



**CONDICIONES TÉCNICAS Y DE SEGURIDAD
DE LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN
DE
FECSA ENDESA**

**NORMA TÉCNICA PARTICULAR
CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN EDIFICIO
(NTP-CT)**

OCTUBRE DEL 2006

ÍNDICE

1	OBJETO	3
2	ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	3
3	REGLAMENTACIÓN	3
4	CARACTERÍSTICAS GENERALES	4
4.1	UBICACIÓN	4
4.2	ACCESOS	5
4.3	SEGURIDAD DE LAS PERSONAS	5
4.4	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	6
4.5	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LA INSTALACIÓN	6
4.6	ESQUEMAS ELÉCTRICOS BÁSICOS	7
4.7	RIESGO DE INCENDIO.....	8
4.8	INTEGRACIÓN EN EL ENTORNO	8
4.9	VENTILACIÓN.....	8
5	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL.....	8
5.1	DIMENSIONES.....	8
5.2	SUPERFICIE DE OCUPACIÓN	8
5.3	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	11
5.4	CRITERIOS CONSTRUCTIVOS.....	11
6	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	17
6.1	CABLES DE MT	17
6.2	CELDA DE MT	17
6.3	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	18
6.4	FUSIBLES DE MT	19
6.5	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO COMPACTO (CTPC)	19
6.6	PUENTES DE CONEXIÓN	21
6.7	CUADROS DE BT	21
6.8	SERVICIOS AUXILIARES	22
6.9	PROTECCIONES.....	23
6.10	INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	24
7	SEÑALIZACIONES Y MATERIAL DE SEGURIDAD	28
8	NORMAS DE REFERENCIA.....	29

1 OBJETO

Esta Norma Técnica Particular tiene por finalidad establecer las características que deben reunir los Centros de Transformación MT/BT de Distribución (CT) alojados en edificio, conectados a la red de Media Tensión de FECSA ENDESA.

2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Los CT estarán diseñados para el nivel de tensión de 25 kV, aun cuando la tensión de la red sea de 11 kV. Podrán alojar uno o dos transformadores. La entrada de la red de distribución al CT se efectuará mediante cables subterráneos, y estarán ubicados en:

- ♦ Edificio independiente
 - ♦ Edificio prefabricado de instalación en superficie.
 - ♦ Edificio de obra civil de instalación en superficie.
 - ♦ Edificio prefabricado de instalación subterránea.

Los CT subterráneos quedarán restringidos a aquellos casos en que a criterio de la Empresa distribuidora, la instalación en superficie no sea posible.

- ♦ Edificio destinado a otros usos
 - ♦ Instalados en planta baja con salida directa a la vía pública.
 - ♦ Instalados en primeros sótanos con salida directa a la vía pública.

Los CT en primeros sótanos, únicamente se instalarán cuando no sea posible la instalación en planta baja. En este caso deberán cumplir las Normas Técnicas de la Edificación así como aquellas normas específicas que les sean aplicables

3 REGLAMENTACIÓN

El diseño y construcción de los CT se efectuara de acuerdo con los siguientes Reglamentos y Normas:

- ♦ Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, sobre regulación de la actividad de transporte y distribución de energía eléctrica (BOE 310 de 27-12-00).
- ♦ Reglamento sobre Condiciones y Garantías de Seguridad en Centrales, Subestaciones y Centros de Transformación (RD 3275/82, de 12-11-82, BOE núm. 288 de 01-12-82).
- ♦ Instrucciones Técnicas Complementarias del RAT (ITC MIE-RAT), establecidas por OM de 06-07-84, BOE núm. 183 de 01-08-84, y OM de 18-10-84, BOE núm. 256 de 25-10-84).
- ♦ Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT), (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto, BOE nº 224 de 18 de Septiembre del 2002).
- ♦ Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), (Ley 31/1995, de 8 de Noviembre de 1995, BOE 10-11-1995).

- ◆ Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (BOE 21-06-01).
- ◆ Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos, en sus correspondientes actualizaciones efectuadas por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio.
- ◆ Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento definan las características de los elementos integrantes del CT.
- ◆ Otras normas y disposiciones vigentes que puedan ser de obligado cumplimiento.

En lo que se refiere a la obra civil se aplicarán los criterios establecidos en los siguientes documentos:

- ◆ Norma Básica de la Edificación. Respecto a Condiciones de Protección Contra Incendios en Edificios (NBE-CPI-96), (aprobada por RD 5177/96 de 14-10-96).
- ◆ Norma Básica de la Edificación. Respecto a Condiciones Acústicas en Edificios (NBE-CA-82), (aprobada por RD 2115/82 de 10-08-82, BOE de 03-09-82 y 07-10-82).

4 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los aspectos que con carácter general deberán tenerse en cuenta en el diseño e instalación de CT son los siguientes:

- ◆ Ubicación del CT.
- ◆ Accesos al CT.
- ◆ Seguridad de las personas.
- ◆ Facilidad de mantenimiento.
- ◆ Características eléctricas.
- ◆ Esquema eléctrico.
- ◆ Riesgo de incendio.
- ◆ Integración en el entorno.
- ◆ Ventilación.

4.1 Ubicación

La ubicación se determinará considerando los aspectos siguientes:

- ◆ El emplazamiento del CT será tal que su acceso se realice siempre directamente desde la calle o vial público a través de una puerta ubicada en línea de fachada.
- ◆ El emplazamiento elegido del CT deberá permitir el tendido de todas las canalizaciones subterráneas previstas, que salgan de él, hacia vías públicas o galerías de servicio.
- ◆ El nivel freático histórico más alto se encontrará 0,3 m por debajo del nivel inferior de la solera más profunda del CT.

- ♦ En los CT de edificio independiente, el terreno donde se elija el emplazamiento, será capaz de soportar las presiones que le transmitan las cimentaciones superficiales directas. Para ello se realizará un estudio geotécnico simplificado (1 sondeo). En el caso de que las características del terreno no admitan este tipo de cimentaciones, se realizarán cimentaciones profundas con micropilotes, o se estudiará un nuevo emplazamiento.
- ♦ En los casos en que la ubicación sea a más de 1000 m de altitud, se tendrá en cuenta el criterio recogido en la ITC MIE-RAT 12, apartado 3.3.4.

4.2 Accesos

Las condiciones a tener en cuenta para determinar la accesibilidad a los CT serán las siguientes:

- ♦ El acceso se efectuará directamente desde la calle o vial público, de modo que en todo momento permita la libre y permanente entrada de personal y material, sin depender en ninguna circunstancia de terceros.
- ♦ El acceso al interior del local del CT será exclusivo para el personal de la empresa distribuidora. Este acceso estará situado en una zona en la que, con el CT abierto, se deje paso libre permanentemente a bomberos, servicios de emergencia, salidas de urgencias o socorro, etc.
- ♦ Las vías para los accesos de materiales deberán permitir el transporte en camión, hasta el lugar de ubicación del propio CT, de los transformadores y demás elementos integrantes del CT.
- ♦ Cuando el acceso del transformador y materiales se efectúe a través de tapas practicables situadas debajo de otro forjado (CT situado en primeros sótanos de edificios destinados a otros usos) y la cota de éste respecto a la tapa, sea menor de 4 m, en el forjado superior deberá disponerse un gancho anclado, capaz de soportar una carga puntual de 5.000 daN aplicados en un dispositivo de enganche que permita la utilización de un elemento mecánico de elevación.
- ♦ Los suelos de las zonas por donde deba desplazarse el transformador para ir a su emplazamiento definitivo, deberán soportar una carga rodante de 4.000 daN apoyada sobre cuatro ruedas equidistantes 0,67 m.
- ♦ Los huecos destinados a accesos y ventilaciones cumplirán las distancias reglamentarias y condiciones de seguridad indicadas en la ITC MIE-RAT 14 y en la Norma Básica de la Edificación NBE-CPI 96.
- ♦ Cuando el CT se diseñe para alojar un conjunto prefabricado compacto (CPC), en el que toda la apareamiento constituye una sola unidad indivisible, el acceso y las ventilaciones se efectuarán por la parte frontal.

4.3 Seguridad de las personas

Se aplicarán criterios de diseño que aporten seguridad pasiva al personal que acceda al CT para su explotación. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- ♦ Guardar las distancias mínimas a los elementos susceptibles de estar en tensión previstas en la legislación vigente.
- ♦ Compartimentar los elementos de maniobra del CT de forma que en caso de arco interno en el circuito de potencia no exista riesgo para el operador.
- ♦ No se deberán sobrepasar los límites legales establecidos para los CEM.
- ♦ No deberán transmitirse tensiones peligrosas al exterior del CT.

- ♦ Se establecerá una superficie equipotencial en el interior del CT.
- ♦ El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación del CT.

Durante la construcción de la instalación del CT, se aplicarán los criterios de seguridad que se establezcan en su correspondiente *Estudio Básico de Seguridad y Salud*.

4.4 Facilidad de mantenimiento

El diseño de los CT facilitará el mantenimiento y las revisiones periódicas, de modo que puedan realizarse con seguridad y sin perjudicar la calidad de servicio de la red.

Para facilitar la detección y el aislamiento de defectos en la red subterránea, se instalarán elementos de detección de paso de defecto, como relés ICC (indicadores de corto circuito) o elementos con funciones similares que la tecnología vaya haciendo de uso habitual.

Así mismo, a fin de minimizar el número y la duración de los incidentes, y garantizar la calidad de servicio conveniente, se instalarán los elementos necesarios para poder telemandar la operación de los CT.

4.5 Características eléctricas de la instalación

4.5.1 Tensión prevista más elevada para el material de MT

La tensión prevista más elevada para el material será de 36 kV. Excepto para los transformadores de potencia, fusibles y pararrayos, que se adecuarán a la tensión de servicio.

4.5.2 Potencia máxima de transformación

El transformador a instalar inicialmente deberá tener una potencia máxima de 630 kVA. Así mismo, la potencia mínima inicial será de 160 kVA, que cubre la totalidad de la casuística en nuevos CT y simplifica la gestión del parque de transformadores destinados a CT. Entre estos máximo y mínimo se optará por el que más se ajuste a la potencia solicitada, teniendo en cuenta que los diferentes componentes de una instalación eléctrica se ajustan a una determinada gama de capacidades normalizadas de carácter discreto, no continuo. Esta realidad puede hacer que, el transformador que más se ajuste a la potencia solicitada tenga que ser necesariamente el de la gama inmediata superior a la potencia solicitada.

Cada CT albergará un único transformador con las potencias dentro del margen indicado en el punto anterior. Si por razones excepcionales fuera necesario instalar otro transformador como máximo, se podrá hacer previa justificación detallada de esta necesidad.

A pesar de que en todos los CT se instalen inicialmente transformadores de potencia máxima 630 kVA, se dimensionarán para una potencia máxima admisible de 1000 kVA por transformador, a fin de cubrir únicamente eventuales incrementos de potencia de tipos vegetativo.

4.5.3 Intensidad nominal de la instalación de MT

La intensidad nominal del embarrado y de la aparamenta de MT será, en general, de 630 A, en función de las características de la red de distribución. Dichas características las determinará la empresa distribuidora.

4.5.4 Corriente de cortocircuito en MT

Las corrientes de cortocircuito y los tiempos de duración del defecto, serán facilitadas en cada caso por la empresa distribuidora.

Los materiales instalados en el CT deberán ser capaces de soportar, como mínimo, las siguientes sollicitaciones:

Tabla 1. Características del material de MT

Tensión nominal de la red (kV)	Corriente asignada de corta duración I_s (límite térmico) (kA)	Valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada (límite dinámico) (kA)
≤ 36	20	50

4.5.5 Tensión soportada en Baja Tensión

El material y los equipos de baja tensión instalados en el CT, cuyas envolventes sean metálicas y estén conectados a la instalación de tierra general, deberán tener un nivel de aislamiento que les permita soportar por sí mismos, o mediante aislamiento suplementario, tensiones a masa de hasta 10 kV a 50 Hz durante 1 minuto y 20 kV de onda tipo rayo.

4.5.6 Corriente de cortocircuito en BT

Los valores de las corrientes de cortocircuito mínimas que deberán soportar los circuitos de BT, con carácter general serán:

- ♦ 12 kA entre fases.
- ♦ 7,5 kA entre fase y neutro.

4.6 Esquemas eléctricos básicos

La aparamenta de maniobra de las líneas, así como la protección del transformador, estarán alojados en el interior de celdas prefabricadas modulares o compactas con envoltorio metálica, que cumplirán las normas indicadas en el apartado 6.2.

El esquema más habitual será el de la figura siguiente:

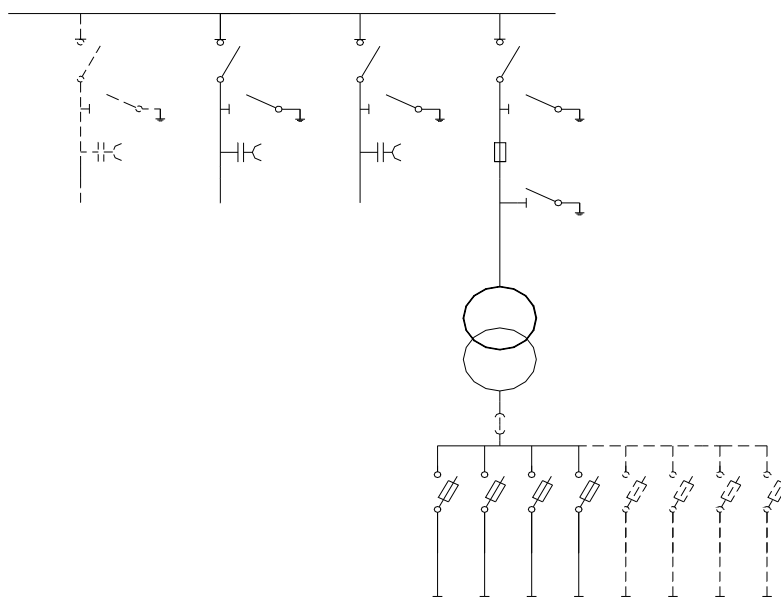


Figura 1. CT con entrada y salida de línea y un transformador

4.7 Riesgo de incendio

En la construcción se tomarán las medidas de protección contra incendios de acuerdo con lo establecido en el apartado 4.1 del MIE-RAT 14, NBE-CPI en vigor y en las Ordenanzas Municipales aplicables en cada caso.

4.8 Integración en el entorno

Con el fin de disminuir el impacto visual, el CT se dotará de los acabados exteriores necesarios para armonizar con el entorno dónde está ubicado.

4.9 Ventilación

La evacuación del calor generado en el interior del CT se efectuará según lo indicado en la MIE-RAT 014 apartado 3.3, utilizándose únicamente el sistema de ventilación natural. La ubicación de las rejillas de ventilación se diseñará de modo que la circulación de aire pase alrededor del transformador.

5 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL

5.1 Dimensiones

Las dimensiones del CT deberán permitir:

- ♦ En la distribución en planta del CT se preverá el espacio necesario para posibles ampliaciones, de modo que permita como mínimo la instalación de tres celdas de línea de MT (aunque inicialmente no se instalen).
- ♦ La manipulación e instalación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación.
- ♦ La ejecución de las maniobras propias de la explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas, según el MIE-RAT 14.
- ♦ El mantenimiento del material, así como la sustitución de cualquiera de los elementos que constituyen el mismo sin necesidad de proceder al desmontaje o desplazamiento del resto.
- ♦ La instalación de las celdas prefabricadas de MT de acuerdo con las dimensiones indicadas en la Norma [GE FND003](#).

5.2 Superficie de ocupación

Para los diferentes elementos que habitualmente se instalan en el interior del CT se tomarán en consideración las siguientes dimensiones de la superficie que ocupan físicamente y de la superficie necesaria para pasillos y maniobra según MIE-RAT 14. No se incluye la separación a pared de la aparamenta que debe facilitar el fabricante. En el diseño del CT las zonas de servidumbre podrán superponerse.

Se entiende por zona de servidumbre aquella necesaria para hacer maniobras y efectuar el montaje y desmontaje de la aparamenta. Su anchura de pasillo será la reglamentaria.

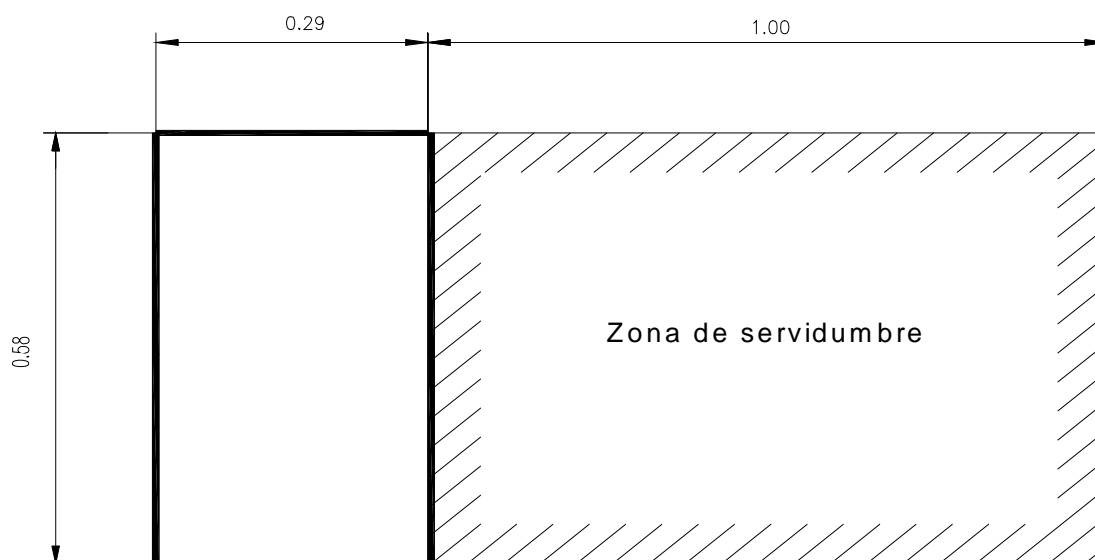


Figura 2. Cuadro de distribución modular de BT y equipos de control

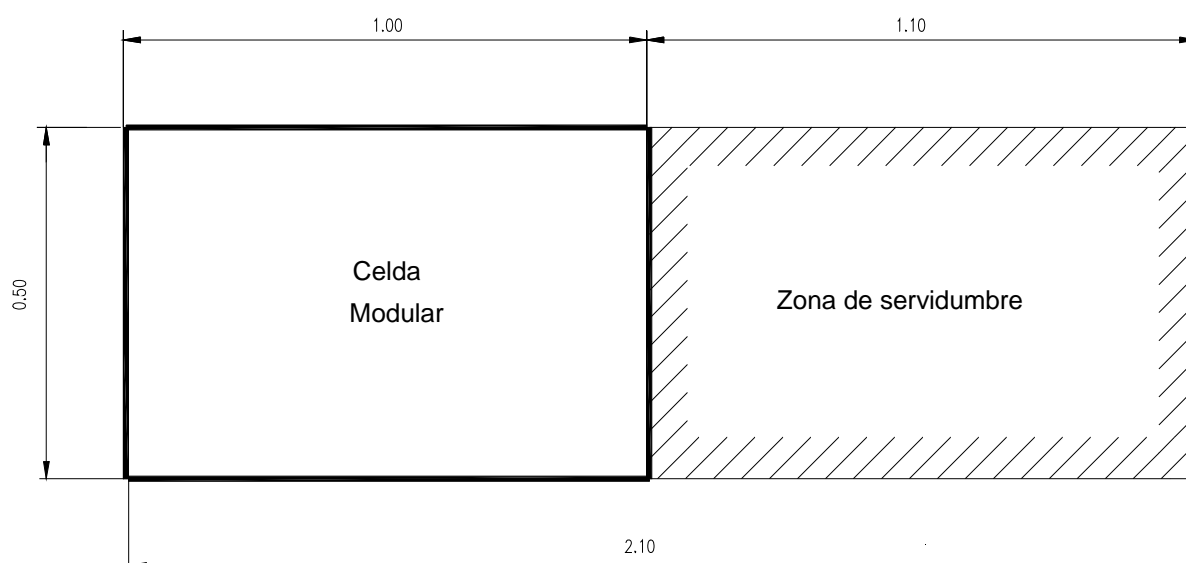
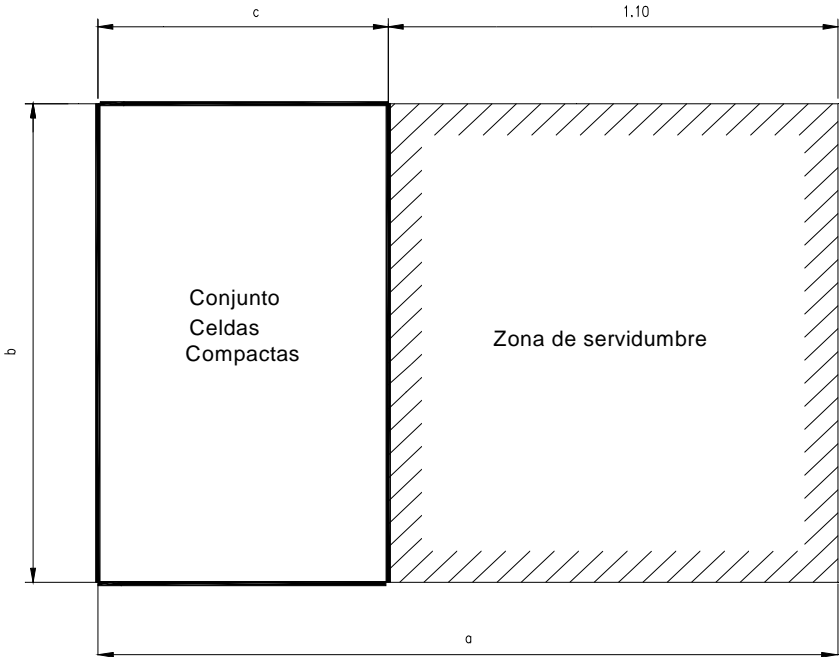


Figura 3. Celdas Modulares AT con dieléctrico SF₆



Tensión	Cota máxima <i>a</i>	Cota máxima <i>b</i>	Cota máxima <i>c</i>
≤ 25 kV	220	45	110

Figura 4. Conjunto de celdas MT con dieléctrico de SF₆

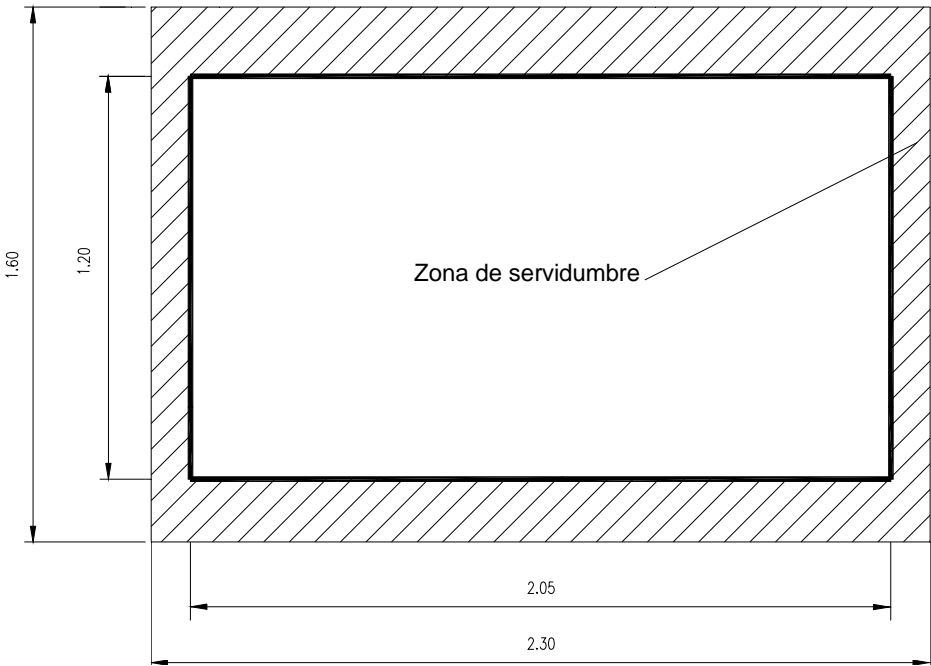


Figura 5. Transformador

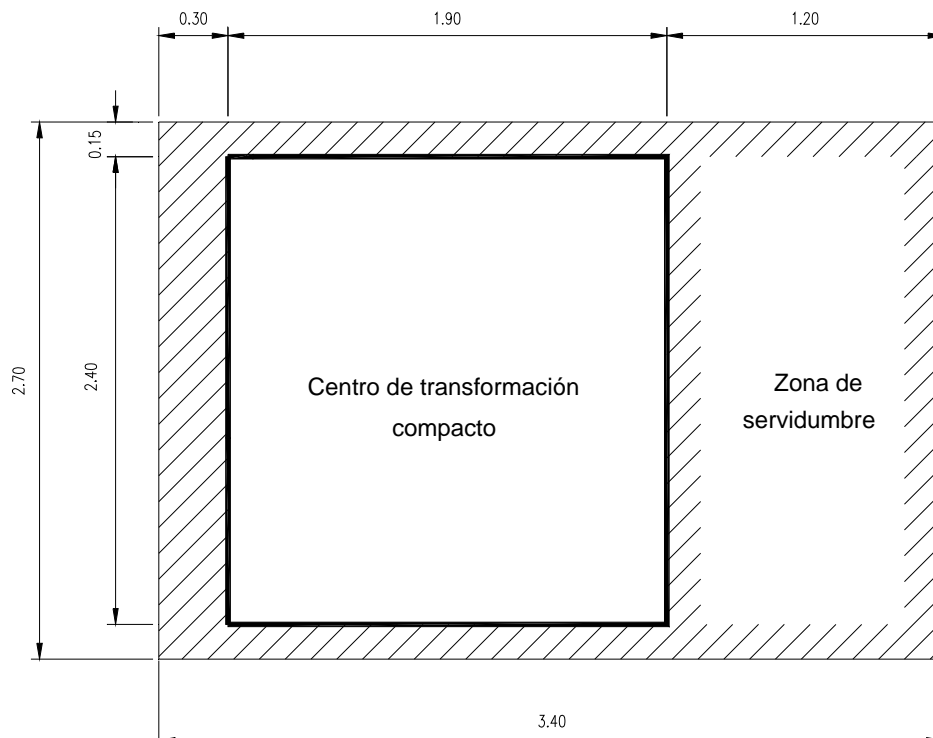


Figura 6. CT Prefabricado Compacto

5.3 Distribución en planta

La distribución en planta de los diferentes elementos que componen el CT podrá adecuarse al emplazamiento, al esquema eléctrico, o al espacio disponible. En todos los casos se respetarán los criterios establecidos en el apartado 5.2 Superficie de ocupación.

No obstante se proponen unas opciones – tipo estandarizadas en FECSA ENDESA para diferentes situaciones de los CT.

En el conjunto de vistas de las figuras de los apartados siguientes se plantean, a modo de ejemplo, una distribución de los componentes de un CT con las celdas de MT, un transformador y un cuadro de BT con módulo de ampliación.

5.4 Criterios constructivos

En el diseño y construcción del edificio en que se alojará el CT deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios constructivos:

- ♦ Los elementos delimitadores del CT (muros exteriores, cubiertas y solera), así como los estructurales en él contenidos (vigas, columnas, etc.), cumplirán la normativa NBE-CPI 96, y tendrán una resistencia al fuego RF240 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase M0 de acuerdo con la norma UNE 23727.
- ♦ Los muros exteriores podrán construirse con los materiales habituales de la zona de ubicación y sus características mecánicas estarán de acuerdo con la norma [GE FPH106](#). Su acabado final será tal que permita integrar el CT al entorno donde se ubica.

- ♦ Ninguna abertura permitirá el paso de agua que caiga con una inclinación inferior a 60° respecto a la vertical.
- ♦ Con el fin de evitar que se produzca humedad en las paredes por capilaridad, exteriormente estará cubierto por una capa impermeabilizante que evite la ascensión de la humedad.
- ♦ No contendrá canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, vapor, aire, gas, teléfonos, etc.
- ♦ Los paramentos verticales interiores estarán raseados y maestrados con mortero de cemento, enlucidos hasta una altura de 1,5 m y acabados con pintura plástica de color blanco.
- ♦ Los elementos metálicos que intervengan en la construcción del CT deberán estar protegidos contra la oxidación, mediante un tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente o acabado equivalente.
- ♦ La solera será, en general, de obra de fábrica. También podrá ser autoportada si cumple los mismos requisitos, que sea abujardada y antideslizante. En todos los casos soportará los esfuerzos verticales asignados a los forjados para carga móvil, indicados en el apartado 4.2. Será resistente a la abrasión, estará elevada un mínimo de 0,15 m sobre el nivel exterior y contendrá el mallazo equipotencial citado en el apartado 5.4.5. Tendrá una ligera pendiente hacia el exterior o un punto adecuado de recogida de líquido, en el propio CT.
- ♦ Los cables entrarán al CT a través de pasamuros estancos o tubos, por un sistema de fosos o canales. Los tubos serán de polietileno de alta densidad y tendrán un diámetro PN 160; su superficie interna será lisa y no se admitirán curvas. Se sellarán con espumas impermeables y expandibles, y serán, al menos, 3 para MT y 4 para cada cuadro de BT.
- ♦ En el interior del CT los cables discurrirán por canalizaciones que lleguen hasta las celdas o cuadros correspondientes. Estarán diseñadas de forma que el radio de curvatura que adopten los cables no sea menor de 0,60 m. Cuando esto no sea posible los cables discurrirán instalados superficialmente, de forma que no se reduzcan las zonas de servidumbre ni se dificulten los trabajos de mantenimiento. Se respetarán los radios de curvatura indicados anteriormente.
- ♦ En ningún caso deberá producirse acumulación de agua en el interior del CT o en sus canalizaciones, para lo cual éstas tendrán una ligera pendiente hacia la entrada de los cables.
- ♦ La cubierta estará diseñada con unas pendientes mínimas del 2 %, de modo que se impida la acumulación de agua sobre ella. Será estanca y sin riesgo de filtraciones y estará provista de un goterón perimetral.

5.4.1 Centros de Transformación en edificio independiente

Para este tipo de CT se utilizarán preferentemente envolventes prefabricadas de hormigón. Cuando sea necesario construirlo en obra de fábrica, sus características serán equivalentes a las de la obra civil para los CT integrados en edificios dedicados a otros usos. Cuando se elija esta opción, en el proyecto de la obra civil deberá incluirse el correspondiente cálculo justificativo de los esfuerzos de la estructura.

Una vez terminada la ejecución de la obra civil y antes del montaje eléctrico, el Director de Obra presentará el Certificado de Cumplimiento de Requisitos Estructurales. A la finalización de los trabajos, presentará el Certificado de Dirección y Final de Obra.

5.4.2 Centros de Transformación integrados en edificios destinados a otros usos

La obra civil de un CT integrado en un edificio destinado a otros usos, se considera a todos los efectos que forma parte del edificio donde se encuentra ubicado.

En consecuencia, el proyecto de la obra civil de un CT constituirá un anexo al proyecto global del edificio, el cual estará visado por el Colegio Profesional correspondiente. Sus características constructivas se ajustarán a lo indicado en la *Norma Básica de la Edificación* aplicable y en las ordenanzas municipales vigentes.

Asimismo, una vez terminada la ejecución de la obra civil y antes del montaje eléctrico se presentará el Certificado de Cumplimiento de Requisitos Estructurales. A la finalización de los trabajos se presentará el Certificado de Dirección y Fin de Obra.

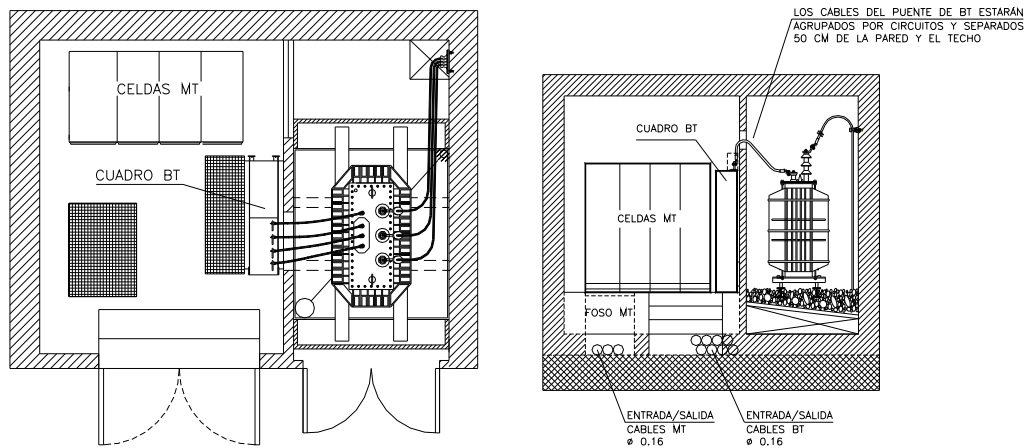


Figura 7. Solución CT fachada ancha

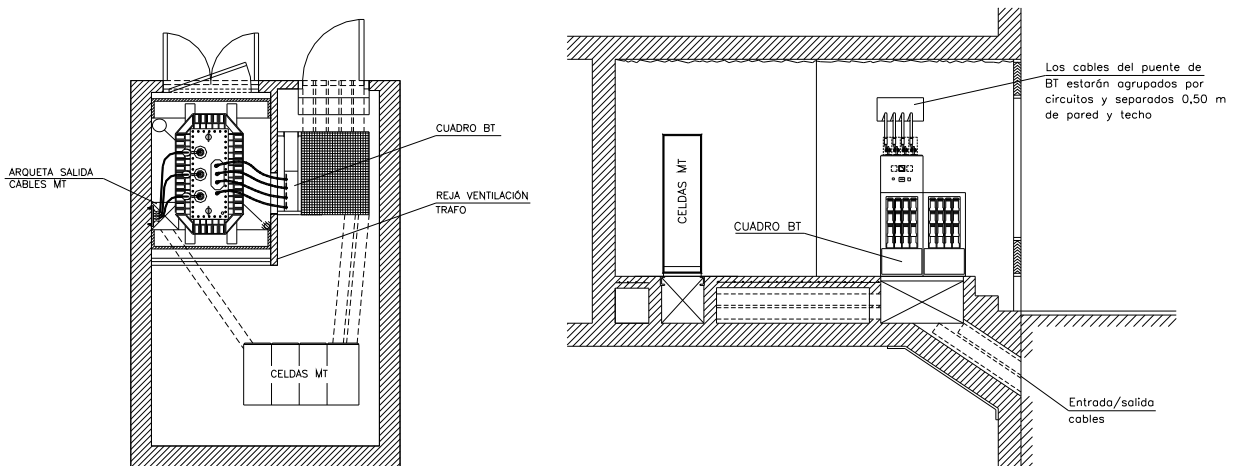


Figura 8. Solución CT fachada estrecha

5.4.2.1 CT bajo rampa

En determinadas circunstancias, donde no sea posible la instalación del CT con su planta a nivel de calle, se podrán utilizar soluciones constructivas como las indicadas en la figura.

Se trata de ubicar el CT bajo la rampa del parking, pero siempre con un acceso de personal directo a través de una puerta en fachada.

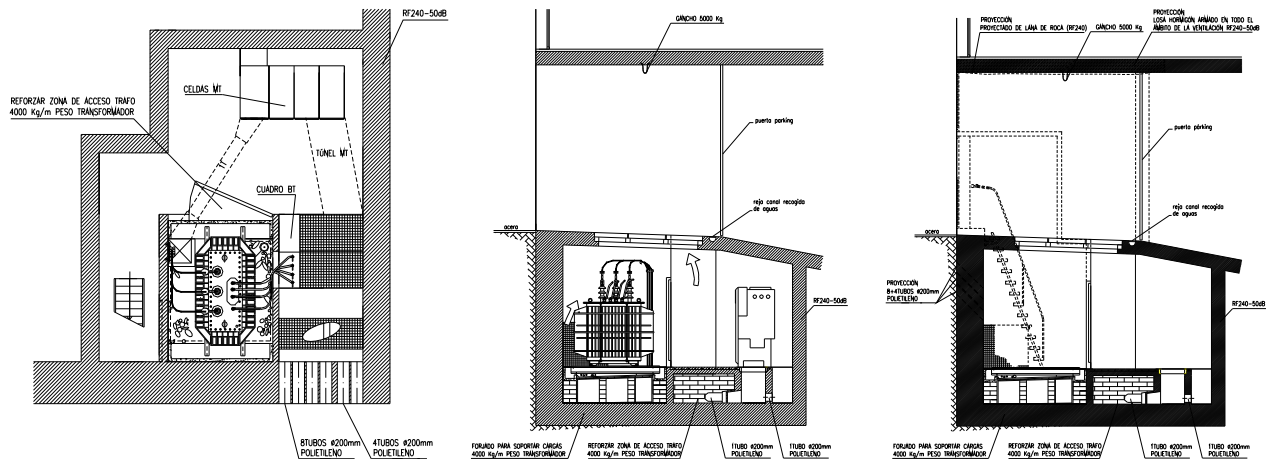


Fig. 9. Solución CT bajo rampa

5.4.3 Recogida de aceite

En la MIE RAT-014 apartado 4.1, se indica que cuando se utilicen aparatos o transformadores que contengan más de 50 litros de aceite mineral, se dispondrá de un foso de recogida de aceite de capacidad adecuada, con revestimiento estanco y con dispositivo cortafuegos.

El depósito de recogida de aceite tendrá una capacidad de 800 litros, adecuada al volumen de aceite que pueden tener los transformadores del CT.

En la figura se muestra un diseño de pozo de recogida de aceite ubicado bajo el transformador.

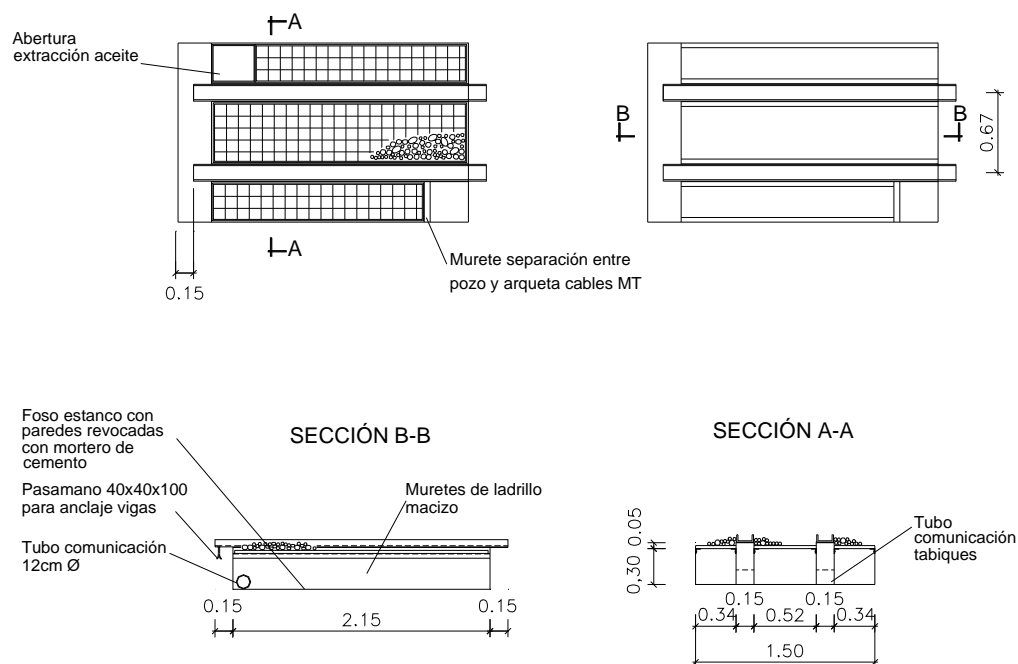


Figura 10. Cubeta de recogida de aceite con cortafuegos y depósito

5.4.4 Ventilación del CT

Tal como se ha indicado en el apartado 4.9, el sistema de ventilación será únicamente natural.

Para el cálculo de la sección de las rejillas de ventilación se utiliza la siguiente expresión:

$$P = 0,24 \cdot S \cdot \Gamma \cdot \sqrt{H} \cdot (t_i - t_e)^{3/2}$$

dónde:

- P Potencia de las pérdidas del transformador (12,5 kW).
- S Superficie de la ventana de entrada de aire (m²).
- Γ Coeficiente de forma de las rejillas de ventilación (se toma 0,4).
- H Distancia en altura entre centros geométricos de las ventanas de ventilación (m).
- t_i Temperatura máxima admisible en el interior del CT, 55° C. (La temperatura máxima del aceite en la parte superior, admitida por la Norma UNE 20101, es de 60° C).
- t_e Temperatura media diaria prevista en el exterior del CT, 30° C.

Se supone igual la sección de las rejillas de entrada y salida de aire.

5.4.5 Equipotencialidad

El CT estará construido de manera que su interior presente una superficie equipotencial, para lo cual en el piso y a 0,10 m de profundidad máxima se instalará un enrejado de acero, formado por redondo de 4 mm de diámetro como mínimo, con los nudos electrosoldados, formando una malla no mayor de 0,30 x 0,30 m. El enrejado se unirá a la puesta a tierra general mediante una pletina metálica o conductor de acero o cobre que sobresalga 0,50 m por encima del piso CT, de sección mínima igual a la del enrejado.

Ningún herraje o elemento metálico atravesará los paramentos. Cuando existan paramentos provistos de forjados metálicos, éstos estarán conectados al mallazo de la solera.

5.4.6 Insonorización y medidas antivibratorias

Los sistemas de insonorización de CCTT y dispositivos antivibratorios para transformadores MT/BT, están recogidos en el documento [GE FGA001](#). Como aspectos más destacables del mismo, habrán de tenerse en cuenta:

5.4.6.1 Insonorización

Cuando el CT esté emplazado de forma que se puedan transmitir ruidos molestos para los usuarios del edificio, en la fase de construcción de la obra civil se preverán sistemas de insonorización adecuados, de forma que una vez puesta en servicio la instalación, se cumpla en todo momento la normativa municipal que corresponda a cada CT, o en caso contrario, la de rango superior que regule este aspecto.

Los sistemas que se aconsejan y que la experiencia ha demostrado más eficaces en la corrección acústica de locales destinados a CT consisten en:

- ♦ Colocación de pantallas.
- ♦ Revestimiento de murales.

En casos extremos puede ser necesario la combinación de ambos para obtener un resultado óptimo.

Como se desprende por las características del recinto donde deben ir instalados, todas estas pantallas y revestimientos deben ser, autoextinguibles y no propagadores de la llama.

Los materiales fonoabsorbentes a utilizar vendrán determinados por la escala de frecuencias, bajas o altas, que se generen.

5.4.6.2 Medidas antivibratorias

En instalaciones de CT en interior de edificio con el fin de reducir e incluso eliminar la transmisión de las vibraciones de los transformadores de distribución a la estructura del edificio, se interpondrá un sistema amortiguador elástico entre el transformador y el suelo o firme donde descansa.

El sistema amortiguador consistirá en una estructura en forma de losa flotante apoyada sobre una almohada absorbente de vibraciones. En condiciones de explotación, ningún punto del sistema portante estará en contacto con el firme del CT.

Adicionalmente y en caso necesario, podrán utilizarse amortiguadores elásticos de características adecuadas al peso del transformador.

Para evitar que el transformador pudiera desplazarse, se dispondrá de un sistema de bloqueo de las ruedas.

5.4.7 Elementos constructivos

5.4.7.1 Envolvertes prefabricadas

Las envolvertes prefabricadas en hormigón que alojan CT de superficie o subterráneos deberán cumplir las especificaciones técnicas indicada en las Normas [GE FNH001](#) y [GE FNH002](#) respectivamente.

5.4.7.2 Puertas y tapas de acceso

Las puertas de acceso al CT se situarán preferentemente en una misma fachada. Se abrirán hacia el exterior y deberán poder abatirse sobre el paramento. Sus salientes se reducirán al mínimo.

El local del CT contará con los dispositivos necesarios para permanecer habitualmente cerrado, con el fin de asegurar la inaccesibilidad de personas ajenas al servicio. El sistema de cierre se efectuará mediante cerraduras o candados normalizados por la empresa distribuidora.

La carpintería y cerrajería será metálica de suficiente solidez para garantizar la inaccesibilidad. El grado de protección de las puertas será como mínimo IP 23, IK 10.

Las dimensiones de las puertas de acceso a la sala de transformadores serán las adecuadas para permitir su paso (2,7 x 1,6 m de luz mínimo, con ancho de hoja no superior a 0,9 m).

Las dimensiones de las puertas de acceso a la sala de celdas permitirán el paso de las celdas de MT (2,7 x 1,5 m de luz mínimo, con ancho de hoja no superior a 0,9 m).

Ambas puertas, tanto la de acceso a la sala de celdas como la de acceso a sala de transformadores, podrán unificarse en una sola puerta de medidas apropiadas.

En los CT con aparamenta compacta, la puerta se diseñará de tal modo que permita el paso del equipo, y el ancho de las hojas móviles de la puerta no será mayor de 0,9 m.

Todas las puertas y herrajes de cierre, irán instaladas de modo que no estén en contacto con el sistema equipotencial y estarán separadas al menos 0,10 m de las armaduras de los muros.

En los casos de CT subterráneos, las tapas de acceso y rejillas de ventilación, a instalar en el piso de aceras o calzadas, se ajustarán a la norma EN-124, siendo de clase D-250 cuando se instalen en zonas peatonales, y D-400 cuando estén situadas en lugares con tráfico rodado. Las dimensiones mínimas de luz serán:

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| ♦ Tapa de acceso de personal | 0,80 x 0,60 m |
| ♦ Tapa de acceso de materiales | 2,10 x 1,25 m |

5.4.7.3 Rejillas para ventilación

Para los huecos de ventilación se dispondrá de un sistema de rejillas que impidan la entrada de agua y pequeños animales.

Las dimensiones se adecuarán a las calculadas para la evacuación del calor que se produce en el interior del CT, punto 5.4.4.

Estarán básicamente constituidas por un marco y un sistema de lamas, que impida la introducción de alambres que puedan tocar partes en tensión. Tendrán un grado de protección mínimo IP 23, IK 10.

Todas las rejas de ventilación irán instaladas de modo que no estén en contacto con el sistema equipotencial y estarán separadas al menos 0,10 m de las armaduras de los muros.

Se montarán verticalmente y de forma que la parte inferior de las rejillas esté situada como mínimo a 0,25 m de la rasante del suelo exterior del CT.

Las rejas de ventilación podrán colocarse también insertadas en las puertas de acceso.

5.4.7.4 Pantallas de protección

Las celdas de transformador estarán protegidas, para impedir el contacto accidental de las personas con las partes en tensión, por pantallas metálicas macizas desmontables que, una vez instaladas, den al conjunto un grado de protección IP20 IK10 según Norma EN 50102. Por una de las caras accesibles se dispondrá de una mirilla transparente de 400 x 200 mm situada a 1,5 m del suelo. En este punto el grado de protección podrá quedar reducido a IP20 IK5.

Entre las partes en tensión y dichas protecciones, deberá existir, como mínimo una distancia de protección 0,30 m, según se indica en la MIE-RAT 14.

Las pantallas deberán cubrir la celda hasta una altura de 2 m, y la parte inferior de la pantalla estará situada como máximo a 0,3 m del suelo del CT.

Las pantallas y sus soportes se conectarán a tierra.

6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

6.1 Cables de MT

Los cables de alimentación en MT al CT que formen parte de la red de distribución, serán unipolares, de aislamiento seco para una tensión de aislamiento 18/30 kV y tendrán secciones de $3 \times 1 \times 400 \text{ mm}^2$ o $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$ de Al, como secciones normales para red urbana, semiurbana o de cualquier tipo que tenga una configuración estándar mallada. Para aquellos casos cuya longitud y trazado haga razonablemente imprevisible un futuro cierre o mallado con otra línea, podrán utilizarse excepcionalmente conductores de sección $3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2$ de Al. Se ajustarán a la norma [GE DND001](#).

6.2 Celdas de MT

Las celdas de MT corresponderán al tipo de celdas prefabricadas bajo envolvente metálica en las modalidades de compactas o modulares contempladas en la norma [GE FND003](#) con corte y aislamiento en SF₆.

Estarán motorizadas e incorporarán los relés de detección de paso de falta o indicadores de cortocircuito (ICC) indicados en la norma [GE DMC001](#).

Tabla 2. Celdas de MT

Características	Valor asignado para 25 kV
Tensión asignada	36 kV
Nivel de aislamiento:	
Tensión soportada a impulso tipo rayo entre polos y entre éstos y masa	170 kV
Tensión soportada a 50 Hz entre polos y entre éstos y masa	70 kV
Tensión soportada a impulso tipo rayo (Distancia de seccionamiento)	195 kV
Tensión soportada a 50 Hz (Distancia de seccionamiento)	80 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Corriente en servicio continuo de las celdas de línea y del embarrado.	630 A
Corriente en servicio continuo de la celda de transformador	200 A
Corriente admisible de corta duración	20 kA
Valor de cresta de la corriente admisible	50 kA
Duración del cortocircuito	1 s
Corriente de corte en caso de falta a tierra	50 A
Corriente de corte de cables y líneas en vacío en caso de faltas a tierra	25 A
Pasatapas de conexión de la MT según norma UNE EN 50180	400 A
Pasatapas enchufables para transformadores según norma UNE-EN 50180	200 A

La elección del tipo de celda se efectuará tomando en consideración las características de la zona de emplazamiento en cuanto a posibilidad de inundación o contaminación ambiental.

6.3 Transformador de potencia

Los transformadores serán trifásicos y sus características se ajustarán a lo indicado en la Norma UNE 21428-1 y se concreta en la [GE FND001](#). En la tabla 3 se resumen sus características.

Tabla 3. Transformadores

Características	Valor asignado para 11 kV	Valor asignado para 25 kV
Potencias asignadas	160-250-400-630 kVA	160-250-400-630 kVA
Grupos de conexión: 250-400-630 kVA	Dyn11	Dyn11
Tensiones asignadas primarias	11 kV	25 kV
Tensiones en vacío del arrollamiento de BT	420 V	420 V
Conexiones de regulación de la tensión (sin tensión)	-5 -2,5 0 +2,5 +5 +10	-5 -2,5 0 +2,5 +5 +10
Tensión de cortocircuito para las tensiones más altas del material (temperatura de referencia: 75°C)	4 %	4,5 %
Niveles de aislamiento en BT:		
Tensión soportada a frecuencia de 50 Hz	10 kV	10 kV
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	20 kV	20 kV
Aptitud para soportar cortocircuitos en BT	25 veces la corriente asignada	22,2 veces la corriente asignada
Duración del cortocircuito	2 s	2 s
Líquido dieléctrico UNE 21320	Aceite mineral aislante	Aceite mineral aislante
Sistema de refrigeración	ONAN	ONAN
Tipo de servicio	Continuo	Continuo
Tipo de cuba	Llenado integral	Llenado integral
Sensor de temperatura	Termómetro	Termómetro

6.4 Fusibles de MT

Las características de los fusibles se ajustarán a lo indicado en la Norma UNE 21120, las más significativas serán:

♦ Tipo	Limitador
♦ Clase	Asociado
♦ Tensión máxima de servicio	12 kV ó 30 kV
♦ Poder de corte asignado	20 kA
♦ Percutor	15 daN
♦ Calibre	25-50 y 100 A

El calibre de los fusibles se elegirá en función de la tensión de servicio de la red y la potencia del transformador a proteger, según se indica en la tabla 6.

6.5 Centro de transformación prefabricado compacto (CTPC)

Las características del centro de transformación prefabricado compacto están contempladas en las normas [GE FND004](#) *Centro de Transformación MT/BT prefabricado compacto, tensión asignada máxima 36 kV*.

El CTPC estará constituido por:

- ♦ Los equipos de maniobra de la red de distribución MT.
- ♦ La maniobra del transformador MT/BT.
- ♦ Las protecciones del transformador MT/BT.
- ♦ El transformador MT/BT.
- ♦ El cuadro de distribución de BT.
- ♦ Interconexiones MT y BT entre las diferentes unidades.
- ♦ Conexiones a tierra de los herrajes.

Se diferenciarán, en envolventes independientes interconectadas, formando las siguientes unidades funcionales:

Unidad de transformador MT/BT

Esta unidad consistirá en una cuba estanca de llenado integral en aceite, cuya cara frontal presentará las uniones directas con las unidades de apartamento MT y cuadro de distribución BT. En las otras caras se dispondrán las aletas de refrigeración.

El volumen de dieléctrico por unidad de transformador no será superior a 600 litros.

Unidad de apartamento MT compacta de aislamiento integral en SF₆

Esta unidad estará constituida por una celda compacta de aislamiento integral en SF₆ según la norma [GE FND003](#) e incluirá:

- ♦ 2/(3) funciones de interruptor de línea de 630 A.
- ♦ 1 función de protección de transformador de 200 A.

Unidad de aparamenta BT

El cuadro de distribución BT estará constituido por un bastidor sobre el que se montarán las distintas unidades funcionales:

- ◆ Unidad funcional de acometida y de seccionamiento.
- ◆ Unidad funcional de embarrado.
- ◆ Unidad funcional de salidas de líneas BT.
- ◆ Unidad funcional de control y protección.

Características

Las características del CTPT serán un compendio de las características individuales de cada uno de los componentes de las unidades funcionales y que se han descrito según su función en los apartados anteriores. Las más significativas se resumen en la tabla 4.

Tabla 4. CT Prefabricado Compacto

Características	Valor asignado para	
	11 kV	25 kV
Unidad de aparamenta MT compacta de aislamiento integral en SF₆		
Tensión asignada	24 kV	36 kV
Nivel de aislamiento:		
Tensión soportada a impulsos (tipo rayo) entre polos y entre estos y masa.	125 kV	170 kV
Tensión soportada a 50 Hz entre polos y entre estos y masa.	50 kV	70 kV
Tensión soportada a impulso (tipo rayo) (distancia de seccionamiento).	145 kV	195 kV
Tensión soportada a 50 Hz (distancia de seccionamiento).	60 kV	80 kV
Frecuencia asignada	50 Hz	50 Hz
Corriente en servicio continuo de las celdas de línea y del embarrado	400 ó 630 A	400 ó 630 A
Corriente en servicio continuo de la celda de protección	200 A	200 A
Corriente admisible de corta duración	20 kA	16 ó 20 kA
Valor de cresta de la corriente admisible	50 kA	40 ó 50 kA
Duración del cortocircuito	1 s	1 s
Poder de corte en caso de falta a tierra	50 A	50 A
Poder de corte de cables y líneas en vacío en caso de falta a tierra	16 A	25 A
Pasatapas de conexión de MT según norma UNE-EN 50180	400 A	400 A
Pasatapas enchufable para transformadores según norma UNE-EN 50180	200 A	200 A
Unidad de transformador MT/BT		
Características iguales que las indicadas en el apartado 6,3, pero solo potencias 250, 400 y 630 kVA		
Unidad de aparamenta BT		
Tensión asignada	440 V	
Corriente asignada del conjunto	1000 A	
Corriente asignada a las salidas	400 A	
Corriente de corta duración entre fases	12 kA	
Corriente de corta duración entre fases y neutro	7,5 kA	
Nivel de aislamiento a 50 Hz	10 kV	
Nivel de aislamiento a impulso tipos rayo	20 kV	
Número de salidas	4	

6.6 Puentes de conexión

6.6.1 Puente de cable MT

Los cables que constituyen el puente que une las celdas de MT y el transformador serán unipolares, de aislamiento seco para una tensión de aislamiento 18/30 kV y de 50 mm² de sección mínima, y se ajustarán a la norma [GE DND001](#).

Los terminales podrán ser convencionales o enchufables en función de las características de las celdas y del transformador. Sus características se ajustarán a las normas de la empresa distribuidora.

6.6.2 Puente de cable BT

La unión entre los bornes del transformador y el cuadro de protección de baja tensión se efectuará por medio de cables aislados unipolares del tipo RV 0,6/1 kV, que se ajustarán a lo especificado en la Norma [GE CNL001](#). La instalación se efectuará en agrupaciones tetrapolares (R, S, T, N) formando haces.

Cuando por la intensidad a transportar sea necesario instalar varios cables en paralelo se aplicarán los coeficientes correctores indicados en la Tabla 8 de la ITC-BT, para agrupaciones de ternas dispuestas horizontalmente, separadas un diámetro y soportadas al aire (equivalente a bandeja perforada).

Las características de los puentes en función de las potencias serán las siguientes:

Tabla 5. Puente de cable BT

Potencia transformador (kVA)	Número y sección (Al) de conductores	
	B2	
	Fase	Neutro
630	9x1x240 mm ²	3x1x240 mm ²
400	6x1x240 mm ²	2x1x240 mm ²
250	3x1x240 mm ²	1x240 mm ²
160	3x1x240 mm ²	1x240 mm ²

6.7 Cuadros de BT

El CT estará dotado de uno o varios cuadros modulares de distribución cuya función es la de recibir el puente de BT principal procedente del transformador y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

El Cuadro de BT constará de:

- ♦ Una unidad de seccionamiento sin carga, mediante puentes deslizantes, prevista para una intensidad de 1600 A.
- ♦ Un embarrado general, previsto para una intensidad de 1600 A.
- ♦ Cuatro bases portafusibles tripolares cerradas de 400 A, de formato vertical, seccionables unipolarmente en carga, capaces de recibir fusibles DIN de tamaño 2, estas bases se conectarán al embarrado general.
- ♦ Una salida protegida para alimentar los servicios auxiliares del CT.

Los cuadros cumplirán lo establecido en la Norma [GE FNZ001](#), sus características más significativas serán las siguientes:

- ◆ Tensión asignada 440 V
- ◆ Corriente asignada del conjunto 1600 A
- ◆ Corriente asignada a las salidas 400 A (ocasionalmente 630 A)
- ◆ Corriente de corta duración entre fases 12 kA
- ◆ Corriente de corta duración entre fases y neutro 7,5 kA
- ◆ Nivel de aislamiento a 50 Hz 10 kV
- ◆ Nivel de aislamiento a impulso tipos rayo 20 kV
- ◆ Salida para servicios auxiliares del CT 80 A
- ◆ Dispositivo de seccionamiento general 1600 A
- ◆ Bases portafusibles tripolares cerradas seccionables en carga tamaño 2
- ◆ Bases portafusibles para servicios auxiliares UTE 32 A

6.8 Servicios auxiliares

Para el alumbrado interior del CT se instalarán las fuentes de luz necesarias para conseguir al menos un nivel medio de iluminación de 150 lux, y existirán como mínimo dos puntos de luz. Los focos luminosos estarán dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación.

El circuito de alumbrado y servicios auxiliares se alimentará del embarrado general del cuadro de BT a través de cuatro cortacircuitos fusibles UTE.

Los puntos de luz se situarán de manera que pueda efectuarse la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Los conductores que forman los circuitos serán del tipo H07V-K de cobre de 2,5 mm² de sección, clase 5 y aislamiento termoplástico TI 1. Se instalarán en el interior de tubos aislante rígidos.

Los interruptores del alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso con un piloto que indique su presencia. También podrán utilizarse interruptores final de carrera.

La salida de servicios auxiliares alimentará el circuito de protección contra sobrecargas en el transformador.

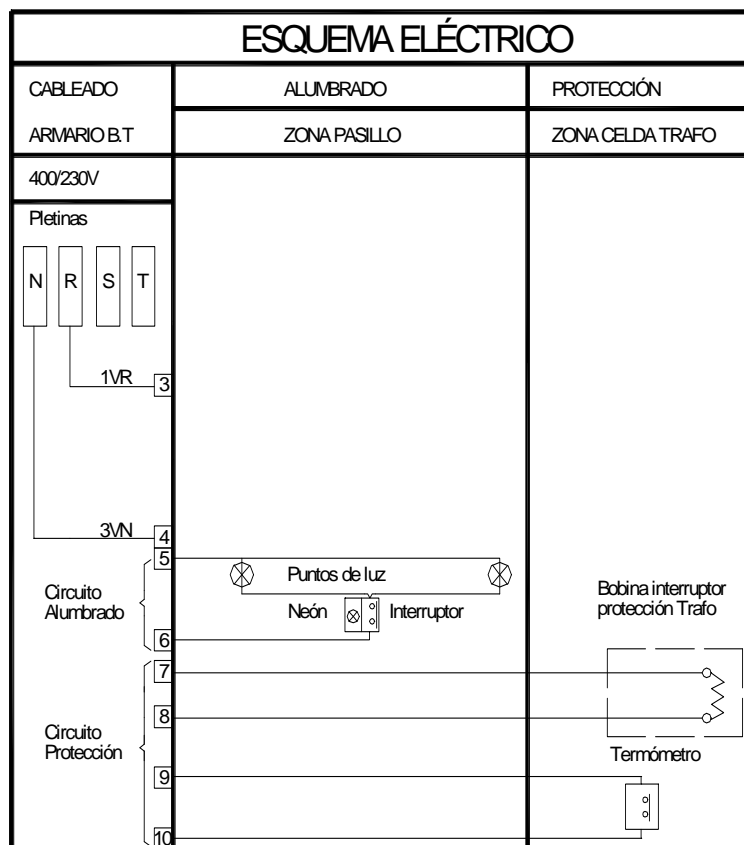


Figura 11. Esquema eléctrico de los servicios auxiliares

6.9 Protecciones

En la MIE-RAT 009, apartado 4.2.1 referente a la protección de transformadores para distribución, se indica que éstos deberán protegerse contra sobreintensidades producidas por sobrecargas o cortocircuitos, ya sean externos en la parte de BT o internos en el propio transformador.

La protección se efectuará limitando los efectos térmicos y dinámicos mediante la interrupción del paso de la corriente, o la limitación de la misma. Para ello se utilizarán generalmente cortacircuitos fusibles. La fusión de cualquiera de los fusibles dará lugar a la desconexión trifásica del interruptor de MT que alimenta el transformador.

6.9.1 Protección contra sobrecargas del transformador

Se efectuará mediante un termómetro provisto de indicador de máxima temperatura y contacto de disparo, que detecte la temperatura del medio refrigerante y, al alcanzar el valor de regulación, active la bobina de disparo del ruptofusible provocando la desconexión del transformador. El termómetro estará regulado a 95° C, de forma que el punto más caliente del bobinado no supere los 115° C

6.9.2 Protección contra defectos internos

La protección contra defectos internos en el transformador se efectuará mediante fusibles de alto poder de ruptura (APR) de MT, cuya característica tiempo / corriente se ajustará a la Norma UNE 21120. Las curvas de actuación estarán comprendidas entre los siguientes parámetros:

♦ Tiempo de interrupción del circuito:

$$\begin{aligned} 2 I_{nt} &> 2 \text{ h} \\ 12 I_{nt} &> 2 \text{ s} \\ 25 I_{nt} &< 0,1 \text{ s} \end{aligned}$$

I_{nt} Corriente nominal del transformador en MT

Los calibres a utilizar en FECSA ENDESA, según la tensión de servicio de la red y la potencia del transformador se indican en la tabla 6:

Tabla 6. Calibre de los fusibles de MT según el transformador

Potencia del transformador	11 kV	25 kV
160	25	10
250	50	25
400	50	25
630	100	50

6.9.3 Protección contra cortocircuitos externos

La protección contra cortocircuitos externos en el puente que une los bornes del secundario y el embarrado del cuadro de BT, estará asignada a los fusibles de MT.

Los cortocircuitos que puedan producirse en las líneas de BT que salen del centro de transformación en ningún caso deberán repercutir en el transformador, por lo cual el calibre de los fusibles que protejan las salidas desde el cuadro de BT se dimensionarán en función de las características de la línea que alimentan.

Se considerará que existe selectividad entre los fusibles de MT y los BT, cuando referidas las intensidades a una misma tensión, se cumple que la curva superior de la característica del fusible de BT corta a la curva inferior de fusión del fusible de MT, en un punto, que corresponde a un tiempo inferior a 10 ms.

6.9.4 Protección contra sobretensiones en MT

Cuando el valor de las sobretensiones y su frecuencia aconsejen la protección contra sobretensiones de origen atmosférico, se instalarán pararrayos de óxido metálico según Norma UNE-EN 60099 y Norma [GE AND015](#).

6.9.4.1 Coordinación de aislamientos

El margen de protección entre el nivel de aislamiento del transformador y el nivel de protección del pararrayos será como mínimo del 80 %.

6.9.4.2 Ubicación y conexiones de los pararrayos

Los pararrayos se instalarán lo más cerca posible del elemento a proteger, sin intercalar ningún elemento de seccionamiento.

Se colocará un juego de pararrayos en el punto de transición de línea aérea a subterránea.

La conexión de la línea al pararrayos se hará mediante conductor desnudo de las mismas características que el de la línea, será lo más corta posible y en su trazado se evitarán las curvas pronunciadas.

6.10 Instalación de puesta a tierra

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en el propio CT. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, y contribuir a la eliminación del riesgo eléctrico, debido a la aparición de tensiones peligrosas, en el caso de contacto con las masas que puedan ponerse en tensión. Será independiente de la tierra del edificio.

La instalación de puesta a tierra estará formada por dos circuitos, el de protección y el de servicio, a los cuales se conectarán los diferentes elementos del CT.

Circuito de Protección

Se conectarán al circuito de protección los siguientes elementos:

- ◆ Masas de MT y BT.
- ◆ Envolturas o pantallas metálicas de los cables.
- ◆ Pantallas o enrejados de protección.
- ◆ Armaduras metálicas interiores del edificio prefabricado.
- ◆ Soportes de cables de MT y de BT.
- ◆ Cuba metálica de los transformadores.
- ◆ Pararrayos de AT.
- ◆ Bornes de tierra de los detectores de tensión.
- ◆ Bornes para la puesta a tierra de los dispositivos portátiles de puesta a tierra.
- ◆ Tapas y marco metálico de los canales de cables.

Circuito de Servicio

Se conectarán al circuito de servicio el neutro del transformador o transformadores.

6.10.1 Tierras únicas

Cuando la tensión de defecto a tierra en el CT no sea superior a 1000 V se conectarán, a una instalación de tierra general los circuitos de protección y de servicio. (MIE-RAT 13)

6.10.2 Tierras separadas

Cuando la tensión de defecto a tierra en el CT sea superior a 1000 V, el circuito de puesta a tierra de protección del CT, y el de servicio (neutro del transformador), estarán separados entre sí (MIE-RAT 13). Asimismo, sus electrodos estarán separados una distancia D , en función de la intensidad de defecto (I_d) y de la resistividad del terreno (ρ):

$$D > \frac{\rho I_d}{\pi \cdot 2 \cdot U_i}$$

En la que:

D	Distancia entre electrodos (m)
I_d	Corriente de defecto (A)
ρ	Resistividad media del terreno ($\Omega \cdot m$)
U_i	1000 V

6.10.3 Diseño de la instalación de tierras

Para diseñar la instalación de puesta a tierra se utilizará el *Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría* publicado por UNESA, como procedimiento para el cálculo y valoración de las tensiones de paso y de contacto de la instalación de puesta a tierra del CT.

Los parámetros que se aplicarán para el cálculo de la puesta a tierra serán los siguientes:

- ◆ Tensión más alta de la red :
 - ◆ 11000 V
 - ◆ 25000 V
- ◆ Tipo de conexión de puesta a tierra del neutro :
 - ◆ Para 11 kV: $R = 6 \Omega$
 - ◆ Para 25 kV: $X = 25 \Omega$
- ◆ No se considera la impedancia de los cables de MT.
- ◆ En las redes formadas por cables subterráneos: el valor mayor de resistencia medida, de la malla que forman el conjunto de las puestas a tierra de los CT que están conectados a ella.
- ◆ Nivel de aislamiento de la BT en el CT: 10 kV (tomado del supuesto de sistema con tierras separadas, por ser el más desfavorable).
- ◆ Tensión máxima soportada por las instalaciones conectadas a la red de BT: 1000V
- ◆ Protecciones de línea con relés de curva de actuación extremadamente inversa que garantiza la desaparición del defecto en un tiempo inferior a 0,6 segundos.
 - ◆ Constante K' : 24
 - ◆ Curva $n' = 2$ (extremadamente inversa)
 - ◆ Corriente de arranque de la protección: 60 A (25 kV), 120 A (11 kV)

♦ Reconexión automática :

- ♦ Líneas aéreas: SI
- ♦ Líneas subterráneas: NO

6.10.4 Construcción de la instalación de tierras

El CT estará rodeado perimetralmente por un anillo conductor, de forma cuadrada o rectangular, instalado a una profundidad no inferior a 0,5 m, que actuará de electrodo. Cuando sea preciso, se complementará con un número suficiente de picas para conseguir la resistencia de tierra prevista. En los CT en el interior de edificios o en aquellos en que no sea posible adoptar la forma de anillo, se adoptará la disposición lineal complementada con picas verticales.

En el caso de emplear electrodos formados por picas, la separación entre éstas, no será inferior a 1,5 veces la longitud de las picas.

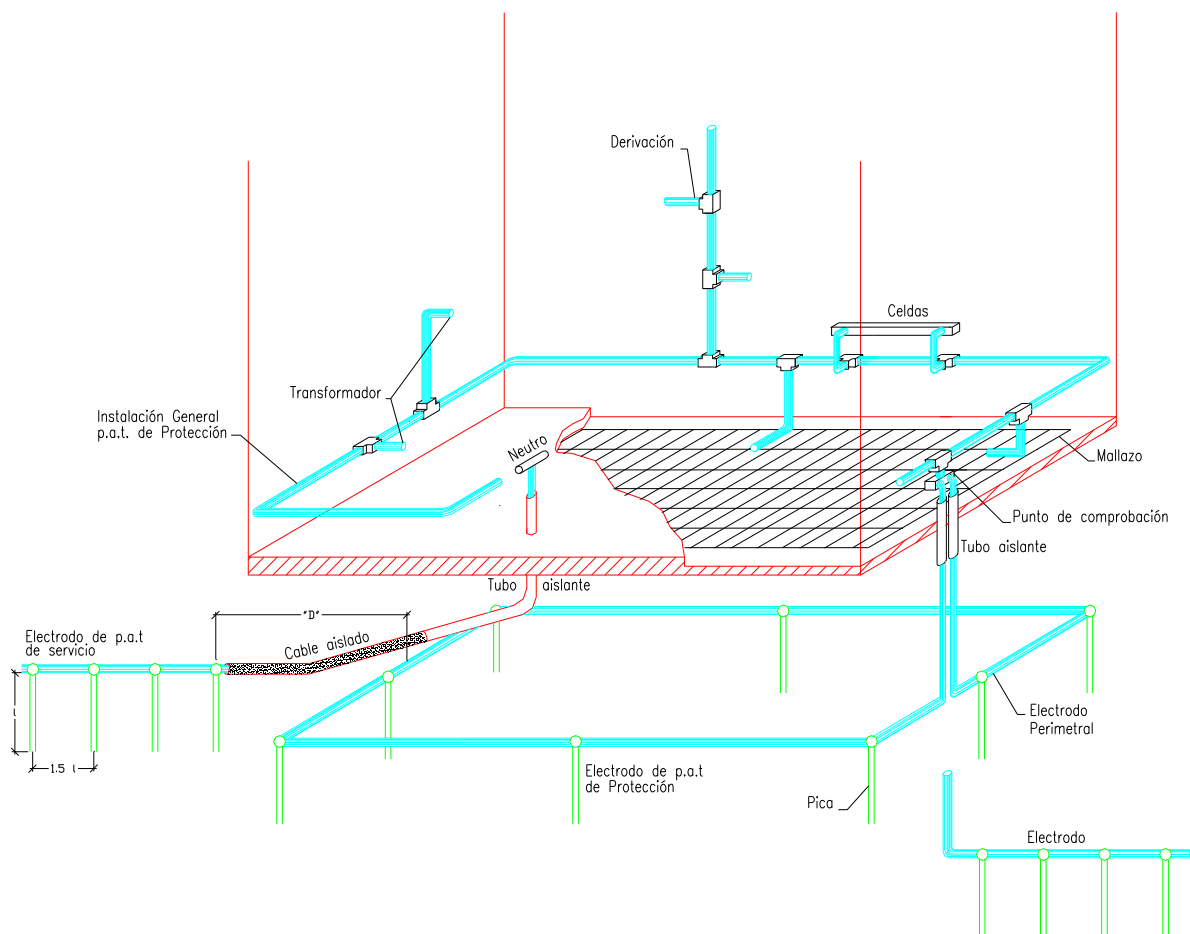


Figura 12. Instalación de puesta a tierra

En la instalación de puesta a tierra de masas y elementos a ella conectados, se cumplirán las siguientes condiciones:

- a) Llevarán bornes accesibles para la medida de la resistencia de tierra.
- b) Cada electrodo se unirá al conductor de línea de tierra
- c) Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra estarán protegidos adecuadamente contra deterioros por acciones mecánicas o de cualquier otra índole.

- d) Los elementos conectados a tierra no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.
- e) No se unirá a la instalación de puesta a tierra ningún elemento metálico situado en los paramentos exteriores del CT.

En el caso de sistemas de puesta a tierra separados, ambos estarán separados entre sí una distancia no inferior a la calculada mediante la ecuación indicada en el apartado correspondiente.

La línea de tierra de servicio (neutro de BT) conectará a la barra general de neutro del cuadro de BT.

Los circuitos de puesta a tierra de neutro, cumplirán las condiciones a) y c).

6.10.4.1 Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra podrán ser:

- ♦ Conductores enterrados horizontalmente: Cable de cobre C-50.
- ♦ Combinación de picas, de acuerdo con la norma [GE NNZ035](#) y UNE 21056, y conductores horizontales.

Las picas se hincarán verticalmente de forma que la parte superior quede a una profundidad no inferior a 0,5 m.

En terrenos donde se prevean heladas, se aconseja una profundidad mínima de 0,8 m.

Los electrodos horizontales se enterrarán a una profundidad igual a la de la parte superior de las picas hincadas en el terreno.

6.10.4.2 Líneas de puesta a tierra

La línea que une los electrodos entre sí y éstos con la instalación de puesta a tierra del CT, serán de conductor de cobre de 50 mm² de sección.

En el caso de tierras separadas, la línea de tierra del neutro estará aislada en todo su trayecto hasta el punto de conexión al electrodo, con un nivel de aislamiento de 10 kV eficaces en ensayo de corta duración (1 minuto) a 50 Hz y de 20 kV a impulso tipo rayo 1,2/50 µs.

6.10.4.3 Instalación de puesta a tierra

Los circuitos de protección y de servicio que constituyen la instalación de puesta a tierra, se realizarán según las reglas del arte. En su conjunto tendrá las siguientes características:

- ♦ Las picas de puesta a tierra tendrán los siguientes requisitos mínimos: 2 m de longitud, 14 mm de diámetro y 300 µm de espesor de recubrimiento de cobre.
- ♦ El conductor será de cobre sin aislar de 50 mm², en forma de varilla o cable semirígido.
- ♦ El recorrido de la línea que constituye el circuito de protección será rectilíneo y paralelo o perpendicular al suelo del CT.
- ♦ La fijación de la línea a los paramentos y soportes se realizará mediante abrazaderas apropiadas de modo que el conductor quede ligeramente separado de la pared en todo su recorrido.
- ♦ La instalación en todo su recorrido será revisable visualmente.
- ♦ Se unirán al circuito de protección todos los elementos indicados en el apartado 6.9.

- ♦ La conexión de las derivaciones a la instalación general y de aquellas al elemento a conectar a tierra, se realizará mediante piezas de conexión por apriete mecánico, cuyas características se ajustarán a la Norma UNE 21021.
- ♦ La conexión de la línea de puesta a tierra al circuito de protección, se realizará en un punto. La conexión será desmontable y estará diseñada de forma que permita la medición de la resistencia del electrodo y la inserción de una pinza amperimétrica para la medición de la corriente de fuga o la continuidad del bucle.
- ♦ La pletina de puesta a tierra de las celdas de MT, se conectará al circuito de protección por lo menos por dos puntos.
- ♦ La cuba del transformador se conectará al circuito de protección, por lo menos, en dos puntos.
- ♦ Las pantallas de protección que sean movibles estarán provistas de una conexión flexible de manera que, en cualquier posición, se mantengan unidas eléctricamente al circuito de protección.
- ♦ El mallazo equipotencial se conectará al circuito de protección, en dos puntos.
- ♦ La envolvente del cuadro de BT estará unida al circuito de protección mientras la pletina de conexión del neutro de BT lo estará al de servicio. Cuando la puesta a tierra del CT sea de tierra única, en el propio cuadro se unirán ambas tierras.
- ♦ En los CT con tierras separadas, en condiciones normales de explotación no será posible acceder simultáneamente a las tierras de protección y a las de servicio.

6.10.4.4 Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y de contacto

El valor de las resistencias de puesta a tierra de protección y de servicio será tal que, en caso de defecto, las tensiones máximas de paso y contacto no alcancen los valores peligrosos considerados en la MIE-RAT 013. Si esto no fuera posible, podrán adoptarse medidas de seguridad adicionales que adecuen los valores de las tensiones admisibles de paso y de contacto en el interior y en el exterior del CT.

Las medidas pueden ser las siguientes:

- ♦ Recubrir con material aislante el pavimento interior del CT.
- ♦ Construir una acera perimetral o en la zona de accesos que aporte una elevada resistividad superficial, incluso después de haber llovido.

7 SEÑALIZACIONES Y MATERIAL DE SEGURIDAD

Los CT cumplirán las siguientes prescripciones:

- ♦ Las puertas de acceso al CT llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.410, modelo CE-14 con rótulo adicional *Alta tensión. Riesgo eléctrico*.
- ♦ En el exterior y en el interior del CT, figurará el número de identificación del CT. La identificación se efectuará mediante una placa normalizada por la empresa distribuidora.
- ♦ En las puertas y pantallas de protección se colocará la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.410, modelo AE-10.

- ♦ Las celdas prefabricadas de MT y el cuadro de BT llevarán también la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico adhesiva, equipada en fábrica.
- ♦ La señal CR 14 de Peligro Tensión de Retorno se instalará en el caso de que exista este riesgo.
- ♦ Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el CT, y en lugar correspondiente, habrá un cartel con las instrucciones citadas.
- ♦ Los aparatos de maniobra de la red y de los transformadores estarán identificados con el número que les corresponda, en relación con su posición en el circuito general de la red.
- ♦ El CT estará provisto de una banqueta aislante de maniobra para MT.
- ♦ En un lugar bien visible del interior del CT se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente, y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardíaco. Su tamaño será como mínimo UNE A-3.
- ♦ También se pondrá cualquier otra señalización que la empresa distribuidora considere oportuna para mejorar la operación y la seguridad de sus instalaciones, como “las cinco reglas de oro”, etc..

8 NORMAS DE REFERENCIA

NBE AE	Acciones en la edificación.
NBE CA	Condiciones acústicas en edificios.
NBE CPI	Condiciones de protección contra incendios en edificios.
EN 124	Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación, utilizados por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos tipo, marcado.
UNE-EN 50180	Conectores enchufables para transformadores de distribución.
UNE-EN 60076	Transformadores de potencia. Calentamiento.
UNE-EN 60228	Conductores de cables aislados.
UNE-EN 60099	Pararrayos de óxidos metálicos.
UNE 21015	Terminales y empalmes para cables de energía de 3,5/6 hasta 36,6/60 kV.
UNE 21021	Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5 kV.
UNE 21086	Colores y signos distintivos del sentido rotacional de fases en corriente alterna y polaridades en corriente continua.
UNE 21120	Cortacircuitos fusibles de alta tensión limitadores de corriente.
UNE 21320(5)	Fluidos para aplicaciones electrotécnicas. Prescripciones para aceites minerales aislantes nuevos para transformadores y aparata de conexión.
UNE 21428-1	Transformadores trifásicos para distribución en baja tensión de 50 a 2500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.
UNE 23727	Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.

AMYS 1.4-10	Placas de señalización de seguridad relacionadas con la electricidad. Tipos normalizados y empleo.
GE AND015	Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes MT hasta 36 kV.
GE CNL001	Cables unipolares para redes subterráneas de distribución de tensión asignada 0,6/1 kV.
GE DMC001	Instrucciones de instalación y mantenimiento de ICC en líneas subterráneas de MT.
GE DND001	Cables aislados para redes subterráneas de alta tensión hasta 30 kV.
GE FGA001	Guía de Sistemas de Insonorización de CT y Dispositivos antivibratorios para transformadores de MT/BT.
GE FND001	Transformadores trifásicos para distribución en baja tensión clases B2 y B1B2.
GE FND003	Aparamenta prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico hexafluoruro de azufre, SF ₆ , para centros de transformación hasta 36 kV.
GE FND004	Centros de Transformación MT/BT de máxima tensión asignada 36 kV, potencia de transformador 250-400-630 kVA, prefabricados compactos.
GE FNH001	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo superficie.
GE FNH002	Centros de transformación prefabricados de hormigón tipo subterráneo.
GE FNZ001	Cuadros modulares de distribución para centros de transformación.
GE FPH106	Condiciones generales instalación CT superficie.
GE NNZ035	Picas cilíndricas para puesta a tierra.