

CAPITULO 2

TÍTULO 3: REDES ELÉCTRICAS SUBTERRÁNEAS BAJA TENSIÓN

EBSA 2.3-RSBT



ÍNDICE

2.3.1

SECCIÓN 1: GENERALIDADES

SECCIÓN 2: CÁLCULO DE CONDUCTORES Y AGRUPACIONES

2.3.2

2.3.3

SECCIÓN 3: CONEXIONES ELÉCTRICAS

SECCIÓN 4: ZANJAS, DUCTOS, COMPACTACIÓN, CAJAS DE INSPECCIÓN

2.3.4

2.3.5

SECCIÓN 5: AFLORAMIENTOS Y TRANSICIONES AÉREO-SUBTERRÁNEAS EN BAJA TENSIÓN

SECCIÓN

2.3.1 GENERALIDADES

1

2.3.1.1 INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de expansión y modernización de las redes eléctricas, las redes subterráneas de baja tensión se consolidan como una solución estratégica para garantizar la continuidad, seguridad y eficiencia en el suministro de energía. Esta norma técnica se convierte en una herramienta fundamental para EBSA, al ofrecer lineamientos claros y estructurados sobre los aspectos técnicos, constructivos y de seguridad necesarios para su correcta implementación.

Se definen los criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción e instalación de redes subterráneas, integrando tanto elementos civiles como eléctricos y mecánicos. Su propósito principal es asegurar la ejecución adecuada de las obras, el cumplimiento de especificaciones técnicas y la aplicación de buenas prácticas constructivas que respalden la sostenibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico.

El documento aborda de forma integral los conceptos técnicos esenciales que caracterizan este tipo de infraestructura, incluyendo el tipo de ducterías, cámaras de paso, métodos de canalización, transiciones aéreo-subterráneas, ventilación, drenaje y requerimientos estructurales. Asimismo, incorpora referencias normativas nacionales e internacionales aplicables, con el fin de asegurar altos estándares de seguridad y desempeño operativo.

2.3.1.2 NORMAS Y ESTÁNDARES

Normativa / Estándar	Descripción
NTC 2050 – Segunda Actualización, Artículo 230	Código Eléctrico Colombiano. Establece los requisitos técnicos para el diseño e instalación de conductores de acometida, incluyendo acometidas subterráneas, métodos de conexión, protección y condiciones de seguridad para el suministro eléctrico a los usuarios.
NTC 2050 – Segunda Actualización, Artículo 300.5	Define los criterios técnicos para la instalación de conductores y canalizaciones subterráneas, incluyendo profundidades mínimas de enterramiento, protección mecánica, separación con otros servicios y métodos de instalación en zanjas o ductos.
NTC 2050 – Segunda Actualización, Artículo 310.15	Establece las tablas de ampacidad de conductores, así como los factores de corrección por temperatura ambiente, agrupamiento de conductores y condiciones de instalación que afectan la capacidad de conducción de corriente.
NTC 2050 – Segunda Actualización, Anexo B	Proporciona información complementaria de aplicación para los cálculos de capacidad de corriente de conductores, incluyendo métodos de estimación térmica y consideraciones prácticas para el dimensionamiento de cables.
RETIE 2024 – Libro 3, Capítulo 4	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. Establece los requisitos técnicos para el diseño, construcción y operación de redes de distribución, incluyendo criterios de seguridad, confiabilidad y calidad del servicio en sistemas eléctricos.
RETIE 2024 – Libro 3, Título 26	Define los requisitos técnicos aplicables a acometidas eléctricas, incluyendo condiciones de diseño, materiales, protección, conexión y seguridad en la transición entre la red de distribución y la instalación del usuario.
RETIE 2024 – Artículo 3.20.6.3, Título 26, Libro 3	Establece los criterios técnicos para la instalación de conductores subterráneos, incluyendo características del cable, métodos de instalación, protección mecánica y condiciones de seguridad para su operación.
Manual de Construcción Subterránea (MinMinas / EBSA)	Documento técnico que establece lineamientos constructivos para redes eléctricas subterráneas, incluyendo diseño de zanjas, instalación de ductos, drenajes, cámaras o cajas de inspección y criterios de protección mecánica de los cables.
IEC 60364-8-1	Norma internacional que establece requisitos, medidas y recomendaciones adicionales para el diseño, construcción y verificación de instalaciones eléctricas de baja tensión, incluyendo criterios de eficiencia energética y confiabilidad del sistema eléctrico.
IEC 60287	Norma internacional que define los métodos de cálculo térmico y de capacidad de corriente (ampacidad) de cables eléctricos, considerando disipación térmica, resistividad del suelo y condiciones de instalación.
IEC 60038	Establece los valores normalizados de tensión para sistemas de suministro de electricidad en corriente alterna, asegurando la compatibilidad entre equipos eléctricos y redes de distribución.
Catálogos técnicos de fabricantes (Nexans, Viakon)	Documentación técnica de referencia que proporciona propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas de conductores eléctricos, utilizadas como base para el dimensionamiento, selección y verificación de cables en proyectos de ingeniería.

Tabla 1. Documentos de referencia, normas y reglamentos adicionales

SECCIÓN

2.3.2 CÁLCULO DE CONDUCTORES Y
AGRUPACIONES

2

A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

El presente numeral define los lineamientos técnicos fundamentales para la selección adecuada y agrupación eficiente de conductores en sistemas de distribución subterránea de baja tensión. Esta selección debe contemplar la influencia térmica del entorno, los efectos del agrupamiento sobre la capacidad de conducción de corriente (ampacidad), el comportamiento térmico en función del relleno y la disposición física óptima de los conductores dentro de ductos, conforme a los criterios establecidos en la NTC 2050, normas IEC/IEEE y guías técnicas generales para canalizaciones subterráneas.

El objetivo central es garantizar la integridad operativa, térmica y mecánica del sistema eléctrico subterráneo de baja tensión. Para ello, se busca minimizar riesgos de sobrecalentamiento, pérdidas energéticas por efecto Joule y fallas por deterioro térmico del aislamiento, extendiendo la vida útil de los cables y facilitando su mantenimiento. Además, se asegura el cumplimiento normativo y la confiabilidad del servicio eléctrico, contribuyendo a una distribución segura, estandarizada y acorde con las condiciones ambientales, constructivas y técnicas propias del área de cobertura de EBSA.

B) METODOLOGÍA DE CÁLCULO / CRITERIOS DE DISEÑO

B.1. CONDUCTORES Y AISLAMIENTO

1. Los conductores deben cumplir con especificaciones técnicas que aseguren su adecuada operación en condiciones térmicas, mecánicas y eléctricas exigentes. Deben ser multifilares del tipo THHN/THWN con aislamiento termoplástico, con tensión nominal de 600 V. El conductor puede ser de cobre aislado o de aluminio aislado aleación Serie 8000 (AA-8000), de acuerdo con las necesidades del proyecto y los calibres disponibles.
2. El conductor de aluminio que se emplee en redes subterráneas de baja tensión debe ser exclusivamente de grado eléctrico aleación Serie AA-8000, conforme lo establece la sección 230 de la NTC 2050 Segunda Actualización.
3. Los niveles de aislamiento se eligen según el esquema de puesta a tierra y la confiabilidad del sistema de protección. El aislamiento al 100% se aplica donde las fallas a tierra se despejan rápidamente, mientras que el 133% proporciona mayor robustez y se recomienda en redes subterráneas críticas o con respuesta lenta ante fallas.

4. El comportamiento térmico depende del tipo de relleno. Las arenas lavadas ofrecen mejor disipación térmica que las arcillas o suelos compactados. La profundidad de instalación también influye: mayor profundidad ofrece más estabilidad térmica, pero menor capacidad de disipación si no se maneja adecuadamente. La temperatura operativa del ducto es la referencia para el cálculo de la resistencia del conductor, de acuerdo con IEC 60287-3-1.

5. La agrupación de conductores y la ocupación del ducto afectan directamente la ampacidad. La ocupación del ducto no debe superar el 40% del área interna para permitir una adecuada disipación de calor. Se deben mantener separaciones mínimas de 5 cm entre ductos y emplear separadores cada 2 m para mantener la uniformidad estructural.

6. Es indispensable dar cumplimiento estricto al Artículo 3.20.6.3 (conductores subterráneos) del RETIE vigente, y a las secciones 230, 300 y 310 de la NTC 2050 Segunda Actualización.

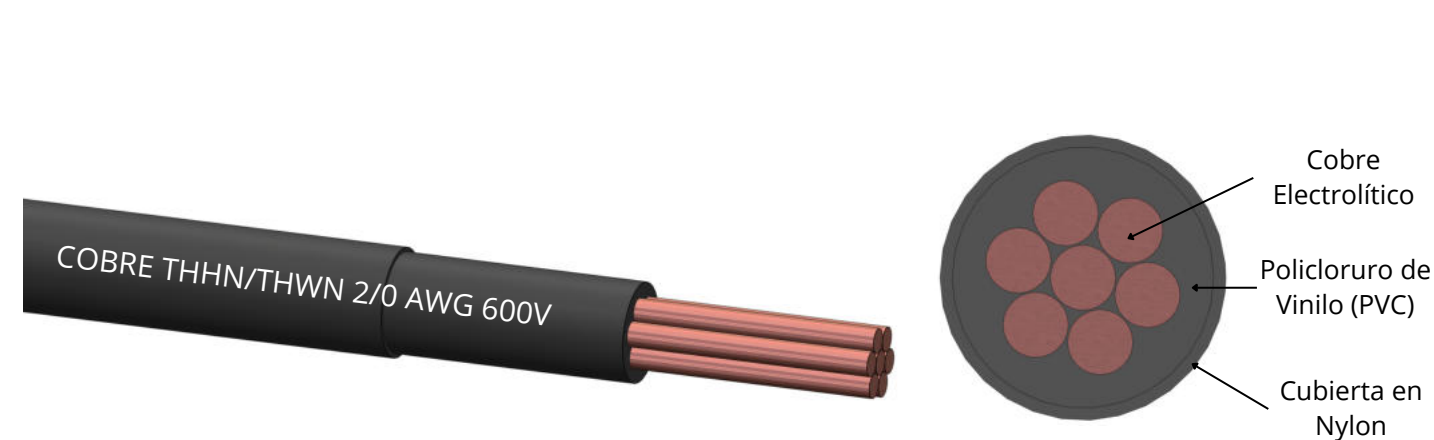


Figura 1. Cable Cobre Aislado THHN/THWN.



Figura 2. Cable Aluminio Aislado serie 8000 THHN 600V.

IMPORTANTE

- El nivel de aislamiento del conductor seleccionado debe ser, como mínimo, un 20 % superior al nivel de tensión nominal del sistema eléctrico en el que se instalará, con el fin de garantizar un margen adecuado de seguridad dieléctrica.

B.2. CRITERIO DE SELECCIÓN DE CONDUCTORES SUBTERRÁNEOS:

1. Capacidad de Corriente: La selección de conductores subterráneos debe realizarse en función de la capacidad de corriente nominal, asegurando que el conductor sea capaz de soportar la corriente máxima prevista sin exceder su temperatura de operación. Para ello se estima una sobrecarga del 15% de la corriente nominal del sistema, aplicando adicionalmente los factores de corrección térmica, el número de conductores por ducto y el método de instalación.

Donde:

I_{cond} : Corriente del conductor (A)

I_{nom} : Corriente nominal del sistema (A)

S : Potencia aparente (kVA)

V_{LL} : Tensión nominal línea – línea (V)

$$I_{cond} = 1.15 \times I_{nom} \quad (Ec.1)$$

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{LL}} \quad (Ec.2)$$

2. Regulación de Tensión: La selección del calibre del conductor subterráneo debe garantizar que la caída de tensión (regulación) se mantenga dentro de los límites permitidos para la instalación, definidos por el Operador de Red EBSA como máximo **5% para redes subterráneas en zonas urbanas y 7% para redes subterráneas en zonas rurales**. Es crucial que el conductor elegido no solo sea capaz de soportar la corriente nominal de carga, sino que también asegure una adecuada disipación de energía, minimizando las pérdidas y cumpliendo con las exigencias de eficiencia energética. Adicionalmente, **para las acometidas se debe garantizar que la regulación de tensión no supere el 3 %**, calculada en el dispositivo de corte general.

$$\Delta U = P \times L \times K_{reg} \quad (Ec.3)$$

Donde:

ΔU → Caída de tensión en voltios (V).

P → Potencia activa de la carga en vatios (W).

L → Longitud de la línea en kilómetros (km).

K_{reg} → Constante de regulación específica del calibre del conductor, tabulada en función de la configuración del sistema (monofásico, bifásico o trifásico).

3. Capacidad de Corrientes de Cortocircuito: En cables aislados, tanto el conductor como la pantalla deben estar dimensionados para soportar las corrientes de cortocircuito durante el tiempo de actuación de las protecciones, sin que se produzca deterioro del aislamiento ni pérdida de sus características eléctricas. La corriente máxima admisible debe determinarse conforme a los criterios establecidos en la norma IEC 60949.

Donde:

I_{sc} : Máxima corriente de cortocircuito (A)

A : Área del conductor (mm²)

k : Constante del material (341 para cobre / 224 para aluminio)

T_1 : Máxima temperatura de operación (°C)

T_2 : Máxima temperatura admisible durante el cortocircuito (°C)

λ : Constante de tiempo térmico (234 para cobre / 228 para aluminio)

t : Tiempo durante el cortocircuito (s)

$$I_{SC} = Ak \sqrt[2]{\frac{\log \left(\frac{T_2 + \lambda}{T_1 + \lambda} \right)}{t}} \quad (Ec.4)$$

4. Pérdidas máximas de Energía: La selección del conductor subterráneo debe basarse en minimizar las pérdidas de energía. Estas pérdidas se manifiestan en forma de disipación térmica (efecto Joule, I^2R) y aumentan a medida que se incrementan la corriente, la longitud de los conductores o una selección inadecuada de los mismos. Un nivel elevado de las pérdidas de energía (kWh) representan un impacto directo en la eficiencia del sistema y en los costos de operación a lo largo del tiempo. Las pérdidas de energía no deben exceder el 3% para redes subterráneas urbanas y el 3.5% para redes subterráneas rurales, garantizando así el cumplimiento de los requisitos de eficiencia energética.

El cálculo de las pérdidas de energía en los conductores (kWh) permite cuantificar la energía disipada en forma de calor durante el periodo de operación del sistema eléctrico. Estas pérdidas se obtienen a partir de la integración de la potencia perdida en el conductor a lo largo del tiempo de operación considerado.

De manera general, la energía perdida en el conductor se expresa como:

Donde:

- $P_{Econductor}$: es la energía perdida en el conductor, expresada en kilovatios-hora (kWh).
- $P_{Pconductor}$: es la potencia instantánea disipada en el conductor en función del tiempo.
- $P_{potencia,prom}$: es la potencia promedio de pérdidas en el conductor durante el periodo T.
- T : es el tiempo total de operación del sistema.

$$P_{Econductor} = \int_0^T P_{Pconductor}(t) dt \approx P_{potencia,prom} \times T \quad (Ec.5)$$

B.3 SECUENCIA BÁSICA DE DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

1. Determinar la potencia aparente (S), expresada en kVA, considerando la carga conectada, simultaneidad y proyecciones de crecimiento. Establecer el nivel de tensión (V), usualmente 220/127 V o 440 V para sistemas trifásicos, y 220 V o 120 V para sistemas monofásicos.
2. Calcular la corriente nominal del sistema.
3. Seleccionar el conductor con ampacidad \geq corriente calculada, usando las tablas de ampacidad de la NTC 2050 (Ver Tabla 8) para conductores THHN en ducto.
4. Aplicar factor de corrección por agrupamiento si hay más de 3 conductores activos en el ducto (ver Tabla 9).
5. Aplicar el factor de corrección térmica por temperatura ambiente superior a 30°C, usando el valor correspondiente de acuerdo con la norma (ver Tabla 10 para aplicación de factor térmico correspondiente).
6. Verificar que la ampacidad corregida sea \geq corriente de diseño del sistema.
7. Calcular la caída de tensión y verificar que sea \leq 5% para zonas urbanas y \leq 7% para zonas rurales (redes de distribución), y \leq 3% para acometidas.

8. Calcular o verificar la corriente de cortocircuito admisible del conductor.
9. Determinar las pérdidas de energía del tendido. Verificar que $\%P_{perd} \leq 3\%$ para zonas urbanas y $\leq 3.5\%$ para zonas rurales.
10. Diseñar el banco de ductos con base en criterios térmicos y físicos: tipo de relleno, ocupación máxima del ducto (40% del área interna), separación mínima entre ductos (5 cm), tipo de sistema (monofásico, bifásico o trifásico), número de circuitos paralelos, profundidad de instalación y entorno (calzada o acera).

C) TABLAS DE VALORES

C.1. Constantes de Regulación

Escenarios de temperatura en ducto:

ESC.	Altitud	Zona	T_aire	T_suelo	ΔT 75%	T_ducto	T adoptada	α_{AI}	α_{Cu}	cos ϕ
12°C	> 2,500 msnm	Altiplano / Páramo	12°C	11°C	+14°C	25°C	25°C	0.00403	0.00393	0.9
20°C	1,800 - 2,500 msnm	V. Tenza / Intermedia	20°C	18°C	+14°C	32°C	35°C	0.00403	0.00393	0.9
30°C	< 1,000 msnm	Occidental (Mag. Medio)	30°C	26°C	+14°C	40°C	45°C	0.00403	0.00393	0.9

Tabla 2. Temperatura de ducto cargado según IEC 60287-3-1. $R(T)=R(20^{\circ}\text{C})\times[1+\alpha(T_{\text{ducto}}-20)]$.

Tabla 2. Escenarios de temperatura.

- **Esc. 12°C (T_ ducto=25°C):** Tunja, Duitama, Sogamoso, Paipa.
- **Esc. 20°C (T_ ducto=35°C):** Garagoa, Guateque, Miraflores.
- **Esc. 30°C (T_ ducto=45°C):** Puerto Boyacá, Otanche, Muzo.

COBRE THHN		R(T)	X _l	Kreg (%/kVA·m)			
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	208/120 V	214/123 V	220/127 V	440/254 V
▶ Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90							
2 AWG	33.62	0.5231	0.0968	1.186 x 10 ⁻³	1.120 x 10 ⁻³	1.060 x 10 ⁻³	0.265 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3293	0.0976	0.784 x 10 ⁻³	0.740 x 10 ⁻³	0.700 x 10 ⁻³	0.175 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2610	0.0959	0.640 x 10 ⁻³	0.604 x 10 ⁻³	0.572 x 10 ⁻³	0.143 x 10 ⁻³
▶ Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90							
2 AWG	33.62	0.5432	0.0968	1.228 x 10 ⁻³	1.160 x 10 ⁻³	1.097 x 10 ⁻³	0.274 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3420	0.0976	0.810 x 10 ⁻³	0.765 x 10 ⁻³	0.724 x 10 ⁻³	0.181 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2711	0.0959	0.661 x 10 ⁻³	0.624 x 10 ⁻³	0.590 x 10 ⁻³	0.148 x 10 ⁻³
▶ Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90							
2 AWG	33.62	0.5634	0.0968	1.270 x 10 ⁻³	1.199 x 10 ⁻³	1.135 x 10 ⁻³	0.284 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3547	0.0976	0.836 x 10 ⁻³	0.790 x 10 ⁻³	0.748 x 10 ⁻³	0.187 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2812	0.0959	0.681 x 10 ⁻³	0.644 x 10 ⁻³	0.609 x 10 ⁻³	0.152 x 10 ⁻³

Tabla 3. Constantes de regulación para cable cobre aislado THHN-Trifásico.

COBRE THHN		R(T)	X _i	Kreg (%/kVA·m)		
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	208/120 V	220/127 V	240/120 V
► Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90						
2 AWG	33.62	0.5231	0.0968	2.371 x 10 ⁻³	2.120 x 10 ⁻³	1.781 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3293	0.0976	1.567 x 10 ⁻³	1.401 x 10 ⁻³	1.177 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2610	0.0959	1.279 x 10 ⁻³	1.144 x 10 ⁻³	0.961 x 10 ⁻³
► Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90						
2 AWG	33.62	0.5432	0.0968	2.455 x 10 ⁻³	2.195 x 10 ⁻³	1.844 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3420	0.0976	1.620 x 10 ⁻³	1.448 x 10 ⁻³	1.217 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2711	0.0959	1.321 x 10 ⁻³	1.181 x 10 ⁻³	0.992 x 10 ⁻³
► Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90						
2 AWG	33.62	0.5634	0.0968	2.539 x 10 ⁻³	2.270 x 10 ⁻³	1.907 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3547	0.0976	1.673 x 10 ⁻³	1.495 x 10 ⁻³	1.256 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2812	0.0959	1.363 x 10 ⁻³	1.218 x 10 ⁻³	1.024 x 10 ⁻³

Tabla 4. Constantes de regulación para cable cobre aislado THHN-Bifásico

COBRE THHN		R(T)	X _i	Kreg (%/kVA·m)
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	120 V
▶ Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90				
2 AWG	33.62	0.5231	0.0863	7.061 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3293	0.0871	4.644 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2610	0.0854	3.780 x 10 ⁻³
▶ Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90				
2 AWG	33.62	0.5432	0.0863	7.313 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3420	0.0871	4.803 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2711	0.0854	3.905 x 10 ⁻³
▶ Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90				
2 AWG	33.62	0.5634	0.0863	7.565 x 10 ⁻³
1/0 AWG	53.48	0.3547	0.0871	4.962 x 10 ⁻³
2/0 AWG	67.43	0.2812	0.0854	4.031 x 10 ⁻³

Tabla 5. Constantes de regulación para cable cobre aislado THHN-Monofásico

COBRE THHN		R(T)	X _i	Kreg (%/kVA·m)			
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	208/120 V	214/123 V	220/127 V	440/254 V
▶ Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90							
2 AWG	53.48	0.5427	0.0976	1.227 x 10 ⁻³	1.160 x 10 ⁻³	1.097 x 10 ⁻³	0.274 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4295	0.0959	0.990 x 10 ⁻³	0.935 x 10 ⁻³	0.885 x 10 ⁻³	0.221 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2703	0.0942	0.657 x 10 ⁻³	0.621 x 10 ⁻³	0.588 x 10 ⁻³	0.147 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2285	0.0967	0.573 x 10 ⁻³	0.541 x 10 ⁻³	0.512 x 10 ⁻³	0.128 x 10 ⁻³
▶ Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90							
2 AWG	53.48	0.5642	0.0976	1.272 x 10 ⁻³	1.202 x 10 ⁻³	1.137 x 10 ⁻³	0.284 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4464	0.0959	1.025 x 10 ⁻³	0.969 x 10 ⁻³	0.917 x 10 ⁻³	0.229 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2810	0.0942	0.680 x 10 ⁻³	0.642 x 10 ⁻³	0.607 x 10 ⁻³	0.152 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2375	0.0967	0.592 x 10 ⁻³	0.559 x 10 ⁻³	0.529 x 10 ⁻³	0.132 x 10 ⁻³
▶ Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90							
2 AWG	53.48	0.5856	0.0976	1.317 x 10 ⁻³	1.244 x 10 ⁻³	1.177 x 10 ⁻³	0.294 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4634	0.0959	1.061 x 10 ⁻³	1.002 x 10 ⁻³	0.948 x 10 ⁻³	0.237 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2917	0.0942	0.702 x 10 ⁻³	0.663 x 10 ⁻³	0.627 x 10 ⁻³	0.157 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2466	0.0967	0.610 x 10 ⁻³	0.577 x 10 ⁻³	0.546 x 10 ⁻³	0.136 x 10 ⁻³

Tabla 6. Constantes de regulación para cable aluminio aislado serie 8000 THHN-Trifásico

COBRE THHN		R(T)	X _i	Kreg (%/kVA·m)		
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	208/120 V	220/127 V	240/120 V
▶ Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90						
2 AWG	53.48	0.5427	0.0871	2.434 x 10 ⁻³	2.175 x 10 ⁻³	1.828 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4295	0.0854	1.959 x 10 ⁻³	1.751 x 10 ⁻³	1.471 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2703	0.0837	1.293 x 10 ⁻³	1.156 x 10 ⁻³	0.971 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2285	0.0861	1.124 x 10 ⁻³	1.005 x 10 ⁻³	0.844 x 10 ⁻³
▶ Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90						
2 AWG	53.48	0.5642	0.0871	2.523 x 10 ⁻³	2.255 x 10 ⁻³	1.895 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4464	0.0854	2.029 x 10 ⁻³	1.814 x 10 ⁻³	1.524 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2810	0.0837	1.338 x 10 ⁻³	1.196 x 10 ⁻³	1.005 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2375	0.0861	1.162 x 10 ⁻³	1.039 x 10 ⁻³	0.873 x 10 ⁻³
▶ Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90						
2 AWG	53.48	0.5856	0.0871	2.612 x 10 ⁻³	2.335 x 10 ⁻³	1.962 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4634	0.0854	2.100 x 10 ⁻³	1.877 x 10 ⁻³	1.577 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2917	0.0837	1.382 x 10 ⁻³	1.236 x 10 ⁻³	1.038 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2466	0.0861	1.199 x 10 ⁻³	1.072 x 10 ⁻³	0.901 x 10 ⁻³

Tabla 7. Constantes de regulación para cable aluminio aislado serie 8000 THHN-Bifásico

COBRE THHN		R(T)	X _i	Kreg (%/kVA·m)
Calibre	Secc mm ²	Ω/km	Ω/km	120V
▶ Esc. 12°C T _{ducto} = 25°C Altiplano (>2,500 msnm) cosφ=0.90				
2 AWG	53.48	0.5427	0.0871	7.311 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4295	0.0854	5.885 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2703	0.0837	3.886 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2285	0.0861	3.378 x 10 ⁻³
▶ Esc. 20°C T _{ducto} = 35°C V. Tenza / Intermedia cosφ=0.90				
2 AWG	53.48	0.5642	0.0871	7.579 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4464	0.0854	6.097 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2810	0.0837	4.019 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2375	0.0861	3.491 x 10 ⁻³
▶ Esc. 30°C T _{ducto} = 45°C Occidental (<1,000 msnm) cosφ=0.90				
2 AWG	53.48	0.5856	0.0871	7.847 x 10 ⁻³
1/0 AWG	67.43	0.4634	0.0854	6.310 x 10 ⁻³
2/0 AWG	107.2	0.2917	0.0837	4.153 x 10 ⁻³
250 MCM	126.7	0.2466	0.0861	3.604 x 10 ⁻³

Tabla 8. Constantes de regulación para cable aluminio aislado serie 8000 THHN-Monofásico

C.2. Capacidad de Corriente (ampacidad)

Calibre del Conductor (AWG o kcmil)	Capacidad de corriente (A)			
	60 °C Cu	75 °C Cu	60 °C Al	75 °C Al
8	40	50	30	40
6	55	65	40	50
4	70	85	55	65
2	95	115	75	90
1/0	125	150	100	120
2/0	145	175	115	135
4/0	195	230	150	180

Tabla 9. Capacidad de Corriente (Ampacidad) de Conductores de Cobre y Aluminio con Aislamiento a 60 °C y 75 °C (Fuente: Tabla 310.15(B)(16) de NTC 2050)

Aclaraciones:

- La selección debe basarse en la columna correspondiente a la temperatura límite más restrictiva del equipo o terminal.
- Se deben aplicar factores de corrección cuando la temperatura ambiente sea diferente a 30 °C o cuando existan múltiples conductores agrupados.
- Se permite calcular la ampacidad mediante la fórmula establecida en la sección 310.15(C) de la NTC 2050, siempre que sea evaluada y validada por personal profesional competente, asegurando una determinación precisa y segura de la capacidad de corriente en situaciones no convencionales.

C.3. Factores de ajuste por agrupamiento de conductores

Nº de conductores activos	Factor de corrección
1 a 3	1.00
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50

Tabla 10. Factores de corrección por conductores activos.

C.4. Factores de corrección de temperatura ambiente

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11 - 15	1.22	1.15	1.12
16 - 20	1.15	1.11	1.08
21 - 25	1.08	1.05	1.04
26 - 30	1.00	1.00	1.00
31 - 35	0.91	0.94	0.96
36 - 40	0.82	0.88	0.91

Tabla 11. Factores de corrección según temperatura ambiente.

NOTA:

- La capacidad de corriente admisible del conductor debe determinarse aplicando los factores de corrección adecuados cuando las condiciones reales de instalación difieran de las estándar, de acuerdo con lo establecido en las tablas 2 y 3. La selección debe fundamentarse en el valor más restrictivo resultante, considerando las condiciones térmicas y de instalación específicas del proyecto.

Ejemplos prácticos:

Ejemplos prácticos		
Ejemplo 1 aplicado – Tunja (220 V)	Ejemplo 2 aplicado – Puerto Boyacá (220 V)	Ejemplo 3 aplicado – Duitama (440 V)
<ul style="list-style-type: none"> • Carga estimada: 30 kVA • Nivel de tensión: 220 V • Cálculo de corriente nominal: $I = (30 * 1000) / (\sqrt{3} * 220) = 78.8 \text{ A}$ • Conductor propuesto: #1/0 AWG – Cu • Ampacidad base: 125 A • Agrupamiento (4-6 conductores): Factor de corrección 0.80 • Ampacidad corregida por agrupamiento: $125 \text{ A} * 0.80 = 100 \text{ A}$ • Comparación: $100 \text{ A} > 78.8 \text{ A} \checkmark$ Cumple 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga estimada: 15 kVA • Nivel de tensión: 220 V • Cálculo de corriente nominal: $I = (15 * 1000) / (\sqrt{3} * 220) = 39.36 \text{ A}$ • Conductor propuesto: #4 AWG – Cu • Ampacidad base: 70 A • Agrupamiento (6 conductores): Factor de corrección 0.80 • Ampacidad corregida por agrupamiento: $70 \text{ A} * 0.80 = 56 \text{ A}$ • Temperatura ambiente 35°C: Factor térmico 0.91 • Ampacidad final: $56 \text{ A} * 0.91 = 50.96 \text{ A}$ • Comparación: $50.96 \text{ A} > 39.36 \text{ A} \checkmark$ Cumple 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga estimada: 45 kVA • Nivel de tensión: 440 V • Cálculo de corriente nominal: $I = (45 * 1000) / (\sqrt{3} * 440) = 59.05 \text{ A}$ • Conductor propuesto: #2 AWG – Cu • Ampacidad base: 95 A • Temperatura ambiente 20°C: Factor térmico 1.15 • Ampacidad final: $95 \text{ A} * 1.15 = 109.25 \text{ A}$ • Comparación: $109.25 \text{ A} > 59.05 \text{ A} \checkmark$ Cumple

D) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- D.1. Preferir conductores de cobre THHN cuando las longitudes de tendido son cortas o cuando la carga requiere calibres menores a #2 AWG, dado su menor resistencia específica.
- D.2. Para tendidos largos o de alta potencia, evaluar el uso de aluminio AA-8000 en calibres 4/0 AWG o 250 MCM como alternativa técnico-económica viable.
- D.3. Si por las dimensiones del ducto no caben todos los conductores del circuito, se deben utilizar ductos paralelos, siempre que estén cercanos y no sean de materiales conductores de la electricidad.
- D.4. No se admite la instalación de cables sobre el nivel del suelo terminado. Se entiende por 'suelo terminado' el que habitualmente es transitado por las personas.
- D.5. Los cables deben ser tendidos y halados de acuerdo con las tensiones de halada dinámica máxima recomendada por los fabricantes y los radios de curvatura, los coeficientes de fricción, el tipo de chaqueta y forro metálico.
- D.6. Elegir relleno térmicamente estable como arena lavada, evitar suelos arcillosos o húmedos.
- D.7. Respetar la ocupación máxima del ducto y asegurar espacio para disipación térmica.
- D.8. Verificar siempre la compatibilidad de la temperatura de operación del conductor con los conectores y accesorios empleados en el empalme o terminación del cable.

IMPORTANTE

- Para efectos de ampliación conceptual, desarrollo detallado de fórmulas y criterios de diseño aplicables a la selección y dimensionamiento de conductores en redes de baja tensión, deberá consultarse el Título 2 del Capítulo 2 de la normativa EBSA.

SECCIÓN

2.3.3. CONEXIONES ELÉCTRICAS



A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

La presente norma tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos y normativos para el diseño, la selección y la instalación de conexiones eléctricas en redes subterráneas de baja tensión. Estas conexiones comprenden uniones físicas y eléctricas, como barrajes de distribución, conectores, terminales y sistemas de rotulado e identificación.

El objetivo es garantizar la continuidad eléctrica y mecánica del sistema, asegurando que las operaciones se realicen bajo condiciones de seguridad, hermeticidad y normalización. La aplicación de esta norma es de carácter obligatorio para todos los proyectos que involucran conexiones subterráneas de baja tensión, con el fin de garantizar la compatibilidad eléctrica, la integridad de los componentes y el estricto cumplimiento de la normativa vigente.

B) METODOLOGÍA DE CÁLCULO / CRITERIOS DE DISEÑO

B.1. BARRAJES DE BAJA TENSIÓN:

Los barrajes utilizados en redes subterráneas de baja tensión son conectores de distribución sumergibles, diseñados para operar a tensión nominal de 600 V y permitir la conexión de múltiples conductores de forma hermética y confiable. Los barrajes son compatibles con conductores desde 2 mm² hasta 150 mm² (14 AWG a 350 MCM). Cada caja de baja tensión debe contar con un barraje independiente para fases y un barraje independiente para el neutro.

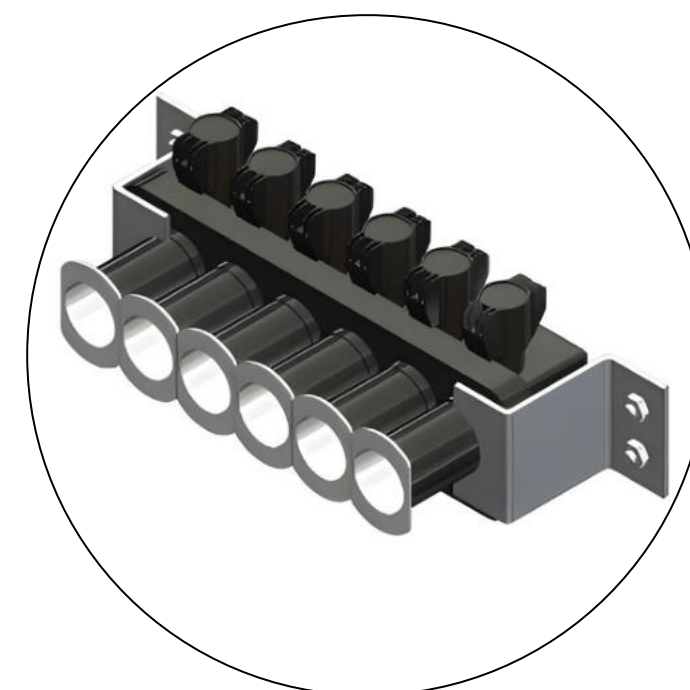
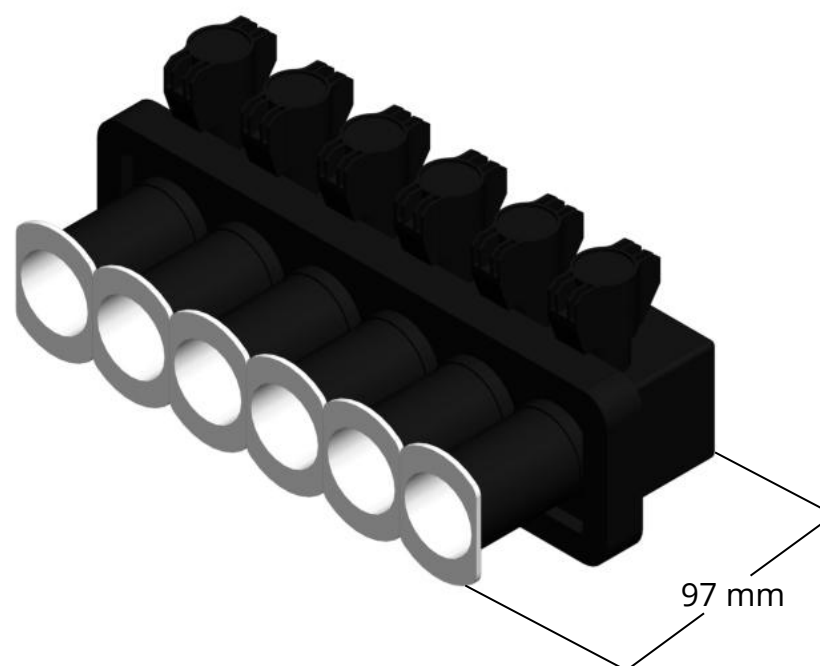
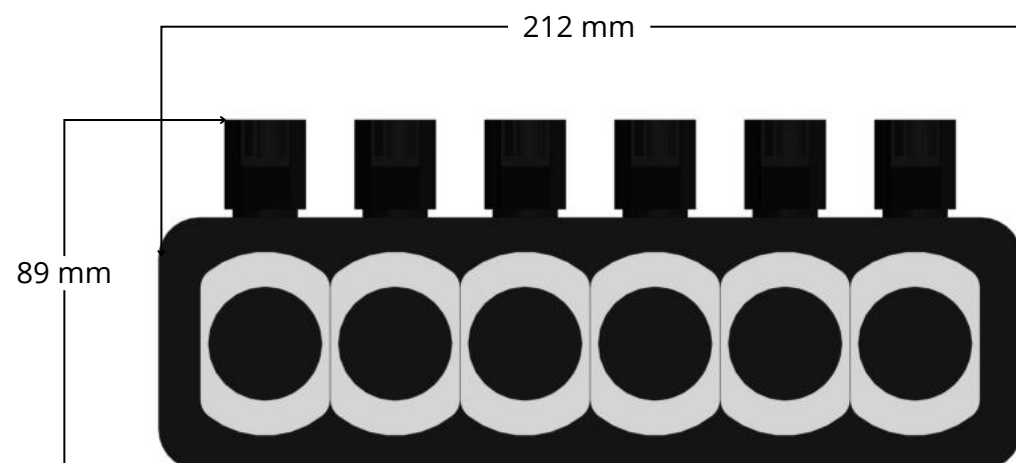


Figura 3. Barraje baja tensión 6 salidas.

B.2. CONFIGURACIÓN DE BARRAJES (NEUTRO Y FASES):

Cada caja de baja tensión contará con dos tipos de barrajes claramente diferenciados: uno para la distribución de fases y otro para el neutro. La configuración de puertos en cada barraje debe seguir el orden funcional establecido por EBSA, identificando cada posición como Entrada (E), Salida (S), Derivación (D) o Conexión a Tierra (T) según corresponda.

Configuración barraje de neutro en baja tensión



Figura 4. Configuración barraje de neutro en baja tensión.

NOTAS:

- E= Entrada
- S= Salida
- D= Derivación
- R= Reserva
- T= Conexión a tierra

Configuración barraje de fases en baja tensión

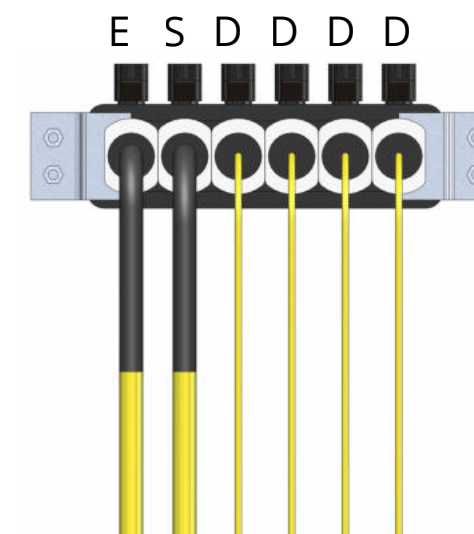


Figura 5. Configuración barraje de fase en baja tensión.

B.3. ALTERNATIVA DE CONSTRUCCIÓN CON DOBLE BARRAJE EN CAJAS DE INSPECCIÓN:

Se autoriza la instalación de un segundo barraje de neutro en las cajas de inspección de baja tensión, manteniendo el mismo nivel que el barraje de neutro principal y asegurando su equipotencialización. Esta alternativa aplica en casos donde la capacidad de conexión del barraje principal resulte insuficiente para atender todas las derivaciones requeridas en la caja. El segundo barraje de neutro debe estar físicamente conectado al primero mediante un puente de cobre de sección adecuada, garantizando la equipotencialización continua del sistema de neutro.

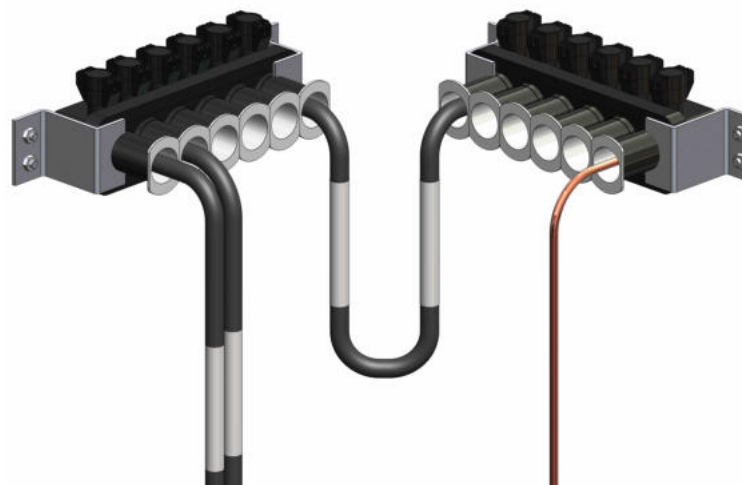


Figura 6. Alternativa de construcción con doble barraje en cajas de inspección.

B.4. PUESTA A TIERRA:

La puesta a tierra en cajas de inspección de redes subterráneas de baja tensión se basa en una varilla cooperweld hincada en el terreno bajo la caja, desde la cual un conductor de cobre desnudo sube hasta la barra de tierra interior, conectado mediante conectores resistentes a la corrosión y la humedad. El aspecto más crítico del sistema es garantizar que la resistencia de puesta a tierra cumpla los valores normativos exigidos y que exista continuidad eléctrica en todas las partes metálicas de la caja, asegurando la equipotencialización del conjunto. Una conexión de puesta a tierra confiable es fundamental para la operación segura de las redes subterráneas de baja tensión.

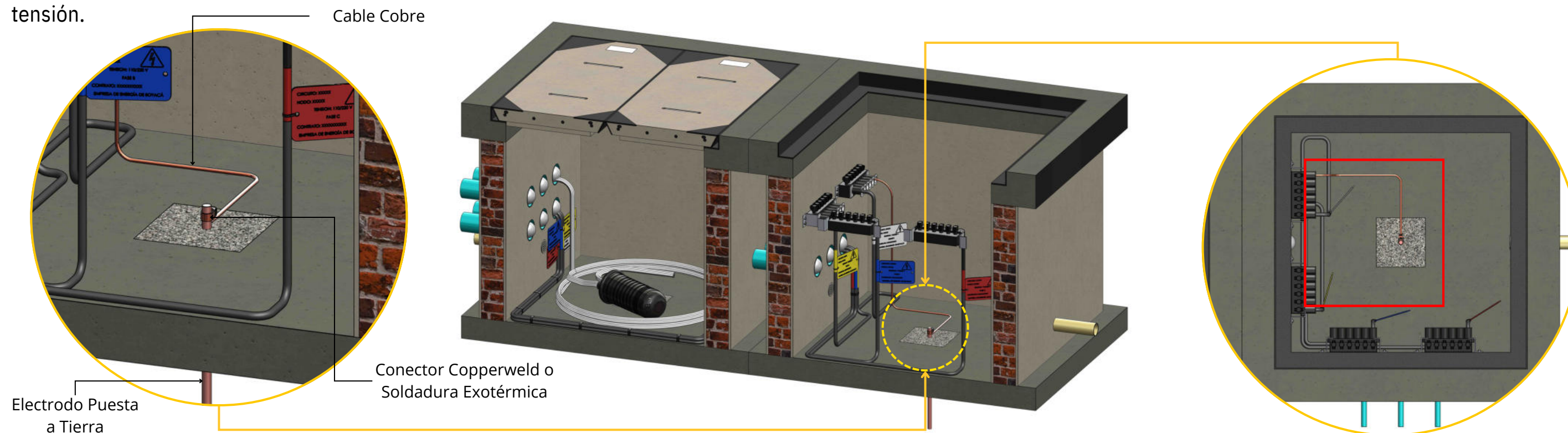


Figura 7. Conexiones a puesta a tierra.

B.5. CRITERIOS DE INSTALACIÓN:

Seguir estrictamente los manuales técnicos de cada fabricante de barrajes y accesorios de baja tensión. Durante la instalación debe evitarse aplicar esfuerzos mecánicos indebidos sobre los conductores y los conectores. Se debe garantizar el correcto asentamiento del cable dentro de los puertos del barraje, verificando que el gel PowerGel selle completamente el conductor tras su inserción.

La tapa del barraje debe cerrarse completamente para garantizar la hermeticidad. Previo a la inserción, los conductores deben limpiarse y prepararse adecuadamente. Debe realizarse una prueba de continuidad para verificar la conexión correcta antes del cierre definitivo de la caja. Asimismo, debe garantizarse que los radios de curvatura de los cables no sean vulnerados durante las operaciones de instalación, conforme a las especificaciones del fabricante.

B.6. IDENTIFICACIÓN Y ROTULADO:

Cada cable debe contar con una identificación visible, legible y permanente, indicando claramente el circuito al que pertenece, la tensión nominal, la fase o neutro correspondiente y el sentido de alimentación. Esta identificación debe colocarse tanto en los extremos de conexión como en puntos estratégicos a lo largo del tendido subterráneo, garantizando una adecuada trazabilidad operativa y facilitando las labores de inspección y mantenimiento. Deben implementarse los siguientes mecanismos de identificación, conforme a los criterios definidos por el Título 5, Libro 3 del RETIE, la NTC 2050 artículo 210.5(C) y las prácticas establecidas por EBSA.

1. Codificación por Color en Cables:

Conforme a la Tabla 3.5.a del RETIE 2024, y considerando que la configuración operativa de EBSA en baja tensión es en sistema trifásico con neutro, la codificación por color para sistemas en baja tensión debe ser la siguiente:

- **Fase R:** Amarillo
- **Fase S:** Azul
- **Fase T:** Rojo
- **Neutro:** Blanco o Gris
- **Tierra de protección:** Verde o desnudo

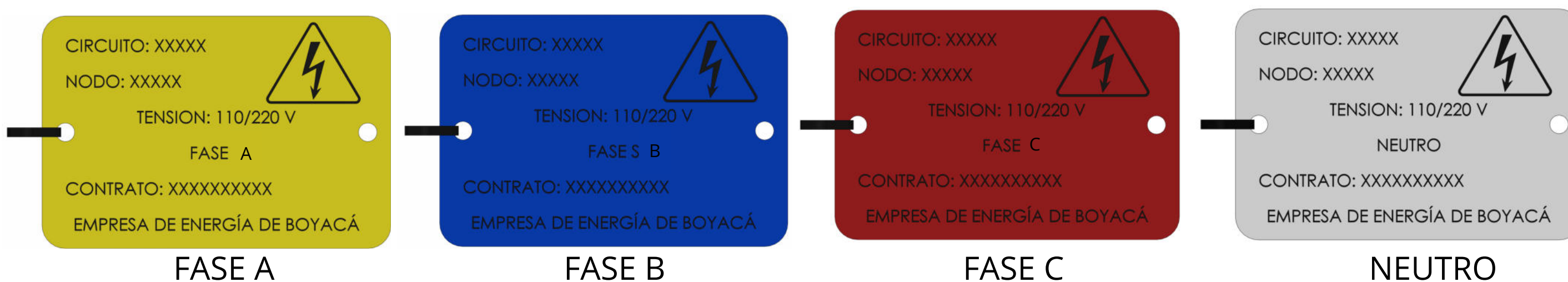


Figura 8. Etiquetado para redes en B.T.

Esta identificación debe hacerse mediante cintas, fundas o marcadores visibles en los extremos de los conductores, con una longitud mínima de 15 cm, resistentes a la humedad, abrasión y agentes químicos. La marcación debe garantizar visibilidad durante inspecciones y mantenimientos, según los artículos 13.2.1 y 13.2.5 del RETIE 2024. Esta codificación por color debe ser permanente, resistente a la abrasión y al medio ambiente subterráneo, y cumplir con lo estipulado en el RETIE, la NTC 2050 y las prácticas establecidas por EBSA.

2. Rotulado exterior:

El rotulado exterior estará anclado a la tapa y debe incluir, como mínimo, el logo de la EBSA y la señal de riesgo eléctrico. La señal debe estar escrita en letras mayúsculas, con una altura mínima de 13 mm, y contener el mensaje: “PELIGRO ALTA TENSIÓN”.

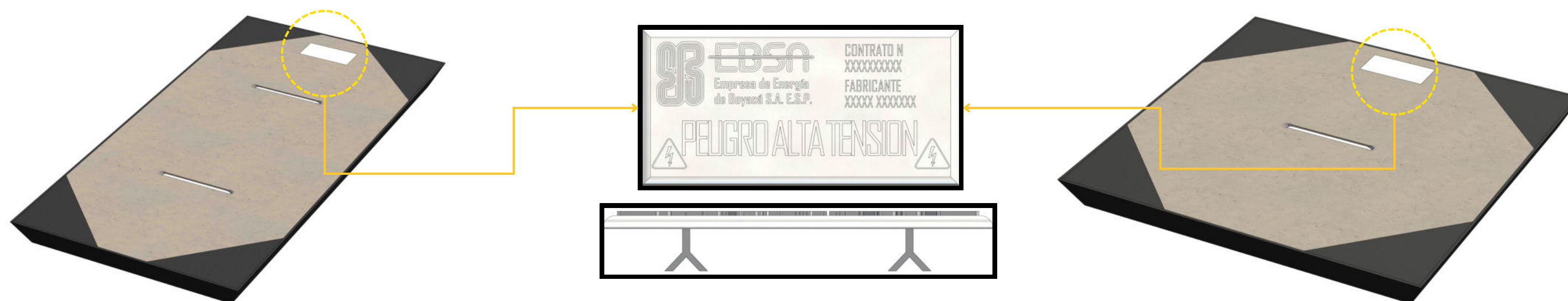


Figura 9. Detalles de placas de advertencia.

3. Rotulado interior:

Cada caja debe incluir, en su cara interna un código de identificación estructurado con el número de contrato, tensión nominal, fecha de instalación y código estructural. Esta información debe ser visible y legible en condiciones de baja iluminación.

NOTA:

- El rotulado interior se ubicará en la parte interna de la tapa y puede implementarse de dos formas:
 - Embebido en el concreto mediante platinas, utilizando el mismo material que el rotulado exterior.
 - Con una argolla soldada al refuerzo de la tapa, diseñada para sobresalir y permitir la fijación de una etiqueta similar a la utilizada en el rotulado de cables o conductores.

El rotulado debe estar fabricado con materiales duraderos, como acero inoxidable o polipropileno de alto impacto, que garanticen resistencia a cargas externas y condiciones ambientales adversas.

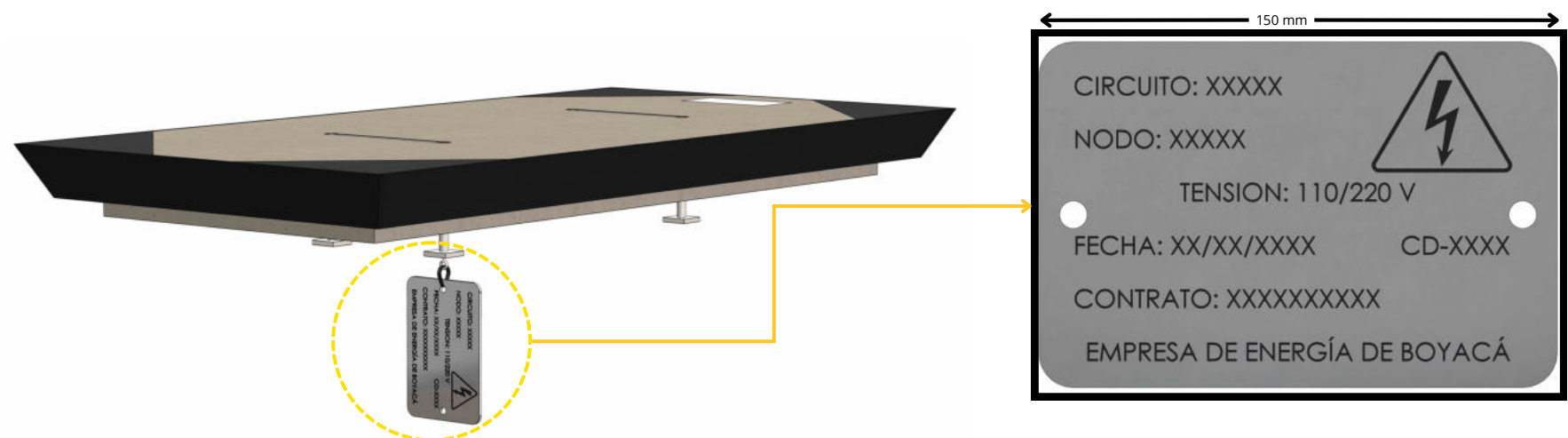
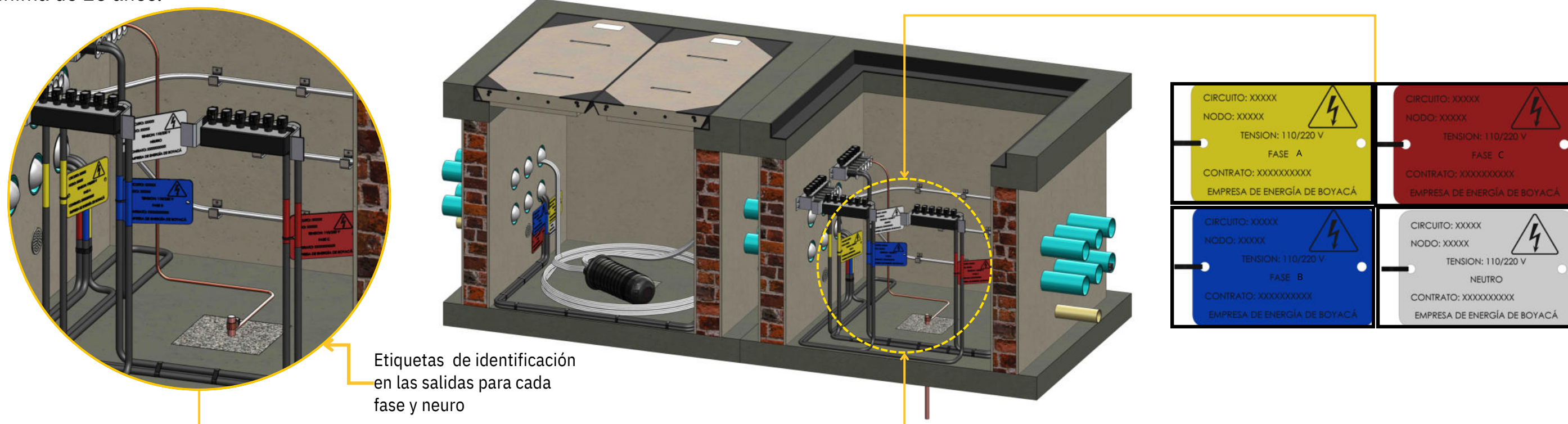


Figura 10. Detalle rotulado interior.

4. Etiquetado interno en cajas de derivación:

Las salidas de los barrajes deben identificarse con etiquetas internas resistentes, grabadas o en relieve, especificando el circuito asociado, la fase (R, S, T o Neutro) y el destino o carga alimentada. Estas etiquetas deben ser resistentes a la humedad y a los agentes químicos presentes en el ambiente subterráneo, con una durabilidad mínima de 20 años.



Etiquetas de identificación en las salidas para cada fase y neutro

Figura 11. Detalle etiquetado en salidas.

5. Codificación por color en cables de telecomunicaciones:

En redes subterráneas de telecomunicaciones que compartan infraestructura con sistemas eléctricos, se debe garantizar una diferenciación clara de los conductores mediante una codificación de color específica, evitando confusiones operativas o riesgos durante mantenimientos. EBSA recomienda emplear cubiertas de color naranja intenso o fundas marcadas con líneas diagonales negras sobre fondo naranja, para identificar claramente los cables de fibra óptica u otros medios de comunicación. Además, se deben instalar etiquetas visibles con la leyenda “TELECOMUNICACIONES” cada 10 metros o en cada punto de inspección, así como utilizar flechas de señalización del sentido de transmisión en los tramos activos. Esta marcación especial facilita la segregación operativa de servicios y contribuye a una adecuada coordinación de mantenimiento con terceros operadores.

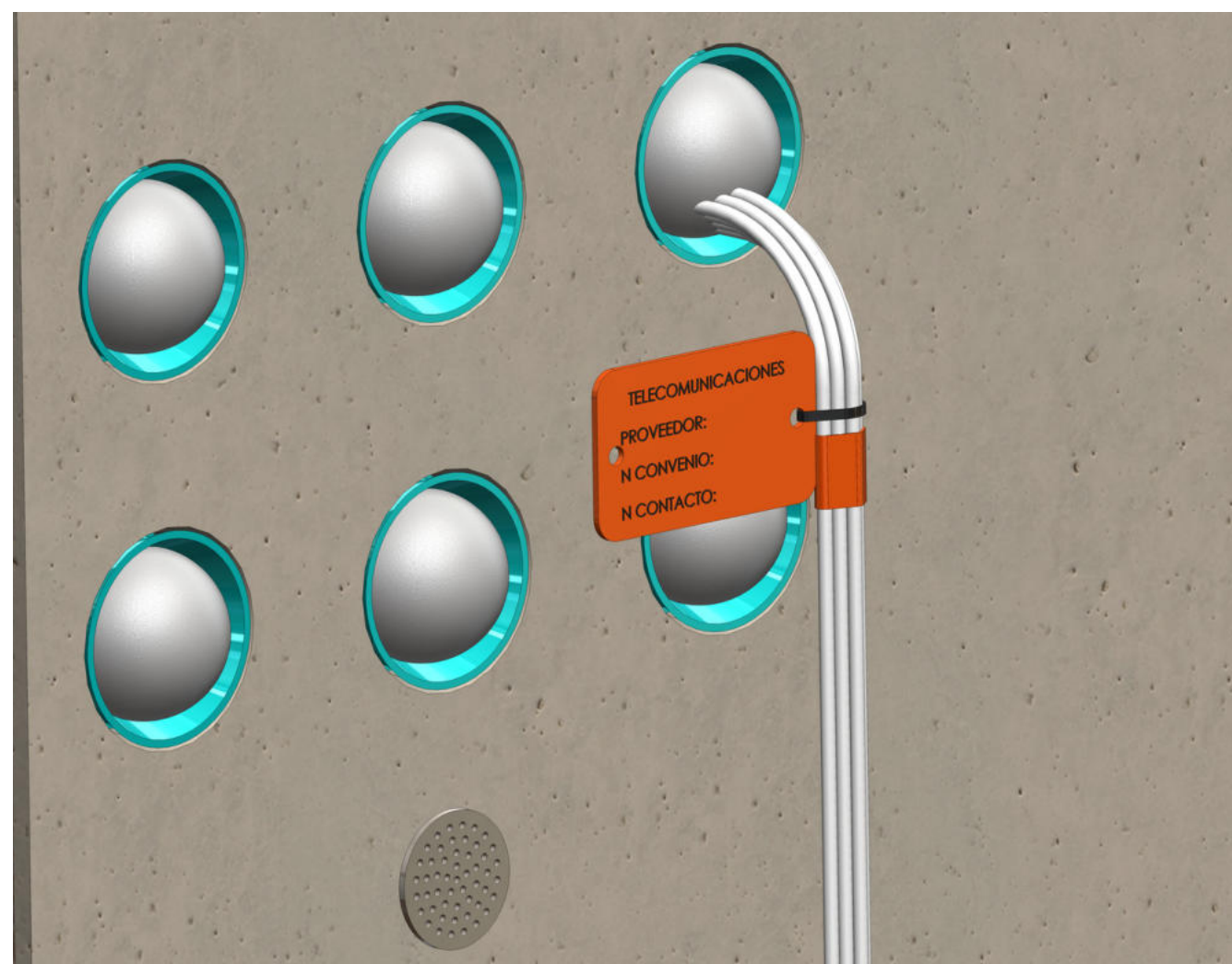


Figura 12. Detalle cables de comunicaciones.

C) TABLAS DE VALORES

CONDUCTOR		
1	Conductores limpios y preparados antes de inserción en barraje	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
2	Cable insertado completamente en puerto del barraje hasta sellado con gel	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
3	Tapa del barraje cerrada herméticamente	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
4	Prueba de continuidad eléctrica realizada	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
5	Codificación de color verificada (R=Amarillo, S=Azul, T=Rojo, N=Gris)	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
6	Rotulado exterior fijado en tapa	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
7	Rotulado interior instalado dentro de la caja	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
8	Puesta a tierra verificada (RETIE)	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
9	Registro de trazabilidad diligenciado (N° serie, lote, fecha)	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
10	Radios de curvatura de cables respetados	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A
11	Equipotencialización de neutro verificada	<input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> N/A

Tabla 12. Lista de verificación para instalación de conexiones BT.

NOTA:

- Se recomienda diligenciar esta lista de verificación para cada caja de baja tensión instalada o intervenida.

D) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- D.1.** Utilizar exclusivamente accesorios certificados conforme a normas IEC e IEEE aplicables.
- D.2.** Seleccionar ubicaciones para las cajas de baja tensión que eviten zonas propensas a inundaciones, acumulación de agua o sin drenaje adecuado.
- D.3.** Cumplir rigurosamente con los radios de curvatura mínimos establecidos por el fabricante para los cables de baja tensión.
- D.4.** Asegurar el cierre completo de la tapa del barraje para garantizar la hermeticidad del gel PowerGel tras cada intervención.
- D.5.** Realizar pruebas de continuidad para verificar la conexión correcta antes del cierre definitivo de la caja de baja tensión.
- D.6.** Inspeccionar periódicamente el estado de los barrajes, conectores y rotulado para garantizar la integridad del sistema.
- D.7.** Asegurar la capacitación técnica y práctica del personal instalador sobre la correcta manipulación y montaje de los barrajes y accesorios de baja tensión.
- D.8.** Implementar registros detallados de trazabilidad que incluyan número de serie, lote de fabricación y fecha de instalación para cada barraje conectado.
- D.9.** El conductor de neutro debe equipotencializarse en cada caja de baja tensión mediante conexión al sistema de puesta a tierra local.

IMPORTANTE

- Una conexión adecuada es esencial para asegurar la confiabilidad operativa y la integridad del sistema de redes subterráneas de baja tensión. La correcta selección de los materiales, así como una instalación precisa y conforme a las normas aplicables, son fundamentales para garantizar la seguridad del personal, la continuidad del servicio eléctrico y el cumplimiento de la normativa técnica vigente.

SECCIÓN

2.3.4 ZANJAS, DUCTOS, COMPACTACIÓN,
CAJAS DE INSPECCIÓN



A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

Este numeral tiene por objetivo establecer los lineamientos técnicos y constructivos para la ejecución de obras civiles asociadas a redes subterráneas de baja tensión (0 a 1.000 V), incluyendo la instalación de zanjas, procesos de relleno, ductos, drenajes y compactación. Estas infraestructuras son fundamentales para asegurar la correcta canalización, protección mecánica y operativa de los cables eléctricos, permitiendo condiciones adecuadas de acceso, mantenimiento, inspección y operación segura a lo largo del ciclo de vida del sistema.

Se debe dar cumplimiento a lo establecido en el Artículo 3.20.6.3 del RETIE 2024 (Resolución 40117 de 2024) referente a conductores subterráneos, así como a las disposiciones contenidas en la Sección 300.5 de la NTC 2050 Segunda Actualización, que establece los requisitos mínimos de enterramiento para instalaciones de 0 a 1.000 V nominales.

B) METODOLOGÍA DE CÁLCULO / CRITERIOS DE DISEÑO

B.1. ZANJAS Y CANALIZACIONES

Las canalizaciones eléctricas subterráneas de baja tensión deben ubicarse preferentemente en andenes y zonas verdes, con el fin de minimizar las afectaciones por tráfico vehicular y facilitar su mantenimiento. Se debe evitar, en lo posible, su trazado longitudinal por áreas vehiculares. Las rutas de canalización para redes de baja tensión deben ir lo más próximas al paramento de las edificaciones.

1. Criterios de Relleno de Zanja: El material de relleno utilizado debe cumplir con los siguientes criterios técnicos:

- Estar completamente libre de residuos orgánicos, escombros, basura o cualquier otro material contaminante que pueda afectar la durabilidad del sistema de ductos.
- No contener partículas individuales con dimensiones mayores a 200 mm, ni materiales con bordes cortantes o afilados que puedan comprometer la integridad mecánica de los conductos eléctricos.
- Ser colocado en capas sucesivas y compactado adecuadamente para conformar una base sólida, estable y uniforme que asegure la correcta transmisión de cargas al terreno.
- En caso de que durante la excavación de la zanja se identifique un fondo con materiales de mala calidad, como arcillas expansivas o suelos inestables, será obligatorio profundizar 30 cm adicionales respecto al diseño original y sustituir ese volumen con material granular tipo recebo, compactado en capas que garanticen la estabilidad estructural de la base.

2. Ancho de Zanja: El ancho de la zanja se determinará en función del número de ductos, su diámetro nominal y las separaciones requeridas. Debe dejarse un espacio mínimo de 5 cm entre los ductos y 10 cm para cada una de las paredes laterales de la zanja. Para la selección del ancho de zanja sugerido se encuentra a continuación:

Nº de ductos	Diámetro del ducto (")	Ancho recomendado de zanja Z (cm)
1	3"	30
2	3"	40
3	3"	50

Tabla 13. Ancho Mínimo de Zanja (Z) según Numero de Ductos y Diámetro de Ductos (").

Para obtener más información sobre zanjas y compactaciones en redes de alumbrado público y comunicaciones, consulte los detalles constructivos de redes subterráneas de baja tensión: ZC-1001 y ZC-2003. Además, puede consultar el Capítulo 4, Título 1: Infraestructura Compartida de la normativa EBSA para más detalles relacionados con estas redes.

3. Capas de Relleno según Ubicación de la Zanja: La composición y el espesor de las capas de relleno varían según la zona en la que se ubique la zanja.

• ZONA VERDE

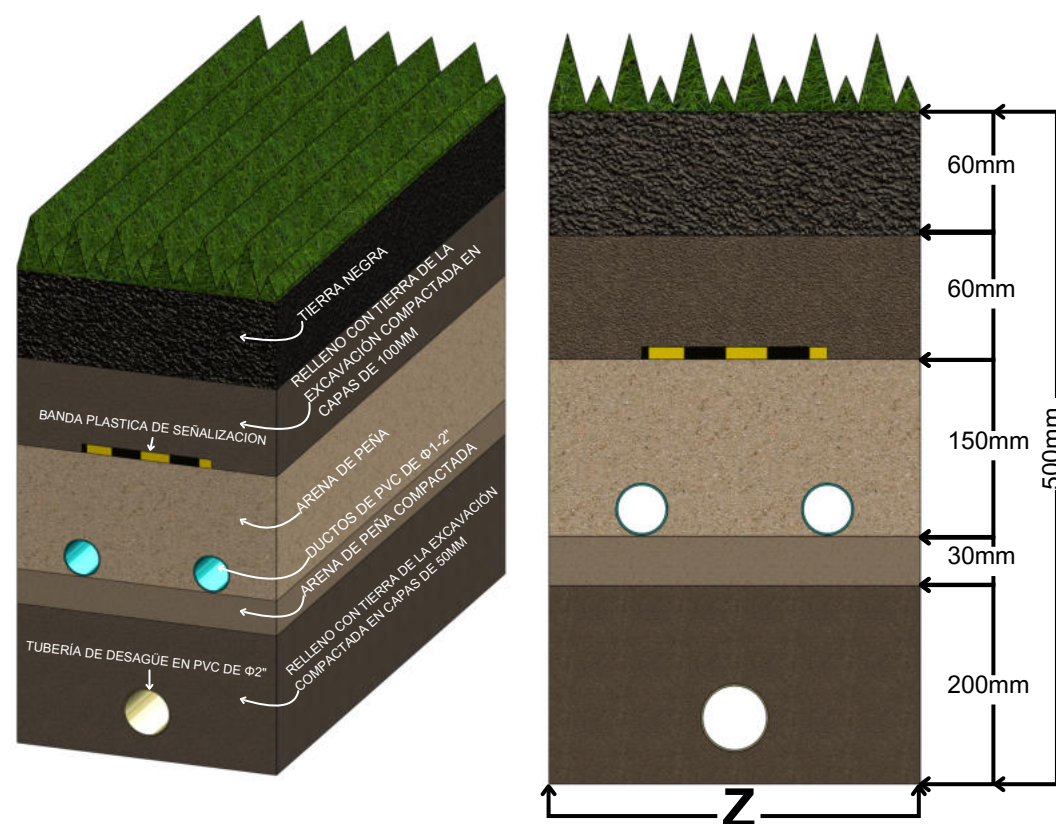


Figura 13. Capas de relleno recomendadas para zanjas en zonas verdes sobre ductos de baja tensión de alumbrado público.

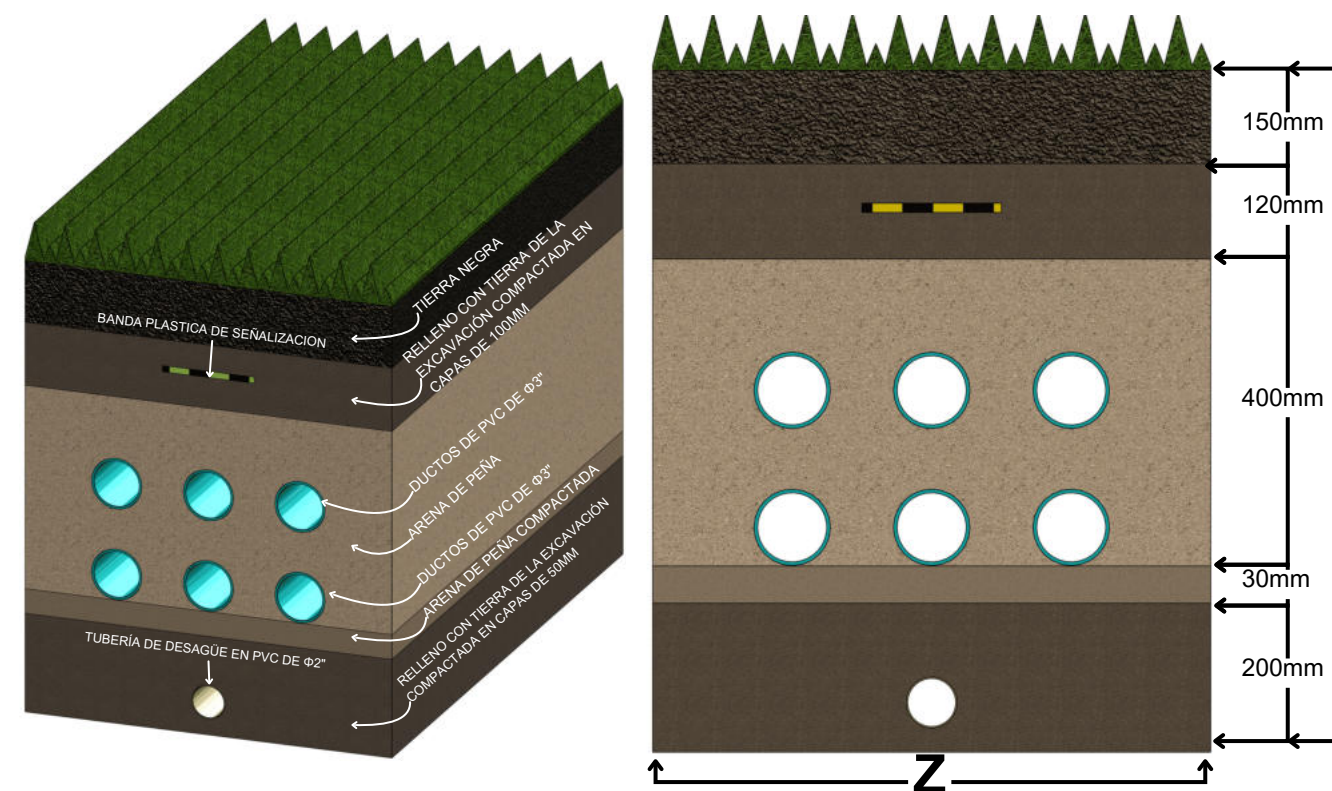


Figura 14. Capas de relleno recomendadas para zanjas en zonas verdes sobre ductos de baja tensión y telecomunicaciones.

• ANDEN EN CONCRETO

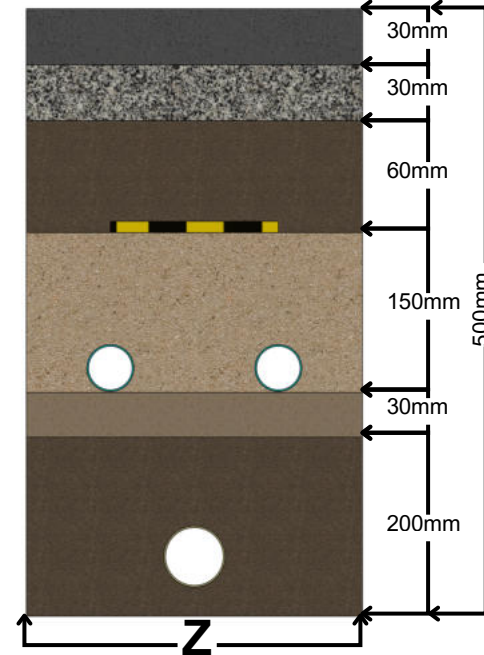
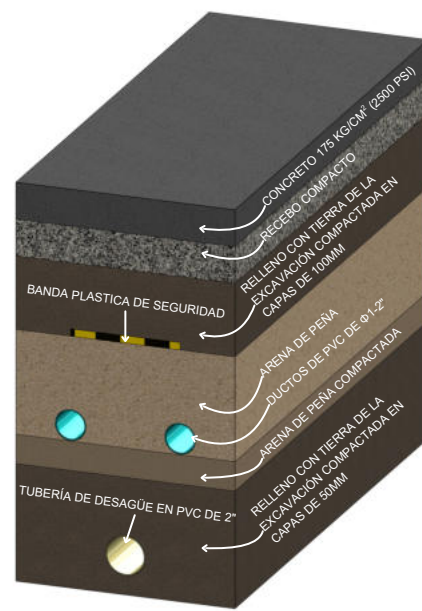


Figura 15. Capas de relleno recomendadas para zanjas en andenes de concreto sobre ductos de baja tensión de alumbrado público.

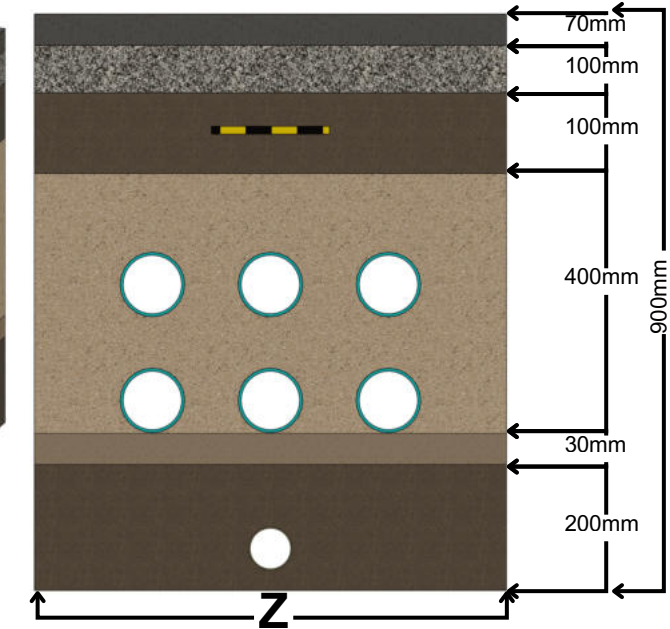
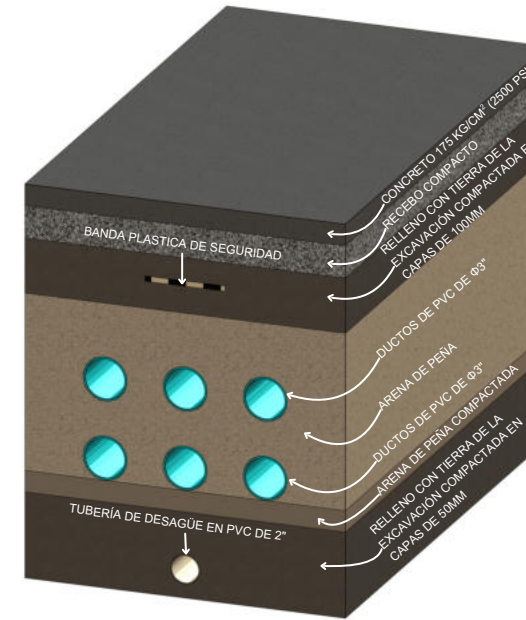


Figura 16. Capas de relleno recomendadas para zanjas en andenes de concreto sobre ductos de baja tensión y telecomunicaciones.

• CRUCE DE CALZADA

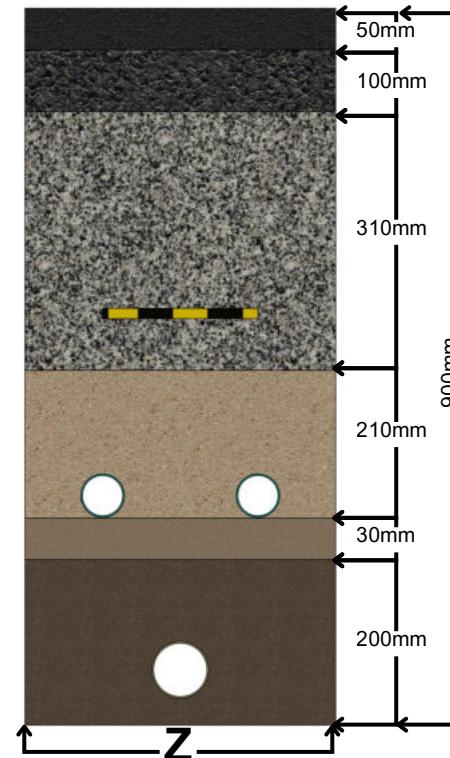
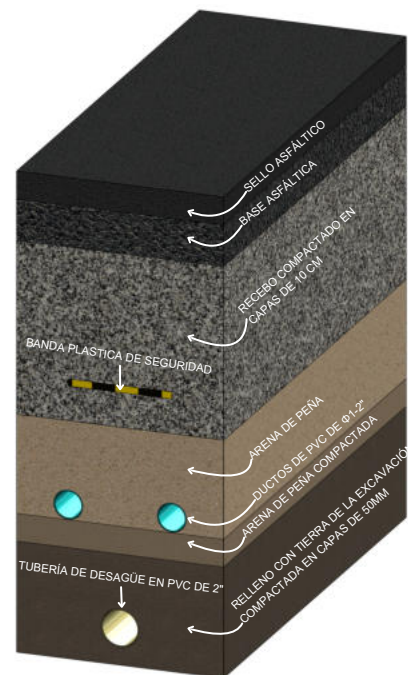


Figura 17. Capas de relleno recomendadas para zanjas en cruces de calzadas sobre ductos de baja tensión de alumbrado público.

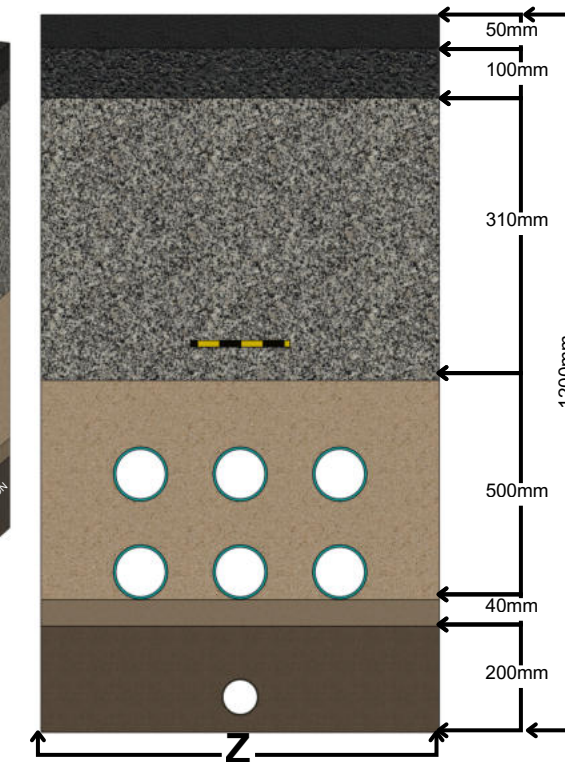
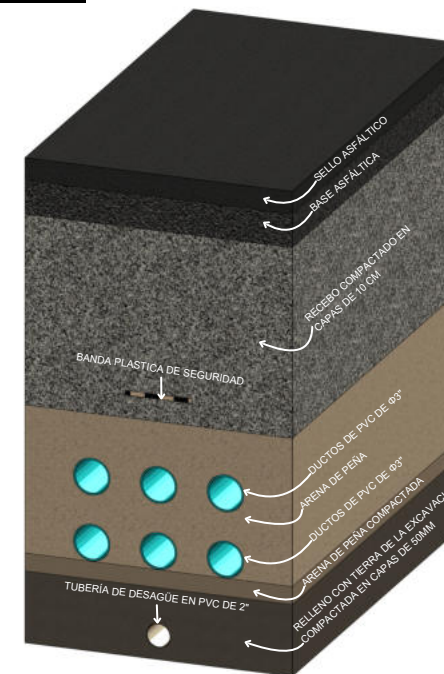


Figura 18. Capas de relleno recomendadas para zanjas en cruces de calzadas sobre ductos de baja tensión y telecomunicaciones.

• ANDEN EN ASFALTO

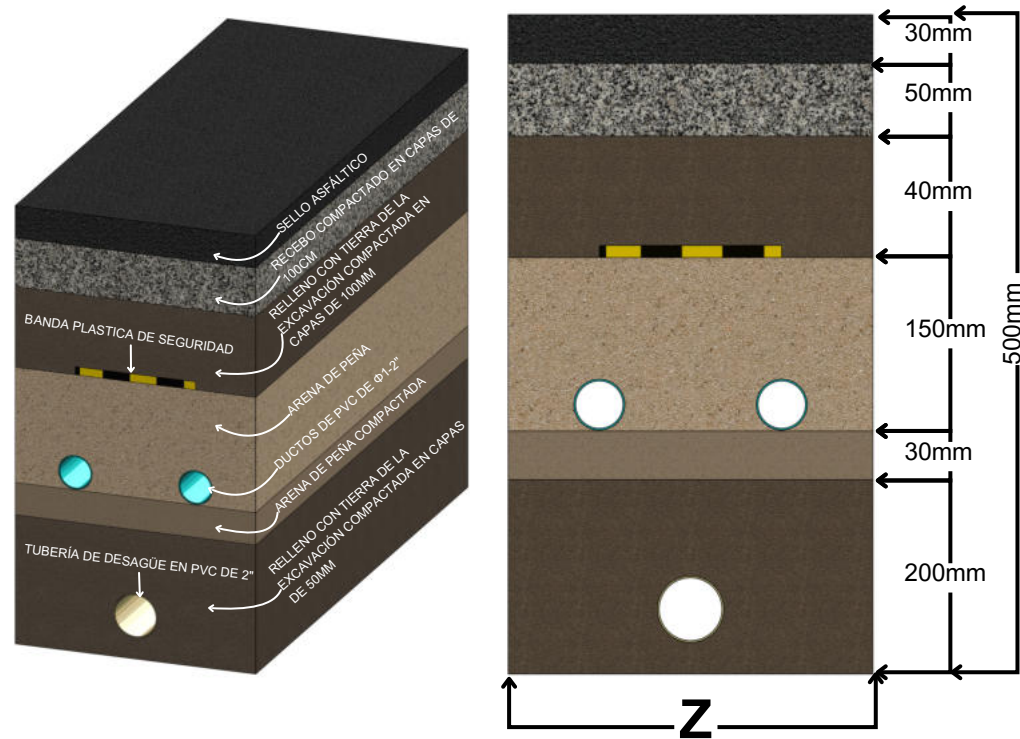


Figura 19. Capas de relleno recomendadas para zanjas en andenes de asfalto sobre ductos de baja tensión de alumbrado público.

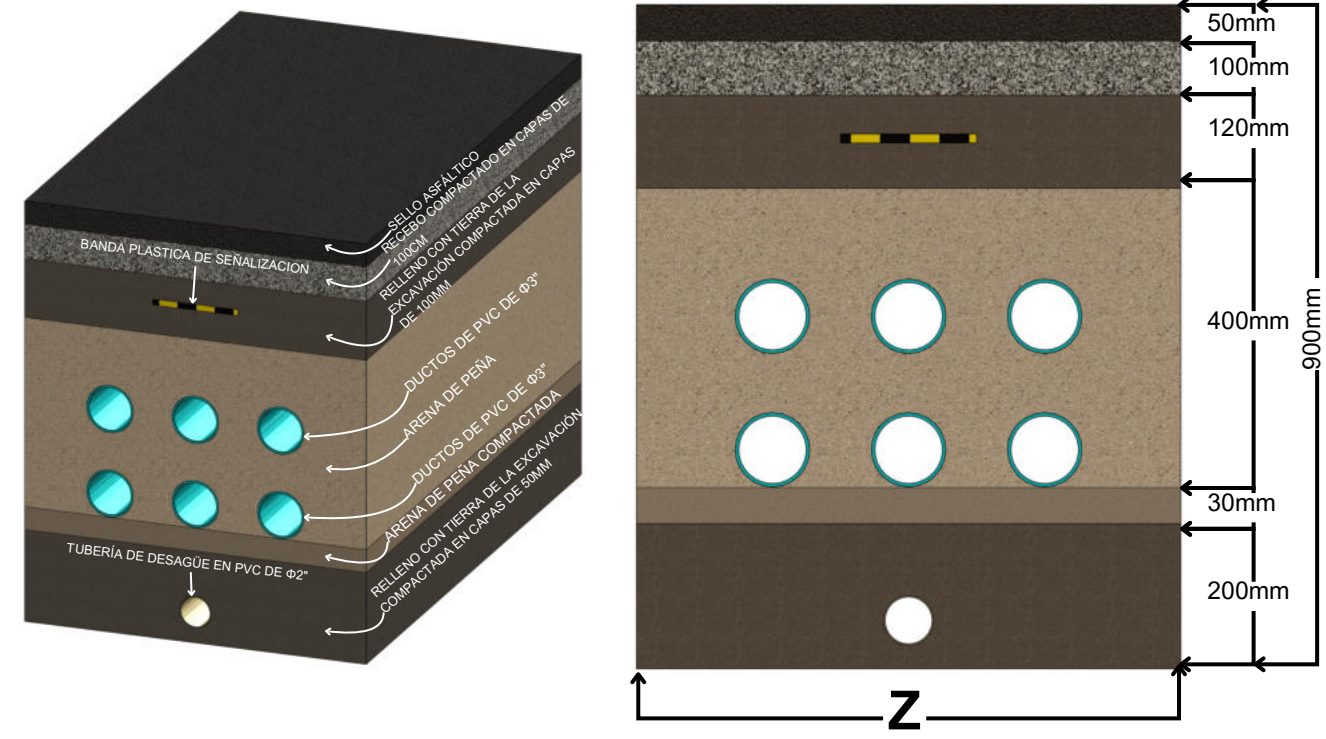


Figura 20. Capas de relleno recomendadas para zanjas en andenes de asfalto sobre ductos de baja tensión y telecomunicaciones.

4. Profundidades mínimas de instalación de ductos:

Para zonas no vehiculares, los ductos deben instalarse con una profundidad mínima de 0,45 m desde la cara superior del ducto hasta el nivel de la superficie terminada según la Tabla 300.5 de la NTC-2050, de igual forma se debe considerar que para zonas vehiculares en cruces viales, esta profundidad debe ser como mínimo de 0,60 m, a fin de garantizar una protección adecuada contra cargas de tránsito.

Adicionalmente, se debe instalar una cinta plástica de advertencia a una distancia máxima de 30 cm sobre la cara superior de los ductos eléctricos. Esta cinta debe ser resistente a la humedad y contener una leyenda visible e indeleble, como "PELIGRO". Su función principal es advertir a quienes realicen futuras excavaciones sobre la presencia de canalizaciones eléctricas, minimizando así el riesgo de daño a la infraestructura o incidentes durante trabajos de intervención en el terreno.

5. Selección de Ductos:

Los ductos utilizados para redes subterráneas de baja tensión deben cumplir con criterios específicos de resistencia mecánica, aislamiento y durabilidad frente a condiciones subterráneas. Se emplean habitualmente ductos de PVC o PEAD (corrugado o liso), cuya selección depende de la condición del terreno, facilidad de instalación y requerimientos de EBSA.

- **Nivel de tensión y diámetro:** Para redes de baja tensión, el diámetro interior recomendado de los ductos es de 3" (76 mm), dependiendo del tipo de cable y configuración del banco de ductos.

- **Pendiente de ductos:** Los ductos se colocarán con pendiente mínima del 0,1% hacia las cajas de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita el recubrimiento de relleno sobre el ducto.

- **Color:** El color verde es el estándar para ductos de uso eléctrico subterráneo, permitiendo su rápida identificación en campo y diferenciación respecto a redes de otros servicios.

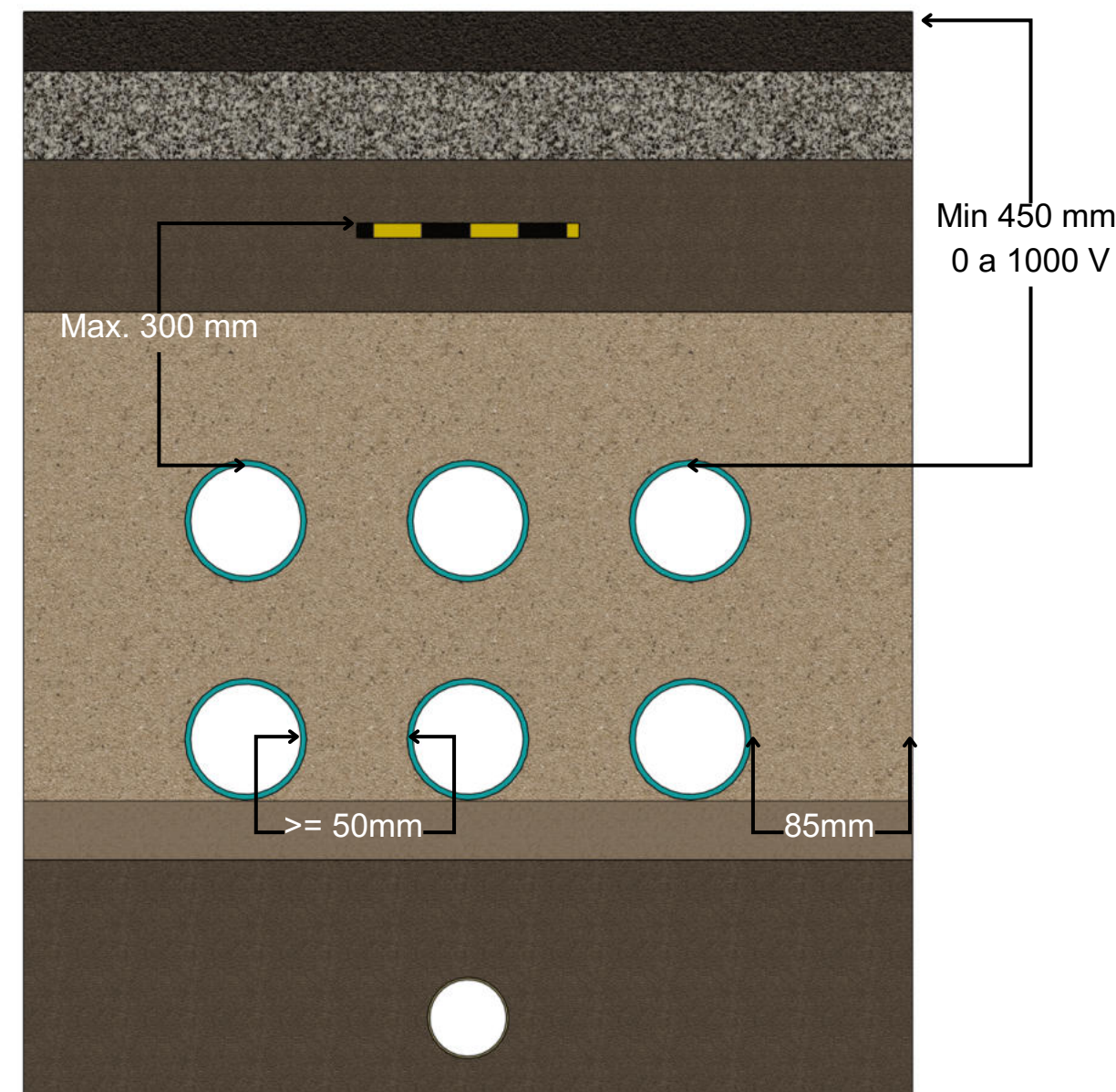
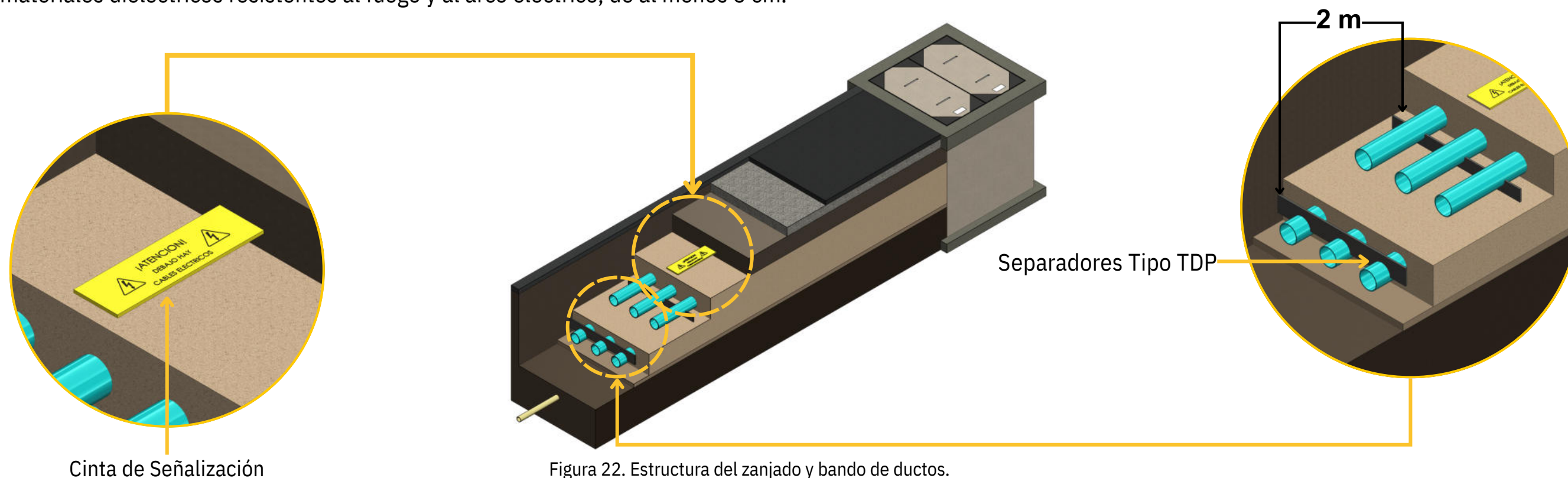


Figura 21. Distancias mínimas entre ductos y la superficie terminada.

- **Tipo liso:** Se deben utilizar ductos lisos en situaciones donde se requiere trayectorias rectas, tendidos rectos o menor fricción durante la instalación, especialmente en trayectorias largas o con menor complejidad geométrica. Su uso se limita a trayectorias largas y rectas, donde se requiere menor complejidad geométrica en el tendido.
- **Tipo corrugado:** Se utilizan ductos corrugados en terrenos irregulares, con alta presencia de obstáculos o cambios de dirección frecuentes, donde la flexibilidad del ducto facilita su instalación sin comprometer la continuidad del trazado. Son especialmente útiles en zonas con espacio restringido o condiciones que impidan trayectorias rectas prolongadas.
- **Separaciones mínimas entre ductos eléctricos:** Entre ductos del mismo sistema eléctrico, se deberá mantener una separación mínima de 5 cm, tanto en configuración horizontal como vertical, cuando se dispongan en bancos múltiples. Para asegurar su correcta disposición y evitar desplazamientos durante la instalación o el relleno de la zanja, se recomienda el uso de separadores fabricados en PVC tipo TDP, con un espesor de pared mínimo recomendado de 8 mm. Se sugiere espaciar los separadores cada 2 metros en terrenos planos y hasta 1,5 metros en suelos inestables o con pendiente. El uso de este tipo de separadores mejora significativamente la integridad del sistema de canalización subterránea, facilita las labores de mantenimiento y reduce riesgos de daño por cargas o movimientos del terreno.
- **Separación mínima entre ductos de otros servicios:** Cuando los ductos eléctricos coexistan con otros servicios (como acueducto, alcantarillado, gas o telecomunicaciones), se debe garantizar una separación mínima de 20 cm, con el fin de evitar interferencias, facilitar el mantenimiento y prevenir riesgos por incompatibilidad de servicios. Si esta distancia no puede ser establecida, se deben separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos u otros materiales dieléctricos resistentes al fuego y al arco eléctrico, de al menos 5 cm.



B.2. DRENAJES

Es obligatorio implementar sistemas de drenaje en todas las cajas de inspección, sin excepción, para asegurar el manejo eficiente de aguas infiltradas o acumuladas, garantizar la estabilidad estructural, la funcionalidad eléctrica y la durabilidad del sistema. Para mayor información sobre los requisitos técnicos establecidos para los drenajes en baja tensión, deben ser consultados en el subnumeral 1.2.2.3 del Título 2 del Capítulo 1 de la normativa EBSA: "Redes eléctricas subterráneas".

B.3. IDENTIFICACIÓN Y ROTULADO

Las cajas de inspección deben incluir un sistema de identificación claro, visible y permanente que permita su fácil localización e interpretación durante actividades de mantenimiento, operación o emergencia. Se deben considerar los siguientes elementos:

1. Las tapas deben incorporar leyendas como "PELIGRO ALTA TENSIÓN", el nombre del circuito, la tensión del sistema y el tipo de red. Este rotulado puede realizarse mediante grabado en alto o bajo relieve, impresión indeleble o mediante placas metálicas ancladas.
2. Adicionalmente, debe colocarse una cinta plástica de señalización a 30 cm por encima de los ductos eléctricos, con leyendas indelebles como "PELIGRO".
3. En zonas donde se comparten redes de alumbrado público o telecomunicaciones con EBSA, debe instalarse una placa informativa permanente, en alto relieve o tinta indeleble que identifique si la red es de AP o de telecomunicaciones que contenga el nombre de la empresa responsable de la red y un número de teléfono de contacto directo de la sección de mantenimiento responsable. Esta medida permite una trazabilidad clara de responsabilidades operativas y facilita la coordinación en labores de mantenimiento o inspección conjunta. Este sistema de identificación estandarizado facilita las intervenciones técnicas, mejora la seguridad de los operarios y reduce el riesgo de incidentes por errores en la localización de redes.

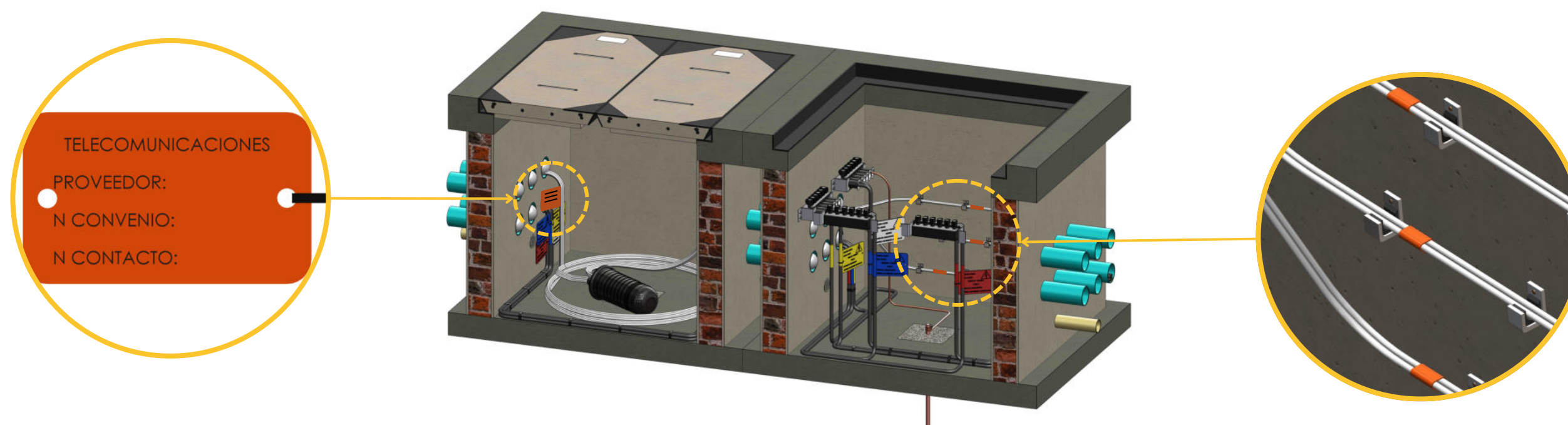


Figura 23. Identificación y rotulado de redes compartidas de alumbrado público en canalizaciones eléctricas.

B.4. CAJAS DE INSPECCIÓN

Las cajas de inspección deben diseñarse considerando el tipo, cantidad y configuración de los cables de baja tensión, garantizando el espacio libre necesario para maniobras de empalme e instalación de barrajes de baja tensión. Estas cajas deben permitir una distribución segura y accesible, entre fases y cumplir con condiciones mínimas de accesibilidad, ventilación, drenaje y mantenimiento seguro.

Para una adecuada convivencia de servicios, deben establecerse soluciones constructivas que separen físicamente las cajas destinadas a redes eléctricas de aquellas utilizadas para alumbrado público o para telecomunicaciones. Esta disposición contribuye a prevenir interferencias electromagnéticas, facilita la gestión de los sistemas, reduce riesgos de daño cruzado durante el mantenimiento y, especialmente, minimiza el riesgo de contacto eléctrico accidental por parte de operadores o técnicos encargados de las redes de alumbrado y comunicaciones.

Todos los ductos que ingresen a las cajas de inspección deben rematarse obligatoriamente con terminal tipo campana, con el fin de garantizar una transición mecánicamente estable entre la canalización y la estructura de la caja. Esta configuración permite reducir esfuerzos concentrados sobre el cableado, evitando daños en el aislamiento durante el proceso de jalado e instalación de los conductores eléctricos.

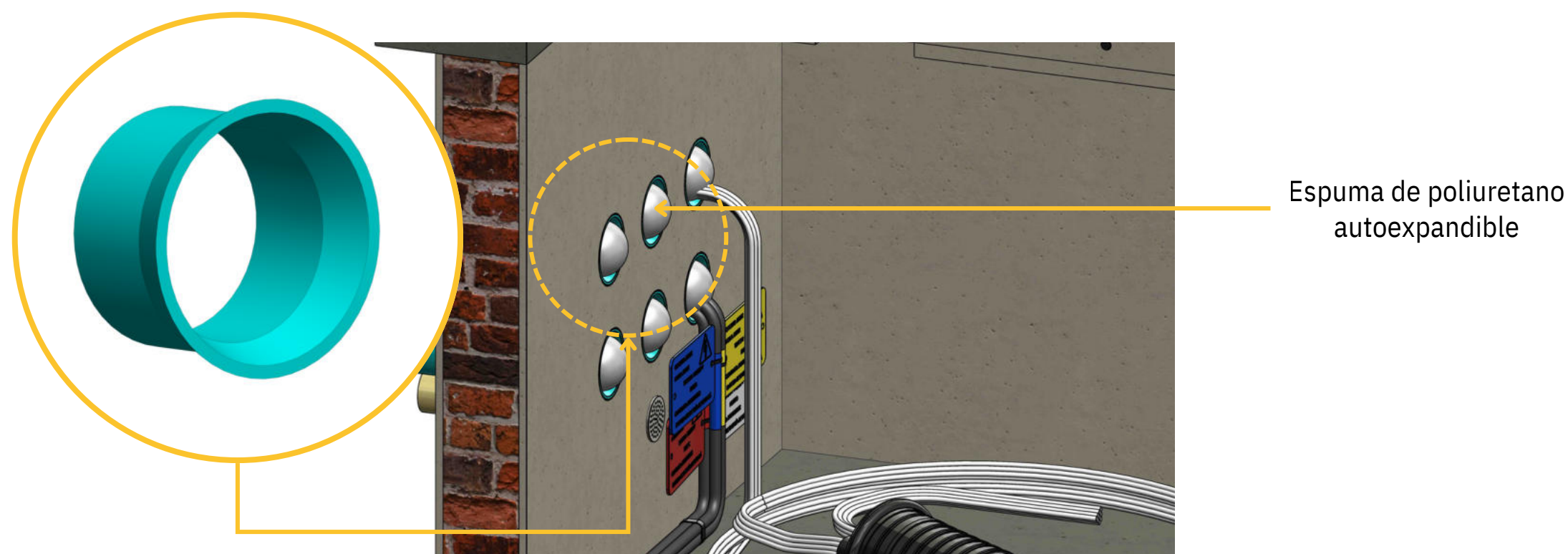


Figura 24. Remate de ductos con terminal tipo campana.

En cajas con una profundidad mayor o igual a 1.20 metros, se debe garantizar el acceso seguro del personal de operación y mantenimiento mediante la instalación de peldaños metálicos o de material dieléctrico, distribuidos cada 0.30 m y anclados firmemente a la pared interior de la estructura.

Las redes subterráneas deben diseñarse de manera que la distancia entre cámaras de inspección o cajas de paso no supere los 80 metros en tramos rectos, a fin de facilitar las labores de instalación, mantenimiento y ventilación de los conductores eléctricos. En situaciones particulares donde esta separación no pueda cumplirse como cruces de avenidas de gran longitud, pasos elevados, zonas industriales o interferencias urbanas se permitirá superar dicha distancia siempre que exista una justificación técnica documentada en la memoria del proyecto. Esta condición debe sustentarse con criterios eléctricos, de ingeniería civil o normativos debidamente fundamentados en los estudios del diseño del proyecto.

3. Clasificación de Cajas Subterráneas: Se han clasificado diferentes tipos de cajas subterráneas para redes de baja tensión, cuya selección depende de la configuración del sistema, número de cables, tipo de conexión y nivel de tensión. Para cada tipo de red eléctrica de baja tensión debe contemplarse, cuando aplique, una caja adicional adyacente dedicada exclusivamente a la red de telecomunicaciones, asegurando una separación física adecuada entre redes compartidas.

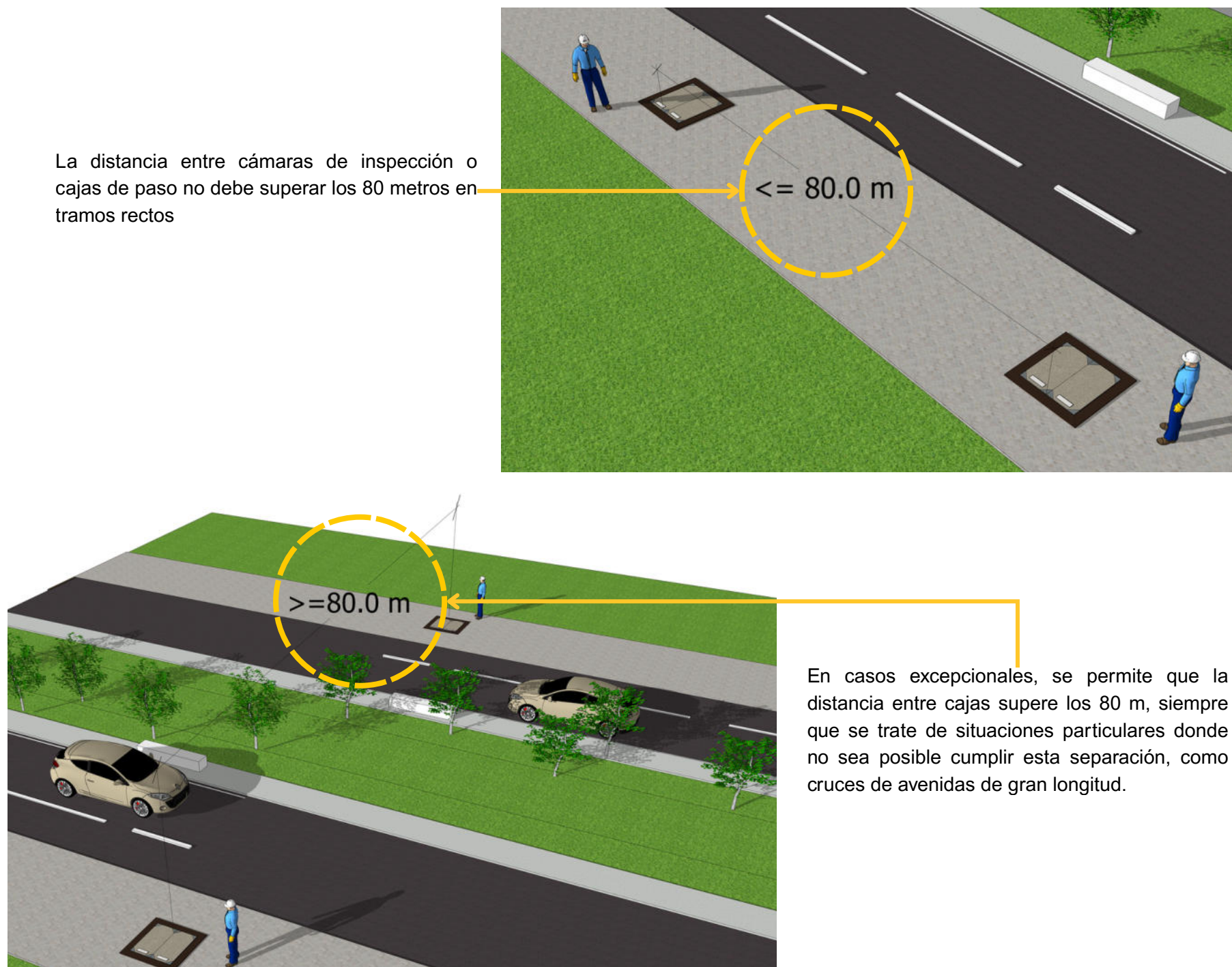


Figura 25. Distancia máxima entre cámaras de inspección en redes subterráneas.

• **Caja de Inspección de Paso para Red de Baja Tensión y Comunicaciones CD-1002:**

Corresponde a una caja subterránea doble de paso, destinada al alojamiento de conductores de baja tensión en configuración de entrada y salida del circuito, así como a la canalización de cables de telecomunicaciones. El compartimento destinado a la red eléctrica de baja tensión aloja exclusivamente los conductores del circuito principal, mientras que el compartimento adyacente se destina a la red de comunicaciones. Deberá contemplarse la disposición de un núcleo de reserva del conductor en el compartimento de red eléctrica, con el fin de facilitar futuras labores de inspección o mantenimiento. En concordancia con el capítulo de redes compartidas, no se permite en ningún caso la instalación conjunta de conductores de baja tensión con cables de telecomunicaciones dentro del mismo compartimento, garantizando la separación física, eléctrica y funcional entre ambos sistemas. Esta tipología de caja no está diseñada para la realización de derivaciones ni para la instalación de barrajes.

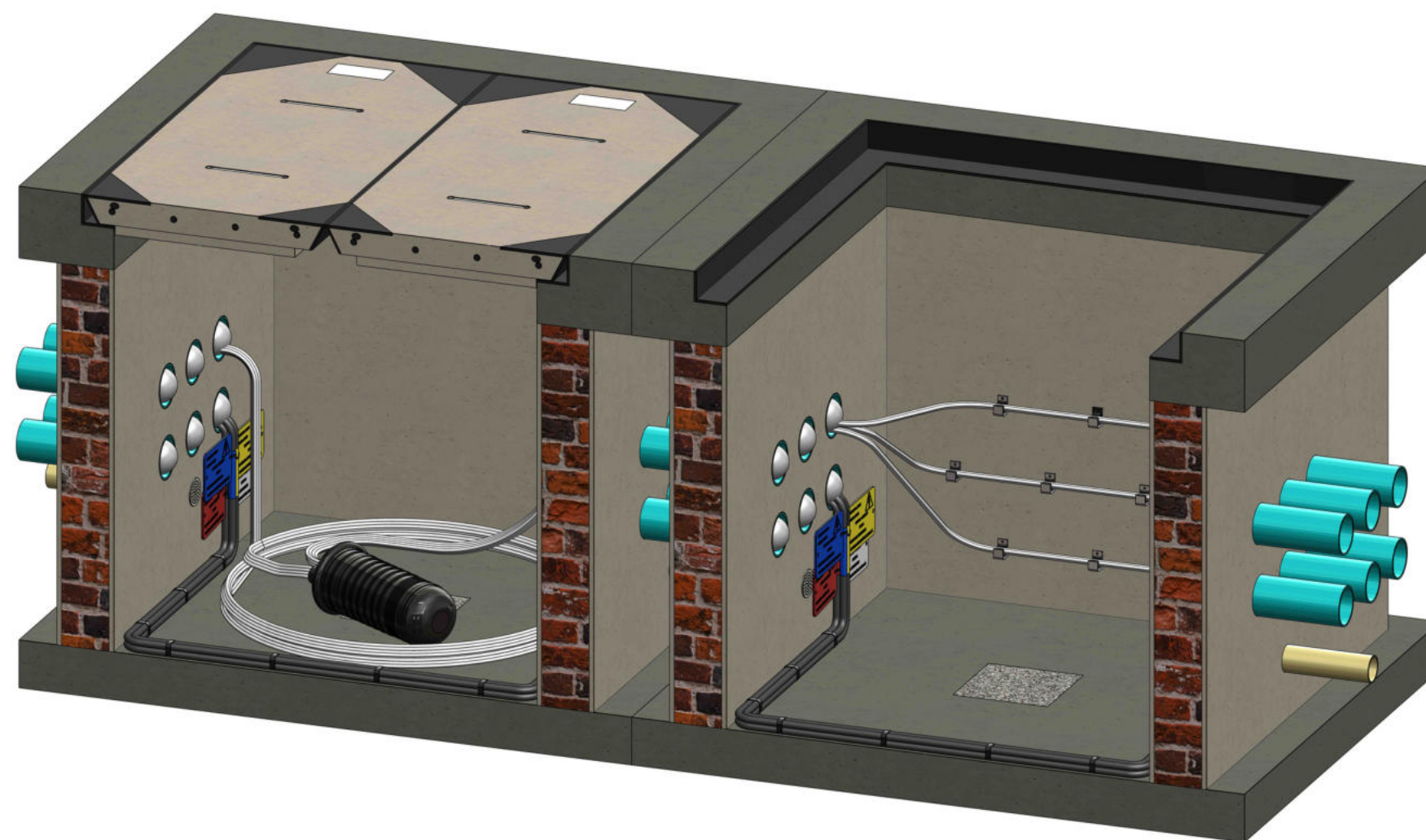


Figura 26. Caja de Inspección de Paso para Red de Baja Tensión y Comunicaciones CD-1002:

• **Caja de Inspección Doble con Barrajes para Baja Tensión – Acometidas y Comunicaciones CD-1002-A:**

Corresponde a una caja subterránea doble de derivación, diseñada para permitir la instalación y adecuación de barrajes en baja tensión destinados a la realización de derivaciones y conexión de acometidas en redes subterráneas. Esta tipología de caja facilita cambios de dirección, cruces de conexión y derivaciones de circuitos de baja tensión, asegurando condiciones adecuadas de operación. El compartimento de red eléctrica de baja tensión dispone de un sistema de barrajes para la conexión de acometidas, así como elementos de protección y transición. La caja dispone de dimensiones y áreas internas suficientes que permiten la ejecución segura de labores de inspección, operación y mantenimiento de los conductores y del sistema de barrajes. Deberá contemplarse la disposición de cable de reserva, con el fin de facilitar futuras labores de inspección, mantenimiento o la implementación de derivaciones adicionales, de acuerdo con el diseño aprobado y los criterios de EBSA. El compartimento adyacente se destina exclusivamente a la red de comunicaciones, no permitiéndose en ningún caso la instalación conjunta de conductores de baja tensión con cables de telecomunicaciones dentro del mismo compartimento.

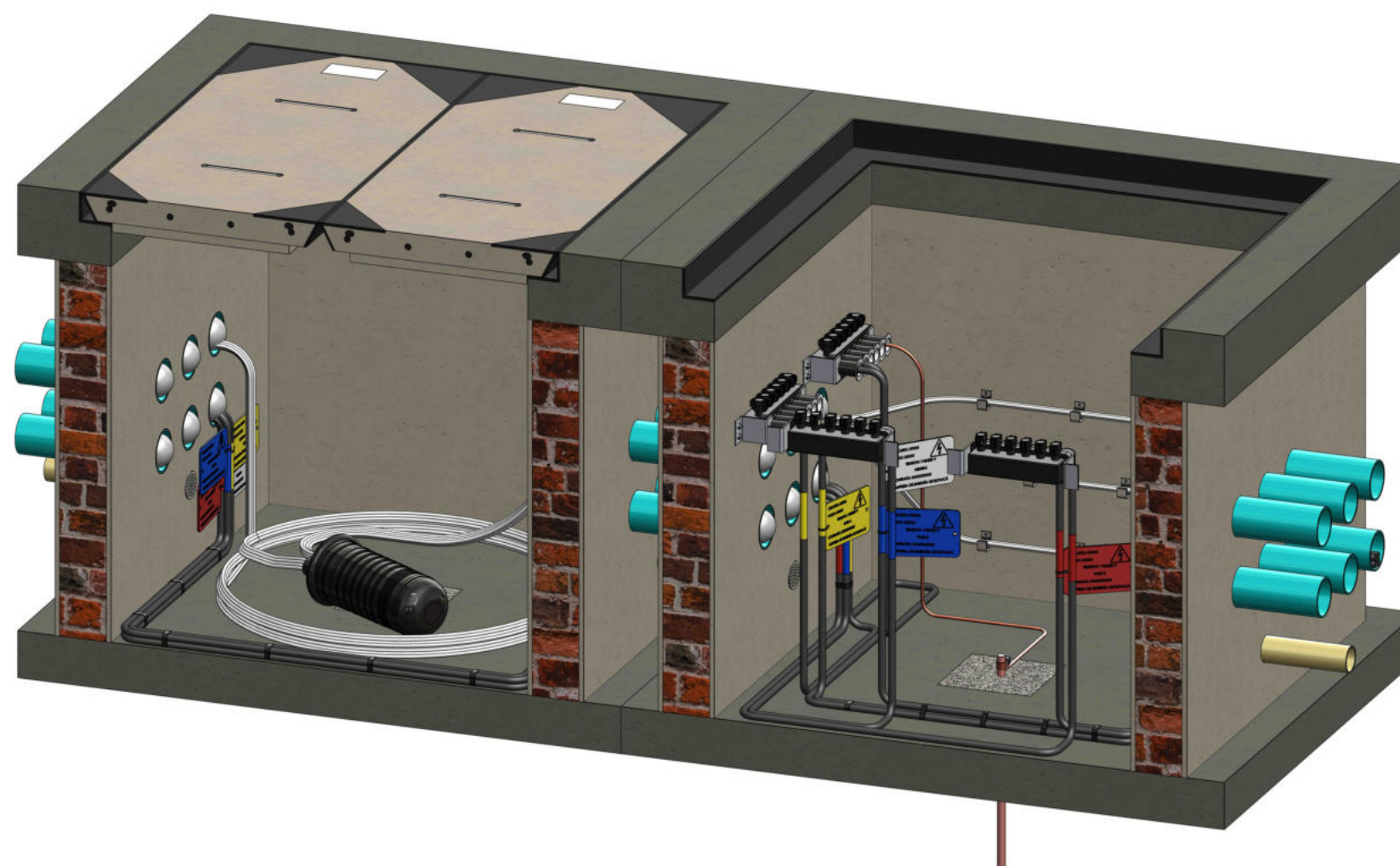


Figura 27. Caja de Inspección Doble con Barrajes para Baja Tensión – Acometidas y Comunicaciones CD-1002-A.

• **Caja de Inspección Fin de Circuito para Baja Tensión – Acometidas y Comunicaciones CD-1002-B:**

Corresponde a una caja subterránea doble destinada a la terminación del circuito de baja tensión, diseñada para permitir la instalación de barrajes y la conexión de acometidas en el punto final de la red subterránea. A diferencia de la caja CD-1002-A, esta tipología se instala como punto terminal del circuito de baja tensión, por lo cual la entrada de conductores se realiza únicamente por uno de los costados de la caja, eliminando la continuidad hacia otro tramo de red, liberando volumen interno en el compartimento eléctrico y permitiendo la disposición de un mayor núcleo de reserva de cable, respetando los radios mínimos de curvatura establecidos para los conductores. La caja dispone de dimensiones y áreas internas suficientes que permiten la ejecución segura de labores de inspección, operación y mantenimiento de los conductores y del sistema de barrajes. El compartimento adyacente se destina exclusivamente a la red de comunicaciones, no permitiéndose en ningún caso la instalación conjunta de conductores de baja tensión con cables de telecomunicaciones dentro del mismo compartimento.

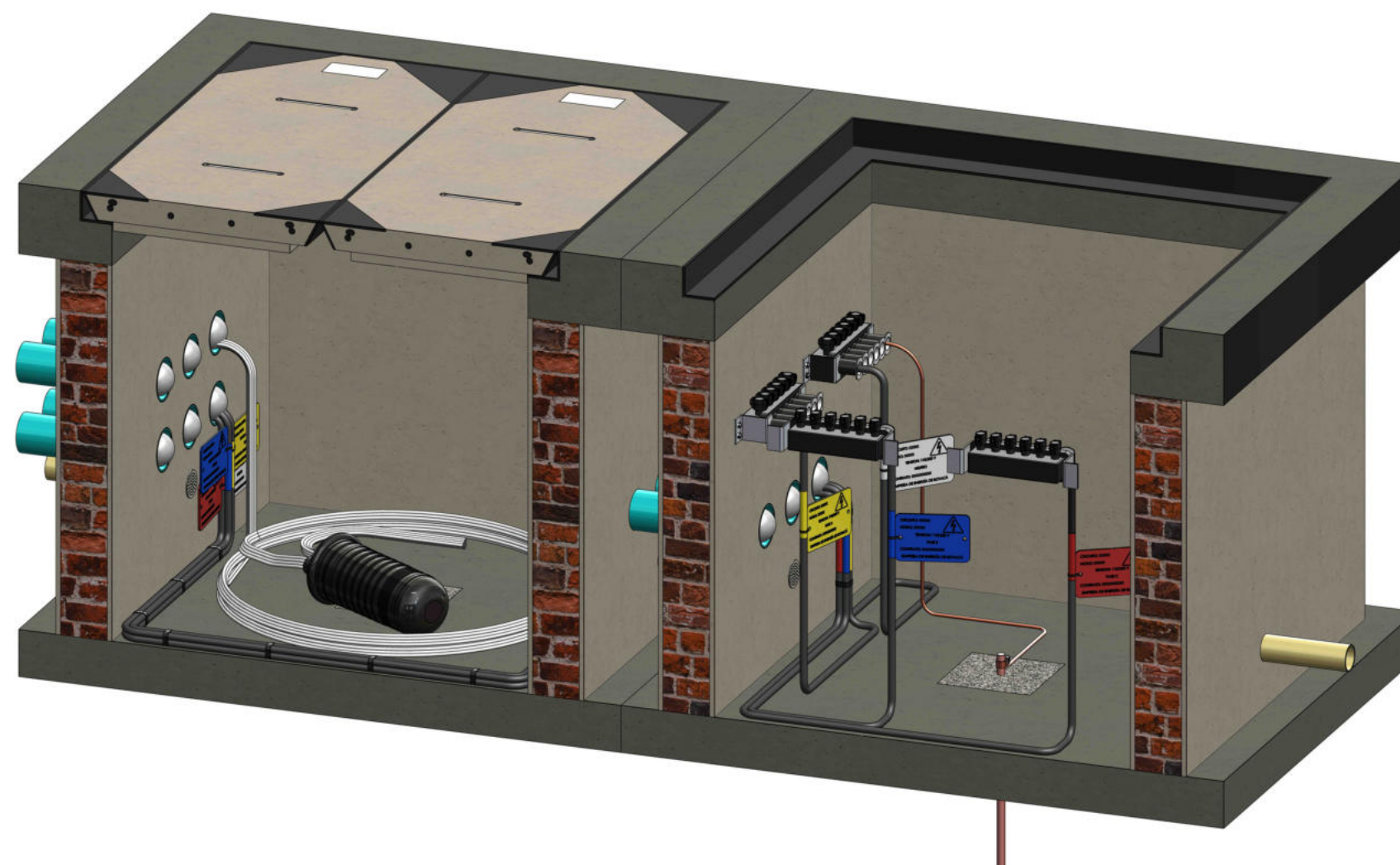


Figura 28. Caja de Inspección Fin de Circuito para Baja Tensión – Acometidas y Comunicaciones CD-1002-B.

• **Caja de Inspección Sencilla para Baja Tensión CD-1003:**

Corresponde a una caja subterránea sencilla de paso, destinada exclusivamente a alojar conductores de baja tensión en configuración de entrada y salida del circuito. Deberá contemplarse la disposición de un núcleo de reserva del conductor, con el fin de facilitar futuras labores de inspección, mantenimiento o empalme. Sus dimensiones son reducidas, propias de una caja de inspección sencilla, y no está diseñada para la realización de derivaciones ni para la instalación de barrajes o equipos activos, sino exclusivamente para garantizar el acceso, la continuidad y la correcta operación del circuito de baja tensión.

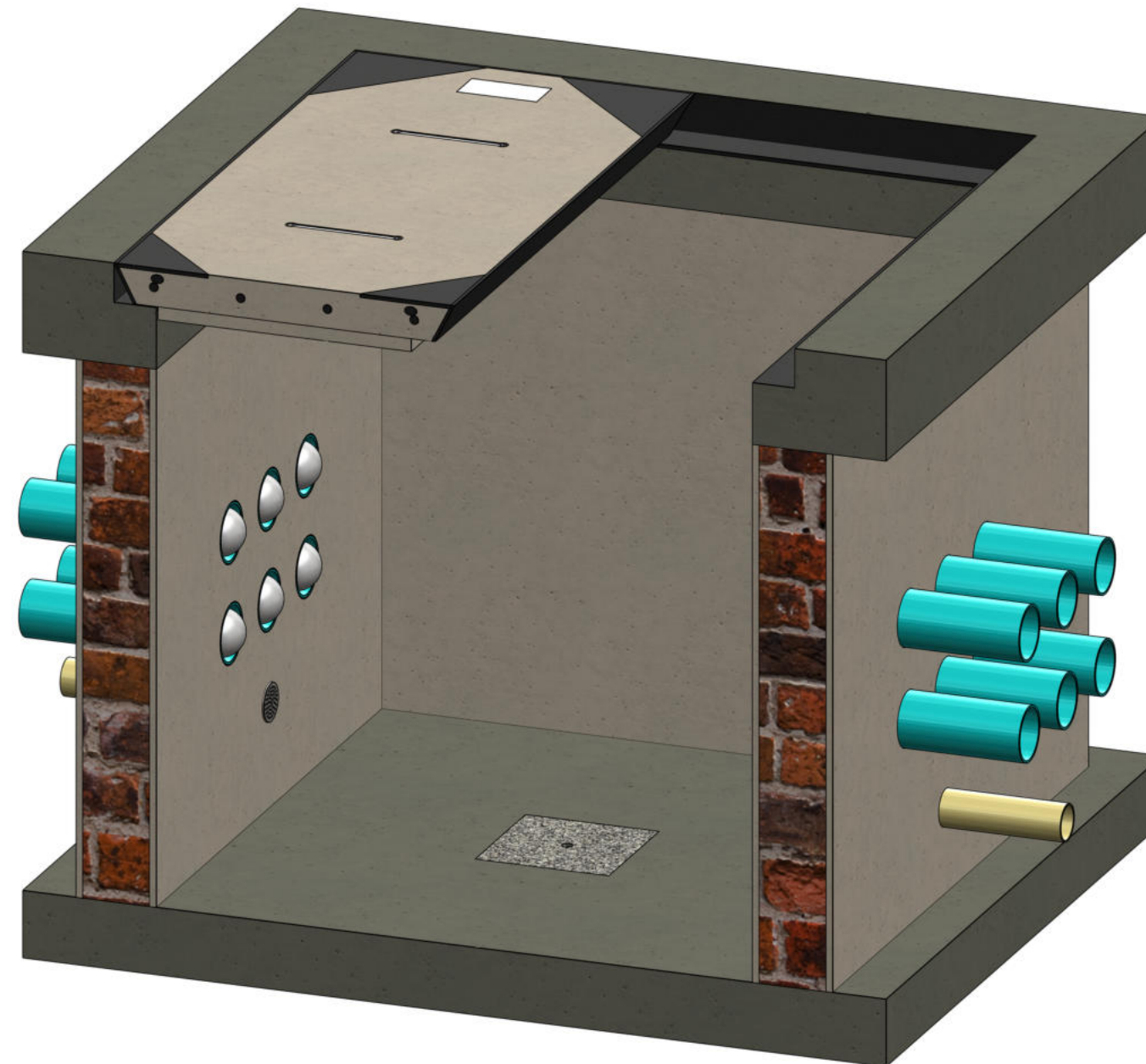


Figura 29. Caja de Inspección Sencilla para Baja Tensión CD-1003.

4. Tapas Rectangulares: Deben ser fabricadas en materiales de alta resistencia mecánica y a la corrosión, como ferroconcreto reforzado (3500 psi), hierro dúctil o lámina de acero de 3/16", con refuerzo en varilla corrugada de 1/2" cada 13 cm en ambos sentidos. Se deben incorporar manijas elevadizas de varilla de Ø 3/8" o 1/2", y rotulado visible y duradero que incluya el nombre del circuito, tensión del sistema y la advertencia "PELIGRO ALTA TENSIÓN". Este rotulado podrá hacerse mediante impresión indeleble, grabado en alto relieve o mediante placa en aleación de aluminio, debidamente anclada. El diseño de la tapa debe garantizar un cierre seguro, superficie antideslizante, facilidad de apertura con herramientas comunes y acceso adecuado para mantenimiento.

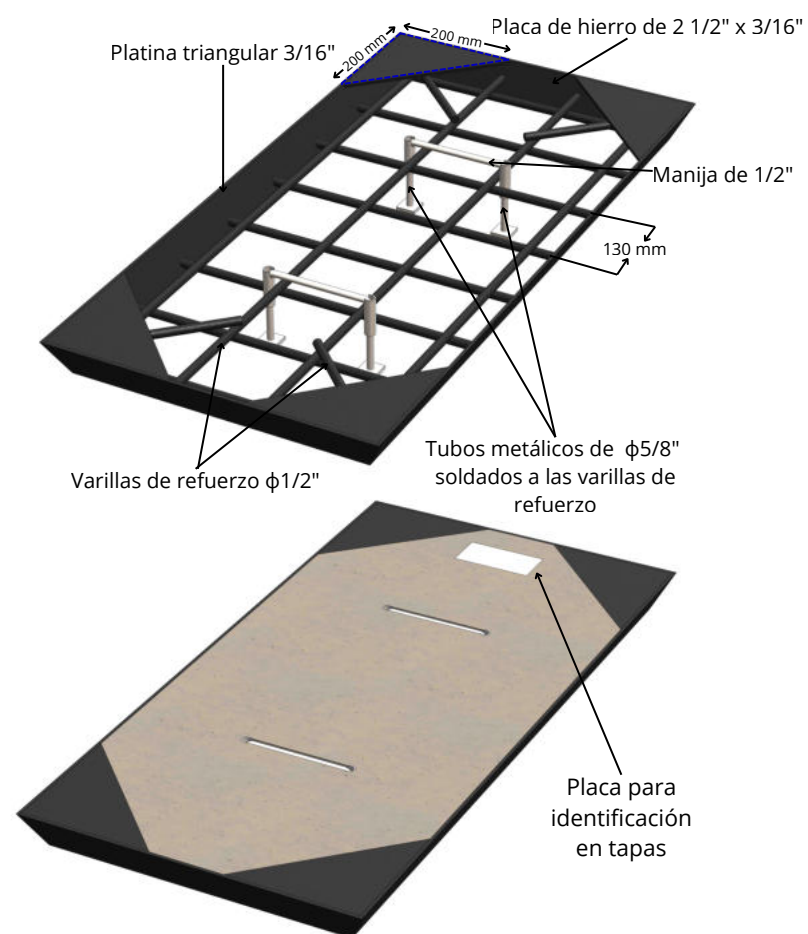


Figura 30. Tapa reforzada rectangular para caja de inspección.

5. Tapas Tipo Vehicular: Fundición de hierro nodular de alta resistencia mecánica anticorrosiva, fundida en concreto reforzado (4000 psi), con refuerzo en varilla corrugada de 1/2" cada 12 cm en ambos sentidos. Debe contemplar rotulado visible y duradero que incluya el nombre del circuito, tensión del sistema y la advertencia "PELIGRO ALTA TENSIÓN". Este rotulado podrá hacerse mediante impresión indeleble, grabado en alto relieve o mediante placa en aleación de aluminio, debidamente anclada. El diseño de la tapa debe garantizar un cierre seguro con cadena empotrada, superficie antideslizante, facilidad de apertura con herramientas comunes y acceso adecuado para mantenimiento.

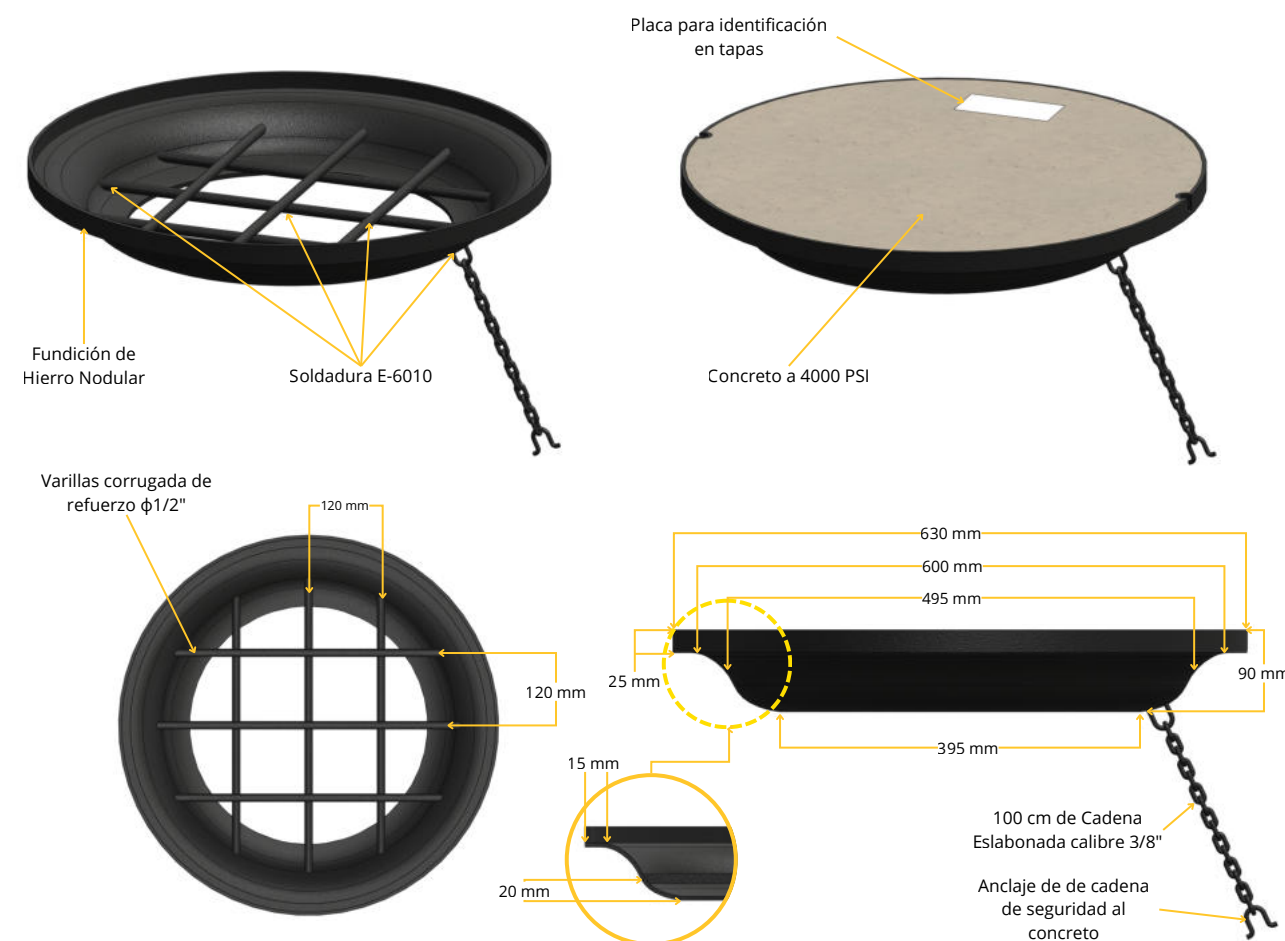


Figura 31. Tapa reforzada para caja de inspección Tipo Vehicular,

6. Carga Mecánica de las Tapas: Las tapas deben cumplir con la clase de carga correspondiente a su ubicación, según la NTC 2050 en el Artículo 110.75. Acceso a los pozos de inspección, las cubiertas deben pesar más de 45 kg o de otra manera, tener un diseño que exija el uso de herramientas para abrirlas. Se deben diseñar o contener de manera que no puedan caer dentro del pozo de inspección ni sobresalir lo suficiente como para hacer contacto con los conductores eléctricos o el equipo dentro del pozo de inspección. Para asegurar esta condición estructural, se deben construir en concreto reforzado con especificaciones diferenciadas según la exigencia del entorno: 3000 psi para zonas de baja carga o tráfico peatonal ocasional, 3500 psi para condiciones normales de tránsito peatonal o mixto, y 4000 psi para zonas expuestas a tránsito vehicular permanente o carga pesada.

C) TABLAS DE VALORES

C.1. REQUISITOS MÍNIMOS DE ENTERRAMIENTO - BAJA TENSIÓN (0 a 1000V)

Nivel de tensión	Tipo de ducto	Profundidad mínima	Escenarios donde aplica
0 – 1 000 V	Tubería metálica rígida (RMC) o intermedia (IMC)	10 cm	• Bajo baldosas de concreto para exteriores de mínimo 102 mm de espesor, sin tráfico vehicular, que sobresalgan al menos 152 mm de la instalación subterránea.
		15 cm	• Todas las ubicaciones generales (aceras, jardines, zonas verdes, etc.) • En zanjas por debajo de concreto de 50 mm de espesor o equivalente.
		60 cm	• Bajo calles, carreteras, autopistas, callejones, accesos vehiculares y estacionamientos.
	Tubería no metálica (PVC, HDPE)	10 cm	• Bajo baldosas de concreto para exteriores de mínimo 102 mm de espesor, sin tráfico vehicular, que sobresalgan al menos 152 mm de la instalación subterránea.
		30 cm	• En zanjas bajo concreto de 50 mm de espesor o equivalente.
		60 cm	• Bajo calles, carreteras, autopistas, callejones, accesos vehiculares y estacionamientos.

Tabla 14. Profundidades mínimas de enterramiento en ductos – Baja Tensión- Según la NTC-2050

NOTA

- Enterramiento se define como la distancia más corta medida entre un punto de la superficie superior de cualquier conductor, cable, conducto u otra canalización directamente enterrado y la superficie superior de la tierra, cubierta de concreto u otra cobertura similar.

C.2 CONDICIONES PARA CONSTRUCCIÓN DE CAJAS SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN

- Para mayor detalle de construcción de las cajas subterráneas, dirigirse a la norma de EBSA (Construcción de Redes Subterráneas de Baja Tensión).
- Los cables subterráneos instalados debajo de construcciones deben estar alojados en un ducto que salga como mínimo 30 cm del perímetro de la construcción.
- Las cajas subterráneas deberán contemplar, como mínimo, dos (2) ductos de reserva, garantizando que cada circuito de baja tensión se instale de manera independiente en un ducto exclusivo, sin compartir canalización con otros circuitos. Adicionalmente, se debe prever ductos independientes para la acometida de alumbrado público, separada de los circuitos de distribución en baja tensión.
- Si las cajas y cámaras son de concreto con marco y refuerzo metálico que están a menos de 30 m de escuelas y sitios con alta concentración de personas que puedan tener contacto con estas, se debe asegurar que estén al mismo potencial de tierra, conforme a lo establecido en el RETIE.
- Con base en el capítulo de redes compartidas, es de total prohibición la instalación de equipos o reservas de fibra óptica dentro del interior de cajas que alojan conductores eléctricos pertenecientes a EBSA. Para tal fin se debe implementar una caja adyacente, destinada exclusivamente para este propósito. Esta caja debe estar dotada de una infraestructura de ductos completamente independiente, con rotulado diferenciado.
- No se permite realizar reservas de cable telemático ni montaje de equipos de comunicaciones en las cajas eléctricas de baja tensión. Los cables de telecomunicaciones solo podrán transitar por cajas eléctricas fijados a la pared de las mismas mediante abrazaderas metálicas, debidamente rotuladas e identificadas, y deberán disponerse en el lado opuesto al de los conductores eléctricos, cumpliendo las distancias de seguridad establecidas por el RETIE entre sistemas telemáticos y eléctricos.

NOTA – Jerarquía de profundidad y condiciones especiales de instalación

- Si una canalización de baja tensión cruza con una canalización de telecomunicaciones, la de baja tensión debe tener mayor profundidad respecto a la de telecomunicaciones, conforme a las distancias mínimas establecidas por el RETIE.
- Si 13,2 kV cruza con una canalización de baja tensión, la canalización de baja tensión se ubicará por encima, manteniendo una separación mínima de 15 cm respecto a la de media tensión.
- En cruces de vías vehiculares, siempre se debe aplicar como profundidad base la exigida para ductos no metálicos, incluso si se utiliza ducto metálico. Luego, se suman los 15 cm adicionales por jerarquía de tensión si corresponde.

D) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- D.1.** Priorizar la ubicación de zanjas en zonas no vehiculares (andenes y áreas verdes) para facilitar el mantenimiento y reducir el riesgo de daño mecánico.
- D.2.** Emplear separadores tipo TDP para garantizar la correcta disposición de los ductos, evitando desplazamientos durante el relleno.
- D.3.** Instalar cinta plástica de señalización con leyenda "PELIGRO" a 30 cm por encima de los ductos, conforme a lo indicado en el RETIE.
- D.4.** Incorporar sistemas de drenaje obligatorios en todas las cajas, con tuberías de 2" y rejillas anticucarachas para evitar taponamientos y acumulación de agua que pueda comprometer el aislamiento de los conductores.
- D.5.** Rematar los ductos en las cajas con terminal tipo campana para evitar daños en el aislamiento durante el halado del cable.
- D.6.** Las cajas con profundidad mayor o igual a 1,20 m deben contar con peldaños cada 0,30 m para facilitar el ingreso del operario.
- D.7.** Las cajas eléctricas y de comunicaciones deben estar separadas, ya sea físicamente o mediante barreras dieléctricas certificadas.

SECCIÓN

2.3.5 AFLORAMIENTOS Y TRANSICIONES
AÉREO-SUBTERRÁNEAS EN BAJA TENSIÓN

5

A) DEFINICIÓN Y OBJETIVO

Las transiciones aéreo-subterráneas en baja tensión son puntos críticos de la red de distribución donde la configuración cambia de una instalación aérea a una subterránea o viceversa. Este tipo de implementación se emplea comúnmente en entornos urbanos, residenciales e industriales donde se requiere armonizar criterios técnicos de seguridad operativa y de integración arquitectónica con el entorno. Estas transiciones pueden presentarse directamente desde el poste de distribución o desde los bornes de un transformador aéreo trifásico, y su correcta planificación e instalación asegura la continuidad del servicio, la protección de las personas y la preservación de la integridad funcional de todos los elementos involucrados. La presente norma establece los criterios técnicos y constructivos aplicables a los afloramientos y transiciones aéreo-subterráneas en redes de baja tensión del operador de red EBSA.

B) METODOLOGÍA DE CÁLCULO / CRITERIOS DE DISEÑO

B.1. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO:

En los puntos de transición entre redes aéreas y subterráneas de baja tensión se deberán instalar dispositivos de protección que permitan garantizar la adecuada coordinación de protecciones del sistema. En configuraciones que incluyen transformador aéreo, se contempla la instalación de seccionadores porta-fusible tipo NH, los cuales cumplen simultáneamente funciones de protección y seccionamiento del circuito. Estos dispositivos alojan fusibles NH de alta capacidad de interrupción que actúan frente a sobrecorrientes y cortocircuitos en el lado de baja tensión del transformador, permitiendo además el aislamiento seguro del circuito para maniobra y mantenimiento. Su utilización contribuye a asegurar la selectividad y la correcta coordinación con las protecciones instaladas aguas abajo.

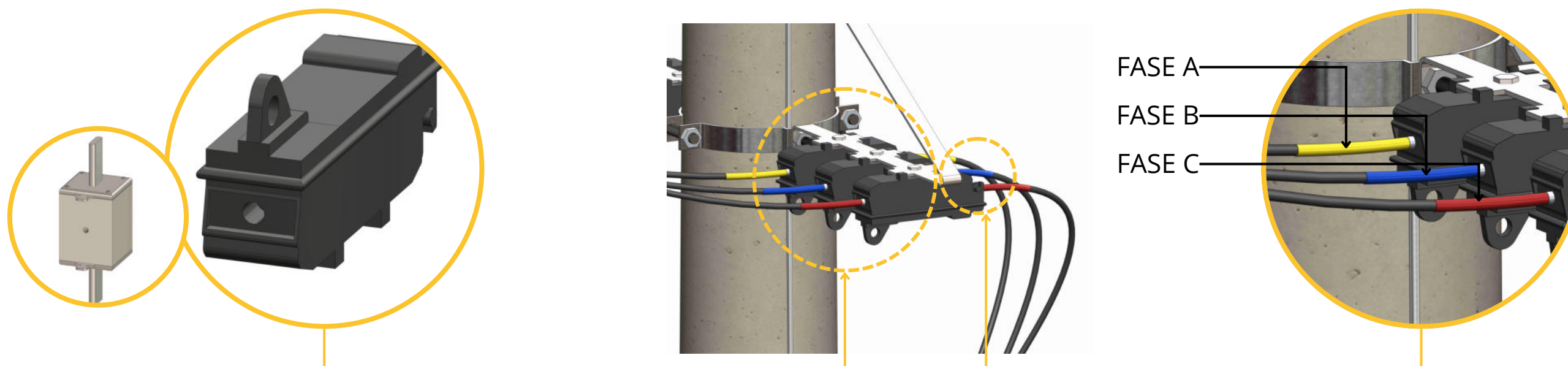


Figura 32. Elementos de protección y seccionamiento.

B.2. DUCTO O CANALIZACIÓN DE LA BAJANTE PARA CONDUCTORES:

Todo afloramiento en baja tensión deberá ejecutarse mediante tubo metálico galvanizado IMC fijado al poste dimensionado de tal manera que garantice una ocupación máxima del 40 %, dejando como mínimo el 60 % del área interna libre. Se debe garantizar una sola canalización por circuito a través de una sola bajante, y el ducto debe estar debidamente conectado al sistema de puesta a tierra.

B.3. CURVA Y ADAPTADOR TERMINAL TIPO CAMPANA:

En las transiciones de baja tensión se empleará una curva conduit PVC tipo pesado y un adaptador terminal tipo campana PVC, diseñado para la conexión entre el tubo conduit metálico galvanizado y el cable de la red subterránea. Este adaptador garantiza la protección mecánica del cable en el punto de salida del ducto, evitando daños por abrasión, humedad y contaminación ambiental.

B.4. CAJAS DE INSPECCIÓN EN TRANSICIONES:

Las cajas de inspección utilizadas en los afloramientos o transiciones deben estar dimensionadas y construidas en mampostería de ladrillo con base a la norma de construcción de redes subterráneas de baja tensión de EBSA. Estas cajas deben cumplir con los requisitos establecidos por el RETIE y la NTC 2050 en cuanto a accesibilidad, ventilación, resistencia mecánica, y una adecuada disposición del conexionado interno. Además, deben permitir el empalme o la derivación del cable sin comprometer la integridad dieléctrica ni mecánica del sistema, asegurando continuidad en la protección y facilitando futuras inspecciones o mantenimientos.

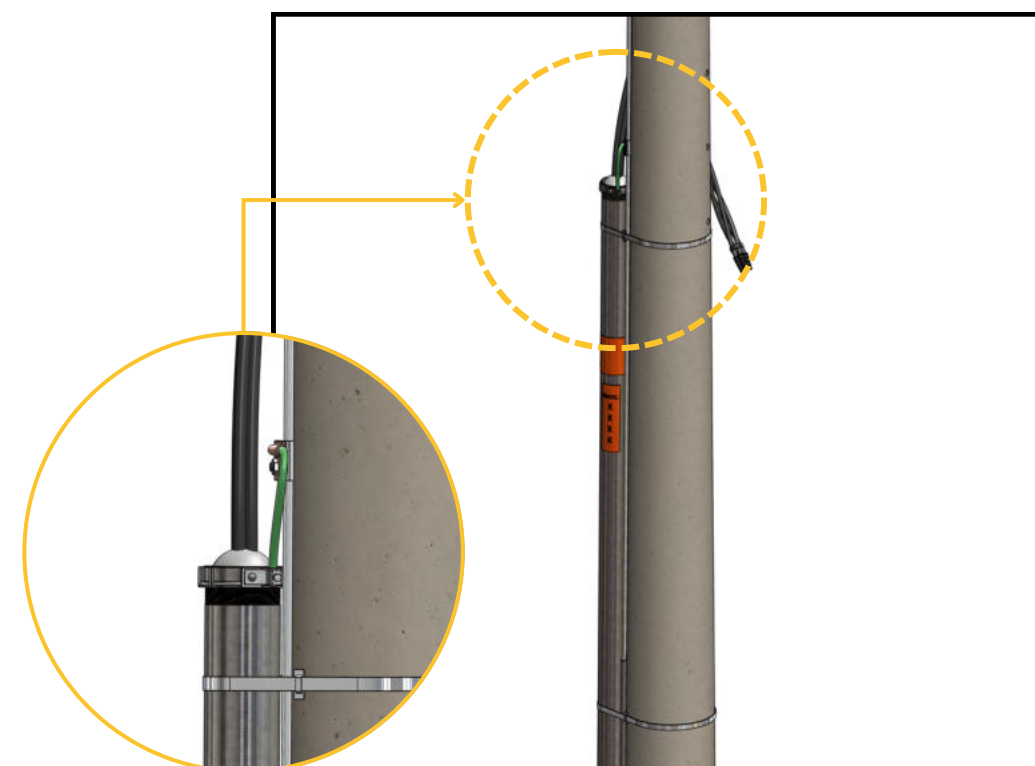


Figura 33. Ducto de canalización bajante de transición en baja tensión.

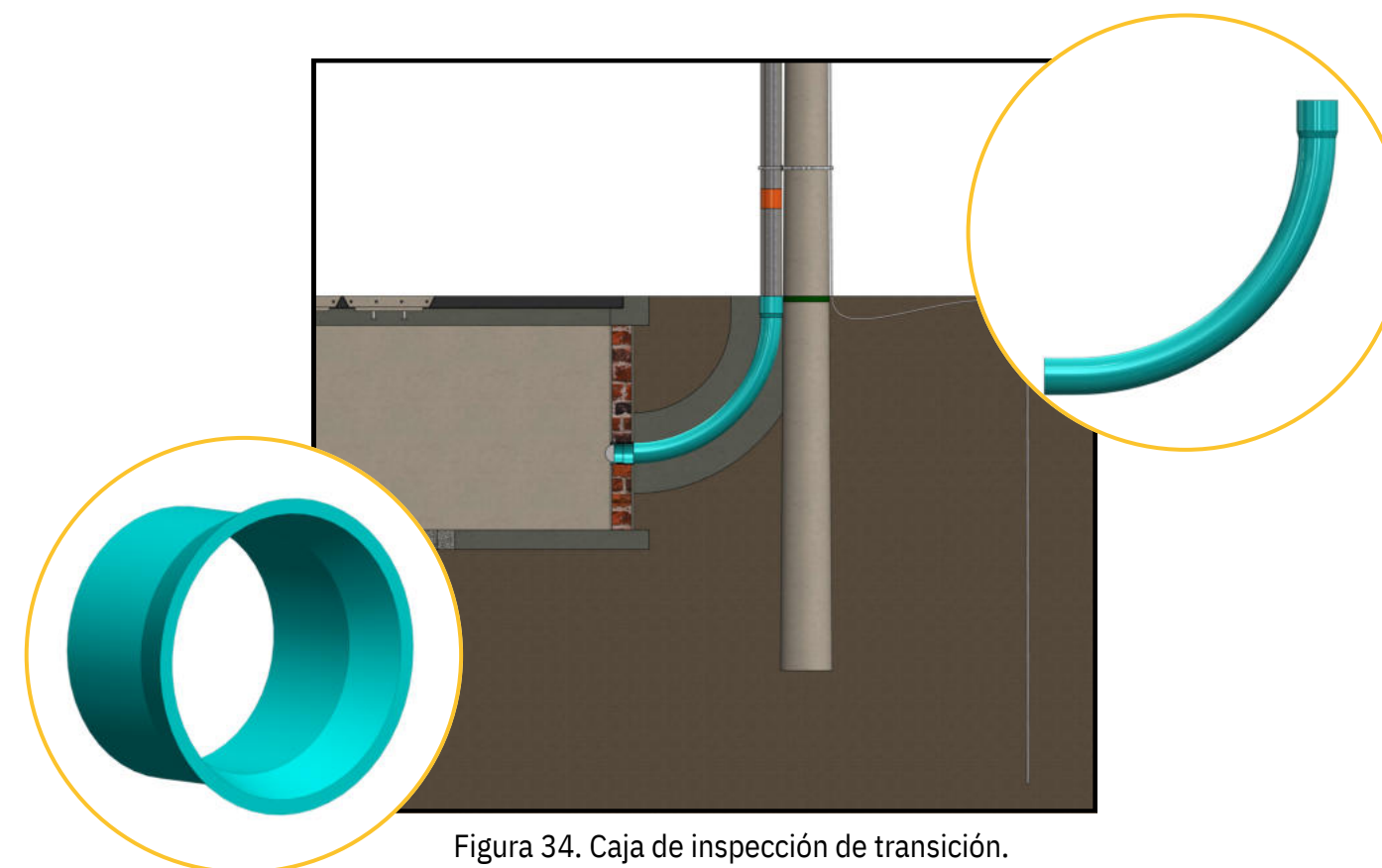


Figura 34. Caja de inspección de transición.

B.5. MARCACIÓN Y SEÑALIZACIÓN:

Las transiciones o afloramientos en baja tensión deben contar con identificación visible que incluya el código de colores para cada fase, el nivel de tensión y el número del circuito. Esta marcación debe ubicarse tanto en la parte superior del poste como en los puntos de conexión y cajas de inspección asociadas a la transición. Los colores y convenciones deben ajustarse a lo exigido por el RETIE y la NTC 2050.

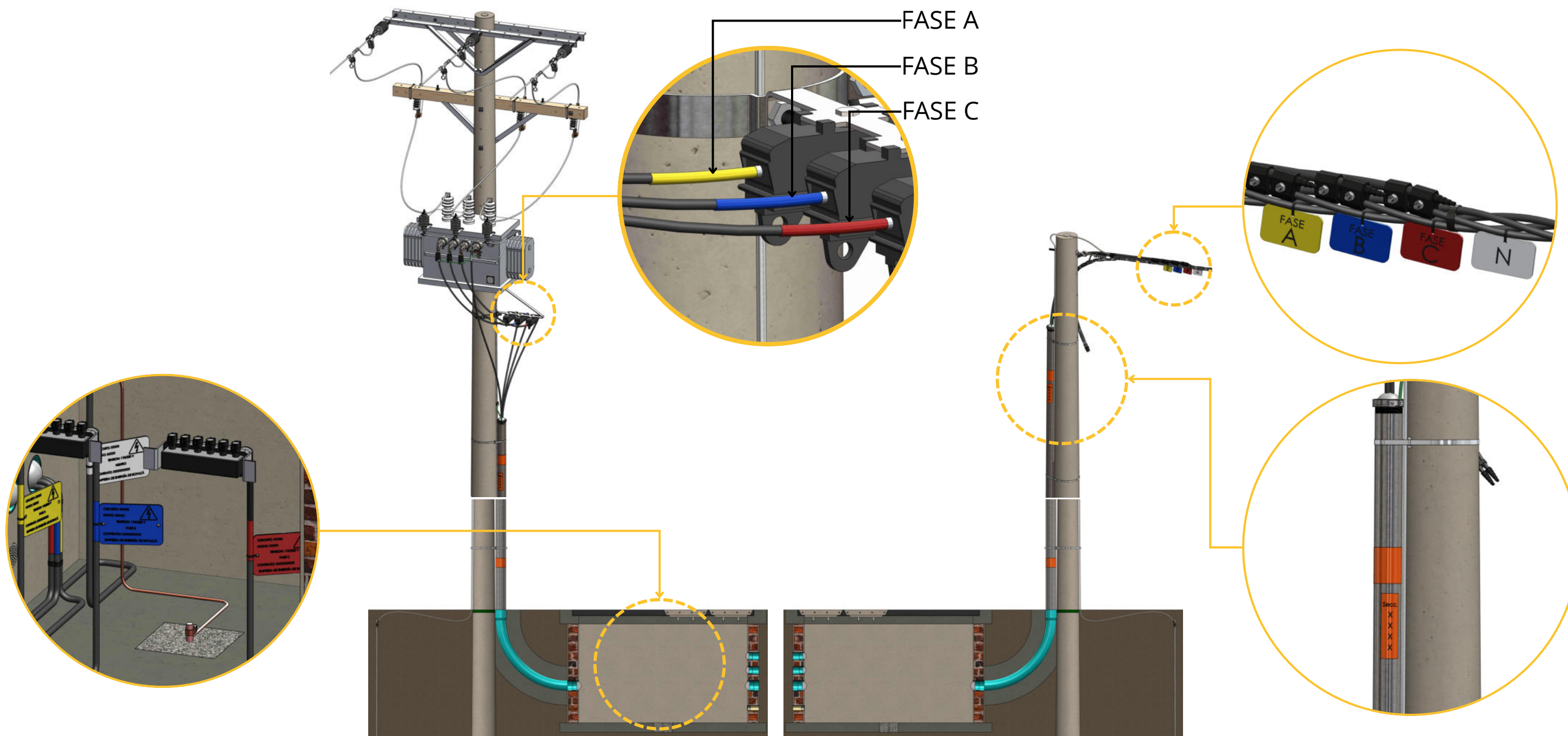


Figura 35. Marcación y señalización de conductores en redes de baja tensión subterráneas.

B.6. CLASIFICACIÓN DE TRANSICIONES:

A continuación, se presentan los diferentes tipos de transiciones clasificadas según su aplicación en campo y las condiciones de operación requeridas. Esta clasificación considera los criterios técnicos asociados a la configuración del sistema, tipo de conductor, condiciones ambientales y requerimientos de protección eléctrica y mecánica. Dentro de estas se incluyen las transiciones directas desde poste y los afloramientos desde bornes de transformador aéreo hacia estructuras subterráneas.

- 1. RT-1007:** Transición o Afloramiento Red Aérea – Subterránea Baja Tensión.
- 2. TR-2006:** Transición Red Baja Tensión Aéreo – Subterráneo desde Bornes de Transformador.
- 3. TR-2007:** Transición Red Baja Tensión Aéreo – Subterráneo desde Bornes de Transformador con Estructura en H.

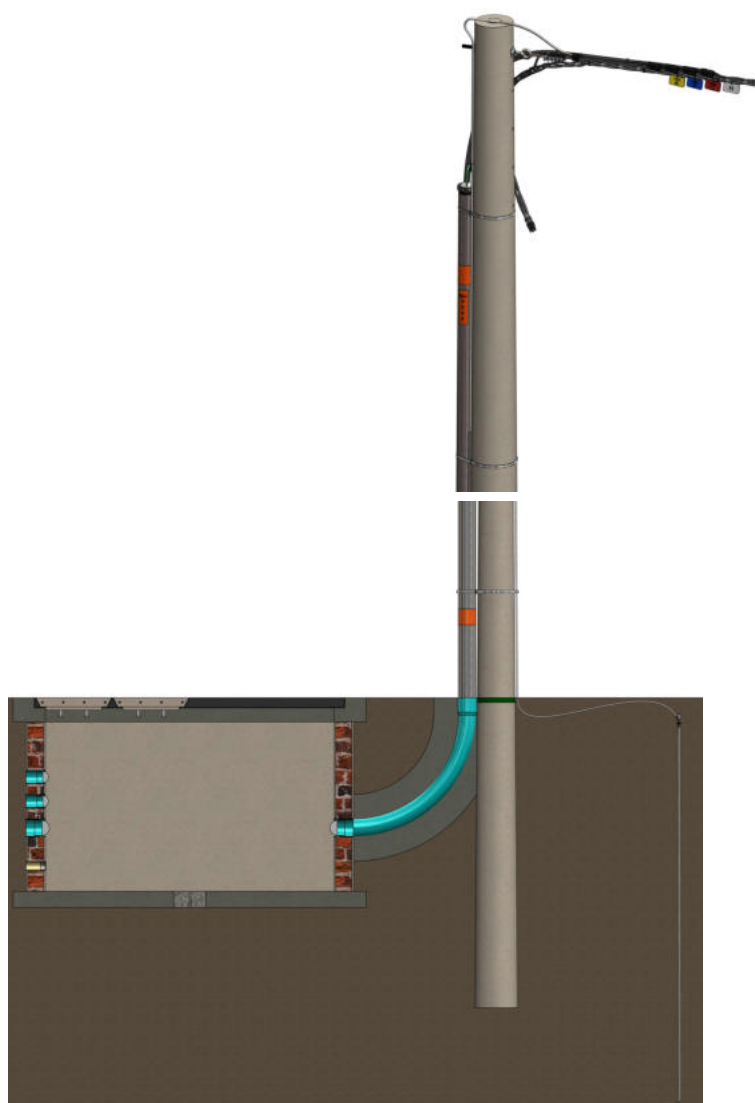


Figura 36. Transición o afloramiento red aérea - subterránea baja tensión RT-1007.



Figura 37. Transición red baja tensión aéreo - subterráneo desde bornes de transformador TR-2006.

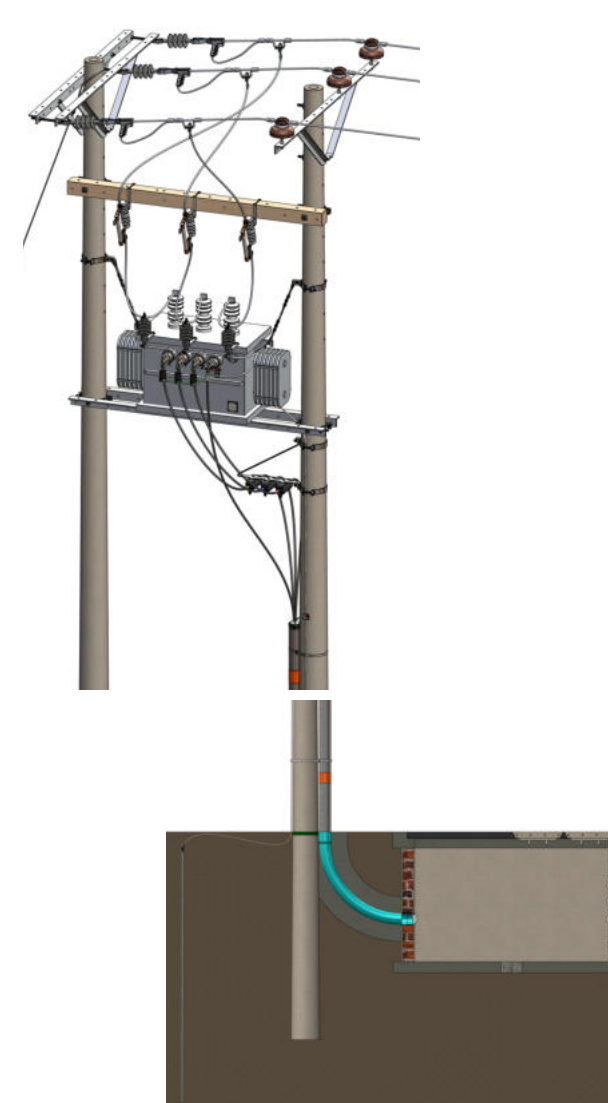


Figura 38. Transición red baja tensión aéreo - subterráneo desde bornes de transformador con estructura en H TR-2007.

C) RECOMENDACIONES TÉCNICAS / BUENAS PRÁCTICAS

- Implementar señalización visible y duradera en todos los puntos de afloramiento, tanto en el poste como en las cajas de inspección, empleando el código de colores establecido en el RETIE para identificar fases, nivel de tensión y número de circuito.
- Garantizar que la conexión a tierra incluya los los conectores polo a tierra, los dispositivos de protección contra sobretensiones y cualquier otro componente que pueda representar un potencial eléctrico, manteniendo valores de resistencia dentro de los límites establecidos por el RETIE ($<25\Omega$).
- Verificar que los tubos metálicos galvanizados se encuentren debidamente fijados al poste mediante cinta bandit y que las curvas conduit PVC tipo pesado permitan un radio de curvatura adecuado para los conductores.
- Verificar que las cajas de inspección construidas en mampostería de ladrillo cumplan con las condiciones de accesibilidad, ventilación y resistencia mecánica, evitando filtraciones de agua, acumulación de humedad y deterioro estructural.
- Realizar el anclaje mecánico del cable en el poste de forma que se eviten esfuerzos indebidos sobre los dispositivos de conexión, asegurando alineación y fijación con grapas o soportes dieléctricos que mantengan la integridad mecánica del conjunto.