



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Máster en Ingeniería Industrial

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN
ELÉCTRICA EN MT Y BT
DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA
ALIMENTACIÓN

Autor: D. Sergio Morato Arribas
Tutor: D. Manuel Muñoz Cano

Valladolid, Junio, 2017

El objetivo de este trabajo fin de master es definir, justificar, calcular y documentar, la instalación eléctrica en Media y Baja tensión de una empresa dedicada al sector de la alimentación.

La instalación se lleva a cabo en un edificio de 50 m de ancho por 100 m de largo, con puertas de acceso situadas a lo largo del perímetro del edificio, destinado al proceso de producción. La alimentación se realiza a partir de un centro de transformación que hará frente a una previsión de carga simultánea de alrededor de 1400 kW con un factor de potencia de 0.96, corregido por medio de una batería de condensadores. Se ha requerido el dimensionado de dos transformadores de aislamiento seco de 800 kVA cada uno.

El Centro de Transformación será en edificio prefabricado e irá equipado con celdas modulares compartimentadas y aislamiento en SF6. Tendrá unas dimensiones adecuadas para el movimiento y colocación de la maquinaria y elementos necesarios para la ejecución de la instalación y para la realización de las preceptivas operaciones de mantenimiento.

En la instalación de baja tensión, los dispositivos de protección de cada circuito están convenientemente coordinados, siendo selectivos con otros dispositivos generales que les preceden.

Todo el diseño se ha realizado en base a las condiciones industriales y características técnicas requeridas para el proceso, cumpliendo la reglamentación y la normativa vigente.

Palabras clave

Centro de transformación, Edificio prefabricado, SF6, Media tensión, Instalación eléctrica de BT.

Abstract

The objective of this final degree essay is to define, justify, calculate and document the electrical installation which is made in low voltage. The Company is dedicated to dedicated to the food sector.

The installation is performed in an industrial building which is 50 meters of width and 100 of length. with access doors located along the perimeter of the building, destined to the production process. The supply is begun in one subscribed transformation center that will face a simultaneous load forecast of around 1400 kW with a power factor of 0.96, corrected in the load by means of a capacitor bank. It has been necessary to dimension two dry insulation transformers of 800 kVA each.

The Transformation Center will be in prefabricated building and will be equipped with compartmentalized modular cells and insulation in SF6. It will have adequate dimensions for the movement and placement of the machinery and elements necessary for the execution of the installation and for the accomplishment of the prescriptive maintenance operations.

In the low electrical installation, the electrical safeguards are coordinated and they will be selectives with other general devices which are installed before them.

All of design is based on the industrial conditions which our case requires. The project respects the standards and regulations which are required.

Keywords

Transformation center, Prefabricated building, SF6, Medium voltage, Electrical installation of BT.

ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA.....	1
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	37
3. PLIEGO DE CONDICIONES.....	63
4. PRESUPUESTO.....	113
5. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	123
6. BIBLIOGRAFÍA.....	139
7. PLANOS.....	143
8. ANEXO.....	147

1. MEMORIA

ÍNDICE

1 MEMORIA.....	5
1.1 ANTECEDENTES.....	5
1.2 OBJETO DEL PROYECTO.....	5
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	6
1.4 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	11
1.5 ACOMETIDA.....	12
1.6 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	12
1.6.1 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.....	12
1.6.2 TRANSFORMADOR.....	13
1.6.3 CUADROS MODULARES DE B.T.....	16
1.6.4 INTERCONEXIÓN CELDA-TRAFO.....	16
1.6.5 INTERCONEXIÓN TRAFO-CUADRO B.T.....	16
1.6.6 INSTALACION DE PUESTA A TIERRA.....	17
1.6.7 INSTALACIONES SECUNDARIAS.....	17
1.6.8 MATERIALES DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS.....	18
1.6.9 OBRA CIVIL.....	18
1.7 CARACTERISTICAS INSTALACION DE ENLACE E INSTALACIONES INTERIORES.....	20
1.7.1 INSTALACION DE ENLACE.....	20
1.7.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	20
1.7.3 INSTALACIONES INTERIORES.....	20
1.7.4. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.....	23
1.7.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.....	24
1.7.6 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	25
1.7.7 PUESTA A TIERRA.....	28
1.7.8 RECEPTORES DE ALUMBRADO.....	33
1.7.9 RECEPTORES A MOTOR.....	33
1.7.10 BATERÍA DE CONDENSADORES.....	34
1.7.11 GRUPO ELECTRÓGENO.....	35

1 MEMORIA.

1.1 ANTECEDENTES.

Se redacta el siguiente proyecto de INSTALACIÓN ELECTRICA BAJA TENSION a petición de LA BUENA COCINA S.L, con C.F.I.: E47002899, y dominio social en Avda. Salamanca, S/N, 47195 Arroyo de la Encomienda, Valladolid.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO.

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; con el fin de obtener la autorización administrativa, así como la función de servir de base a la hora de proceder a la ejecución del mismo.

En primer lugar se diseñará un Centro de Transformación de abonado destinado a suministrar energía eléctrica en baja tensión, a una industria del sector de la alimentación, cuyos requerimientos eléctricos se especifican en el presente proyecto.

El segundo lugar, pasaremos a la definición del cuadro general de baja tensión (C.G.B.T). Desde este cuadro se organizarán los cables de salida para alimentar las distintas instalaciones receptoras de la nave. Cada salida dispondrá de un dispositivo de mando y protección. Además, se cuenta con una instalación de compensación para la corrección del factor de potencia.

Las instalaciones aguas abajo de cada salida, se subdividirán de forma que las posibles perturbaciones originadas por averías en cualquier punto de su recorrido, afecten a una mínima parte de la instalación. Los dispositivos de protección de cada circuito estarán convenientemente coordinados, siendo selectivos con otros dispositivos generales que le precedan.

Para conseguir el mayor equilibrado posible de las cargas, las cargas monofásicas se repartirán uniformemente entre las tres fases o conductores polares a lo largo de la instalación.

Desde el cuadro general de distribución (CGBT) partirán las salidas para alimentar a los distintos cuadros eléctricos de niveles inferiores.

Por otra parte, se diseñará una red de tierras por todo el edificio que proteja, tanto las instalaciones receptoras como las personas que se encuentren en el edificio.

Finalmente se colocarán las luminarias, tomas de corriente, aparatos de otras instalaciones industriales, como las redes de telecomunicaciones, por todo el edificio, considerando las necesidades específicas de cada zona.

También es objeto de este proyecto, la redacción de los documentos necesarios para la descripción de las instalaciones que se precisan y la ejecución de las mismas. Se aplicaran las normas técnicas y reglamentarias de seguridad y salud que han de servir de base para las instalaciones que se desean realizar en la obra, con el fin de conseguir una correcta ejecución de las mismas y adaptada a la normativa y exigencias actuales.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

A continuación se describen las operaciones que tienen lugar durante el proceso productivo.

Todos los productos al llegar a la central son pesados en la báscula situada en la entrada y se les realiza una ficha de identificación que se irá completando a lo largo de todo el proceso de manipulación para tener controlada la trazabilidad en todo momento.

En primer lugar, comenzamos con el almacenaje del producto para regular su entrada a la línea de producción. Para ello utilizamos una tolva de almacén:



Figura 1.1.- Tolva de almacén

Antes de someter el producto a un baño para quitar la suciedad de su superficie para así conservar nuestra peladora y/o cortadora y ofrecer un producto de mayor calidad, eliminamos las partes que no van a ser utilizadas en el proceso productivo.



Figura 1.2.-Lavador quitapiedras

Previamente antes de pasar al área de procesado, se realiza una inspección de la materia prima.



Figura 1.3.-Cinta de inspección.

Seguidamente pasamos al área de procesado, donde lo primero que se hace es un escaldado del producto y posterior enfriamiento.

A continuación, pelamos el producto. La peladora elegida irá en función de la producción que necesitemos. Podemos optar incluso por poner dos peladoras en paralelo.



Figura 1.4.-Peladora centrífuga automática



Figura 1.5.-Peladora continúa.

Después de la peladora, pasamos a alojar el producto en la tolva inundada. Esta tolva se encarga de almacenar el producto en agua para así conservar sus propiedades.

De la tolva inundada pasamos mediante un elevador a la cortadora donde podemos elegir el tamaño que queremos para nuestros cortes.



Figura 1.6.-Cortadora

Una vez cortado el producto es descargado en la cinta calibradora de rodillos. Esta se encarga de desechar el producto que no cumple con el tamaño asignado a la cortadora. Los productos con un tamaño correcto, continúan hacia adelante en su proceso.



Figura 1.7.-Cinta de rodillos ajustable.

Finalmente los productos se llevan al área de envasado para su posterior almacenamiento.



Figura 1.8.-Pesadora



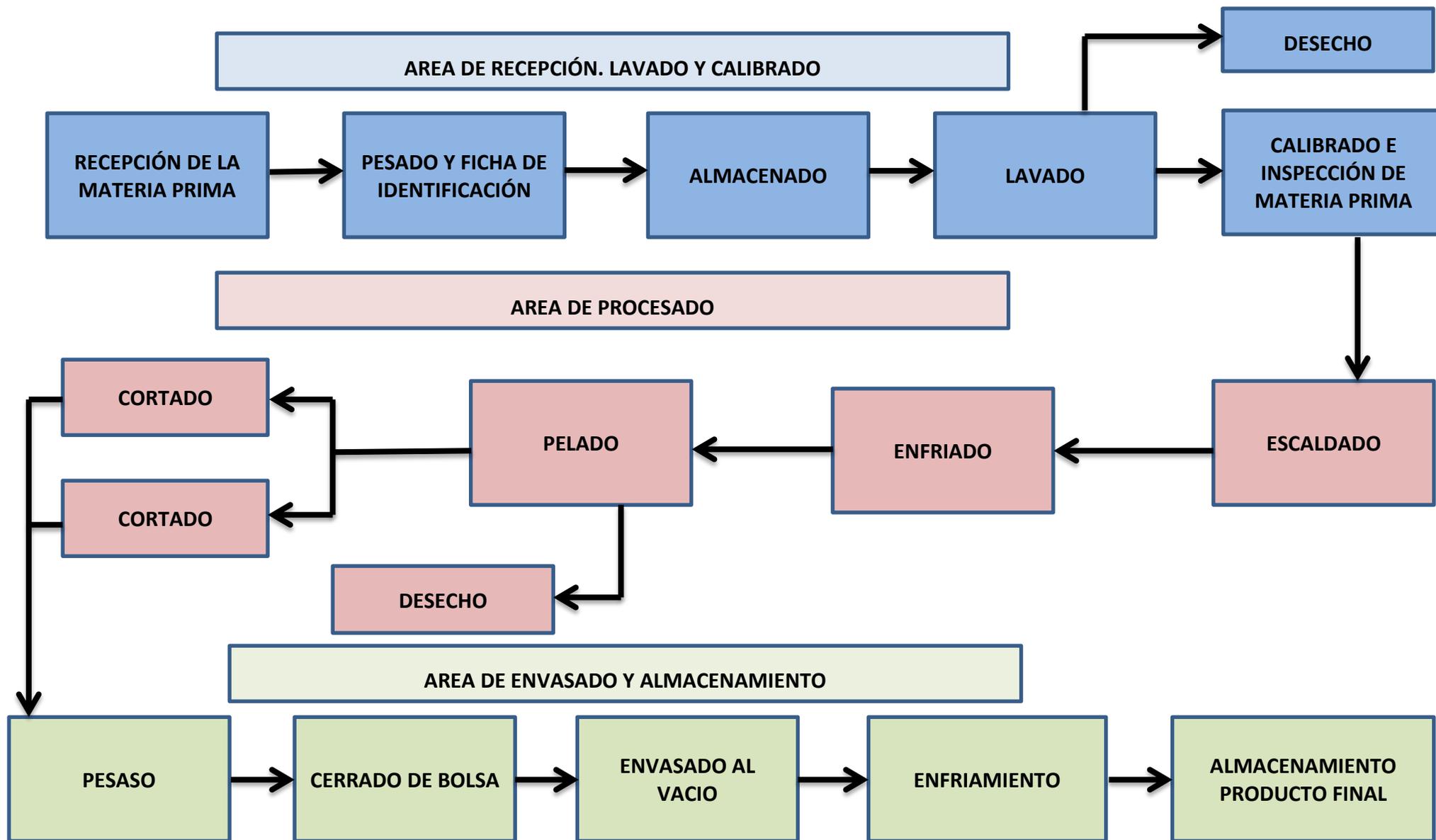
Figura 1.9.-Cerradora de bolsas



Figura 1.10.-Envasadora al vacío

El último e importante proceso es el enfriado del producto final y almacenado en las cámaras para su conservación.

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso de producción.



1.4 REGLAMENTACIÓN Y NORMATIVA DE APLICACIÓN.

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE nº 139 de 09/06/2014)
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA, 1989.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio. Febrero 2010.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía. Septiembre 2013
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización. Febrero 2010
- Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido. Septiembre 2009.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Septiembre 2009.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre y actualización 2010.)
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte. Julio 2009.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.5 ACOMETIDA.

La acometida es la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la Caja General de Protección o unidad funcional equivalente en este caso. La acometida será subterránea y se realizará de acuerdo a lo indicado en la ITC-BT-07.

Además, se tendrá en cuenta las separaciones mínimas indicadas en la ITC-BT-07 en los cruces y paralelismos con otras canalizaciones de agua, gas, líneas de telecomunicaciones y con otros conductores de energía eléctrica.

La acometida se realiza en media tensión y alimentará un centro de transformación de abonado con dos transformadores. Los transformadores se conectarán en paralelo, para facilitar la continuidad del suministro de energía eléctrica a las cargas.

1.6 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El centro de transformación objeto del presente proyecto será prefabricado, empleando celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica.

Las celdas a emplear serán modulares de aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF6).

Los elementos constitutivos del Centro de Transformación serán los siguientes:

- Edificio prefabricado de hormigón.
- Celdas de Media Tensión.
- Transformador de MT / BT.
- Cuadros modulares de BT.
- Interconexión celda-trafo.
- Interconexión trafo-cuadro BT.
- Instalación de Puesta a Tierra.
- Instalaciones secundarias.
- Señalización y material de seguridad.
- Esquemas eléctricos.
- Planos generales.

1.6.1 CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.

En el interior del centro de transformación se instalarán una celda de línea, celda medida, celda remonte, una celda de protección automática, y dos celdas de protección una para cada transformador. El tipo de celdas serán de aislamiento y corte en hexafluoruro de azufre (SF6).

La celda de entrada serán de aislamiento integral y corte en SF6, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.

Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Los mandos de la apartamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la apartamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

Para realizar maniobras en MT. el Centro de Transformación dispondrá de banqueta o alfombra aislante, guantes aislantes y pértiga.

1.6.2 TRANSFORMADOR.

Los transformadores que vamos a utilizar son trifásico reductor de tensión, con neutro accesible en el secundario, aislamiento seco y refrigeración por aire.

La conexión entre las celdas de MT. y el transformador se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco y terminales enchufables, con un radio de curvatura mínimo de $10*(D+d)$, siendo "D" el diámetro del cable y "d" el diámetro del conductor.

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

En nuestro Centro de Transformación habrá dos transformadores reductores trifásicos, construidos según las normas, de marca ABB, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural por aire con las características que se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla.1.1.-Características del transformador.

Potencia (kVA)		800 kVA
Tensión asignada	Primario (kV)	24 kV
	Secundario (V)	400 V
Pérdidas en vacío (W)		2100 W
Pérdidas en carga	A 75° C (W)	8370 W
	A 120° C (W)	9400 W
Impedancia de cortocircuito (%)		6 %
Nivel de potencia sonora (dB)		71 dB
Longitud (mm)		1530 mm
Anchura (mm)		900 mm
Altura (mm)		1750 mm
Peso total (kg)		2100 kg
Diámetro de ruedas (mm)		125 mm
Distancia entre ruedas (mm)		670 mm

Se trata de un transformador con grado de protección IP 00 (según norma UNE 20324).

El primer 0 se denomina "primera cifra característica" e indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños. El 0 representa, tal como se aprecia en la Tabla 1.2, que la envolvente no protege. En nuestro caso no es necesario ya que el acceso a los transformadores estará restringido a personal cualificado y estará en interior.

Tabla 1.2.-Grado de protección del transformador (1)

Cifra	Grado de protección
	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	Sin protección particular
1	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm
4	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Ninguna entrada de polvo

El segundo número, normalmente denominado "segunda cifra característica", indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua. También lo tenemos sin protección, ya que tenemos un 0, porque los transformadores se encuentran en interior, y no debería existir flujo de agua al centro de transformación. Esta segunda cifra característica queda recogida en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3.-Grado de protección del transformador (2).

Cifra	Grado de protección
	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	Sin protección particular.
1	La caída vertical de gotas de agua no deberá tener efectos perjudiciales.
2	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada 15º con respecto a la posición normal.
3	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60º con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales.
4	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales.
5	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas sus direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales.
6	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales.
7	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales.
8	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante. NOTA: Esto significa que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante, para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales.
<p>Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza.</p> <p>Eso está de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.</p>	

Por otro lado, se han elegido dos transformadores para mejorar la fiabilidad del Centro de Transformación ya que los transformadores son cuellos de botella inevitables, en cuanto a su fiabilidad.

En cuanto a la potencia, se han elegido de 800 kVA para que funcionen simultáneamente con un régimen normal de funcionamiento del 80%. En caso de que uno fallara, el otro debería abastecer la mayor parte de la carga.

Si atendemos a las características del transformador, podemos ver que, en realidad, la capacidad del transformador se ve incrementada en un 4% ya que la temperatura media del lugar donde se va a instalar es 10ºC (Valladolid) y no 20ºC como se muestra por defecto. Por otro lado, los transformadores pueden aguantar sobrecargas durante un cierto periodo de tiempo (Figura 1.11).

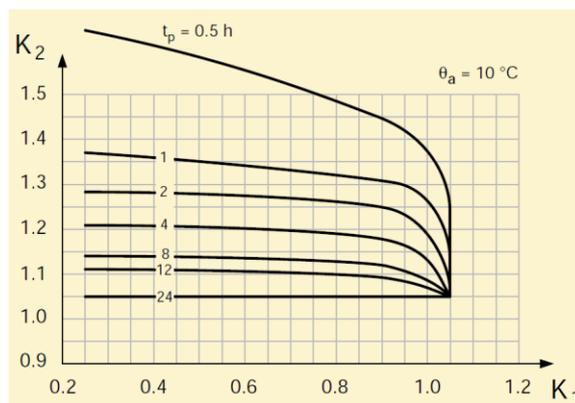


Figura 1.11.- Constante de carga de un transformador.

Asumiendo un K_1 de 0.8 por funcionar, cada transformador, al 80% de su carga nominal en condiciones normales de funcionamiento, podemos calcular la potencia que va a abastecer un solo transformador en función del coeficiente K_2 de sobrecarga. Los resultados se representan en la tabla 1.4.

Tabla 1.4.-Potencia del transformador en caso de fallo

K_1	T_p (h)	K_2	P_{nominal} del transformador	% P_{nominal} por temperatura	Potencia que abastece (kVA)
0.8	0.5	1.48	800	104%	1231.36
0.8	1	1.33	800	104%	1106.56
0.8	2	1.26	800	104%	1048.32
0.8	4	1.18	800	104%	981.76
0.8	8	1.14	800	104%	948.48
0.8	12	1.1	800	104%	915.2
0.8	24	1.05	800	104%	873.6

Con esto nos damos cuenta de que, durante media hora podremos abastecer 1231.36 kVA con un solo transformador, es decir, un 93.4% de la potencia nominal considerada simultánea. Lo que nos permitirá crear una secuencia de desconexión de cargas para proteger la instalación en caso de fallo, y poder seguir operando con relativa normalidad hasta que se solucione el fallo.

1.6.3 CUADROS MODULARES DE B.T.

El Centro de Transformación irá dotado de un cuadro en el interior del mismo, con un número de salidas que dependerá de la potencia del transformador, en nuestro caso tenemos un total de 15 salidas.

1.6.4 INTERCONEXIÓN CELDA-TRAFO.

La conexión eléctrica entre la celda de alta tensión y el transformador de potencia se realizará con pletinas desnudas de aluminio y del tipo HEPRZ1, empleándose la tensión asignada de las pletinas de 12/20 kV para tensiones asignadas de CT de hasta 24 kV.

Estas pletinas desnudas dispondrán en sus extremos de terminales enchufables rectos o acodados de conexión sencilla, siendo de 24 kV/200 A para CT de hasta 24 kV.

1.6.5 INTERCONEXIÓN TRAFO-CUADRO B.T.

La conexión del transformador y el cuadro de B.T. se realiza mediante conductores unipolares de aluminio, de aislamiento seco 0,6/1 kV sin armadura. Las secciones mínimas

necesarias de los cables estarán de acuerdo con la potencia del transformador y corresponderán a las intensidades de corriente máximas permanentes soportadas por los cables. El circuito se realizara con cables de 240mm^2 .

1.6.6 INSTALACION DE PUESTA A TIERRA.

Tierra de protección.

Se conectarán a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente: envolventes de las celdas y cuadros de baja tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc, así como la armadura del edificio. No se unirán las rejillas y puertas metálicas del centro si son accesibles desde el exterior. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm^2 de cobre desnudo formando un anillo, y conectará a tierra los elementos descritos anteriormente

Tierra de servicio.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en baja tensión, debido a faltas en la red de alta tensión, el neutro del sistema de baja tensión se conectará a una toma de tierra independiente del sistema de alta tensión, de tal forma que no exista influencia de la red general de tierra.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm^2 de cobre aislado 0,6/1 kV.

1.6.7 INSTALACIONES SECUNDARIAS.

Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la alta tensión.

Alumbrado de emergencia.

Se dispondrá un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al Centro de Transformación y 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.

Protección contra incendios.

Si va a existir personal itinerante de mantenimiento por parte de la compañía suministradora no se exige que en el Centro de Transformación haya un extintor. En caso contrario, se incluirá un extintor de eficacia 89B.

La resistencia ante el fuego de los elementos delimitadores y estructurales será RF-240 y la clase de materiales de suelos, paredes y techos M0 según Norma UNE 23727.

Ventilación.

Para la evacuación del calor generado en el interior del Centro de Transformación 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.

La ventilación será natural. Para la renovación del aire en el interior del Centro de Transformación se establecerán huecos de ventilación que permitan la admisión de aire frío del exterior, situándose éstos 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 del Centro de Transformación.

1.6.8 MATERIALES DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS.

El centro de transformación prefabricado dispondrá de banqueta aislante y guantes de goma para la correcta ejecución de las maniobras y placa de instrucciones de primeros auxilios.

Además se instalarán los carteles de identificación, señalización de riesgo y de maniobrabilidad especificados.

1.6.9 OBRA CIVIL.

El Centro estará ubicado en un local prefabricado. En él se ha instalado toda la aparamenta y demás equipos eléctricos.

Para el diseño de este centro de transformación se han observado todas las normativas antes indicadas, teniendo en cuenta las distancias necesarias para pasillos, accesos, etc.

Las dimensiones del CT deberán permitir:

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

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 RF-240 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase M0 de acuerdo con la Norma UNE 23727.
- Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.
- Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.
- Bajo la solera se dispondrán los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión

CIMENTACION.

Si el centro de transformación se ubica a nivel del terreno, la cimentación se realizará mediante zapatas aisladas y flexibles arriostrados en dos direcciones. El terreno será compacto, con una tensión admisible de 1,5 kg/cm² como mínimo para una profundidad de 1,50 m. No obstante la Dirección Facultativa ha de realizar un estudio geotécnico para obtener el mayor grado de certeza del comportamiento resistente del terreno.

Las cargas a considerar serán las más desfavorables de la obtenidas en la base de los pilares de planta baja, más el peso propio de la zapata de hormigón.

Al objeto de evitar la transmisión de humedades por capilaridad el hormigón de los elementos de cimentación, contención de tierras y soleras, llevará en su masa un aditivo hidrofugante que tenga concedido el Documento de Idoneidad Técnica.

Los materiales de la cimentación serán compatibles entre sí y con el terreno.

SOLERA, PAVIMENTO Y CERRAMIENTOS EXTERIORES.

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 deberá tener en cuenta el empotramiento de herrajes, colocación de tubos, registros, canalizaciones de cables, mallas de tierra, etc.

En el piso, a una profundidad máxima de 0,20 m, se instalará un enrejado de hierros redondos de 4 mm de diámetro como mínimo, fondo malla no mayor de 0,30x0,30 m, con nudos soldados. Dicha malla se unirá eléctricamente a la línea de tierra de las masas.

En el hueco para transformador se dispondrán dos perfiles en forma de "U", que se pueden desplazar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

Los muros o tabiques exteriores se construirán de forma que sus características mecánicas estén de acuerdo con el resto del edificio. Para el dimensionado de los espesores se tendrán en cuenta las Condiciones Acústicas, en especial cuando se trate de separaciones con otros locales (todo ello conforme a las Ordenanzas Municipales y/o distintas legislaciones de las Comunidades Autónomas).

Los muros exteriores 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 cm² cada una, según se indique en la recomendación UNESA 1303A.

Ningún herraje o elemento metálico atravesará la pared.

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.

CUBIERTA.

El forjado superior o cubierta se dimensionará de acuerdo a las cargas permanentes y sobrecargas que sobre él puedan actuar (CTE). En cualquier caso, el valor mínimo de sobrecarga a considerar será el indicado en la Norma UNE-EN 62271.

PINTURAS.

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica o epoxy, haciéndolas muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

1.7 CARACTERISTICAS INSTALACION DE ENLACE E INSTALACIONES INTERIORES.

1.7.1 INSTALACION DE ENLACE.

Desde el secundario de los transformadores se alimenta el cuadro general de baja tensión (CGBT). Al ser un único usuario no existe la Línea General de Alimentación. El sistema es trifásico con neutro y tierra, a una tensión de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro

1.7.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Para la correcta protección ante posibles contactos indirectos y sobreintensidades será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución deben establecerse en función de las conexiones a tierra de la red de distribución y de las masas de la instalación receptora. Se usa un código para la identificación de los diferentes esquemas:

- Primera letra: identificará el tipo de alimentación con respecto a tierra. Puede ser:
 - T → conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
 - I → Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
- Segunda letra: se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra:
 - T → Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

En este proyecto se instalarán como esquemas de distribución TT.

1.7.3 INSTALACIONES INTERIORES.

1.7.3.1 CONDUCTORES.

Los cables y conductores elegidos en el diseño serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados en PVC. Cuando se alimenta la instalación desde un centro de transformación de media tensión en propiedad, la máxima caída de tensión máxima admisible en alumbrado del 4,5% y del 6,5% para los demás usos. Considerando que la instalación de baja tensión empieza en el secundario de los transformadores desde los que se alimenta.

Las intensidades máximas admisibles, se guían por lo indicado en la norma UNE-HD 60364-5-52:2014 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección vienen dados por la tabla 1.5:

Tabla 1.5.- Sección conductores de fase y protección

SECCIÓN CONDUCTORES DE FASE(mm ²)	SECCIÓN CONDUCTORES PROTECCIÓN(mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

1.7.3.2 IDENTIFICACIÓN DE CONDUCTORES.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro.

Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

Tabla 1.6.- Identificación de los conductores

Conductor	Color	
Neutro	Azul	
Fase	Marrón, Gris, Negro	  
Protección	Verde-Amarillo	

1.7.3.3 EQUILIBRADO DE CARGAS.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares.

1.7.3.4 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.

La instalación debe tener una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla 1.7.

Tabla 1.7.- Valores de la resistencia de aislamiento para un nivel de tensión dado.

TENSIÓN NOMINAL INSTALACION AISLAMIENTO (mΩ)	TENSIÓN ENSAYO CORRIENTE CONTINUA (V)	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (mΩ)
≤ 500 V	500	≥ 0,50

Se puede saber la rigidez dieléctrica, realizando una pequeña prueba de resistencia consistente en lo siguiente, con todos los receptores desconectados se somete durante 1

minuto a una tensión de $2U+1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con mínimo de 1500.

Las corrientes de fuga en circuitos de cualquier nivel no podrán ser superiores a la sensibilidad de los interruptores diferenciales instalados contra contactos indirectos.

1.7.3.5 CONEXIONES.

Todas las conexiones han de realizarse mediante bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión, como uso excepcional, se permite el uso de bridas de conexión, las cuales deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o derivación. Lo que se pretende evitar con este apartado es aclarar que no se empalmen cables enrollándolos uno sobre el otro nunca.

1.7.3.6 SISTEMAS DE LA INSTALACIÓN.

El sistema de instalación elegido es la bandeja perforada y el tubo empotrado en obra.

De forma general en la canalización los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada. Si se tienen más tipos de canalizaciones además de las eléctricas, se dejará un mínimo de 3 cm de separación entre las superficies exteriores. Además, si las otras canalizaciones corresponden a instalaciones de calefacción, vapor o humo, se dejará una distancia mayor para no tener problemas con elevaciones de temperatura. Por otro lado, si los conductos pueden dar lugar a condensaciones se procurará que las canalizaciones eléctricas no pasen por debajo de estas y en caso de que así sea estén lo suficientemente protegidas contra los efectos de las condensaciones.

Las bandejas serán sencillas de manipular, inspeccionar, con gran accesibilidad y dentro de ellas fáciles de identificar circuitos y elementos, de cara a que los mantenimientos preventivos o correctivos sean también más sencillos y rápidos de ejecutar.

Si en algún momento alguna bandeja tuviera que atravesar algún elemento de construcción como muros, tabiques o techos, no podrá haber en ese tramo ningún empalme o derivación, además, se protegerán frente a posibles desgastes mecánicos, incidentes químicos y los efectos de la humedad.

Toda la aparamenta que se encuentre en locales húmedos o ambientes mojados, será de material aislante.

Las bandejas perforadas, utilizarán cables con tensión asignada superior a 450/750 V. Dentro de las bandejas, puede haber instalada aparamenta de mando y maniobra así como empalmes de conductores entre ellos o con los diversos mecanismos instalados.

Las bandejas perforadas dedicadas a actividades no ordinarias, deberán cumplir unas determinadas especificaciones mínimas de resistencia de impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las características del emplazamiento. Además, las bandejas no serán propagadoras de llama. Todas estas características cumplirán la norma UNE-EN 50.085.

En el diseño, el trazado de las canalizaciones procurará seguir líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local de la instalación.

Las bandejas con conductividad eléctrica se conectarán a la red de tierra de la instalación de forma segura.

1.7.4. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.

Los circuitos de la instalación deben estar protegidos contra sobreintensidades en cualquier punto de su recorrido, abriendo el circuito en un tiempo óptimo. Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas provocadas por aparatos o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

La protección contra sobrecargas empieza con el límite que marca el propio conductor contra sobrecargas, con su máxima corriente admisible, en nuestra planta de producción, habrá siempre al principio de todas las salidas, un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, que garantizará la protección en todo el circuito. A nivel de equipos se utilizará contra sobrecargas el relé térmico en combinación con el interruptor automático.

Para la protección contra cortocircuitos se instalarán interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar al principio del circuito, la capacidad de corte será la adecuada para la intensidad de cortocircuito que se presente en el punto de la conexión. Cuando se presentan varios circuitos que proceden de otro principal, estos pueden tener su propia protección contra sobrecargas y tendrán uno general y común para cortocircuitos que proteja a todos.

Se puede ver cómo funcionan los interruptores automáticos observando sus curvas de disparo, que se dividen en dos tramos, uno para el disparo por sobrecarga y otra para el disparo por cortocircuito.

El disparo por sobrecarga corresponderá a la característica térmica de tiempo inverso o de tiempo dependiente. Mientras que el disparo por cortocircuito será instantáneo, sin retardo, y estará caracterizado según su corriente de disparo denominada por I_m a esta corriente también se la conoce como característica magnética o de tiempo independiente.

Los interruptores automáticos ofrecen varias curvas (B, C, D) de disparo magnético, que nos permiten elegir en función de la corriente asignada (I_n), estos valores están normalizados de la siguiente forma:

- Curva B: $I_m=(3-5)I_n$
- Curva C: $I_m=(5-10)I_n$
- Curva D: $I_m=(10-20)I_n$

La curva B se usa cuando se conoce que en las instalaciones no se van a producir transitorios. La curva D tendrá su utilidad cuando existan transitorios importantes como puede ser en nuestro caso por el arranque de grandes motores. La curva C se utilizará para casos intermedios.

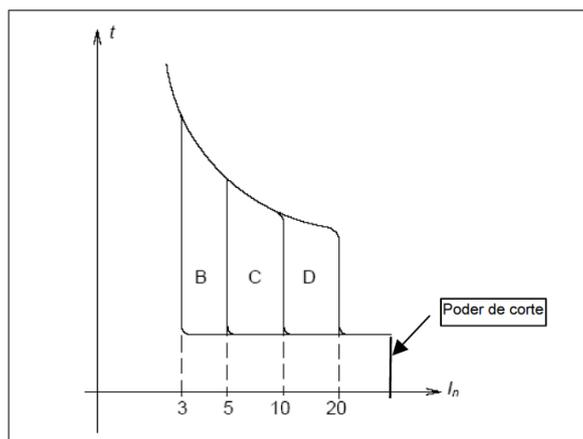


Figura 1.12.- Curvas de disparo magnético por sobrecarga en interruptores automáticos

1.7.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES.

Se trata de proteger las instalaciones eléctricas interiores contra sobretensiones que pueden llegar transmitidas por las redes de distribución, originadas casi en su totalidad por descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

Para hacer una adecuada protección en las instalaciones y equipos, estos se clasifican por categorías con el fin de diferenciar los diversos grados de tensión soportada por los equipos a la onda de choque de sobretensión, además de establecer el límite máximo de tensión residual permitida por las protecciones de cada parte de la instalación o sus equipos. Con esta clasificación se pretende disminuir las sobretensiones de entrada a valores inferiores a los que indica cada categoría. Para ello se lleva a cabo una estrategia de protección en cascada que integra tres niveles de protección: basta, media y fina, de esta forma se consiguen valores de tensión residual no peligrosos para los equipos y una capacidad de derivación de energía que ayudará a alargar la vida útil de los dispositivos de protección.

Tabla 1.8.-Tensiones soportadas por impulsos para una tensión nominal dada

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA POR IMPULSOS 1,2/50(Kv)			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofasicos	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690/1000		8	6	4	2,5

A continuación, pasaremos a explicar porque en nuestra planta de producción hay equipos de todas las categorías presentes en la tabla, para ello las definiremos brevemente:

Categoría I:

Los equipos serán muy sensibles frente a sobretensiones y están conectados constantemente a la instalación de suministro. Para este caso las medidas se toman fuera de los equipos a proteger. En la instalación industrial que nos ocupa, a nivel de equipos habrá sensores y actuadores muy delicados que formen parte de esta categoría.

Categoría II:

Aquí estarán los equipos conectados a una instalación eléctrica fija.

Categoría III:

Estará constituido por equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a equipos de los que se requiere gran fiabilidad, como puede ser toda la aparamenta de mando y maniobra de la planta de producción.

Categoría IV:

Aquí estarán los equipos, que se conectan muy próximos al origen de la instalación, los equipos principales de protección contra sobretensiones.

1.7.5.1 MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS SOBRETENSIONES.

Frente a descargas lejanas de rayo, defectos o conmutaciones en la red o diversos efectos capacitivos o inductivos, se pueden presentar dos situaciones:

- Situación natural: la protección contra sobretensiones transitorias no es necesaria.
- Situación controlada: la protección contra sobretensiones transitorias es necesaria.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben tener un nivel de protección no superior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales escogidos en el diseño.

1.7.6 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

La instalación de suministro de energía eléctrica debe diseñarse de forma que no suponga un riesgo para el personal que trabaja en la planta, frente a averías que puedan ocasionarse. Para evitar riesgos se protegerá frente a contactos directos e indirectos.

1.7.6.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.

Se produce un contacto directo cuando una persona entra en contacto con una parte de la instalación, materiales o equipos eléctricos que en funcionamiento normal está bajo tensión (parte activa).

Las protecciones contra contactos directos según la Norma UNE-HD 60364-4-41:2010, serán:

- Protección por aislamiento de las partes activas
- Protección por medio de barreras o envolventes
- Protección por medio de obstáculos
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual

Protección por aislamiento de las partes activas:

Las partes activas llevarán un aislamiento que no sea fácil de eliminar, es decir, tendrá que ser destruido para poder ser eliminado. Los acabados con adicción de material no se consideran protecciones contra contactos directos.

Protección por medio de barreras o envolventes:

Las partes activas se protegerán también con elementos envolventes o barreras que cumplan el grado de protección IP XXB especificado en la Norma UNE 20.324. Además deben estar convenientemente señalizadas para que toda persona que fuera a tener contacto con las barreras sea consciente del peligro que puede sufrir.

Todas las barreras y envolventes estarán instaladas de forma fiable para asegurar la zona en condiciones normales ante posibles efectos externos.

En ocasiones será necesario abrir las barreras y acceder a las envolventes, ha de hacerse de forma segura por lo que es necesario:

- Abrir la barrera mediante una llave o una herramienta específica
- Las partes activas dejen de estar en tensión hasta después de cerrar las barreras

Protección por medio de obstáculos:

Se pretenden evitar contactos físicos involuntarios con partes activas, pero si serán posibles los contactos intencionados, por lo que no es una medida de seguridad del todo fiable. Deberá garantizar:

- Acercamientos físicos no intencionados a partes activas
- Contactos con partes activas en el caso de intervenciones en equipos bajo tensión durante el funcionamiento.

Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento

Consiste en poner una distancia de seguridad entre las partes activas y las posibles personas que involuntariamente pudieran establecer contacto.

Se establece un volumen de accesibilidad de las personas, para definir el espacio cercano a un emplazamiento por el que pueden pasar personas y cuyos límites estén lo suficientemente lejos como para no ser alcanzados por una mano sin medios auxiliares. Suele limitarse como se muestra en la figura 13, con una altura de 2.5 m.

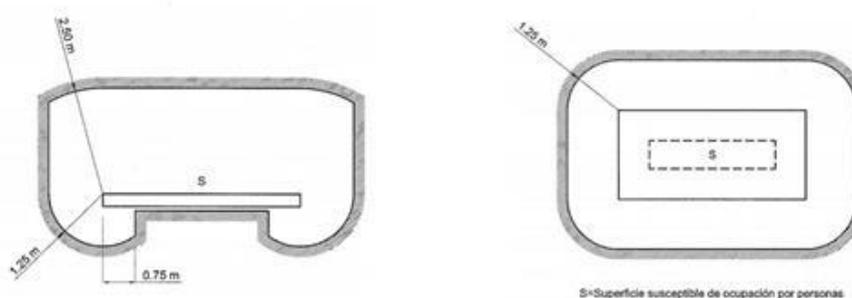


Figura 1.13.- Detalle del volumen de aislamiento para la protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual

Es una medida de protección complementaria a las protecciones por aislamiento de partes activas y a las protecciones por puesta fuera de alcance por alejamiento, se usarán interruptores diferenciales con corrientes de funcionamiento inferiores a 30 mA. Actuará en caso de que fallen las otras medidas de protección a contactos directos.

En instalaciones con corrientes diferenciales que puedan no ser senoidales, se emplearán dispositivos de corriente diferencial-residual de clase A, preparados para corrientes alternas senoidales y continuas pulsantes.

1.7.6.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS.

Se produce un contacto indirecto cuando una persona entra en contacto con un elemento metálico que en condiciones normales no debería estar sometido a tensión, pero que debido a un fallo de aislamiento o sujeción, circunstancialmente si esté bajo tensión.

Se protegerá de los posibles contactos por corte automático de la alimentación, existiendo una coherencia entre los dispositivos de protección y la instalación de tierra. Para ello se deben cumplir dos condiciones:

- Cumpliendo con las especificaciones de toma tierra dadas en las ITC-BT-18 e ITC-BT-19 se debe crear el adecuado bucle de defecto correspondiente a nuestro esquema de conexión.
- En función del esquema de conexión a tierra instalar en el dispositivo de protección que mejor cumpla con los tiempos indicados en los apartados 4.1.1 a 4.1.3 de la ITC-BT-24.

Las tensiones límite en valor eficaz, serán 50 V en condiciones normales y 24 V en ambientes húmedos o alumbrados exteriores.

Esquema TT:

En el esquema de protección TT todas las masas están protegidas por un mismo dispositivo de protección, deben de ser interconectadas y unidas a la misma toma tierra. Puede darse el caso en que varios dispositivos de protección estén montados en serie, entonces se conectará cada masa de cada dispositivo por separado a la toma tierra común de la instalación.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A * I_a \leq U$$

Dónde:

R_A Es la suma de las resistencias de la toma tierra y de los conductores de protección de masas.

I_a Es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual-asignada.

U Es la tensión de contacto límite convencional.

En el diseño de la instalación se usarán dispositivos de corriente diferencial residual y se instalarán de forma selectiva cuando estén conectados en serie, respetando el tiempo máximo de 1 segundo marcado por el reglamento.

Para los diferenciales de tipo general, las normas marcan los siguientes tiempos de funcionamiento:

Tabla 1.9.-Maximos tiempos de disparos en segundos para dispositivos diferenciales

	$I\Delta n$	$2I\Delta n$	$5I\Delta n$
Tiempo máximo de corte (s)	0.3	0.15	0.04

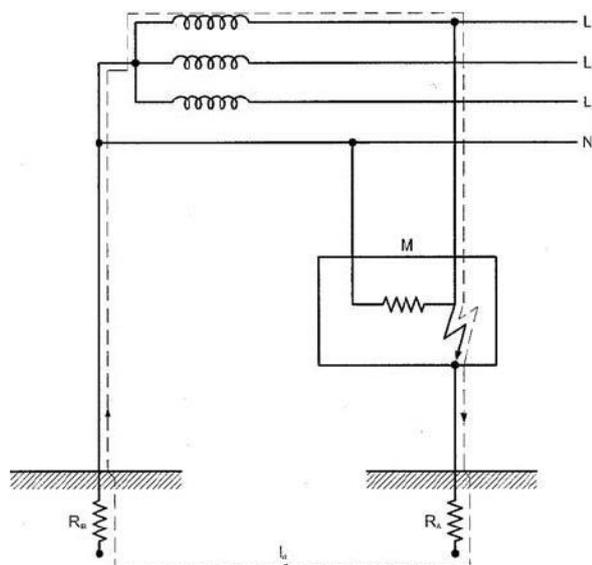


Figura 1.14.-Bucle de defecto del esquema de conexión TT.

1.7.7 PUESTA A TIERRA.

La puesta a tierra consiste en unir eléctricamente con la masa terrestre sin pasar por las protecciones, bien una parte del circuito eléctrico o una parte conductora que no pertenece al circuito, por medio de la instalación de tierra. La instalación de tierra la componen dos partes, la puesta a tierra de servicio relacionada con los circuitos eléctricos y la puesta a tierra de protección para elementos metálicos que no pertenecen al circuito.

Con la instalación de puesta a tierra se debe conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas, pero a su vez puedan derivarse correctamente las corrientes de defecto.

Las puestas a tierra tienen como función principal mantener el punto que se une a tierra a un potencial nulo, limitar las diferencias de potencial entre estructuras metálicas y tierra, establecer un camino de baja impedancia para el bucle de defecto, deben además ayudar al rápido funcionamiento de las protecciones y ser camino de evacuación para las descargas atmosféricas.

1.7.7.1 UNIONES A TIERRA.

Los materiales elegidos para la instalación deben cumplir una serie de requisitos y condiciones en su instalación:

- La resistencia de puesta a tierra debe cumplir las especificaciones de la ITC-BT— 24 asegurando los requisitos establecidos para cada caso particular en las correspondientes Instrucciones Técnicas.
- Los materiales conductores elegidos permitirán la correcta circulación de las corrientes de defecto a tierra, y las corrientes de fuga sin peligro, desde el punto de vista de las sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

- No podrá haber incidencias por un mal cálculo en las solicitaciones mecánicas que exigen las condiciones del terreno o factores externos.
- Deben ser resistentes a la intemperie cuando sea necesario y conservarse sin corrosión, evitando efectos de electrólisis.

Las instalaciones de puesta a tierra se componen de las siguientes partes:

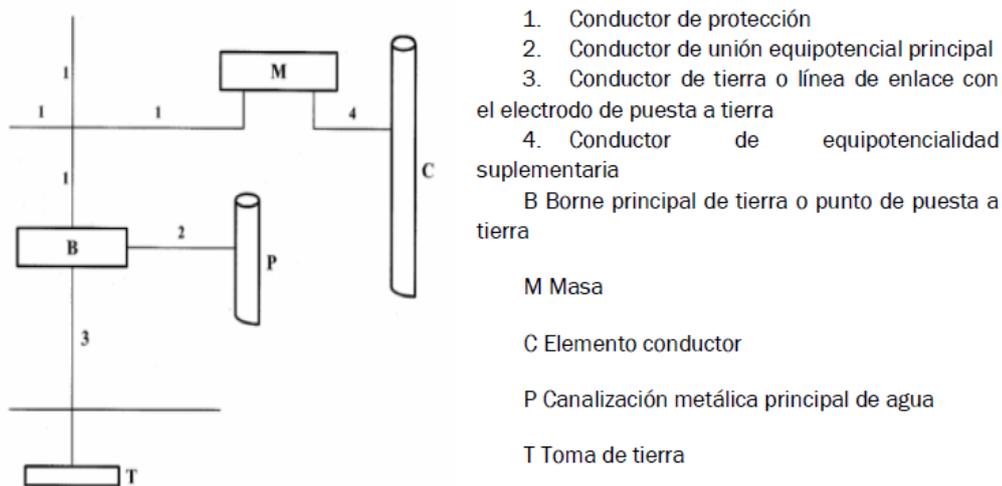


Figura 1.15.-Detalle de la partes de la puesta a tierra.

Tomas tierra

Se pueden utilizar electrodos formados por diversos elementos:

- Barras, tubos.
- Pletinas, conductores desnudos.
- Placas.
- Anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas con excepción de las armaduras pretensadas.

Cuando se use conductores de cobre estos deberán ser de clase 2 de la norma UNE-EN 60228:2005

Con vistas a que la toma tierra no aumente la resistencia de la toma tierra por encima del valor previsto debido a humedades o la formación de hielo en la superficie, la profundidad nunca será inferior a 0.5 metros. Esta profundidad puede aumentar a 0.8 metros si se trata de zonas con heladas continuadas.

Por razones de seguridad, las canalizaciones metálicas no deben ser utilizadas como tomas tierra.

En cuanto a los materiales elegidos en el diseño de la puesta a tierra se procurará que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión para que no se comprometan las especificaciones de la instalación.

Conductores de protección:

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. Los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

La sección de los conductores de protección debe respetar lo indicado en la tabla número 10:

Tabla 1.10.-Seccion de los conductores de protección para un conductor de fase dado.

SECCIÓN CONDUCTORES DE FASE(mm ²)	SECCIÓN CONDUCTORES PROTECCIÓN(mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Cuando al aplicar la tabla no encontramos valores normalizados, se usarán los conductores de protección con la sección normalizada superior más próxima.

Para la protección de varios circuitos mediante un mismo conductor este se dimensionará en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Suelen usarse como conductores de protección:

- Conductores en cables multiconductores
- Conductores aislados o desnudos con envolvente común a los conductores activos
- Conductores separados desnudos o aislados

Los conductores de protección deben estar protegidos contra deterioros mecánicos, químicos y electroquímicos y contra esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones serán siempre accesibles para la verificación y ensayos.

No se pueden conectar aparatos en el conductor de protección, excepcionalmente para ensayos, se podrán usar conexiones desmontables mediante los útiles adecuados.

Conductores de tierra:

Se deben extremar las precauciones al unir los conductores de tierra y los electrodos de tierra, para que sean correctas y seguras. Esto se conseguirá si se realizan mediante grapas de conexión o soldadura aluminotérmica.

Debe cuidarse, en especial, que las conexiones no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Las secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra se recogen en la tabla 11:

Tabla 1.11.-secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra.

TIPO	PROTEGIDO MECÁNICAMENTE	NO PROTEGIDO MECÁNICAMENTE
PROTEGIDO CONTRA LA CORROSIÓN	Según lo indicado en el apartado de conductores de protección	16 mm ² Cobre 16 mm ² Acero Galvanizado
NO PROTEGIDO CONTRA LA CORROSIÓN		25 mm ² Cobre 50 mm ² Hierro
*La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Se recomienda, a pesar de lo especificado en la tabla que los conductores de tierra sea de cobre desnudo y de sección mínima 35 mm^2

Bornes de puesta a tierra:

En el diseño de toda instalación de puesta a tierra, se prevé un borne principal de tierra, al que se unirán:

- Los conductores de tierra
- Los conductores de protección
- Los conductores de unión equipotencial principal
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios

Mediremos la resistencia de toma tierra, sobre los conductores de tierra en un lugar accesible y seguro, mediante un dispositivo que puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Cuando se realicen ensayos con el puente se recomienda desconectar el suministro eléctrico para evitar no quedar sin protección a contactos indirectos.

Resaltar que la sección del puente seccionador de tierra debe ser la misma que la del conductor de tierra o sección equivalente si se utilizan otros materiales.

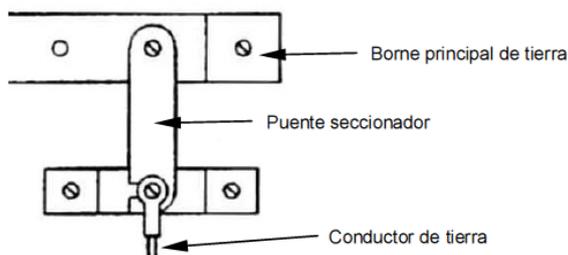


Figura 1.16.-Detalle del puente de tierra.

1.7.7.2 CONDUCTORES DE EQUIPOTENCIALIDAD.

Los conductores de equipotencialidad se encargan de unir el borne principal de protección con la canalización principal de agua para equilibrar las cargas de los materiales conductores de forma segura.

El conductor de equipotencialidad tendrá una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, el mínimo será 6 mm^2 , si es de cobre su sección puede reducirse a 2.5 mm^2 .

En el caso en que el conductor de equipotencialidad uniera una masa a un elemento conductor, su sección no será inferior a la mitad de la del conductor de protección unido a esta masa.

Se puede asegurar este conductor aislándolo en bandejas no desmontables o por conductores suplementarios.

1.7.7.3 RESISTENCIA DE LAS TOMAS TIERRA.

Los electrodos de toma tierra se diseñan para que su resistencia de tierra no supere los valores especificados de 24V en locales conductores y 50V en el resto de casos.

Las condiciones de los electrodos pueden verse afectadas por cambios en la resistividad del terreno. La resistividad aumenta debido a bajas temperaturas o sequedad de algunas zonas. Se verá afectada también si el terreno tiene estratos con corrientes subterráneas cercanas. Por estas razones el diseño de los electrodos debe ser muy fiable.

1.7.7.4 TOMAS DE TIERRAS INDEPENDIENTES.

Dos toma tierra se consideran independientes cuando, en una no aparezca una tensión superior a 50V, respecto de un punto con potencial cero, mientras por la otra pasa su máxima corriente de defecto prevista.

1.7.7.5 SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y DE LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No podrá haber una canalización metálica que una la zona de las tierras del centro de transformación con las zonas donde estén los consumos.
- Debe haber al menos 15 metros de distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en la planta industrial. Para terrenos con resistividad menores de 100 Ω m aplicaremos la siguiente fórmula para el cálculo de distancias:

$$D = \frac{\rho * I_d}{2\pi * U}$$

Dónde:

D: distancia entre electrodos en metros

ρ : resistividad térmica del terreno en $\Omega \cdot m$

I_d : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica.

U: 1200V para la parte del sistema de distribución TT porque el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión es inferior a 5 segundos.

- El centro de transformación estará en un recinto aislado de la planta industrial.

1.7.7.6 REVISIÓN DE LAS TOMAS TIERRA

La instalación de toma tierra debe ser comprobada por el director de obra o un Instalador Autorizado que verificarán su buen estado para poder darla de alta.

Anualmente personal cualificado realizará comprobaciones en la instalación de tierra cuando el terreno este más seco, de forma que la resistividad sea la más desfavorable. Se medirá la resistencia de tierra y se repararán urgentemente los posibles fallos encontrados.

Si la instalación se encuentra en un terreno no favorable para la conservación de la puesta a tierra, cada cinco años se pondrá al descubierto para ser sometidos a examen.

1.7.8 RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Las luminarias seguirán las especificaciones establecidas en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La tensión asignada de los cables utilizados será la de los cables de alimentación.

Los cables deben diseñarse teniendo en cuenta la temperatura de servicio a la que pueden ser expuestos.

Se asegurarán las luminarias con partes activas de clases inferiores a la II con elementos de puesta a tierra, mediante la conexión al conductor de protección del circuito. En la clase II habrá luminarias con aislamiento doble y/o aislamiento reforzado en su totalidad y sin provisión para descarga a tierra, por lo que ya llevarán la puesta a tierra incluida. En el ambiente industrial que nos ocupa la mayoría de las luminarias serán de clase II.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para llevar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Se sobredimensionará, para la carga mínima en voltiamperios, con un coeficiente de 1,8 la potencia en vatios de las lámparas de descarga en receptores.

Para las partes monofásicas de la instalación el conductor neutro y el de fase tendrán la misma sección. El coeficiente puede ser diferente en el cálculo de la sección si el factor de potencia de cada receptor es igual o mayor a 0.9, y se conozca la carga de cada receptor asociado a las lámparas y sus corrientes de arranque. En este caso el coeficiente será el que resulte.

Para los receptores con lámparas de descarga, el factor de potencia debe ser compensado hasta un valor por lo menos igual a 0.9. No se podrá compensar el conjunto con carga variable a no ser que se haga con un sistema específico de compensación autónoma con variación de su capacidad siguiendo el régimen de carga.

1.7.9 RECEPTORES A MOTOR.

La norma UNE-HD-60364 regula la instalación de los motores así como los emplazamientos en que vayan a ser instalados.

Los motores se instalarán de forma que sus partes móviles no sean peligrosas y no puedan ser causa de accidente.

Debido a la temperatura que puedan alcanzar, los motores no deben situarse cerca de materiales que puedan ser foco de incendios.

1.7.9.1 CONDUCTORES DE CONEXIÓN.

En la instalación eléctrica de la planta de producción habrá agrupaciones con varios motores, el cálculo de la sección de los conductores de conexión debe hacerse con un coeficiente de mayoración del 125% para el motor con la corriente nominal más alta, sumada a la corriente nominal de los demás motores.

1.7.9.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES.

Los motores deben protegerse frente a cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases. En motores trifásicos, se debe proteger también frente a la falta de tensión en una de sus fases.

Cuando los motores se arranquen en estrella-triángulo, deben asegurarse la protección en las dos conexiones.

1.7.9.3 PROTECCIÓN CONTRA FALTA DE TENSIÓN.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, si el arranque del motor es espontáneo, ya que puede provocar accidentes o perjudicar el motor, este dispositivo puede formar parte del de arranque o del de protección contra sobrecargas.

1.7.9.4 SOBREINTENSIDAD DE ARRANQUE.

Los motores deben tener limitada la intensidad de arranque, ya que pueden ocasionar huecos de tensión y otros efectos indeseables para la instalación.

Cuando los motores sean de potencia superior a 0.75 kW deben estar preparados con reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes, que permitan la conexión progresiva hasta la plena carga.

Tabla 1.12.-Constante de proporcionalidad para sobreintensidades de arranque de motores de corriente alterna

MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA	
POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR	CONSTANTE MÁXIMA DE PROPORCIONALIDAD ENTRE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE Y LA PLENA CARGA
De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,5 kW a 5,0 kW	3,0
De 5,0 kW a 15,0 kW	2,0
De más de 15 kW	1,5

Pese a todo esto en las empresas habrá más libertad de maniobra siempre que no se altere el normal funcionamiento de las redes de distribución.

1.7.10 BATERÍA DE CONDENSADORES.

La batería de condensadores de nuestra instalación estará conectada al embarrado principal, para ofrecernos una compensación global, sin llegar a convertir en capacitiva la energía absorbida de la red. La batería además asegura la compensación del conjunto de la instalación, descarga a el centro de transformación y se adaptará en cada instante con la capacidad adecuada. El factor de potencia a conseguir tiene un valor de 0,96, y para ello se instalarán unas baterías compensadoras de 55,79 kVAr.

La batería está dividida en varios escalones regulados automáticamente por elementos electrónicos, asegurando que la variación del factor de potencia no sea mayor de un $\pm 10\%$ del valor medio obtenido durante un prolongado período de funcionamiento.

Cuando la batería se desconecte de la instalación por medio de elementos de maniobra, quedará descargada a tierra por medio de unas resistencias.

Los condensadores deben protegerse con la aparamenta adecuada, cuando se vayan a utilizar con sobreintensidades superiores a 1,3 veces la intensidad correspondiente a la

tensión asignada a frecuencia de red, excluidos los transitorios. Esta apartamentada debe soportar en régimen permanente de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal asignada del condensador, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre capacidades.

Las características de los condensadores y su instalación deberán ser las especificadas en la norma UNE-EN 60831-1 y UNE-EN 60831-2.

1.7.11 GRUPO ELECTRÓGENO.

El grupo electrógeno de nuestra instalación estará conectado a la línea principal mediante un embarrado partido como se muestra en la figura 1.17.

El grupo electrógeno de la marca ABB y potencia de 170KVA dará suministro a las líneas S.13 cámaras de frío, S.14 emergencia alumbrado y S.15 emergencia fuerza en caso de fallo de suministro eléctrico normal.

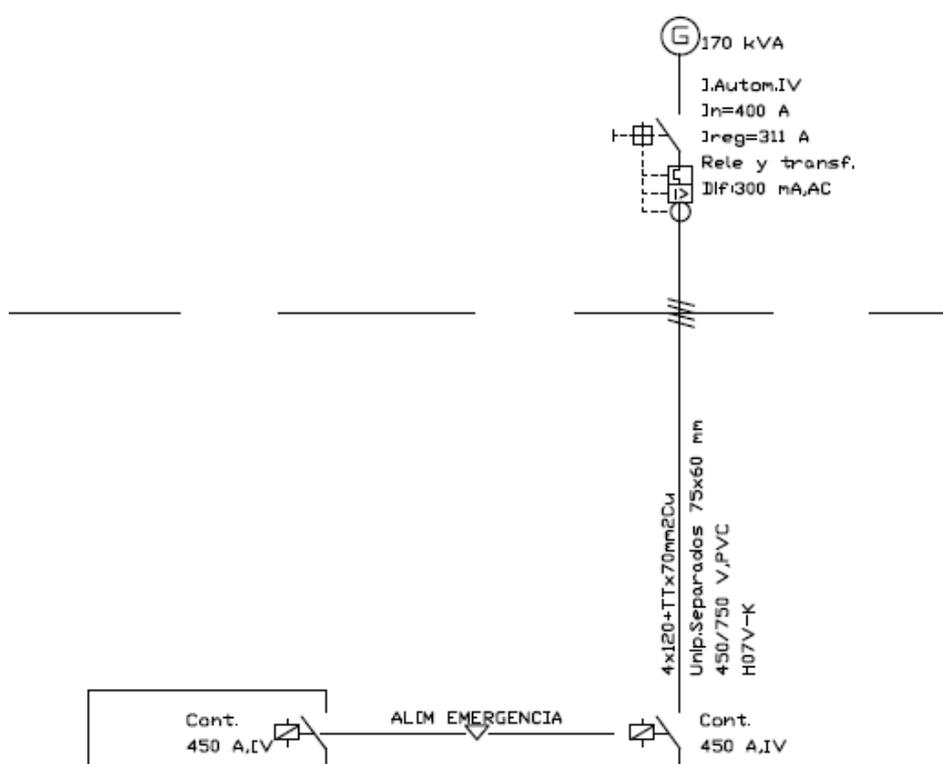


Figura 1.17.-Conmutacion grupo electrógeno.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.

ÍNDICE

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	41
2.1 INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.....	41
2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	41
2.3 CORTOCIRCUITOS.	41
2.4 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.....	42
2.5 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.	42
2.6 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.	45
2.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (PaT).	45
2.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT.....	51
2.9 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	51
2.10 DESCARGA DIRECTA DE LOS TRANSFORMADORES.....	52
2.11 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN BT.....	52

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1 INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.

La intensidad del primario de un transformador trifásico se corresponde con la expresión.

$$I_p = \frac{S}{U_p * \sqrt{3}} \quad (\text{E-II.1})$$

S = Potencia del transformador en kVA.

Up = Tensión compuesta primaria en kV.

Ip = Intensidad primaria en A.

$$I_p = \frac{S}{U_p * \sqrt{3}} = \frac{800 \text{ KVA}}{13.2 \text{ KV} * \sqrt{3}} = 35 \text{ A}$$

La corriente total, del banco de transformadores en MT será dos veces la de cada transformador, es decir:

$$I_p = \frac{2 * S}{U_p * \sqrt{3}} = \frac{1600 \text{ KVA}}{13.2 \text{ KV} * \sqrt{3}} = 70 \text{ A}$$

2.2 INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

Calculamos la corriente en el secundario de forma análoga al cálculo de la intensidad de media tensión.

$$I_s = \frac{S * 1000}{U_s * \sqrt{3}} \quad (\text{E-II.2})$$

S = Potencia del transformador en kVA.

Us = Tensión compuesta secundaria en V.

Is = Intensidad secundaria en A.

$$I_s = \frac{S * 1000}{U_s * \sqrt{3}} = \frac{800 \text{ KVA} * 1000}{400 \text{ V} * \sqrt{3}} = 1154,7 \text{ A}$$

2.3 CORTOCIRCUITOS.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se tiene en cuenta una potencia de cortocircuito de 350MVA en la red de distribución, valor proporcionado por la empresa distribuidora.

2.3.1 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE AT.

Para calcular la intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión recurriremos a la expresión.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{U_p * \sqrt{3}} \quad (\text{E-II.3})$$

Scc = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

Up = Tensión compuesta primaria en kV.

Iccp = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

La compañía suministradora nos proporciona el valor de la potencia de cortocircuito, equivalente a 350 MVA para una tensión de 13,2 kV, por lo que:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{U_p \cdot \sqrt{3}} = \frac{350}{13.2 \cdot \sqrt{3}} = 15,31 \text{ KA} \quad (\text{E-II.7})$$

2.3.2 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BT.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión Seguiremos la expresión.

$$I_{ccs} = \frac{S_N}{U_s \cdot Z_{cc} \cdot \sqrt{3}} \quad (\text{E-II.4})$$

S_N = Potencia nominal del transformador

U_s = Tensión nominal en el lado de BT del transformador.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito en BT

Z_{cc} = Impedancia de cortocircuito del trafo respecto de U_s

Para la potencia nominal de 800 kVA, una tensión en el secundario de 400 V y una impedancia de cortocircuito del transformador del 5% tendremos:

$$I_{ccs} = \frac{S_N}{U_s \cdot Z_{cc} \cdot \sqrt{3}} = \frac{800}{400 \cdot 0,05 \cdot \sqrt{3}} = 23,09 \text{ KA}$$

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

2.4 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE.

El valor eficaz de la corriente de cresta suele determinarse, de forma aproximada, como 1.8 veces el valor de la corriente eficaz de cortocircuito, por lo que el valor máximo de la corriente de cresta será, en cada lado del transformador, el calculado a continuación.

2.4.1 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE EN EL PRIMARIO.

$$I_{s1} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ccp} \quad (\text{E-II.5})$$

$$I_{s1} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 15,31 = 38,97 \text{ KA}$$

2.4.2 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO DE CHOQUE EN EL SECUNDARIO.

$$I_{s2} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{ccs} \quad (\text{E-II.6})$$

$$I_{s1} = 1.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 23,09 = 58,77 \text{ KA}$$

2.5 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las características del embarrado son:

- Intensidad asignada: 630 A.
- Límite térmico (1 s): 16 kA eficaces.
- Límite electrodinámico: 40 kA cresta.

Por lo tanto, dicho embarrado, debe soportar la intensidad nominal sin superar la temperatura de régimen permanente (comprobación por densidad de corriente), así como los esfuerzos electrodinámicos, mecánicos y térmicos que se produzcan durante un cortocircuito.

2.5.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE.

La densidad de corriente la calculamos a partir de la intensidad nominal máxima del embarrado (630 A).

$$d = \frac{I}{S} \quad (\text{E-II.7})$$

$$d = \frac{630}{274} = 2,29 \text{ A/mm}^2$$

El embarrado elegido cumple con los requisitos de densidad de carga admisible puesto que soporta 2.99 A/mm² y tenemos 2,29 A/mm² de densidad de corriente en nuestro embarrado, para un incremento de temperatura máximo en el mismo de 30 °C sobre la temperatura ambiente (de 35°C a 65°C).

2.5.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA.

Para realizar la comprobación por solicitación electrodinámica del embarrado, supondremos el cortocircuito trifásico de valor máximo 16 kA eficaces y 40 kA de cresta.

En estas condiciones, y teniendo en cuenta que el esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, la fuerza resultante sobre dicho conductor puede determinarse, aproximadamente, según.

$$F = 13,85 * 10^{-7} * f \frac{I_{cc}^2}{d} * L * \left(\sqrt{\left(1 + \frac{d^2}{L^2}\right)} - \frac{d}{L} \right) \quad (\text{E-II.8})$$

F=Fuerza resultante en N

f=coeficiente en función de $\cos \alpha$, siendo f=1 para $\cos \alpha=0$.

I_{cc} = Intenidad máxima de cortocircuito.

D= separación entre fases = 0,2 m.

L= longitud tramos del embarrado = 0,375 m.

$$F = 13,85 * 10^{-7} * \frac{1600^2}{0,2} * 0,375 * \left(\sqrt{\left(1 + \frac{0,2^2}{0,375^2}\right)} - \frac{0,2}{0,375} \right)$$

$$F = 398,88 \text{ N}$$

Si consideramos el esfuerzo uniformemente repartido a lo largo de todo el embarrado, se tendrá una carga unitaria dada por la relación.

$$q = \frac{F}{L} \quad (\text{E-II.9})$$

$$q = \frac{398,88}{0,375} = 1063,68 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 0,1085 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}}$$

Puesto que podemos considerar que cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, el momento flector máximo será, de acuerdo con las ecuaciones clásicas de Resistencia de Materiales.

$$M = \frac{q * L^2}{12} \quad (\text{E-II.10})$$

$$M = \frac{0,1085 * 375^2}{12} = 1271,48 \text{ Nmm}$$

Valor inferior al par de apriete aplicado en los tornillos M8 que es de 2,8 kg m, es decir, 27,44 N m.

Por último comprobaremos que la fatiga producida es admisible. Calculamos primero el módulo resistente para una barra de sección tubular, siendo, para la barra que nos ocupa (d= diámetro interior 24 mm, y D= diámetro exterior= 32 mm) siguiendo la fórmula.

$$W = \frac{\pi}{32} \left[\frac{D^2 - d^2}{D} \right] \quad (\text{E-II.11})$$

$$W = \frac{\pi}{32} \left[\frac{32^2 - 24^2}{32} \right] = 2199,11 \text{ mm}^3$$

Ya que, según nos indica el fabricante, el espesor de la barra considerada de 3 mm. Con ello, la fatiga máxima (se calcula como el cociente entre el momento flector máximo y el módulo resistente) viene dada por la relación.

$$S_{max} = \frac{M_{max}}{W} \quad (\text{E-II.12})$$

$$S_{max} = \frac{1270}{2199,11} = 0,578 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Valor claramente inferior al que el fabricante nos indica como fatiga máxima admisible para la barra de cobre deformada en frío, de valor 19 kg/mm². Además, el cumplimiento de esta magnitud tiene lugar con un margen de seguridad amplio.

2.5.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN MECÁNICA.

La sollicitación mecánica obliga a que las corrientes de choque sean menores que 40 kA

- Límite electrodinámico que soporta nuestro embarrado: 40 kA
- Corriente de choque del primario 38,97 kA

En nuestro caso queda en el límite aunque no resultará un problema debido a que la forma en que hemos calculado dichas corrientes se ha basado en una sobreestimación de las mismas, por lo tanto, estamos dentro del margen de seguridad establecido.

2.5.4 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA.

La comprobación por sollicitación térmica en el cortocircuito consiste en comprobar si la sobreintensidad térmica durante el mismo (en el caso de Iberdrola, el tiempo a considerar es 1 segundo como máximo) es inferior a la admisible por la barra.

Para su cálculo utilizaremos fórmula.

$$t = \Delta\theta * \left[\frac{S * \alpha}{I_{cc}} \right]^2 \quad (\text{E-II.13})$$

t= tiempo máximo que la barra soportaría en cortocircuito

$\Delta\theta$ = Incremento de temperatura para el conductor, se considera 150°C

I_{cc} = Intensidad eficaz de cortocircuito, A.

S= Sección de la barra, mm²

α = constante que dependerá del material conductor. 13 para Cu y 8,5 para Al.

$$t = 150 * \left[\frac{274 * 13}{16000} \right]^2 = 7,434 \text{ s}$$

Que es un tiempo muy superior al de las protecciones (que es de un segundo).

2.6 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN.

Los transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, y en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de BT.

2.6.1 PROTECCIÓN GENERAL EN AT.

La protección de los transformadores en AT de este CT se realiza utilizando una celda de interruptor automático dotado de relé electrónico con captadores toroidales de intensidad por fase, cuya señal alimentará a un disparador electromecánico liberando el dispositivo de retención del interruptor y así efectuar la protección a sobrecargas y cortocircuito.

2.6.2 PROTECCIÓN EN BT.

En el circuito de baja tensión de cada transformador se instalará un Cuadro de Baja Tensión de cuatro salidas con posibilidad de ampliación. Se instalarán fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión, calculada anteriormente.

2.7 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (PaT).

Las prescripciones que deben cumplir las instalaciones de PaT vienen reflejadas perfectamente (tensión de paso y tensión de contacto).

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE nº 139 de 09/06/2014)

2.7.1 SISTEMAS DE PAT.

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro).

A la línea de tierra de PaT de Protección se deberán conectar los siguientes elementos:

- Envolvente metálica del cuadro B.T.
- Celda de alta tensión (en dos puntos).
- Pantallas del cable HEPRZ1 (extremos conexión transformador). El extremo conexión en línea aérea se conectarán a la línea de tierra del apoyo (según MT 2.33.20).
- Pantallas del cable HEPRZ1 (extremo conexión en línea aérea). Se conectarán a la línea de tierra del apoyo.

A la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro), se le conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

Las PaT de Protección y Servicio (neutro) se establecerán separadas, salvo cuando el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1.000 V, en cuyo caso se establecen tierras unidas.

El electrodo de PaT estará formado por un bucle enterrado horizontalmente alrededor del CTS, por dos bucles horizontales concéntricos enterrados a la misma profundidad, o por una combinación hasta de dos bucles con picas.

2.7.2 MATERIALES A UTILIZAR.

Línea de Tierra.

- **Línea de tierra de PaT de Protección.**

Se empleará cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

- **Línea de Tierra de PaT de Servicio.**

Se empleará cable de cobre aislado de 50 mm² de sección tipo DN-RA 0,6/1 kV.

Cuando las PaT de Protección y Servicio (neutro) hayan de establecerse separadas, como ocurre la mayor parte de las veces, el aislamiento de la línea de tierra de la PaT del neutro deberá satisfacer el requisito establecido en el párrafo anterior, pero además cumplirán la distancia de separación establecida; y en las zonas de cruce del cable de la línea de PaT de Servicio con el electrodo de PaT de protección deberán estar separadas una distancia mínima de 40 cm.

Electrodo de Puesta a Tierra.

Dada la alta resistencia a la corrosión frente a los ataques del tipo químico, biológico y oxidación, el material será de cobre.

- **Bucle.**

La sección del material empleado para la construcción de bucles será conductor de cobre, de 50 mm².

- **Picas.**

Se emplearán picas lisas de acero-cobre del tipo PL 14-2000.

Piezas de conexión.

Las conexiones se efectuarán empleando los elementos siguientes:

- **Conductor-Conductor.**

Grapa de latón con tornillo de acero inoxidable del tipo GCP/C16.

- **Conductor-pica.**

Grapa de conexión para picas cilíndricas de acero cobre tipo GC-P14,6/C50.

2.7.3 EJECUCIÓN DE LAS PUESTAS A TIERRA EN LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE PREFABRICADOS.

Para acometer la tarea de seleccionar el electrodo de PaT es necesario el conocimiento del valor numérico de la resistividad del terreno, pues de ella dependerán tanto la resistencia de difusión a tierra como la distribución de potenciales en el terreno, y como consecuencia las tensiones de paso y contacto resultante en la instalación.

La realización e interpretación de las mediciones de la resistividad del terreno se especifican en el MT 2.03.10 "Realización e interpretación de puestas a tierra de los apoyos de líneas aéreas y de los centros de transformación". En dicho MT se recoge el protocolo de medidas de resistividad del terreno.

2.7.3.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 300 Ω m.

2.7.3.2 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- **Tipo de neutro:** El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- **Tipo de protecciones:** Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{E-II.14})$$

$$I_d = \frac{13200}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0+0)^2 + 15^2}} = 508,07 \text{ A}$$

Dónde:

U_n Tensión de servicio [V]

R_n Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \text{ max calculada}}$ Intensidad máxima calculada [A]

2.7.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

2.7.4.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA.

- Características de la red de alimentación:
- Tensión de servicio: $U = 13,2 \text{ kV}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT: $V_{bt} = 8000 \text{ V}$
- Características del terreno:

Resistencia de tierra $\rho = 300 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$

Resistencia del hormigón $\rho_H = 3000 \text{ Ohm}$

TIERRA DE PROTECCIÓN:

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas (R_t), la intensidad y tensión de defecto (I_d , U_d), se utilizarán las relaciones.

- Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$R_t = K_r * \rho \quad (\text{E-II.15})$$

- Intensidad de defecto:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{E-II.16})$$

- Aumento del potencial de tierra:

$$U_d = R_t * I_d \quad (\text{E-II.17})$$

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 80-40/5/82.
- Geometría: Anillo.
- Dimensiones (m): 8x4.
- Profundidad del electrodo (m): 0,5.
- Número de picas: 8.
- Longitud de las picas (m): 2.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0,065$.
- De la tensión de paso, $K_p (\text{V}/(\Omega\text{m}) \text{ A}) = 0,0134$.
- De la tensión de contacto exterior, $K_c (\text{V}/(\Omega\text{m}) \text{ A}) = 0,0284$.

Sustituyendo valores en las expresiones anteriores, se tiene:

$$R_t = K_r * \rho = 0,065 * 300 = 19,5 \Omega$$

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} * \sqrt{(0 + 19,5)^2 + 15^2}} = 309,78 \text{ A}$$

$$U_d = R_t * I_d = 19,5 * 309,78 = 6040,78 \text{ V}$$

TIERRA DE SERVICIO:

El electrodo adecuado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/42.
- Geometría: Picas en hilera.

- Profundidad del electrodo (m): 0,5.
- Número de picas: 4.
- Longitud de las picas (m): 2.
- Separación entre picas (m): 4.

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia: $K_r (\Omega/\Omega m) = 0,104$.

Sustituyendo valores en:

$$R_t = K_r * \rho = 0,104 \cdot 300 = 31,2 \Omega$$

2.7.4.2 CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO INTERIOR DE LA INSTALACIÓN.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0.30x0.30 m. Este mallazo se conectará, como mínimo, en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 20 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

Asimismo, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior. Calculamos la tensión de paso en el acceso tal como se muestra en.

$$U'_{p(acc)} = K_c * \rho * I_d \quad (E-II.18)$$

$$U'_{p(acc)} = 0,0284 * 300 * 309,78 = 2639,36 V$$

2.7.4.3 CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN.

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá dada por las características del electrodo y la resistividad del terreno según.

$$U'_p = K_p * \rho * I_d \quad (E-II.19)$$

$$U'_p = 0,0134 * 300 * 309,78 = 1245,33 V$$

2.7.4.4 CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS.

Para la obtención de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior y en el acceso, se utilizan las fórmulas ITC-RAT 13 de Junio de 2014.

$$U_p = 10 * U_{ca} * \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000}\right] \quad (E-II.20)$$

$$U_{p(acc)} = U_{ca} * \left[1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_{s1} + 3\rho_{s2}}{1000} \right] \quad (E-II.21)$$

$$\rho_{s2} = C_s * \rho_h \quad (E-II.22)$$

$$C_s = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \frac{\rho_{s1}}{\rho_h}}{2h_s + 0,106} \right) \quad (E-II.23)$$

Dónde:

U_p =Tensión de paso admisible en el exterior.

$U_{p(acc)}$ =Tensión en el acceso admisible.

ρ =Resistividad del terreno, en 300 Ω m.

ρ_h =Resistividad del hormigón, 3000 Ω m.

U_{ca} =Tensión de contacto aplicada admisible.

C_s =coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.

$$U_p = 10 * 204 * \left[1 + \frac{2*2000 + 6*300}{1000} \right] = 13872 \text{ V}$$

$$U_{p(acc)} = 10 * 204 * \left[1 + \frac{2*2000 + 3*300 + 3*2430}{1000} \right] = 26907,6 \text{ V}$$

$$C_s = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \frac{300}{3000}}{2*0,2 + 0,106} \right) = 0,8126907,6$$

$$\rho_{s2} = 0,81 * 3000 = 2430 \text{ } \Omega\text{m}$$

Los resultados obtenidos:

Tabla 2.1- Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso

	Valor calculado	condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$U'_p = 1245,33 \text{ V}$	\leq	$U_p = 13872 \text{ V}$
Tensión de paso en el acceso	$U'_{p(acc)} = 2639,36 \text{ V}$	\leq	$U_{p(acc)} = 26907,6 \text{ V}$

Tabla 2. 2 Tensión e intensidad de defecto.

	Valor calculado	condición	Valor admisible
Tensión	$U_d = 6040,78 \text{ V}$	\leq	$U_{bt} = 8000 \text{ V}$
Intensidad	$I_d = 309,78 \text{ A}$	$>$	$I_a = 50 \text{ A}$

2.7.4.5 INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR.

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio para su reducción o eliminación.

No obstante, para garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{min} = \frac{\rho * I_d}{2000 * \pi} \quad (E-II.24)$$

Dónde:

ρ = Resistividad del terreno en Ωm

I_d = Intensidad de defecto en A

$$D_{min} = \frac{300 * 309,78}{2000 * \pi} = 14,79 \text{ m}$$

La conexión desde el centro hasta la primera pica del electrodo de servicio se realizará con cable de Cu de 50 mm², aislado de 0,6/1 kV bajo tubo plástico con grado de protección al impacto mecánico de siete como mínimo.

2.7.4.6 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL, ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO.

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado según se pone de manifiesto en el apartado 2.7.4.4. Ya que cumple todas las medidas de seguridad.

2.8 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CT.

La evacuación de calor generado en el interior del CT deberá eliminarse por medio de una circulación de aire.

El cálculo de la superficie de la rejilla de entrada de aire en el edificio viene dado por.

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * K * \sqrt{h * \Delta T^3}} \quad (E-II.25)$$

Dónde:

W_{cu} = Pérdidas en el cobre del transformador, en kW.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro del transformador, en kW.

K = Coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada de aire, 0,5.

h = Distancia vertical entre centros de las rejillas de entrada y salida, 1.3 m.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, 15°C.

S_r = Superficie mínima de la rejilla de entrada de ventilación del transformador, en m². Para el caso particular de este edificio, el resultado obtenido es, aplicando la expresión anterior:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * K * \sqrt{h * \Delta T^3}} = \frac{12}{0,24 * 0,5 * \sqrt{1,3 * 15^3}} = 1,51 \text{ m}^2$$

2.9 DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

No es necesario dimensionar pozo apagafuegos por tratarse de transformadores con aislamiento seco.

2.10 DESCARGA DIRECTA DE LOS TRANSFORMADORES.

Este apartado se referirá a las características generales de los cables y accesorios que intervienen en la instalación de enlace.

La descarga del transformador al cuadro de baja tensión se realizará con conductores Unipolares 3x910mm² Cu instalados al aire cuya intensidad admisible a 40°C de temperatura ambiente es de 2000 A.

Para cada transformador, cuya potencia es de 800 kVA y cuya intensidad en baja tensión se ha calculado anteriormente, se emplearán tres conductores por fase y dos para el neutro.

2.11 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN BT.

La instalación de suministro de energía eléctrica tiene asociados una serie de cálculos basados en las diferentes demandas de potencias que conocemos y las características de nuestra instalación.

Partiendo de las potencias y conociendo las tensiones y factores de potencia las cargas, podemos hallar:

- corriente trifásica:

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi * \eta} \quad (\text{E-II.26})$$

- corriente monofásica:

$$I = \frac{P_c}{U * \cos \varphi * \eta} \quad (\text{E-II.27})$$

Dónde:

P_c Potencia de cálculo en vatios

U Tensión de servicio en voltios

$\cos \varphi$ Factor de potencia

η Solo lo tendremos en cuenta para líneas a motor

Para obtener las caídas de tensión (ΔU) de cada tramo:

- caídas de tensión (ΔU) trifásico:

$$\Delta U = \frac{L * P_c}{\sigma * U * \eta * S * \eta} + \frac{L * P_c * X_u * \sin \varphi}{1000 * U * \eta * \cos \varphi} \quad (\text{E-II.28})$$

- caídas de tensión (ΔU) trifásico:

$$\Delta U = \frac{2 * L * P_c}{\sigma * U * \eta * S * \eta} + \frac{L * P_c * X_u * \sin \varphi}{1000 * U * \eta * \cos \varphi} \quad (\text{E-II.29})$$

Dónde:

L longitud de cálculo en metros

σ Conductividad eléctrica

n Número de conductores por fase

S sección del conductor en mm²

X_u Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m

Conociendo la corriente podemos elegir el conductor que vaya a soportar la carga adecuadamente, basándonos en la ITC-BT-19. También tendremos en cuenta la ITC-BT-44

para los consumos de alumbrado corrigiendo los factores de potencia y la ITC-BT-47 para los consumos con motores mayorando la corriente como se indica.

Una vez conocidas y corregidas las corrientes por cada conductor, podemos calcular las caídas de tensión de cada tramo, el criterio a seguir si superamos los límites (4.5% alumbrado y 6.5% para los demás usos) marcados por la ITC-BT-19 es aumentar la sección del conductor.

Para realizar comprobaciones térmicas nos apoyamos en las fórmulas que relacionan la conductividad y resistividad eléctricas con la temperatura del conductor en servicio, siempre que las condiciones de la instalación sean diferentes a las de las tablas de las ITC-BT-07.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (\text{E-II.30})$$

$$\rho = \rho_{20} * [1 + \alpha(T - 20)] \quad (\text{E-II.31})$$

$$T = T_0 + \left[(-T_0) * \left(\frac{I}{I_{max}} \right)^2 \right] \quad (\text{E-II.32})$$

Dónde:

σ Conductividad eléctrica.

ρ Resistividad eléctrica.

ρ_{20} Resistividad eléctrica del conductor a 20°C $Cu=156K \text{ mWAl}=135K \text{ mW}$.

α Coeficiente de temperatura $Cu=0.00392 \text{ 1/K Al}=0.00403 \text{ 1/K}$.

T temperatura del conductor en °C.

T_0 Temperatura ambiente en °C Cables enterrados= 25°C Cables al aire=40°C.

T_{max} Máxima temperatura admisible por el conductor en °C XLPE, EPR=90°C y PVC=70°C.

I es la intensidad prevista por el conductor en amperios.

I_{max} Es la intensidad máxima admisible del conductor en amperios.

Los dispositivos de protección deben cumplir estas condiciones para proteger adecuadamente los conductores frente a sobrecargas, siguiendo la GUIA-ITC-BT-22:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (\text{E-II.33})$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (\text{E-II.34})$$

Dónde:

I_b Intensidad utilizada en el circuito teniendo en cuenta los coeficientes de utilización y de simultaneidad.

I_n Intensidad nominal del dispositivo de protección y en caso de que se trate de un dispositivo de protección regulable, I_n es la corriente escogida.

I_z Intensidad admisible del conductor en función del sistema de la instalación. La sección y el material de aislamiento del conductor con la constante k.

I_2 Corriente que nos asegura el disparo de la protección. Se suele escoger:

- A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para interruptores automáticos, $1.45 I_n$ como máximo.
- A la intensidad de fusión en tiempo convencional, para los fusibles ($1.6 I_n$)

Las fórmulas de cortocircuito para proteger un conductor o una canalización serán las siguientes siguiendo la GUIA-ITC-BT-22.

$$PdC \geq I_{cc \max} \quad (E-II.35)$$

$$(I^2 * t)_{IA} \leq (I^2 t)_{conductor} = K^2 S^2 \quad (E-II.36)$$

$$I_m \geq I_{cc \min} \quad (E-II.37)$$

Dónde:

PdC poder de corte, la intensidad máxima capaz de cortar por el aparato.

$I_{cc \max}$ Corriente de cortocircuito máxima al comienzo del cable.

$I_{cc \min}$ Corriente de cortocircuito mínima al final del cable.

I_m Corriente que asegura el disparo electromagnético.

I valor eficaz de la corriente de cortocircuito efectiva en A.

S sección en mm².

K constante que toma valores indicados en la norma UNE-HD 60364-4-43:2013.

Cuando estemos dimensionando la instalación debemos tener en cuenta el poder de corte (PdC). Debe ser mayor o igual que la intensidad de cortocircuito máxima prevista.

Los tiempos de disparo deben ser menores a 5 segundos en todos los casos. La relación corriente tiempo debe ser inferior en los interruptores automáticos que en cables.

La última condición se usa en el diseño como medida adicional contra el riesgo de incendio.

Para compensar la energía reactiva y conseguir el factor de potencia deseado mediante una compensación trifásica en triángulo, nos basaremos en los cálculos que aparecen a continuación:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (E-II.38)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (E-II.39)$$

$$Q_c = P(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (E-II.40)$$

$$C = \frac{Q_c * 1000}{3 * U^2 * \omega} \quad (E-II.41)$$

Dónde:

$\cos \varphi$ Factor de potencia de la instalación

P Potencia de la instalación en kW

S Potencia aparente de la instalación en kVA

Q Potencia reactiva de la instalación en kVAr

Q_c Potencia reactiva a compensar en kVAr

φ_1 Ángulo de desfase de la instalación sin compensar

φ_2 Ángulo de desfase de la instalación después de compensar

U Tensión compuesta en V

$\omega=2 \pi f$ Frecuencia angular, donde f es la frecuencia de red y vale 50 Hz.

C es la capacidad de los condensadores en F

Una de las partes más importantes en el diseño de la instalación es el correcto cálculo de cortocircuitos, para ello nos basaremos en las siguientes formulas:

$$I_{pccI} = \frac{C_t U}{\sqrt{3} Z_t} \quad (\text{E-II.42})$$

Dónde:

I_{pccI} Intensidad permanente en cortocircuito en el inicio de la línea en kA

C_t Coeficiente de tensión

U Tensión trifásica en V

Z_t Impedancia total en Ωm , aguas arriba del punto de cortocircuito (sin incluir la línea objeto de estudio)

$$I_{pccF} = \frac{C_t U_F}{2 Z_t} \quad (\text{E-II.43})$$

Dónde:

I_{pccF} Intensidad permanente en cortocircuito al final de la línea en kA

C_t Coeficiente de tensión

U Tensión monofásica en V

Z_t Impedancia total en Ωm , incluyendo la propia línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea)

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} \quad (\text{E-II.44})$$

Dónde:

R_t Suma de resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito

X_t Suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito

$$R = \frac{L1000C_R}{KSn} \quad (\text{E-II.45})$$

$$X = \frac{X_u L}{n} \quad (\text{E-II.46})$$

Dónde:

R resistencia de la línea en Ωm

X reactancia de la línea en Ωm

- L longitud de la línea en m
- C_R Coeficiente de resistividad
- σ Conductividad del metal
- S Sección de la línea en mm²
- X_u Reactancia de la línea en Ω m por metro
- n Número de conductores por fase

Una vez calculadas las corrientes permanentes en cortocircuito podemos calcular el tiempo máximo que soportan los conductores estas condiciones de la siguiente forma:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c * S^2}{I_{pccF}^2} \quad (E-II.47)$$

Dónde:

- t_{mcicc} Tiempo máximo en segundos que un conductor soporta una corriente de cortocircuito en régimen permanente
- C_c Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento
- S Sección de la línea en mm²
- I_{pccF} Intensidad permanente en cortocircuito en fin de línea en A

Las siguientes formulas corresponden a los cálculos del embarrado, tienen una parte de cálculo electrodinámico y otra de comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito.

$$\sigma_{max} = \frac{I_{pcc}^2 L^2}{60dW_y n} \quad (E-II.48)$$

Dónde:

- σ_{max} Tensión máxima en las pletinas en kg/cm²
- I_{pcc} es la intensidad permanente de c.c. en kA
- L es la separación entre los apoyos en cm
- d es la separación entre pletinas en cm
- n es el número de pletinas por fase
- W_y es el módulo resistente por pletina del eje y-y en cm²

La comprobación térmica se realiza mediante el siguiente cálculo:

$$I_{cccs} = \frac{K_c S}{1000 \sqrt{t_{cc}}} \quad (E-II.49)$$

Dónde:

- I_{cccs} Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. en kA
- K_c Constante del conductor Cu= 164 y Al=107
- t_{cc} Tiempo de duración del cortocircuito en segundos
- S Sección total de las pletinas en mm²

Los cálculos de las resistencias de puesta a tierra se efectúan siguiendo lo que especifica en la ITC-BT-18, de modo que tenemos varias situaciones:

- Asociación en paralelo de varios electrodos $R_t = \frac{1}{\left(\frac{L_c}{2\rho} + \frac{L_c}{\rho} + \frac{P}{0,8\rho}\right)}$ (E-II.50)

Dónde:

- R_t Resistencia de tierra en Ω
- ρ Resistividad del terreno en Ωm
- P Perímetro de la placa en m
- L Longitud del conductor en m
- L_c Longitud total del conductor en m
- L_p Longitud total de las picas en m

Siendo la resistividad del terreno es 300 Ωm .

DEMANDA DE POTENCIAS:

En la siguiente tabla se muestra la potencia total instalada, donde se detalla la potencia para cada línea, haciéndonos una idea de la potencia instalada para alumbrado y fuerza.

Tabla 2.3.- Potencia total instalada.

REF CIRCUITO	POTENCIA
S1 FZA ALM MP	48000 W
S2 AI ALM MP	4400 W
S3 FZA ALM PF	48000 W
S4 AL ALM PF	4400 W
S5 FZA PROC	354000 W
S6 AL PROC	23040 W
S7 FZA OFIC	27000 W
S8 AL OFIC	2160 W
S9 APARCAM	26400 W
S10 S GRALES	513460 W
S11 CAM CLIM	18400 W
S13 CAM FRIO	100000 W
S14 EMER AL	3204 W
S15 S10 S GRALES EMER FZA	18000 W
TOTAL	1190464 W

- Potencia Instalada Alumbrado: 63.604 W
- Potencia Instalada Fuerza: 1.126.860 W
- Potencia Máxima Admisible: 1.600 KVA

A continuación se muestra el cálculo de algunas de las líneas modo de ejemplo, la denominación de los cuadros se hará añadiendo a cada número de salida un número más cuando empiece un nivel, que irá aumentando para cada nueva derivación dentro del subcuadro.

Cálculo de la Línea: TRAF0 1 y TRAF0 2:

Para cada uno de los transformadores:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Barras Blindadas
- Longitud: 4 m; Cos φ: 0.96; Xu(mΩ/m): 0.1;
- Potencia aparente trafo: 800 kVA.
- Índice carga c: 0.91.

$$I = \frac{C_t * S_t * 1000}{\sqrt{3} * U} = \frac{1,5 * 800 * 1000}{(\sqrt{3} * 400)} = 1732,1A$$

- Se eligen conductores Unipolares 3x910mm²Cu
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V
- I.ad. a 40°C (Fc=1) 2000 A. barras blindadas
- Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 77.5

$$e(\text{parcial}) = \frac{4 * 767999,98}{45,34 * 400 * 910} + \frac{4 * 767999,98 * 0,1 * 0,28}{1000 * 400 * 1 * 0,96} = 0,41V = 0,1 \%$$

$$e(\text{total}) = 0,1\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX)}$$

- Prot. Térmica: Aut./Tri. In.: 2000 A. Térmico reg. Int.Reg.: 1866 A.

Cálculo de la Línea: ALIM EMERGENCIA:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: G-Unip.Separados >= D
- Longitud: 60 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia activa: 123.77 kW.
- Potencia aparente generador: 170 kVA.

$$I = \frac{C_g * S_g * 1000}{\sqrt{3} * U} = \frac{1,25 * 170 * 1000}{(\sqrt{3} * 400)} = 306,73A$$

- Se eligen conductores Unipolares 4x120+TTx70mm²Cu
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, PVC. Desig. UNE: H07V-K
- I.ad. a 40°C (Fc=1) 315 A. según ITC-BT-19
- Dimensiones bandeja: 75x60 mm. Sección útil: 2770 mm².
- Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 68.44

$$e(\text{parcial}) = \frac{60 * 136000}{46,69 * 400 * 120} = 3,64V = 0,91 \%$$

$$e(\text{total}) = 0,91\% \text{ ADMIS (1,5\% MAX)}$$

- Prot. Térmica: Aut./Tet. In.: 400 A. Térmico reg. Int.Reg.: 311 A.
- Protección diferencial: Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 300 mA. Clase AC.

- Contactor Tetrapolar In: 450 A.

Cálculo de la Línea: S1 FZA ALM MP

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 50 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 48000 W.
- Potencia de cálculo: 14400 W.(Coef. de Simult.: 0.3)

$$I = \frac{14400}{\sqrt{3} * 400 * 0,8} = 25,98A$$

- Se eligen conductores Unipolares 4x6+TTx6mm²Cu
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)
- I.ad. a 40°C (Fc=1) 32 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior del tubo: 25 mm.
- Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 59.78

$$e(\text{parcial}) = \frac{50 * 144000}{48,06 * 400 * 6} = 6,24V = 1,56 \%$$

$$e(\text{total}) = 1,66\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX)}$$

- Protección Termica en Principio de Línea: Mag. Tetrapolar Int. 32 A.
- Protección Térmica en Final de Línea: Mag. Tetrapolar Int. 32 A.
- Protección diferencial en Principio de Línea: Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 1000 mA. Clase AC.

SUBCUADRO - S1 FZA ALM MP

DEMANDA DE POTENCIAS

POTENCIA TOTAL INSTALADA	
S1.1 FZA ALM MP	24000 W
S1.2 FZA ALM MP	24000 W
TOTAL	48000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 48000

Cálculo de la Línea: S1.1 FZA ALM MP

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos φ: 0.8; Xu(mΩ/m): 0;
- Potencia a instalar: 24000 W.
- Potencia de cálculo: 7200 W.(Coef. de Simult.: 0.3)

$$I = \frac{7200}{\sqrt{3} * 400 * 0,8} = 12,99A$$

- Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm²Cu

- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef. No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)
- l.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior del tubo: 25 mm.
- Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 48.79

$$e(\text{parcial}) = \frac{30 * 7200}{49,92 * 400 * 4} = 2,7V = 0,68 \%$$

$$e(\text{total}) = 2,34\% \text{ ADMIS (4,5\% MAX)}$$

- Protección Termica en Principio de Línea: Mag. Tetrapolar Int. 20 A.
- Protección Térmica en Final de Línea: Mag. Tetrapolar Int. 20 A.
- Protección diferencial en Principio de Línea: Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 500 mA. Clase AC.

SUBCUADRO - S1.1 FZA ALM MP

DEMANDA DE POTENCIAS

POTENCIA TOTAL INSTALADA	
S1.1.1 FZA A MPZ1.1	12000 W
S1.1.2 FZA A MPZ1.2	12000 W
TOTAL	24000 W

- Potencia Instalada Fuerza (W): 24000

Cálculo de la Línea: S1.1.1 FZA A MPZ1.1:

Para cada una de las líneas:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 40 m; Cos φ: 0.9; Xu(mΩ/m): 0;
- Datos por tramo

Tramo	1	2	3	4
Longitud(m)	10	10	10	10
Por.nudo (KW)	3	3	3	3

- Potencia a instalar: 12000 W.
- Potencia de cálculo: 12000 W.

$$I = \frac{12000}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} = 19,25A$$

- Se eligen conductores Unipolares 4x4+TTx4mm²Cu
- Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, Poliolef No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -. Desig. UNE: ES07Z1-K(AS)
- l.ad. a 40°C (Fc=1) 24 A. según ITC-BT-19
- Diámetro exterior del tubo: 25 mm.
- Caída de tensión:
Temperatura cable (°C): 59.29

$$e(\text{parcial}) = \frac{25 * 12000}{48,14 * 400 * 4} = 3,89V = 0,97 \%$$
$$e(\text{total}) = 3,31\% \text{ ADMIS (6,5\% MAX)}$$

- Prot. Térmica: Mag. Tetrapolar Int. 20 A.
- Protección diferencial: Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA. Clase AC.

En el **Anexo**, se detallan los resultados de los cálculos justificativos por cuadros y subcuadros.

3. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

3.1 CONDICIONES GENERALES	67
3.1.1 OBJETO.	67
3.1.2 CAMPO DE APLICACION.....	67
3.1.3 DISPOSICIONES GENERALES.....	67
3.1.4 ORGANIZACION DEL TRABAJO.	68
3.1.5 DISPOSICION FINAL.	73
3.2 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTERIOR PREFABRICADOS.	74
3.2.1 OBJETO.	74
3.2.2 OBRA CIVIL.....	74
3.2.3 INSTALACION ELECTRICA.	77
3.2.4 NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES.	81
3.2.5 PRUEBAS REGLAMENTARIAS.	81
3.2.6 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	82
3.2.7 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION.....	83
3.2.8 LIBRO DE ÓRDENES.	83
3.2.9 RECEPCION DE LA OBRA.	84
3.3 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.	85
3.3.1 CONDICIONES GENERALES.....	85
3.3.2 CANALIZACIONES ELECTRICAS.....	85
3.3.3 CONDUCTORES.....	96
3.3.4 CAJAS DE EMPALME.	98
3.3.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.	99
3.3.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.....	99
3.3.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO.	103
3.3.8 RECEPTORES A MOTOR.....	105
3.3.9 PUESTAS A TIERRA.....	108
3.3.10 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.....	110
3.3.11 CONTROL.	111
3.3.12 SEGURIDAD.	111
3.3.13 LIMPIEZA.....	112
3.3.14 MANTENIMIENTO.....	112
3.3.15 CRITERIOS DE MEDICION.	112

3.1 CONDICIONES GENERALES.

3.1.1 OBJETO.

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

3.1.2 CAMPO DE APLICACION.

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV, así como a centros de transformación.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.1.3 DISPOSICIONES GENERALES.

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

3.1.3.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES.

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE nº 139 de 09/06/2014)
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Norma Básica de Edificación.

- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.

3.1.3.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.1.3.3 SEGURIDAD PÚBLICA.

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.1.4 ORGANIZACION DEL TRABAJO.

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.1.4.1 DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

3.1.4.2 REPLANTEO DE LA OBRA.

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

3.1.4.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.1.4.4 RECEPCION DEL MATERIAL.

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

3.1.4.5 ORGANIZACION.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

3.1.4.6 FACILIDADES PARA LA INSPECCION.

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

3.1.4.7 ENSAYOS.

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

3.1.4.8 LIMPIEZA Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS.

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

3.1.4.9 MEDIOS AUXILIARES.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

3.1.4.10 EJECUCION DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 3.1.4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 3.1.4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

3.1.4.11 SUBCONTRATACION DE LAS OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

3.1.4.12 PLAZO DE EJECUCION.

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

3.1.4.13 RECEPCION PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumplierse estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

3.1.4.14 PERIODOS DE GARANTIA.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

3.1.4.15 RECEPCION DEFINITIVA.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

3.1.4.16 PAGO DE OBRAS.

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminados por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

3.1.4.17 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS.

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

3.1.5 DISPOSICION FINAL.

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

3.2 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTERIOR PREFABRICADOS.

3.2.1 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.

3.2.2 OBRA CIVIL.

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

3.2.2.1 EMPLAZAMIENTO.

El lugar elegido para la instalación 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 estanquidad perfecta hasta dicha cota.

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

3.2.2.2 EXCAVACION.

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.

3.2.2.3 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.

3.2.2.4 FORJADOS.

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

Para el cálculo del forjado del pavimento del CT, deberá considerarse una sobrecarga móvil de 3500 kg/m². 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 subterráneos, el valor mínimo de sobrecarga a considerar en el cálculo del forjado de la cubierta, será el indicado en el apartado 5.4.2 de la Norma UNE-EN 61330.

En caso de CT en edificio, en la capa de compresión del forjado del techo se colocará una superficie equipotencial formada por una armadura con retícula de luz máxima 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 15 cm, apoyada sobre las fundaciones y descansando sobre una base de grava. El hormigón estará dosificado a razón de 250 kg/m².

Si el acceso de la aparamenta 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, así como 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 tomas de tierra y canales para los cables M.T. y B.T.

En los lugares de paso, los canales estarán cubiertos por losas amovibles.

3.2.2.5 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.

Presentarán 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 | 22 cm |
| - Pilares angulares de hormigón armado y ladrillos huecos | 15 cm |

En los CT subterráneos, los muros irán impermeabilizados exteriormente con pintura bituminosa y provista de pantalla drenante.

3.2.2.6 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.

3.2.2.7 ACABADOS.

Paramentos 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.

Paramentos 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 la compañía suministradora, teniendo en cuenta las consideraciones de orden eléctrico y otras relaciones de explotación y mantenimiento del centro.

Pavimentos

Serán de mortero de cemento continuo, bruñido y ruleteado, con el fin de evitar la formación de polvo, y será resistente a la abrasión.

El mortero estará dosificado a razón de 600 kg/m². Se prohíbe el empleo de la arena de escorias.

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

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 oxidante, etc.

3.2.2.8 EVACUACION Y EXTINCION DEL ACEITE AISLANTE.

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán 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 aceite 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.

3.2.2.9 VENTILACION.

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

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del 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 del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.

3.2.2.10 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.

3.2.3 INSTALACION ELECTRICA.

3.2.3.1 APARAMENTA A.T.

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo "modular". De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF₆) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF₆ confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro. El corte en SF₆ resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparataje bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje. Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.
- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexas mediante tornillos.
- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.
- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.
- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (U_n):

U_n ≤ 20kV

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

20 kV ≤ U_n ≤ 30 kV

- Tensión asignada: 36 kV

- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 70 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 170 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.

3.2.3.2 TRANSFORMADORES.

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, aislamiento seco, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.2.3.3 EQUIPOS DE MEDIDA.

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevará directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

3.2.3.4 ACOMETIDAS SUBTERRANEAS.

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 superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. 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 obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.

Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

3.2.3.5 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 (30 mA).

3.2.3.6 PUESTAS 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.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.

- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- 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.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm².
- 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 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- 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.

3.2.4 NORMAS DE EJECUCION DE LAS INSTALACIONES.

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía suministradora de la electricidad.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

3.2.5 PRUEBAS REGLAMENTARIAS.

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

3.2.6 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

3.2.6.1 PREVENCIÓNES GENERALES.

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aparamenta y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la aparamenta de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha aparamenta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

3.2.6.2 PUESTA EN SERVICIO.

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

3.2.6.3 SEPARACION DE SERVICIO.

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

3.2.6.4 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

3.2.7 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACION.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

3.2.8 LIBRO DE ÓRDENES.

Se dispondrá en el centro de transformación de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

3.2.9 RECEPCION DE LA 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:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- 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.
- 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.
- 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.
- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.

3.3 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN Y MONTAJE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.

3.3.1 CONDICIONES GENERALES.

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

3.3.2 CANALIZACIONES ELECTRICAS.

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

3.3.2.1 CONDUCTORES AISLADOS BAJO TUBOS PROTECTORES.

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 - 2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación:

Tabla 3.1.- Características tubos en canalizaciones fijas en superficie.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

1º/ Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

Tabla 3.2.- Características tubos en canalizaciones empotradas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima Resistencia al impacto de instalación y servicio	2	5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15 °
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

2º/ Tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Tabla 3.3.- Características tubos empotrados embebidos en hormigón o canalizaciones precableadas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+ 90 °C (+ 60 °C canal. precabl. ordinarias)
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
- Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
- Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Tubos en canalizaciones aéreas o con tubos al aire.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

Tabla 3.4.- Características tubos en canalizaciones o con tubos al aire.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	- 5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+ 60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior mediana y exterior elevada y compuestos
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

Tubos en canalizaciones enterradas.

Las características mínimas de los tubos enterrados serán las siguientes:

Tabla 3.5.- Características tubos en canalizaciones enterradas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$
Resistencia a la penetración del agua	3	Contra el agua en forma de lluvia
- Resistencia a la corrosión de tubos metálicos	2	Protección interior y exterior media y compuestos
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

Instalación.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.

- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

3.3.2.2 CONDUCTORES AISLADOS FIJADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS PAREDES.

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

3.3.2.3 CONDUCTORES AISLADOS ENTERRADOS.

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

3.3.2.4 CONDUCTORES AISLADOS DIRECTAMENTE EMPOTRADOS EN ESTRUCTURAS.

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

3.3.2.5 CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE LA CONSTRUCCION.

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

3.3.2.6 CONDUCTORES AISLADOS EN BANDEJA O SOPORTE DE BANDEJAS.

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

3.3.2.8 NORMAS DE INSTALACION EN PRESENCIA DE OTRAS CANALIZACIONES NO ELECTRICAS.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o

humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

3.3.2.9 ACCESIBILIDAD A LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

3.3.3 CONDUCTORES.

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

3.3.3.1 MATERIALES.

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.031.
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - Tensión de prueba: 4.000 V.
 - Instalación: al aire o en bandeja.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra

limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

3.3.3.2 DIMENSIONADO.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

3.3.3.3 IDENTIFICACION DE LAS INSTALACIONES.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

3.3.3.4 RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y RIGIDEZ DIELECTRICA.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 3.6.- Resistencia de aislamiento.

Tensión nominal instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MW)
MBTS o MBTP	250	≥ 0,25
≤ 500V	500	≥ 0,50
> 500 V	1000	≥ 1,00

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U + 1000$ V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

3.3.4 CAJAS DE EMPALME.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaz de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

3.3.5 MECANISMOS Y TOMAS DE CORRIENTE.

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de toma una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

3.3.6 APARAMENTA DE MANDO Y PROTECCION.

3.3.6.1 CUADROS ELECTRICOS.

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

3.3.6.2 INTERRUPTORES AUTOMATICOS.

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el

origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominal de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

3.3.6.3 GUARDAMOTORES.

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

3.3.6.4 FUSIBLES.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

3.3.6.5 INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

1º/ La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- o bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º/ La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a * I_a \leq U$$

Dónde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

3.3.6.6 SECCIONADORES.

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaz de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

3.3.6.7 EMBARRADOS.

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

3.3.6.8 PRENSAESTOPAS Y ETIQUETAS.

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

3.3.7 RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

Asimismo las luminarias cumplirán con las instrucciones ITC-BT-44, ITCBT- 09, ITC-BT-28, ITC-BT-24 del REBT y con las siguientes normas UNE- EN:

- 61.549: Lámparas diversas.
- 61.199, 61.195, 60.901: Lámparas tubulares de Fluorescencia.
- 60.188, 62.035: Lámparas de Vapor de Mercurio.
- 60.192: Lámparas de Vapor de Sodio Baja Presión.
- 60.662: Lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión.
- 61.167 y 61.228: Lámparas de Halogenuros Metálicos.
- 60.115, 61.048, 61.049, 60,922, 60.923, 60.926, 60.927 y 60.928:

Cebadores, condensadores y arrancadores para fluorescencia.

- 60.061-2, 60.238 y 60.360: Casquillos y Portalámparas.
- 60.400: Portalámparas y Portacebadores para fluorescencia.

- 60.238: Portalámparas rosca Edison.
- 60.928 y 929: Balastos Transistorizados.
- 60.598, 60.634, 60.570 y 21.031: Luminarias.

En cuanto a compatibilidad Electromagnética tendrán que cumplir con las Normas UNE-EN siguientes:

- 55.015: Perturbaciones radioeléctricas.
- 60.555. P2: Perturbaciones por corrientes armónicas.
- 61.000.3.2: Perturbaciones límites en redes.
- 61.547: Requisitos de inmunidad.

3.3.8 RECEPTORES A MOTOR.

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

Tabla 3.7.- Característica potencia de motor y relación.

Potencia	Relación
De 0,75 kW a 1,5 kW	4,5
De 1,50 kW a 5 kW	3,0
De 5 kW a 15 kW	2,0
Más de 15 kW	1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia

térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.

- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el davanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).
- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superior a 1,5 megahomios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparacerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

3.3.9 PUESTAS A TIERRA.

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.3.9.1 UNIONES A TIERRA.

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos.
- pletinas, conductores desnudos.
- Placas.
- anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 3.8.- Sección de conductores de tierra cuando estén enterrados.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión	Igual a conductores protección apdo. 7.7.1	16 mm ² Acero Galvanizado 16 mm ² Cu
No Protegido contra la corrosión	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro	25 mm ² Cu 50 mm ² Hierro

* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Tabla 3.9.- Sección conductores de protección.

Sección conductores fase (mm ²)	Sección conductores protección (mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

3.3.10 INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

La aparata se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

- Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Ω m.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.
- Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.
- Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.
- Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

3.3.11 CONTROL.

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

3.3.12 SEGURIDAD.

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

- Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.
- Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

3.3.13 LIMPIEZA.

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior.

3.3.14 MANTENIMIENTO.

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

3.3.15 CRITERIOS DE MEDICION.

Las unidades de obra serán medidas con arreglo a lo especificado en la normativa vigente, o bien, en el caso de que ésta no sea suficiente explícita, en la forma reseñada en el Pliego Particular de Condiciones que les sea de aplicación, o incluso tal como figuren dichas unidades en el Estado de Mediciones del Proyecto. A las unidades medidas se les aplicarán los precios que figuren en el Presupuesto, en los cuales se consideran incluidos todos los gastos de transporte, indemnizaciones y el importe de los derechos fiscales con los que se hallen gravados por las distintas Administraciones, además de los gastos generales de la contrata. Si hubiera necesidad de realizar alguna unidad de obra no comprendida en el Proyecto, se formalizará el correspondiente precio contradictorio.

Los cables, bandejas y tubos se medirán por unidad de longitud (metro), según tipo y dimensiones.

En la medición se entenderán incluidos todos los accesorios necesarios para el montaje (grapas, terminales, bornes, prensaestopas, cajas de derivación, etc), así como la mano de obra para el transporte en el interior de la obra, montaje y pruebas de recepción.

Los cuadros y receptores eléctricos se medirán por unidades montadas y conexionadas.

La conexión de los cables a los elementos receptores (cuadros, motores, resistencias, aparatos de control, etc) será efectuada por el suministrador del mismo elemento receptor.

El transporte de los materiales en el interior de la obra estará a cargo de la EIM.

4. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO:

En el siguiente estudio económico se encuentran desglosadas con sus precios las diferentes partidas de materiales requeridas para la instalación diseñada en el presente trabajo fin de master.

El resumen consta de diez capítulos, que son: Obra civil, elementos eléctricos del centro de transformación, Medición de Cables, Medición de tubos, Medición de Bandejas, Medición de Magnetotérmicos e Interruptores Automáticos, Medición Diferenciales, Medición de relés térmicos, Mediciones de elementos de control y Cuadros Eléctricos.

Primeramente se encontrará un resumen con el coste total de cada partida, para, a continuación, presentar los precios de cada material por separado.

RESUMEN PRESUPUESTO	
CAPITULO	COSTE
CAPITULO I: OBRA CIVIL	16768,95
CAPITULO II : ELEMENTOS ELECTRICOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	47750,83
CAPITULO III: MEDICIÓN DE CABLES	113518,76
CAPITULO IV: MEDICION DE TUBOS	10758,61
CAPITULO V: MEDICION DE BANDEJAS	14857,16
CAPITULO VI: MEDICION DE MAGNETOTERMICOS, INTERRUPTORES AUTOMATICOS	136166,64
CAPITULO VII: MEDICION DE DIFERENCIALES	52229,44
CAPITULO VIII: MEDICION DE RELES TERMICOS.	34423,89
CAPITULO IX: MEDICION DE ELEMENTOS DE CONTROL-MANIOBRA	20934,05
CAPITULO X: CUADROS ELECTRICOS	83459,14
PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL	530867,47
GASTOS GENERALES (13%)	69012,77
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	31852,05
DIRECION DE OBRA (5%)	26543,37
IVA (21%)	111482,17
PRESUPUESTO TOTAL	769757,83

Capítulo 4: Presupuesto

CAPITULO 1: OBRA CIVIL					
CODIGO	RESUMEN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (€)	P.TOTAL (€)
1.1	Compactado superficial de tierras antes de pavimentar la solera.	m^2	40,5	2,25	91,125
1.2	Hormigón R.C. 150 kg/cm2 para el pavimento de la solera de 20 cm.	m^3	8	48,75	390
1.3	Hormigón R.C. 175 kg/cm2 para el macizado de zanjas de cimentación	m^3	14	98,45	1378,3
1.4	Hormigón R.C. 200 kg/cm2 para muros y placas armadas	m^3	22,5	160,55	3612,375
1.5	Tabique de ladrillo hueco doble, tomado con mortero de cemento 1:6	m^2	150	15,25	2287,5
1.6	Enfoscado maestro de paredes con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado	m^2	140	15,25	2135
1.7	Enfoscado maestro de techos con mortero cemento 1:3 y acabado fratasado	m^2	30	18,25	547,5
1.8	Pintura al temple liso para techos y paredes	m^2	140	1,5	210
1.9	Pintura minio plomo, dos capas imprimación en herrajes	m^2	30	4,05	121,5
1.10	Pintura esmalte sintético en carpintería metálica	m^2	13	8,85	115,05
1.11	Puerta de una hoja para acceso de personal cualificado a las celdas	Ud	2	225,65	451,3
1.12	Puerta de dos hojas para acceso a transformadores	Ud	2	264,15	528,3
1.13	Rejilla de ventilación en puerta de una hoja	Ud	2	99,95	199,9
1.14	Rejilla de ventilación en puerta de dos hojas	Ud	2	112,95	225,9
1.15	Rejilla de ventilación en alzado trasero	Ud	2	152,35	304,7
1.16	Conjunto apoyo transformador que incluye vigas de apoyo y amortiguador de vibración	Ud	2	156,75	313,5
1.17	Aislamiento acústico con manta de fibra de vidrio fijada sobre forjado	m^2	24	155,75	3738
1.18	Pavimento de cemento continuo bruñido y ruleteado	m^2	20	5,95	119
				TOTAL	16768,95

Capítulo 4: Presupuesto

CAPITULO 2 : ELEMENTOS ELECTRICOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN					
CODIGO	RESUMEN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (€)	P.TOTAL (€)
2.1	Transformador de potencia de 800 kVA aislado en seco	Ud	2	8865	17730
2.2	Celda de línea de entrada al centro de transformación	Ud	1	2794,25	2794,25
2.3	Celda de protección con automático para protección contra sobrecorrientes	Ud	2	4823,17	9646,34
2.4	Celda de medida con transformador de tensión y de intensidad.	Ud	1	5850,25	5850,25
2.5	Celda de remonte de cables	Ud	1	1243,5	1243,5
2.6	Picas de diámetro 14 mm	Ud	12	21,47	257,64
2.7	Conductor desnudo de cobre de 50 mm ²	m	51	3,85	196,35
2.8	Interconexión celdas de A.T. y transformadores	Ud	2	1389,35	2778,7
2.9	Interconexión transformadores y cuadros de B.T.	Ud	2	645,75	1291,5
2.10	Equipo de iluminación del interior del centro de transformación	Ud	1	162,3	162,3
2.11	Equipo de seguridad y maniobra	Ud	1	5800	5800
				TOTAL	47750,83

CAPITULO 3: MEDICIÓN DE CABLES							
CODIGO	Sección(mm ²)	Metal	Design	Polaridad	Total(m)	P.U (€)	P.TOTAL (€)
3.1	1,5	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	5220	0,52	2714,4
3.2	1,5	Cu	TT	Unipolar	1425	0,52	741
3.3	2,5	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	9256	0,86	7960,16
3.4	2,5	Cu	TT	Unipolar	2627	0,86	2259,22
3.5	4	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	4655	1,56	7261,8
3.6	4	Cu	TT	Unipolar	1190	1,56	1856,4
3.7	6	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	4132	1,78	7354,96
3.8	6	Cu	TT	Unipolar	1101	1,78	1959,78
3.9	10	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	420	1,87	785,4
3.10	10	Cu	TT	Unipolar	140	1,87	261,8
3.11	16	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	800	2,04	1632
3.12	16	Cu	TT	Unipolar	1626	2,04	3317,04
3.13	25	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	3988	3,08	12283,04
3.14	25	Cu	TT	Unipolar	110	3,08	338,8
3.15	35	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	210	4,34	911,4
3.16	35	Cu	TT	Unipolar	220	4,34	954,8
3.17	50	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	330	6,28	2072,4
3.18	50	Cu	TT	Unipolar	200	6,28	1256
3.19	70	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	660	8,42	5557,2
3.20	70	Cu	TT	Unipolar	140	8,42	1178,8
3.21	95	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	600	11,55	6930

Capítulo 4: Presupuesto

3.22	95	Cu	TT	Unipolar	40	11,55	462
3.23	120	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	460	58,05	26703
3.24	120	Cu	TT	Unipolar	16	58,05	928,8
3.25	185	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	120	62,87	7544,4
3.26	240	Cu	ES07Z1-K(AS)	Unipolar	48	85,32	4095,36
3.27	910	Cu	BARRAS BLINDADAS	Unipolar	24	174,95	4198,8
TOTAL							113518,76

CAPITULO 4: MEDICION DE TUBOS

CODIGO	Diámetro(mm)	Total(m)	P.U (€)	P.TOTAL (€)
4.1	16	240	0,22	52,8
4.2	20	3917	0,43	1684,31
4.3	25	2176	0,85	1849,6
4.4	32	300	1,68	504
4.5	40	900	2,65	2385
4.6	50	230	4,65	1069,5
4.7	63	220	7,32	1610,4
4.8	75	140	11,45	1603
TOTAL				10758,61

CAPITULO 5: MEDICION DE BANDEJAS

CODIGO	Dimensiones(mm)	Tipo	Total(m)	P.U (€)	P.TOTAL (€)
5.1	75x60	Perforada	656	22,23	14582,88
5.2	150x60	Perforada	10	13,54	135,4
5.3	200x60	Perforada	8	17,36	138,88
TOTAL					14857,16

CAPITULO 6: MEDICION DE MAGNETOTERMICOS, INTERRUPTORES AUTOMATICOS Y FUSIBLES

CODIGO	Descripción	Intens(A)	P.Corte (kA)	Cantidad	P.U (€)	P.TOTAL (€)
6.1	Mag/Tetr.	10	4.5	50	114,24	5712
6.2	Mag/Bip.	10	22	5	26,72	133,6
6.3	Mag/Tetr.	10	22	7	204,4	1430,8
6.4	Mag/Tetr.	10	50	2	348,62	697,24
6.5	Mag/Trip.	16	4.5	12	198,54	2382,48
6.6	Mag/Tetr.	16	4.5	9	345,22	3106,98
6.7	Mag/Trip.	16	10	2	234,65	469,3
6.8	Mag/Bip.	16	22	4	78,85	315,4
6.9	Mag/Trip.	16	22	6	254,7	1528,2
6.10	Mag/Tetr.	16	22	5	345,22	1726,1
6.11	Mag/Tetr.	16	50	3	365,22	1095,66

Capítulo 4: Presupuesto

6.12	Mag/Trip.	20	4.5	5	105	525
6.13	Mag/Tetr.	20	4.5	25	267,65	6691,25
6.14	I.Aut/Trip.	20	4.5	2	105	210
6.15	Mag/Tetr.	20	6	3	295,65	886,95
6.16	Mag/Trip.	20	10	1	107,55	107,55
6.17	Mag/Tetr.	20	22	4	325,65	1302,6
6.18	Mag/Trip.	25	4.5	1	100,05	100,05
6.19	I.Aut/Trip.	25	4.5	6	100,05	600,3
6.20	Mag/Trip.	25	10	1	150,05	150,05
6.21	I.Aut/Trip.	25	10	1	187,05	187,05
6.22	I.Aut/Trip.	25	15	4	220,05	880,2
6.23	Mag/Trip.	25	22	1	234,05	234,05
6.24	Mag/Tetr.	25	22	1	234,05	234,05
6.25	Mag/Trip.	25	50	1	360,05	360,05
6.26	Mag/Tetr.	25	50	1	360,05	360,05
6.27	Mag/Trip.	32	4.5	3	165,32	495,96
6.28	Mag/Tetr.	32	4.5	2	185,32	370,64
6.29	I.Aut/Trip.	32	4.5	8	165,32	1322,56
6.30	Mag/Trip.	32	10	1	265,32	265,32
6.31	I.Aut/Trip.	32	10	1	265,32	265,32
6.32	Mag/Tetr.	32	50	2	365,32	730,64
6.33	Mag/Trip.	40	4.5	1	273,43	273,43
6.34	I.Aut/Trip.	40	4.5	2	273,43	546,86
6.35	Mag/Trip.	40	50	1	572,31	572,31
6.36	Mag/Trip.	50	4.5	2	283,05	566,1
6.37	I.Aut/Trip.	50	4.5	3	353,52	1060,56
6.38	Mag/Trip.	50	10	2	410,22	820,44
6.39	Mag/Trip.	63	4.5	3	315,27	945,81
6.40	Mag/Trip.	63	6	1	415,65	415,65
6.41	Mag/Tetr.	63	6	1	415,65	415,65
6.42	Mag/Trip.	63	10	3	495,72	1487,16
6.43	Mag/Trip.	63	50	1	695,72	695,72
6.44	Mag/Tetr.	63	50	1	695,72	695,72
6.45	I.Aut/Trip.	100	4.5	4	155,8	623,2
6.46	I.Aut/Trip.	100	10	2	538,25	1076,5
6.47	I.Aut/Trip.	100	15	2	874,32	1748,64
6.48	I.Aut/Trip.	100	22	2	1040,5	2081
6.49	I.Aut/Tetr.	100	22	1	2573,65	2573,65
6.50	I.Aut/Tetr.	100	50	1	3491,46	3491,46
6.51	I.Aut/Trip.	125	10	1	854,67	854,67
6.52	I.Aut/Trip.	125	22	3	1354,69	4064,07
6.53	I.Aut/Trip.	125	35	1	1544,77	1544,77
6.54	I.Aut/Trip.	160	4.5	1	191,46	191,46
6.55	I.Aut/Trip.	160	10	1	1651,32	1651,32

Capítulo 4: Presupuesto

6.56	I.Aut/Trip.	160	15	1	2291,46	2291,46
6.57	I.Aut/Trip.	160	35	1	2591,46	2591,46
6.58	I.Aut/Trip.	160	50	2	2915,46	5830,92
6.59	I.Aut/Trip.	250	10	1	2423,51	2423,51
6.60	I.Aut/Trip.	250	15	3	2423,51	7270,53
6.61	I.Aut/Trip.	250	35	1	2423,51	2423,51
6.62	I.Aut/Trip.	250	50	1	3423,51	3423,51
6.63	I.Aut/Tetr.	400	10	1	3958,62	3958,62
6.64	I.Aut/Trip.	400	15	1	3958,62	3958,62
6.65	I.Aut/Trip.	400	35	1	3958,62	3958,62
6.66	I.Aut/Trip.	400	50	2	3958,62	7917,24
6.67	I.Aut/Tetr.	630	50	2	4758,76	9517,52
6.68	I.Aut/Trip.	1000	50	1	5578,89	5578,89
6.69	I.Aut/Trip.	2000	22	2	5874,34	11748,68
					TOTAL	136166,64

CAPITULO 7: MEDICION DE DIFERENCIALES

CODIGO	Descripción	Clase	I(A)	Sensibilidad(mA)	Cantidad	P(€)	P.T(€)
7.1	Relé y Transf.	AC	20	300	2	132,98	265,96
7.2	Diferen./Bipo	AC	25	30	9	62,25	560,25
7.3	Diferen./Tetr	AC	25	30	49	74,12	3631,88
7.4	Diferen./Tetr	AC	25	300	55	154,67	8506,85
7.5	Relé y Transf.	AC	25	300	11	248,32	2731,52
7.6	Diferen./Tetr	AC	25	500	9	375,92	3383,28
7.7	Relé y Transf.	AC	32	300	9	275,19	2476,71
7.8	Relé y Transf.	AC	40	300	2	509,26	1018,52
7.9	Diferen./Tetr	AC	40	500	2	603,54	1207,08
7.10	Diferen./Tetr	AC	40	1000	3	839,65	2518,95
7.11	Relé y Transf.	AC	50	300	3	381	1143
7.12	Diferen./Tetr	AC	63	500	7	402,12	2814,84
7.13	Relé y Transf.	AC	100	300	6	437,93	2627,58
7.14	Relé y Transf.	AC	100	500	3	467,65	1402,95
7.15	Relé y Transf.	AC	125	300	3	442,54	1327,62
7.16	Relé y Transf.	AC [s]	125	500	1	496,99	496,99
7.17	Relé y Transf.	AC	160	500	2	423,23	846,46
7.18	Relé y Transf.	AC [s]	160	500	1	502,34	502,34

Capítulo 4: Presupuesto

7.19	Relé y Transf.	AC	250	300	2	648,93	1297,86
7.20	Relé y Transf.	AC	250	500	1	652,43	652,43
7.21	Relé y Transf.	AC [s]	250	500	1	704,67	704,67
7.22	Relé y Transf.	AC	400	300	1	1357,24	1357,24
7.23	Relé y Transf.	AC	400	500	1	1360,74	1360,74
7.24	Relé y Transf.	AC	400	1000	1	1608,32	1608,32
7.25	Relé y Transf.	AC	630	1000	1	3004,86	3004,86
7.26	Relé y Transf.	AC	1000	300	1	4780,54	4780,54
TOTAL							52229,44

CAPITULO 8: MEDICION DE RELES TERMICOS.

CODIGO	Descripción	Intens(A)	Cantidad	P.U (€)	P.TOTAL (€)
8.1	Relé térmico.	9÷12	3	87,32	261,96
8.2	Relé térmico.	12÷16	39	105,78	4125,42
8.3	Relé térmico.	16÷25	21	289,65	6082,65
8.4	Relé térmico.	24÷32	18	306,87	5523,66
8.5	Relé térmico.	30÷40	9	387,32	3485,88
8.6	Relé térmico.	35÷50	6	453,65	2721,9
8.7	Relé térmico.	50÷65	3	567,89	1703,67
8.8	Relé térmico.	55÷70	9	673,65	6062,85
8.9	Relé térmico.	70÷100	6	742,65	4455,9
TOTAL					34423,89

CAPITULO 9: MEDICION DE ELEMENTOS DE CONTROL-MANIOBRA

CODIGO	Descripción	Intens(A)	Cantidad	P.U (€)	P.TOTAL (€)
9.1	Contac/Trip.	12	3	56,84	170,52
9.2	Contac/Trip.	16	58	78,65	4561,7
9.3	Contac/Tetr.	16	3	87,54	262,62
9.4	Contac/Trip.	25	22	104,41	2297,02
9.5	Contac/Tetr.	25	3	124,65	373,95
9.6	Contac/Trip.	32	3	187,32	561,96
9.7	Contac/Tetr.	32	5	205,98	1029,9
9.8	Contac/Trip.	40	9	246,12	2215,08
9.9	Contac/Trip.	50	6	302,38	1814,28
9.10	Contac/Trip.	75	12	348,31	4179,72
9.11	Contac/Trip.	100	6	376,29	2257,74
9.12	Contac/Tetr.	450	2	604,78	1209,56
TOTAL					20934,05

Capítulo 4: Presupuesto

CAPITULO 10: CUADROS ELECTRICOS					
CODIGO	Descripción	dimensiones	Cantidad	P.U (€)	P.TOTAL (€)
10.1	cuadro general	2000x4000x600	1	3170,03	3170,03
10.2	cuadro nivel 1	2000x1200x600	14	1945,03	27230,42
10.3	cuadro nivel 2	1800x1200x600	27	1297,29	35026,83
10.4	cuadro nivel 3	1000x1000x400	9	2003,54	18031,86
				TOTAL	83459,14

5. ESTUDIO BÁSICO SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

5. ESTUDIO BÁSICO SEGURIDAD Y SALUD.....	127
5.1 OBJETO.....	127
5.2 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA.....	127
5.3 METODOLOGÍA.....	127
5.4 IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS.....	127
5.4.1 RIESGOS PARA MT. Y BT.....	128
5.4.2 RIESGOS PARA B.T.	130
5.4.3 RIESGOS PARA M.T.	133
5.5 BOTIQUÍN.....	138
5.6 CONCLUSIONES.....	138

5.1 OBJETO.

El presente Estudio Básico de Seguridad tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras contempladas en este proyecto.

Este estudio servirá de base para que el técnico designado por la empresa adjudicataria de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analizaran, estudiaran, desarrollaran y complementaran las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica y sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos y ajustándose en todo caso a lo indicado al respecto en el artículo 7 del R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

5.2 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA.

- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- El Real Decreto 1109/2007, de 24 agosto, por el que se desarrolla la ley 332/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos para los trabajadores. Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual (EPI).
- Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

5.3 METODOLOGÍA.

A tal efecto se llevará a cabo una exhaustiva identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Del mismo modo se hará una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Tales riesgos irán agrupados por "Factores de Riesgo" asociados a las distintas operaciones a realizar durante la ejecución de la obra.

5.4 IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Las diferentes tareas a realizar durante la ejecución de una obra llevan asociados una serie de riesgos ante los cuales deberán adoptarse unas medidas preventivas. En lo relativo a este proyecto tales factores de riesgo son:

5.4.1 RIESGOS PARA MT. Y BT.

- Transporte de materiales
- Apertura de zanjas
- Canalización de la línea

a) Factor de riesgo: Transporte de materiales.

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales en el lugar de ejecución de la obra.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Cortes.
 - Caída de objetos,
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes,
 - Atrapamiento.
 - Confinamiento.
 - Condiciones ambientales y señalización.
- Medidas preventivas
 - Inspección del estado del terreno.
 - Utilizar los pasos y vías existentes.
 - Limitar la velocidad de los vehículos.
 - Delimitación de puntos peligrosos (zanjas, pozos, ...).
 - Respetar zonas señalizadas y delimitadas.
 - Exigir y mantener el orden.
 - Precaución en transporte de materias.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes protección
- Cascos de seguridad
- Botas de seguridad

b) Factor de riesgo: Apertura de zanjas.

Es el riesgo derivado de la apertura de zanjas para líneas de tanto para las personas que están llevando a cabo la operación, como para las que se encuentran en las proximidades.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de personas a distinto nivel.
 - Caída de objetos.
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
 - Choques y golpes.
 - Proyecciones.
 - Explosiones.
 - Electrocutación.
 - Cortes.
 - Sobrecarga física.
 - Confinamiento y atrapamiento.
- Medidas preventivas
 - Conocimiento de las instalaciones mediante planos.

- Notificación a todo el personal de la obra, de los cruzamientos y paralelismos con otras líneas eléctricas de alta, media y baja tensión, así como canalizaciones de agua, gas y líquidos inflamables.
- Hacer uso correcto de las herramientas necesarias para la apertura de la zanja, tanto si son:
 - Manuales (Picos, palas, ...).
 - Mecánicos (perforador neumático).
 - Motorizadas (vehículos).
- Delimitar y señalizar la zona de trabajo.
- Se debe entibar la zanja siempre que el terreno sea blando o sea más de 1,5 m de profundidad, comprobando el estado del terreno entibado después de fuertes lluvias y cada vez que se reinicia el trabajo.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales,...).
- Las propias de los trabajos a realizar y de las herramientas a utilizar.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de seguridad.
- Cascos de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas contra impactos.
- Protectores auditivos.

c) Factor de riesgo: Canalización de la línea

Es el riesgo derivado de la canalización de una línea subterránea de B.T., tanto para las personas que la llevan a cabo como para aquellas otras que se encuentran en las proximidades.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de personas a distinto nivel.
 - Caída de objetos.
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
 - Choques y golpes.
 - Cortes.
 - Sobrecarga física.
 - Confinamiento y atrapamiento.
- Medidas preventivas
 - Precaución en el manejo de las bobinas y los conductores.
 - Prevención de explosiones y efecto látigo:
 - Cumplimiento de las disposiciones reglamentarias.
 - Fijación de los cables mediante abrazaderas.
 - Delimitar y señalizar la zona de trabajo, con especial precaución en las vías públicas donde existan vehículos de tracción mecánica, sus accesos y proximidades.
 - En caso de entubado y hormigonado, señalizar y delimitar la zona de trabajo a fin de evitar posibles accidentes.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales,...).
- Las propias de los trabajos a realizar y de las herramientas a utilizar.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes de seguridad.
- Cascos de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas contra impactos.

5.4.2 RIESGOS PARA B.T.

- Trabajos en tensión.
- Trabajos en frío.

a) Factor de riesgo: Trabajos en tensión.

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en Redes Subterráneas de Baja Tensión sin ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de objetos.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Electrocuación.
- Medidas preventivas
 - En proximidad de líneas subterráneas:
 - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1m).
 - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
 - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
 - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
 - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
 - En proximidad de partes en tensión.
 - Aislar con pantallas las partes conductoras desnudas bajo tensión.
 - Mantener distancias de seguridad.
 - Utilizar herramientas eléctricas aisladas.
 - Transportar por dos personas los elementos alargados.
 - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes:
 - Protección frente a sobreintensidades y sobretensiones: fusibles e interruptores de corte.

- Puestas a tierra en buen estado: comprobar anualmente o cuando, por su estado de conservación, sea recomendable. Inspeccionar electrodos y conductores de enlace.
- Prevención de caída de conductores por climatología adversa o por estado deficiente.
- Mantenimiento de distancias en cruzamientos y paralelismos: con líneas de alta tensión, carreteras, fachadas,...
- A nivel del suelo, colocarse sobre objetos aislantes (alfombra, banqueta, madera seca, etc.).
- Utilizar casco, guantes aislantes para B.T. y herramientas aisladas.
- Utilizar gafas de protección cuando exista riesgo particular de accidente ocular.
- Utilizar ropas secas y llevar ropa de lluvia en caso de lluvia. Las ropas no deben tener partes conductoras y cubrirán totalmente los brazos y las piernas.
- Aislar, siempre que sea posible, los conductores o partes conductoras desnudas que estén en tensión, próximos al lugar de trabajo, incluido el neutro. El aislamiento se efectuara mediante fundas, telas aislantes, capuchones, etc.
- Notificación de anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Protección frente a contactos eléctricos (aislamientos, puestas a tierra, dispositivos de corte por intensidad o tensión de defecto), protección contra sobreintensidades (fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (descargadores a tierra), señalización y delimitación.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Las consideradas como preventivas.

b) Factor de riesgo: Trabajos en frío

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en Redes Subterráneas de Baja Tensión en ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Cortes.
 - Caída de objetos.
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
 - Carga física.
 - Choques y golpes.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Electrocuación.
- Medidas preventivas
 - Apertura de los circuitos, a fin de separar todas las posibles fuentes de tensión que pudieran alimentar el cable en el cual se debe trabajar.

- Enclavamiento, en posición de apertura de los aparatos de corte y colocación de señalización en el mando de los aparatos de corte enclavados.
- Verificación de la ausencia de tensión y puesta en cortocircuito.
- Dichas operaciones se efectuarán sobre cada uno de los conductores de la canalización subterránea que atraviesa los límites de la zona protegida en los puntos de corte de la instalación en consignación o descargo, o en puntos lo más próximos posible a éstos.
 - Se determinarán los puntos de la canalización subterránea en los que deben colocarse la puesta en cortocircuito. Estos puntos constituirán los límites de la zona protegida.
 - Se verificará la ausencia de tensión en dichos puntos. Al efectuar dicha verificación, la canalización será considerada como si estuviera en tensión y se utilizará a dicho efecto un dispositivo apropiado. La verificación se efectuará en cada uno de los conductores.
 - Inmediatamente después de verificada la ausencia de tensión, se procederá a la puesta en cortocircuito. Dicha operación se efectuará para todos los conductores.
- Determinación de la zona protegida. La persona encargada de la consignación o descargo, mencionará explícitamente en el documento de consignación los límites de la zona protegida de la canalización en consignación o descargo.
- Colocación de pantallas protectoras. Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes desnudas en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas.
- Comprobación de las operaciones de identificación, señalización, puesta a tierra y en cortocircuito de los cables afectados.
- Definición de la zona de trabajo.
 - Localización e identificación del cable. Para la utilización de la pértiga sierra-cables o el picacables, es obligatorio la puesta a tierra de dichos elementos.
 - Reposición de la tensión después del trabajo.
- Después de la ejecución del trabajo, y antes de dar tensión a la instalación, deben efectuarse las operaciones siguientes:
 - En el lugar de trabajo:
 - Si el trabajo ha necesitado la participación de varias personas, el responsable del mismo las reunirá y notificará que se va a proceder a dar tensión.
 - Retirar las puestas en cortocircuito, si las hubiere.
 - En el lugar del corte:
 - Retirar el enclavamiento o bloqueo y/o señalización.
 - Cerrar circuitos.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Protección frente a contactos eléctricos (aislamientos, puestas a tierra, dispositivos de corte por intensidad o tensión de defecto), protección contra sobreintensidades (fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (descargadores a tierra), señalización y delimitación.

* Protecciones individuales a utilizar:

- Las consideradas como medidas preventivas para trabajos en tensión

5.4.3 RIESGOS PARA M.T.

- Cercanías a instalaciones de M. T.
- Trabajos en tensión.
- Puesta en servicio en frío.
- Puesta en servicio en tensión

a) Factor de riesgo: Cercanía a instalaciones de media tensión:

Es el riesgo derivado de las líneas de media tensión para las personas cuando se encuentran en proximidad de estas instalaciones.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de personas a distinto nivel.
 - Caída de objetos.
 - Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
 - Choques y golpes.
 - Proyecciones.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Explosiones.
 - Incendios.
- Medidas preventivas
 - En proximidad de líneas subterráneas:
 - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1 m).
 - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
 - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
 - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
 - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
 - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos ...).
 - Puestas a tierra en buen estado:
 - Tratamiento químico del terreno si hay que reducir la resistencia de la toma de tierra.
 - Comprobación en el momento de su establecimiento y revisión cada seis años.
 - Terreno no favorable: descubrir cada nueve años.
 - Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos.

- Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.
- Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.
- Solicitar el Permiso de Trabajos con Riesgos Especiales.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Circuito de puesta a tierra, protección contra sobreintensidades (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos), protección contra sobretensiones (pararrayos), señalización y delimitación.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Guantes, casco y botas de seguridad.

b) Factor de riesgo: Trabajos en tensión.

Es el riesgo derivado de las operaciones llevadas a cabo en líneas Subterráneas de Media Tensión sin ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de objetos.
 - Cortes.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Electrocutación.
- Medidas preventivas
 - En proximidad de líneas subterráneas:
 - Solicitar el descargo de la línea en trabajos con herramientas y útiles manuales (distancia inferior a 0,5 m) o en operaciones con útiles mecánicos (distancia inferior a 1 m).
 - Si no es posible el descargo, eliminar los reenganches.
 - Manipulaciones de cables: con descargo solicitado y usando elementos aislantes adecuados al nivel de tensión.
 - Usar medios de protección adecuados (alfombras y guantes aislantes).
 - Medidas preventivas a adoptar por el Jefe de Trabajos: conocimiento de las instalaciones mediante planos, notificación de la proximidad de conductores en tensión, señalización de los cables, designación de vigilante de los trabajos y aislamiento selectivo de cables.
 - Cumplimiento de las disposiciones legales existentes (distancias, cruzamientos, paralelismos ...).
 - Protección frente a sobreintensidades: cortacircuitos fusibles e interruptores automáticos. Protección frente a sobretensiones: pararrayos y autoválvulas.
 - Notificación de Anomalías en las instalaciones siempre que se detecten.
 - En la fecha de inicio de los trabajos:
 - Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.

- Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc.) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria.
- Antes de comenzar a reanudar los trabajos:
 - Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la comprensión del mismo.
 - Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto estado y se verificará visualmente el estado de la instalación.
- Durante la realización del trabajo:
 - El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.
 - Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados.
- Al finalizar los trabajos:
 - El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos.
 - El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en condiciones normales de explotación.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales ...). Las propias de los trabajos a realizar. Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad, banqueta, alfombra aislante y guantes aislantes.

c) Factor de riesgo: Puesta en servicio en tensión.

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea subterránea de M.T. sin ausencia de tensión.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas al mismo nivel.
 - Caída de objetos.
 - Cortes.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Electrocutación.
- Medidas preventivas
 - Las correspondientes a trabajos en altura y trabajos en tensión.
 - En la fecha de inicio de los trabajos:
 - Supresión de los reenganches automáticos, si los tiene, y prohibición de la puesta en servicio de la instalación, en caso de desconexión, sin la previa conformidad del jefe de trabajo.

- Establecimiento de una comunicación con el lugar de trabajo o sitio próximo a él (radio, teléfono, etc.) que permita cualquier maniobra de urgencia que sea necesaria.
- Antes de comenzar a reanudar los trabajos:
 - Exposición, por parte del Jefe del Trabajo, a los operarios del Procedimiento de Ejecución, cerciorándose de la comprensión del mismo.
 - Se comprobará que todos los equipos y herramientas que sean necesarias existen y se encuentran en perfecto estado y se verificará visualmente el estado de la instalación.
- Durante la realización del trabajo:
 - El jefe del trabajo dirigirá y controlará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten a la seguridad de los mismos.
 - Si la naturaleza o amplitud de los trabajos no le permiten asegurar personalmente su vigilancia, debe asignar, para secundarle, a uno o más operarios habilitados.
- Al finalizar los trabajos:
 - El Jefe del Trabajo se asegurará de su buena ejecución y comunicará al Jefe de Explotación el fin de los mismos.
 - El Jefe de Explotación tomará las medidas necesarias para dejar la instalación en condiciones normales de explotación.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales ...). Detectores de ausencia de tensión. Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito. Las propias de los trabajos a realizar. Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad, banqueta, alfombra aislante y guantes aislantes.

d) Factor de riesgo: Puesta en servicio en ausencia de tensión.

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de una línea subterránea de M.T. habiéndose realizado previamente el descargo de la línea.

- Riesgos asociados (medida preventiva):
 - Caída de personas a distinto nivel.
 - Cortes.
 - Caída de objetos.
 - Desplomes.
 - Carga física.
 - Contactos eléctricos.
 - Arcos eléctricos.
 - Electrocutación.
- Medidas preventivas
 - Las correspondientes a trabajos en altura y trabajos en tensión.

- Apertura de los circuitos, a fin de separar todas las posibles fuentes de tensión que pudieran alimentar el cable en el cual se debe trabajar.
- Enclavamiento, en posición de apertura de los aparatos de corte y colocación de señalización en el mando de los aparatos de corte enclavados.
- Verificación de la ausencia de tensión y puesta en cortocircuito.
- Dichas operaciones se efectuarán sobre cada uno de los conductores de la canalización subterránea que atraviesa los límites de la zona protegida en los puntos de corte de la instalación en consignación o descargo, o en puntos lo más próximos posible a éstos.
 - Se determinarán los puntos de la canalización subterránea en los que deben colocarse la puesta en cortocircuito. Estos puntos constituirán los límites de la zona protegida.
 - Se verificará la ausencia de tensión en dichos puntos. Al efectuar dicha verificación, la canalización será considerada como si estuviera en tensión y se utilizará a dicho efecto un dispositivo apropiado. La verificación se efectuará en cada uno de los conductores.
 - Inmediatamente después de verificada la ausencia de tensión, se procederá a la puesta en cortocircuito. Dicha operación se efectuará para todos los conductores.
- Determinación de la zona protegida. La persona encargada de la consignación o descargo, mencionará explícitamente en el documento de consignación los límites de la zona protegida de la canalización en consignación o descargo.
- Colocación de pantallas protectoras. Cuando por la proximidad de otras instalaciones en tensión sea posible el contacto de los operarios con partes desnudas en tensión, se interpondrán pantallas aislantes apropiadas.
- Comprobación de las operaciones de identificación, señalización, puesta a tierra y en cortocircuito de los cables afectados.
- Definición de la zona de trabajo.
 - Localización e identificación del cable. Para la utilización de la pértiga sierra-cables o el picacables, es obligatorio la puesta a tierra de dichos elementos.
 - Reposición de la tensión después del trabajo.
- Después de la ejecución del trabajo, y antes de dar tensión a la instalación, deben efectuarse las operaciones siguientes:
 - En el lugar de trabajo:
 - Si el trabajo ha necesitado la participación de varias personas, el responsable del mismo las reunirá y notificará que se va a proceder a dar tensión.
 - Retirar las puestas en cortocircuito, si las hubiere.
 - En el lugar del corte:
 - Retirar el enclavamiento o bloqueo y/o señalización.
 - Cerrar circuitos.

*Protecciones colectivas a utilizar:

- Material de señalización y delimitación (Cinta delimitadora, señales...). Detectores de ausencia de tensión. Equipos de Puesta a tierra y en cortocircuito. Las propias de los trabajos a realizar.

*Protecciones individuales a utilizar:

- Casco, guantes y botas de seguridad.

5.5 BOTIQUÍN.

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.

5.6 CONCLUSIONES.

El presente Estudio Básico de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra que trata el presente Proyecto.

Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, las citadas obras.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

- La propia experiencia del operario/montador.
- Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.
- Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas

Expuestas en este proyecto las razones que justifican la necesidad de la instalación y sus características, se solicita la aprobación y autorización para su construcción y posterior puesta en funcionamiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barrero Gonzalez, F. "Sistemas de energía eléctrica" Ed Thomson. 2004.
- [2] Carmona Fernández, D. "Manual de instalaciones eléctricas". Ed.Abecedario. 2004
- [3] Narciso Moreno, R. "Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión". Ed. Paraninfo, 2004.
- [4] Colmenar Santos, A. Hernández Martín, J.L. "Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión: diseño, calculo, dirección, seguridad y montaje" Editorial Ra-Ma. 2007.
- [5] Suárez Creo, J.M. "Protección de Instalaciones y Redes Eléctricas". Ed.Andavira. 2011.
- [6] Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y actualizaciones 2010-2014-2015).
- [7] Guías Técnicas de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión(actualizada Septiembre 2015)
- [8] Iberdrola distribución eléctrica - "Manual técnico de distribución" Septiembre 2013
- [9] Guías, Cuadernos y Publicaciones Técnicas de Schneider.
- [10] Guías, Cuadernos y Publicaciones Técnicas de ABB.
- [11] UNESA: Guía técnica sobre cálculo, diseño y medida de instalaciones de puesta a tierra en redes de distribución 1989.
- [12] ABB [consulta: Junio 2017] Disponible en:
<http://www.abb.es/product/es/9AAC754143.aspx?country=ES>
- [13] Shneider electric [Consulta: Junio 2017]
Disponible en:
<https://www.schneider-electric.es/es/product-category/1600-protecciones-y-control/?filter=business-4-distribucion-electrica-en-baja-tension>

PROGRAMAS UTILIZADOS

- DMELECT versión 2013.
- Autocad versión 2017.
- Paquete Microsoft office versión 2010.

7. PLANOS

ÍNDICE

Plano 0 – EMPLAZAMIENTO.

Plano 1 - VISTA GENERAL DEL CDT.

Plano 2 – ALZADO DEL CDT.

Plano 3 - PUESTA A TIERRA EL CDT.

Plano 4 – CELDAS DE MT DEL CDT.

Plano 5 – ESQUEMA UNIFILAR B.T.

Plano 6 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 1.

Plano 7 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 2.

Plano 8 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 3.

Plano 9 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 4.

Plano 10 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 5.

Plano 11 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 6.

Plano 12 - ESQUEMA UNIFILAR B.T. 7.



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO:

**DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE
UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN**

FECHA:

JUNIO - 2017

PLANO:

EMPLAZAMIENTO

Nº PLANO:

0

ESCALA:

1:2000

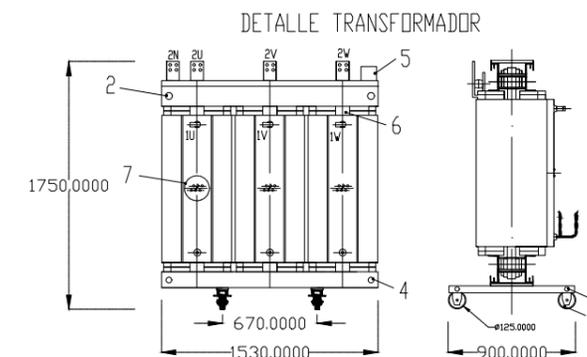
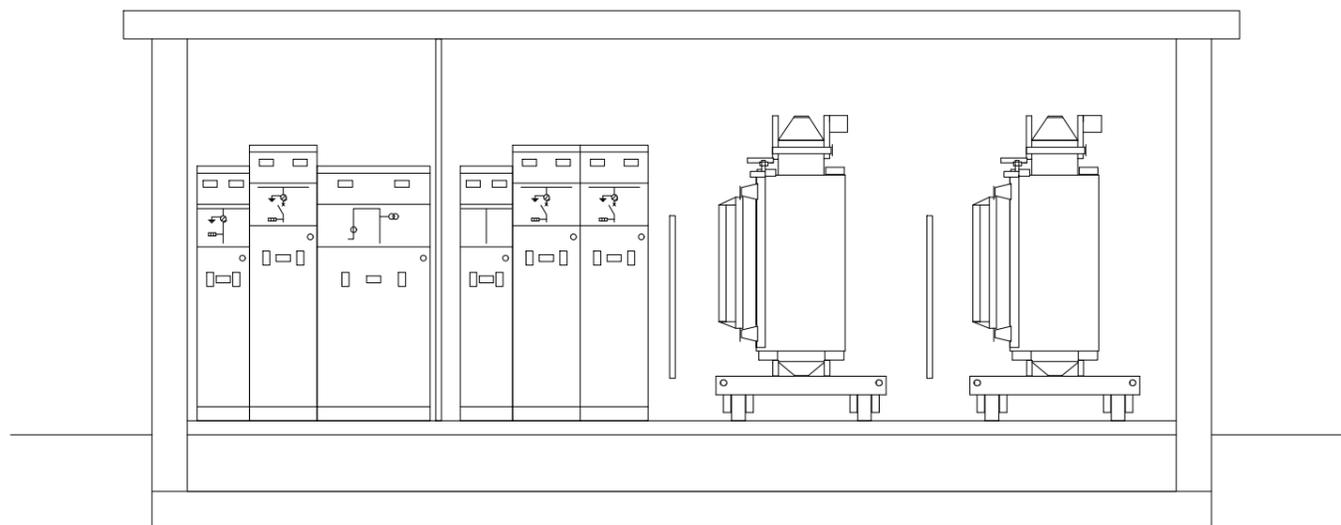
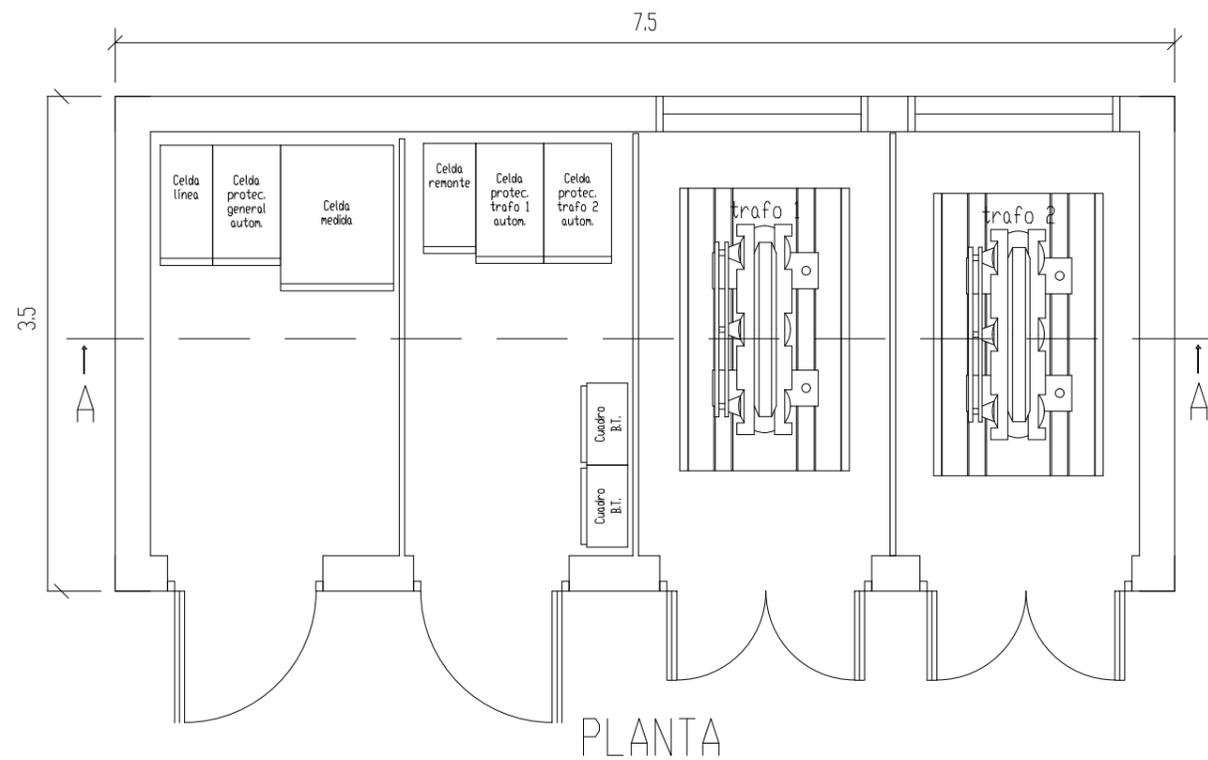
FIRMA:

EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en Ingeniería Industrial
Convocatoria: Junio 2017

Fdo: Sergio Morato Arribas



1. Ruedas bi-direccionales
2. Anillas de elevación
3. Anillas de arrastre
4. Tomas de tierra
5. Placa de características
6. Sensor de control de temperatura
7. Conmutador en vacío

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
1:50

FECHA:
JUNIO - 2017

PLANO:
VISTA GENERAL DEL CDT

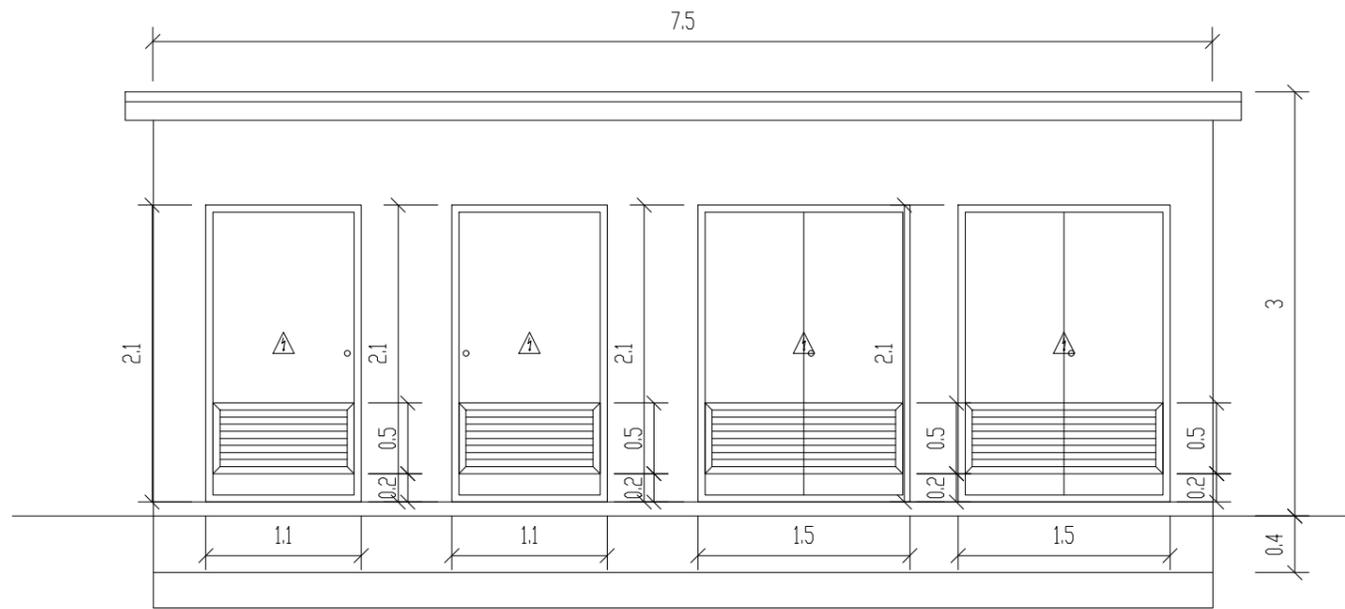
Nº PLANO:
1

FIRMA:
 EL ALUMNO:

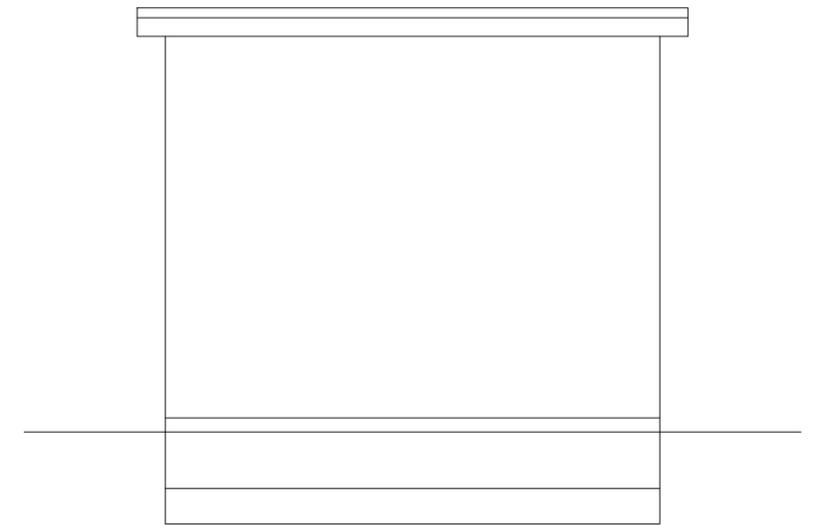
TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017

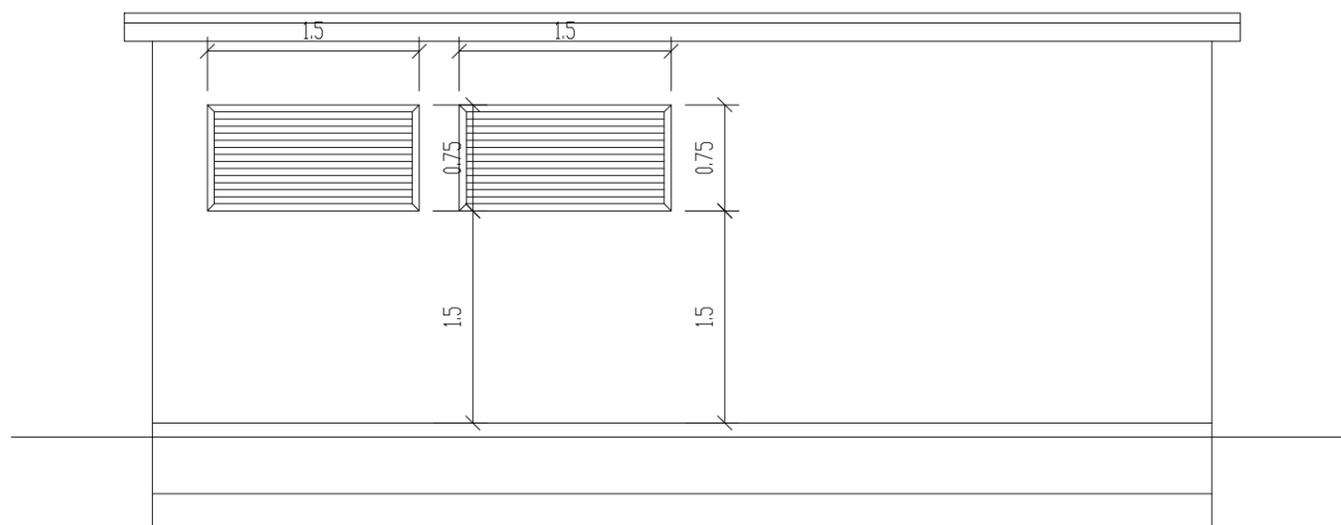
Fdo: Sergio Morato Arribas



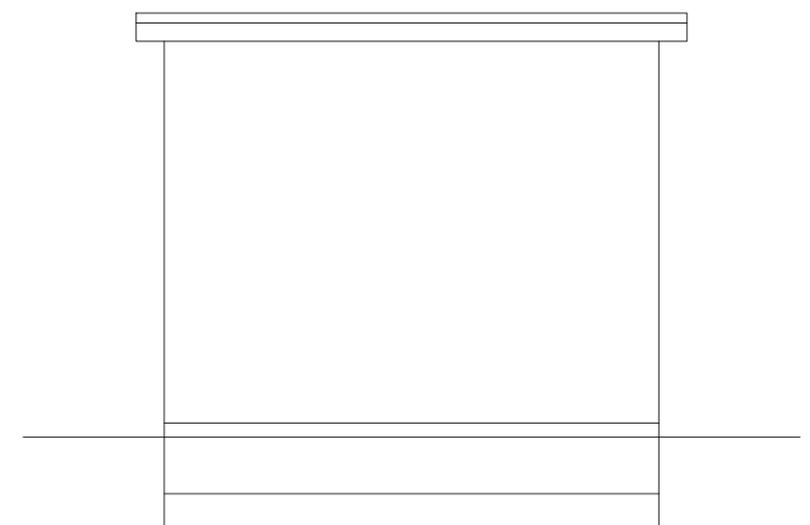
ALZADO FRONTAL



ALZADO LATERAL DERECHO



ALZADO POSTERIOR



ALZADO LATERAL IZQUIERDO

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE
 UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
1:50

FECHA:
 JUNIO - 2017

PLANO:
ALZADO DEL CDT

Nº PLANO:
2

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas

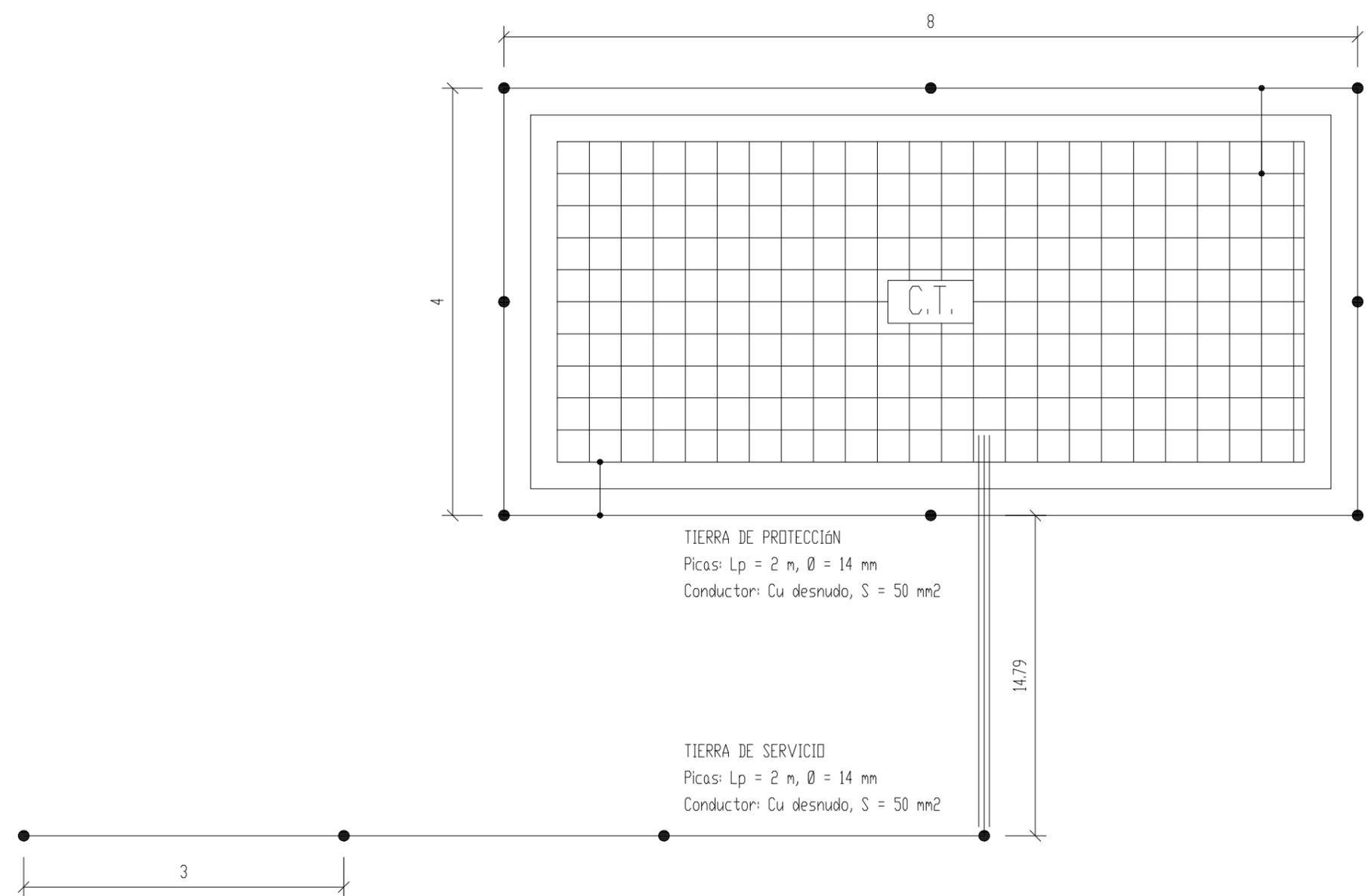
PUESTAS A TIERRA

TIERRA DE PROTECCIÓN
 Configuración: 80-40/5/82
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Número de picas: 8
 Longitud picas: 2

NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

TIERRA DE SERVICIO
 Configuración: 5/42.
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Separación picas: 3 m
 4 picas en hilera unidas por conductor horizontal
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm² en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)



TIERRA DE PROTECCIÓN
 Picas: Lp = 2 m, Ø = 14 mm
 Conductor: Cu desnudo, S = 50 mm²

TIERRA DE SERVICIO
 Picas: Lp = 2 m, Ø = 14 mm
 Conductor: Cu desnudo, S = 50 mm²

TITULO PROYECTO:
 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE
 UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
1:50

FECHA:
 JUNIO - 2017

PLANO:
PUESTA A TIERRA EL CDT

Nº PLANO:
3

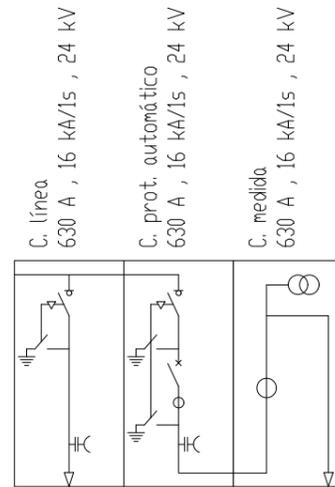
FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

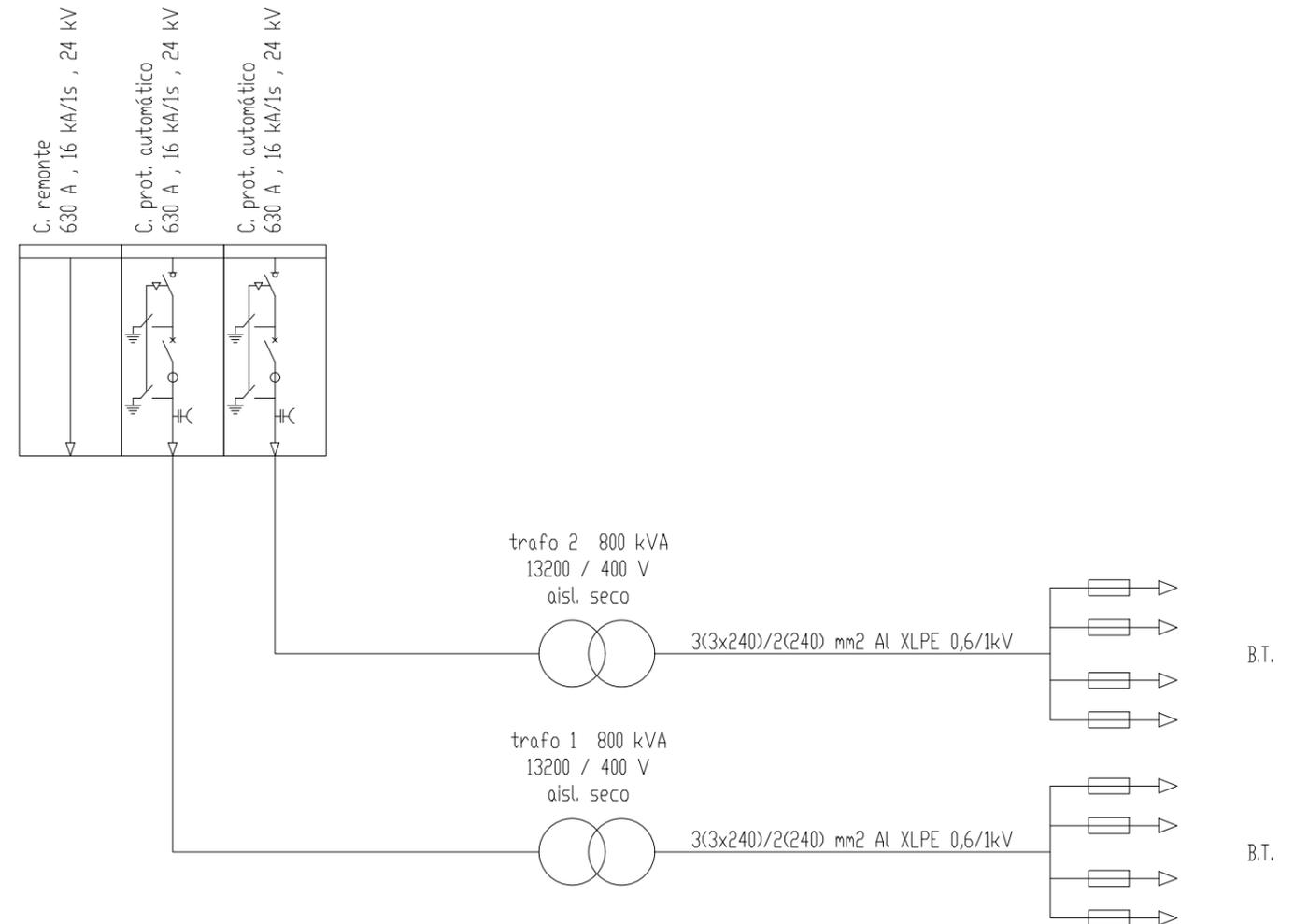
Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas

ESQUEMA UNIFILAR

COMPAÑIA

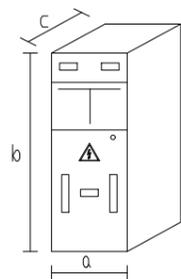


ABONADO



DIMENSIONES CELDAS

Tipo celda	a(m)	b(m)	c(m)
Línea	0.37	1.8	0.85
Prot. automático	0.48	1.95	0.85
Medida	0.8	1.8	1.03
Remonte	0.37	1.8	0.78
Prot. automático	0.48	1.95	0.85
Prot. automático	0.48	1.95	0.85



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
1:50

FECHA:
JUNIO - 2017

PLANO:
CELDA DE MT DEL CDT

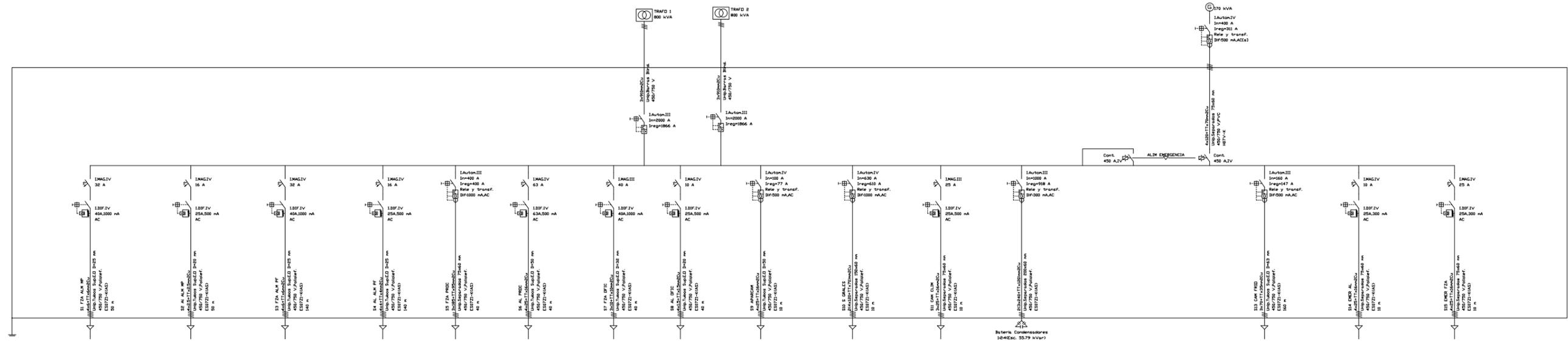
Nº PLANO:
4

FIRMA:
EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
Convocatoria: Junio 2017

Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
s/e

FECHA:
JUNIO - 2017

PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T

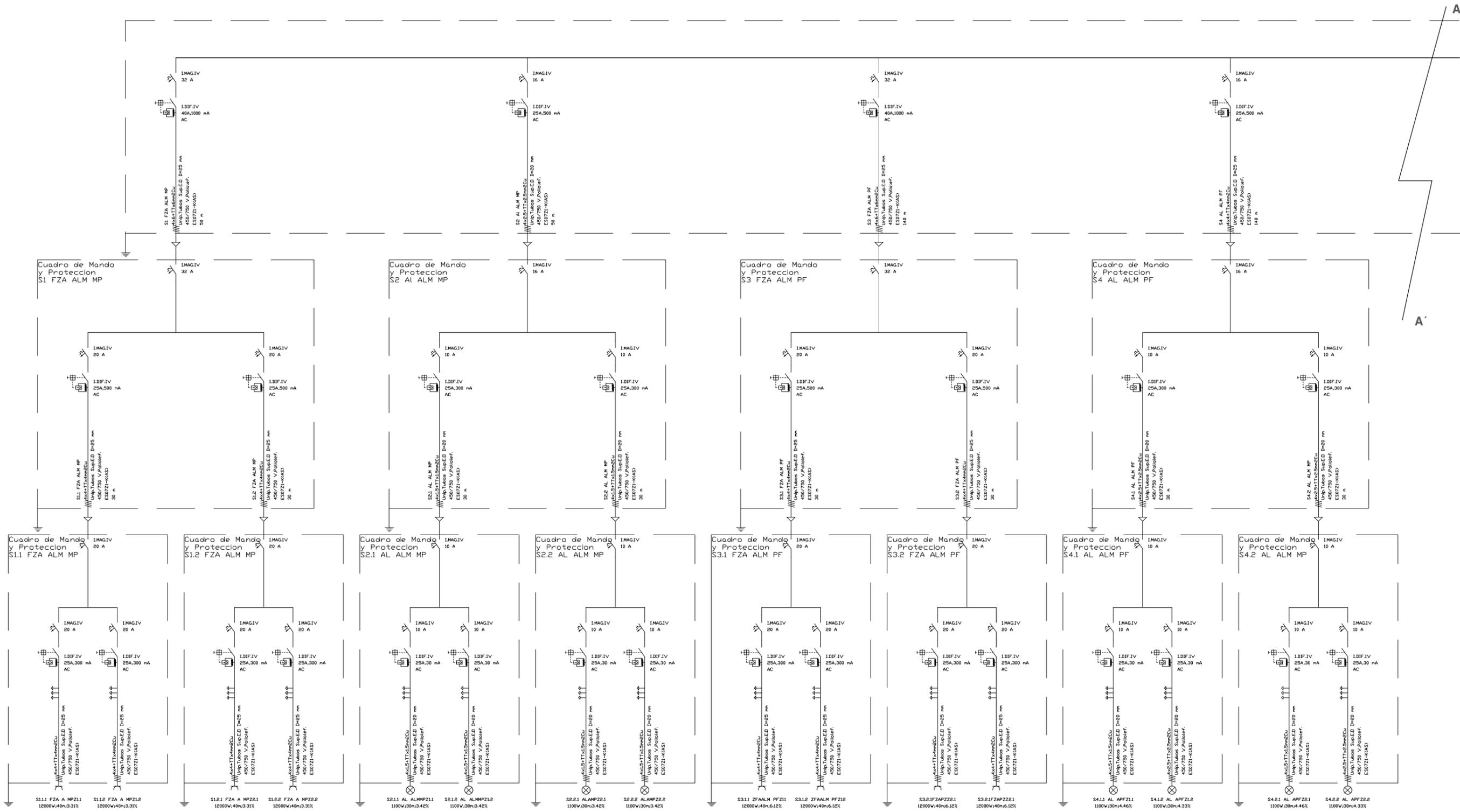
Nº PLANO:
5

FIRMA:
 EL ALUMNO:

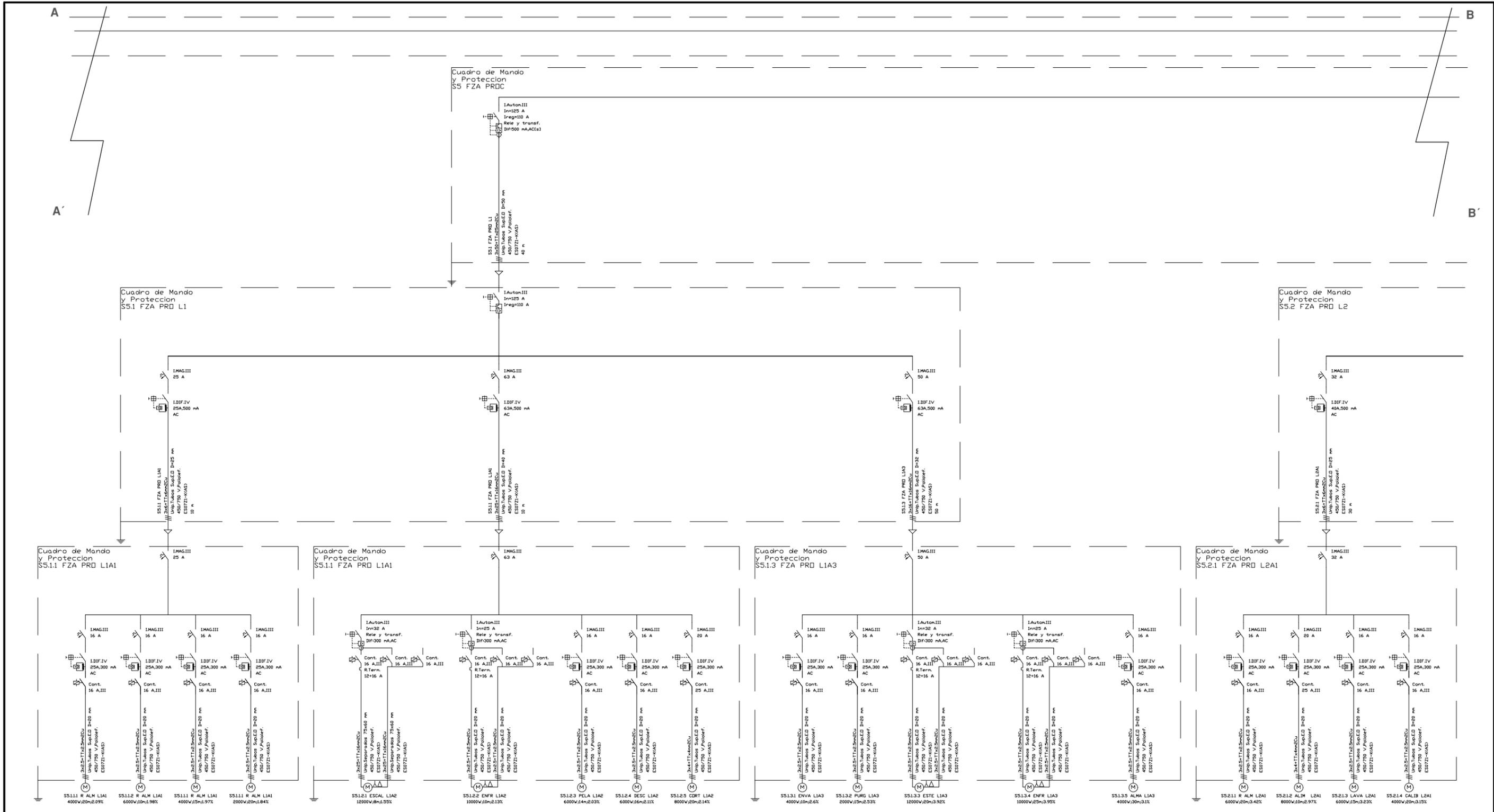
TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017

Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN		ESCALA: s/e
FECHA: JUNIO - 2017	PLANO: ESQUEMA UNIFILAR B.T.1	Nº PLANO: 6
TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS		FIRMA: EL ALUMNO: Master en ingeniería Industrial Convocatoria: Junio 2017 Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
s/e

FECHA:
 JUNIO - 2017

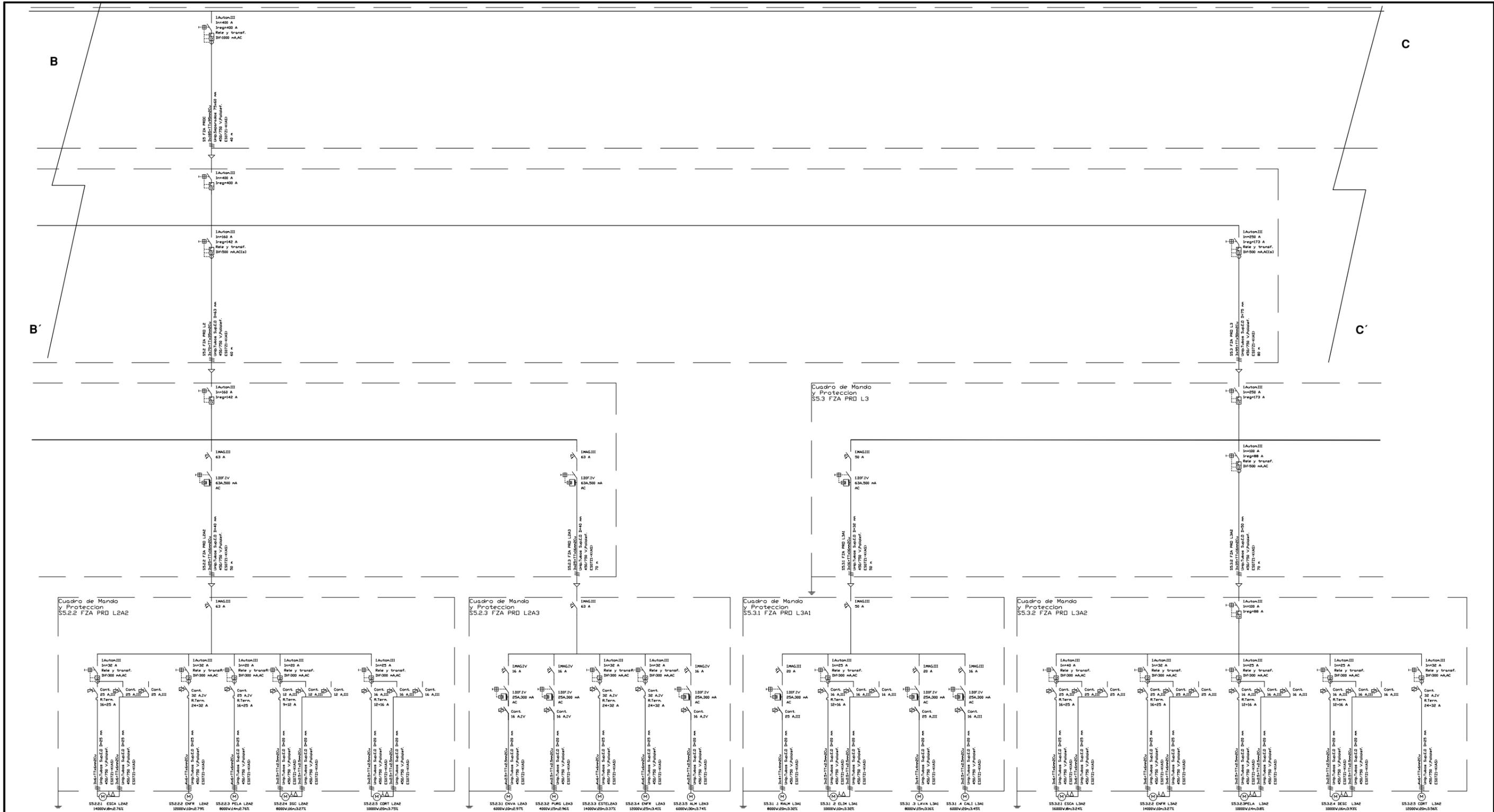
PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.2

Nº PLANO:
7

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
s/e

FECHA:
JUNIO - 2017

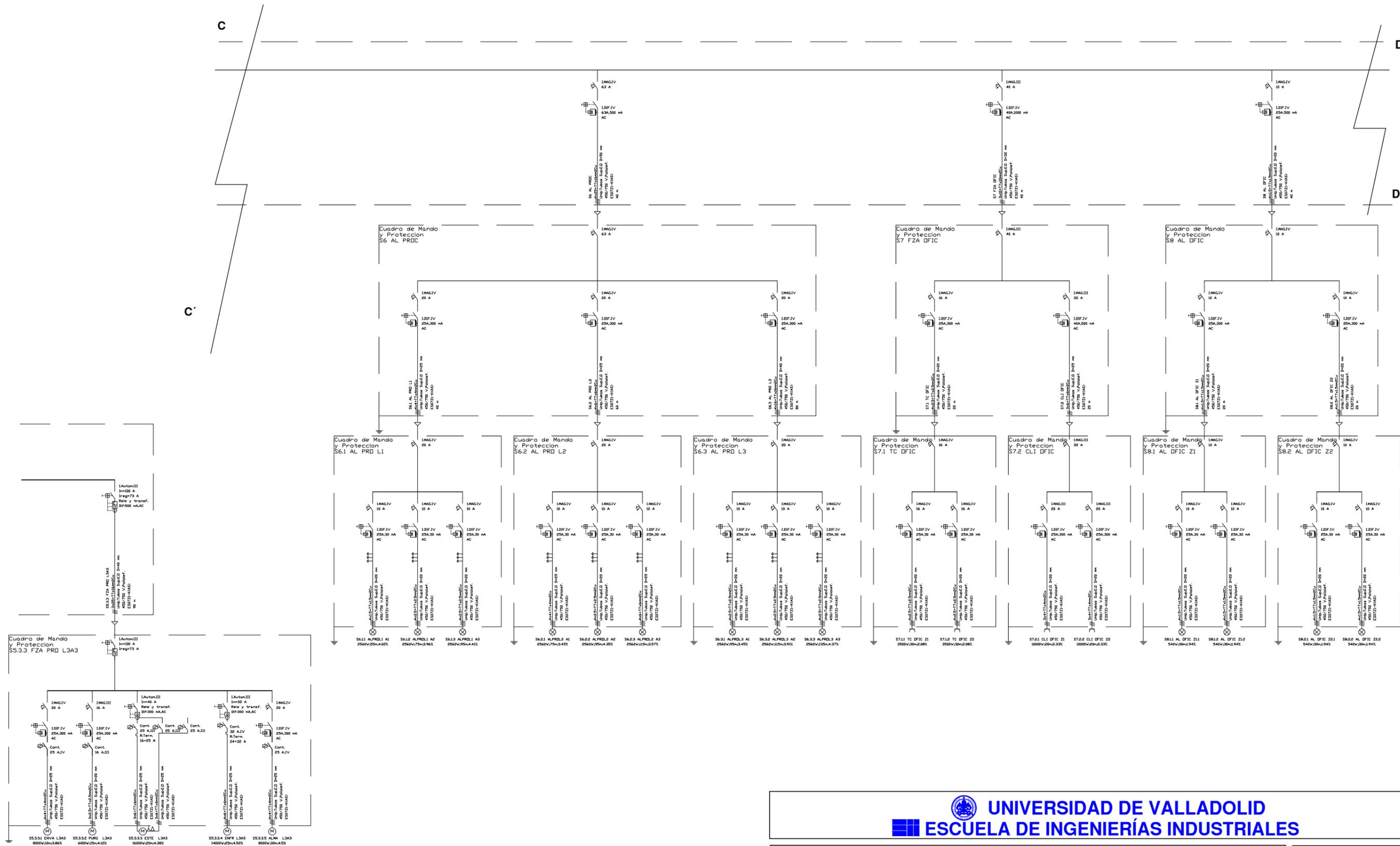
PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.3

Nº PLANO:
8

FIRMA:
EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
s/e

FECHA:
JUNIO - 2017

PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.4

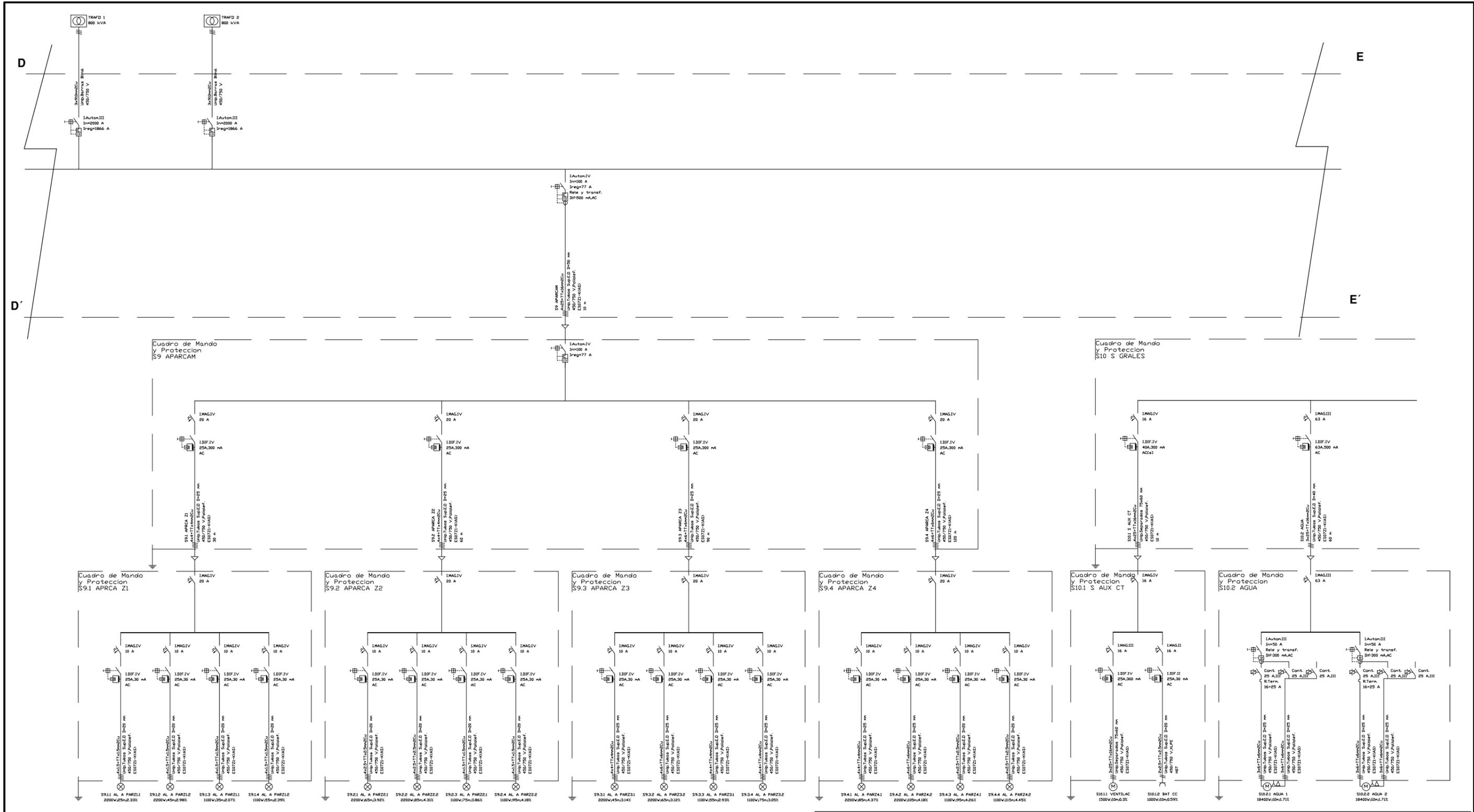
Nº PLANO:
9

FIRMA:
EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017

Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE
 UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
 s/e

FECHA:
 JUNIO - 2017

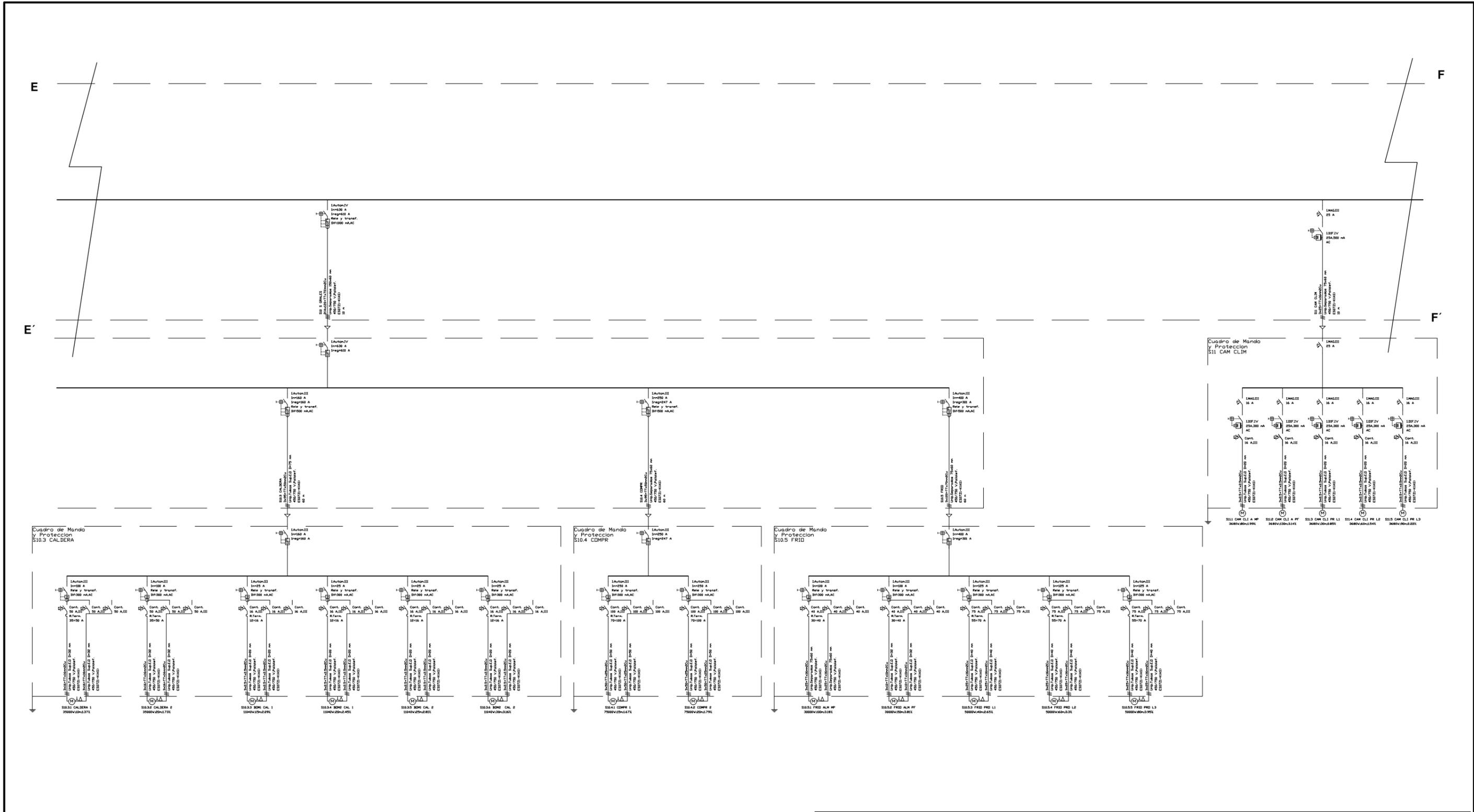
PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.5

Nº PLANO:
10

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE
 UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
 s/e

FECHA:
 JUNIO - 2017

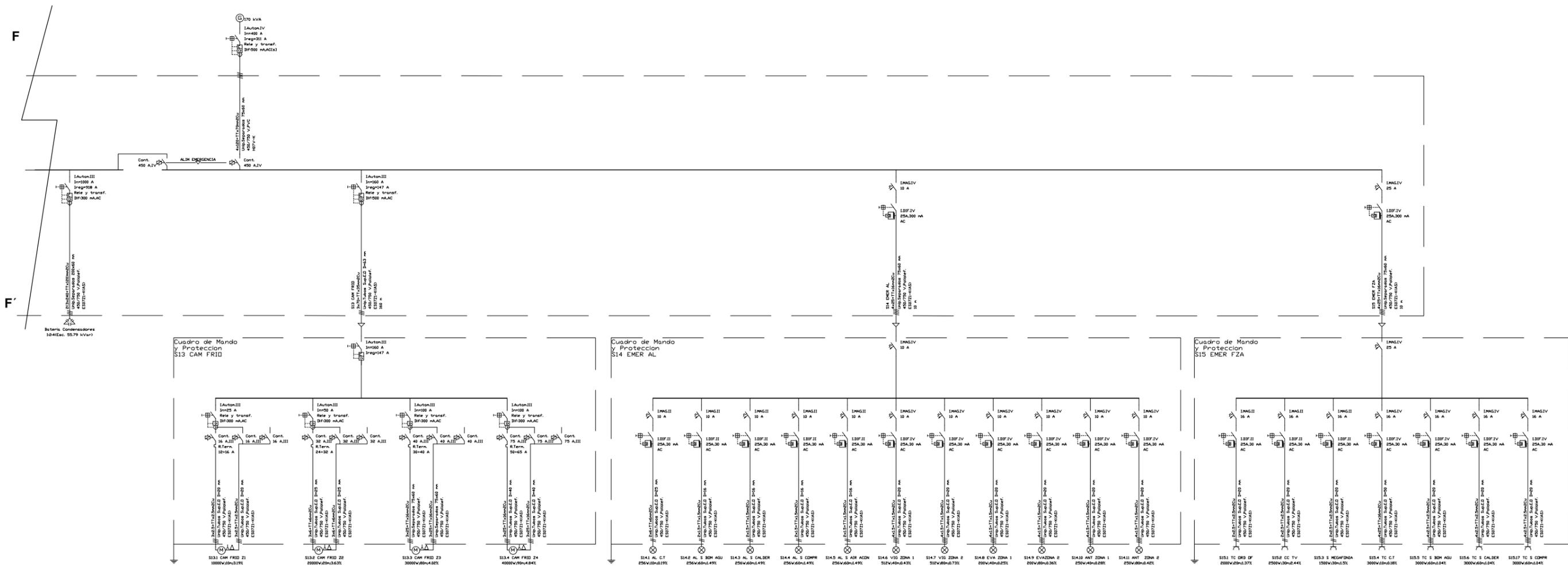
PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.6

Nº PLANO:
11

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas



TITULO PROYECTO:
DISÑO Y CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN MT Y BT DE UNA INDUSTRIA DEL SECTOR DE LA ALIMENTACIÓN

ESCALA:
s/e

FECHA:
JUNIO - 2017

PLANO:
ESQUEMA UNIFILAR B.T.7

Nº PLANO:
12

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR: MANUEL MUÑOZ CANO
ALUMNO: SERGIO MORATO ARRIBAS

Master en ingeniería Industrial
 Convocatoria: Junio 2017
 Fdo: Sergio Morato Arribas

8. ANEXO

ANEXO: RESULTADOS INSTALACIÓN DE BT.

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Cuadro General de Mando y Protección

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones (mm) Tubo,Canal,Band.
TRAFO 1	1152000	4	3x910Cu	1732.1	2000	0.1	0.1	
TRAFO 2	1152000	4	3x910Cu	1732.1	2000	0.1	0.1	
ALIM EMERGENCIA	170000	60	4x120+TTx70Cu	306.73	315	0.91	0.91	75x60
S1 FZA ALM MP	14400	50	4x6+TTx6Cu	25.98	32	1.56	1.66	25
S2 AI ALM MP	7920	50	4x2.5+TTx2.5Cu	12.03	18.5	2.01	2.11	20
S3 FZA ALM PF	14400	140	4x6+TTx6Cu	25.98	32	4.37	4.47	25
S4 AL ALM PF	7920	140	4x4+TTx4Cu	12.03	24	3.46	3.56	25
S5 FZA PROC	216400.02	40	3x185+TTx95Cu	390.44	417.5	0.62	0.72	75x60
S6 AL PROC	41472	40	4x25+TTx16Cu	59.86	77	0.86	0.96	50
S7 FZA OFIC	18900	40	3x10+TTx10Cu	34.1	44	0.98	1.08	32
S8 AL OFIC	3888	40	4x1.5+TTx1.5Cu	5.61	13.5	1.28	1.38	20
S9 APARCAM	47520	10	4x25+TTx16Cu	76.21	77	0.26	0.36	50
S10 S GRALES	326826	10	2(4x120+TTx70)Cu	589.68	630	0.18	0.28	150x60
S11 CAM CLIM	13800	10	3x25+TTx16Cu	24.9	113	0.07	0.17	75x60
Bateria Condensadores	1190464	8	2(3x240+TTx120)Cu	845.62	990	0.09	0.19	200x60
S13 CAM FRIO	80000	160	3x70+TTx35Cu	144.34	149	2.45	2.55	63
S14 EMER AL	5767.2	10	4x25+TTx16Cu	8.32	113	0.03	0.13	75x60
S15 EMER FZA	12600	10	4x25+TTx16Cu	20.21	113	0.06	0.16	75x60

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S1 FZA ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S1.1 FZA ALM MP	7200	30	4x4+TTx4Cu	12.99	24	0.68	2.34	25
S1.2 FZA ALM MP	7200	30	4x4+TTx4Cu	12.99	24	0.68	2.34	25

Subcuadro S1.1 FZA ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S1.1.1 FZA A MPZ1.1	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	3.31	25
S1.1.2 FZA A MPZ1.2	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	3.31	25

Subcuadro S1.2 FZA ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S1.2.1 FZA A MPZ2.1	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	3.31	25
S1.2.2 FZA A MPZ2.2	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	3.31	25

Subcuadro S2 AI ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S2.1 AL ALM MP	3960	30	4x1.5+TTx1.5Cu	6.02	13.5	0.98	3.09	20
S2.2 AL ALM MP	3960	30	4x1.5+TTx1.5Cu	6.02	13.5	0.98	3.09	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S2.1 AL ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S2.1.1 AL ALMMPZ1.1	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	3.42	20
S2.1.2 AL ALMMPZ1.2	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	3.42	20

Subcuadro S2.2 AL ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S2.2.1 ALAMPZ2.1	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	3.42	20
S2.2.2 ALAMPZ2.2	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	3.42	20

Subcuadro S3 FZA ALM PF

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S3.1 FZA ALM PF	7200	30	4x4+TTx4Cu	12.99	24	0.68	5.15	25
S3.2 FZA ALM PF	7200	30	4x4+TTx4Cu	12.99	24	0.68	5.15	25

Subcuadro S3.1 FZA ALM PF

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S3.1.1 ZFAALM PFZ11	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	6.12	25
S3.1.2 ZFAALM PFZ12	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	6.12	25

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S3.2 FZA ALM PF

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S3.2.1FZAPZZ2.1	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	6.12	25
S3.2.1FZAPZZ2.1	12000	40	4x4+TTx4Cu	19.25	24	0.97	6.12	25

Subcuadro S4 AL ALM PF

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S4.1 AL ALM PF	3960	30	4x2.5+TTx2.5Cu	6.02	18.5	0.58	4.14	20
S4.2 AL ALM MP	3960	30	4x2.5+TTx2.5Cu	6.02	18.5	0.58	4.14	20

Subcuadro S4.1 AL ALM PF

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S4.1.1 AL APFZ1.1	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	4.46	20
S4.1.2 AL APFZ1.2	1980	30	4x2.5+TTx2.5Cu	2.86	18.5	0.19	4.33	20

Subcuadro S4.2 AL ALM MP

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S4.2.1 AL APFZ2.1	1980	30	4x1.5+TTx1.5Cu	2.86	13.5	0.32	4.46	20
S4.2.2 AL APFZ2.2	1980	30	4x2.5+TTx2.5Cu	2.86	18.5	0.19	4.33	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5 FZA PROC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1 FZA PRO L1	57000	40	3x50+TTx25Cu	102.84	117	0.6	1.32	50
S5.2 FZA PRO L2	74300	60	3x70+TTx35Cu	134.06	149	0.84	1.57	63
S5.3 FZA PRO L3	91600	80	3x95+TTx50Cu	165.27	180	1.02	1.75	75

Subcuadro S5.1 FZA PRO L1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1.1 FZA PRO L1A1	12700	10	3x6+TTx6Cu	22.91	32	0.27	1.6	25
S5.1.1 FZA PRO L1A1	32400	10	3x25+TTx16Cu	58.46	77	0.17	1.49	40
S5.1.3 FZA PRO L1A3	25400	50	3x16+TTx16Cu	45.83	59	1.03	2.35	32

Subcuadro S5.1.1 FZA PRO L1A1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1.1.1 R ALM L1A1	5000	20	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.5	2.09	20
S5.1.1.2 R ALM L1A1	7500	10	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.39	1.98	20
S5.1.1.1 R ALM L1A1	5000	15	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.37	1.97	20
S5.1.1.1 R ALM L1A1	2500	20	3x2.5+TTx2.5Cu	4.51	18.5	0.24	1.84	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5.1.1 FZA PRO L1A1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1.2.1 ESCAL L1A2	15000	8	3x25+TTx16Cu	27.06 15.63	113	0.06	1.55	75x60
S5.1.2.2 ENFR L1A2	12500	10	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	0.64	2.13	20
S5.1.2.3 PELA L1A2	7500	14	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.54	2.03	20
S5.1.2.4 DESC L1A2	7500	16	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.62	2.11	20
S5.1.2.5 CORT L1A2	10000	20	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.64	2.14	20

Subcuadro S5.1.3 FZA PRO L1A3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.1.3.1 ENVA L1A3	5000	10	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.25	2.6	20
S5.1.3.2 PURG L1A3	2500	15	3x2.5+TTx2.5Cu	4.51	18.5	0.18	2.53	20
S5.1.3.3 ESTE L1A3	15000	20	3x2.5+TTx2.5Cu	27.06 15.63	18.5	1.57	3.92	20
S5.1.3.4 ENFR L1A3	12500	25	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	1.6	3.95	20
S5.1.3.5 ALMA L1A3	5000	30	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.75	3.1	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5.2 FZA PRO L2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.2.1 FZA PRO L2A1	16400	30	3x6+TTx6Cu	29.59	32	1.09	2.65	25
S5.2.2 FZA PRO L2A2	34700	50	3x25+TTx16Cu	62.61	77	0.9	2.47	40
S5.2.3 FZA PRO L2A3	28700	70	3x25+TTx16Cu	51.78	77	1.02	2.59	40

Subcuadro S5.2.1 FZA PRO L2A1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.2.1.1 R ALM L2A1	7500	20	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.77	3.42	20
S5.2.1.2 ALIM L2A1	10000	10	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.32	2.97	20
S5.2.1.3 LAVA L2A1	7500	15	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.58	3.23	20
S5.2.1.4 CALIB L2A1	5000	20	3x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.5	3.15	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5.2.2 FZA PRO L2A2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.2.2.1 ESCA L2A2	17500	8	3x6+TTx6Cu	31.57 18.23	32	0.29	2.76	25
S5.2.2.2 ENFR L2A2	15000	10	4x6+TTx6Cu	27.06	32	0.33	2.79	25
S5.2.2.3 PELA L2A2	10000	14	4x6+TTx6Cu	18.04	32	0.29	2.76	25
S5.2.2.4 DSC L2A2	10000	16	3x2.5+TTx2.5Cu	18.04 10.42	18.5	0.8	3.27	20
S5.2.2.5 CORT L2A2	12500	20	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	1.28	3.75	20

Subcuadro S5.2.3 FZA PRO L2A3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.2.3.1 ENVA L2A3	7500	10	4x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.39	2.97	20
S5.2.3.2 PURG L2A3	5000	15	4x2.5+TTx2.5Cu	9.02	18.5	0.37	2.96	20
S5.2.3.3 ESTEL2A3	17500	20	4x6+TTx6Cu	31.57	32	0.78	3.37	25
S5.2.3.4 ENFR L2A3	15000	25	4x6+TTx6Cu	27.06	32	0.82	3.41	25
S5.2.3.5 ALM L2A3	7500	30	4x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	1.16	3.74	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5.3 FZA PRO L3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.3.1 FZA PRO L3A1	23300	50	3x16+TTx16Cu	42.04	59	0.93	2.68	32
S5.3.2 FZA PRO L3A2	44300	70	3x35+TTx16Cu	79.93	96	1.16	2.9	50
S5.3.3 FZA PRO L3A3	37800	90	3x25+TTx16Cu	68.2	77	1.79	3.54	40

Subcuadro S5.3.1 FZA PRO L3A1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.3.1 .1 RALM L3A1	10000	20	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.64	3.32	20
S5.3.1 .2 ELIM L3A1	12500	10	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	0.64	3.32	20
S5.3.1 .3 LAVA L3A1	10000	15	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.48	3.16	20
S5.3.1 .4 CALI L3A1	7500	20	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.77	3.45	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S5.3.2 FZA PRO L3A2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.3.2.1 ESCA L3A2	20000	8	3x6+TTx6Cu	36.09 20.83	32	0.34	3.24	25
S5.3.2.2 ENFR L3A2	17500	10	3x6+TTx6Cu	31.57 18.23	32	0.37	3.27	25
S5.3.2.3PELA L3A2	12500	14	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	0.9	3.8	20
S5.3.2.4 DESC L3A2	12500	16	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	1.02	3.93	20
S5.3.2.5 CORT L3A2	15000	20	4x6+TTx6Cu	27.06	32	0.65	3.56	25

Subcuadro S5.3.3 FZA PRO L3A3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S5.3.3.1 ENVA L3A3	10000	10	4x4+TTx4Cu	18.04	24	0.32	3.86	25
S5.3.3.2 PURG L3A3	7500	15	3x2.5+TTx2.5Cu	13.53	18.5	0.58	4.12	20
S5.3.3.3 ESTE L3A3	20000	20	3x6+TTx6Cu	36.09 20.83	32	0.85	4.38	25
S5.3.3.4 ENFR L3A3	17500	25	4x6+TTx6Cu	31.57	32	0.98	4.52	25
S5.3.3.5 ALMA L3A3	10000	30	4x4+TTx4Cu	18.04	24	0.97	4.5	25

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S6 AL PROC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S6.1 AL PRO L1	13824	40	4x4+TTx4Cu	19.95	24	1.8	2.76	25
S6.2 AL PRO L2	13824	60	4x6+TTx6Cu	19.95	32	1.75	2.71	25
S6.3 AL PRO L3	13824	80	4x16+TTx16Cu	19.95	59	0.85	1.81	40

Subcuadro S6.1 AL PRO L1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S6.1.1 ALPROL1 A1	4608	55	4x1.5+TTx1.5Cu	7.39	13.5	1.25	4.02	20
S6.1.2 ALPROL1 A2	4608	75	4x2.5+TTx2.5Cu	7.39	18.5	1.19	3.96	20
S6.1.3 ALPROL1 A3	4608	95	4x2.5+TTx2.5Cu	7.39	18.5	1.65	4.41	20

Subcuadro S6.2 AL PRO L2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S6.2.1 ALPROL2 A1	4608	75	4x4+TTx4Cu	7.39	24	0.74	3.45	25
S6.2.2 ALPROL2 A2	4608	95	4x2.5+TTx2.5Cu	6.65	18.5	1.64	4.35	20
S6.2.3 ALPROL2 A3	4608	115	4x6+TTx6Cu	6.65	32	0.87	3.57	25

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S6.3 AL PRO L3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S6.3.1 ALPROL3 A1	4608	95	4x2.5+TTx2.5Cu	6.65	18.5	1.64	3.45	20
S6.3.2 ALPROL3 A2	4608	115	4x2.5+TTx2.5Cu	6.65	18.5	2.1	3.91	20
S6.3.3 ALPROL3 A3	4608	135	4x2.5+TTx2.5Cu	7.39	18.5	2.56	4.37	20

Subcuadro S7 FZA OFIC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S7.1 TC OFIC	4900	20	4x2.5+TTx2.5Cu	7.86	18.5	0.48	1.56	20
S7.2 CLI OFIC	14000	20	3x6+TTx6Cu	25.26	32	0.6	1.68	25

Subcuadro S7.1 TC OFIC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S7.1.1 TC OFIC Z1	3500	30	4x2.5+TTx2.5Cu	5.61	18.5	0.51	2.08	20
S7.1.2 TC OFIC Z2	3500	30	4x2.5+TTx2.5Cu	5.61	18.5	0.51	2.08	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S7.2 CLI OFIC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S7.2.1 CLI OFIC Z1	10000	20	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.64	2.33	20
S7.2.2 CLI OFIC Z2	10000	20	3x4+TTx4Cu	18.04	24	0.64	2.33	20

Subcuadro S8 AL OFIC

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S8.1 AL OFIC Z1	1944	20	4x1.5+TTx1.5Cu	2.81	13.5	0.32	1.7	20
S8.2 AL OFIC Z2	1944	20	4x1.5+TTx1.5Cu	2.81	13.5	0.32	1.7	20

Subcuadro S8.1 AL OFIC Z1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S8.1.1 AL OFIC Z1.1	972	30	4x1.5+TTx1.5Cu	1.4	13.5	0.24	1.94	20
S8.1.2 AL OFIC Z1.2	972	30	4x1.5+TTx1.5Cu	1.4	13.5	0.24	1.94	20

Subcuadro S8.2 AL OFIC Z2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S8.2.1 AL OFIC Z2.1	972	30	4x1.5+TTx1.5Cu	1.4	13.5	0.24	1.94	20
S8.2.2 AL OFIC Z2.2	972	30	4x1.5+TTx1.5Cu	1.4	13.5	0.24	1.94	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S9 APARCAM

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S9.1 APRCA Z1	11880	30	4x4+TTx4Cu	18.05	24	1.15	1.51	25
S9.2 APARCA Z2	11880	60	4x4+TTx4Cu	18.05	24	2.3	2.65	25
S9.3 APARCA Z3	11880	90	4x6+TTx6Cu	18.05	32	2.24	2.59	25
S9.4 APARCA Z4	11880	120	4x6+TTx6Cu	18.05	32	2.98	3.34	25

Subcuadro S9.1 APRCA Z1

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S9.1.1 AL A PARZ1.1	3960	25	4x1.5+TTx1.5Cu	6.35	13.5	0.82	2.33	20
S9.1.2 AL A PARZ1.2	3960	45	4x1.5+TTx1.5Cu	6.35	13.5	1.48	2.98	20
S9.1.3 AL A PARZ1.1	1980	35	4x1.5+TTx1.5Cu	3.18	13.5	0.56	2.07	20
S9.1.4 AL A PARZ1.2	1980	55	4x1.5+TTx1.5Cu	3.18	13.5	0.89	2.39	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S9.2 APARCA Z2

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S9.2.1 AL A PARZ2.1	3960	65	4x2.5+TTx2.5Cu	6.35	18.5	1.27	3.92	20
S9.2.2 AL A PARZ2.2	3960	85	4x2.5+TTx2.5Cu	6.35	18.5	1.65	4.31	20
S9.2.3 AL A PARZ2.1	1980	75	4x1.5+TTx1.5Cu	3.18	13.5	1.21	3.86	20
S9.2.4 AL A PARZ2.2	1980	95	4x1.5+TTx1.5Cu	3.18	13.5	1.53	4.18	20

Subcuadro S9.3 APARCA Z3

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S9.3.1 AL A PARZ3.1	3960	45	4x4+TTx4Cu	6.35	24	0.54	3.14	25
S9.3.2 AL A PARZ3.2	3960	65	4x6+TTx6Cu	6.35	32	0.52	3.12	25
S9.3.3 AL A PARZ3.1	1980	55	4x4+TTx4Cu	3.18	24	0.33	2.93	25
S9.3.4 AL A PARZ3.2	1980	75	4x4+TTx4Cu	3.18	24	0.45	3.05	25

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S9.4 APARCA Z4

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S9.4.1 AL A PARZ4.1	3960	85	4x4+TTx4Cu	6.35	24	1.03	4.37	25
S9.4.2 AL A PARZ4.2	3960	105	4x6+TTx6Cu	6.35	32	0.84	4.18	25
S9.4.3 AL A PARZ4.1	1980	95	4x2.5+TTx2.5Cu	3.18	18.5	0.92	4.26	20
S9.4.4 AL A PARZ4.2	1980	115	4x2.5+TTx2.5Cu	3.18	18.5	1.11	4.45	20

Subcuadro S10 S GRALES

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.1 S AUX CT	2125	10	4x25+TTx16Cu	3.61	113	0.01	0.29	75x60
S10.2 AGUA	30360	60	3x25+TTx16Cu	54.78	77	0.93	1.22	40
S10.3 CALDERA	88662	60	3x95+TTx50Cu	159.97	180	0.74	1.02	75
S10.4 COMPR	123750	60	3x95+TTx50Cu	223.28	270.5	1.02	1.3	75x60
S10.5 FRIO	159500	60	3x120+TTx70Cu	287.78	315	1.06	1.34	75x60

Subcuadro S10.1 S AUX CT

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.1.1 VENTILAC	1875	10	3x25+TTx16Cu	3.38	113	0.01	0.3	75x60
S10.1.2 BAT CC	1000	10	2x2.5+TTx2.5Cu	4.83	26.5	0.3	0.59	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S10.2 AGUA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.2.1 AGUA 1	23000	10	3x6+TTx6Cu	41.5 23.96	32	0.49	1.71	25
S10.2.2 AGUA 2	23000	10	3x6+TTx6Cu	41.5 23.96	32	0.49	1.71	25

Subcuadro S10.3 CALDERA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.3.1 CALDERA 1	43750	10	3x16+TTx16Cu	78.94 45.58	59	0.35	1.37	32
S10.3.2 CALDERA 2	43750	20	3x16+TTx16Cu	78.94 45.58	59	0.71	1.73	32
S10.3.3 BOM1 CAL 1	13800	15	3x2.5+TTx2.5Cu	24.9 14.38	18.5	1.07	2.09	20
S10.3.4 BOM2 CAL 1	13800	20	3x2.5+TTx2.5Cu	24.9 14.38	18.5	1.43	2.45	20
S10.3.5 BOM1 CAL 2	13800	25	3x2.5+TTx2.5Cu	24.9 14.38	18.5	1.78	2.81	20
S10.3.6 BOM2 CAL 2	13800	30	3x2.5+TTx2.5Cu	24.9 14.38	18.5	2.14	3.16	20

Subcuadro S10.4 COMPR

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.4.1 COMPR 1	93750	15	3x50+TTx25Cu	69.15 97.66	117	0.37	1.67	50
S10.4.2 COMPR 2	93750	20	3x50+TTx25Cu	69.15 97.66	117	0.49	1.79	50

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S10.5 FRIO

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S10.5.1 FRIO ALM MP	37500	100	3x25+TTx16Cu	67.66 39.06	113	1.84	3.18	75x60
S10.5.2 FRIO ALM PF	37500	50	3x10+TTx10Cu	67.66 39.06	44	2.47	3.81	32
S10.5.3 FRIO PRO L1	62500	40	3x25+TTx16Cu	12.77 65.11	77	1.31	2.65	40
S10.5.4 FRIO PRO L2	62500	60	3x25+TTx16Cu	12.77 65.11	77	1.96	3.3	40
S10.5.5 FRIO PRO L3	62500	80	3x25+TTx16Cu	12.77 65.11	77	2.62	3.95	40

Subcuadro S11 CAM CLIM

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S11.1 CAM CLI A MP	4600	80	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	1.83	1.99	20
S11.2 CAM CLI A PF	4600	130	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	2.97	3.14	20
S11.3 CAM CLI PR L1	4600	30	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	0.68	0.85	20
S11.4 CAM CLI PR L2	4600	60	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	1.37	1.54	20
S11.5 CAM CLI PR L3	4600	90	3x2.5+TTx2.5Cu	8.3	18.5	2.05	2.22	20

Capítulo 8: Anexo

Subcuadro S13 CAM FRIO

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S13.1 CAM FRIO Z1	12500	10	3x2.5+TTx2.5Cu	22.55 13.02	18.5	0.64	3.19	20
S13.2 CAM FRIO Z2	25000	20	3x6+TTx6Cu	45.11 26.04	32	1.08	3.63	25
S13.3 CAM FRIO Z3	37500	80	3x25+TTx16Cu	67.66 39.06	113	1.47	4.02	75x60
S13.4 CAM FRIO Z4	50000	90	3x25+TTx16Cu	90.21 52.09	77	2.29	4.84	40

Subcuadro S14 EMER AL

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección(mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S14.1 AL C.T	460.8	10	2x6+TTx6Cu	2	36	0.06	0.19	25
S14.2 AL S BOM AGU	460.8	60	2x1.5+TTx1.5Cu	2	15	1.36	1.49	16
S14.3 AL S CALDER	460.8	60	2x1.5+TTx1.5Cu	2	15	1.36	1.49	16
S14.4 AL S COMPR	460.8	60	2x1.5+TTx1.5Cu	2	15	1.36	1.49	16
S14.5 AL S AIR ACON	460.8	60	2x1.5+TTx1.5Cu	2	15	1.36	1.49	16
S14.6 VIG ZONA 1	921.6	40	4x1.5+TTx1.5Cu	1.33	13.5	0.3	0.43	20
S14.7 VIG ZONA 2	921.6	80	4x1.5+TTx1.5Cu	1.33	13.5	0.6	0.73	20
S14.8 EVA ZONA 1	360	40	4x1.5+TTx1.5Cu	0.52	13.5	0.12	0.25	20
S14.9 EVAZONA 2	360	80	4x1.5+TTx1.5Cu	0.52	13.5	0.23	0.36	20
S14.10 ANT ZONA 1	450	40	4x1.5+TTx1.5Cu	0.65	13.5	0.15	0.28	20

Capítulo 8: Anexo

S14.11 ANT ZONA 2	450	80	4x1.5+TTx1.5Cu	0.65	13.5	0.29	0.42	20
--------------------------	-----	----	----------------	------	------	------	------	----

Subcuadro S15 EMER FZA

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc. (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
S15.1 TC ORD OF	2000	20	2x2.5+TTx2.5Cu	9.66	21	1.2	1.37	20
S15.2 CC TV	2500	30	2x2.5+TTx2.5Cu	12.08	21	2.28	2.44	20
S15.3 S MEGAFONIA	1500	30	2x2.5+TTx2.5Cu	7.25	21	1.34	1.5	20
S15.4 TC C.T	3000	10	4x25+TTx16Cu	4.81	77	0.01	0.18	50
S15.5 TC S BOM AGU	3000	60	4x2.5+TTx2.5Cu	4.81	18.5	0.88	1.04	20
S15.6 TC S CALDER	3000	60	4x2.5+TTx2.5Cu	4.81	18.5	0.88	1.04	20
S15.7 TC S COMPR	3000	60	4x2.5+TTx2.5Cu	4.81	18.5	0.88	1.04	20