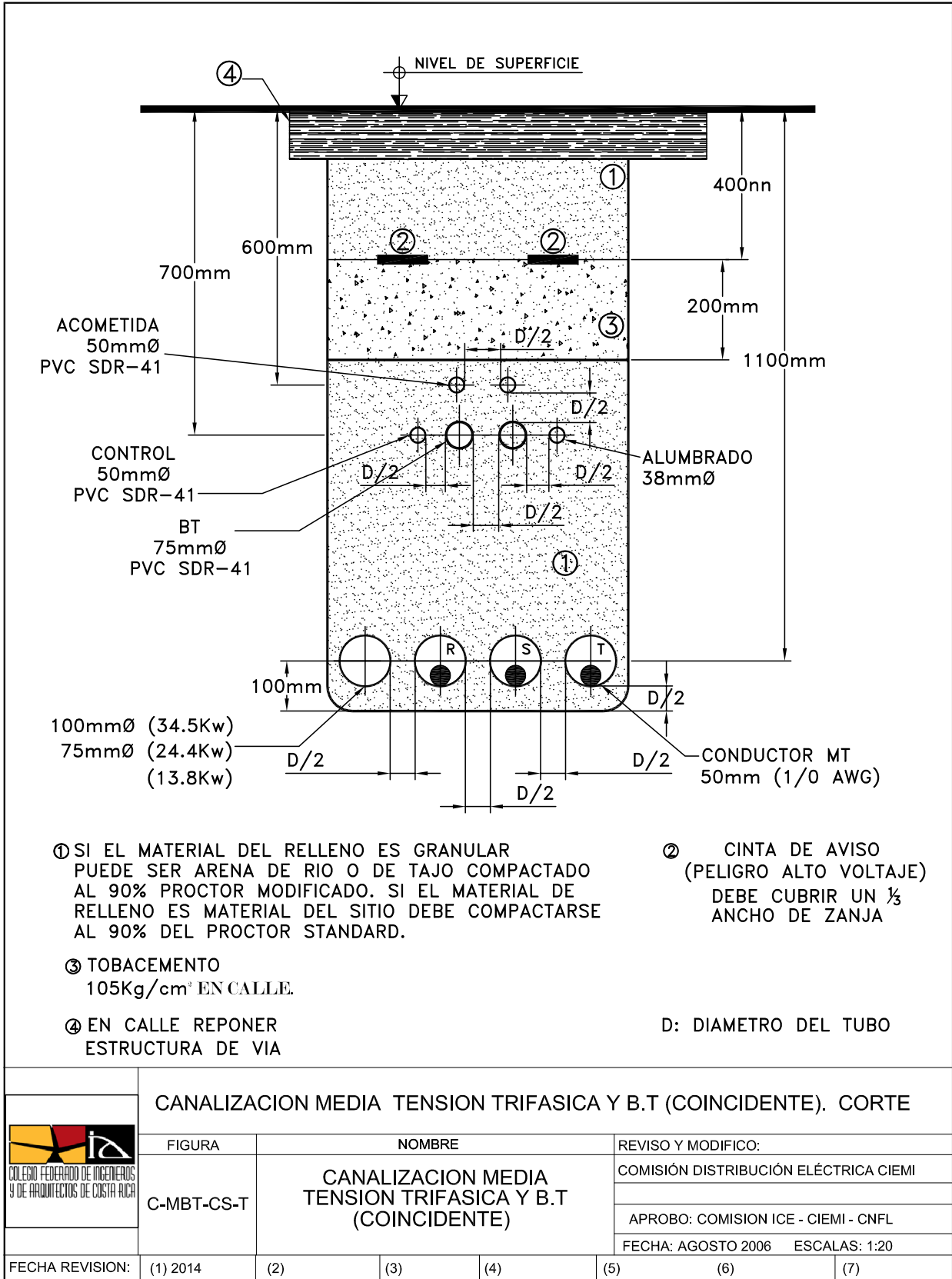
① SI EL MATERIAL DEL RELLENO ES GRANULAR, PUEDE SER ARENA DE RIO O DE TAJO COMPACTADO AL 90% PROCTOR MODIFICADO. SI EL MATERIAL DE RELLENO ES MATERIAL DE SITIO, DEBE COMPACTARSE AL 90% DEL PROCTOR ESTANDAR.

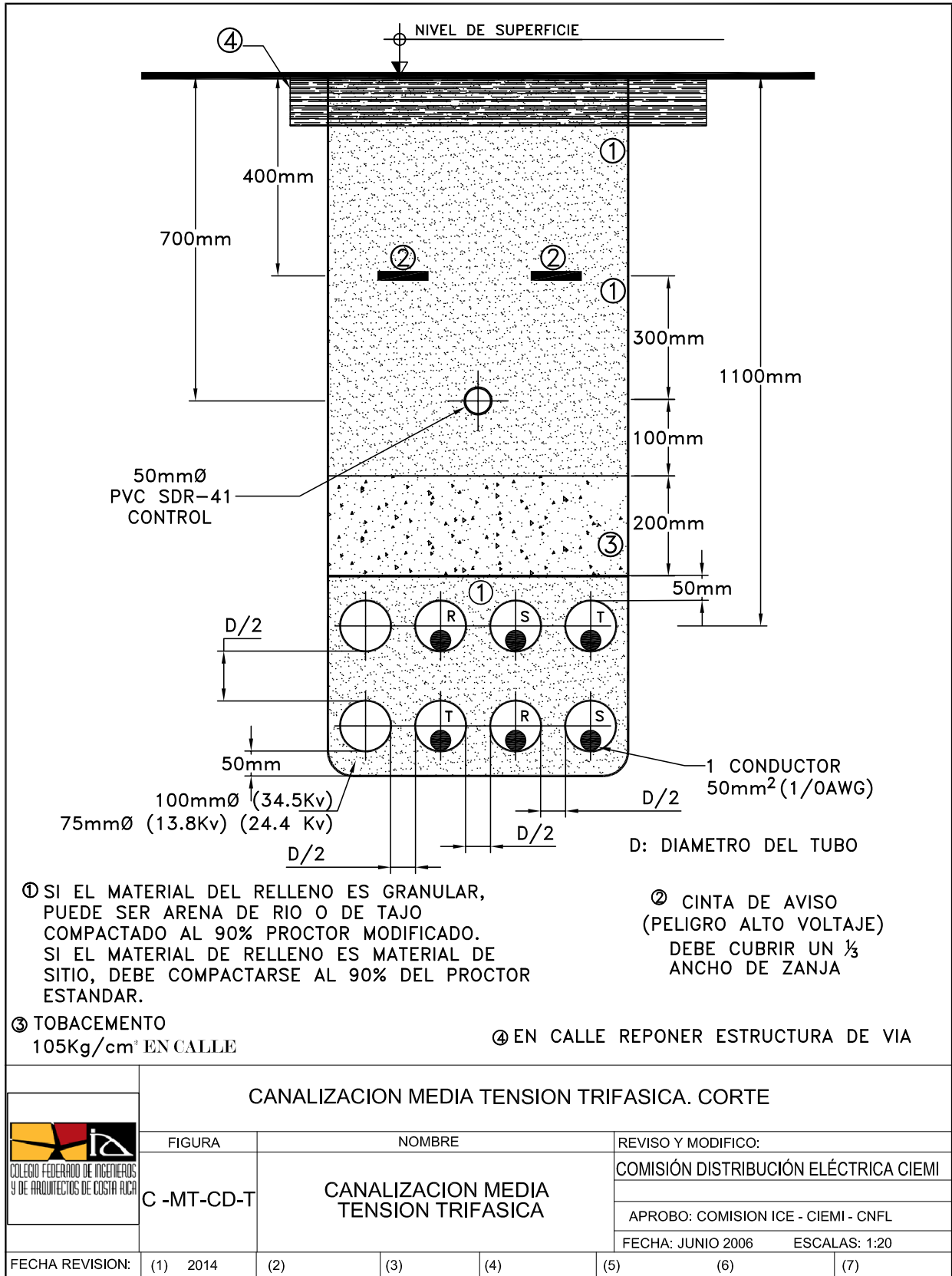
② CINTA DE AVISO (PELIGRO ALTO VOLTAJE) DEBE CUBRIR UN $\frac{1}{3}$ ANCHO DE ZANJA

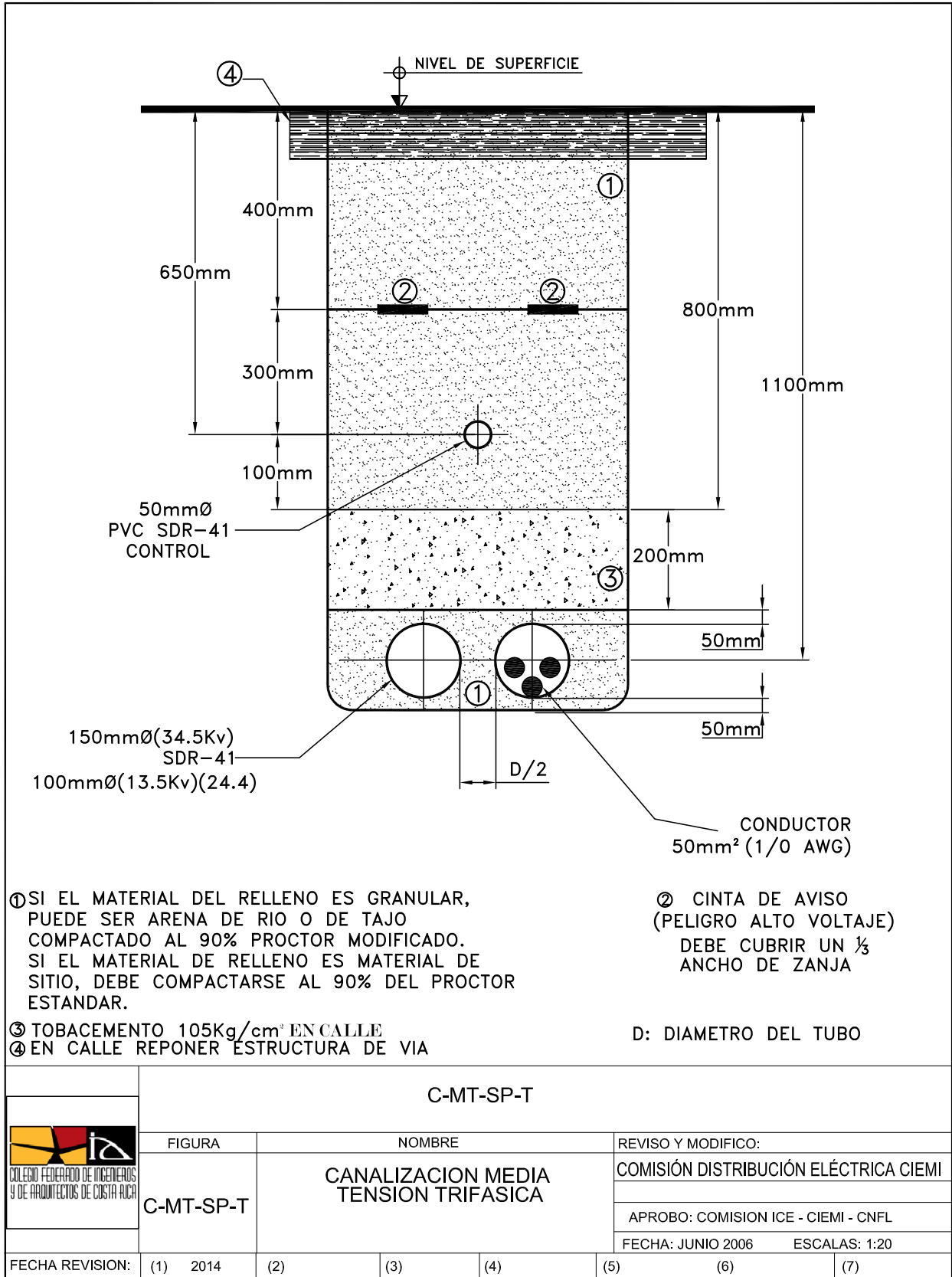
③ TOBACEMENTO 105Kg/cm² EN CALLE

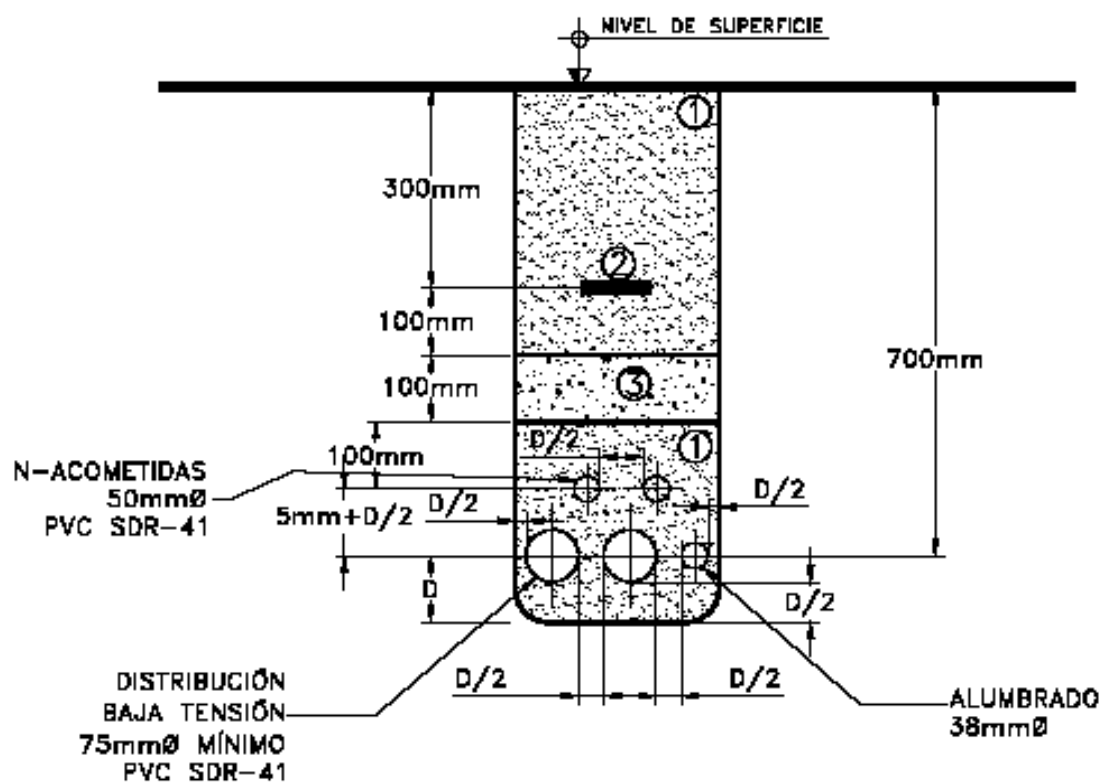
④ EN CALLE REPONER ESTRUCTURA DE VIA

CANALIZACION MEDIA TENSION MONOFASICA. CORTE						
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:	
	C-MT-CS-M	CANALIZACION MEDIA TENSION MONOFASICA			COMISION DISTRIBUCION ELÉCTRICA CIEMI	
					APROBO: COMISION ICE - CIEMI - CNFL	
					FECHA: JUNIO 2006 ESCALAS: 1:20	
FECHA REVISION:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) (7)









NOTA: SE UBICARAN LOS DUCTOS DE ACOMETIDA Y DE DISTRIBUCIÓN PARA BT NECESARIOS SEGÚN LA TOPOLOGÍA DEL SISTEMA.

D: DIÁMETRO DEL TUBO MAYOR

① ARENA DE RÍO, DE TAJO
O MATERIAL DEL SITIO AL 90%
DE PROCTOR MODIFICADO, SI ES
GRANULAR, SINO PROCTOR STÁNDAR

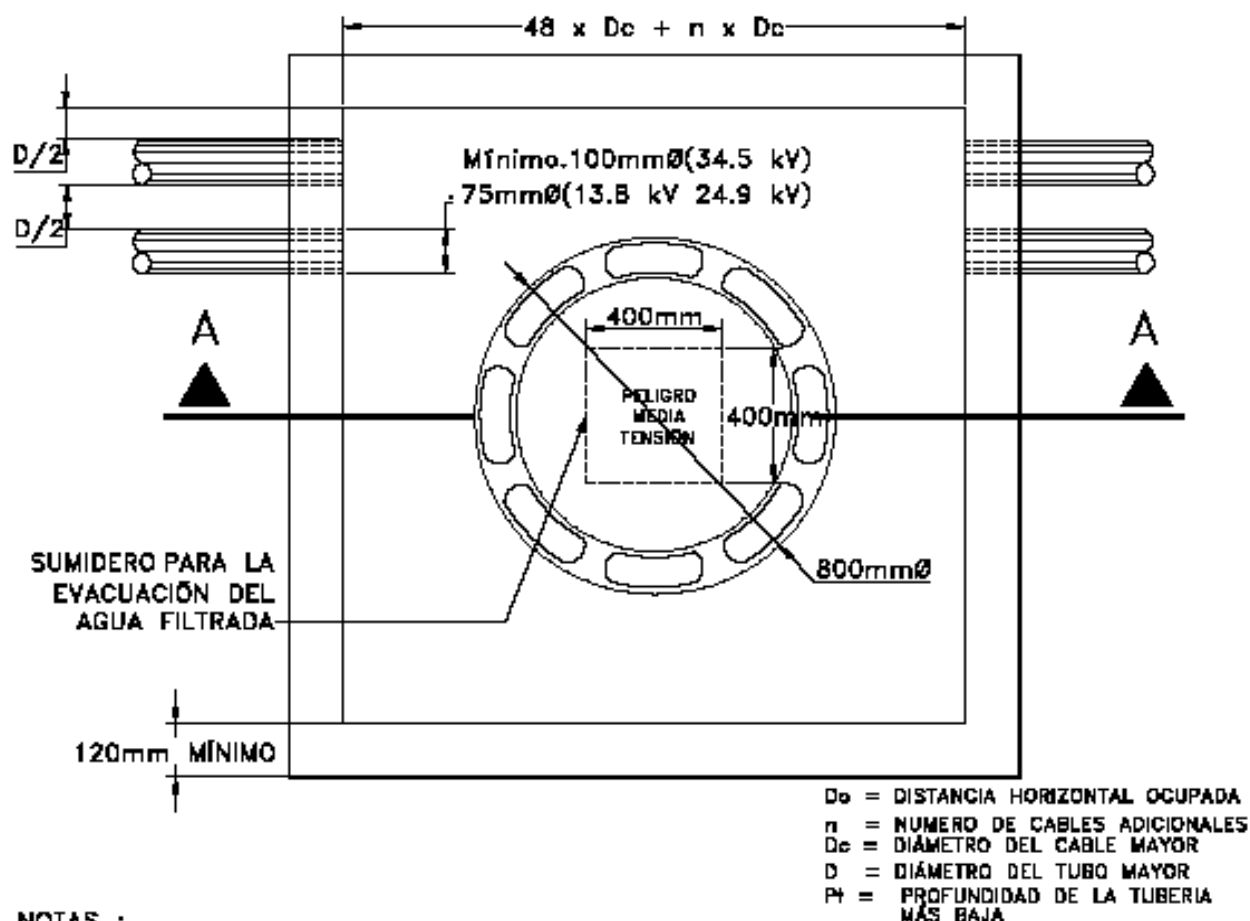
③ TOBACEMENTO
105Kg/cm²
CUANDO ES EN CALLE

② CINTA DE AVISO
(PELIGRO ALTO VOLTAJE)
DEBE CUBRIR UN ⅓
ANCHO DE ZANJA

	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICÓ:	
	C-BT-AP	CANALIZACIÓN BAJA TENSIÓN ALUMBRADO PÚBLICO Y ACOMETIDA				COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CIEM	
						APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: 1:20	
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

DIMENSIONES INTERNAS:

1. LARGO = $48 \times D_c + n \times D_c$
2. ANCHO = $90 \text{CM} + D_o$ (DISTANCIA HORIZONTAL OCUPADA) EN PASO RECTO.
3. PROFUNDIDAD = $1 \text{DCM.} + P_t$ (1.83M.MÍNIMO)
4. ESPESOR DE PARED = SEGÚN DISEÑO DE SITIO (MÍN.120MM.)



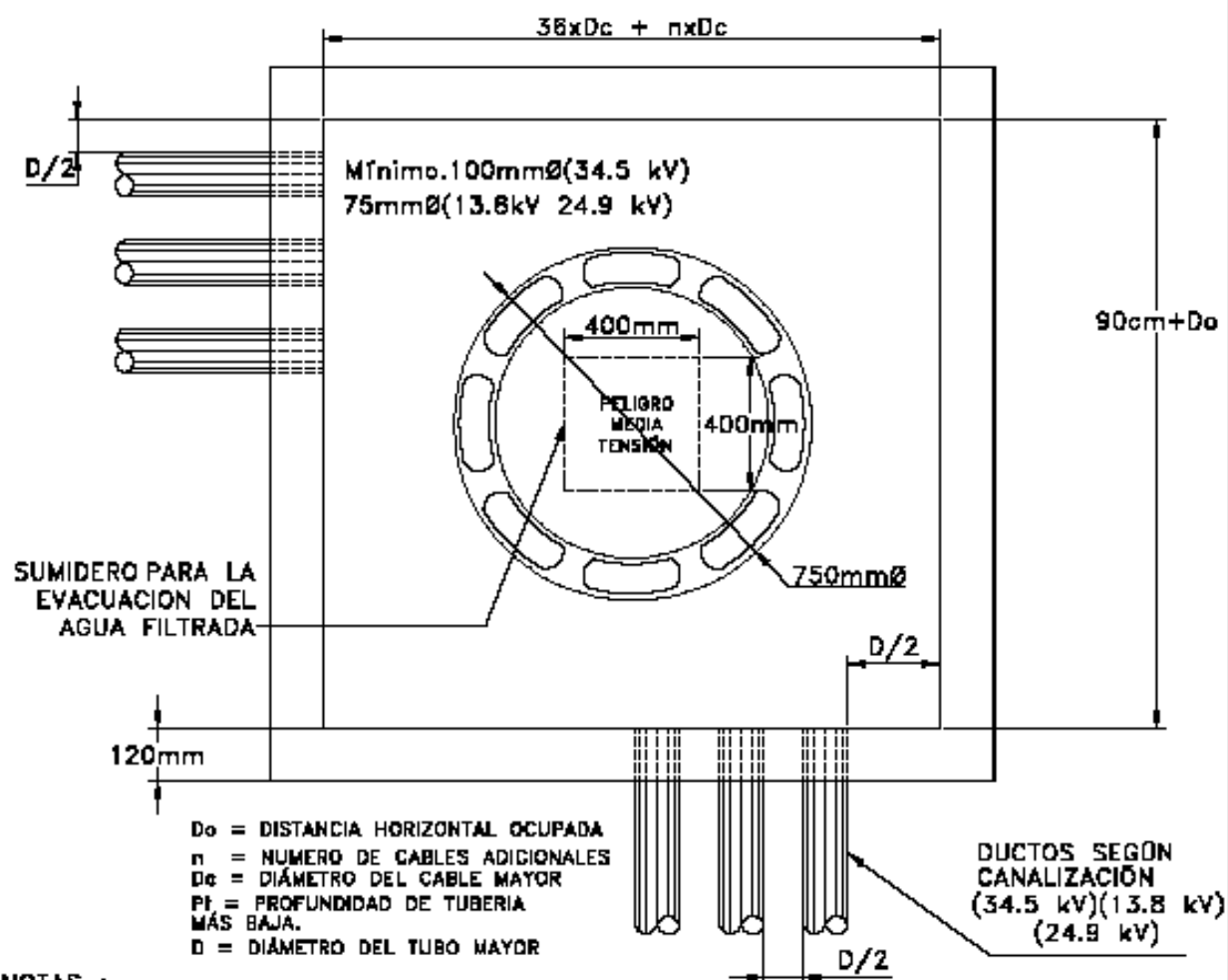
NOTAS :

- PARED DE CONCRETO ARMADO $f_c = 210 \text{kg/cm}^2$ DEL ESPESOR DE DISEÑO.
- EL ACERO DE REFUERZO SERA 9.5mm.(3/8") grado 40.
- LA CANALIZACIÓN DE BAJA TENSION , ALUMBRADO PUBLICO Y ACOMETIDA, NO PODRA ENTRAR A NINGUNA CAJA DE REGISTRO MT, EXCEPTO FOSA DEL TRANSFORMADOR.
- LA UBICACIÓN DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.
- CANTIDAD DE DUCTOS SEGÚN EL TIPO DE CANALIZACIÓN.

	CAJA DE REGISTRO PARA MEDIA TENSION PARA PASO RECTO. VISTA SUPERIOR.						
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICO:		
	RMT-1	CAJA DE REGISTRO DE MEDIA TENSION			COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELECTRICA CIEMI		
					APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL		
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

DIMENSIONES INTERNAS:

1. LARGO = $36 \times D_c + n \times D_c$
2. ANCHO = $90 \text{ cm} + D_o$ (DISTANCIA HORIZONTAL OCUPADA).
3. PROFUNDIDAD = $10 \text{ cm} + P_t$ (1.83m. Mínimo)
4. ESPESOR DE PARED = SEGÚN DISEÑO DE SITIO (Mín. 120mm.)



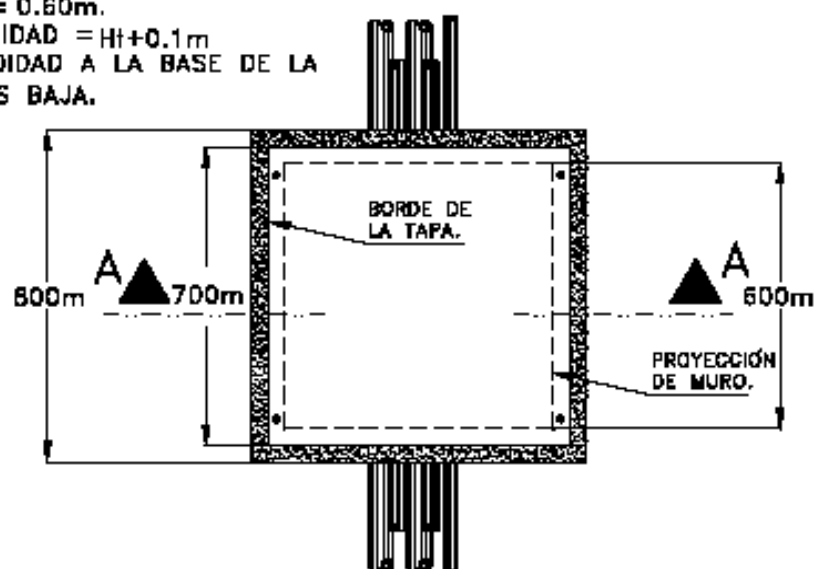
NOTAS :

- PARED DE CONCRETO ARMADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ DE 120mm DE ESPESOR MÍNIMO.
- EL ACERO DE REFUERZO SERA 9.5mm. (3/8") grado 40.
- LA CANALIZACION DE BAJA TENSION, ALUMBRADO PUBLICO Y ACOMETIDA, NO PODRA ENTRAR A NINGUNA CAJA DE REGISTRO, EXCEPTO FOSA DEL TRANSFORMADOR.
- LA UBICACION DE LOS DUCTOS DEPENDE DEL RECORRIDO DEL DISEÑO.
- CANTIDAD DE DUCTOS SEGUN EL TIPO DE CANALIZACIÓN.

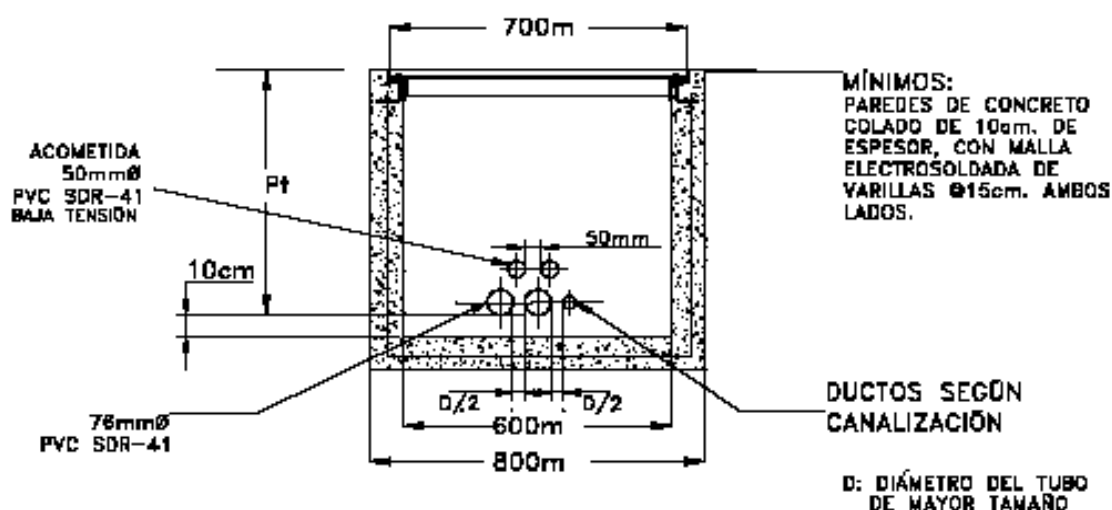
CAJA DE REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN PARA CAMBIO DE DIRECCIÓN. VISTA SUPERIOR.							
	FIGURA	NOMBRE				REVISO Y MODIFICÓ:	
	RMT-3	CAJA DE REGISTRO DE MEDIA TENSIÓN				COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CIEMI	
						APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL	
						FECHA: JULIO 2014 ESCALAS: 1:20	
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

DIMENSIONES INTERNAS:

1. LARGO = 0.60m.
 2. ANCHO = 0.60m.
 3. PROFUNDIDAD = $H_t + 0.1m$
- H_t : PROFUNDIDAD A LA BASE DE LA TUBERIA MÁS BAJA.



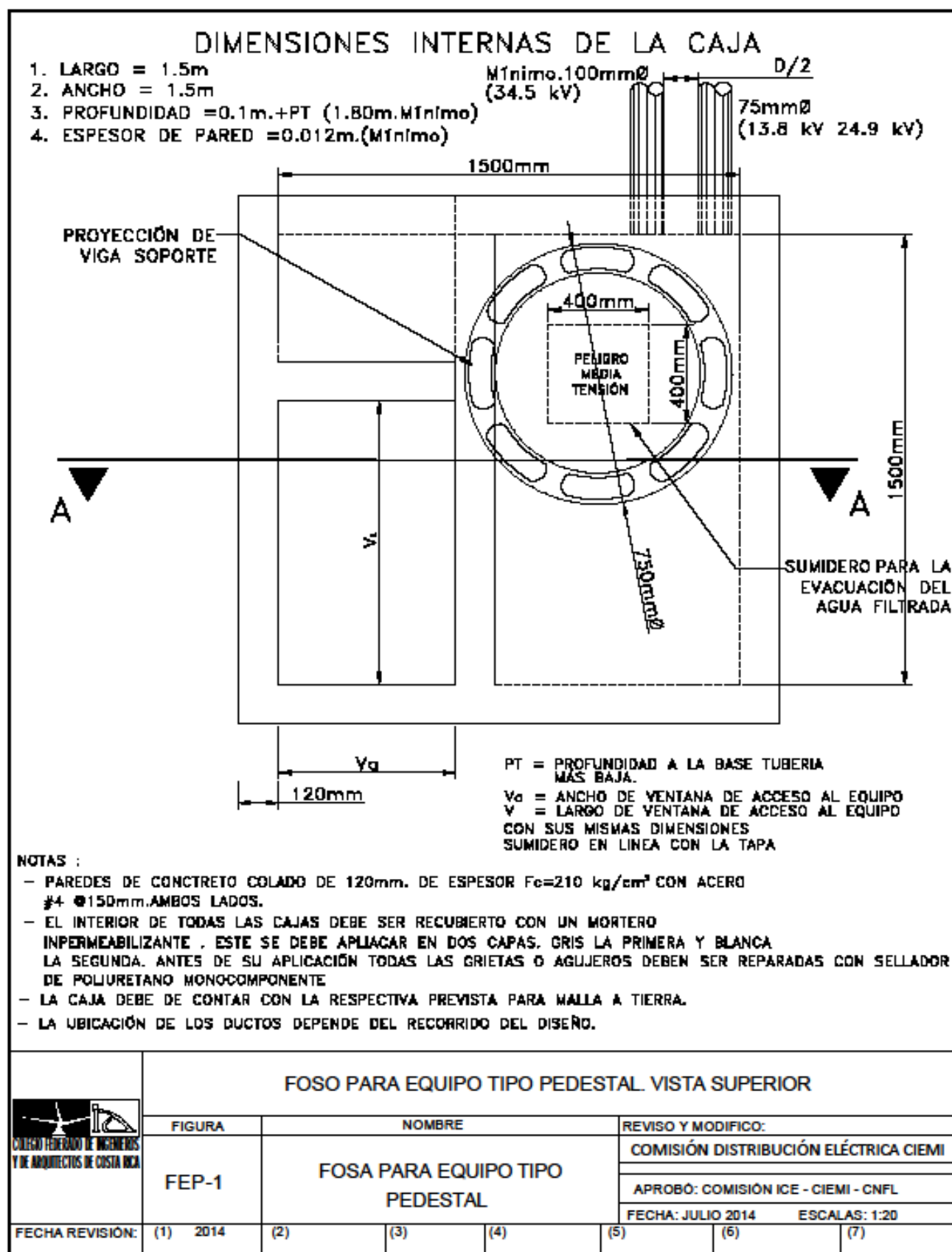
DETALLE EN PLANTA DE CAJA BAJA TENSIÓN



SECCION POR A-A.

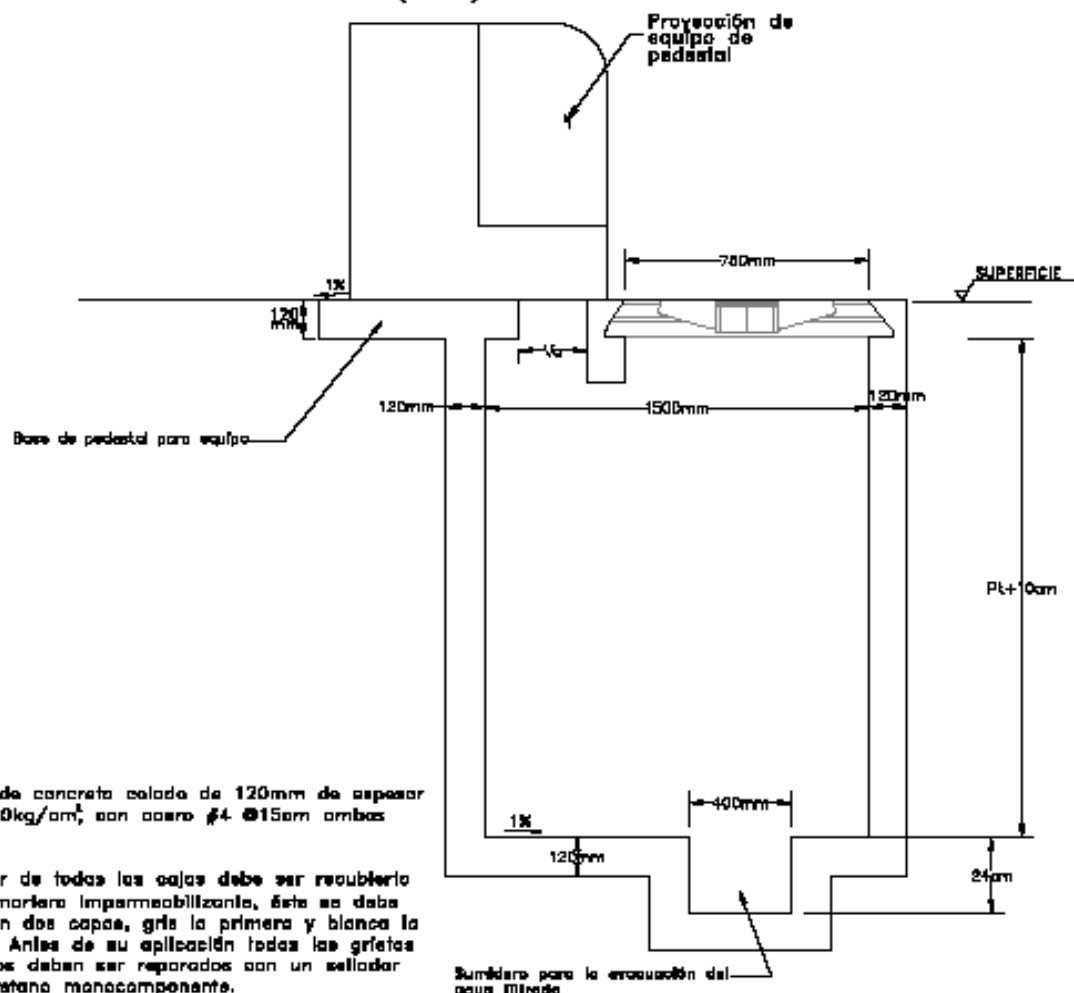
DETALLE EN ELEVACIÓN DE CAJA BAJA TENSIÓN

DETALLES DE CAJA BAJA TENSIÓN						
	FIGURA	NOMBRE			REVISO Y MODIFICÓ:	
	RBT	CAJA DE REGISTRO DE BAJA TENSIÓN.			COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CIEM	
					APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL	
					FECHA: JUNIO 2006 ESCALAS: 1:25	
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) (7)



DIMENSIONES DE LA CAJA:

1. LARGO = 1.50m.
2. ANCHO = 1.50m.
3. PROFUNDIDAD = 1.80m.(mín.) o 0.1m.+Pt
4. ESPESOR DE LA PARED = 12cm (mín.)



Paradas de concreto colado de 120mm de espesor $f'c = 210\text{kg/cm}^2$, con acero #4 @ 15cm ambos lados.

El interior de todas las cajas debe ser reubierta con un mortero impermeabilizante, éste se debe aplicar en dos capas, gris la primera y blanca la segunda. Antes de su aplicación todas las grietas o agujeros deben ser reparados con un sellador de poliuretano monocomponente.

La caja debe contar con la respectiva previalta para malla a tierra.

Colocar argollas al frente y atrás de los ductos.

La ubicación de los ductos depende del recorrido de la canalización.

Los cables no quedarán debajo de la tapa de acceso.

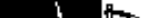
Va: Ventana de acceso al equipo con sus mismas dimensiones

D: Diámetro del tubo mayor
Canalización según diseño.

Sumidero en línea con la tapa
PT: Profundidad a la base de tubería más baja



COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS
Y DE ARQUITECTOS DE COSTA RICA

 COLLEJO FEDERATIVO DE INGENIEROS Y DE ARQUITECTOS DE COSTA RICA	FIGURA	NOMBRE					REVISO Y MODIFICÓ:		
	FEP-2	FOSA PARA EQUIPO TIPO PEDESTAL.					COMISIÓN DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CIEM		
							APROBÓ: COMISIÓN ICE - CIEMI - CNFL		
							FECHA: AGOSTO 2006 ESCALAS: 1:20		
FECHA REVISIÓN:	(1) 2014	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		

