

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL\_ELECTRICIDAD**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400KVA PARA 50 VIVIENDAS**

**AUTOR:** Jesús Orte Largo

**DIRECTOR:** Departamento de Ingeniería Eléctrica

**TUTOR:** Juan Carlos Burgos

Leganes, Junio de 2009



## INDICE

---

0. RESUMEN	2
I. MEMORIA	5
II. PLIEGO	67
III. PRESUPUESTO	82
IV. ANEXO	92
V. PLANOS	97

## **RESUMEN**

## **RESUMEN**

Este proyecto estudia, calcula, justifica y dimensiona la aparamenta eléctrica necesaria para garantizar el suministro eléctrico a un edificio que consta de 50 viviendas promovidas por la Comunidad de Madrid.

A partir de la potencia necesaria en la instalación, se han calculado el resto de los parámetros eléctricos necesarios para el diseño de la red de media y baja tensión, así como toda la aparamenta adecuada para el centro de transformación y las protecciones necesarias, que aseguran el correcto funcionamiento, sin peligro alguno para la instalación ni para el personal que se encuentre en sus proximidades.

La red de media tensión tiene una tensión nominal de 15 kV, y la tensión a la que debemos suministrar la energía es de 400 V.

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 114.882€

## **ABSTRACT**

The present project studies, calculates and justifies the necessary machines to guarantee the electrical supply to a building which consists of 50 apartments of public housing developed by the Government of Madrid.

The electrical parameters and the design of the mains (medium and low tension) have been calculated considering the demanded power of the facilities. In the same way were calculated the rest of the machines needed for the transformer station and the necessary protective devices. All of these elements guarantee the correct performance of the station and the proper safety conditions for both the installation and the people in the surrounding areas.

The half-tension mains provide a 15 kV nominal tension. The transformer station supplies a 400 V current to the building.

The estimated budget for this project is 114.882 €

**MEMORIA**

<b>I MEMORIA</b>
------------------

<b>0</b>	<b>. ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>. OBJETO Y ALCANCE .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>. FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>. EMPLAZAMIENTO .....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>. CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN (MT).....</b>	<b>15</b>
6.1	Características Generales.....	15
6.2	Descripción de la instalación.....	15
6.3	Características de la Red de Alimentación.....	15
6.4	Especificaciones Técnicas del Cable.....	16
6.5	Accesorios .....	16
6.5.1	Terminales de cable.....	16
6.5.2	Terminal enchufable .....	16
6.6	Canalizaciones.....	17
6.7	Cálculos Eléctricos .....	17
6.7.1	Intensidad máxima admisible en régimen permanente.....	18
6.7.2	Caída de Tensión .....	20
6.7.3	Cortocircuito admisible.....	21
6.7.4	Radio de curvatura mínimo.....	22
6.7.5	Potencia máxima a transportar.....	22
6.7.6	Pérdida de potencia.....	23
6.8	Protecciones.....	24



<b>7</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ...</b>	<b>25</b>
7.1	Características Generales.....	25
7.2	Accesos.....	25
7.3	Potencia del centro de transformación.....	26
7.4	Características constructivas .....	27
7.4.1	Características generales.....	27
7.4.2	Muros o tabiques exteriores.....	27
7.4.3	Forjado superior.....	28
7.4.4	Tabiques interiores.....	28
7.4.5	Suelo .....	28
7.4.6	Acabados.....	28
7.4.7	Pozo de recogida de aceite.....	28
7.4.8	Canalizaciones .....	29
7.4.9	Desagües .....	29
7.5	Condiciones acústicas.....	29
7.6	Grado de protección.....	30
7.7	Ventilación .....	30
7.7.1	Ventilación natural.....	30
7.8	Carpintería y cerrajería.....	32
7.8.1	Puertas.....	32
7.8.2	Rejillas para ventilación.....	32
7.8.3	Tapas de canales interiores .....	32
7.8.4	Cortafuegos en foso de recogida de aceite.....	32
7.9	Equipontecialidad .....	33
7.10	Celdas y Aparamenta Eléctrica de MT y BT.....	34
7.10.1	Composición de las celdas.....	34
7.10.2	Características de la Aparamenta de MT.....	35
7.10.3	Características de la aparamenta de BT.....	42
7.10.4	Características del material vario de MT y BT.....	43
7.11	Transformador .....	44
7.12	Cálculos Eléctricos .....	45
7.12.1	Calculo de intensidades .....	45
7.12.2	Cálculo de cortocircuitos.....	46
7.12.3	Dimensionado del Embarrado .....	46

7.13	Protecciones.....	49
7.13.1	Protección contra defectos internos.....	49
7.13.2	Protección contra defectos externos.....	50
7.13.3	Selección de las Protecciones de Alta Tensión.....	51
7.13.4	Selección de las protecciones de Baja Tensión.....	52
7.14	Puesta a Tierra.....	53
7.14.1	Red de Tierra de Protección.....	53
7.14.2	Red de tierra de Servicio.....	56
7.15	Alumbrado, señalización y material de seguridad.....	57
<b>8</b>	<b>. RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN .....</b>	<b>58</b>
8.1	Características Generales.....	58
8.2	Características de la Red de Alimentación.....	58
8.3	Especificaciones Técnicas del Cable.....	58
8.4	Accesorios.....	59
8.5	Canalizaciones.....	59
8.6	Cálculos Eléctricos.....	60
8.7	Protecciones.....	62
<b>9</b>	<b>. COMPENSACION DE ENERGÍA REACTIVA .....</b>	<b>63</b>
9.1	Necesidad de la compensación de la energía reactiva.....	63
9.2	Baterías de condensadores.....	63
9.3	Criterios de Compensación.....	63
9.3.1	Compensación en media tensión.....	64
9.3.2	Compensación en baja tensión.....	64
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>66</b>

## INDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: .....	19
Coeficiente de corrección para cables enterrados a temperaturas distintas de 25 °C.	
Tabla 2: .....	19
Coeficiente de corrección para cables enterrados directamente o en conducciones en terrenos con resistividad diferente de 100°C cm/W	
Tabla 3: .....	20
Coeficiente de corrección para cables enterrados en zanja a diferentes profundidades	
Tabla 4: .....	22
Intensidades máximas de cortocircuito admisibles (kA) para diferentes tiempos de cortocircuitos	
Tabla 5: .....	22
Intensidades de cortocircuito admisibles, en amperios, en pantallas constituidas por una corona de alambres de cobre de diámetro inferior a 1 mm. Norma calculada de acuerdo con la Norma IEC 949	
Tabla 6: Coeficiente de simultaneidad según número de viviendas .....	26
Tabla 7: altura de tiro y velocidad de salida .....	31
Tabla 8: Niveles de aislamiento asignados de la norma EN 60694 .....	37
Tabla 9: Características físicas de las Celdas de Línea.....	40
Tabla 10: Características eléctricas de las Celdas de Línea.....	40
Tabla 11: Características físicas de las Celdas de Protección.....	40
Tabla 12: Características eléctricas de las Celdas de Protección.....	41
Tabla 13: Características físicas de la Celda de Medida.....	41
Tabla 14: Características eléctricas del Transformador de Tensión .....	42
Tabla 15: Características eléctricas del Transformador de Intensidad .....	42
Tabla 16: Características eléctricas del CBTO .....	43
Tabla 17: Características físicas del CBTO.....	43
Tabla 18: Características eléctricas de los Transformadores de Potencia .....	44
Tabla 19: Características físicas de los Transformadores de Potencia .....	45
Tabla 20: Densidad de corriente (A) en función del aislamiento y la sección, para conductores de aluminio .....	61

## **1 . OBJETO Y ALCANCE**

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que las instalaciones que nos ocupan reúnen las condiciones y garantías exigidas por la reglamentación vigente, fijando unas condiciones técnico-sanitarias; con el fin de obtener la autorización administrativa y la de ejecución de las mismas, así como la función de servir de base a la hora de proceder a la ejecución del mismo. Se trata de un Centro de Transformación y un Centro de Seccionamiento Integrado, para suministrar energía eléctrica en Baja Tensión de características normalizadas.

## **2 . FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN**

La transformación resulta de gran aplicación en la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, adecuando en cada caso el valor de la tensión más conveniente, desde el punto de vista económico, atendiendo a la potencia que se va a transmitir, a la longitud de la línea, y a otras circunstancias.

En el caso que nos ocupa, la necesidad es la de transformar la energía eléctrica que nos proporciona la red a una tensión de 15.000 V, en unos valores de 420 V y una potencia máxima simultánea de 330 KW con un factor de potencia igual a 0'95, por consiguiente un potencia máxima simultanea de 348 VA, para su distribución y consumo en el bloque de viviendas situadas en Vallecas, Madrid. Para ello se proyectará un transformador trifásico de 400 KVA.

### **3 . REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES**

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas suplementarias ITC-LAT 01 a 09 (Real Decreto 223/2008, 15 de febrero).

Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Normas particulares y de normalización de la Compañía Suministradora de Energía Eléctrica (UNION FENOSA).

Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.

Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía Eléctrica.

Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER –Red Exterior (B.O.E 19.6.84).

Reglamento de Seguridad e Higiene en Centros de Trabajo.

#### **4 . EMPLAZAMIENTO**

El Centro de Transformación se encuentra ubicado en la parcela situada entre las calles Eduardo Rojo, Sagra, Higinio Rodríguez y una a determinar el nombre, en el termino municipal de Vallecas, Madrid. Se adjunta plano de situación de las instalaciones.

## **5 .CARACTERISTICAS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO**

El Centro de Seccionamiento objeto del presente proyecto es de tipo integrado, tiene la misión de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

La energía será suministrada por la compañía UNIÓN FENOSA a la tensión trifásica de 15kV y frecuencia de 50Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

El Centro de Seccionamiento consta de dos celdas de línea, con sus protecciones correspondientes, a través de las cuales suministraremos la energía a nuestro Centro de Transformación, sin interrumpir el servicio al resto de los centros de transformación próximos, a la vez que nos asegura una segunda entrada del suministro.



## 6 . LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN (MT)

### 6.1 Características Generales

La tensión de la línea es de 15kV, por lo tanto se clasifica como redes de categoría A, según ITC-LAT 06, con una longitud de la línea proyectada entre el Centro de Seccionamiento y el Centro de Transformación de 66m.

La acometida en Alta Tensión al Centro Integrado estará formada por tres cables unipolares subterráneos de tensión 15kV con denominación UNE; RHZ1 12/20 kV 1x95 mm<sup>2</sup> Al, cuyo fabricante elegido es PRISMIAN La conexión de la acometida al Centro se realizara mediante conectores acodados de 12/20kV.

El punto de conexión a la red eléctrica se realizará a la línea subterránea propia de la compañía subterránea, en el punto indicado en el plano adjunto.

### 6.2 Descripción de la instalación

La línea tiene una longitud de 66 metros, y se realizará mediante una línea subterránea, formada por tres conductores HEPRZ1 1x95 mm<sup>2</sup> Al, de aluminio, compactos de sección circular de varios alambres cableados con obturación longitudinal y transversal para impedir la penetración del agua y con cubierta exterior de poliolefina de color rojo y bajo tubo. Cumplirán con lo especificado en la norma UNE-EN 60228 y recomendaciones del fabricante PRYSMIAN.

### 6.3 Características de la Red de Alimentación

Tensión Nominal: 15 kV

Tensión más elevada: 17,5 kV

Tensión a Impulsos

Entre partes activas y tierra: 95 kV

En distancia de seccionamiento: 110 kV

Tensión a 50 Hz en 1 minuto

Entre partes activas y tierra: 50 kV

En distancia de seccionamiento: 60 kV

Intensidad Nominal: 200 A

Potencia de cortocircuito: 200 MVA

## 6.4 Especificaciones Técnicas del Cable

Denominación UNE: RHZ1 12/20 kV 3(1x95)mm<sup>2</sup> Al

Denominación Comercial: Al VOLTALENE H 1x95/16mm<sup>2</sup> 12/20 kV

Sección: 95 mm<sup>2</sup>

Aislamiento: XLPE

Diámetro exterior: 23,2 mm

Diámetro de cuerda: 11,2 mm

Radio mínimo de curvatura: 465 mm

Espesor del aislante: 26 mm

Peso: 770 kg/km

Resistencia a frecuencia de 50 Hz: 0,32 Ω/km

Reactancia a frecuencia de 50 Hz: 0,221 Ω/km

## 6.5 Accesorios

Todos los accesorios son adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las condiciones ambientales.

### 6.5.1 Terminales de cable.

La cubierta de los terminales será de material polimérico. Para el control de gradiente de campo en los terminales, sólo se admitirá el repartidor lineal de tensión.

Las aletas que se coloque para aumentar la longitud de la línea de fuga, si se trata de piezas independientes, deberán quedar perfectamente adheridas. El diámetro de las aletas será como máximo el diámetro de la fase del cable más 100 mm.

El aislamiento del cable quedará cubierto entre el final de la cubierta y el conector terminal, incluyendo la superficie de unión de la soldadura de fricción de dicho conector.

Los materiales poliméricos de las superficies expuestas a contorneo, deberán ser resistentes a la erosión y cumplirán con los ensayos específicos en la UNE 21 316.

### 6.5.2 Terminal enchufable

Los materiales enchufables se componen de un material completamente aislado, que permiten la conexión y desconexión del cable a otro equipo. Los diferentes tipos de terminales se pueden ver en los catálogos de PRYSMIAN.

#### a) Empalmes

El tipo de empalme se elegirá de acuerdo con las características de aislamiento del cable.

#### b) Derivaciones

No se admiten derivaciones en T ni en Y.

## 6.6 Canalizaciones

En este proyecto utilizaremos una canalización entubada enterrada en zanja. Los tubos se situarán a 1 metro de profundidad sobre un lecho de arena de río u otro tipo de arena permeable, de unos 5 cm de espesor. A una distancia mínima de 25 cm por encima de los cables, situaremos una cinta de señalización.

En los cruzamientos de las calzadas y en todos los puntos que se considere oportuno, los tubos irán hormigonados en todo su recorrido.

El trazado de la línea proyectada se ha realizado de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- La longitud de la canalización será lo más corta posible.
- Se evitarán los ángulos pronunciados
- Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a su eje, siempre que sea posible.
- Se respetará las distancias a las fachadas dispuestas por las ordenanzas municipales.

## 6.7 Cálculos Eléctricos

Vamos a realizar el cálculo de la sección según las recomendaciones del fabricante (PRYSMIAN).

Para la determinación de la sección de los conductores de Media Tensión, realizaremos el cálculo en base a tres consideraciones.

- a) Intensidad máxima admisible por el cable en régimen permanente.
- b) Intensidad máxima admisible, en cortocircuito, durante un tiempo determinado.
- c) Caída de tensión.

Ante todo, ha de calcularse la corriente máxima permanente que el cable debe transportar, teniendo en cuenta la potencia a transmitir y la tensión de trabajo nominal, si no se dispone como dato, ya directamente, del valor de la corriente máxima a transportar.

En el caso de existir fluctuaciones de cargas importantes, se deberá disponer del diagrama de cargas correspondiente, esto es, la curva de variación de la corriente en función del tiempo. Con este dato y las condiciones de la instalación, se determina la corriente máxima permanente que se debe tener en cuenta. Una vez conocida ésta, el método más aconsejable es hallar la sección según el criterio de intensidad máxima admisible por el cable en servicio permanente, después se controlará la sección según el criterio de intensidad máxima de cortocircuito y, por último, se verificará el criterio de caída de tensión.

### 6.7.1 Intensidad máxima admisible en régimen permanente

Consiste en la determinación de la sección por intensidad máxima admisible por calentamiento.

Calculamos la corriente máxima a transportar y conocidas las condiciones de la instalación, la selección se determina mediante la Tablas del Anexo A. Esta tabla permite elegir la sección de los conductores en base a la corriente máxima admisible para los diversos valores de tensión de servicio. Como en nuestro caso, se trata de una instalación enterrada, debemos de tener en cuenta que se han tomado en consideración unas hipótesis de la instalación que no se corresponderán con las nuestras, por lo que debemos aplicar los coeficientes de corrección correspondientes. Las hipótesis de partida son:

Temperatura de terreno, 25°C.

Una terna de cables unipolares agrupados en contacto mutuo.

Terreno de resistividad térmica normal (100°Cxcm/W)

Profundidad de la instalación de 70 cm hasta tensiones de 3,6/6 kV y de 100 cm para tensiones entre 6/10 y 18/30 kV.

a) Intensidad de Media Tensión.

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} = 15,4 \text{ A}$$

$I_{N1}$  = Intensidad Nominal en el primario

$S$  = Potencia Instalada, igual a 400 kVA

$U_p$  = Tensión Nominal en el primario, igual a 15 kV

En este caso, tenemos una Intensidad de Alta Tensión de 15,4 A.

b) Factor de corrección por tratarse de cables enterrados en una zanja en el interior de un mismo tubo

Partimos de la intensidad del lado de MT. Como orientación, el fabricante nos recomienda aplicar un coeficiente corrector de 0,8 siempre que estemos en el caso de una línea con cable tripolar o una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo, caso como en el que nosotros estamos. Por lo tanto, la nueva intensidad, viene dada por:

$$I^A = \frac{I_{N1}}{0,8} = 19,25 \text{ A}$$

## c) Factor de corrección por temperatura

Calculamos dicho factor empleando la siguiente expresión.

$$f_{c\theta} = \sqrt{\frac{\theta_2 - \theta_{amb}}{\theta_2 - 25}}$$

$f_{c\theta}$  = factor de corrección debido a la temperatura

$\theta_2$  = Temperatura máxima admisible en el conductor

$\theta_{amb}$  = Temperatura del terreno, en °C

Tabla 1: Coeficiente de corrección para cables enterrados a temperaturas distintas de 25 °C.

10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

## d) Factor de corrección por resistividad del terreno

La resistividad termica del terreno depende de diversos factores como su compactación, granulometría, tipo de materiales que lo forman, la posición del nivel freático, etc, por lo que su estimación resulta complicada en numerosas ocasiones.

El fabricante del cable nos facilita la Tabla 2 con la que se puede aplicar el factor de corrección a cables situados en terrenos cuya resistividad térmica sea distinta del valor de referencia, que en este caso es de 100°C cm/W

Tabla 2: Coeficiente de corrección para cables enterrados directamente o en conducciones en terrenos con resistividad diferente de 100°C cm/W

Tipo de Cable	Resistividad térmica del terreno(°C cm/W)					
	70	100	120	150	200	250
<b>Unipolares</b>	1,09	1,00	0,93	0,85	0,75	0,68
Tripolares	1,07	1,00	0,94	0,87	0,78	0,71

## e) Factor de corrección debido a la profundidad de colocación

Este es un factor difícil de determinar, ya que influyen varios de los factores anteriormente citados. Por un lado, la resistencia teórica crece con la profundidad a la que esté situado, lo que provoca una disminución de la intensidad máxima admisible en el mismo, pero por otro lado, al aumentar la profundidad, disminuye la temperatura del terreno, lo que se traduce en un aumento de la intensidad admisible. Además, al aumentar la profundidad, aumenta también la humedad, lo que suponen un descenso de la resistividad térmica y por tanto, un aumento de la intensidad máxima admisible del cable.

En la Tabla 3 podemos ver el factor de corrección a aplicar.

Tabla 3: Coeficiente de corrección para cables enterrados en zanja a diferentes profundidades

Tipo de instalación	Profundidad de la instalación (cm)				
	70	100	120	150	200
100	1,03	1,00	0,98	0,96	0,94
120	1,05	1,02	1,00	0,98	0,96

Según los cálculos anteriores, tenemos una intensidad nominal de 19,25 A. Ahora, de la tablas que nos facilita el fabricante (PRYSMIAN) elegimos el cable, cuya sección sea la inmediatamente superior, pero hemos de tener en cuenta que está hipótesis no es la más restrictiva, por lo que es muy previsible que la sección necesaria sea mayor que la calculada en este apartado.

Como recomendación, las compañías eléctricas estiman que lo idóneo, para líneas subterráneas de Media Tensión (tensiones inferiores a 20 kV), es un conductor de aluminio unipolar por fase, con una sección de 95 mm<sup>2</sup>, para uniformar a la vez que sobredimensionar la línea.

Según el fabricante, la intensidad admisible por el cable en régimen permanente es de 185 A. Aplicando todo los factores citados anteriormente (todos son igual a 1, excepto el factor de corrección por enterramiento, que es igual a 0,8), obtenemos la intensidad máxima que puede circular por nuestro conductor es de 148 A.

### 6.7.2 Caída de Tensión

La caída de tensión en el caso de los cables de media tensión, tiene poca importancia, a menos que se trate de líneas de gran longitud. Para determinarla, utilizaremos las tablas facilitadas por el fabricante, relacionándolas con la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times L \times I \times ((R \times \cos \varphi) + (X \times \text{sen} \varphi))$$

L = longitud de la línea, en kilómetros (km); igual a 0,066 km

I = Intensidad de la línea, en amperios (A)

R = Resistencia del conductor, en Ω/km, igual a 0,32 Ω/km

X = Reactancia del conductor a frecuencia de 50 Hz, igual a 0,221 Ω/km

cos φ = factor de potencia de la instalación, igual a 0,95

sen φ = lo calculamos a partir del f.d.p (factor de potencia), igual a 0,32

Para este caso, tenemos que la caída de tensión por kilómetro es de 12,5 V/km, y como tenemos una longitud total de 66 metros, la caída de tensión en la línea de MT es de 0,83 V. La compañía suministradora nos fijará una caída de tensión máxima porcentual de un 5%, la expresión en tanto por ciento es:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \times 100, \text{ donde}$$

$\Delta U$  = Caída de tensión

U = Tensión en V, igual a 15.000 V

Como era de esperar, la caída de tensión es prácticamente nula, tiene un valor de  $\Delta U(\%) = 0,0055 \%$

### 6.7.3 Cortocircuito admisible

Se trata de la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos. Se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza en un sistema adiabático y para una temperatura máxima admisible por el aislamiento de 250°C.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calculan de acuerdo con la norma UNE 21192, según la expresión que se muestra a continuación, cuya aplicación se corresponde con cables de aluminio y aislamiento XLPE.

$$I_{cc}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Donde:

$I_{cc}$  = intensidad máxima de cortocircuito (valor eficaz) calculada en una hipótesis adiabática

T = duración del cortocircuito en segundos

S = sección nominal en milímetros cuadrados

$$K = 148 A \cdot s^{0,5} / mm^2$$

$$\beta = 228 \text{ K}$$

$$\theta_f = 250^\circ \text{ C temperatura final}$$

$$\theta_i = 90^\circ \text{ C temperatura inicial}$$

En la siguiente tabla se indican las intensidades máximas de cortocircuito admisibles (kA) en los cables seleccionados, para diferentes tipos de duración de cortocircuitos

Tabla 4: Intensidades máximas de cortocircuito admisibles (kA) para diferentes tiempos de cortocircuitos

Seccion(mm2)	Duracion del cortocircuito(seg)				
	0,1	0,2	0,5	1,5	3
95	28,4	20,1	12,7	7,3	5,2

- Cortocircuito monofásico (entre fase y pantalla)

Como nuestro cable tiene una pantalla de diámetro medio de  $16 \text{ mm}^2$  de carcasa constituido por hilos de cobre en hélice más contraespira, nos vamos a la Tabla 5.

Tabla 5: Intensidades de cortocircuito admisibles, en amperios, en pantallas constituidas por una corona de alambres de cobre de diámetro inferior a 1 mm. Norma calculada de acuerdo con la Norma IEC 949

Diámetro medio de pantalla mm	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
10	5300	3880	3250	2620	1990	1720	1560	1450	1370
16	8320	6080	5090	4110	3130	2700	2440	2270	2150
25	12700	9230	7700	6160	4630	3960	3560	3290	3100

$I_{CC}$  (monofásico, entre fase y pantalla) = 3130 A en 1 segundo.

- Cortocircuito polifásico (entre fases)  
Ver primera gráfica anexo de tablas más importantes del cable de MT.

#### 6.7.4 Radio de curvatura mínimo

$$Radio = 10 \times (D + d) = 344 \text{ mm}$$

$$D = \text{diámetro exterior} = 23,2 \text{ mm}$$

$$d = \text{diámetro de cuerda} = 11,2 \text{ mm}$$

Este es un dato a tener en cuenta a la hora de realizar el tendido de la línea.

#### 6.7.5 Potencia máxima a transportar

La potencia máxima a transportar por la línea viene limitada por la intensidad máxima del cable. Para una sección de  $95 \text{ mm}^2$ , la intensidad máxima en régimen permanente es de 148 A.

La expresión que me da la potencia máxima a transportar es:



$$P_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \times U \times I_{m\acute{a}x} \times \cos \varphi$$

U = Tensi3n en kV, de valor 15 kV

$I_{m\acute{a}x}$  = Intensidad m\acute{a}xima capaz de transportar el conductor, 252 A.

$\cos \varphi$  = factor de potencia de la instalaci3n, igual a 0,95

Por lo cual, la l\acute{i}nea tiene una capacidad de transporte de potencia de 3653 kW.

### 6.7.6 P\acute{e}rdida de potencia

Las p\acute{e}rdidas de potencia, se calculan mediante:

$$\Delta P_p = 3 \times R \times L \times I^2$$

$\Delta P_p$  = P\acute{e}rdida de potencia, en Vatios (W)

R = Resistencia del conductor, en  $\Omega$ /km, cuyo valor es de 0,32  $\Omega$ /km

L = longitud de la l\acute{i}nea, en kil3metros (km)

I = Intensidad de la l\acute{i}nea, en amperios (A),

Por lo que la l\acute{i}nea tiene unas p\acute{e}rdidas de 355,8 W/km, y como tenemos una longitud de 66m = 0,066 km, tenemos unas p\acute{e}rdidas totales de 23,5 W.

$$P_p (\%) = \frac{3 \times R \times L \times I^2}{S_N} = \frac{R \times L \times P_N}{U^2 \times \cos^2 \varphi}$$

$P_p$  = P\acute{e}rdida de potencia, en Vatios (W)

R = Resistencia del conductor, en  $\Omega$ /km, cuyo valor es de 0,32  $\Omega$ /km

L = longitud de la l\acute{i}nea, en kil3metros (km), en este caso es 0,066 km

I = Intensidad de la l\acute{i}nea, en amperios (A),

$P_N$  = Potencia Nominal de la l\acute{i}nea, en Vatios (W), que como m\acute{a}ximo va a ser

$$P_{m\acute{a}x} = S_{m\acute{a}x} \times \cos \varphi = 400 \text{ kVA} \times 0,95 = 380 \text{ kW} = 380 \times 10^3 \text{ W}$$

U = Tensi3n en V, de valor 15.000 V

$\cos \varphi$  = factor de potencia de la instalaci3n, igual a 0,95

Porcentualmente, la l\acute{i}nea de Media Tensi3n, tiene unas p\acute{e}rdidas de  $3,95 \times 10^{-5} \%$ , es decir, unas p\acute{e}rdidas pr\acute{a}cticamente nulas. Por otra parte, este resultado era de esperar, ya que es una potencia peque\~na, a una tensi3n alta, y la l\acute{i}nea es muy corta.

## 6.8 Protecciones

Los cables estarán debidamente protegidos contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que puedan producirse en la instalación.

Para la protección contra sobreintensidades se utilizarán interruptores autoneumáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimentan a los cables subterráneos, es decir, en la subestación transformadora propiedad de la compañía suministradora que abastece la zona. El estudio, elección e instalación de dichos elementos corresponde a la propia compañía suministradora (UNIÓN FENOSA), no siendo objeto de este proyecto.

La protección contra cortocircuitos se realizará por medio de interruptores automáticos. Se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal, que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no dañe el cable.

Las intensidades máximas admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 0,3 segundos, serán las indicadas por la Norma UNE 20-435. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores que las indicadas en aquellos casos en que el fabricante del cable aporte la documentación justificativa correspondiente.

## 7 CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 7.1 Características Generales

El Centro de Transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su anclaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

La acometida al mismo será subterránea propiedad de UNIÓN FENOSA, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 15 kV cuya tensión más elevada es de 17,5 KV, como aparece reflejado en la tabla 2, y una frecuencia de 50 Hz por parte de la compañía suministradora.

Las celdas a emplear serán de la marca Ormazábal, del tipo CGMCOSMOS, compuestas por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre, como elemento de corte y extinción.

El sistema de ventilación utilizado es natural y se realiza a través de rejillas formadas por láminas en forma de “V” invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación. Cada rejilla se complementa interiormente con una malla mosquitera.

Las dimensiones del CT deberán permitir:

a) El movimiento y colocación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación eléctrica.

b) La ejecución de las maniobras propias de su explotación y operaciones de mantenimiento en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen, según se recoge en las instrucciones del MIE-RAT-14 ó MIE-RAT-15 según se trate de maniobra de interior o exterior respectivamente

### 7.2 Accesos

Se accederá al CT directamente desde una vía pública o, excepcionalmente desde una vía privada, con la correspondiente servidumbre de paso que contemple además el transporte del propio CT y/o de los elementos que lo integran, siempre que a juicio de UNION FENOSA se den todas las garantías de libre acceso.

El acceso al interior del CT será exclusivo para el personal autorizado por UNION FENOSA. Cuando este acceso tenga que efectuarse forzosamente a través de trampillas, etc, no podrá situarse en zona que haya de dejarse permanentemente libre, tales como paso de bomberos, salidas de urgencia o socorro, etc...

Para permitir un desplazamiento y manejo fáciles de elementos pesados del CT como transformadores, etc, los accesos por vía privada tendrán la correspondiente señalización de prohibido aparcar.

El emplazamiento elegido para el CT, deberá permitir el tendido, a partir de las vías públicas o galerías de servicio, de las canalizaciones subterráneas. Todos los cables subterráneos podrán tenderse hasta una profundidad de 1,20 m. como mínimo, de un metro en nuestro caso. No se permitirán emplazamientos que obliguen a cruzar espacios privados o comunes situados en el interior de la edificación

### 7.3 Potencia del centro de transformación

Ya que se trata de unas viviendas con una previsión de utilización de aparatos superior a la electrificación básica o con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superior a 160 m<sup>2</sup>, se trata de una electrificación elevada, como menciona el reglamento de baja tensión.

Por lo tanto, las viviendas constarán con un grado de electrificación elevada, la potencia a preveer no será superior a 9 200 W.

La carga total correspondiente a un edificio destinado a viviendas resulta de la suma de la carga correspondiente al conjunto de viviendas, de los servicios generales, y de los garajes que formen parte del mismo.

La carga correspondiente al conjunto de viviendas se obtiene de la suma aritmética de las potencias máximas previstas en cada vivienda por el coeficiente de simultaneidad indicado en la tabla 5, según el número de viviendas.

Tabla 6: coeficiente de simultaneidad según número de viviendas.

<b>Nº de viviendas</b>	<b>Coefficiente de simultaneidad</b>
1	1
2	2
3	3
4	3.8
5	4.6
6	5.4
7	6.2
8	7
9	7.8
10	8.5
11	9.2
12	9.9
13	10.6
14	11.3
15	11.9
16	12.5
17	13.1
18	13.7
19	14.3
20	14.8
21	15.3
n>21	15.3+(n-21) 0.5

La carga correspondiente a los servicios generales, será la suma de las potencias prevista en ascensores, centrales de calor y frío, grupos de presión, alumbrado, y espacios comunes, con un factor de simultaneidad igual a 1.

A su vez, la carga correspondiente a los garajes, se calculará considerando un mínimo de 10 W por metro cuadrado con ventilación natural, y de 20 W por metro cuadrado para ventilación forzada y un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y caracterizando a nuestro proyecto de cincuenta viviendas, con una superficie de garaje de 1220 metros cuadrados con ventilación forzada, y cuyo bloque dispone de dos ascensores en cada extremo del mismo;

Carga correspondiente al conjunto de viviendas, es igual a 274, 16 KW

Servicios generales, es igual a 16 KW

Garaje, 24,4 KW

Alumbrado, 5 KW

Espacios comunes mas grupos de presión; 11 KW

Con una suma total de 330 KW, y un factor de potencia de 0,95 (conseguido con la batería de condensadores proyectada en el apartado nueve.

Se considera, por lo tanto, una potencia máxima simultánea de 348 KVA.

## 7.4 Características constructivas

### 7.4.1 Características generales

El CT deberá cumplir las siguientes condiciones:

-No contendrá canalizaciones ajenas al CT, tales como agua, aire, gas, teléfonos,etc.

-Será construido enteramente con materiales no combustibles.

-Los elementos delimitadores del CT (muros, tabiques, cubiertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (vigas, pilares, etc) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con al Norma UNE 23727.

### 7.4.2 Muros o tabiques exteriores

Se construirán de forma que sus características mecánicas estén de acuerdo con el resto del edificio, asimismo, poseerán características de resistencia al fuego (RF) según la Normativa NBE-CPI 96. Para el dimensionamiento de los espesores, también se tendrá en cuenta lo expuesto en el apartado 1.5 (Condiciones acústicas) cuando se trate de separaciones con otros locales.

#### 7.4.3 Forjado superior

En el caso de que el CT este ubicado de forma que sobre él se prevean cargas excepcionales (zonas de circulación o aparcamiento de vehículos) las características mecánicas se adecuarán a estas circunstancias. En cualquier caso, el valor mínimo de sobrecarga a considerar, será el indicado en el apartado 5.4.2 de la Norma UNE-EN 61330.

#### 7.4.4 Tabiques interiores

Los tabiques interiores, en función de su uso, deberán presentar la suficiente resistencia mecánica. Sus cantos libres, cuando tengan que servir de apoyo a la apartamenta, quedarán rematados con perfiles en U y presentarán la debida solidez para absorber los esfuerzos y vibraciones. Se preverá la sujeción en los mismos de los herrajes, bastidores, paso de canalizaciones, etc.

#### 7.4.5 Suelo

El acabado de la solera se hará con una capa de mortero de cemento de una composición adecuada para evitar la formación de polvo y ser resistente a la abrasión, estará elevada 0,2 m sobre el nivel exterior cuando éste sea inundable. Tendrá una ligera pendiente hacia un punto adecuado de recogida de líquido.

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, mallas de tierra, etc.

#### 7.4.6 Acabados

El acabado de la albañilería tendrá las características siguientes:

- Paramentos interiores: Raseo con mortero de cemento fratasado y pintado, estando prohibido el acabado con yeso.
- Paramentos exteriores: Se realizará de acuerdo con el resto del edificio.
- El pavimento será de cemento continuo bruñido y ruleteado.
- El acabado de los elementos metálicos que intervengan en la construcción del CT deberá garantizar un adecuado comportamiento frente a la oxidación.

#### 7.4.7 Pozo de recogida de aceite

Con la finalidad de permitir la evacuación y extinción del aceite mineral, se dispondrá de pozo de recogida de aceite, con revestimiento resistente al fuego y estanco, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Se tendrá en cuenta en su dimensionamiento el volumen de aceite que puedan recibir.

Se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

Cuando se empleen aparatos en baño de líquidos con temperatura de combustión superior a 300 °C (según MIE-RAT), podrán disponerse en celdas que no cumplan las anteriores prescripciones, sin más que disponer de un sistema de recogida de posibles derrames que impida su salida al exterior.

#### 7.4.8 Canalizaciones

Las canalizaciones subterráneas enlazarán con el CT de forma que permitan el tendido directo de cables a partir de la vía de acceso o galería de servicios-

Los cables de alta tensión entrarán bajo tubo en el CT, llegando a la celda correspondiente por canal o tubo. Estos tubos tendrán un diámetro exterior de 160 mm, y superficie interna lisa.

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

En los CT, se establecerá un sistema de fosos o canales, para facilitar el acceso de los cables de alta tensión a celdas y transformadores.

#### 7.4.9 Desagües

El local deberá contar con cota de desagüe suficiente.

Los fosos o canales tendrán la solera inclinada, con pendiente del 2%, hacia una arqueta sumidero conectada a la arqueta colectora, que puede ir comunicada mediante tubo con el desagüe general o pozo filtrante.

#### 7.5 Condiciones acústicas

Los CT tendrán un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos en las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de las Comunidades Autónomas.

Caso de sobrepasar estos límites, se tomarán medidas correctoras tales como sobredimensionar los espesores de los muros o tabiques de separación del CT y/o emplear amortiguadores para aislar las vibraciones producidas por el transformador.

## 7.6 Grado de protección

Cuando el CT se encuentre con las puertas cerradas, el grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, así como la protección contra la entrada de objetos sólidos extraños y agua será IP23D.

Durante las operaciones de mantenimiento o explotación del CT, con las puertas abiertas, se tomarán otras precauciones para la protección de las personas. En particular, en los CT subterráneos bajo rampa de garaje, cuando la trampilla de acceso de personal se encuentre abierta, se protegerá el hueco mediante una barandilla perimetral.

## 7.7 Ventilación

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

Cuando se prevean transmisiones de calor en ambos sentidos de las paredes y/o techos que puedan perjudicar a los locales colindantes o al propio CT, deberán aislarse térmicamente estos cerramientos.

Las rejas de ventilación deberán situarse en fachada, vía pública o patios interiores de manzana. Poseerán el grado de protección mínimo fijado en el apartado 1.6 y cumplirán lo establecido en la NBE CPI-96.

### 7.7.1 Ventilación natural

Para renovación del aire en el interior del CT, se establecerán huecos de ventilación que permitan la admisión de aire frío del exterior, situándose estos en la parte inferior próxima a transformadores.

La evacuación del aire caliente, (en virtud de su menor densidad) se efectuará mediante salidas situadas en la parte superior de los CT.

Cálculo de la ventilación necesaria:

a) determinación del caudal de aire necesario.

$$V = \frac{P_v + P_{cc}}{1,16(T_2 - T_1)} (m^3 / s) = \frac{P_v + P_{cc}}{69,6(T_2 - T_1)} (m^3 / \text{min})$$

$T_1$  = Temperatura de entrada de aire (°C)

$T_2$  = Temperatura de salida de aire (°C)

V = Caudal de aire necesario

$P_v$  = Potencia de vacío (W)

$P_{cc}$  = Potencia de cortocircuito (W)

La potencia máxima que hay que disipar es la suma de la potencia de cortocircuito mas la potencia de vacío del transformador, admitiendo un calentamiento (diferencia de temperatura respecto a temperatura ambiente) de 20°C, una potencia de cortocircuito de 4785 W y una potencia de vacío de 1320 W. La energía que absorbe 1 m<sup>3</sup> de aire por grado de aumento de temperatura a 35°C y 760 mm Hg es igual a 1,16 KJ/m<sup>3</sup> /°C.



Por lo que queda;

$$V = \frac{1}{1,16 \cdot 20} (4785 + 1320) = 263,15 m^3 / s \approx 4,4 m^3 / \text{min}$$

$$V = 4,4 m^3 / \text{min}$$

b) Determinación de la sección de salida de aire ( $S_2$ ) y entrada de aire ( $S_1$ ).

La sección necesaria ha de ser:

$$S_2 \text{ (sección libre)} = \frac{V}{v_2} m^2$$

Siendo  $v_2$  = Velocidad de salida del aire.

$$S_2 = 4,1 m^2$$

En virtud de que el aire fresco de entrada ocupa menor volumen, se puede proyectar:

$$S_1 = 0,92 S_2$$

$$S_1 = 3,78 m^2$$

Dada la relativa similitud en los diseños de las celdas para transformadores, se puede proceder simplemente determinando la velocidad de salida  $v_2$ , en función de la altura  $h$ , definida en la tabla 6, referida a  $t_2 - t_1 = 20^\circ C$ .

Tabla 7: altura de tiro y velocidad de salida

ALTURA DE TIRO $h$ (m)	VELOCIDAD DE SALIDA $v_2$ (m/s)
3	0,81
4	0,94
5	1,07
6	1,18
7	1,28
8	1,35
9	1,44
10	1,51

Según las necesidades pertinentes y el diseño del centro de transformación en proyección la altura ( $h$ ) del tiro será de 5m

## 7.8 Carpintería y cerrajería

La carpintería podrá ser metálica de la suficiente rigidez, y protegida mediante galvanizado en caliente, u otro recubrimiento antioxidante. Asimismo, podrá ser de material orgánico, tal como poliéster con fibra de vidrio, resistente a la intemperie. Su resistencia mecánica será la adecuada a su situación y a la ubicación y características del CT.

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

Los elementos delimitadores del CT, puertas, ventanas, rejillas, etc., tendrán una resistencia al fuego y demás características de acuerdo con la NBE-CPI-96, y verificarán el grado de protección indicado en el apartado 7.6.

### 7.8.1 Puertas

Las puertas se abrirán hacia el exterior un ángulo de al menos 90°, y cuando lo hagan sobre vías públicas, se deberán poder abatir sobre el muro de la fachada reduciendo al mínimo el saliente.

Asimismo, estarán equipadas con un mecanismo capaz de mantenerlas en posición abierta.

En los CT subterráneos bajo rampa de garaje, la trampilla de acceso de personal, cuando se encuentre abierta, incorporará una barandilla perimetral para protección de los transeúntes.

### 7.8.2 Rejillas para ventilación

Los huecos de ventilación tendrán un sistema de rejillas que impidan la entrada de agua y en su caso, tendrán una tela metálica que impida la entrada de insectos. Estarán constituidos por un marco y un sistema de lamas o angulares, con disposición laberíntica que impida el contacto con partes en tensión.

### 7.8.3 Tapas de canales interiores

Los canales o fosos de cables, fuera de las celdas, irán cubiertos con tapas de hormigón o de chapa estriada, apoyadas sobre un cerco bastidor constituido por perfiles recibidos en el piso.

### 7.8.4 Cortafuegos en foso de recogida de aceite

Estará constituido por un cerco o marco metálico formado por perfiles que sujetan un enrejado que garantice la contención de los guijarros que hacen la función de cortafuegos en caso de derrame de aceite del transformador.

Este sistema irá apoyado sobre salientes constituidos por perfiles metálicos anclados en la bancada, bajo el transformador.

## 7.9 Equipontecialidad

El CT, cuando las operaciones de explotación y mantenimiento se realicen desde el interior del mismo, estará construido de manera que su interior presente una superficie equipotencial. Para ello se seguirán las instrucciones siguientes:

### a) Piso

En el piso, a una profundidad máxima de 0,10 m, se instalará un enrejado de hierros redondos de 4 mm de diámetro como mínimo, formando malla no mayor de 0,30 x 0,30 m, con nudos soldados.

Dicha malla se unirá eléctricamente a la línea de tierra de las masas (apartado 7.5) mediante soldadura.

Si la estructura del muro exterior no está armada, en el interior del CT, y delante de la puerta, se instalará una superficie no conductora hasta alcanzar 1 m de distancia.

### b) Puertas y rejillas

Las puertas y rejillas metálicas que den al exterior del CT, serán recibidas en la pared de manera que no exista contacto eléctrico con las masas conductoras interiores, incluidas estructuras metálicas de la albañilería.

Si la estructura del muro exterior está armada y las puertas y rejillas son metálicas, se instalará un piso no conductor en el exterior, delante de las mismas, hasta 1 m de distancia.

Se podrá omitir la superficie no conductora si el piso exterior del CT está unido equipotencialmente al piso de éste, en cuyo caso la transferencia de tensiones a otros puntos alejados del CT tendrá que ser especialmente considerada al proyectar.

### c) Muros exteriores

Los muros entre sus paramentos, al mes de su construcción, tendrán una resistencia mínima de 10.000 ohmios. La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de 200 cm<sup>2</sup> cada una.

En el caso de existir en el paramento interior armadura metálica, ésta estará unida a la estructura metálica del piso.

Cuando sean de temer transmisiones de tensiones eléctricas, las paredes serán de doble tabique con cámara de separación, o en su defecto, el pavimento exterior estará realizado con revestimiento aislante (asfalto, betunes, etc). La superficie mínima de 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.

## 7.10 Celdas y Apararmenta Eléctrica de MT y BT

En el interior del Centro de Transformación irán alojadas unas celdas donde se integra toda la apararmenta requerida para la maniobra y protección.

Emplearemos celdas compactas debido a que, entre otras ventajas, son más sencillas y seguras de operar, poseen unas dimensiones y pesos reducidos, tienen una mayor protección frente a los agentes atmosféricos y accidentes, y en general es más rápido y sencillo su manipulación e instalación, lo que también nos implicará un menor coste en la instalación.

El Centro de Transformación dispone de cuatro celdas modulares, dos de línea, una de protección y otra de medida. A continuación explicamos la composición y funcionamiento de cada tipo de celda

### 7.10.1 Composición de las celdas

Las partes que componen estas celdas son:

#### a) Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre las celdas sin necesidad de foso y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesorios de los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización en presencia de tensión, y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

#### b) Cuba

Fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, la cuba contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de treinta años, sin necesidad de reposición del gas.

La cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la apararmenta del Centro de Transformación.

#### c) Interruptor-Seccionador o Seccionador de Puesta a Tierra

En interruptor tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos, unos para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado), y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida.

d) Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual.

e) Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

f) Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas es doble. Primero, no permiten que se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado. La otra función que tiene es la de no permitir que se pueda quitar la tapa frontal del seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

### 7.10.2 Características de la Aparamenta de MT

Para este proyecto se van a utilizar Celdas del tipo CGMcosmos, propiedad de la empresa ORMAZABAL.

Las celdas CGMcosmos forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Optamos por un corte en gas SF<sub>6</sub> por su gran capacidad dieléctrica del gas, por su alta capacidad de corte ante intensidades de cortocircuitos, su menor espacio, reducido mantenimiento, así como por lo descrito a continuación:

- La seguridad: no hay riesgo de explosión, incendio ni de manifestaciones exteriores después del corte.

- Las reducidas dimensiones: el vacío y el SF<sub>6</sub> son muy buenos aislantes, por tanto los aparatos son menos voluminosos.

- La fiabilidad: pocas piezas en movimiento con una energía de mando pequeña, de lo que resulta un mantenimiento reducido, una disponibilidad importante, y una duración de vida muy larga.

- La puesta en envolvente más fácil de estos aparatos y la realización de celdas de tensión prefabricadas muy compactas es otra ventaja importante ya que el PdC no está influenciado por la presencia de barreras mecánicas.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Bibliografía: «Reproducción del Cuaderno Técnico nº 193 de Schneider Electric».

a) Características Eléctricas asignadas de la Aparamenta

Las características asignadas comunes, tanto para los seccionadores e interruptores, incluyendo los dispositivos de mando y el equipo auxiliar, como para las celdas prefabricadas (en función de lo que se desee utilizar en la instalación), se elegirán de entre las siguientes:

- **Tensión asignada**

La tensión asignada indica el límite superior de la tensión más elevada de la red para la cual está prevista dicha aparamenta. Este valor no tiene en cuenta las variaciones transitorias debidas, por ejemplo, a maniobras en la red, ni a las variaciones por condiciones anormales, como fallos y averías.

- **Nivel de aislamiento asignado**

El nivel de aislamiento asignado de un aparato de conexión se elegirá de entre los valores indicados en la Tabla 7, correspondientes a las condiciones atmosféricas normales de referencia (temperatura, presión, humedad) dependiendo de las tensiones asignadas. Para tensiones asignadas hasta 245 kV, como es nuestro caso, la elección entre las listas 1 y 2 de cada tensión deberá hacerse considerando el grado de exposición a las sobretensiones del rayo y de la maniobra, el tipo de puesta a tierra del neutro de la red, y en su caso, el tipo de protección contra sobretensiones.

Tabla 8: Niveles de aislamiento asignados de la norma EN 60694

Tensión asignada Ur KV (valor eficaz)	Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial Ud KV (valor eficaz)		Tensión soportada asignada con impulsos tipo rayo Up KV (valor eficaz)	
	Valor común	En la distancia de seccionamiento	Valor común	En la distancia de seccionamiento
3,6	10	12	20	23
			40	46
7,2	20	23	40	49
			60	70
12	28	32	60	70
			75	85
17,5	38	45	75	85
			95	110
24	50	60	95	110
			125	145
36	70	80	145	165
			170	195
52	95	110	250	190
72,5	140	160	325	375
100	150	175	380	440
	185	210	450	520
123	185	210	450	520
	230	265	550	630
145	230	265	550	630
	275	315	650	750
170	275	315	650	750
	425	375	750	860
245	360	415	850	950
	395	460	950	1050
	460	530	1050	1200

- **Frecuencia asignada**

El valor normal de la frecuencia asignada a los aparatos de conexión tripolares es de 50 Hz.

- **Intensidad asignada en servicio continuo<sup>2</sup>**

La intensidad asignada en servicio continuo de un aparato de conexión es el valor eficaz de la corriente que es capaz de soportar indefinidamente en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento.

Conviene elegir los valores de las corrientes asignadas en servicio continuo de la siguiente serie R10 de la CEI 59 (UNE-EN 60059) [4]: 1; 1,25; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8 A y sus múltiplos de 10.

El calentamiento de cualquier parte de un aparato con una temperatura ambiente inferior a 40 °C no deberá superar los valores establecidos en las normas de aplicación de cada aparato. Esta característica no es aplicable a seccionadores de puesta a tierra.

$$I_{nom} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \times U_N} = \frac{4 \times 10^5}{\sqrt{3} \times 15 \times 10^3} = 15,4 A$$

Y se toma como intensidad asignada en servicio continuo el valor inmediatamente superior de la serie R10.

$$I_R = 200 A$$

- **Intensidad admisible asignada en corta duración**

Es el valor eficaz de la corriente que puede soportar un aparato mecánico de conexión en posición de cierre durante un corto período de tiempo especificado (cortocircuito), y en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento.

Conviene elegir el valor normal de la intensidad asignada de corta duración admisible en la serie R10 y este valor deber ser compatible con cualquier otra característica de cortocircuito asignada especificada para el aparato mecánico de conexión.

- **Valor de cresta de la intensidad admisible asignada**

Es el valor de pico de la primera oscilación de la primera amplitud de la corriente de corta duración admisible que un aparato mecánico de conexión puede soportar en las condiciones prescritas de empleo y funcionamiento.

El valor normal de cresta de la intensidad admisible es igual a 2,5 veces el valor de la intensidad de corta duración admisible en equipos de Alta Tensión, como menciona la norma UNE 60071.

---

<sup>2</sup> El Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación establece un valor mínimo de intensidad de servicio continuo para la aparata de 200 A.



- **Duración de cortocircuito asignado**

Es el intervalo de tiempo durante el cual, un aparato mecánico de conexión, en posición de cierre, puede soportar la intensidad asignada de corta duración admisible.

El valor normal de la duración de cortocircuito asignada es de 1 segundo. Si es necesario un valor superior a 1 segundo, se recomienda el valor de 3 segundos.

- **Poder de corte asignado**

El poder de corte es la aptitud que posee un aparato de maniobra de circuitos para interrumpir la corriente. Tanto para las corrientes normales de operación del circuito (interruptores), como para las corrientes de cortocircuitos (interruptores automáticos). El poder de corte se expresa en valor eficaz.

- **Poder de cierre asignado**

El poder de cierre de una aparato de maniobra es la capacidad que tiene el aparato para establecer la corriente sin destrucción. Para las corrientes normales de operación del circuito (interruptores), el poder de cierre se expresa en valor eficaz. Para las corrientes de cortocircuito (interruptores, interruptores automáticos y seccionadores de puesta a tierra) el poder de cierre se corresponde con el valor de cresta de la corriente asignada en cortocircuito.

b) Celda de Línea o Acometida

El Centro de Transformación proyectado dispone de dos celdas de línea, una de entrada, a través de la cual se alimenta al centro mediante una línea de Media Tensión, y otra de salida, desde donde sale la línea hacia otro Centro de Transformación.

La celda modular, función de línea o acometida (CGMCOSMOS-L), utilizadas para la maniobra de entrada o salida de los cables que forman el circuito de alimentación a los Centros de Transformación, está provista de un interruptor seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra). Se utiliza para la acometida de entrada o salida de los cables de MT, permitiendo comunicar el embarrado del conjunto general de celdas.

En la parte frontal de las celdas de línea e integrados en los esquemas sinópticos, están los dispositivos de señalización de la posición.

El funcionamiento de estos dispositivos está directamente ligado al eje del interruptor-seccionador de tres posiciones, sin mecanismos intermedios, lo que permite obtener la máxima fiabilidad.

Tabla 9: Características físicas de las Celdas de Línea

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Fondo (mm)	Peso (kg)
	1740	365	735	95
Bajo Especificación	1300	365	735	86

Tabla 10: Características eléctricas de las Celdas de Línea

Tensión asignada	24 kV
Nivel de aislamiento asignado	
• A tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración	
○ Entre fases y tierra	50 kV
○ En el seccionamiento	50 kV
• A tensión soportada tipo rayo	
○ Entre fases y tierra	125 kV
○ En el seccionamiento	125 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad asignada en serv. continuo	400 A
Int. adm. de corta duración	16 kA
Valor de cresta de la int. adm. corta duración	40 kA
Duración adm. de la int. cortocircuito	1 segundo
Poder de corte asignado	100 A (N. A al seccionador)
Poder de cierre asignado	40 kA

Para ver una descripción más detallada, consultar el catálogo del fabricante en su página web ([www.ormazabal.com](http://www.ormazabal.com))

### c) Celda de Protección

Celda modular con función de protección con interruptor automático (CGMCOSMOS-V), está provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con el seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra), se utiliza para las maniobras de conexión, desconexión y protección general de la instalación, permitiendo conectar con el embarrado del conjunto general de las celdas.

Tabla 11: Características físicas de las Celdas de Protección

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Fondo (mm)	Peso (kg)
Dimensiones	1740	480	850	218

Tabla 12: Características eléctricas de las Celdas de Protección

Tensión asignada	24 kV
Nivel de aislamiento asignado	
• A tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración	
○ Entre fases y tierra	50 kV
○ En el seccionamiento	60 kV
• A tensión soportada tipo rayo	
○ Entre fases y tierra	125 kV
○ En el seccionamiento	145 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad asignada en serv. continuo	400 A
Int. adm. de corta duración	16 kA
Valor de cresta de la int. adm. corta duración	40 kA
Duración adm. de la int. cortocircuito	1 segundo
Poder de corte asignado	400 A (N. A al seccionador)
Poder de cierre asignado	40 kA
Grado de protección de la envolvente	

## d) Celda de Medida

Celda modular con función de medida (CGMCOSMOS-M). Se utiliza para alojar en su interior los transformadores de medida de Tensión e Intensidad, permitiendo comunicar con el embarrado del conjunto general de celdas, mediante cable seco.

Está constituida por tres transformadores de tensión (TT) y tres transformadores de intensidad (TI)

Tabla 13: Características físicas de la Celda de Medida

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Fondo (mm)	Peso (kg)
Dimensiones	1740	800	1025	165 (vacía)

Tabla 14: Características eléctricas del Transformador de Tensión

Tensión asignada	24 kV
Relación de transformación	$16.500/\sqrt{3} - 100x\sqrt{3}$
Sobreintensidad admisible	1,2 $U_N$ en permanencia 1,9 $U_N$ durante 8 horas
Potencia	30 VA
Clase de precisión	0,5
Protección	
Potencia	30 VA
Clase de precisión	3 P

Tabla 15: Características eléctricas del Transformador de Intensidad

Relación de transformación	20-40
Intensidad térmica	200 $I_N$
Sobreintensidad admisible en permanencia $\leq 5$	1,2 $U_N$ en permanencia 1,9 $U_N$ durante 8 horas
Medida	
Potencia	15 VA
Clase de precisión	0,5 s
Protección	
Potencia	15 VA
Clase de precisión	5 P 10

Para más información visitar página web ([www.ormazabal.com](http://www.ormazabal.com))

### 7.10.3 Características de la aparamenta de BT

El cuadro de Baja Tensión (CBT), es un conjunto de aparamenta de BT cuya función es la de recibir el circuito principal de BT procedente del transformador de MT/BT y distribuirlo en un numero determinado de circuitos individuales.

En nuestro caso, se trata de un CBT de la marca ORMAZABAL, modelo CBTO-C, cuyas características se exponen en la Tabla 15:

Tabla 16: Características eléctricas del CBTO

Tensión asignada	440 V
Nivel de aislamiento asignado • A tensión soportada a frecuencia industrial de corta duración	
○ Entre fases y tierra	2,5 kV
○ En el seccionamiento	10 kV
Frecuencia asignada	50 Hz
Intensidad asignada en serv. continuo	400 A
Int. adm. de corta duración	25 kA
Duración adm. de la int. cortocircuito	1 segundo
Grado de protección de la envolvente	IP2X en todo el cuadro

Tabla 17: Características físicas del CBTO

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Fondo (mm)
Dimensiones	1500	1000	300
Hasta 8 salidas			

Para ver una descripción más detallada, consultar el catálogo del fabricante ([www.ormazabal.com](http://www.ormazabal.com))

#### 7.10.4 Características del material vario de MT y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que aunque forma parte del conjunto de dicho Centro de Transformación, no se ha descrito en las características del equipo ni en las de las aparamentas.

##### a) Interconexiones de MT:

Puentes MT Transformador: Cables MT 12/20 kV

Cables MT 12/20 kV del tipo RHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es EUROMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable recto y modelo K-152.

##### b) Interconexiones de BT

Puentes BT - B2 Transformador: Puentes transformador-cuadro. Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión.

##### c) Defensa de transformadores

Defensa de Transformador: Protección física transformador, mediante una protección metálica.

## d) Equipos de iluminación

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

## 7.11 Transformador

El transformador de potencia es el elemento más importante en un centro de transformación, ya que es la máquina que me permite realizar la transformación de un sistema de corriente alterna con unas condiciones de intensidad y tensión, en otro de similares características, pero con la tensión e intensidad deseadas.

En nuestro Centro de Transformación habrá alojado un transformador reductor trifásico, construido según las normas, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural aceite ONAN, de las siguientes características:

Tabla 18: Características eléctricas de los Transformadores de Potencia

POTENCIA (kVA)		400	
Tensión asignada	Primario	Tensión más elevada para el Material 24 kV	
	Secundario	420 V entre fases en vacío	
Relación de transformación		15kV-420 V	
Regulación sin tensión		$\pm 2,5 \pm 5\%$ ó $+2,5 +5 +7,5 +10\%$	
Grupo de conexión		Dyn11	
Pérdidas en vacío (W)		930	
Perdidas en carga (W)		4600	
Impedancia de cortocircuito (%) a 75 °C		4	
Intensidad de vacío al 100 % de $U_N$		1,8	
Nivel de potencia acústica (dB)		65	
Caída de tensión (%) a plena carga	cos $\varphi = 1$		1,2
	cos $\varphi = 0,8$		3,2
Rendimiento (%)	Carga 100%	cos $\varphi = 1$	98,6
		cos $\varphi = 0,8$	98,3
	Carga 75%	cos $\varphi = 1$	98,8
		cos $\varphi = 0,8$	98,6

Tabla 19: Características físicas de los Transformadores de Potencia

POTENCIA (kVA)	400
Longitud (mm)	1430
Anchura (mm)	890
Altura hasta la tapa (mm)	910
Altura hasta pasatapas MT (mm)	1295
Ancho de ruedas (mm)	40
Diámetro de ruedas (mm)	125
Distancia entre ruedas, carros (mm)	520
Volumen de aceite (litros)	300
Peso total (kg)	1390

Para ver una información más detallada, consultar el catálogo del fabricante ([www.cotradis.com](http://www.cotradis.com))

## 7.12 Cálculos Eléctricos

### 7.12.1 Calculo de intensidades

- Intensidad de Media Tensión.

$$I_p = \frac{S}{U_p \times \sqrt{3}}$$

$I_p$  = Intensidad Nominal en el primario.

$S$  = Potencia Instalada.

$U_p$  = Tensión Nominal en el primario.

Tenemos una potencia instalada de 400 KVA, y la tensión en el primario es de 15 kV, tenemos una intensidad en el primario de 15,4 A

- Intensidad de Baja Tensión.

$$I_s = \frac{S}{U_s \times \sqrt{3}}$$

$I_s$  = Intensidad Nominal en el secundario.

$S$  = Potencia Instalada.

$U_s$  = Tensión Nominal en el secundario.

Análogamente al razonamiento anterior, y con una tensión en el secundario de 420 V, tenemos una intensidad de 550 Amperios

### 7.12.2 Cálculo de cortocircuitos

- Intensidad de Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{U_p \times \sqrt{3}} = 7,698 \text{ kA}$$

$I_{CCP}$  = Intensidad de Cortocircuito en el lado de AT

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito de la red de AT

$U_p$  = Tensión Nominal en el primario

La compañía suministradora, UNIÓN FENOSA en este caso, nos ha proporcionado el valor de la potencia de cortocircuito en 200 MVA, y para una tensión en el primario de 15 kV, sabemos que la intensidad de cortocircuito es de 7,698 kA. Todos los elementos de Alta Tensión, como interruptores, pasatapas, cableado, etc. están capacitados para soportar la intensidad de 7,69 kA, por lo que su empleo en este Centro es correcto.

- Intensidad de Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

$$I_{CCS} = \frac{S_N}{U_s \times Z_{CC} \times \sqrt{3}} = 13,7 \text{ kA}$$

$I_{CCS}$  = Intensidad de Cortocircuito en el lado de BT.

$S_N$  = Potencia Nominal del transformador.

$U_s$  = Tensión Nominal en el secundario del transformador.

$Z_{CC}$  = Impedancia de cortocircuito del transformador respecto de  $U_s$ .

Para la potencia nominal de 400 kVA, tensión del secundario de 420V, e impedancia de cortocircuito del 4%, tenemos que la intensidad de cortocircuito del secundario es de 13,7 KA.

Cuando diseñemos el circuito de Baja Tensión, debemos tener la precaución de que el interruptor automático de Baja Tensión soporte las corrientes de cortocircuito.

### 7.12.3 Dimensionado del Embarrado

El embarrado de las celdas está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertas de aislamiento termorretráctil.

Las barras se fijan a las conexiones al efecto existentes en la parte superior del cárter del aparato funcional (interruptor-seccionador). La fijación de barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre las sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 275 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.



Características del embarrado:

- Intensidad nominal 400 A.
- Límite térmico 1 seg. 16 kA ef.
- Límite electrodinámico 40 kA cresta.

Por tanto, hay que asegurar que el límite térmico es superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

a) *Comprobación por densidad de corriente.*

Para la intensidad nominal de 400 A el embarrado de las celdas es de tubo de cobre de diámetro exterior de diámetro 24 mm. y con un espesor de 3 mm., lo que equivale a una sección de 198 mm<sup>2</sup>.

La densidad de corriente es:

$$d = \frac{400}{198} = 2,02 \text{ A/mm}^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura ambiente de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20 mm. y de 818 A para diámetro de 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 y 2,99 A/mm<sup>2</sup> respectivamente. Con estos valores se obtendría una densidad máxima admisible de 3,29 A/mm<sup>2</sup> para el embarrado de diámetro de 24, valor superior al calculado (2,02 A/mm<sup>2</sup>). Con estos datos se garantiza el embarrado de 400 A y un calentamiento de 30°C sobre la temperatura ambiente.

b) *Comprobación por sollicitación electrodinámica.*

Para el cálculo consideramos un cortocircuito trifásico de 16 kA eficaces y 40 kA cresta.

El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, conforme a la siguiente expresión:

$$F = 13,85 * 10^{-7} * f * \frac{I_{cc}^2}{d} * L * \left( \sqrt{1 + \frac{d^2}{L^2}} - \frac{d}{L} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Nw.

f = coeficiente en función de cos φ, siendo f=1 para cos φ =0.

I<sub>cc</sub> = intensidad máxima de cortocircuito = 9600 A eficaces.

d = separación entre fases = 0,2 metros.

L = longitud tramos embarrado = 375 mm.

y sustituyendo, F = 143,6 Nw.

Esta fuerza está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{L} = 0,04 \text{ Kg} / \text{mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se produce en los extremos, siendo:

$$M \text{ max} = \frac{q \cdot L^2}{12} = 468,75 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

El embarrado tiene un diámetro exterior  $D=24$  mm. y un diámetro interior  $d=18$  mm.

El módulo resistente de la barra es:

$$W = \frac{\pi}{32} \left( \frac{D^4 - d^4}{D} \right) = \frac{\pi}{32} \left( \frac{24^4 - 18^4}{24} \right) = 927 \text{ mm}^3$$

La fatiga máxima es:

$$c_e R \text{ max} = \frac{M \text{ max}}{W} = 0,5 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío tenemos:

$$R = 19 \text{ kg/mm}^2. \gg R \text{ máx.}$$

y por lo tanto, existe un gran margen de seguridad.

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 2,8 m.Kg., superior al par máximo (Mmáx).

*c) Cálculo por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.*

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con CEI 60298 por la siguiente expresión, procedente de la hipótesis de igualar el calor generado al calor almacenado

$$\text{Calor generado} = R \cdot I^2 \cdot t .$$

Siendo:

R= resistencia eléctrica

I=intensidad

t=tiempo

$$\text{Calor almacenado} = m \cdot c_e \cdot \Delta t$$

Siendo:

m=masa

$c_e$  =calor específico

$\Delta t$  =incremento de temperatura

$$S = \frac{I}{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{t}{\Delta t}}$$

Siendo:

S = sección de cobre en mm<sup>2</sup> = 198 mm<sup>2</sup>

$\alpha$  = 13 para el cobre

t = tiempo de duración del cortocircuito en segundos

I = Intensidad eficaz en Amperios

$\Delta t$  = 180° para conductores inicialmente a tª ambiente

Si reducimos este valor en 30°C por considerar que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la intensidad nominal, y para I = 16 kA:

$$\Delta t = 150^\circ C$$

$$t = \Delta t \cdot \left(\frac{S \cdot \alpha}{I}\right)^2$$

y sustituyendo:

$$t = 150 * \left(\frac{198 * 13}{16.000}\right)^2 = 3,88 \text{ s.}$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 16 kA eficaces durante más de un segundo.

### 7.13 Protecciones

Dentro de las protecciones del transformador se deben distinguir entre aquellas que lo protegen frente a faltas de origen interno, como los contactos entre los arrollamientos, o entre estos y la masa, el descenso del nivel de aceite en la cuba, etc, y las protecciones que lo protegen frente a causas de origen externo que pueden ocasionar sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones.

#### 7.13.1 Protección contra defectos internos

La protección contra los defectos internos se lleva a cabo mediante un bloque de protección incorporado de serie en el transformador, el cual nos permite ver distintos parámetros internos del transformador, como el nivel de aceite de refrigeración, la temperatura interior, etc.

### 7.13.2 Protección contra defectos externos

Las protecciones contra los defectos externos las vamos a subdividir en:

#### a) Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

El mayor valor de sobrecarga se produce cuando existe un cortocircuito en la salida del secundario del transformador. Para la protección contra sobrecargas se utilizan los siguientes dispositivos:

**Termómetros y termostatos:** La protección frente a sobrecargas se basa en la detección de un calentamiento anormal del aparato, y cuando se detecte la temperatura prefijada, enviará orden de disparo al seccionador en carga de M.T.

**Cartuchos fusibles.** del tipo gTr que protegen al transformador ante sobre cargas y cortocircuitos sin limitar su capacidad de carga. Protegen al transformador contra las sobrecargas fuertes y los cortocircuitos por la fusión de un elemento, cuando la corriente sobrepasa durante un cierto tiempo un valor determinado.

**Seccionadores.** Son los aparatos de maniobra utilizados para aislar los distintos elementos del centro de transformación. Solo se puede maniobrar en vacío, ya que el arco que se produciría en carga puede dar lugar a cortocircuitos y a la destrucción de las cuchillas de contacto. Los seccionadores también se emplean para poner a tierra las líneas cuando se deban revisar, y para dividir las barras activas de una línea.

#### b) Protección contra sobretensiones

Hay tres causas que pueden originar sobretensiones:

Sobretensiones frecuencia industrial, debidas a variaciones bruscas de carga.

Sobretensiones de maniobra, debidas a conexiones y desconexiones bruscas.

Sobretensiones atmosféricas, debidas a la caída de un rayo en un conductor o sus proximidades, o a la propia carga de la atmósfera.

Dentro de las protecciones contra sobretensiones, cabe distinguir entre protecciones internas y externas del transformador.

Protecciones interna del transformador:

Limitador de sobretensión. Se trata de una protección conectada en el lado de baja tensión, que deriva a tierra las tensiones peligrosas del secundario por fallos de asilamiento entre el devanado primario y secundario, del tipo ZnO.

Protección externa del transformador:

Autoválvulas. Las autoválvulas se conectan entre los conductores de la línea y tierra, protegiendo al Centro de Transformación frente a sobretensiones de origen atmosférico. Cuando la tensión es la nominal, la autoválvula es un circuito abierto, pero cuando la tensión es muy elevada, se hace conductora, permitiendo el paso de la corriente a través de ella a tierra e impidiendo así la llegada de la sobretensión al Centro de Transformación. En este caso, por tratarse de un Centro de Transformación en el que tanto la línea de entrada como la de salida son de tipo subterráneo, no necesitamos proteger el transformador con autoválvulas, ya que no aparecerán sobretensiones de origen atmosférico.

Protecciones de cuba. Su misión es controlar las corrientes de fuga a tierra originadas por una sobretensión. Consiste en aislar la cuba del transformador de tierra, conectándola luego a una toma de tierra mediante un conductor que pasa por un anillo toroidal magnético. Sobre el anillo toroidal se arrolla una bobina que conecta con un relé, el cual acciona el interruptor de conexión del transformador.

### 7.13.3 Selección de las Protecciones de Alta Tensión

Los transformadores están protegidos tanto en el lado de Alta Tensión como en el de Baja. En alta tensión, la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión, la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

La protección en el primario del transformador se realiza utilizando una celda de protección con fusibles del tipo gTr, siendo estos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos. Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida, ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles permiten el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida en esa aplicación. Además, no deben producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal, y de una duración intermedia. Tampoco deben disparar cuando se produzcan corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 segundos, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

No obstante, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo una protección térmica del transformador.

Para seleccionar los fusibles se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

-Tensión nominal. Es la tensión entre fases, en kV, más elevada de la red en la que se prevé que va a ser instalado el fusible. Los fusibles utilizados se han dimensionado para soportar una tensión nominal de 24kV, si bien la tensión de servicio de la red de media tensión proyectada es de 15 kV.

-Intensidad Nominal. Es el valor de la intensidad que el fusible puede soportar permanentemente sin calentamiento anormal.

-Intensidad Mínima de corte. Es el valor mínimo de intensidad presunta que provoca la fusión y el corte del fusible. Para los fusibles limitadores de media tensión, esos valores están comprendidos entre 3 y 5 veces el valor de su intensidad nominal.

-Intensidad máxima de corte asignada. Es la intensidad presunta de defecto máxima que el fusible pueda interrumpir. Es imprescindible asegurarse de que el valor de intensidad de cortocircuito de la red no sea más elevado que la intensidad máxima de corte asignada al fusible.

Un transformador impone principalmente tres esfuerzos a un fusible. Por eso, los fusibles deben de ser capaces de cumplir tres condiciones:

1º Arranque del transformador. Los fusibles deben resistir, sin fundirse, la intensidad de cresta del arranque de conexión del transformador. Para ellos, la intensidad de fusión del fusible a 0,1 segundos, debe ser más elevada que 12 veces la intensidad nominal del transformador.

2° Corriente de cortocircuito. El fusible asignado a la protección de un transformador debe evitar, cortando antes, el cortocircuito previsto para este transformador.

Para ello, el poder de corte del fusible limitador ha de ser mayor que la intensidad generada por un eventual cortocircuito en el secundario del transformador.

3° Servicio continuo. Los fusibles proyectados soportan la intensidad en servicio continuo y las eventuales sobrecargas. La intensidad nominal del fusible tiene que ser superior a 1,4 veces la intensidad nominal del transformador.

Para el transformador de 400 kVA, según las recomendaciones del fabricante (FUSARC de Schneider Electric) y de Unión Fenosa, utilizaremos un fusible de 40 A.

Conocidas las exigencias que deben reunir los fusibles limitadores de media tensión a instalar, se procede a la selección de los mismos entre los disponibles en el mercado.

#### 7.13.4 Selección de las protecciones de Baja Tensión

Cada salida de Baja Tensión cuenta con un fusible, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal a esa salida, y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

## 7.14 Puesta a Tierra

La puesta a tierra, tiene un doble objetivo:

1º Garantizar la seguridad de las personas en caso de defecto. Para ello se calculan los valores máximos previsibles de las tensiones de paso y contacto en la instalación, comprobándose que son menores que los valores admisibles prescritos por el reglamento.

2º Garantizar la integridad de la instalación en caso de defecto. Para ello se calcula el potencial de defecto, que debe ser menor que el potencial más bajo empleado en la instalación, con el fin de que no se produzca alguna avería por sobreintensidades o fallo en los elementos aislantes.

Se debe distinguir entre la línea de tierra de la puesta a tierra de Protección, y la línea de tierra de puesta a tierra de Servicio.

### 7.14.1 Red de Tierra de Protección

A la red de tierra de protección se deberán conectar las masas de los elementos eléctricos, como por ejemplo la cuba del transformador, las envolvente metálicas del cuadro de baja tensión, la celda de alta tensión en dos puntos, la pantalla del cable, los extremos de conexión celdas y ambos extremos en conexión del transformador.

- El primer paso es calcular la resistencia de tierra

Vamos a calcular una malla de tierra con una longitud de 10 metros y una anchura de 3 metros. Este dato nos viene impuesto por la superficie del centro de transformación en cuestión. La separación entre los hilos de cobre desnudo va a ser de 2 metros transversalmente y de 1,5 metros longitudinalmente. La resistividad del terreno está estimada en  $150 \Omega\text{m}$  según el REBT.

$$R_{Tierra} = \frac{\rho}{4 \times r} + \frac{\rho}{L}$$

$R_{Tierra}$  = Resistencia de la red de tierra

$\rho$  = resistividad del terreno

$r$  = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la

malla, y lo obtenemos mediante la siguiente expresión  $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$

$L$  = longitud total de los conductores enterrados

Con todos estos datos, obtenemos una resistencia de tierra con un valor de  $15,26 \Omega$

- Seguidamente, partiendo de la intensidad de cortocircuito del primario, calculo una nueva intensidad de cortocircuito, aplicando los Factores de Crecimiento y Decremento

$$I_{CC1} = I_{CC} \times F_D \times F_C$$

$I_{CC}$  = Intensidad de cortocircuito

$F_D$  = Factor de decremento, en función de la duración de la falta en segundos.

$F_C$  = Factor de crecimiento del Centro de Transformación

Para un valor tabulado del factor de decremento de 1,2 y un factor de crecimiento de 1,5; obtenemos una intensidad de cortocircuito corregida ( $I_{CC1}$ ) de 13,8 KA

- Cálculo de la Tensión de Malla

$$E_{Malla} = k_m \times k_i \times \rho \times \frac{I_{CC1}}{L}$$

$k_m$  = factor, que viene expresado por la función

$$k_m = \frac{1}{2 \times \Pi} \times \text{Ln} \left( \frac{D^2}{16 \times h \times d} \right) + \frac{1}{\Pi} \times \text{Ln} \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \dots \times \frac{2N-3}{2N-2} \right); \text{ donde:}$$

$D$  = Separación transversal de los hilos de la malla

$h$  = profundidad de los hilos que forman la malla

$d$  = diámetro de los hilos que forman la malla

$N$  = Número de hilos longitudinales

Para el calculo de la constante  $k_m$ , sabemos que la separación transversal de los hilos de la malla es de 2m, enterrados a una profundidad de 0,5 metros, con una sección de 25 mm<sup>2</sup> en cobre, y un total de 3 hilos de cobre, por lo que tenemos un valor de  $k_m = 0,3852$

$k_i$  = factor, que viene expresado por la función:

$$k_i = 0,65 + 1,172 \times N$$

Para un mismo número de hilos longitudinales, obtenemos un valor de  $k_i$  igual a 1.1660

$\rho$  = resistividad del terreno, en  $\Omega$

$I_{CC1}$  = Intensidad de cortocircuito corregida, en amperios

$L$  = Longitud total de hilos de la malla, en metros

Con ambas constantes calculadas, y todos los demás datos definidos, obtenemos una tensión de malla de 349,3127 Voltios.

Esta tensión de malla, debe ser menor que la tensión de paso y que la de contacto



- Cálculo de la longitud mínima de seguridad

$$L_{\text{mínima}} = \frac{k_m \times k_i \times I_{CC1} \times \sqrt{t}}{116 + 0,17 \times \rho_s}$$

$k_m$  = factor definido en el punto anterior

$k_i$  = factor definido en el punto anterior

$I_{CC1}$  = intensidad de cortocircuito en amperios

$t$  = duración total de la falta

$\rho_s$  = resistencia superficial del terreno

Esta longitud mínima de seguridad, representa la longitud mínima total que debe tener la malla, para que la tensión de la malla sea mayor que la tensión de contacto.

Como en la superficie del terreno tenemos un pavimento de hormigón de unos 20 cm de longitud, la resistencia de la superficie se ve aumentada, y la podemos estimar en  $1500\Omega\text{m}$ .

- Cálculo de las corrientes tolerables por el cuerpo

$$E_{\text{PASO}} = \frac{116 + 0,7 \times \rho_s}{\sqrt{t}}$$

$$E_{\text{CONTACTO}} = \frac{116 + 0,17 \times \rho_s}{\sqrt{t}}$$

$E_{\text{PASO}}$  = tensión de paso máxima admisible

$E_{\text{CONTACTO}}$  = tensión de contacto máxima admisible

$\rho_s$  = resistencia superficial del terreno

$t$  = duración total de la falta.

Para un tiempo de duración de la falta de 0,2 segundos, y una resistencia superficial de  $1500\Omega\text{m}$ , tenemos una tensión de paso de  $E_{\text{PASO}} = 492,82 \text{ V}$  y una tensión de contacto de  $E_{\text{CONTACTO}} = 843,00 \text{ V}$

- Cálculo de la tensión de paso fuera de la malla.

$$E_{\text{PERIFERIA-MALLA}} = k_s \times k_i \times \rho \times \frac{I_{CC1}}{L}$$

$$k_s = \frac{1}{\Pi} \times \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \dots + \frac{1}{(N-1)D} \right)$$

$D$  = Separación transversal de los hilos de la malla.

$h$  = Profundidad de los hilos que forman la malla

$N$  = Número de hilos longitudinales

$$k_i = 0,65 + 1,172 \times N$$

$\rho$  = Resistividad del terreno

$I_{CC1}$  = Intensidad de cortocircuito en amperios

$L$  = Longitud total de hilos de la malla

La tensión de contacto fuera de la malla, de valor de  $E_{PMALLA} = 38000$  V, nos indica

Como podemos ver, la tensión fuera de la malla es mayor que en la malla, por lo que no habrá transferencia de tensión de la malla a la periferia, y la tensión de la malla es mayor que la tensión de paso y de contacto, por lo que el cálculo es correcto, y la red de tierra nos proporciona una seguridad ante los posibles defectos de la instalación.

#### 7.14.2 Red de tierra de Servicio

A la red de tierra de servicio se deben conectar el neutro de los transformadores de potencia del Centro de Transformación

Como la máxima tensión de contacto en caso de defecto en el centro de transformación es inferior a 1000 Voltios, se pueden conectar los sistemas de puesta a tierra del neutro del transformador y de las masas de media tensión, teniendo una única instalación de puesta a tierra en el centro de transformación.

Si la tensión de defecto fuese superior a 1000 V, debemos garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierras de servicio, para que no afecte a los usuarios, debiéndose establecer una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, que viene determinada por:

$$D = \frac{I_d \times \rho}{2000 \times \pi}, \text{ donde:}$$

$I_d$  = intensidad de defecto, en A

$\rho$  = resistividad del terreno en  $\Omega \cdot m$

### 7.15 Alumbrado, señalización y material de seguridad

En el interior del CT se instalarán las fuentes de luz necesarias para conseguir, cuanto menos, un nivel medio de iluminación de 150 lux existiendo por lo menos dos puntos de luz. Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin necesidad de desconectar la alimentación.

Los interruptores de alumbrado estarán situados en la proximidad de las puertas de acceso, pudiendo instalarse con conmutadores o telerruptores. Independientemente de este alumbrado, podrá existir un alumbrado de emergencia con generación autónoma, el cual entrará en funcionamiento automáticamente ante un corte del servicio eléctrico. Tendrá una autonomía mínima de 2 horas, con nivel luminoso no inferior a 5 lux.

Los CT deberán cumplir las siguientes prescripciones:

Las puertas de acceso al CT y las puertas y pantallas de protección de las celdas, llevarán el cartel de riesgo eléctrico, según dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.4.10, modelo AE-10. 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 de una persona. Su contenido se referirá a la forma de aplicar la respiración boca a boca y el masaje cardíaco. Colocaremos un cartel con las 5 reglas de oro. Deberá estar dotado de una bandeja o bolsa portadocumentos, con la siguiente documentación:

Manual de instrucciones y mantenimiento del Centro de Transformación.

Protocolo del Centro de Transformación.

Certificado de conformidad del cuadro.

Documentación técnica.

Aquellos CT en los que sea necesario realizar maniobras con pértiga estarán equipados con un taburete de aislamiento sobre el que se colocará el operario al utilizar la pértiga. La instalación eléctrica de BT para el servicio propio del CT llevará en su origen un interruptor diferencial de alta sensibilidad (10 mA o 30 mA). Es también recomendable que haya en el CT, un par de guantes aislantes de MT guardados en un pequeño armario o cofret, acondicionados con polvo de talco.

## 8 . RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN

### 8.1 Características Generales

Las actividades proyectadas consisten en el tendido de la red subterránea de Baja Tensión, desde los CBTO (cuadro de Baja Tensión tipo interior para Centro de Transformación) hasta las acometidas de Baja Tensión del edificio a alimentar. Cuya normativa aplicable es la UNE-HD 603-SX

La tensión de la línea será de 240/420 V.

La acometida en alta tensión al Centro integrado estará formada por dos cables unipolares subterráneos de tensión 230/420 V y otro para el neutro.

El punto de conexión se realizará mediante una línea subterránea.

La sección del neutro será igual a la sección del cable de fase

### 8.2 Características de la Red de Alimentación

Tensión de Servicio: 420/230 V

Frecuencia: 50 Hz

Tensión máxima entre fases-tierra: 250 V

Sistemas de puesta a tierra: Neutro unido directamente a tierra

Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor cresta):20 kV

Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto (valor eficaz):

Entre partes activas y masa: 10 kV

Entre partes activas de polaridad diferente: 2,5 kV

Intensidad de cortocircuito admisible (valor eficaz): 12 kA/1s

Valor de cresta de la intensidad admisible: 30 kV

### 8.3 Especificaciones Técnicas del Cable

Denominación UNE: XZ1 0,6/1 kV 3(1x240)mm<sup>2</sup> Al

Sección: 240 mm<sup>2</sup>

Diámetro sobre aislamiento: 22,1 mm

Aislamiento: Mezcla de polietileno reticulado XLPE, tipo DIX3

Diámetro exterior: 25,7 mm

Radio de curvatura: 123,6 mm

Espesor del aislamiento: 1,7 mm

Peso: 980 kg/km

Flexibilidad: Rígido, clase 2, según UNE 21 022

Temperatura máxima del conductor: 90°C en régimen permanente

## 8.4 Accesorios

Los empalmes, terminales y derivaciones, se elegirán de acuerdo a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser adecuados a las características ambientales de la zona.

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo las normas de la compañía suministradora, o en su defecto, las instrucciones de montaje dadas por el fabricante.

Las piezas de conexión se ajustarán a la Norma establecida por la compañía suministradora.

## 8.5 Canalizaciones

En este proyecto utilizaremos una canalización entubada enterrada en zanja. Los tubos se situarán a 1 metro de profundidad sobre un lecho de arena de río u otro tipo de arena permeable, de unos 5 cm de espesor. A una distancia mínima de 10 cm por encima de los cables, situaremos una cinta de señalización.

En los cruzamientos de las calzadas y en todos los puntos que se considere oportuno, los tubos irán hormigonados en todo su recorrido.

El trazado de la línea proyectada se ha realizado de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- La longitud de la canalización será lo más corta posible.
- Se ubicará, preferentemente, salvo casos excepcionales, en terrenos de fácil acceso. Se evitarán los ángulos pronunciados.
- Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a su eje, siempre que sea posible.
- Se respetará las distancias a las fachadas dispuestas por las ordenanzas municipales.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Se evitará en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrá de arquetas, para facilitar la manipulación. Como máximo, la distancia entre arquetas será de 35 metros.

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 metros, para la colocación de dos tubos de 160 mm de diámetro, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión, se colocará una solera de limpieza de 50 mm de espesor de arena de río, sobre la que se depositarán los tubos. Se tapanán dichos tubos con otra capa de arena de espesor de 100 mm, envolviéndolos completamente, y poniendo a continuación, una cinta señalizadora. Posteriormente rellenaremos la zanja, dejando libre el firme y el espesor del pavimento. Para este relleno se utilizará la propia tierra obtenida de la excavación, o en el caso de que sea de muy mala calidad, echaremos zahorra o arena. Finalmente, colocaremos un firme de hormigón de unos 15 cm de espesor, y por último repondremos el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la zanja.

- En este caso no tenemos cruzamiento con vías públicas.
- Para los cruzamientos con conductos de agua, tanto potable como aguas sucias, guardaremos una distancia, como mínimo, de 20 cm.

- En los cruzamientos de los cables de Baja Tensión con los de Media Tensión o incluso con otros de Baja Tensión, existirá una distancia entre ellos, como mínimo, de 25 cm.

- Si existe alguna canalización con cables de telecomunicaciones, los cables de Media Tensión se colocarán a una distancia mínima de 20 cm y en unos tubos con una resistencia mecánica apropiada. En todo caso, cuando los cruzamientos sean con cables telefónicos deberán tenerse en cuenta lo especificado por la empresa de Telecomunicación.

- Si el cruzamiento de la línea de Baja Tensión se produce con canalizaciones de gas, deberán mantenerse las distancias mínimas que establece la norma. Esta distancia podrá disminuirse siempre y cuando se coloque una protección suplementaria construida preferentemente por materiales cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos...). Siempre que, por algún motivo especial no hayamos cumplido con la distancia mínima y hayamos colocado la protección suplementaria, estamos obligados a poner en conocimiento la medida adoptada, a la empresa propietaria de la canalización de gas, para que nos indique las medidas a aplicar en cada caso.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 m a ambos lados del cruce.

- En los cruces con el alcantarillado deberá evitarse el ataque de la bóveda de la conducción, y siempre respetándose la distancia mínima de 50 cm.

## 8.6 Cálculos Eléctricos

- Intensidad de Baja Tensión.

$$I_s = \frac{S}{U_s \times \sqrt{3}}$$

$I_s$  = Intensidad Nominal en el secundario.

$S$  = Potencia Instalada.

$U_s$  = Tensión Nominal en el secundario.

Con una tensión en el secundario de 420 V, tenemos una intensidad de 549,85 A

Como se trata de un sistema trifásico, la intensidad que circulará por cada conductor es un tercio de la intensidad total, por lo que  $I_{\text{Cond}} = 183,3$  A.

- Intensidad de corriente admisible

Nuestro cable va a ser utilizado para una red de distribución subterránea, en una instalación receptora, por lo que, según la recomendación del fabricante, el cable a utilizar, según la designación genérica es XZ1 0,6/1 kV. Ahora, para ver la intensidad admisible, debemos hacer una discriminación en función de cómo vamos a instalar nuestro cable. Como se trata de un cable unipolar (para multipolar también es válido) enterrado sin protección complementaria contra daños mecánicos, la intensidad admisible viene tabulada en la siguiente tabla:

Tabla 20: Densidad de corriente (A) en función del aislamiento y la sección, para conductores de aluminio

Sección (mm <sup>2</sup> )		16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Aluminio	XLPE2	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	195

- Caída de Tensión

La caída de tensión viene expresada por la misma expresión que en el caso de la red de Media Tensión.

$$\Delta U = L \times I \times \sqrt{3} \times ((R \times \cos \varphi) + (X \times \text{sen} \varphi))$$

L = longitud de la línea, en kilómetros (km)

I = Intensidad de la línea, en amperios (A)

R = Resistencia del conductor, en  $\Omega/\text{km}$

X = Reactancia del conductor a frecuencia de 50 Hz

$\cos \varphi$  = factor de potencia de la instalación

$\text{sen} \varphi$  = lo calculamos a partir del f.d.p (factor de potencia)

El REBT nos impone, que la caída de tensión, en tanto por ciento, debe tener un valor máximo del 3%, por lo tanto calculamos la caída de tensión porcentual.

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \times 100, \text{ donde}$$

$\Delta U$  = Caída de tensión

U = Tensión en voltios

Como no conocemos exactamente la ubicación de las acometidas de baja tensión, no podemos cifrar la distancia de la línea de baja tensión, pero como máximo, dicha distancia será de 1000 metros. Para estos valores de tensión y sección del conductor, el fabricante nos proporciona unos valores de caída de tensión tabulados, que nos aproximan con bastante exactitud y rapidez este dato, cumpliendo con lo especificado en la Norma UNE 211603.

## 8.7 Protecciones

Los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos en la cabecera de la línea principal. Además, como queremos que los fusibles protejan a los conductores contra cortocircuitos, debemos tener en cuenta que la longitud de la línea que realmente proteja sea inferior a la longitud capaz de proteger el fusible.

Para que un fusible nos asegure una protección contra las sobrecargas (el objetivo es interrumpir toda intensidad de sobrecarga permanente en los conductores de un circuito, antes de que provoque un calentamiento perjudicial en el aislamiento de los mismos, con una temperatura máxima de 90°C), deberá cumplir, según la UNE 20.460

$$I_{N \text{ Circuito}} \leq I_{N \text{ Fusible}} \leq I_{Adm \text{ Conductor}}$$

$$I_{N \text{ Circuito}} \leq I_{N \text{ Fusible}} \leq \frac{1,45}{n} \times I_{Adm \text{ Conductor}}$$

Los principales parámetros de un fusible se describen a continuación:

$I_{N \text{ Circuito}}$ . Es la corriente que el fusible debe soportar durante un tiempo indefinido sin fundirse o modificar sus características físicas.

$I_{N \text{ Fusible}}$ . Es la corriente de fusión del fusible. Generalmente, es una corriente entre 1,4 ó 1,5 veces la corriente nominal.

Máxima tensión de funcionamiento. Es la máxima tensión que el fusible puede soportar sin daños en su aislamiento

En cuanto a la protección contra cortocircuitos, cabe indicar que los cartuchos portafusibles “gG” protegerán a los conductores contra cortocircuitos si se cumplen las siguientes consideraciones:

Un poder de corte mayor en el punto donde están instalados, que el valor de la intensidad de cortocircuito prevista

Tiempo de interrupción del cortocircuito inferior al que llevaría al conductor a alcanzar su límite de temperatura.

El proceso a seguir, para calcular cada fusible, será el siguiente:

- a) Cálculo de la corriente de cortocircuito  $I_{CC}$  en el punto donde comienza el cable.
- b) Determinación de la longitud máxima del cable protegida por los fusibles
- c) Comprobación de la validez de la protección calculada contra cortocircuitos si existiesen derivaciones de la línea principal.

Con todo esto, nosotros hemos determinado que para asegurar una protección a la línea de baja tensión, así como a alguno de sus elementos, utilizaremos fusibles de 315 Amperios (recomendación de UNIÓN FENOSA).



## 9 . COMPENSACION DE ENERGÍA REACTIVA

### 9.1 Necesidad de la compensación de la energía reactiva

Los elementos que producen, transforman y distribuyen la energía eléctrica (generadores síncronos, transformadores y líneas) tienen unas limitaciones en cuanto a la máxima potencia a entregar. Este motivo, junto con las pérdidas innecesarias que provoca el consumo de energía reactiva, hacen que sea necesario realizar la compensación de reactiva de las instalaciones eléctricas. Desde el punto de vista del consumidor, la necesidad de la compensación viene del hecho de que las compañías eléctricas penalizan su consumo. Por lo tanto, la compensación de la energía reactiva se traduce en las siguientes ventajas:

- Un aumento de la potencia disponible en el secundario del transformador. De este modo, una extensión eventual de la instalación puede realizarse sin tener que cambiar el transformador, y así posponer una inversión importante.
- Una disminución de las pérdidas por efecto Joule ( $R \cdot I^2$ ) en el cable, aguas arriba de la compensación.
- Una disminución de la caída de tensión ( $Z \cdot I$ ) en los cables, aguas arriba de la compensación.
- Los dos últimos puntos permiten retardar el envejecimiento de los materiales y de las conexiones

### 9.2 Baterías de condensadores

La componente reactiva de la potencia puede eliminarse fácilmente conectando condensadores en paralelo con la carga.

En los condensadores que se fabrican especialmente para esta aplicación, se indica su potencia reactiva  $Q_C$  en kVAr, para una tensión y una frecuencia determinadas:

$$Q_C = 2 \times \pi \times f \times C \times U^2$$

En los condensadores se incluyen resistencias de descarga, para reducir la tensión rápidamente, cuando se desconectan del suministro de energía. La tensión debe ser inferior a 50 V en 1 minuto (en baja tensión) o en 5 minutos (en media tensión). También pueden incluir fusibles y otro mecanismo de desconexión para ponerlos fuera de servicio en caso de que aparezca una sobretensión que pueda perforarlos.

### 9.3 Criterios de Compensación

La compensación debe realizarse en aquellas instalaciones en las que se desea que la amortización del equipo sea lo más rápida posible.

En función de donde ubiquemos la batería de condensadores, compensaremos unos sistemas u otros. A continuación se exponen los diferentes sistemas de compensación, así como sus ventajas e inconvenientes.

### 9.3.1 Compensación en media tensión

Los condensadores están agrupados en baterías en las subestaciones de MT/BT. Las baterías se conectan al juego de barras de MT utilizando un interruptor automático como protección.

Este sistema presenta es imprescindible en el caso de querer compensar la potencia reactiva de los motores o aparatos de Media tensión, y presenta la ventaja adicional de que los condensadores son proporcionalmente más

económicos. Por el contrario, la aparamenta auxiliar necesaria es más cara, y no descarga la instalación ni el transformador.

### 9.3.2 Compensación en baja tensión<sup>3</sup>

Con esta solución las pérdidas se reducen al máximo, pero es más cara. Se utiliza preferentemente en consumos importantes. Dentro de la compensación, las baterías pueden estar ubicadas en diferentes lugares

- Compensación individual

Es aconsejable en instalaciones en las que hay instalada un receptor de potencia superior a 25 kW y permanece en tensión durante la mayor parte de las horas de trabajo

- Compensación por sectores

En la compensación por sectores varios receptores están conectados a una misma batería de condensadores. Esta forma de compensación es aconsejable para las instalaciones donde un cierto número de receptores está simultáneamente en servicio

- Compensación global

En la compensación global, la compensación de energía reactiva se agrupa en un único punto, por lo general en la subestación transformadora.

---

<sup>3</sup> Ver figura 1

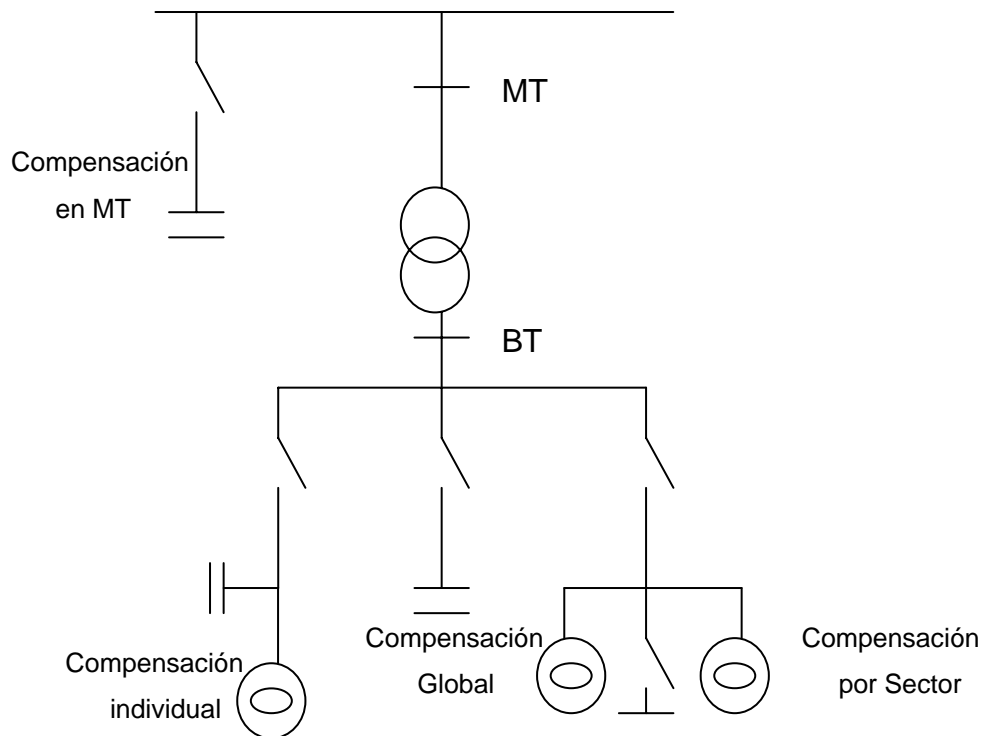


Figura 1: Tipos de Compensación

Nosotros vamos a realizar una compensación global de todas las cargas conectadas en el secundario, hasta un valor de 0,95, mediante la instalación de una batería de condensadores (conectados en triángulo en el secundario del transformador).

Considerando que la instalación posee un factor de potencia de 0,70 y nosotros queremos llegar a una compensación de 0,95.

$$P_{\text{Nominal}} = 400 \text{ kVA} \times 0,70 = 280 \text{ kW}$$

$$\cos \varphi = 0,95 \rightarrow \tan \varphi = \tan \varphi^1 = \frac{Q_{\text{Cargas}}^1}{P_{\text{Cargas}}}$$

$$Q_{\text{Cargas}}^1 = 280 \times 10^3 \times \tan (\arccos(0,95)) = 92,03 \text{ kVAr}$$

Por lo que la energía reactiva que tienen que aportar los condensadores será la diferencia de la energía reactiva que absorbía la instalación inicialmente, menos la energía reactiva que absorberá después de la compensación

$$Q_{\text{Cargas}} = S_N \times \sin (\arccos 0,70) = 285,65 \text{ kVAr}$$

$$Q_{\text{Condensadores}} = Q_{\text{Cargas}} - Q_{\text{Cargas}}^1 = 285,65 - 92,03 = 193,62 \text{ kVAr}$$

$$\frac{Q_{\text{Condensadores}}}{3} = \omega \times C \times U_{\text{Cond}}^2$$

Despejando la capacidad de los condensadores, y sustituyendo los datos por su valor, obtenemos que la capacidad de la batería de condensadores necesaria es de 1,43 mF.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

-MARCOMBO BOIXAREU, *Transformadores de Potencia de MT y proteccion, Editores*

-CONEJO, A. J., *Instalaciones eléctricas*, Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 2007

-CARMONA FERNÁNDEZ, D., *Manual de instalaciones eléctricas*. Ed. Abecedario, Badajoz, 2005

-ROGER FOLCH, J., *Tecnología Eléctrica*, Ed. Síntesis, Madrid, 2002

-BARRERO, F. *Sistemas de Energía Eléctrica*, Ed. Thomson Paraninfo, Madrid, 2004

-GUIRADO TORRES, R., *Tecnología Eléctrica*, Ed. Mc Graw Hill, Madrid, 2006

-BOIX O., SAINZ L., *Tecnología Eléctrica*, Ed. Ceysa, Barcelona, 2002

-SCHNEIDER ELECTRIC, *Centros de Transformación MT/BT*, Centro de Formación Schneider Electric, Barcelona, 2000

-MARTINEZ REQUENA, J.J., *Puesta a Tierra en Edificios y en instalaciones Eléctricas*, Ed. Paraninfo, Madrid 2001

-*Reglamento de Alta Tensión*

-*Reglamento de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación*

-*Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*, Ed. Thomson – Paraninfo, Madrid 2002

**PLIEGO**

<b>II PLIEGO</b>
------------------

<b>11</b>	<b>PLIEGO.....</b>	<b>70</b>
11.1	Objeto .....	70
11.2.1	Emplazamiento .....	70
11.2.2	Excavación.....	70
11.2.3	Cimientos.....	70
11.2.4	Forjados .....	71
11.2.5	Muros o tabiques exteriores.....	71
11.2.6	Tabiques interiores .....	72
11.2.7	Acabados .....	72
	a) Parámetros interiores .....	72
	b) Parámetros exteriores .....	72
	d) Elementos metálicos.....	73
11.2.8	Evacuación y extinción del aceite aislante .....	73
11.2.9	Ventilación.....	73
11.2.10	Puertas .....	73
11.3	Instalación eléctrica .....	74
11.3.1	Aparamenta eléctrica bajo envolvente metálica .....	74
	a) Envolvente .....	74
	b) Pasatapas .....	74
	c) Seccionadores en carga.....	75
	d) Protección contra sobrecargas .....	75
	e) Protección contra cortocircuitos .....	75
	f) Transformador.....	75
	g) Accesorios .....	76
	h) Dieléctrico refrigerante.....	76
	i) Cuadro de B.T. ....	76

11.3.2	Características eléctricas.....	77
a)	Características asignadas en media tensión.....	77
b)	Características asignadas al transformador.....	77
c)	Características asignadas en baja tensión.....	78
11.4	Acometidas subterráneas.....	78
11.4.1	Alumbrado.....	79
11.4.2	Puesta a tierra.....	79
	Condiciones de los circuitos de puesta a tierra.....	79
11.5	Admisión de materiales.....	80
11.6	Recepción de obra.....	80
11.6.1	Aislamiento.....	81
11.6.2	Ensayo dieléctrico.....	81
11.6.3	Instalación de puesta a tierra.....	81
11.6.4	Regulación y protecciones.....	81
11.6.5	Transformadores.....	81

## **11 PLIEGO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### 11.1 Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de transformación, así como de las condiciones técnicas del material a emplear

### 11.2 Obra civil

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### 11.2.1 Emplazamiento

El lugar elegido para la construcción del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener las dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20 m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

#### 11.2.2 Excavación

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

#### 11.2.3 Cimientos

Se realizará de acuerdo con las características del centro; si la obra se fabrica en ladrillo, tendrá normalmente una profundidad de 0,60 m. Esta podrá reducirse cuando el centro se construya sobre un terreno rocoso. Por el contrario, si la consistencia del terreno lo exige, se tomarán las medidas convenientes para que quede asegurada la estabilidad de la edificación.



#### 11.2.4 Forjados

Los suelos serán de hormigón armado y estarán provistos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.

Para cálculo del forjado del pavimento del CT, deberá considerarse una sobrecarga móvil de 3500 kg/m<sup>2</sup>. Asimismo cuando el transformador deba desplazarse por forjados ajenos al CT, deberá indicarse igualmente una sobrecarga de 3500 kg. y establecer un sistema de reparto de cargas.

En el caso de CT en edificio, como es el caso de nuestro proyecto, en la capa de compresión del forjado del techo se colocará una superficie equipotencial formada por una armadura con retícula de luz máxima de 15 cm que abarque toda la superficie del CT.

Salvo en los casos que el centro disponga del pavimento adecuado, se formará una solera de hormigón con mallazo de reparto con retícula de luz máxima de 15 cm, apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una base de grava. El hormigón estará dosificado a razón de 250 kg/cm<sup>2</sup>.

Si el acceso de la apartamenta eléctrica y materiales se efectúa a través de trampillas situadas debajo de un forjado, y la cota de éste respecto a dichas trampillas es inferior a 4 m, deberá disponerse de un gancho debidamente anclado en el forjado dimensionado para una carga puntual de 5000 kg, de forma que permita la utilización de un elemento mecánico de elevación.

Se preverán, en los lugares apropiados del centro, orificios para el paso del interior al exterior de la caseta de los cables destinados a la toma de tierra de masas y del neutro B.T. de los transformadores y cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.

También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las toma de tierra y canales para los cables M.T. y B.T. En los lugares de paso los canales estarán cubiertos de losas amovibles.

#### 11.2.5 Muros o tabiques exteriores

Los muros podrán ser de hormigón armado, prefabricado de hormigón (constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera) o fábrica de ladrillo.

Presentar una resistencia mecánica adecuada a la instalación, pero como mínimo equivalente a la de los siguientes espesores, en función del material:

Hormigón armado o elementos prefabricados.....	8 cm
Fábrica de ladrillo macizo.....	2 cm
Pilares angulares de hormigón armado y ladrillos hueco.....	5 cm

### 11.2.6 Tabiques interiores

Serán de ladrillo o de hormigón armado. Presentarán la suficiente resistencia en función de su uso, pero como mínimo, la equivalente a la de los espesores de las siguientes paredes:

Tabique de ladrillo macizo sin marco metálico.....	15 cm
Tabique de ladrillo macizo encerrado en marco metálico.....	5 cm
Tabique de hormigón armado.....	5 cm

Los tabiques se construirán de forma que sus cantos queden terminados con perfiles U empotrados en los muros y en el suelo.

Al ejecutar los tabiques se tomarán las disposiciones convenientes para prever los emplazamientos de los herrajes y/o el paso de canalizaciones

### 11.2.7 Acabados

#### a) Parámetros interiores

Si la obra es de fábrica de ladrillo, estarán revestidos interiormente con mortero de cemento y arena lavada de dosificación 1:4 con aditivo hidrófugo en masa, fratasado.

Cuando la obra sea de hormigón armado, si es necesario, después del desencofrado se realizará un enlucido idéntico al anterior.

En los tabiques, los orificios para empotramiento se efectuarán antes de dar el enlucido.

El acabado final será pintado, prohibiéndose los enlucidos de yeso

#### b) Parámetros exteriores

Cuando sean vistos, como norma general se realizarán de acuerdo con el resto del edificio.

Normalmente será un acabado liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente.

Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc., podrá ser aceptada y se fijará de común acuerdo entre el peticionario y UNION FENOSA, teniendo en cuenta las consideraciones de orden eléctrico y otras relacionadas con la explotación y mantenimiento del centro.

#### c) Pavimentos

Serán de mortero de cemento continuo bruñido y ruleteado, para evitar la formación de polvo y ser resistente a la abrasión

El mortero estará dosificado a razón de 600 kg/m<sup>2</sup>.

Se prohíbe el empleo de la arena de escorias.

El empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, etc., se efectuarán antes de realizar el pavimento

#### d) 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 en caliente, pintura antioxidante, etc.

##### 11.2.8 Evacuación y extinción del aceite aislante

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, podrán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aislante se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

Cuando se empleen aparatos en baño de líquidos incombustibles (temperatura de combustión superior a 300 °C según MIE-RAT), podrán disponerse en celdas que no cumplan las anteriores prescripciones, sin más que disponer de un sistema de recogida de posibles derrames que impida su salida al exterior.

##### 11.2.9 Ventilación

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores. Ver apartado 7.7 de la memoria.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias toma de aire exterior, situadas a 0,20 m del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada de agua IP23D según Norma UNE-EN 61330.

##### 11.2.10 Puertas

Las puertas de acceso al centro desde el exterior serán incombustibles y suficientemente rígidas; abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada

### 11.3 Instalación eléctrica

#### 11.3.1 Aparamenta eléctrica bajo envolvente metálica.

##### a) Envolvente

La envolvente será lo suficientemente robusta para permitir la suspensión, líquido refrigerante incluido, mediante ganchos o cáncamos situados de modo que, en tiro vertical, no sea necesario desmontar ninguna parte o accesorio y además se mantenga vertical.

La envolvente estará fabricada mediante chapas de acero, estando todas las superficies protegidas contra agentes climatológicos externos, de forma que se garantice una eficaz protección anticorrosiva.

Los frontales de los compartimentos de M.T. y B.T. serán igualmente metálicos, con el mismo tratamiento superficial y sin ningún tipo de orificio.

La parte de envolvente correspondiente a la cuba del transformador, estará sólidamente construida de forma que se garantice su estanqueidad y que sea capaz de soportar, sin deformaciones permanentes, la sobrepresión y el vacío que puedan producirse en las condiciones extremas de servicio, según los ensayos establecidos en la norma UNE 21428-1. La tapa de la cuba deberá sobresalir suficientemente del cerco de la misma para evitar que el agua tienda a acumularse en el borde de la junta.

Una vez esté la envolvente instalada en su superficie de asiento, el grado de protección mínimo proporcionado contra el acceso a partes peligrosas, contra la penetración de objetos sólidos extraños y contra la penetración de agua será IP-X3D, según norma UNE-EN 60529.

El grado de protección mínimo en el compartimento de M.T. será el mismo que el de la envolvente, mientras que en el compartimento de B.T. será IP-X3, según norma UNE-EN 60529.

Una vez esté la envolvente instalada en su superficie de asiento, el grado de protección mínimo proporcionado contra los impactos mecánicos externos será IK-10, según norma UNE-EN 50102

##### b) Pasatapas

Los pasatapas para la conexión de los cables de M.T. serán del tipo conectadores enchufables apantallados, operables solamente en circuitos sin tensión según la Norma UNE-EN 50180 y de acuerdo a la designación PE-2-R/400/24/L-1.

Se instalarán detectores de presencia de tensión en los cables de acometida de línea, conectados en el punto de comprobación de tensión de los conectores.

Al lado de estos pasatapas, y de forma indeleble, se situarán las siguientes marcas indicativas de las distintas fases:

- Línea A: L1A, L2A y L3A.
- Línea B: L1B, L2B y L3B.

Los pasatapas para la conexión de los cables de B.T. estarán provistos de terminal pala con un taladro Ø14,5 mm. y dispuestos de forma que la acometida de los cables se realice verticalmente.

Al lado de estos pasatapas, y de forma indeleble, se situarán las siguientes marcas indicativas de las distintas fases: N, 2U, 2V y 2W, correspondiendo el símbolo N al borne del neutro.

#### c) Seccionadores en carga

Los seccionadores en carga serán tripolares, debiendo cortar el 100% del poder de corte nominal. En posición conectado, deberán soportar la corriente nominal dentro de los valores de sobretemperatura. En la posición seccionamiento, deberán garantizar las sobretensiones definidas en el apartado 11.3.2.

El mando será del tipo basculante, de forma que la velocidad de apertura y cierre no dependa de la acción del operador, sino de la carga de un muelle, evitando que los contactos del seccionador en carga puedan quedarse en posiciones intermedias.

En el caso de los seccionadores en carga de línea de tres posiciones (conectado, seccionamiento y puesta a tierra), su operación será tal que no permita pasar de la posición conectado a la de puesta a tierra, o viceversa, sin previamente pasar por la posición seccionamiento. Además, dispondrá de un dispositivo de enclavamiento que permita su inmovilización (por ejemplo, mediante un candado).

#### d) Protección contra sobrecargas

Básicamente, esta protección consistirá en un interruptor termomagnético. Esto es, su actuación estará gobernada por un sensor por el que atraviesa la intensidad y que al mismo tiempo esté sumergido en el líquido refrigerante, de forma que cuando alcance una temperatura determinada cambie de un estado ferromagnético a un estado paramagnético, perdiendo su atracción magnética y liberando la energía de un muelle que se encargue de abrir el circuito principal

#### e) Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuitos internos de la máquina se realizará mediante fusibles de alto poder de corte internos al transformador y sin acceso desde el exterior. Caso de cortocircuito interno que suponga la sustitución de estos fusibles será necesario abrir la tapa de la cuba, previa desenergización del C.T.

La coordinación de las curvas de actuación de los distintos elementos de protección será tal que se garantice que la actuación del fusible interno de alto poder de corte solo se producirá en caso de cortocircuito interno en el transformador

#### f) Transformador

El núcleo del transformador será de chapa magnética, y estará conectado eléctricamente a la cuba. Los arrollamientos podrán ser de cobre o aluminio, con aislamiento clase A (según norma UNE 21305). El conjunto núcleo-arrollamientos estará fijado en la cuba de forma que se eviten deslizamientos durante los desplazamientos del C.T. El sistema de refrigeración será KNAN según UNE-EN 60076. Los límites normales de calentamiento serán de 65°C en los arrollamientos y 60°C en el dieléctrico, respecto a una temperatura ambiente de 40°C.

La potencia nominal del transformador debe ser mantenida, dentro de los límites de sobretensión establecidos, en todo el campo de regulación de la tensión prevista

#### g) Accesorios

Cambiador de tomas, con cinco posiciones de regulación, operable con el transformador en vacío e instalado en el lado de alta.

Termómetro con escala de 0 a 120 °C, con aguja indicativa de máxima temperatura alcanzada.

Indicador del nivel del líquido refrigerante en el rango de temperaturas de 0 a 100°C, con señalización del nivel que corresponda a la temperatura de 20°C.

Válvula de alivio de sobrepresión, tarada para un valor de la sobrepresión de 25 kPa, y en la que la salida de los gases nunca se dirige hacia el operario.

Dispositivo de llenado del líquido dieléctrico refrigerante, mediante tapón roscado.

Dispositivo de vaciado y toma de muestras del dieléctrico refrigerante.

#### h) Dieléctrico refrigerante

Se empleará como fluido dieléctrico refrigerante un éster, natural o sintético clasificado como no tóxico según la directiva 1999/45/CE.

Los valores límite para el fluido extraído del transformador, dentro de los veintiocho primeros días después de llenado y antes de someterlo a carga alguna, serán los siguientes:

Rigidez eléctrica  $\geq 45$  kV

Número de neutralización  $\leq 0,03$  mg KOH/g

Temperatura de combustión  $> 300$  °C

Biodegradabilidad (28 días)  $> 99\%$  (según ensayo OCDE 301 B).

#### i) Cuadro de B.T.

Para la distribución en baja tensión se emplearán cuadros modulares de acuerdo a la Norma UNE-EN 60439 que, en función de la potencia de transformación de diseño del CT, en nuestro caso:

Para una potencia de 400 KVA: Cuadro modular de distribución de baja tensión con 4 salidas

### 11.3.2 Características eléctricas

#### a) Características asignadas en media tensión

- Tensión asignada.....15 kV
- Frecuencia asignada.....50 Hz
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):  
A tierra, entre polos y entre bornes del seccionador en carga abierto .....125 kV  
A la distancia de seccionamiento.....145 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto  
(valor eficaz):  
A tierra, entre polos y entre bornes del seccionador en carga abierto .....50 kV  
A la distancia de seccionamiento .....60 KV
- Intensidad asignada en servicio continuo:  
Seccionador en carga de línea.....400 A  
Seccionador en carga de trafo.....200 A
- Intensidad admisible corta duración (valor eficaz).....16 kA/1s
- Valor de cresta de la intensidad admisible.....25 kA
- Poder de cierre sobre cortocircuito (valor cresta).....40 kA
- Poder de corte sobre transformadores en vacío (valor eficaz).....10 A
- Poder de corte sobre cables en vacío (valor eficaz).....25 A

#### b) Características asignadas al transformador

- Potencia asignada.....400 KVA
- Tensiones más elevada para el material de los arrollamientos:  
Arrollamiento primario.....24 kV  
Arrollamiento secundario (tensión en vacío).....1,1 kV
- Tensiones nominales asignadas:  
Arrollamiento primario.....15/20 kV  
Arrollamiento secundario (tensión en vacío).....420 V
- Grupo de conexión.....Dyn11
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):  
Arrollamiento primario:Tensión nominal 15 kV.....95 kV  
Tensión nominal 20 kV.....125 kV  
Arrollamiento secundario.....30 kV

- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto (valor eficaz):	
Arrollamiento primario:	
Tensión nominal 15 kV.....	38 kV
Tensión nominal 20 kV.....	50 kV
Arrollamiento secundario.....	10 kV
-Escalones regulación, toma principal.....	0, ±2,5%, ±5%
-Tensión de cortocircuito :	
Potencia nominal hasta 630 kVA.....	4%
- Pérdidas en vacío máximas:	
Potencia nominal 400 kVA.....	930 W
- Pérdidas en carga a 75°C máximas:	
Potencia nominal 400 kVA.....	4.600 W
- Nivel máximo de potencia acústica :	
Potencia nominal 400 kVA.....	55 dB(A)

#### c)Características asignadas en baja tensión

Tensión asignada.....	440 V
- Frecuencia asignada.....	50 Hz
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor cresta).....	20 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto (valor eficaz):	
Entre partes activas y masa.....	10 kV
Entre partes activas de polaridad diferente.....	2,5 kV
- Intensidad de cortocircuito admisible (valor eficaz).....	12 kA/1s
- Valor de cresta de la intensidad admisible.....	30 kV

#### 11.4 Acometidas subterráneas

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de XLPE superficie interna lisa y externa corrugada y diámetro exterior  $\square$  160 mm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se taponará el orificio de paso mediante una espuma autovulcanizable u otro medio similar que evite la entrada de roedores y no dañe la cubierta del cable.

En el exterior del centro los cables estarán entubados. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación. Por otra parte se tendrá en cuenta, para evitar los riesgos de



corrosión de la envuelta de los cables, la posible presencia de sustancias que pudieran perjudicarles.

Los conductores de alta tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable de XLPE y cumplirán con lo especificado en la Norma UNE-EN 60228.

Los conductores de baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable de XLPE y cumplirán con lo especificado en la Norma UNE 211603-5N1.

#### 11.4.1 Alumbrado

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

La instalación para el servicio propio del CT llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad de acuerdo con la Norma UNE 20383

#### 11.4.2 Puesta a tierra

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Los conductores de cobre desnudo se ajustarán a las Normas UNE 21011 y UNE 2101

#### Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

1. No se unirán al circuito de puesta a tierra, ni las puertas de acceso ni las ventanas metálicas de ventilación del centro.

2. La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.

3. En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.

4. Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.

5. Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.

6. La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.

7. Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.

8. Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm<sup>2</sup>.

9. Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm<sup>2</sup>. La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.

10. La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios

### 11.5 Admisión de materiales

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que se exigen en el presente pliego. El Director de Obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no le ofrezcan las suficientes garantías.

Para aquellos materiales descritos en el presente PROYECTO TIPO, bastará para su admisión verificar los Ensayos de Recepción indicados en las mismas. A saber:

- Aparamenta eléctrica
- Conductores y terminales
- Tubos de canalización

Para el resto de materiales, no se permitirá su empleo sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomará como referencia las distintas Normas UNE, Norma Básica de la Edificación, etc. que les sean de aplicación. A saber:

- Materiales de obra civil
- Conductores de cobre desnudos
- Conductores de cobre aislados
- Grapas para la ejecución del electrodo de puesta a tierra
- Placas de PVC en zanjas
- Cintas de señalización en zanjas
- Pequeño material auxiliar (bridas, abrazaderas, herrajes, etc)

### 11.6 Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra.

En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

### 11.6.1 Aislamiento

Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.

### 11.6.2 Ensayo dieléctrico

Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Además todo el equipo eléctrico M.T., deberá soportar durante un minuto, sin perforación ni contorneamiento, la tensión a frecuencia industrial correspondiente al nivel de aislamiento del centro.

Los ensayos se realizarán aplicando la tensión entre cada fase y masa, quedando las fases no ensayadas conectadas a masa

### 11.6.3 Instalación de puesta a tierra

Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.

### 11.6.4 Regulación y protecciones

Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles

### 11.6.5 Transformadores

Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores

# **PRESUPUESTO**

<b>III PRESUPUESTO</b>
------------------------

<b>12</b>	<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>84</b>
12.1	CENTRO DE SECCIONAMIENTO .....	84
12.2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.OBRA CIVIL (1 de 3).....	85
12.3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.ELECTRICIDAD.....	88
	(1 de 2).....	88
12.4	ALIMENTACIÓN EN M.T. AL C.T.....	90
12.5	TOTAL PRESUPUESTO .....	91

## 12 PRESUPUESTO

### 12.1 CENTRO DE SECCIONAMIENTO

UNIDADES	DESIGNACIÓN	MATERIALES	MANO DE OBRA
1	Centro de Seccionamiento 3L maniobra exterior	11.952,00	27,04
2	M <sup>3</sup> preparacion del terreno para instalación de Centro de Seccionamiento prefabricado		77,61
20	Metros de conductor de cobre desnudo para Red de Tierra (50mm <sup>2</sup> )	38,16	15,60
4	Ud. Picas de puestas a tierra	46,85	32,60
1	M <sup>3</sup> hormigón R.C. 150 kg/cm <sup>2</sup> para solera de 20 cm espesor	78,13	9,26
1	Etiquetado del Centro de Transformación		10,00

**TOTAL      12.115,14 €      172,11 €**

**TOTAL RELACIÓN VALORADA      12.287,25 €**

## 12.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.OBRA CIVIL (1 de 3)

UNIDADES	DESIGNACIÓN	MATERIALES	MANO DE OBRA
34	M <sup>2</sup> compactado superficial de tierras antes de realizar solera		78,23
3	M <sup>3</sup> hormigón R.C. 150 kg/cm <sup>2</sup> solera de 20 cm	234,39	27,77
12	M <sup>3</sup> hormigón R.C. 175 kg/cm <sup>2</sup> para macizado de zanjas de cimentación	1.045,98	111,07
34	M <sup>3</sup> hormigón R.C 200 kg/cm <sup>2</sup> para muros y placas armadas	3.347,27	314,70
125	M <sup>2</sup> tabique ladrillo hueco doble tomado con mortero cemento 1:6	820,69	1.389,38
30	M <sup>2</sup> fabrica ladrillo perforado ½ pie tomado con mortero cemento 1:6	197,76	723,06
8	M <sup>2</sup> fabrica ladrillo perforado 1 pie tomado con mortero cemento 1:6	105,47	363,17
70	M <sup>2</sup> ladrillo perforado 1 ½ pie tomado con mortero cemento 1:6	1.408,86	4.022,20
122	M <sup>2</sup> enfoscado maestro de paredes con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado	171,35	1.752,53
30	M <sup>2</sup> enfoscado maestro de techos con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado	42,13	444,60
123	M <sup>2</sup> pintura al temple liso, en techos y paredes	45,58	158,30

**SUMA Y SIGUE.....**

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. OBRA CIVIL (2 de 3)

<b>UNIDADES</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>MANO DE OBRA</b>
13	M <sup>2</sup> pintura minio plomo, dos capas imprimación en herrajes	54,85	57,63
13	M <sup>2</sup> pintura esmalte sintético en carpintería metálica	55,26	57,63
29	M <sup>2</sup> forjado de viguetas, bovedilla, capa de compresión e impermeabilizado	171,30	1.316,48
1	Ud. Arqueta entronque desagües 0,62x0,62x0,60 m (ext) con tapa de hormigón	11,51	115,86
18	m. tubo de fibrocemento 150 mm sobre lecho de hormigón, incluido rejuntado	123,73	166,61
1	Ud. Entrada de hombre en C.T.		444,89
1	Ud. Entrada de transformador en C.T		528,31
2	Ud. Reja de ventilación y marco en C.T		296,58
1	Conjunto apoyo transformador, incl vigas de apoyo, cortafuegos y amortiguador de vibración	134,75	175,18

**SUMA Y SIGUE.....**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. OBRA CIVIL (3 de 3)**



<b>UNIDADES</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>MANO DE OBRA</b>
4	M <sup>2</sup> reja de ventilación y marco correspondiente, en C.T	297,28	47,06
148	Kg. Perfil laminado normal, incluido mecanizado y colocación		177,01
34	M <sup>2</sup> aislamiento acústico con manta de fibra de vidrio fijada sobre forjado los. fib		3.414,45
18	M <sup>2</sup> pavimento de cemento continuo bruñido y puleteado		88,69
3	M <sup>2</sup> chapa estriada 6+2 mm en canales de cables suministro y colocación		387,53
1	Ud. Trampilla acceso de personal de 2 hojas	105,21	387,53
1	Ud. Sumidero y tubería a retranquear	273,00	494,00

**TOTAL            8.646,37 €            17.133,5 €**

**TOTAL RELACIÓN VALORADA            25.779 €**

## 12.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.ELECTRICIDAD

(1 de 2)

UNIDADES	DESIGNACIÓN	MATERIALES	MANO DE OBRA
1	Trafo 400 KVA 15000/400-230 ONAN	5.874,50	
1	Celda de Línea CML-SF6	2.439,94	254,32
1	Celda de protección CMP- SF6	4.554,30	268,85
1	Celda de medida CMM-SF6	5.496,12	365,20
2	Panel lateral de celda (SF6)	165,65	28,52
2	Elementos de interconexión de celdas (SF6)	129,61	57,04
1	Material auxiliar en C.T de interior (SF6)	97,57	75,83
1	Red de Tierra de Protección		291,19
1	Red de Tierra de Servicio		261,20
5	Conexión aluminotérmica	12,87	21,58
55	m. de conductor de Cu desnudo	113,69	42,90
8	Ud. De pica de Puesta a Tierra	93,70	65,20
1	Alumbrado de C.T de interior	93,70	65,20

**SUMA Y SIGUE.....**

## CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. ELECTRICIDAD (2 de 2)

<b>UNIDADES</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>MANO DE OBRA</b>
1	Equipo de medida de energía de B.T	2.932,00	225,78
1	Conexión C.B.T con cuadros de mando con conductor RV 0,6/1kV según planos	360,00	260,87
1	Ud. Partida alzada para restablecer en obra B.T desde cuadros de mando	1.300,00	12.000,00
<b>TOTAL ...</b>		<b>23.658,32 €</b>	<b>14.277,78 €</b>
<b><u>TOTAL RELACIÓN VALORADA .....</u></b>			<b><u>37.937 €</u></b>

## 12.4 ALIMENTACIÓN EN M.T. AL C.T.

<b>UNIDADES</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>MANO DE OBRA</b>
65	m. de línea subterránea BT cable RV 0,6/1 kV 1x95 Al	3*(858,52)	539,11
2	Cojunto terminal enchufable en T 24 kV 95 mm <sup>2</sup>	1.209,47	363,32
52	M <sup>2</sup> rotura y reposición de calzada de hormigón		3.290,77
52	M. zanja en tierra 1 ó 2 líneas (0,50x0,80)	276,89	143,31
52	M de 2 tubos plástico verde de 125 mm. Diámetro para comunicaciones	186,39	143,31
1	Ud. Cuadro de medida de A.T	3.122,45	310,00
<b>TOTAL ....</b>		<b>7.370,76 €</b>	<b>4.789,82 €</b>
<b>TOTAL RELACIÓN VALORADA .....</b>			<b>12.160,58 €</b>

## 12.5 TOTAL PRESUPUESTO

**TOTAL RELACIÓN VALORADA** **88.164 €**

GASTOS GENERALES, SUPERVISIÓN DE OBRA Y BENEFICIO INDUSTRIAL  
20.058,22 €

ESTUDIO Y PROYECTO OFICIAL, INCLUIDA TRAMITACIÓN  
6.660,00 €

**TOTAL PRESUPUESTO** **114.882 €**

Asciende el presente proyecto a:

CIENTO CATORCE MIL OCHOCIENTOS OCHEINTA Y DOS EUROS (114.882€)

**ANEXO**

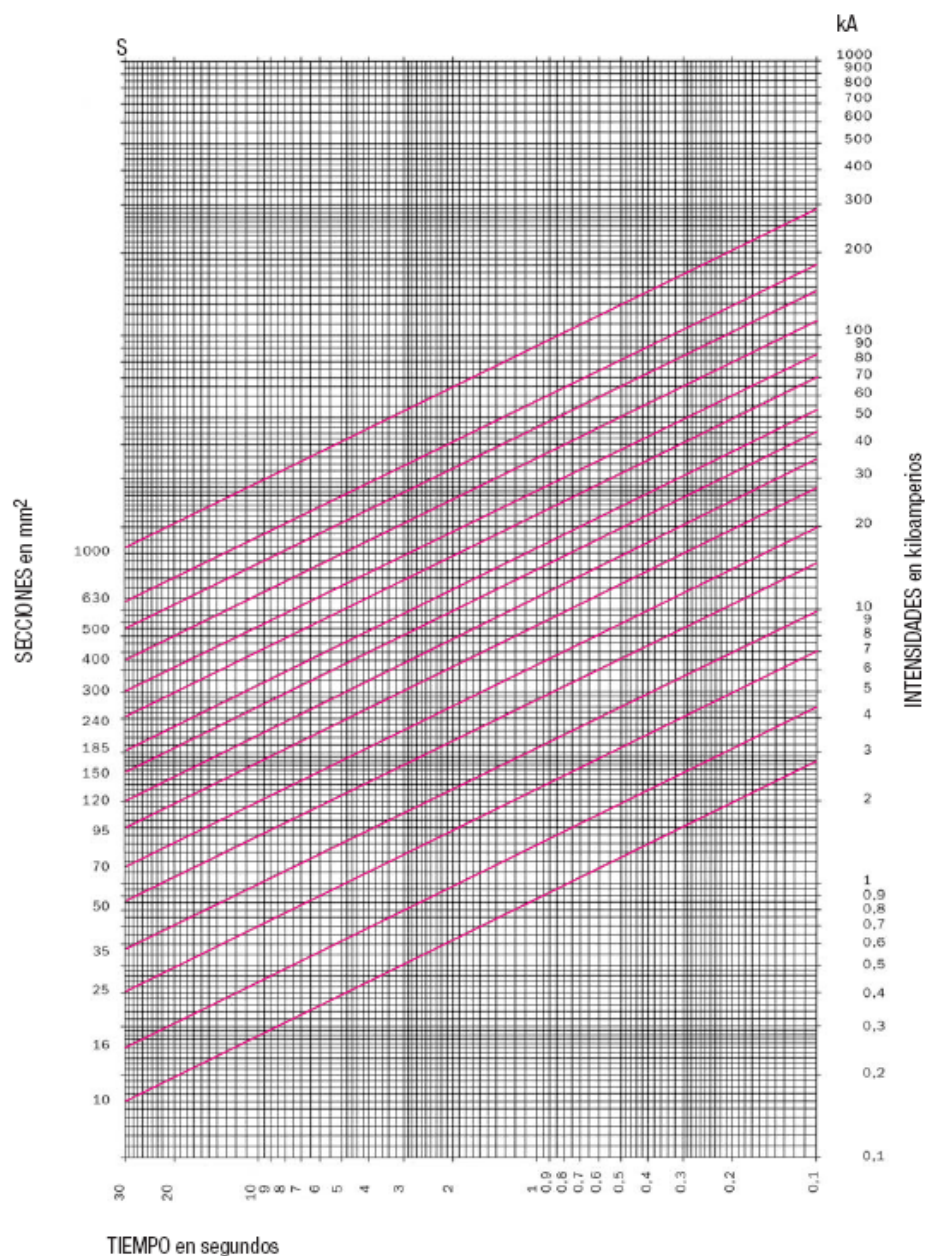
## IV. ANEXO

### TABLAS MAS IMPORTANTES DE CABLES DE MT:

#### GRÁFICOS DE INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN EL CONDUCTOR PARA LOS CABLES TIPO VOLTALENE

Intensidades térmicamente admisibles en cortocircuito para conductores de aluminio.

(Según Normas IEC 60949 y UNE 21192).



Temperatura máxima en servicio permanente 90 °C.  
Temperatura máxima en cortocircuito 250 °C.

**TABLA IX bis**  
**Intensidad máxima admisible (A), en servicio permanente, para cables aislados con XLPE (Voltalene) con armadura.**



Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tensión nominal					
	90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<b>Conductores de Cu</b>					
10	-	-	-	-	-	-
16	115	105	100	94	100	92
25	150	140	130	120	125	115
35	180	165	155	140	150	140
50	210	200	180	165	180	165
70	265	250	225	200	220	200
95	315	300	260	235	260	235
120	360	340	295	265	295	270
150	405	385	325	295	330	300
185	460	440	360	330	370	340
240	530	510	410	375	425	395
300	600	580	450	410	480	445
400	680	-	495	450	-	-
500	775	-	540	505	-	-
630	885	-	585	545	-	-
	<b>Conductores de Al</b>					
16	88	80	80	72	76	70
25	110	105	100	92	95	90
35	135	130	120	110	115	105
50	160	155	140	130	140	125
70	200	190	175	155	170	150
95	240	225	205	185	200	180
120	275	260	230	210	225	205
150	310	295	255	235	250	230
185	355	335	290	265	285	255
240	415	390	330	300	325	295
300	470	455	365	335	375	345
400	540	-	410	375	-	-
500	620	-	455	425	-	-
630	710	-	505	470	-	-

- (1) Tres cables unipolares agrupados, instalados al aire.  
 (2) Un cable trifásico, instalado al aire, protegido del sol.  
 (3) Tres cables unipolares agrupados, enterrados a 1 m de profundidad.  
 (4) Tres cables unipolares bajo tubo, enterrados a 1 m de profundidad.  
 (5) Un cable trifásico, enterrado a 1 m. de profundidad.  
 (6) Un cable trifásico bajo tubo, enterrado a 1 m de profundidad

Temperatura del terreno °C: 25  
 Temperatura del aire °C: 40  
 Resistividad térmica terreno K·m/W: 1,5  
 Temperatura del conductor en °C: 90



## Resistencia a la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 90°C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
<b>95</b>	0.245	<b>0.403</b>	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
<b>150</b>	0.159	<b>0.262</b>	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
<b>240</b>	0.098	<b>0.161</b>	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
<b>400</b>	0.062	<b>0.102</b>	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 24).

## Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en $\Omega$ /km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
<b>Tres cables unipolares en contacto mutuo</b>							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.133	0.139	0.144
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.125	0.131	0.136
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.120	0.126	0.130
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.115	0.121	0.125
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.112	0.117	0.121
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.108	0.113	0.117
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.105	0.109	0.113
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.101	0.105	0.109
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.098	0.102	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.095	0.099	0.102
<b>Un cable tripolar</b>							
10	0.115	0.122	-	-	-	-	-
16	0.107	0.113	0.127	-	-	-	-
25	0.100	0.105	0.118	0.127	-	-	-
35	0.095	0.100	0.112	0.120	0.126	-	-
50	0.091	0.095	0.106	0.114	0.120	0.127	0.133
70	0.086	0.090	0.100	0.107	0.113	0.119	0.125
95	0.083	0.087	0.096	0.102	0.107	0.114	0.119
120	0.081	0.084	0.093	0.098	0.103	0.109	0.114
150	0.079	0.082	0.090	0.096	0.101	0.106	0.111
185	0.079	0.081	0.089	0.094	0.098	0.103	0.108
240	0.076	0.079	0.085	0.090	0.094	0.099	0.103

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada:  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$ . Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 24).

**PLANOS**

<b>V PLANOS</b>
-----------------

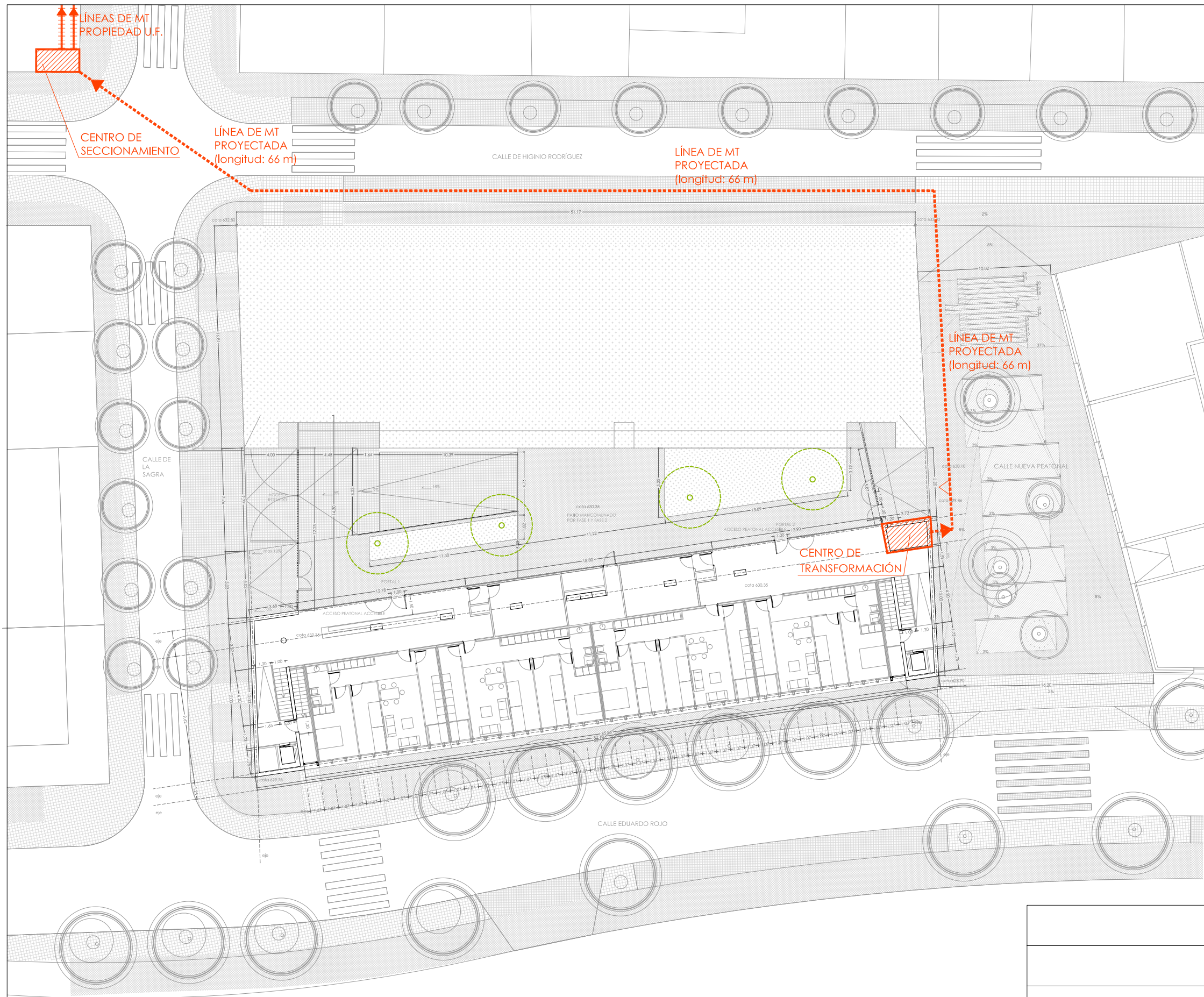
**PLANO N°:1.....PLANO SE SITUACION.**

**PLANO N°:2.....DETALLES C.T INTEGRADO.**

**PLANO N°:3.....OBRA CIVIL DEL C.T.**

**PLANO N°:4.....CANALIZACIONES.**

**PLANO N°:5.....ESQUEMA UNIFILAR.**

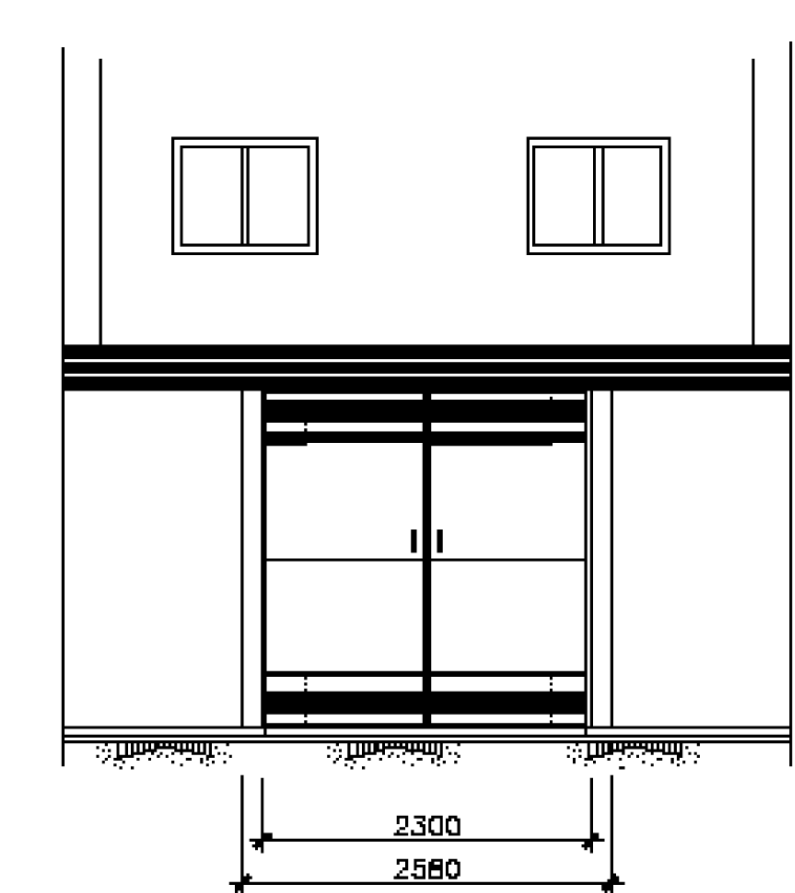


PLANO CENTRO DE SECCIONAMIENTO - CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

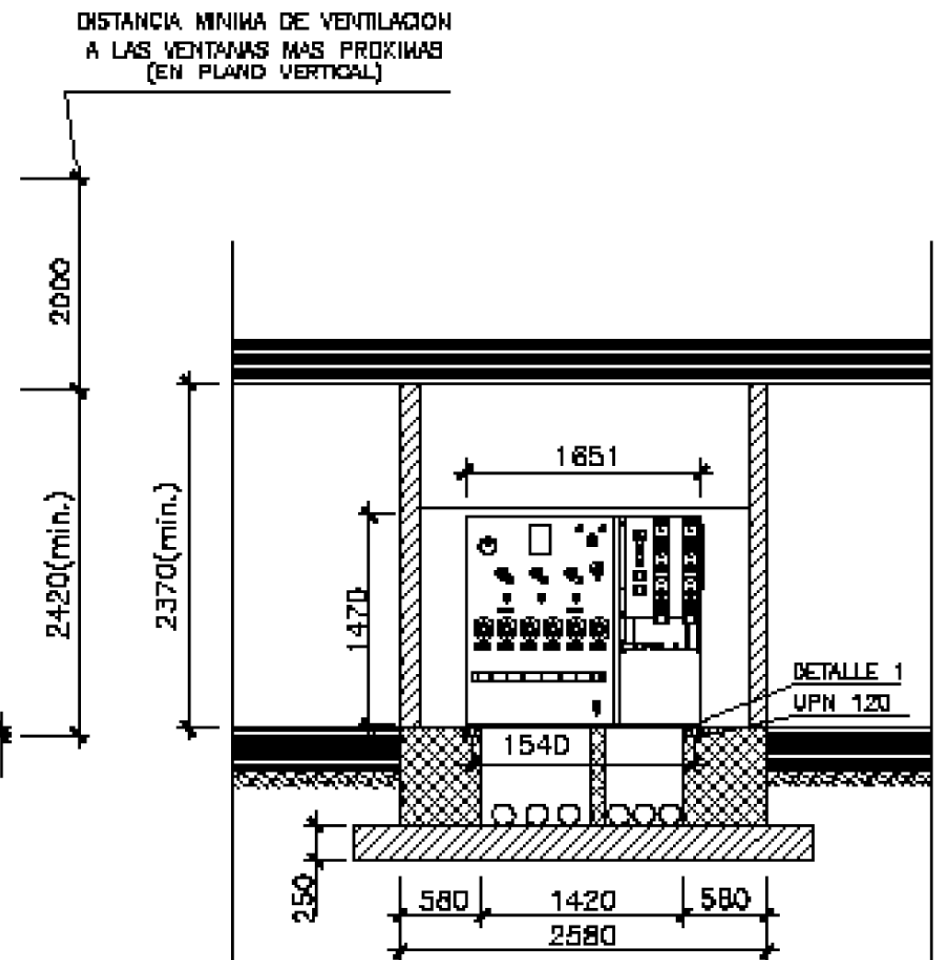


Jesús Orte Largo	
Escala: S/E	DISEÑO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2009	
Plano Nº: 1	Plano de Situación

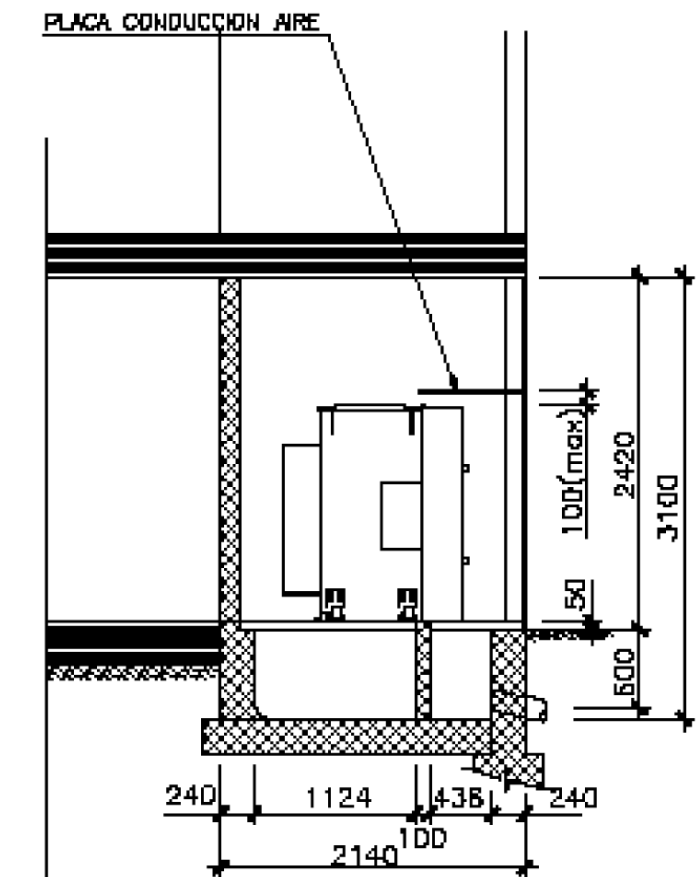




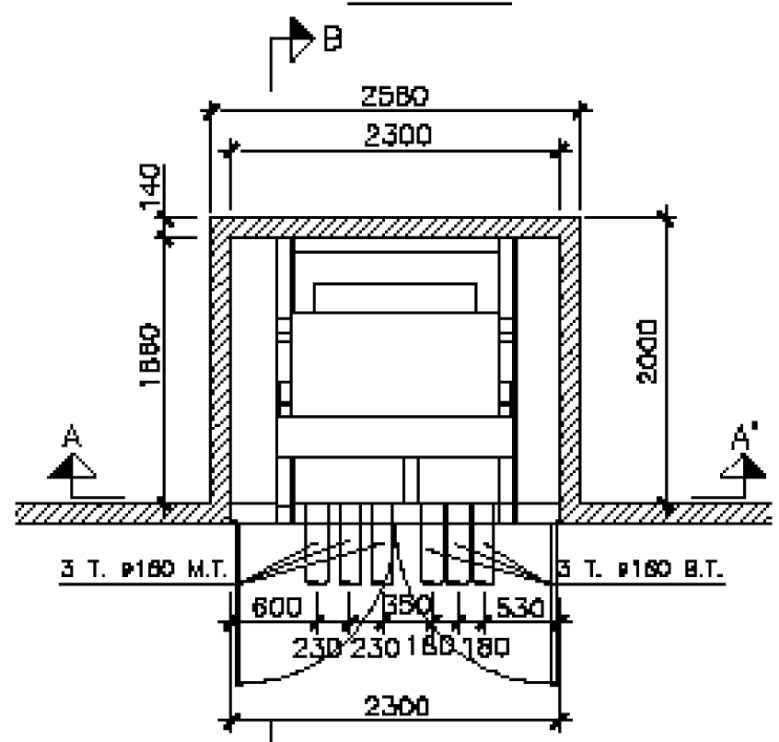
FACHADA



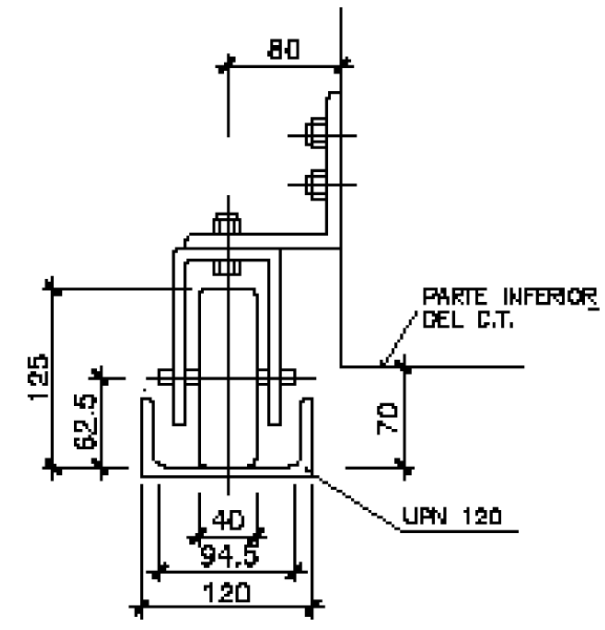
SECCION A-A'



SECCION B-B'



PLANTA



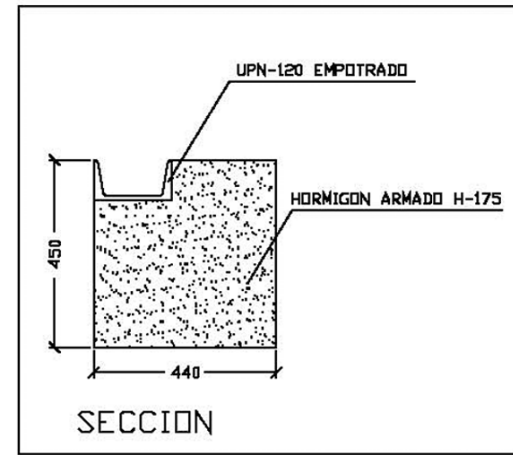
DETALLE 1  
ESCALA 1/3

Nota: Los carriles irán empotrados en el hormigón

C.T. integrado 2L1P hasta 1x400 Kva.  
Emplazado en planta baja de edificio

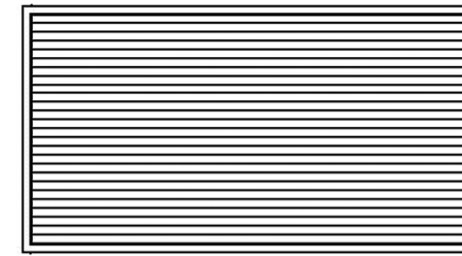
Jesús Orte Largo	
Escala: S/E	DISEÑO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2009	Detalles centro de transformación integrado
Plano Nº: 2	

DETALLE DADOS HORMIGON

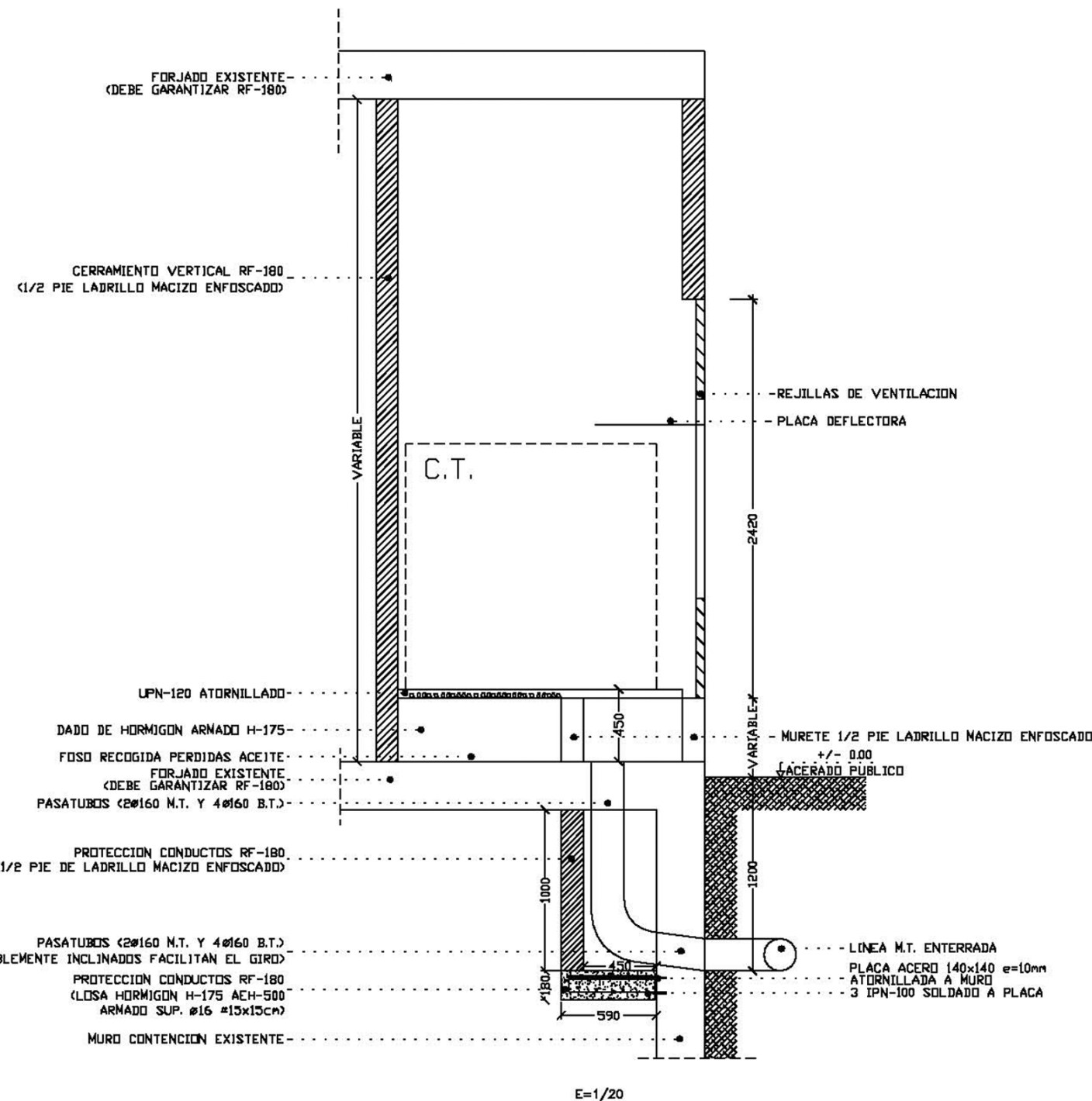


E=1/10

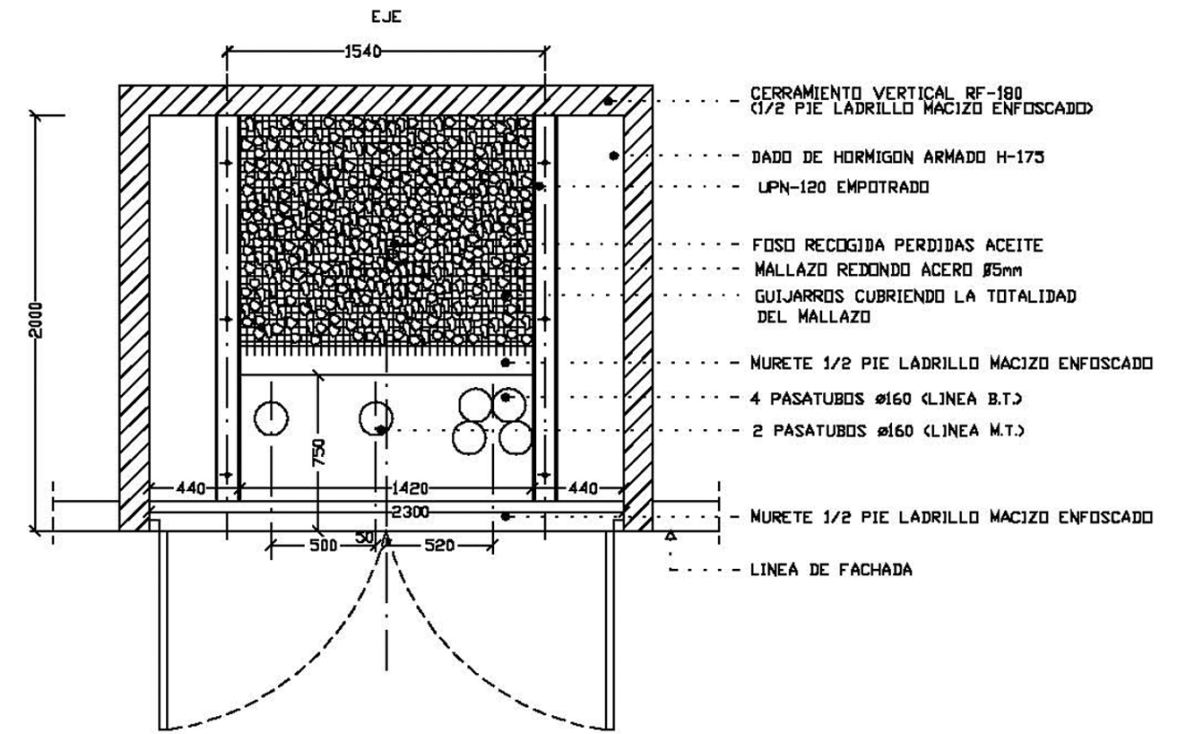
MODULO VENTILACION



SUPERFICIE (S<sub>2</sub>) = 4,1 m<sup>2</sup>



E=1/20



PLANTA

E=1/20

Jesús Orte Largo	
Escala: S/E	DISEÑO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2009	Obra Civil del Centro de Transformación
Plano N°: 3	

PAVIMENTO

COMPACTACIÓN MECÁNICA  
PROCTOR 95%

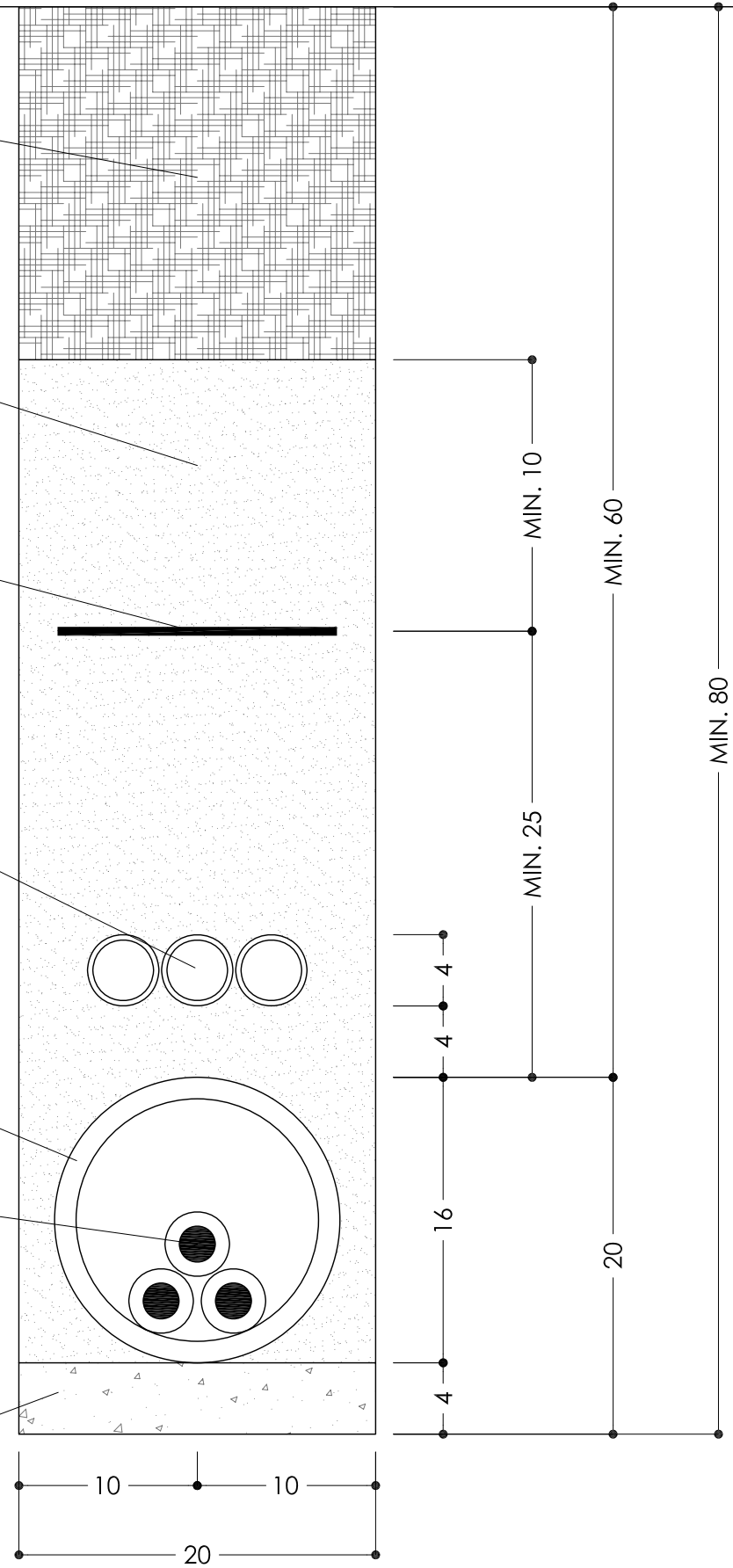
CINTA SEÑALIZADORA

TRITUBO VERDE Ø40mm.  
TELECOMUNICACIONES

TUBO ROJO Ø 160mm.

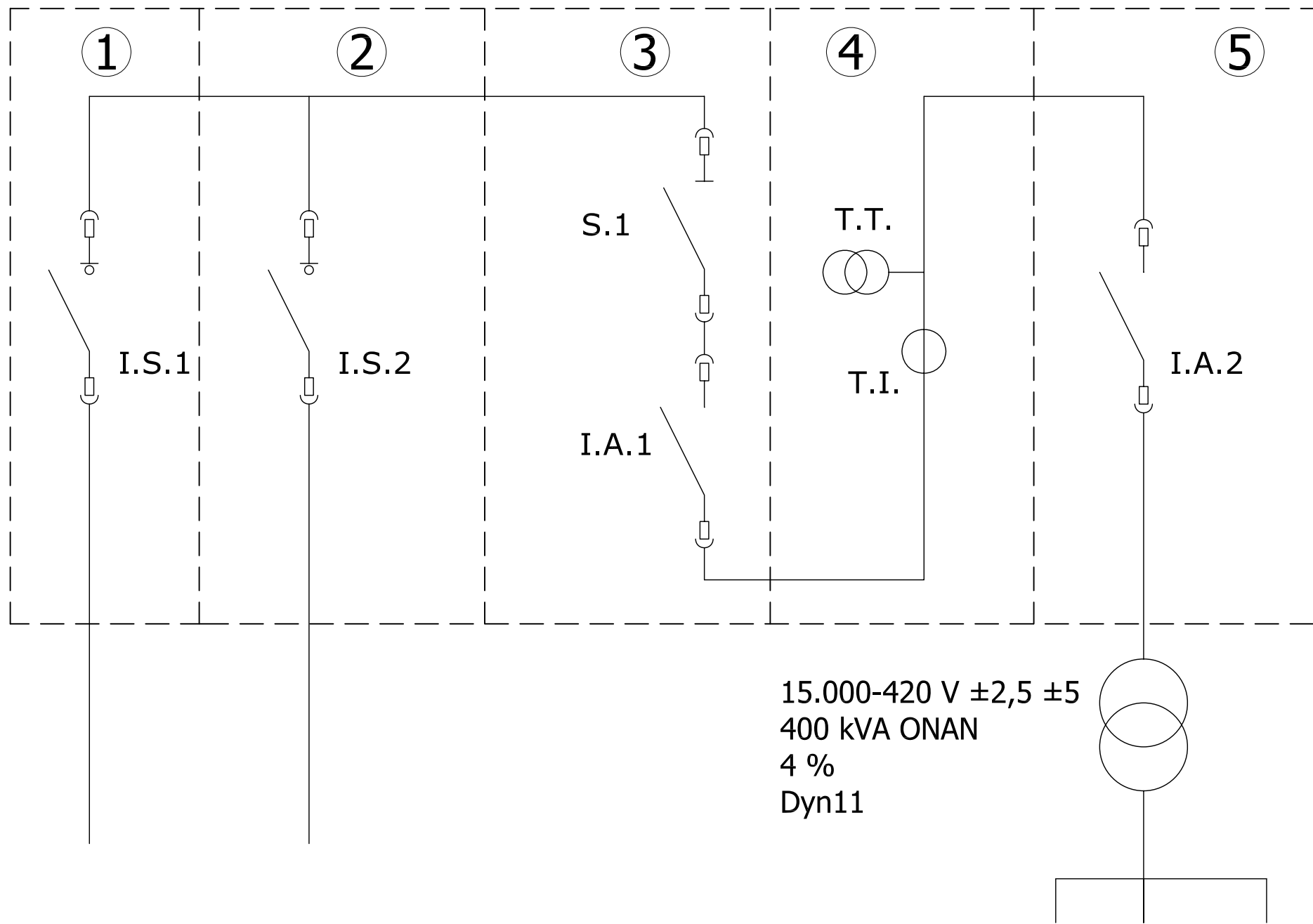
CABLES M.T.

LECHO DE ARENA



Jesús Orte Largo	
Escala: S/E	DISEÑO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2009	Canalizaciones
Plano Nº: 4	





- 1.- Celda de línea
- 2.- Celda de línea
- 3.- Celda de proteccion
- 4.- Celda de medida
- 5.- Celda proteccioón Trafo 400kVA

15.000-420 V  $\pm 2,5 \pm 5$   
 400 kVA ONAN  
 4 %  
 Dyn11

Jesús Orte Largo	
Escala: S/E	DISEÑO DE CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
2009	
Plano Nº: 5	
Esquema Unifilar	