

**Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio
destinado otros usos****Índice****1.- Objeto****2.- Alcance****3.- Desarrollo Metodológico**

Recuerde que esta Documentación en FORMATO PAPEL puede quedar obsoleta. Para consultar versiones actualizadas acuda al Web

Responsable		Fecha
Redacción	Redactor	15/05/2014
Verificación	Departamento de Normalización	15/05/2014
Aprobación	Dirección de Medio Ambiente, Sostenibilidad, Innovación y Calidad	15/05/2014

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

1.- Objeto

El objeto de esta Especificación Técnica es **editar** una Guía de Montaje y Construcción para Centros de Transformación tipo interior en Edificio no Prefabricado, en **la** que se **establezcan** las características técnicas a aplicar en su diseño, cálculo y construcción.

2.- Alcance

Dicha Guía de Montaje y Construcción se aplicará a los Centros de Transformación ubicados en edificios destinados a otros usos, situados en planta de calle y con entrada independiente, alimentados solamente por redes subterráneas. Se han considerado los casos de 1 transformador y 2 transformadores (según 2 variantes) de hasta 1000 kVA de potencia unitaria.

3.- Desarrollo Metodológico

3.1.- Características generales

3.1.1.- Condiciones básicas

3.1.1.1.- Tensión prevista más elevada para el material

3.1.1.2.- Tensión soportada en baja tensión

3.1.1.3.- Intensidades de cortocircuito

3.1.1.4.- Contaminación

3.1.1.5.- Riesgo de incendio

3.1.1.6.- Ruido

3.1.2.- Ubicación y accesos

3.1.2.1.- Ubicación

3.1.2.2.- Accesos

3.1.2.2.1.- Accesos de personal

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

3.1.2.2.2.- Accesos de materiales

3.1.2.2.3.- Accesos de canalizaciones

3.1.3.- Dimensionamiento

3.1.3.1.- Características generales

3.1.3.1.1.- Celdas de media tensión

3.1.3.1.2.- Transformadores

3.1.3.1.3.- Cuadros de baja tensión

3.1.3.2.- Dimensiones generales

3.1.4.- Elementos constructivos

3.1.4.1.- Características generales

3.1.4.2.- Muros exteriores

3.1.4.3.- Forjado superior

3.1.4.4.- Paredes interiores y tabiques

3.1.4.5.- Suelo

3.1.4.6.- Acabado

3.1.5.- Condiciones acústicas

3.1.6.- Protección contra agentes externos

3.1.6.1.- Introducción de cuerpos sólidos

3.1.6.2.- Condiciones antihumedad

3.1.6.2.1.- Cubierta

3.1.6.2.2.- Abertura

3.1.6.2.3.- Filtraciones

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.6.3.- Condiciones ambientales adversas****3.1.6.4.- Resistencia mecánica****3.1.6.4.1.- Muros****3.1.6.4.2.- Tabiques****3.1.6.4.3.- Forjados****3.1.7.- Ventilación****3.1.7.1.- Ventilación natural****3.1.7.1.1.- Cálculo del área neta mínima de ventilación.****3.1.7.1.2.- Cálculo de las rejillas de ventilación.****3.1.7.2.- Ventilación forzada****3.1.8.- Canalizaciones y desagües****3.1.8.1.- Canalizaciones****3.1.8.2.- Desagües****3.1.9.- Carpintería y cerrajería****3.1.9.1.- Puertas****3.1.9.2.- Rejillas para ventilación****3.1.9.3.- Tapas de canales interiores****3.1.9.4.- Cortafuegos en foso de recogida de aceite****3.1.10.- Equipotencialidad****3.2.- Instalación eléctrica****3.2.1.- Conductores de media tensión de alimentación al CT****3.2.2.- Celdas de media tensión**

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

3.2.3.- Conductores de media tensión para la conexión entre celdas y transformadores

3.2.4.- Transformadores

3.2.5.- Conductores para la conexión entre transformadores y cuadros de baja tensión

3.2.6.- Cuadros de baja tensión

3.2.7.- Instalación de puesta a tierra

3.2.7.1.- Sistemas de puesta a tierra

3.2.7.2.- Instalación de tierra de protección (masas)

3.2.7.3.- Instalación de tierra de neutro (servicio)

3.2.7.4.- Naturaleza y constitución de las puestas a tierra

3.2.7.4.1.- Líneas de tierra

3.2.7.4.2.- Electrodo de puesta a tierra

3.2.7.4.2.1.- Picas

3.2.7.4.2.2.- Conductores enterrados horizontalmente

3.2.7.5.- Condiciones de instalación de los electrodos

3.2.7.6.- Ejecución de la puesta a tierra

3.2.7.7.- Medidas adicionales de seguridad para limitar las tensiones de paso y contacto.

3.2.8.- Sistema de protección contra incendios

3.2.9.- Alumbrado

3.2.10.- Señalizaciones y material de seguridad

3.2.11.- Esquemas eléctricos generales

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.- Características generales****3.1.1.- Condiciones básicas****3.1.1.1.- Tensión prevista más elevada para el material**

La tensión prevista más elevada para el material, incluso transformadores de potencia, será la indicada en la tabla I.

TABLA I

Tensión asignada (Valor eficaz) kV	Tensión de servicio más elevada (Valor eficaz) kV	Tensión más elevada para el material (Valor eficaz) kV
20	24	24

3.1.1.2.- Tensión soportada en baja tensión

El material de baja tensión instalado en el CT deberá ser capaz de soportar tensiones de 10 kV a masa, excepto los materiales de los servicios propios del CT (cuadro general de protección propio del CT, circuitos de alumbrado, etc.), que estarán protegidos por un transformador de separación de circuitos con un nivel de aislamiento entre el primario y el secundario y masa, indistintamente, de 10 kV.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.1.3.- Intensidades de cortocircuito**

Los materiales de media tensión instalados en el CT, deberán ser capaces de soportar las intensidades de cortocircuito.

3.1.1.4.- Contaminación

El CT no estará específicamente previsto para soportar atmósferas agresivas de carácter industrial, pero sí para zonas marítimas normales.

3.1.1.5.- Riesgo de incendio

La determinación del grado de protección contra la propagación de incendio del local, se ajustará a las características del CT y estará de acuerdo a lo establecido en la tabla 2.1 de la sección 1, del CTE DB-SI (sección 1, tabla 2.1). Según la cual, el centro de transformación se considera una actividad de Riesgo Medio por lo que las características de los materiales que conforman la instalación se ajustarán a este nivel de Riesgo.

3.1.1.6.- Ruido

El local deberá construirse con unos niveles de aislamiento acústico que garanticen el cumplimiento de los valores de ruido máximo en el exterior y recintos colindantes, indicados en el RD 1367/2007, así como cumplir con el texto del CTE-DB-HR.

3.1.2.- Ubicación y accesos**3.1.2.1.- Ubicación**

El emplazamiento se fijará de común acuerdo entre el solicitante e Hidrocantábrico Distribución Eléctrica, S.A. (de ahora en adelante, H.C.D.E.), teniendo en cuenta las consideraciones de orden eléctrico y las relacionadas a continuación, necesarias para la explotación y el mantenimiento de dicho CT.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

- Se instalará a nivel de planta de calle.
- El paramento de la puerta estará situado en línea de fachada a una vía pública.

3.1.2.2.- Accesos

Como norma general, se accederá al CT directamente desde una vía pública o, excepcionalmente, desde una vía privada. En este último caso, ésta será accesible en todo momento y en cualquier circunstancia, al personal y equipos de H.C.D.E., con la correspondiente servidumbre de paso para el transporte de los elementos que integran el CT, y quedará a juicio de H.C.D.E. la valoración del cumplimiento o no de todos los requisitos anteriores.

3.1.2.2.1.- Accesos de personal

El acceso al interior del local del CT será exclusivo para el personal de H.C.D.E.. Este acceso no podrá estar situado en zona que haya de dejarse permanentemente libre, tales como paso de bomberos, salidas de urgencia o socorro, etc.

3.1.2.2.2.- Accesos de materiales

Las vías para los accesos de materiales deberán permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos pesados del CT hasta el local.

Para permitir un desplazamiento y manejo fáciles de los materiales, los accesos por vía privada tendrán la correspondiente señal de prohibido aparcar.

3.1.2.2.3.- Accesos de canalizaciones

El emplazamiento elegido del CT deberá permitir el tendido, a partir de las vías públicas, de todas las canalizaciones subterráneas previstas. Todos los cables subterráneos podrán tenderse hasta una profundidad de 1,10 m, como mínimo, bajo el suelo exterior y partiendo de la red de H.C.D.E..

El acceso de las canalizaciones de cable se realizará de tal forma que se impida la entrada de agua al interior del CT a través de ellas.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.3.- Dimensionamiento****3.1.3.1.- Características generales**

Las dimensiones del CT deberán permitir:

- El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación.
- Ejecución de las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.
- 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.

3.1.3.1.1.- Celdas de media tensión

El espacio previsto para ubicar las celdas prefabricadas será el correspondiente a las dimensiones indicadas para éstas en las Especificaciones Técnicas ET/5008 “Celdas prefabricadas monobloque de aislamiento en aire para CT hasta 24 KV” y ET/5009 “Celdas prefabricadas monobloque de aislamiento en SF6 para CT hasta 24 KV”, considerándose la posibilidad de una futura ampliación de 1 celda.

3.1.3.1.2.- Transformadores

Al dimensionar el espacio previsto para alojar los transformadores, se tendrán en cuenta las dimensiones establecidas en la Especificación Técnica ET/5024 “Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en BT”, así como las distancias de seguridad contra contactos accidentales señalados en la MIE-RAT 14.

3.1.3.1.3.- Cuadros de baja tensión

Al dimensionar el espacio previsto para permitir el alojamiento de los cuadros de baja tensión, se tendrán en cuenta las dimensiones establecidas en la Especificación Técnica ET/5010 “Cuadros BT para CT tipo interior”, con la posibilidad de emplear 12

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

salidas por transformador, considerándose normal el empleo de 8 salidas, y excepcional el de 12 salidas por transformador.

3.1.3.2.- Dimensiones generales

A los espacios ya indicados habrá que añadir los correspondientes a los previstos para las zonas de accesos, tanto de personas como de materiales, pasillos y zonas de paso señaladas en la MIE-RAT 14, que permitan que se cumplan las condiciones ya indicadas en los primeros apartados.

A la vista de estos datos, y siendo el sistema habitual de explotación de las redes de media tensión y CT el de alimentación en bucle (celdas de entrada y salida), las dimensiones mínimas libres disponibles, considerando una altura útil mínima de 3,2 m, deberán ser las de los planos citados en la tabla II.

TABLA II

Nº DE TRANSFORMADORES	POTENCIA MAXIMA UNITARIA DE TRANSFORMADORES (kVA)	Nº DE PLANO
1	1.000	PT1T1C1
2 (En línea)	1.000	PT1T2C1
2 (Enfrentados)	1.000	PT1T3C1

3.1.4.- Elementos constructivos**3.1.4.1.- Características generales**

El local cumplirá las siguientes condiciones:

- No contendrá otras canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, vapor, aire, gas, etc.
- Será construido enteramente con materiales no combustibles.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

- Los elementos delimitadores del CT (medianerías o muros colindantes) así como los estructurales portantes (forjados, vigas, soportes) tendrán una resistencia al fuego, al menos, de EI120 y REI120 respectivamente, tal como se recoge en la tabla 2.2 de la sección 1, del CTE-DB-SI. Con independencia de estos valores, mínimos marcados por el CTE, la estabilidad al fuego exigida a los elementos estructurales del CT no será inferior a la exigida al conjunto del edificio.
- En cuanto a los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimentos y techos), tendrán, al menos, las siguientes clases de reacción al fuego, como se recoge en la tabla 4.1 de la sección 1 del CTE-DB-SI:
 - Techos y paredes: B-s1 d0
 - Suelos: B_{FL} – s1
 - Exterior en fachadas: B-s3 d2

3.1.4.2.- Muros exteriores

Se construirán de forma que sus características mecánicas están de acuerdo con el resto del edificio, pero como mínimo presentarán una resistencia mecánica igual a la que se indica en el apartado 3.1.6.4.1, y una resistencia al fuego EI 120 tal como marca el CTE-DB-SI.

Además, presentarán un aislamiento acústico a ruido aéreo global tal que no se transmitan al exterior del local niveles de ruido mayores a los establecidos en el Real Decreto 1367/2007 para cada zona acústica (tabla B1 del anexo III de dicho RD), tal como se justifica en el punto 3.15 de esta Especificación Técnica.

3.1.4.3.- Forjado superior

Se construirá de forma que proporcione una resistencia al fuego REI 120, como mínimo, de acuerdo con el CTE-DB-SI.

Tendrá, al menos, una masa unitaria de 370 Kg/m² a fin de garantizar un aislamiento acústico de 55dBA, con lo que se cumplen las exigencias del CTE-DB-HR en su punto 2.1. En cualquier caso, el aislamiento acústico debe ser tal que se cumplan los niveles máximos de ruido transmitido a locales colindantes establecidos por el RD 1367/2007 (tabla B2 del anexo III).

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.4.4.- Paredes interiores y tabiques**

Las paredes interiores de cierre deben proporcionar un aislamiento acústico de 55dBA para garantizar el cumplimiento del CTE-DB-HR. En cualquier caso, el aislamiento acústico debe ser tal que se cumplan los niveles máximos de ruido transmitido a locales colindantes establecidos por el RD 1367/2007 (tabla B2 del anexo III).

Además, presentarán una resistencia al fuego de al menos EI 120, siguiendo las disposiciones del CTE-DB-SI.

Los tabiques interiores de separación de los transformadores, caso de existir, se construirán con ladrillo macizo de 11,5 cm de espesor encerrados en un marco metálico o, en su defecto, con materiales de resistencia mecánica equivalente a la indicada en el apartado 3.1.6.4.2.

3.1.4.5.- Suelo

El forjado del suelo estará previsto para una sobrecarga móvil de 3500 Kg/m².

El acabado de la solera o piso se realizará con losetas de terrazo o similar, que tendrán un espesor comprendido entre 28 y 30 mm. Dichas losetas irán adosadas sobre un mortero de cemento de espesor comprendido entre 30 y 50 mm.

El piso, una vez recrecido con hormigón y acabado con terrazo, estará elevado 0,3 m, como mínimo, sobre el nivel exterior.

Al realizar el suelo y, en general, la obra civil, se deberán tener en cuenta el empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, el mallazo equipotencial descrito en el apartado 3.1.10, etc.

En los planos PT1T1C1, PT1T1C2, PT1T1C3, PT1T2C1, PT1T2C2, PT1T2C3, PT1T3C1, PT1T3C2 y PT1T3C3 aparecen los detalles constructivos.

3.1.4.6.- Acabado

El acabado de la albañilería tendrá las características siguientes:

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Paramentos interiores: Raseo con mortero de cemento y arena lavada de dosificación 1:4 con aditivo hidrófugo en masa, talochado y pintado, estando prohibido el acabado con yeso.

Paramentos exteriores: Se realizarán de acuerdo con el resto del edificio.

Elementos metálicos: Todos los elementos metálicos que intervengan en la construcción del CT y puedan estar sometidos a oxidación, deberán estar protegidos mediante un tratamiento adecuado, como galvanizado, metalizado, pintura antioxidante, etc, sin perjuicio de lo señalado en los puntos del apartado 3.1.9.

3.1.5.- Condiciones acústicas

El Real Decreto 1367/2007 regula, en las tablas B1 y B2 del anexo III, los valores límite de inmisión de ruido al medio ambiente exterior y a los locales colindantes del centro de transformación, siendo estos valores función del tipo de área acústica y del uso del local colindante respectivamente, pero en ningún caso inferiores a 40 dBA el primero y a 25dBA el segundo. Estos niveles de ruido deben medirse de acuerdo a las indicaciones del anexo IV del RD 1367/2007.

El nivel máximo de potencia acústica (L_{WA}) admitido por la norma UNE 21428-1 para un transformador de 1000 kVA serie 24 kV es de 68 dBA, equivalente a una presión acústica de 57 dBA, en el caso de un centro equipado con 2 transformadores, dicha presión acústica alcanzaría los 60 dBA.

En consecuencia, en función del nivel máximo de ruido emitido por la fuente sonora y el máximo nivel de presión acústica transmitido al exterior del local permitido según el RD 1367/2007 resulta necesario un aislamiento acústico mínimo de:

- Para la fachada exterior, en el caso más restrictivo (CT ubicado en un sector de territorio con dominio de uso sanitario, docente o cultural):

$$60 - 40 = 20 \text{ dBA}$$

Teniendo en cuenta las transmisiones indirectas, que suponen una reducción del aislamiento de 5dBA, se requeriría un aislamiento de 25dBA.

- Para el forjado superior, y paredes del CT, en el caso de que colinde con un recinto habitable o protegido:

$$60 - 25 = 35 \text{ dBA}$$

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Teniendo en cuenta las transmisiones indirectas, el aislamiento requerido serían de 40dBA, valor que está por debajo de los 55 dBA como mínimo marcado por el CTE-DB-HR, por lo que será de aplicación éste último. Las medianerías de este tipo tendrán, por lo tanto, un aislamiento de 55dBA.

Adicionalmente, para evitar la transmisión de vibraciones a los basamentos, se interpondrá entre cada rueda del transformador y el carril correspondiente un amortiguador bielástico antideslizante de clase I, al menos, tal como se indica en el Decreto 99/1985 del BOPA. Tendrá unas dimensiones 90 x 90 x 35 mm, formado por dos capas de caucho sintético de diferente densidad, con capacidad para 1000 Kg, según se señala en los planos PT1T1E3, PT1T2E3 y PT1T3E3.

3.1.6.- Protección contra agentes externos

3.1.6.1.- Introducción de cuerpos sólidos

Ninguna de las aberturas del CT será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro. Si las aberturas están próximas a partes en tensión, éstas no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y, además, existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

3.1.6.2.- Condiciones antihumedad

3.1.6.2.1.- Cubierta

Deberá ser realizada de forma que sea estanca y sin riesgo de filtraciones.

La cubierta, si recibe las aguas de lluvia, tendrá una pendiente adecuada según la zona en que se ubique y los materiales empleados. Sobresaldrá 0,25 m por los lados del edificio, y en la cara inferior de la corona de la cornisa tendrá un goterón. La pendiente se orientará, a ser posible, en el sentido de los vientos dominantes.

La capa de compresión llevará un mallazo de reparto que absorba las contracciones y dilataciones a las que estará sometida.

3.1.6.2.2.- Abertura

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Ninguna abertura permitirá el paso de agua que caiga con una inclinación inferior a 60° respecto a la vertical.

3.1.6.2.3.- Filtraciones

En aquellos CT asentados sobre terrenos húmedos y en los que sea previsible que se produzcan humedades por capilaridades en las paredes, a 25 cm sobre el piso y en todo el cerramiento, se instalará en éstas una capa horizontal de material asfáltico u otro, que evite la ascensión de la humedad.

3.1.6.3.- Condiciones ambientales adversas

En los casos en que las condiciones ambientales sean especialmente adversas, se tendrán en cuenta las condiciones anticontaminantes que figuran en el Proyecto Tipo UNESA de Centro de Transformación de Distribución para condiciones ambientales adversas.

Hidrocantábrico Distribución Eléctrica, S.A. facilitará al constructor información sobre los lugares específicos en los que deban aplicarse dichos condicionantes.

3.1.6.4.- Resistencia mecánica

3.1.6.4.1.- Muros

Los muros que dan al exterior deben presentar una resistencia mecánica equivalente a la de los espesores de los muros construidos con los materiales indicados a continuación:

- Sillería natural	30 cm
- Fábrica de ladrillo macizo	22 cm
- Hormigón en masa	20 cm
- Hormigón armado o elementos prefabricados	8 cm

3.1.6.4.2.- Tabiques

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Los tabiques interiores de separación de los transformadores, si se utilizasen, deberán construirse según se indica en el punto 3.1.4.4, o, en su defecto, deberán presentar una resistencia mecánica equivalente a la de los espesores de las paredes de los materiales indicados a continuación:

- | | |
|---|-------|
| - Tabique de ladrillo macizo sin marco metálico | 15 cm |
| - Idem encerrado en marco metálico | 5 cm |
| - Tabique de hormigón armado | 5 cm |

3.1.6.4.3.- Forjados

La capa de compresión del forjado del techo se construirá según se especifica en el apartado 3.1.4.3.

Para el cálculo del forjado del suelo del CT, deberá considerarse una sobrecarga móvil de 3.500 Kg/m².

Cuando el transformador deba desplazarse por forjados ajenos al propio CT, deberá considerarse igualmente una sobrecarga móvil de 3.500 Kg/m² y establecer un sistema de reparto de sobrecargas.

3.1.7.- Ventilación

Para la evacuación del calor generado en el interior del CT deberá posibilitarse una circulación de aire.

Con las características que se exigen, respectivamente, en los puntos 3.1.4.3 y 3.1.4.4 para el forjado superior y para las paredes interiores, se consigue, además de un aislamiento acústico, un aislamiento térmico de forma que no se produzcan transmisiones de calor que puedan resultar perjudiciales para los locales colindantes o para el propio centro.

Se procurará utilizar ventilación natural en todos aquellos casos en los que la ubicación del centro, sus dimensiones y las características del entorno lo permitan, cuando ello no sea posible, se recurrirá a la ventilación forzada mediante extractor del tipo helicoidal.

Para calcular el volumen de aire necesario para la ventilación, es necesario establecer el "salto térmico", es decir, la diferencia entre la temperatura del aire a la salida del centro y su temperatura a la entrada.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Es muy habitual que en los artículos referidos a CT se establezca un salto térmico de 15°C; igualmente, en el Proyecto Tipo UNESA de Centro de Transformación de Distribución en Edificio no Prefabricado, se señala que el salto térmico ha de ser de 15°C.

A fin de establecer el salto térmico a aplicar en la presente Especificación Técnica, se han tenido en cuenta las siguientes previsiones o exigencias del CT DB-HE y de las normas UNE.

a) Consideraremos los datos referentes a una zona tipo C1, del CT DB-HE y simplificaremos al caso de Oviedo para aplicar en los cálculos.

b) El aire a la entrada del circuito de ventilación no sobrepasará los 40°C, según la norma UNE-EN 60076-1.

c) El calentamiento del aceite en la parte superior del transformador será inferior a 55°C, según la norma UNE-EN 60076-2.

d) Según la norma UNE 20110, apartado 3, la temperatura del medio refrigerante considerada para el cálculo de la potencia nominal definida en la norma UNE-EN 60076-1 es de 20°C, pero se han tenido en cuenta las desviaciones sobre este valor, de forma que la disminución de vida resultante de un funcionamiento en verano a una temperatura superior a 20°C se compensa con el aumento resultante del funcionamiento a una temperatura inferior a 20°C durante el invierno.

e) El calentamiento, y por tanto la degradación térmica de los aislantes, depende no sólo de la temperatura del aire de refrigeración, sino también del transformador, y así la tabla XVIII de la norma UNE 20110 especifica que el envejecimiento diario, para el caso de un transformador con una carga del 90% de su potencia nominal y refrigerado por aire a 30°C, sería $3,2 * 0,266 = 0,851$ valor inferior a $1 * 1 = 1$ que es el que resultaría para un transformador cargado al 100% y refrigerado por aire a 20°C.

Igualmente, se han tenido en cuenta estas otras premisas:

f) El Proyecto Tipo UNESA al referirse a todo el ámbito español NO ESTA OPTIMIZADO.

g) La curva de carga habitual de los transformadores, en Hidrocantábrico Distribución Eléctrica, S.A., es tal que en las horas de más temperatura ambiente, las potencias demandadas no son las máximas.

h) De acuerdo con el apartado c, el aire de salida tendrá, a plena carga del transformador, una temperatura superior a 40 °C.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

i) Las rejillas de ventilación van situadas en fachada.

El valor que, con arreglo a lo anterior, se ha obtenido como salto térmico es:

$$ST = t_s - t_e = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.1.7.1.- Ventilación natural

La evacuación del calor del transformador se efectúa por los tres procesos de:

- Radiación
- Conducción
- Convección

Los muros y paramentos efectúan la evacuación principalmente por conducción térmica, las puertas lo hacen por radiación (entre 0,5 y 1 kW), el movimiento de aire lo hace por convección.

En la práctica, solamente se tienen en cuenta los efectos de la convección. Este tipo de cálculo, ya de por sí muy conservador, lo es más aún si se tiene en cuenta que en el mismo se considera que el aire es seco, en regiones húmedas como Asturias, una parte del calor cedido por el transformador se emplea en elevar la temperatura del vapor de agua contenido en el aire, por lo que al suponer el aire seco, se obtiene volúmenes de aire con excesos de más del 15%.

Igualmente, ampliando el punto g del apartado anterior, las pérdidas en carga en el transformador son directamente proporcionales al cuadrado de la potencia suministrada, suponiendo un transformador según norma UNE 21428-1 cargado al 75% de su potencia nominal, las pérdidas serían:

- Trafo de 630 kVA : $1,03 \text{ kW} + (0,75)^2 * 6,5 \text{ kW} = 4,69 \text{ kW}$
- Trafo de 1000 kVA : $1,40 \text{ kW} + (0,75)^2 * 10,5 \text{ kW} = 7,31 \text{ kW}$

Es decir, son respectivamente un 36% y un 38% inferiores a las pérdidas a plena carga.

Teniendo en cuenta estas consideraciones se calcularán las superficies de los huecos necesarios para la ventilación.

Para ello se calculará, en primer lugar, el volumen de aire necesario para evacuar la cantidad de calor generada en el transformador por las pérdidas, en un tiempo

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

determinado, para lo que se calculará la cantidad de calor absorbida por un volumen de aire al pasar de la temperatura t_e a la t_s , a presión constante, y se igualará dicho valor a las pérdidas.

Un volumen unidad (m^3) almacenará, respectivamente, a la entrada y a la salida del CT unas cantidades de calor:

$$Q_e = 0,24 * 1,293 * \frac{273}{273} * t_e \text{ kcal/ m}^3$$

$$Q_s = 0,24 * 1,293 * \frac{273}{273} * t_s \text{ kcal/ m}^3$$

Y el calor evacuado será:

$$Q = Q_s - Q_e = 0,24 * 1,293 * \frac{(273)^2}{(273 + t_s) * (273 + t_e)} * (t_s - t_e) \text{ kcal/ m}^3$$

El volumen necesario será:

$$Vol = 0,24 * \frac{P_t}{Q} \text{ m}^3 /s$$
$$Vol = \frac{P_t}{1,293 * \frac{(273)^2}{(273 + t_s) * (273 + t_e)} * (t_s - t_e)} \text{ m}^3 /s$$
$$Vol = \frac{P_t}{K * ST} \text{ m}^3 /s$$

Donde:

- 0,24 kcal/kg°C = Calor específico del aire seco.
- 1 kW = 0,24 kcal/s
- P_t = Pérdidas del transformador en kW.
- t_e = Temperatura del aire a la entrada en °C.
- t_s = Temperatura del aire a la salida °C.
- 1,293 kg/m³ = Peso específico del aire a 0°C y 760 mm de Hg.
- ST = $t_s - t_e$

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

$$K = 1,293 * \frac{(273)^2}{(273 + t_e) * (273 + t_s)}$$

Para el caso particular de un transformador de 1000 kVA a 24 kV, según norma UNE 21428-1, las pérdidas totales son:

$$P_t = 7,31 \text{ kW}$$

y el volumen de aire necesario será, si la temperatura de entrada del aire es 20 °C y la salida 40°C:

$$Vol = \frac{7,31}{1,05 * 20} = 0,348 \text{ m}^3 /s$$

El aire que se calienta al contacto con el transformador aumenta su volumen, o dicho de otro modo, disminuye su peso específico, como consecuencia de ello, y por el teorema de Arquímedes, experimenta un empuje ascensional proporcional a la diferencia de los pesos de dicho aire y del frío que le rodea, o lo que es lo mismo, un volumen de aire de sección unidad y altura H experimenta una presión proporcional a dicha diferencia.

Dicha presión se denomina "Presión de tiro" y su valor es:

$$P = 1,293 * \left(\frac{273}{273 + t_s} - \frac{273}{273 + t_e} \right) * H \text{ kg/m}^2$$

o bien:

$$P = K * ST * H \text{ kg/m}^2 \tag{2}$$

Esta presión se traduce en una velocidad en salida del aire que se obtiene aplicando Bernoulli:

$$\frac{v^2}{2 * g} = \frac{P}{\rho_s} \tag{3}$$

Donde:

- v = Velocidad del aire a la salida en m/s.
- P = Presión del aire a la salida "Presión de tiro" en kg/m².
- g = 9,8 m/sg²
- ps= Peso específico del aire a la salida en kg/m³.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

De (2) y (3):

$$v^2 = \frac{2 * 9,8 * K * ST * H}{(273)^2} \quad (4)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 9,8 * K * ST * H}{1,293 * (273)^2}} \frac{m}{s}$$

Si S es la sección de ventilación buscada, resultará:

De donde:

$$S * v = Vol$$

$$S = \frac{Vol}{v} \quad m^2$$

Sustituyendo en dicha expresión Vol y v por sus valores respectivos (1) y (4)

$$S = \frac{\frac{P_t}{K * ST}}{\sqrt{\frac{2 * 9,8 * K * ST * H}{1,293 * (273)^2}}} \quad m^2$$

O bien:

$$S = \frac{P_t}{K1 * \sqrt{H * ST^3}} \quad m^2 \quad (5)$$

La expresión (5) es muy sencilla de emplear si se tabula K1 para los valores habituales de te y ts, en la tabla III se ha tabulado K1 para valores de 10 a 40 °C.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

TABLA III

te \ ts	30	32	35	37	40
10	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31
12	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30
15	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30
17	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29
20	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29
22	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
25	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28
30	...	0,28	0,28	0,28	0,27

Valores de K1 en función de las temperaturas del aire a la entrada y a la salida del CT

Para el caso particular de:

$$te = 20^{\circ}\text{C}.$$

$$ts = 40^{\circ}\text{C}.$$

$$S = \frac{P_t}{0,29 * \sqrt{H * ST^3}} m^3$$

De la expresión (5) se deduce la importancia de que, a efectos de una buena ventilación, los orificios de entrada y salida del aire estén lo más separados posible, y la importancia fundamental del salto térmico, cuando en el proyecto no se emplean los valores reales de salto térmico que pueda haber en la zona, se suelen sobredimensionar los orificios de ventilación, lo que entraña un mayor precio de las rejillas de ventilación y, en ocasiones, que sea necesario aumentar las dimensiones del CT.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

En la realidad el flujo a lo largo de la altura de los huecos de entrada y salida del aire no es uniforme, por lo que se toma para el valor de H la altura entre las líneas medias de ambos huecos.

3.1.7.1.1.- Cálculo del área neta mínima de ventilación.

Para realizarlo se supone que las rejillas de entrada y salida son idénticas, de longitud l y altura h.

Si la altura útil del CT es H y las rejillas se colocan, de acuerdo con (5), lo más separadas posible para reducir al máximo la superficie de los huecos de ventilación, tomando como valor de la altura de la columna de aire la distancia entre las líneas medias de ambas rejillas la citada expresión (5) se convierte en:

$$S = \frac{P_t}{K1 * \sqrt{(H - h) * ST^3}} \quad (6)$$

De la anterior expresión (6) se deduce de forma inmediata que S será por tanto menor cuanto menor sea h.

En el caso particular de H.C.D.E., se tiene:

- Pt = 7,31 kW
- K1 = 0,29
- ST = 20 °C
- H = 3,1 m mínimo

$$S = \frac{7,31}{0,29 * \sqrt{(3,1 - h) * 20^3}} = \frac{0,28}{\sqrt{3,1 - h}} m^2$$

La superficie calculada por la expresión (6) sería la superficie neta mínima, considerando que no se producen pérdidas al paso del aire por la rejilla, ni por rozamiento con las aletas del transformador, ni de ningún otro tipo.

En la realidad al producirse dichas pérdidas la superficie vendrá afectada de un coeficiente mayor que la unidad, que será función del tipo de rejilla elegido.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

3.1.7.1.2.- Cálculo de las rejillas de ventilación.

En el cálculo de las rejillas ha de tenerse en cuenta la exigencia de la MIE RAT 14 apartado 3.3.2, por lo que se ha previsto un grado de protección IP 33 según UNE 20324.

Las pérdidas en las rejillas son función de su forma, en el caso de la presente Especificación Técnica, para dar cumplimiento al párrafo anterior, y vista la experiencia de las rejillas empleadas en CT tanto en España como en otros países, se ha elegido una rejilla del tipo denominada "lamas en Chevrón".

En la figura 1 se representa una sección de rejilla del tipo citado; para conseguir el grado de protección citado, donde:

$$BE < AB * \cos x$$

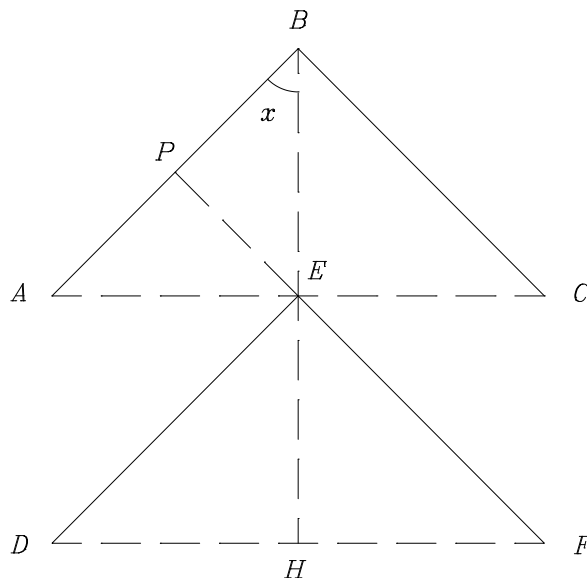


Figura 1

En dicha figura sean:

AB = l, longitud del ala.

AD = p, paso de la rejilla.

a = anchura de la rejilla.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

$$p = AB * \cos x$$

El área libre para paso del aire será, por cada elemento de rejilla:

$$S_1 = PE * a = (AB * \cos x * \text{sen } x) * a$$

$$S_1 = \frac{a * l * \text{sen } 2x}{2}$$

Para que S1 sea máxima para unos mínimos valores de a y l, es necesario que:

$$S_1 = a * l * \cos 2x = 0 ; \cos 2x = 0$$

$$2x = 90^\circ ; x = 45^\circ$$

La superficie máxima se obtiene cuando el ángulo de las alas es de 90°.

En una rejilla de "lamas en Chevrón" con ángulo entre lamas de 90°, como aparece en la figura 2, el aire, al entrar en la misma, tiende a separarse de las paredes, pudiendo considerarse que ocupa el codo ACMN.

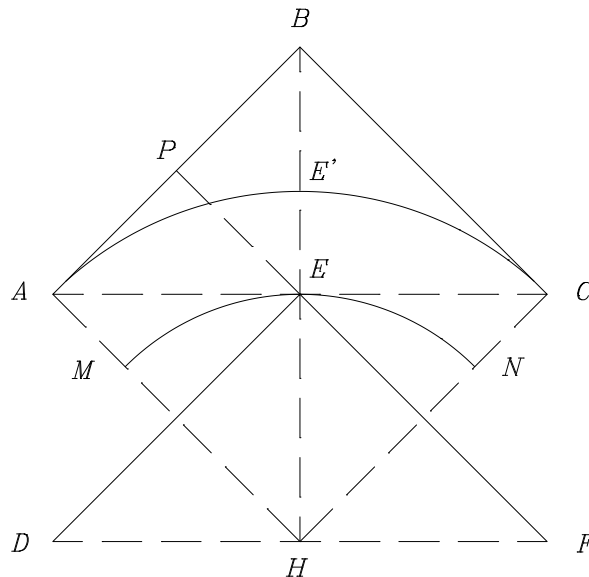


Figura 2

De dicha figura 2 ese deduce que el área neta de dicho codo es proporcional a EE'; y su valor es:

$$EE' = HE' - HE = l - p = (\sqrt{2} - 1) * p = 0,41 p$$

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Es decir el área del hueco de ventilación o "área bruta de ventilación", debe de ser superior en el factor $1/(\sqrt{2} - 1)$ al área obtenida por cálculo según la expresión (6).

Por otra parte se producen unas pérdidas de carga, función tanto de la longitud de las alas de las rejillas como de la velocidad del aire en la misma; además existe una disminución de sección, sobre la del hueco de ventilación, consecuencia del espacio ocupado por la rejilla.

Todo ello equivale a un coeficiente K2, obtenido experimentalmente, que para una rejilla del tipo de la representada en la figura 2 oscila entre 0,8 y 0,9.

Por lo que la expresión (6) se convierte en:

$$S = \frac{P_t}{K1 * K2 * (\sqrt{2} - 1) * \sqrt{d * ST^3}} \text{ m}^2 \quad (7)$$

donde:

Pt = Pérdidas en el transformador en kW.

K1 = Coeficiente de la tabla III.

K2 = Coeficiente que oscila entre 0,8 y 0,9.

d = Diferencia de alturas entre centros de las rejillas (H-h).

ST = Salto térmico.

Para el caso particular de esta Especificación Técnica se ha elegido K2 = 0,8 para obtener valores equivalentes a los que se señalan en el Proyecto Tipo de UNESA, los otros valores son:

Pt = 7,31 kW.

K1 = 0,29

K2 = 0,8

d = 2,514 m según planos PT1T1C4, PT1T2C4 Y PT1T3C4.

ST = 20°C.

Valores que introducidos en (7) dan la superficie de hueco:

$$S = 0,536 \text{ m}^2$$

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

En los planos PT1T1C1 y PT1T1C4 se relacionan las dimensiones del CT para 1 transformador.

A la hora de dimensionar se ha procurado que los huecos para puertas y rejillas tengan unas dimensiones que permitan el cerramiento con fábrica de ladrillo cerámico de formato métrico, según la correspondiente NTE.

Se han adoptado las dimensiones de huecos que figuran en el plano PT1T1C4, que tienen una superficie total de:

$$(1,51 + 1,26) * 0,514 = 1,42 \text{ m}^2$$

la cual es muy superior a la necesaria.

En el caso de 2 transformadores en línea la chimenea de ventilación aumenta la velocidad del aire de salida, y con ello la efectividad de la ventilación; para éste tipo de casos se viene estimando que el empleo de la chimenea equivale a duplicar su área de ventilación, con lo que la superficie equivalente de ventilación, según se desprende del plano PT1T2C4, sería:

$$(1,51 + 1,26 + 2 * 0,51) * 0,514 = 1,95 \text{ m}^2$$

valor superior al calculado para el caso de 2 transformadores (siendo el valor de

$$P_t = 2 * 7,31 = 14,32 \text{ kW}).$$

En el caso de 2 transformadores enfrentados la superficie de ventilación, según se desprende del plano PT1T3C4, sería:

$$(1,51 + 1,26 + 1,26) * 0,514 = 2,07 \text{ m}^2$$

valor igualmente superior al calculado.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.7.2.- Ventilación forzada**

Cuando por las características de ubicación del CT sea imposible ventilar éste por ventilación natural, o cuando se utilicen transformadores antiguos cuyas pérdidas sean superiores a los valores utilizados en los cálculos anteriores, se adoptará el sistema de ventilación forzada.

Para un cálculo exhaustivo del extractor de aire sería necesario establecer las pérdidas en las rejillas de ventilación en función de la velocidad del aire, sin embargo en la práctica, y para este tipo de utilización, es suficiente con establecer un número de renovaciones/hora superior a 10.

Se ha adoptado un extractor tipo helicoidal con motor monofásico a 220 V 50 Hz de nivel de ruido 53 dBA y con un caudal suministrado de 2450 m³/h a 1400 r.p.m. El cual irá dotado de una defensa de protección de aspiración para evitar que se puedan introducir desde el exterior cuerpos extraños, no siendo necesario otro tipo de protección ya que su situación es tal que resulta inaccesible a las personas. Dicho extractor se fijará mediante amortiguadores antivibratorios de caucho roscados M8 de altura 20 mm serie TH 25-2.

Estará gobernado por un termostato de ambiente y un interruptor horario con reserva de energía que impida su funcionamiento entre las 22 y las 7 horas.

El volumen del CT en el caso más desfavorable será del orden de 90 m³, con lo cual, y considerando el caudal suministrado, resulta un número de renovaciones/hora de 27,2.

El volumen de aire evacuado por segundo será:

$$Vol = \frac{2450}{3600} = 0,68 \text{ m}^3$$

Este volumen es un 17% superior al calculado para un transformador, la velocidad del aire de admisión en las rejillas será por tanto solo un 17% superior al caso de ventilación natural por lo que casi no se producen pérdidas suplementarias.

En el plano PT1T4C1 se puede ver la chapa para soporte del extractor.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.8.- Canalizaciones y desagües****3.1.8.1.- Canalizaciones**

Las canalizaciones subterráneas enlazarán con el CT de forma que permitan el tendido directo de cables a partir de la vía de acceso.

Los cables de baja y media tensión entrarán bajo troneras ó tubo aislante en el CT, llegando estos últimos a la celda correspondiente por canal.

Los canales interiores al CT tendrán unas dimensiones tal y como se reflejan en los planos PT1T1C1, PT1T1C2, PT1T2C1, PT1T2C2, PT1T3C1 y PT1T3C2.

Los canales irán protegidos por angulares de acero laminados en frío o similar, de lados iguales, de 40 x 2 mm, sobre los cuales se apoyaran las tapas de chapa estriada de 5 mm de espesor.

En los tubos no se admitirán curvaturas. En los canales, los radios de curvatura serán, como mínimo, de 0,60 cm.

Cuando los tubos o canalizaciones atraviesen paredes, muros, tabiques o cualquier otro elemento que delimite sectores de incendio, su colocación se hará de tal forma que el cierre obtenido presente una resistencia al fuego equivalente al elemento atravesado.

3.1.8.2.- Desagües

El agua que caiga sobre el techo, si existe, desaguará directamente por la cornisa.

El local deberá contar con cota de desagüe suficiente.

Los canales de cable tendrán una solera inclinada, con pendiente del 2% hacia la entrada de cables del CT.

FOSO DE RECOGIDA DE ACEITE

Con la finalidad de permitir la evacuación y extinción del líquido inflamable, se dispondrá de un foso de recogida de aceite, con revestimiento resistente y estanco, según aparece en los planos PT1T1C3, PT1T2C3 y PT1T3C3. En locales cuyas características constructivas lo aconsejen, se permitirá la construcción de Fosos Metálicos.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

En dicho foso se preverán cortafuegos en la parte superior, tales como lecho de guijarro de aproximadamente 5 cm de diámetro.

La capacidad mínima del foso será de 600 litros.

3.1.9.- Carpintería y cerrajería

La carpintería será metálica de la suficiente rigidez, y protegida mediante metalizado con Zn, galvanizado en caliente, u otro recubrimiento antioxidante.

El local del CT contará con los dispositivos necesarios para permanecer habitualmente cerrado, a fin de evitar el acceso de personas ajenas al servicio.

Los elementos delimitadores del CT, puertas, ventanas, etc., tendrán una resistencia al fuego y demás características de acuerdo con el CTE.

3.1.9.1.- Puertas

Las puertas abrirán hacia el exterior, serán de doble hoja, y estarán construidas en chapa de acero laminada en frío tipo Pegaso, sin tratamiento superficial previo, de 1 mm de espesor con las uniones realizadas mediante soldadura y sometándose posteriormente en conjunto a un metalizado con Zn de 50/60 micras de espesor.

Sobre la puerta se colocará la preceptiva señal de riesgo eléctrico tipo AE-21 de aluminio de 0,8 mm de espesor especificada en la Recomendación AMYS 1.4-10, la cual se fijará mediante remaches ó tornillos. No será admisible el empleo de señales de riesgo eléctrico pegadas.

La resistencia al fuego de las puertas debe ser, al menos **EL₂ 45-C5 O 2XEL₂ 30-C5**, según la tabla 2.2 de la sección 1 del CTE-DB-SI.

En el plano PT1T4C1 aparecen los detalles constructivos de las puertas.

Excepcionalmente, en aquellos casos que así lo requiera el conjunto del edificio, se podrá utilizar otro tipo de puerta que se ajuste a las especificaciones de robustez que ofrece la puerta normalizada y que mantenga una resistencia al fuego **EL₂ 45-C5 O 2XEL₂ 30-C5**, garantizándose en todo momento las condiciones de ventilación, tal como se representa en el plano PT1T1C4.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.1.9.2.- Rejillas para ventilación**

Los huecos de ventilación tendrán un sistema de rejillas que impida la entrada de agua, y en su caso tendrán una malla metálica que impida la entrada de insectos.

Estarán básicamente contruidos por un marco y un sistema de lamas o angulares, con disposición laberíntica en el caso de riesgo de introducción de alambre que pueda tocar partes en tensión. Tendrán un grado de protección IP-31.

Una vez construidas al igual que ocurre con las puertas, serán sometidas a un tratamiento de metalizado con Zn de 50/60 micras de espesor.

La clase de reacción al fuego de los conductos de ventilación debe ser, al menos, igual a la de la superficie que atraviesa), según el punto 3 de la sección 1 del CTE-DB-SI. En general, esta resistencia al fuego será EI 120 (i↔o).

En el plano PT1T4C1 aparecen los detalles constructivos de las rejillas.

3.1.9.3.- Tapas de canales interiores

Los canales o fosos de cables fuera de las celdas irán cubiertos por una serie de tapas de chapa estriada de 5 mm de espesor apoyadas sobre un cerco bastidor, constituido por perfiles laminados en frío recibidos en el piso.

En el plano PT1T4C2 aparecen los detalles constructivos de las tapas de canales.

3.1.9.4.- Cortafuegos en foso de recogida de aceite

Estará constituido por un conjunto de bandejas, de chapa de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor, taladradas, de tal forma que se garantice la contención de los guijarros que hacen la función de cortafuegos en caso de derrame de aceite del transformador.

La forma y dimensiones de dichas bandejas se puede ver en el plano PT1T4C3.

3.1.10.- Equipotencialidad

El CT estará construido de manera que su interior presente una superficie equipotencial, para lo cual se seguirán las instrucciones que se enumeran seguidamente.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Las puertas y rejillas metálicas, que den al exterior del CT, estarán sujetas de manera que no tengan contacto eléctrico con las masas conductoras interiores, incluidas las estructuras metálicas de albañilería, susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

En el piso y a 0,10 m de profundidad, respecto al nivel superior del recredido del hormigón, se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0,30 * 0,30 m. Este mallazo se unirá eléctricamente a dos conductores aislados de cobre de 50 mm² de sección que sobresaldrán, en dos puntos preferentemente opuestos del local, 0,30 m por encima del piso del CT, los cuales se conectarán mediante soldadura aluminio-térmica al conductor perimetral de la instalación de puesta a tierra de protección (masas) del CT. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior.

Este mallazo, como ya se comentó, irá cubierto con una capa de hormigón de 0,10 m de espesor.

En el caso de existir en el paramento interior de los muros exteriores o de las paredes interiores armadura metálica, ésta estará unida a la estructura metálica del piso, y aislada respecto a las del resto del edificio según exige el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Cuando sean de temer transmisiones de tensiones eléctricas, y los muros exteriores no sean de doble tabique, el pavimento exterior estará realizado con revestimiento aislante (asfalto, betunes, etc.). La superficie mínima de este revestimiento será tal que cualquier punto de su perímetro diste, por lo menos, 1 m de la pared. Ningún herraje o elemento metálico atravesará la pared.

Los tubos de paso de conductores del servicio del CT serán de naturaleza aislante (por ejemplo, polietileno, PVC, fibrocemento, hormigón, etc.).

3.2.- Instalación eléctrica

La instalación eléctrica corresponde a los aparatos y materiales eléctricos que integran y constituyen propiamente el CT, ya sea en calidad de elementos fundamentales con el fin de distribuir la energía eléctrica, o bien de elementos secundarios, tales como tierras, seguridad para las personas, protección contra incendios e iluminación.

3.2.1.- Conductores de media tensión de alimentación al CT

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Los conductores de alimentación en MT de un CT que formarán parte de la red de H.C.D.E. se ajustarán a lo establecido en la Especificación Técnica ET/ 5017 “Cables unipolares con conductores de aluminio y aislamiento seco para redes de AT hasta 30 KV”.

3.2.2.- Celdas de media tensión

Los dos tipos de celdas a utilizar en los CT serán las de línea y las de protección, cuyas funciones son las siguientes:

a) Celdas de línea.

Son las que se utilizan para las operaciones de maniobra, conectadas a los conductores de entrada o salida, que constituyen el circuito de alimentación al CT.

b) Celdas de protección.

Son las que se utilizan para las funciones de maniobra y/o protección de los transformadores.

Las características de ambos tipos de celdas se ajustarán a lo especificado en las Especificaciones Técnicas ET/5008 “Celdas prefabricadas monobloque de aislamiento en aire para CT hasta 24 KV” y ET/5009 “Celdas prefabricadas monobloque de aislamiento en SF6 para CT hasta 24 KV”.

3.2.3.- Conductores de media tensión para la conexión entre celdas y transformadores

Estos conductores estarán constituidos por cables unipolares de aluminio de aislamiento seco, según la Especificación Técnica ET/5017 “Cables unipolares con conductores de aluminio y aislamiento seco para redes de AT hasta 30 KV”, sección de 95 mm².

Los terminales y los conectores enchufables aislados cumplirán con lo especificado en las Especificaciones Técnicas ET/5018 “Terminales para cables unipolares con conductores AL para redes AT hasta 30 KV” y ET/5015 “Conectores enchufables aislados hasta 36 KV”.

3.2.4.- Transformadores

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Los transformadores serán trifásicos y sumergidos en aceite. Sus características estarán de acuerdo con lo indicado en la Especificación Técnica ET/5024 "Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en BT".

Irán montados sobre carriles según se detalla en los planos PT1T1E3, PT1T2E3, PT1T3E3 y PT1T4C3.

Con el fin de obtener una protección contra contactos accidentales, el transformador irá equipado, en el lado de MT, con bornas enchufables rectas a las que se podrán conectar los terminales enchufables cuyas características se detallan en la Especificación Técnica ET/5015 "Conectores enchufables aislados hasta 36 KV".

En el lado de BT se cubrirán las bornas con un tubo de PVC o polietileno de 120 mm ϕ ; este tubo llevará, hasta la mitad de sus generatrices, midiendo desde la tapa del transformador, perforaciones de 5 mm ϕ , espaciadas 20 mm, a fin de facilitar la refrigeración de las bornas.

3.2.5.- Conductores para la conexión entre transformadores y cuadros de baja tensión

La unión entre las bornas de los transformadores y los cuadros de baja tensión se efectuará por medio de conductores unipolares de cobre con aislamiento de XLPE, y tensión de 0,6/1 kV según se especifica en la Especificación Técnica ET/5079 "Cables unipolares aislados con cubierta de poliolefina para redes subterráneas de BT".

Estos conductores irán dispuestos sobre bandeja en escalera de chapa de acero galvanizada en caliente, de 400 mm de ancho, como mínimo, según aparece en los planos PT1T1E3, PT1T2E3 y PT1T3E3.

Para evitar la transmisión de vibraciones al techo se dispondrán, entre los elementos de sujeción de la bandeja y ella misma, amortiguadores acústicos capaces de soportar hasta 30 kg de carga, de forma que se interrumpa el puente acústico.

3.2.6.- Cuadros de baja tensión

El CT irá dotado de uno o varios cuadros de distribución modular, cuya función es la de recibir el circuito principal de baja tensión procedente del transformador y distribuirlo en un número de circuitos individuales; la conexión externa entre las barras verticales y los conductores procedentes del transformador deberá estar sellada mediante un capuchón aislante. Los cuadros irán montados sobre bastidor metálico de 300 mm de altura, como

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

mínimo, cuyas características constructivas aparecen en los planos PT1T4C4 y PT1T4C5.

Los circuitos de servicios auxiliares del CT (véase apartado 3.1.1.2) irán protegidos por un transformador de separación de circuitos con un nivel de aislamiento de 10 kV.

Las características de los cuadros de baja tensión, cuadros de servicios auxiliares y transformadores de aislamiento se especifican en la Especificación Técnica ET/5010 "Cuadros BT para CT tipo interior".

3.2.7.- Instalación de puesta a tierra

El CT estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de puesta a tierra (defecto) que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra, complementario con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto.

3.2.7.1.- Sistemas de puesta a tierra

Dado que no se puede garantizar que la tensión de puesta a tierra en el CT no sea superior a 1000 V, existirá un sistema de tierras separadas.

3.2.7.2.- Instalación de tierra de protección (masas)

Recorrerá todo el perímetro interior del CT y estará formada por un cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, o en su defecto pletina o varilla de cobre de sección equivalente.

Dicho conductor no será cortado en las derivaciones o conexiones, para lo que se emplearán grapas de tornillos. Se conectará a un dispositivo de seccionamiento, el cual se unirá mediante conductor de cobre aislado 0,6/1 kV de 50 mm² de sección hasta la primera pica del circuito de tierra de protección exterior.

Dicho circuito de tierra de protección estará formado por un conjunto de picas de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud, dispuestas generalmente en hilera con una separación mínima entre ellas de 3 m y unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección, realizándose todas las conexiones con soldadura aluminio-térmica. Su número será tal, que a efectos de proyecto, no se sobrepasen los valores de las tensiones de paso y contacto máximos reglamentarios. En cualquier caso e

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

independientemente de los resultados obtenidos, a efectos de proyecto, dichas tensiones de paso y contacto en el interior del CT serán prácticamente cero, dado que el CT dispondrá de una superficie equipotencial según lo descrito en el apartado 3.1.10.

A la tierra de protección se conectarán:

- Mallazo equipotencial existente debajo del piso del CT.
- Masas de media tensión.
- Masas de baja tensión.
- Pantallas metálicas de los cables.
- Armaduras metálicas interiores de la edificación.
- Cuba metálica y carriles de los transformadores de distribución.
- Bandejas metálicas de cables.
- Pararrayos de media tensión (si existiesen).
- Bornes para la puesta a tierra de los dispositivos portátiles de puesta a tierra.
- Bornes de tierra de los detectores de media tensión.
- Bornes de tierra, pantallas y neutro del secundario de los transformadores (con aislamiento 10 kV) de separación de circuitos.
- Cuchillas de los seccionadores de puesta a tierra.

3.2.7.3.- Instalación de tierra de neutro (servicio)

De acuerdo con el punto 3.2.8.1 existirá otra toma de tierra separada, denominada tierra de neutro, a la que se conectarán:

- Neutros de los transformadores de distribución.
- Bornes de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de baja tensión.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

- Pararrayos de baja tensión (si existiesen).

Esta toma de tierra conectará el borne del neutro de los transformadores de distribución, mediante conductor de cobre aislado 0,6/1 kV de 50 mm² de sección, a un dispositivo de seccionamiento, el cual se unirá mediante conductor de cobre aislado 0,6/1 kV de 50 mm² de sección hasta la primera pica del circuito de tierra de neutro exterior, efectuándose las uniones entre picas con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección y con una separación mínima entre ellas de 3 m y realizándose todas las conexiones con soldadura aluminotérmica.

En función de la intensidad de defecto (I) y de la resistividad del terreno (ρ), la distancia que como mínimo debe mantenerse entre las tierras de protección y de neutro viene dada por la siguiente expresión:

$$D \geq \frac{I * \rho}{2 * \pi * 1000} \quad (32)$$

3.2.7.4.- Naturaleza y constitución de las puestas a tierra**3.2.7.4.1.- Líneas de tierra**

Las líneas de protección y de neutro serán acorde con lo establecido en los apartados 3.2.8.2 y 3.2.8.3..

3.2.7.4.2.- Electrodo de puesta a tierra

Estarán constituidos por cualquiera de los siguientes elementos:

3.2.7.4.2.1.- Picas

Serán de acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 2 m de longitud, el resto de características se ajustarán a lo especificado en la norma UNE 21056.

3.2.7.4.2.2.- Conductores enterrados horizontalmente

Serán cable de cobre desnudo C-50 según las características especificadas en la norma **UNE 207015:2013**.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**3.2.7.5.- Condiciones de instalación de los electrodos**

Las picas se hincarán verticalmente quedando su parte superior a una profundidad de 0,90 m aproximadamente, por debajo de la superficie del terreno.

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

3.2.7.6.- Ejecución de la puesta a tierra

La separación mínima entre las picas será de 3 m.

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

- a) Llevará un borne accesible para la medida de la resistencia de tierra.
- b) Se unirán a los dos conductores de cobre desnudo de 50 mm² de sección que unen el mallazo equipotencial del apartado 3.1.10.
- 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) Las uniones y empalmes entre las picas y los conductores enterrados horizontalmente se realizarán mediante soldaduras aluminotérmicas.
- e) 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.
- f) La resistencia eléctrica entre cualquier punto de la masa o cualquier elemento metálico unido a ella y el conductor de la línea de tierra, en el punto de penetración en el terreno, será tal que el producto de la misma por la intensidad de defecto máxima prevista sea igual o inferior a 50 V.
- g) No se unirá a la instalación de puesta a tierra, ningún elemento metálico situado en los paramentos exteriores del CT (puertas, rejillas, estructuras, etc.).

Las tierras de protección y de neutro estarán distanciadas entre sí una longitud no inferior a la indicada en el apartado 3.2.8.2. y 3.2.8.3..

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Deberá existir la posibilidad de conexasion al circuito de tierra de masas dispositivos portátiles de puesta a tierra y en cortocircuito sobre uno o varios bornes situados en un lugar accesible en el exterior de las celdas y sin riesgo para el operario.

La línea de tierra del neutro de baja tensión se instalará partiendo de la borna del neutro del transformador, y nunca después de las cuchillas del seccionador deslizante del cuadro de BT.

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

3.2.7.7.- Medidas adicionales de seguridad para limitar las tensiones de paso y contacto.

Además de las instalaciones de puesta a tierra exigidas anteriormente, éstas se han de realizar de forma que no se alcancen los valores de las tensiones máximas de paso y contacto peligrosas.

Como medidas adicionales para limitar las tensiones de paso y contacto en el piso del CT se instalará, a 0,10 m de profundidad respecto al nivel superior del recrecido de hormigón, un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 * 0,30 m, tal y como se indica en el apartado 3.1.10. Con esta disposición, como ya se comentó, se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que los valores de las tensiones de paso y contacto en el interior del CT serán prácticamente cero.

3.2.8.- Sistema de protección contra incendios

Para determinar las protecciones contra incendios, que pueden dar lugar las instalaciones eléctricas de Alta Tensión, se tendrá en cuenta lo dispuesto en la MIE-RAT 14 en base a lo cual se adoptarán las medidas que en ella vienen recogidas.

3.2.9.- Alumbrado

Para el alumbrado interior del CT se instalarán las fuentes de luz necesarias para conseguir, al menos, un nivel mínimo de iluminación de 150 lux, en cualquier caso, el número mínimo de luminarias será de 2 y 3 para el caso de 1 ó 2 transformadores, respectivamente, estas luminarias serán estancas y estarán equipadas con 2 tubos fluorescentes de 36 W.

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

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

Los interruptores del alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso. Independientemente a este alumbrado, existirá un alumbrado de emergencia con generación autónoma, estanco, el cual entrará en funcionamiento automáticamente ante una falta de servicio.

El alumbrado de emergencia deberá tener un flujo luminoso tal que abarque la superficie del CT y una autonomía mínima de 1 hora con nivel de iluminación no inferior a 5 lux.

3.2.10.- Señalizaciones y material de seguridad

Los CT cumplirán con las siguientes prescripciones:

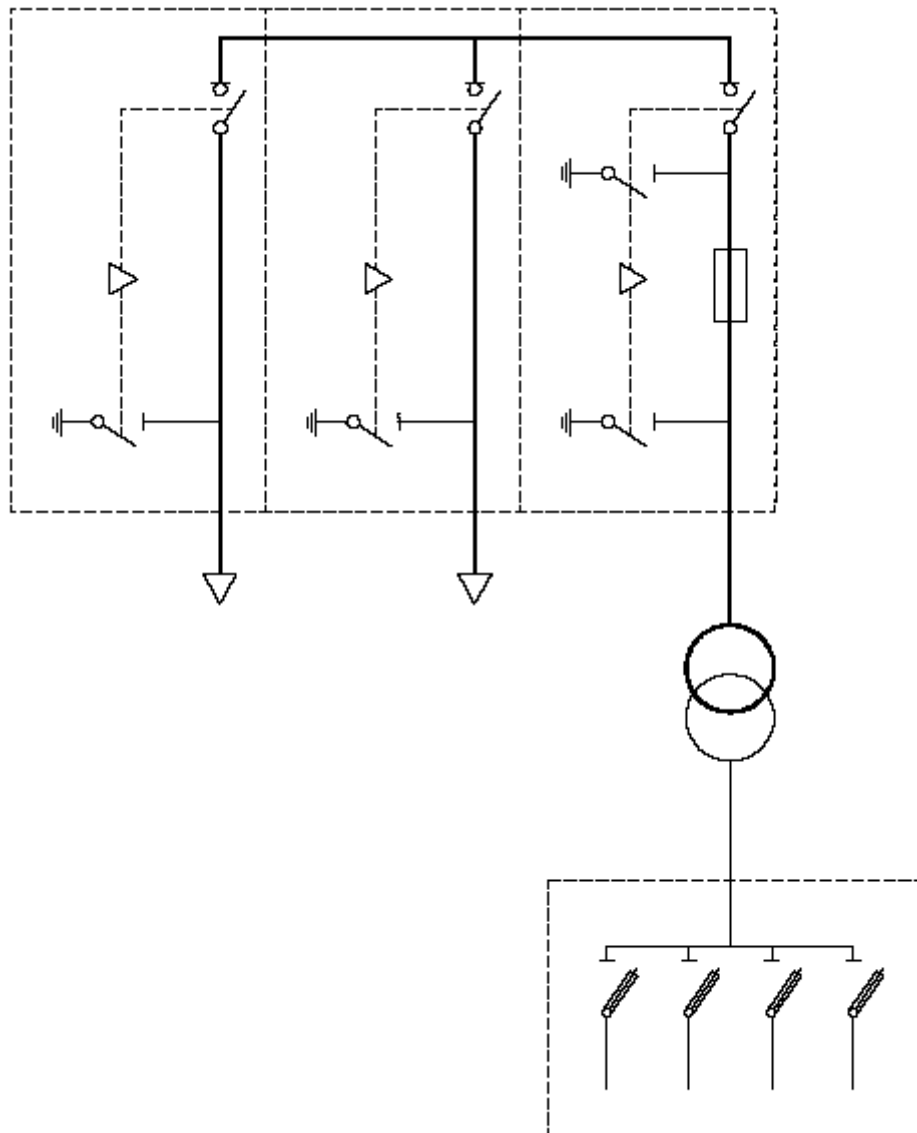
- a) Las puertas de acceso al CT llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.4-10, modelo AE-21 de aluminio de 0,8 mm de espesor, tal como se especifica en el punto 3.1.9.1 de esta Especificación Técnica.
- b) En el acceso al CT se instalará un rótulo identificativo según lo especificado en la ET/5029 "Rótulo identificativo, nombre y número subestación, centro de reparto, centro de transformación y seccionamiento de línea".
- c) 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, su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardíaco. Su tamaño será, como mínimo, UNE A-3.
- d) La instalación para el servicio propio del CT llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad de acuerdo con la norma UNE 61008-1.

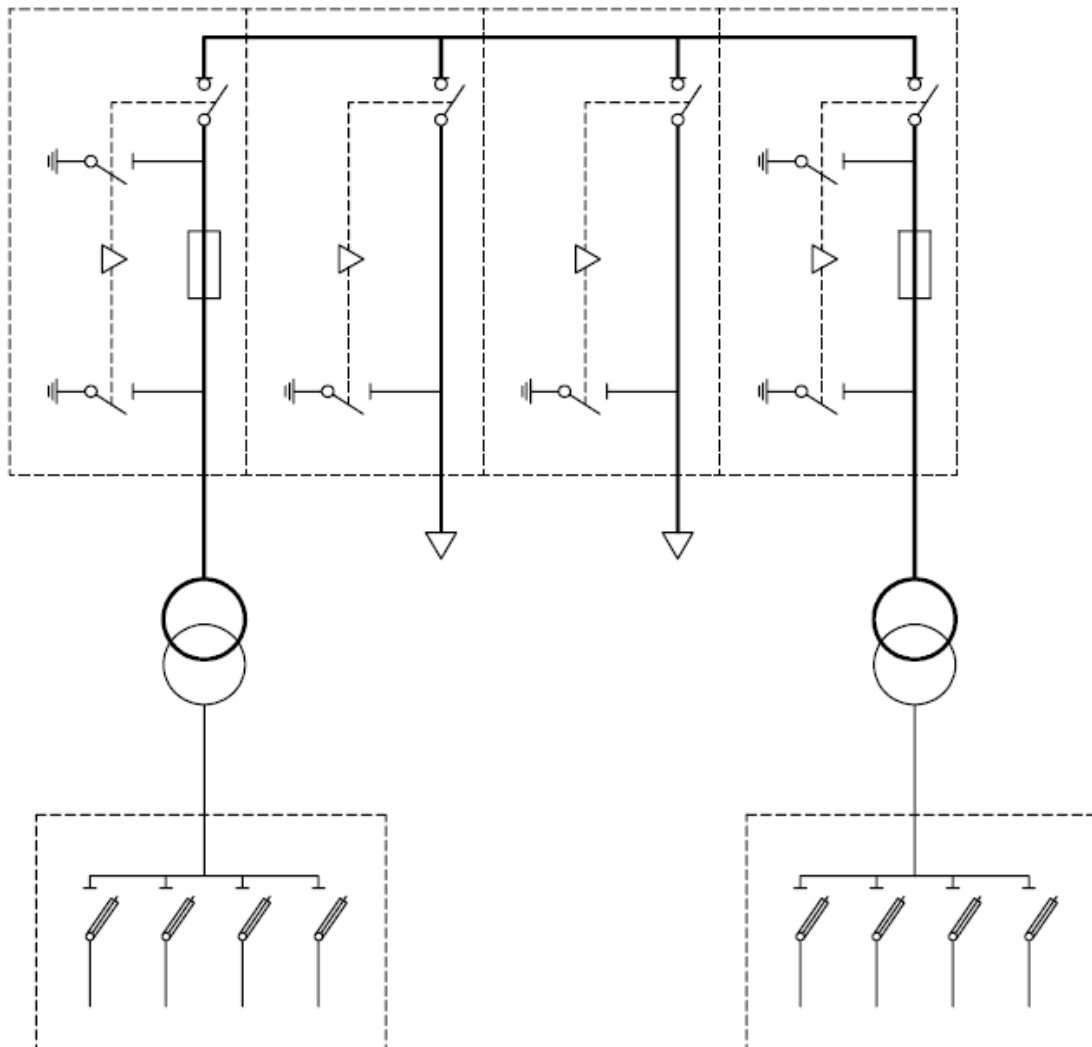
**Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio
destinado otros usos****3.2.11.- Esquemas eléctricos generales**

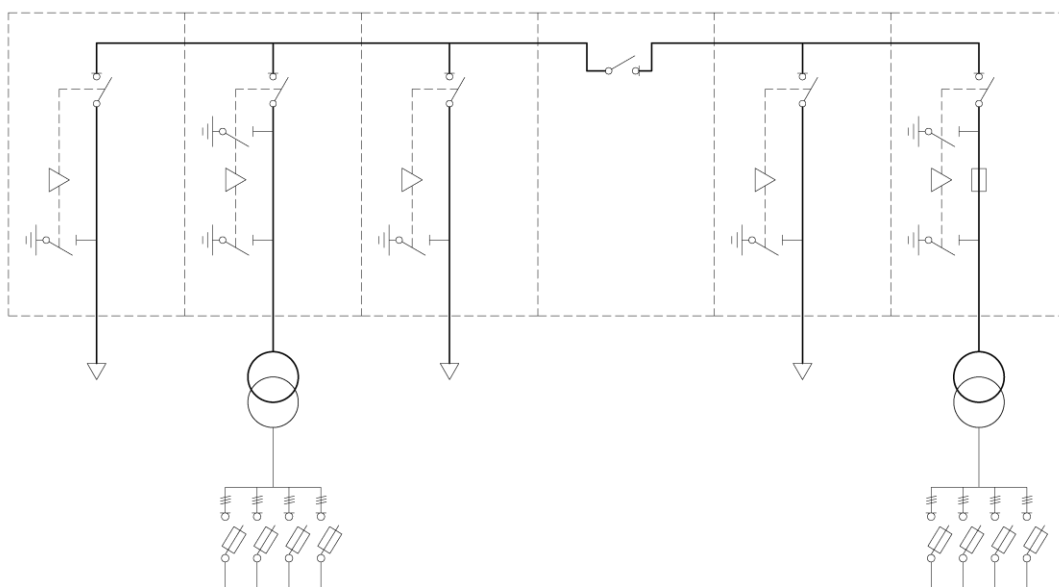
A continuación se indican los esquemas eléctricos para los casos más generales correspondientes a: dos posiciones de línea y una de transformador, tres posiciones de línea y una de transformador, dos posiciones de línea y dos de transformador y tres posiciones de línea y dos de transformador.

En la instalación de baja tensión se supone, siempre, que pueden instalarse módulos de ampliación del cuadro de baja tensión.

DOS POSICIONES DE LÍNEA Y UNA DE TRANSFORMADOR

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**DOS POSICIONES DE LÍNEA Y DOS DE TRANSFORMADOR**

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**TRES POSICIONES DE LÍNEA Y DOS DE TRANSFORMADOR**

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos**RELACIÓN DE PLANOS**

CT PARA 1 TRANSFORMADOR HASTA 1.000 kVA		
Nº PLANO	DESTINO	TITULO
PT1T1C1	OBRA CIVIL	PLANTA, SUELO Y FOSOS
PT1T1C2	OBRA CIVIL	SECCIONES
PT1T1C3	OBRA CIVIL	FOSO TRANSFORMADOR
PT1T1C4	OBRA CIVIL	FACHADA EXTERIOR
PT1T1E1	MONTAJE ELÉCTRICO	RED DE TIERRAS
PT1T1E2	MONTAJE ELÉCTRICO	PLANTA CON CUADRO B.T., CELDAS Y CABLES M.T.
PT1T1E3	MONTAJE ELÉCTRICO	SECCIONES CON CUADRO B.T., CELDAS Y TRANSFORMADOR

CT PARA 1 TRANSFORMADOR HASTA 1.000 kVA (VARIANTE)		
Nº PLANO	DESTINO	TITULO
PT1T5C1	OBRA CIVIL	PLANTA, SUELO Y FOSOS
PT1T5C2	OBRA CIVIL	SECCIONES
PT1T5C3	OBRA CIVIL	FOSO TRANSFORMADOR
PT1T5C4	OBRA CIVIL	FACHADA EXTERIOR
PT1T5C5	HERRAJES	PUERTAS Y REJILLAS
PT1T5C6	HERRAJES	CARRILES Y BANDEJAS APAGAFUEGOS DE TRANSFORMADORES
PT1T5E1	MONTAJE ELÉCTRICO	RED DE TIERRAS
PT1T5E2	MONTAJE ELÉCTRICO	PLANTA CON CUADRO B.T., CELDAS Y CABLES M.T.
PT1T5E3	MONTAJE ELÉCTRICO	SECCIONES CON CUADRO B.T., CELDAS Y TRANSFORMADOR

Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio destinado otros usos

T PARA 2 TRANSFORMADORES HASTA 1.000 KVA EN LINEA		
Nº PLANO	DESTINO	TITULO
PT1T2C1	OBRA CIVIL	PLANTA, SUELO Y FOSOS
PT1T2C2	OBRA CIVIL	SECCIONES
PT1T2C3	OBRA CIVIL	FOSOS TRANSFORMADORES
PT1T2C4	OBRA CIVIL	FACHADA EXTERIOR
PT1T2E1	MONTAJE ELÉCTRICO	RED DE TIERRAS
PT1T2E2	MONTAJE ELÉCTRICO	PLANTA CON CUADROS B.T., CELDAS Y CABLES M.T.
PT1T2E3	MONTAJE ELÉCTRICO	SECCIONES CON CUADROS B.T., CELDAS Y TRANSFORMADORES

CT PARA 2 TRANSFORMADORES HASTA 1.000 KVA ENFRENTADOS		
Nº PLANO	DESTINO	TITULO
PT1T3C1	OBRA CIVIL	PLANTA, SUELO Y FOSOS
PT1T3C2	OBRA CIVIL	SECCIONES
PT1T3C3	OBRA CIVIL	FOSOS TRANSFORMADORES
PT1T3C4	OBRA CIVIL	FACHADA EXTERIOR
PT1T3E1	MONTAJE ELÉCTRICO	RED DE TIERRAS
PT1T3E2	MONTAJE ELÉCTRICO	PLANTA CON CUADROS B.T., CELDAS Y CABLES M.T.
PT1T3E3	MONTAJE ELÉCTRICO	SECCIONES CON CUADROS B.T., CELDAS Y TRANSFORMADORES

**Guía de montaje y construcción de CT tipo interior en edificio
destinado otros usos**

COMUNES A TODOS LOS CT'S		
Nº PLANO	DESTINO	TITULO
PT1T4C1	HERRAJES	PUERTAS Y REJILLAS
PT1T4C2	HERRAJES	TAPAS CANALES DE CABLES
PT1T4C3	HERRAJES	CARRILES Y BANDEJAS APAGAFUEGOS DE TRANSFORMADORES
PT1T4C4	HERRAJES	BASTIDOR CUADRO B.T. (4 SALIDAS)
PT1T4C5	HERRAJES	BASTIDOR CUADRO B.T. (8 SALIDAS)
PT1T4C6	HERRAJES	BASTIDOR CONJUNTO 3 CELDAS M.T. SM6 (M.GERIN)
PT1T4C7	HERRAJES	BASTIDOR CONJUNTO 4 CELDAS M.T. SM6 (M.GERIN)
PT1T4C8	HERRAJES	BASTIDOR AMPLIACIÓN 1 CELDA M.T. SM6 (M.GERIN)

Anexo 1 para proyectos: Tierras

INDICE	<u>Pág.</u>
1 TIERRA DE PROTECCION (MASAS)	2
1.1 Diseño de la instalación	2
1.2 Datos conocidos en el punto de instalación	2
1.2.2 Tiempo de duración de la falta (t)	3
1.2.3 Resistividades	3
1.3 Tensiones máximas admisibles	3
1.4 Densidad máxima de corriente (d)	4
1.5 Resistencia a tierra (R)	4
1.6 Tensión de puesta a tierra (V_o)	4
1.7 Tensión de contacto (V_c)	5
1.9 Verificaciones	5
2 TIERRA DE NEUTRO (SERVICIO)	6

Anexo 1 para proyectos: Tierras

1 TIERRA DE PROTECCION (MASAS)

Con el objeto de evitar que las tensiones de paso y contacto en caso de defecto a tierra, adquieran valores peligrosos para las personas, el Centro de Transformación (C.T.) irá provisto de una instalación de puesta a tierra, concordante con lo establecido en la instrucción MIE-RAT 13.

1.1 Diseño de la instalación

Teniendo en cuenta su carácter preliminar de acuerdo con la MIE-RAT 13 apartado 2.1, la instalación de tierra se compondrá de picas de acero cobrizo de 2 m de longitud y 0.014 m de diámetro, enterradas a una profundidad de 0.9 m y separadas una distancia de 3 m. Estas picas se unirán con un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección y m de longitud total. La línea que une las masas metálicas en el interior del C.T., línea principal de tierra, será de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante los útiles adecuados, separarse estos, con el fin de realizar la medida de la resistencia de tierra. El tramo de línea de enlace con tierra, comprendido entre el punto de puesta a tierra y la primera pica, será de conductor de cobre aislado de 50 mm² de sección.

Los elementos que se unirán a dicha puesta a tierra serán los contemplados en la MIE-RAT 13 apartado 6.1.

1.2 Datos conocidos en el punto de instalación

En concordancia con las características de la red de distribución a la que se conectará el C.T., y las propias de dicho lugar, se han obtenido los siguientes valores:

1.2.1 Intensidad de defecto (I)

En las condiciones actuales de explotación de la red, se estima en A el valor más desfavorable de intensidad que circularía por la puesta a tierra del C.T. en estudio.

Anexo 1 para proyectos: Tierras**1.2.2 Tiempo de duración de la falta (t)**

Según la protección utilizada se considera de 0,3 segundos.

1.2.3 Resistividades

Al ser una instalación clasificada como de 3ª categoría y con una intensidad de defecto a tierra inferior a 16 kA, por observación del tipo de terreno se estima una resistividad media (ρ) de Ωm . El interior del C.T. se encontrará totalmente recubierto de hormigón, estableciéndose la resistividad superficial (ρ_{s1}) en $3.000 \Omega\text{m}$. En el exterior se considera una resistividad superficial (ρ_{s2}) de $1.500 \Omega\text{m}$, todas ellas en las condiciones más desfavorables.

1.3 Tensiones máximas admisibles

Según lo dispuesto en la MIE-RAT 13 apartado 1.1, se obtienen los siguientes valores:

- Tensión de contacto máxima:

$$\frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5 * \rho_s 1}{1.000} \right) = 1.320 \text{ V}$$

- Tensión de paso máxima interior:

$$\frac{10 * K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \rho_s 1}{1.000} \right) = 45.600 \text{ V}$$

- Tensión de paso máxima exterior:

$$\frac{10 * K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \rho_s 2}{1.000} \right) = 24.000 \text{ V}$$

siendo $K = 72$ y $n = 1$, por ser $t = 0,3$ segundos.

Anexo 1 para proyectos: Tierras**1.4 Densidad máxima de corriente (d)**

$$d = \frac{A}{50 \text{ mm}^2} = \text{ A/mm}^2$$

Se obtiene un valor inferior al máximo que establece la instrucción MIE-RAT 13 de 160 A/mm².

1.5 Resistencia a tierra (R)

Según lo indicado en la MIE-RAT 13 apartado 4.2, se tienen las siguientes resistencias a efectos del proyecto:

- Resistencia de las picas:

$$R_p = \frac{\rho}{L_T} = \Omega$$

- Resistencia del conductor:

$$R_c = \frac{2 * \rho}{L_T} = \Omega$$

- Resistencia a tierra de la instalación:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_c}} = \Omega$$

siendo L_T y L'_T las longitudes totales en metros del conjunto de picas y del conductor enterrado, respectivamente.

1.6 Tensión de puesta a tierra (V_o)

En caso de defecto a tierra, el potencial más alto que alcanzarán las masas será:

Anexo 1 para proyectos: Tierras

$$V_o = R * I = \quad V$$

Para evitar tensiones peligrosas transferidas a la parte de baja tensión, el neutro del secundario del transformador se conectará a una toma de tierra separada, según lo dispuesto en la MIE-RAT 13 apartado 7.7. Esta tierra se denomina de Neutro y se definirá más adelante.

1.7 Tensión de contacto (V_c)

En el interior del C.T., la tensión de contacto más desfavorable será:

$$V_c = V_o - K_c * \rho * I = \quad V$$

siendo K_c un coeficiente dependiente del tipo de electrodos y de la profundidad y distribución de la instalación de puesta a tierra.

1.8 Tensión de paso (V_p)

Tanto en el interior como en el exterior del C.T. la tensión de paso prevista más desfavorable será:

$$V_p = K_p * \rho * I = \quad V$$

siendo K_p un coeficiente dependiente del tipo de electrodos y de la profundidad y distribución de la instalación de puesta a tierra.

1.9 Verificaciones

Conforme a lo dispuesto en la MIE-RAT 13 apartado 1.1, se comprueba, a efectos de proyecto, que en ninguna zona del terreno afectada por la instalación de tierra, tanto interior como exterior, se superan las tensiones de paso y contacto máximas reglamentarias.

Una vez construida la instalación de tierra, se comprobarán prácticamente los valores teóricos anteriores, modificando la instalación en caso necesario para cumplir las condiciones generales de seguridad, según lo dispuesto en la MIE-RAT 13 apartado 2.1.

Anexo 1 para proyectos: Tierras**2 TIERRA DE NEUTRO (SERVICIO)**

Con el objeto de evitar transferencia de tensiones peligrosas al lado de B.T., el neutro del transformador se conectará a una tierra separada, así como los bornes de puesta a tierra de los transformadores de intensidad de B.T.

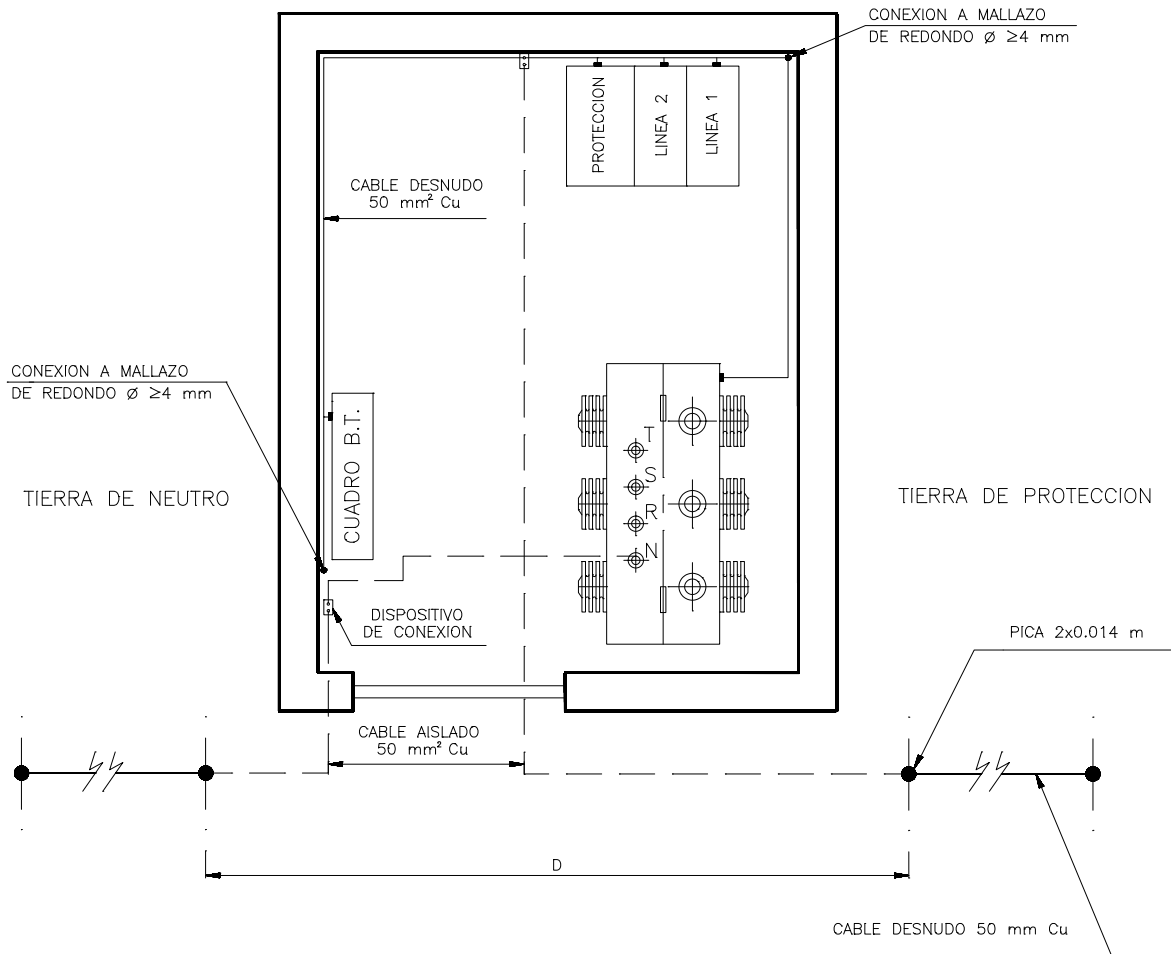
La separación mínima de tierras será:

$$D \geq \frac{I * \rho}{2 * \Pi * 1.000} = m$$

Esta tierra estará formada por un conjunto de picas de acero cobrizado de 2 m de longitud y 0,014 m de diámetro, enterradas verticalmente y unidas por un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse estos, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

La línea que une el borne del neutro del transformador con el punto de puesta a tierra, línea principal de tierra, así como el tramo de línea de enlace con tierra, comprendida entre el punto de puesta a tierra y la primera pica, serán de conductor de cobre aislado de 50 mm² de sección.

Anexo 1 para proyectos: Tierras

Anexo 2 para proyectos: Insonorización 1T

INDICE

Pág.

1 DEFINICION DE LA ACTIVIDAD A LLEVAR A CABO Y HORARIO DE LA MISMA	2
2 MEMORIA TECNICA	2
3 AMORTIGUADORES DE LA VIBRACION.....	3

Anexo 2 para proyectos: Insonorización 1T**1 DEFINICION DE LA ACTIVIDAD A LLEVAR A CABO Y HORARIO DE LA MISMA**

En este local está prevista la instalación de **un transformador** de distribución trifásicos sumergidos en aceite, tipo interior, con una relación de transformación 22 / 0,420 kV entre fases (en vacío); que cumplirán la norma UNE 21428-1, en la que se establece el nivel máximo de ruido en dBA emitido por un transformador sumergido en aceite, en función de su potencia, a partir del cual se obtiene, para el caso de un transformador:

POTENCIA NOMINAL (kVA)	POTENCIA ACUSTICA L_{WA} (dBA)	PRESION ACUSTICA L_{PA} (dBA)
250	62	52
400	65	54
630	67	56
1.000	68	57

El funcionamiento del transformador será continuo 24 horas al día, todos los días del año.

2 MEMORIA TECNICA

Las paredes de cierre de los Centros de Transformación, tipo interior, están formadas como mínimo por:

- Una fábrica exterior de ladrillo hueco doble de 9 cm de espesor, tomado con mortero de cemento M-40, cuya cara externa irá enfoscada y enlucida con un espesor de 1,5 cm y cuya masa unitaria será de 84 Kg/m².
- Una cámara de aire de 4 cm de espesor.
- Una fábrica interior de ladrillo macizo perforado de 11,5 cm de espesor, tomado con mortero de cemento M-40, cuya cara

Anexo 2 para proyectos: Insonorización 1T

externa irá enfoscada y enlucida con un espesor de 1,5 cm y cuya masa unitaria será de 182 Kg/m².

Con este conjunto se proyecta un aislamiento al ruido aéreo de R=47 dBA, con lo que se cumple la Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 en su Artículo 11 (R > 45 dBA).

El Artículo 1, apartados 1 y 2, del Decreto del Principado de Asturias 99/1985 del 17 de Octubre, B.O.P. nº 248 del 28 de Octubre de 1985, regula el nivel sonoro máximo admisible en el interior de las viviendas colindantes al local donde se genera el ruido, fijándolo en un máximo de 28 dBA, y en edificios próximos no colindantes, en los cuales el nivel sonoro máximo en el exterior de la fachada no debe ser superior a 45 dBA, entre las 22 y las 7 horas, período en el que la exigencia es mayor.

En consecuencia, en función del nivel máximo de ruido emitido por la fuente sonora y del aislamiento de los paramentos que la contienen, resulta un nivel de ruido aéreo transmitido al exterior del local de:

$$57 - 47 = 10 \text{ dBA}$$

Considerando una reducción del aislamiento R por transmisión por flancos de F = 5:

$$10 + 5 = 15 \text{ dBA} < 28 \text{ dBA}$$

3 AMORTIGUADORES DE LA VIBRACION

El montaje del transformador se realizará apoyándolo directamente sobre cuatro amortiguadores bielásticos antideslizantes, sin anclajes (montaje A, Artículo 7 del citado Decreto 99/1985).

Cada amortiguador estará formado por dos capas de caucho sintético de diferente densidad, fundidas en un solo cuerpo, con una capacidad de carga de 1.000 Kg.

Anexo 3 para proyectos: Insonorización 2T

INDICE Pág.

1 DEFINICION DE LA ACTIVIDAD A LLEVAR A CABO Y HORARIO DE LA MISMA	2
2 MEMORIA TECNICA	2
3 AMORTIGUADORES DE LA VIBRACION.....	3

Anexo 3 para proyectos: Insonorización 2T**1 DEFINICION DE LA ACTIVIDAD A LLEVAR A CABO Y HORARIO DE LA MISMA**

En este local está prevista la instalación de **dos transformadores** de distribución trifásicos sumergidos en aceite, tipo interior, con una relación de transformación 22 / 0,420 kV entre fases (en vacío); que cumplirán la norma UNE 21428-1, en la que se establece el nivel máximo de ruido en dBA emitido por un transformador sumergido en aceite, en función de su potencia, a partir del cual se obtiene, para el caso de dos transformadores:

POTENCIA NOMINAL (kVA)	POTENCIA ACUSTICA L_{WA} (dBA)	PRESION ACUSTICA L_{PA} (dBA)
2 x 400	68	57
2 x 630	70	59
2 x 1.000	71	60

El funcionamiento de los transformadores será continuo 24 horas al día, todos los días del año.

2 MEMORIA TECNICA

Las paredes de cierre de los Centros de Transformación, tipo interior, están formadas como mínimo por:

- Una fábrica exterior de ladrillo hueco doble de 9 cm de espesor, tomado con mortero de cemento M-40, cuya cara externa irá enfoscada y enlucida con un espesor de 1,5 cm y cuya masa unitaria será de 84 Kg/m².
- Una cámara de aire de 4 cm de espesor.
- Una fábrica interior de ladrillo macizo perforado de 11,5 cm de espesor, tomado con mortero de cemento M-40, cuya cara externa irá enfoscada y enlucida con un espesor de 1,5 cm y cuya masa unitaria será de 182 Kg/m².

Anexo 3 para proyectos: Insonorización 2T

Con este conjunto se proyecta un aislamiento al ruido aéreo de $R=47$ dBA, con lo que se cumple la Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 en su Artículo 11 ($R > 45$ dBA).

El Artículo 1, apartados 1 y 2, del Decreto del Principado de Asturias 99/1985 del 17 de Octubre, B.O.P. nº 248 del 28 de Octubre de 1985, regula el nivel sonoro máximo admisible en el interior de las viviendas colindantes al local donde se genera el ruido, fijándolo en un máximo de 28 dBA, y en edificios próximos no colindantes, en los cuales el nivel sonoro máximo en el exterior de la fachada no debe ser superior a 45 dBA, entre las 22 y las 7 horas, período en el que la exigencia es mayor.

En consecuencia, en función del nivel máximo de ruido emitido por la fuente sonora y del aislamiento de los paramentos que la contienen, resulta un nivel de ruido aéreo transmitido al exterior del local de:

$$60 - 47 = 13 \text{ dBA}$$

Considerando una reducción del aislamiento R por transmisión por flancos de $F = 5$:

$$13 + 5 = 18 \text{ dBA} < 28 \text{ dBA}$$

3 AMORTIGUADORES DE LA VIBRACION

El montaje de cada transformador se realizará apoyándolo directamente sobre cuatro amortiguadores bielásticos antideslizantes, sin anclajes (montaje A, Artículo 7 del citado Decreto 99/1985).

Cada amortiguador estará formado por dos capas de caucho sintético de diferente densidad, fundidas en un solo cuerpo, con una capacidad de carga de 1.000 Kg.

Anexo 4 para proyectos: Varios

INDICE	<u>Pág.</u>
1 ACCESOS	2
2 VENTILACION	2
3 SEÑALIZACION.....	2
4 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....	2
5 PASILLOS Y ZONAS DE PROTECCION.....	2

Anexo 4 para proyectos: Varios

1 ACCESOS

El acceso al Centro de Transformación se realizará directamente desde la vía pública mediante una puerta metálica de doble hoja abatible sobre el muro exterior y con cerradura exclusiva para el personal de Hidroeléctrica del Cantábrico, S.A.

2 VENTILACION

La ventilación será de tipo natural mediante rejillas metálicas situadas en la parte inferior y superior de la fachada exterior, según se refleja en el plano de Montaje y Ventilación. Dichas rejillas dispondrán de una malla interior que impida el paso de pequeños animales y estarán dispuestas de forma tal que no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellas objetos metálicos. Los cálculos se han realizado teniendo en cuenta lo señalado en la ET- 5027, que junto con la guía de montaje de Centro de transformación de interior obra en poder de la Consejería de Industria.

3 SEÑALIZACION

En la puerta de acceso al C.T. se colocará un cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico.

En un lugar bien visible del interior del C.T. se colocará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente.

4 SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Dado que el volumen unitario de aceite de los transformadores es inferior a 600 litros, y además existe personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de estas instalaciones que dispone en su vehículo de dos extintores de eficacia 89B, dicho equipamiento se considerará suficiente, no siendo precisa (aparte del foso de recogida de aceite reflejado en la figura 1) la existencia de extintores en el interior del C.T., conforme a lo establecido en la MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

5 PASILLOS Y ZONAS DE PROTECCION

Las distancias de seguridad referentes a pasillos de servicio y zonas de protección contra contactos accidentales establecidas en la MIE-RAT 14 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas,

Anexo 4 para proyectos: Varios

Subestaciones y Centros de Transformación, tal y como se observa en el plano de Montaje y Ventilación, se cumplen.

Anexo 4 para proyectos: Varios

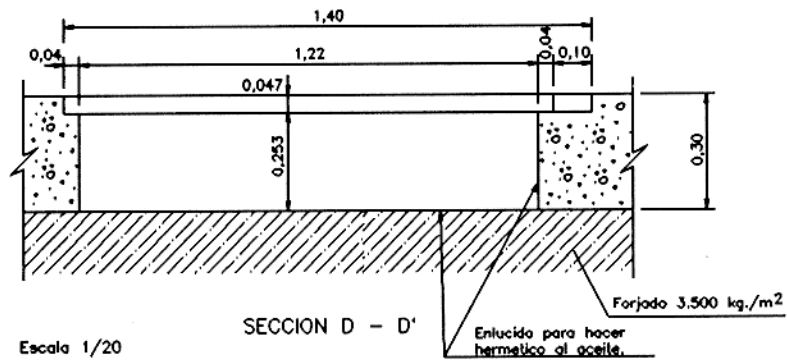
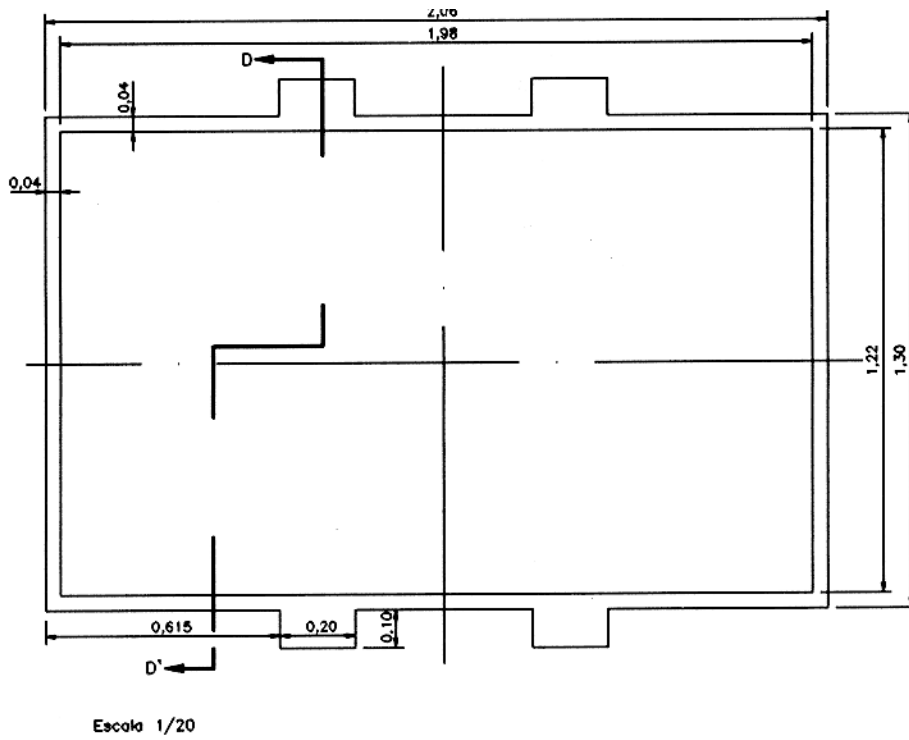


Figura 1