

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE
MADRID.**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.



PROYECTO FIN DE CARRERA.

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN EDIFICIO
INDUSTRIAL DESTINADO A SERVICIOS
AUDIOVISUALES.**

AUTOR: Álvaro Peligros Lumbreras.

DIRECTOR: Departamento de Ingeniería Eléctrica.

TUTOR: Esteban Patricio Domínguez González-Seco.

FECHA: Febrero 2010

0.OBJETO DEL PROYECTO	1
1.GENERALIDADES	3
1.1.Reglamentación	3
1.2.Características de Diseño	5
2.MEMORIA	7
2.1.Peticionario	7
2.2.Emplazamiento	7
2.3.Antecedentes/Estudios Previos.....	7
2.4.Solución Adoptada	18
2.5.Normativa Vigente Aplicada	20
2.6.Descripción de las Instalaciones.....	22
2.6.1Centro de Seccionamiento	23
2.6.2.Centro de Transformación	52
2.6.3.Transformador de Potencia.....	83
2.6.4.Empresa Suministradora y Características de la Acometida	94
2.6.5.Potencia y Características de la Red de Utilización	94
2.7.Instalaciones de Enlace.....	95
2.7.1.Grupo Electrónico.....	96
2.7.2.CGBT y Circuitos de Seguridad.....	102
2.7.3.Cuadro Secundario de Protección de Zona en plantas	106
2.7.4.Líneas Principales.....	109
2.7.5.Líneas de Derivación a Cuadros Secundarios y Tomas Eléctricas.....	113
2.7.6.Centralización de Contadores	115
2.8.Instalaciones Interiores o Receptoras	120
2.8.1.Distribución en Plantas	121
2.8.2.Alumbrado Interior	125
2.8.3.Red puesta a Tierra-Sistemas de Protección contra Contactos Indirectos...	128
2.8.4.Instalación de Pararrayos.....	133
2.8.5.Batería de Condensadores	135
2.8.6.Energía Fotovoltaica.....	138
2.8.7.Condiciones de Seguridad	143
2.8.7.1.Centro de Seccionamiento	143
2.8.7.2.Centro de Transformación	144

2.8.7.3.Cuadro General de Baja Tensión.....	146
2.8.8.Instalaciones Complementarias de Seguridad.....	147
2.8.8.1.Alumbrado.....	147
2.8.8.2.Contraincendios.....	148
2.8.8.3.Ventilación.....	149
2.8.8.4.Condensadores.....	149
3.CONCLUSIONES FINALES.....	150
4.PRESUPUESTO.....	152
4.1.Presupuesto del Centro de Transformación.....	152
4.2.Presupuesto del Centro de Seccionamiento.....	153
4.3.Presupuesto del Grupo Electrógeno.....	153
4.4. Presupuesto del Cuadro General de Baja Tensión.....	153
4.5. Presupuesto del Cuadro General de Baja Tensión del Grupo.....	153
4.6. Presupuesto de los Cuadros Secundarios.....	154
4.7. Presupuesto de los Aparatos de Alumbrado.....	154
4.8. Presupuesto de la Red de Tierras.....	154
4.9.Presupuesto de las Distribuciones Eléctricas.....	155
4.10.Presupuesto del Pararrayos.....	155
4.11.Presupuesto de la Batería de Condensadores.....	155
4.12.Presupuesto de los Conductores.....	156
4.13.Presupuesto de la Megafonía.....	156
5.ANEXO: CÁLCULOS.....	157
5.1.Cálculos Puesta a Tierra.....	157
5.2.Valores de Cortocircuito.....	163
5.3.Valores Nominales.....	164
5.4.Tabla de Características del Fabricante.....	166
5.5.Valores de Cortocircuito de las Líneas.....	169
5.6.Tiempo de Corte del Elemento de Protección.....	171
5.7.Caída de Tensión del Conductor.....	172
5.8.Cálculo de la Sección del Conductor.....	173
5.9.Tabla de Resultados.....	174
6.BIBLIOGRAFÍA.....	175
7.PLANOS.....	177



0. OBJETO DEL PROYECTO.

La meta principal del presente proyecto es la de dotar de todas las instalaciones eléctricas, obligatorias y necesarias, al edificio de oficinas Torre Rioja Madrid S.A.

El Objeto del proyecto es el de establecer las condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de mil voltios para:

- Protección de las personas y objetos del edificio.
- Regularidad para el uso de la instalación.
- Definición de los materiales a emplear y su instalación.
- Determinar el grado de inversión necesaria.
- Definir las ampliaciones previsibles.
- Definir las condiciones de la puesta en servicio de la misma.
- Condicionar las operaciones de mantenimiento.
- Aportar datos para la contratación de la energía.

El edificio se dedica a servicios industriales, y como tal debe estar equipado con sus correspondientes elementos de climatización, seguridad, ventilación, iluminación, puertas de acceso y control e instalación eléctrica, equipo de producción eléctrica autónoma y dispositivos fotovoltaicos, como elementos principales, y como hemos catalogado anteriormente, dicho edificio es clasificado desde el punto de vista eléctrico como de “pública concurrencia”.

Para poder dotar al edificio de todas las instalaciones eléctricas necesarias hemos de implantar un Centro de Seccionamiento y un Centro de Transformación.

El Centro de Seccionamiento lo ubicaremos en un local con acceso directo desde la fachada del edificio, y solamente tendrá acceso al mismo el personal de la compañía suministradora. (Iberdrola, en nuestro caso).

El Centro de Transformación se ubicará en la planta baja de nuestro edificio, con acceso directo tanto por el Centro de Seccionamiento, para la compañía suministradora, como por las salas técnicas de la planta baja del edificio. El acceso al mismo es sólo para personal autorizado del servicio de mantenimiento.



Todo lo anteriormente comentado, y con el presente documento, lo que se pretende en el ámbito personal es cubrir o lograr una serie de objetivos, que procedemos a comentar a continuación:

- Aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en el área de instalaciones eléctricas para el desarrollo de un proyecto de ingeniería real.
- Conocimiento y manejo específico de las normativas sectoriales de aplicación en el ámbito de las instalaciones eléctricas en Europa, concretamente en España.
- Manejo de aplicaciones y herramientas informáticas de diseño y cálculo, como son:
 - AUTOCAD 2008 : Programa de diseño gráfico para los planos usados en el presente proyecto.
 - Hoja de excel para el cálculo de las líneas y protecciones eléctricas (que se adjuntará en el apartado de Cálculos de la memoria.
- Procedimientos para realizar diseños de instalaciones eléctricas y particularidades de las mismas en el ámbito industrial.



1. GENERALIDADES.

En este capítulo del proyecto haremos referencia a las instalaciones eléctricas de Media y Baja Tensión a realizar, conforme a la normativa aplicable según el Reglamento Electrotécnico correspondiente y demás normas vigentes, para el edificio Torre Rioja Madrid S.A, situada en la C/ Osiris N° 11 de Madrid.

En este proyecto el inicio de las instalaciones eléctricas a llevar a cabo comenzarán en el Centro de Seccionamiento, lugar al que llegarán los cables de la acometida de Media Tensión, y que más adelante describiremos en detalle con sus características técnicas y físicas más particulares.

El Suministro Complementario de Reserva, en caso de que fuese necesario su uso en caso de emergencia o debido a un déficit en la energía eléctrica, estará atendido mediante un Grupo Electrónico de arranque, conexión y desconexión a la red eléctrica, así como parada automática por falta y la consecuente vuelta del suministro normal.

1.1 Reglamentación.

Basándonos en el capítulo 1 de la ITC-BT-28, cuyo reglamento se aprueba en el Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto de 2002 siendo publicado en el BOE del 18 de Septiembre del mismo año, en donde se cataloga desde el punto de vista eléctrico como de “Pública Concurrencia”, a todos los locales de trabajo destinados a oficinas con presencia de público con una ocupación superior a cincuenta personas, como es nuestro caso, con unas características técnicas que deben cumplirse en referencia a los suministros complementarios de reserva y alumbrado de emergencia.

Una vez definido nuestro edificio desde el punto de vista eléctrico, continuaremos con los criterios indicados en los Reglamentos Oficiales que han sido necesarios seguir para la realización de nuestro proyecto:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, según decreto del Ministerio de Industria N° 842/2002 de Agosto, donde se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias y Normas de carácter eminentemente técnicas, y especialmente, de características de los materiales.



Dichas Normas proceden en su mayor parte de las normas europeas EN e internacionales CEI, que consigue disponer de soluciones técnicas en sintonía con lo aplicado en los países más avanzados y que reflejen un alto grado de consenso en el sector.

Las prescripciones establecidas por el citado Reglamento se consideran que alcanzan los objetivos mínimos de seguridad exigibles en las instalaciones eléctricas.

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, según el Real Decreto del Ministerio de Industria y Energía con N° 3275/1982 de 12 de Noviembre de 1982, e Instrucciones Técnicas Complementarias (veinte, concretamente) denominadas instrucciones MIE-RAT con orden de fecha 6 de julio de 1984, modificadas la mayoría el 10 de Marzo del 2000.

El Reglamento 3275/1982, tiene por objeto las condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas cuya tensión nominal eficaz sea superior a un kV, entre dos conductores cualesquiera, con frecuencia de servicio inferiores a 100 Hz.

- Real Decreto N° 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Este Reglamento tiene por objeto conseguir un grado suficiente de seguridad en caso de incendio en los establecimientos e instalaciones de uso industrial, determinando las condiciones que deben reunir los edificios para proteger a sus ocupantes frente a los riesgos originados por un incendio y para prevenir daños a terceros.
- Real Decreto N° 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Dicho Código se trata de un instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, dando solución a los requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y bienestar de las personas, tanto a la seguridad estructural y de



protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad a personas con movilidad reducida.

- Normas particulares de la Compañía distribuidora. (Iberdrola, en nuestro caso).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas. (Ayuntamiento, Bomberos y Medio Ambiente).
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, según orden Ministerial del 9 de marzo de 1971, además de Anexos Especiales y normas de carácter singular y concreto para actividades especiales cuyos riesgos específicos diferenciales así lo aconsejen.

1.2 Características de Diseño.

A continuación vamos a describir y justificar de manera muy somera las soluciones adoptadas para las instalaciones eléctricas que dicho proyecto necesita para ser llevado a cabo.

El primer elemento a describir será el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT), ubicado en un local de uso exclusivo situado en la planta semisótano de nuestro edificio, de manera que permanezca aislado y protegido frente a incendios y otras faltas que puedan provocar riesgos de peligro.

Dicho Cuadro General de Baja Tensión, estará alimentado de manera usual por dos transformadores de 1000 kVA cada uno, o extraordinariamente (en caso de fallo o falta) por el Grupo Electrónico. De aquí partirán los circuitos comunes para fuerza y alumbrado, así como tomas de corriente, y demás usos varios e informáticos.

Además desde este Cuadro General de Baja Tensión se alimentarán potencias eléctricas dedicadas a usos específicos del alumbrado y fuerza, tomas de corriente en los distintos Cuadros Secundarios (CS) y tomas eléctricas de los distintos equipos del edificio, como son los ascensores, aire acondicionado y calefacción, fontanería, etc.

Para las instalaciones de alumbrado y fuerza, se preverán dos Cuadros Secundarios por cada planta del edificio a situar en un sitio de fácil accesibilidad desde el vestíbulo de la



planta. Además de estos dos Cuadros Secundarios se instalará de forma adicional otro por planta, destinado a las zonas comunes de cada una de las plantas del edificio.

Como podemos apreciar, tenemos dos escalones de protección (el Cuadro General de Baja Tensión y los Cuadros Secundarios), por ello la solución a adoptar consiste en diseñar los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de tal forma, que existan entre ellos la Selectividad en el disparo frente a faltas o cortocircuitos (esto quiere decir, que en caso de fallo tenemos la capacidad de coordinación de los dispositivos de corte, de tal forma, que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la instalación, sea eliminado por la protección ubicada inmediatamente aguas arriba del defecto y sólo por ella) para la máxima corriente obtenida por cálculo de cada uno de los puntos, teniendo en cuenta que la corriente de cortocircuito máxima en barras del Cuadro General de Baja Tensión está prevista para dos transformadores de 1000 kVA.

Como Alumbrados Especiales se preverán los dos siguientes:

1) Alumbrado de Emergencia.

Como su nombre indica, se ha proyectado un alumbrado especial “combinado” de ambiente y evacuación, de manera que nos permita la visibilidad de los elementos de emergencia mediante elementos autónomos provistos de acumuladores Níquel – Cadmio con autonomía de una hora, tiempo más que suficiente para una posible evacuación. Dichos aparatos estarán situados en puertas, pasillos, vestíbulos, escaleras, extintores y zonas cuya superficie necesite más aparatos autónomos.

2) Medidas de Seguridad.

Para el servicio de los ascensores de Seguridad y de la Bomba de Incendios se dispondrán de Transformadores de Aislamiento, como protección adicional contra contactos indirectos sin corte al primer defecto, en el Cuadro General de Baja Tensión, de manera que nos garanticemos el servicio de los dispositivos en caso de fallo y su consecuente disparo de seguridad. Las líneas de alimentación se realizarán con conductores del tipo (AS+) resistentes al fuego, algo más caros, pero de uso obligatorio según el RBT 2002 en la ITC-BT-28, todos los sistemas contra incendios son considerados un circuito de seguridad y, por tanto, se deben utilizar cables resistentes al fuego de Alta Seguridad Aumentada (AS+).



2. MEMORIA.

El presente proyecto tiene por objeto el estudio técnico – económico de la instalación eléctrica en baja tensión para el edificio Torre Rioja Madrid S.A, destinado principalmente a oficinas, situado en la Calle Osiris Nº 11, de Madrid, para que por parte de los Organismos Correspondientes de la Administración, se autorice su ejecución y posterior puesta en servicio.

2.1 Peticionario.

Torre Rioja Madrid S.A.

2.2 Emplazamiento.

El edificio se encuentra situado en la Calle de Osiris, Nº 11, Madrid, según se refleja en el plano de situación. Las coordenadas específicas de su ubicación son Latitud : 40° 26´ 31.3434´´ y Longitud: -3° 36´ 58.3483´´ para una mejor ubicación en los planos cartográficos.

Se encuentra muy cercana a la Calle de Alcalá, a la altura del Nº 563, estando también muy próxima al Polígono Julián Camarillo Norte, que se apoya en la Avenida de los Hermanos García Noblejas, en dicho polígono se entremezclan las actividades industriales con una diversidad de otros usos.

2.3 Antecedentes/Estudios Previos.

Para la determinación de las potencias a plena carga que cubran las necesidades para los Suministros Normal de la Compañía y Complementario de Reserva por Grupo Electrónico, se ha partido de los planos de planta donde están representados todos los puntos de luz y tomas de corriente, de cuyo recuento y aplicación del coeficiente 1,8 sobre la potencia de lámparas de descarga se han obtenido las cargas instaladas reflejadas en el esquema que se adjunta a continuación, y que por acumulación y aplicación de los coeficientes de simultaneidad extraídos del uso habitual en esta clase de edificios.



En el apartado 1.2.2 del RBT BT-009, indica que las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar prevista para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y que la carga prevista en voltamperios será como mínimo un 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta.

La potencia a instalar viene resumida en el cuadro que se adjunta a continuación, siendo un total de 1.921 kW.

Para poder atender a esta demanda, nos vemos en la obligación de instalar dos transformadores de 1000 kVA cada uno, suponiendo una simultaneidad de 1, esto quiere decir que suponemos que en algún momento puede que ambos transformadores estén trabajando a la vez, asegurándonos un funcionamiento óptimo de los mismos.

También hemos de disponer de un Grupo Electrógeno para el Complemento de Reserva, para su uso en caso de emergencia, dicho Grupo tendrá una potencia de 600 kVA, ya que como podemos observar en los resultados de la tabla adjunta, los servicios de emergencia requieren una potencia de 408 kW, con lo cual estaría garantizado su funcionamiento correctamente en caso de avería.

Para estos servicios de Emergencia indicados, todas las acometidas se ejecutarán con conductores resistentes al fuego de referencia RZ1-K (AS+), según la normativa del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT 14), en las instalaciones de enlace los conductores a utilizar, tres de fase y uno de neutro, serán de cobre o aluminio, unipolares y aislados, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Serán cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123-4.

El cable RZ1-K, es un conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), ideal para los sistemas contra incendios.

Como la propia norma UNE 21123 nos indica, el neutro será, en general, de la misma sección que los conductores de fase. Pudiéndose emplear un neutro con menor sección cuando no existan desequilibrios o corrientes armónicas.



La empresa suministradora de energía eléctrica nos ha facilitado las características técnicas que ha de cumplir la acometida, que son las siguientes:

- Potencia de Cortocircuito: 400 MVA
- Tensión Nominal: 15.000 Voltios.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Tensión Máxima de desconexión: 0,4 Segundos.
- Conexión del neutro: Aislado
- Protección Exigida: 50-51 y 67 N.



RELACION DE POTENCIAS	UBICACIÓN	NORMAL (W)	EMERGENCIA (W)
CS-ZZCC (Zonas Comunes)	Recepción	-	35.000
CS-ESCALERA 1	Recepción	-	10.000
CS-ESCALERA 2	Recepción	-	10.000
TE-Góndola	Cubierta	3.000	-
TE-Ascensor 1	Cubierta	-	30.000
TE-Ascensor 2	Cubierta	-	30.000
TE-Ascensor 3	Cubierta	-	30.000
TE-Ascensor 4	Cubierta	-	30.000
TE-Ascensor 5	Cubierta	-	30.000
TE-Ascensor 6	Cubierta	-	30.000
CS-Alumbrado Exterior	Recepción	10.000	-
TE-Plató 1	Planta Baja	-	20.000
TE-Plató 2	Planta Baja	-	20.000
CS-Planta 1	Planta 1	40.000	-
TE-Control Platos	Planta Baja	-	8.000
CS-P2-A	Planta 2	50.000	-
CS-P2-B	Planta 2	50.000	-
CS-P3-A	Planta 3	50.000	-
CS-P3-B	Planta 3	50.000	-
CS-P4-A	Planta 4	50.000	-
CS-P4-B	Planta 4	50.000	-
CS-P5	Planta 5	30.000	-
CS-SOT1-A	Sótano 1	15.000	-
CS-SOT1-B	Sótano 1	15.000	-
CS-SOT2-A	Sótano 2	15.000	-
CS-SOT2-B	Sótano 2	15.000	-
CS-SOT3-A	Sótano 3	15.000	-
CS-SOT3-B	Sótano 3	15.000	-
TE-Fontanería	-	15.000	-
CE-EXT-SOT1	Sótano 1	-	30.000
CE-EXT-SOT2	Sótano 2	-	30.000
CE-EXT-SOT3	Sótano 3	-	30.000
CS-SM (Sala de Máquinas)	Cubierta	600.000	-
TE-Enfriadora	Cubierta	250.000	-
TE-Megafonía	-	-	5.000
TE-PCI	Sótano	-	18.000
TE-Puertas Entrada	Planta Baja	-	4.000
CS-Calor	Cubierta	10.000	-
CS-CAFETERÍA	Planta Baja	65.000	-
CD-CPD	Planta Baja	100.000	-
CS-Portería	Recepción	-	8.000
TOTALES		1.513.000	408.000
TOTAL POTENCIA INSTALADA			1.921.000



En la tabla adjunta podemos ver la relación de potencias de las cargas, con la potencia demandante en funcionamiento normal o habitual y la potencia demandada en funcionamiento de emergencia, así como la ubicación de las cargas a lo largo de nuestro edificio.

Como se puede observar ninguna de las cargas se encuentra en funcionamiento en ambas situaciones, puesto que las cargas en funcionamiento habitual eximen de las cargas en funcionamiento de emergencia.

Las estructura del edificio como se puede observar en la tabla esquema, consta de seis plantas (cinco plantas en altura más la planta baja) y tres sótanos, cada uno de los cuales está dividido en sectores (A y B), puesto que el tamaño de todas es muy extensa y por tanto se necesitan dividir las cargas instaladas en varios cuadros, de manera que en caso de caída o falta de alguno de ellos no nos impida la falta de suministro eléctrico en toda la planta.

Para atender a la demanda de potencia instalada, se pretende la implantación de un nuevo Centro de Transformación (CT), para 15-20/0,42 Kilovoltios, en el interior del edificio, con una potencia total de 2000 kVA (como se ha podido observar del resultado de sumar todas las cargas) para ser ubicado en la planta baja del edificio, con un Centro de Seccionamiento (CS), que la compañía alimentará en Alta Tensión, y situado en un local con acceso directo desde la fachada de nuestro edificio, cuyo acceso al mismo se encuentra limitado al personal de la compañía suministradora. La obra del mismo es totalmente de nueva construcción.

La compañía quiere que su bucle de acometida se instale en un local con acceso directo desde la calle. Por lo que el nuevo bucle de alimentación, o nuevo Centro de Seccionamiento, se ubicará en un recinto especialmente acondicionado para él mismo, en planta baja con entrada directa desde la calle.

A continuación detallaremos, de manera bastante somera, las potencias y las características eléctricas de las redes de utilización (propiedad de Iberdrola) para poder dar servicio a nuestras instalaciones eléctricas en el edificio Torre Rioja Madrid S.A.



Para ello debemos conocer y/o estimar, la distribución de las potencias de nuestras instalaciones receptoras, tanto de alumbrado como de fuerza, de manera que nos permitan tomar la base para la definición de los circuitos necesarios para su correcto funcionamiento.

Bien sea por el conocimiento o estimación de las potencias o por la capacidad máxima que se determine para las líneas, podremos estimar las potencias mínimas a suministrar para cada cuadro secundario de nuestra instalación, teniendo en cuenta para ello los coeficientes de simultaneidad y utilización adecuados.

Siguiendo estos criterios podemos llegar a tener un conocimiento bastante aproximado de las potencias demandadas para cada una de las salidas del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT).

A la suma de estas potencias demandadas debemos aplicarles un coeficiente de simultaneidad, en función del uso previsto, y con este resultado podemos estimar la potencia mínima necesaria para alimentar nuestras instalaciones eléctricas.

En nuestro caso, y tal como se reflejaba en la tabla de la relación de las potencias de las cargas de nuestra instalación, se ha determinado como potencia estimada final un valor de 1.921 kVA.

Partiendo de la potencia estimada hallada anteriormente, determinaremos la potencia instalada, a partir de máquinas de transformación cuyas potencias sean normalizadas.

De manera que recurriremos a dos Transformadores de 1.000 kVA cada uno, es decir, 2.000 kVA totales instalados, ya que necesitamos cubrir los 1.921 kVA totales de nuestra instalación. Como podemos observar se deduce fácilmente que el coeficiente de simultaneidad que usaremos en nuestros cálculos será de uno, para que no se produzcan faltas en caso del funcionamiento los dos Transformadores simultáneamente, de todas maneras esto se explicará detalladamente en el apartado de Cálculos del Proyecto.

Una vez conocida la potencia a instalar, la propiedad debe asesorarse, sobre la conveniencia de contratar con la Compañía Suministradora (Iberdrola), los kVA'S más próximos a su consumo real, previstos y/o calculados para los inicios y en un futuro más o menos próximo, teniendo en cuenta posibles ampliaciones de nuestra instalación.

Las tarifas tienen términos fijos que se deben pagar con independencia del consumo eléctrico, en consonancia sólo con la potencia contratada.



Por todo ello, lo más recomendable es que:

- Se obtenga, de la Compañía Suministradora, las distintas tarifas aplicables en nuestra instalación, de manera que podamos seleccionar el que más nos interese.
- Se conozcan los recargos y bonificaciones que se aplicarán cuando las potencias consumidas sean superiores o inferiores a la potencia contratada. Y si el hecho de sobrepasar la potencia contratada con cierta asiduidad puede implicar otro tipo de inconveniencia para el consumidor final.
- Posibilidad de cambiar en el contrato el valor de la potencia contratada, cuando se tuviera un historial el consumo real de la instalación, en caso de que no hubiéramos “acertado” en nuestra previsión.
- Y como medida final, la contratación exigirá equipos de medida, acordes con el contrato. De forma que cualquier tipo de contador necesitará de los transformadores correspondientes de medida homologados y verificados por la Compañía Suministradora, y esto ya se contempla en este proyecto, pero la definición del tipo de contadores debe hacerse de acuerdo con el contrato del suministro, siendo relativamente habitual que la instalación y suministro de los contadores, lo realice la propia Compañía.

Una vez analizada la potencia necesaria a instalar, obtenida de la potencia prevista, y la potencia a contratar, obtenida de la instalada, deberemos analizar brevemente las características eléctricas de la red de utilización, tanto de la Red de Alta Tensión como de la Baja Tensión.

Así la red de Alta Tensión que llega hasta el Centro de Transformación (CT) proveniente del Centro de Seccionamiento, tendrá las siguientes características técnicas:

- | | |
|--|-------------------|
| ○ Tensión Primaria: | 15.000 – 20.000 V |
| ○ Potencia Instalada: | 2x1.000 kVA. |
| ○ Potencia de Cortocircuito: | 400 MVA. |
| ○ Intensidad Máxima de Cortocircuito: | 15,34 kA. |
| ○ Frecuencia: | 50 Hz. |
| ○ Sistema de Conexión del Neutro: | Aislado. |
| ○ Tensión de cortocircuito del Trafo.: | 6 %. |
| ○ Relés de Protección: | 50-51-67 N. |



A continuación vamos a explicar brevemente el significado de cada una de los términos y características expresadas anteriormente, de manera que :

La Tensión Primaria, no es más que la tensión que se aplica al arrollamiento (o devanado) primario de un transformador de tensión.

La potencia instalada, podemos definirla como la potencia máxima capaz de suministrar una instalación a los equipos y aparatos conectados a ella.

Potencia e intensidad máxima de cortocircuito, es la sobreintensidad o sobretensión producida por un fallo de impedancia despreciable, entre dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial en condiciones normales de servicio.

La frecuencia no es más que el número de ciclos por unidad de tiempo de la corriente eléctrica.

Basándonos en la ITC-BT-08, sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución eléctrica, para determinar las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en casos de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de ello, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora por otro.

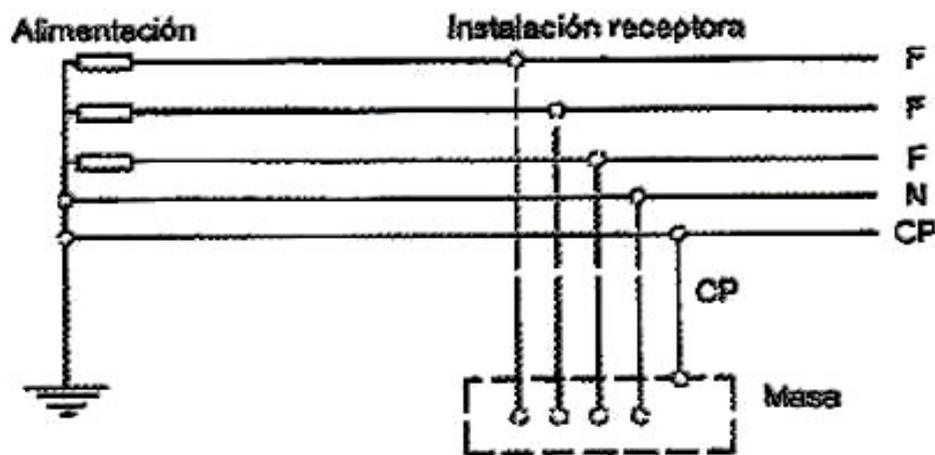
La denominación se realiza con un código de letras con el siguiente significado:

- a) La primera letra se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.
 - 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.

- b) La segunda letra hace referencia 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.
 - N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en alterna este punto suele ser el punto de neutro).

- c) Otras letras (eventuales), se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.
- S = Las funciones del neutro y protección, aseguradas por conductores separados.
 - C = las funciones del neutro y protección, combinados en un solo conductor (conductor CPN).

Como en nuestro caso se ha diseñado el sistema de conexión como hemos definido anteriormente, con las letras TN-S. Los esquemas TN tienen un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección, distinguiéndose tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor de neutro y del conductor de protección (TN-S, TN-C, TN-C-S):



Esquema TN-S

Figura N° 1 obtenida ITC del Reglamento de Baja Tensión (ITC-BT-08)

En el esquema TN-S, el conductor de neutro y el de protección son distintos en toda la instalación.

En todas las instalaciones TN, cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.



Ya sólo nos queda intentar explicar de manera bastante somera, el significado y uso de los relés de protección, concretamente de los relés 50, 51 y 67 N.

Los relés 50 y 51, pertenecen a la familia de relés RV-I, que son relés de sobreintensidad con características de disparo instantánea (en el caso del 50) y temporizada (el 51), diseñados para proteger equipos e instalaciones de sobrecorrientes ocasionadas por faltas a tierra (homopolares) o cortocircuitos entre fases.

Los relés RV-I, ofrecen información permanente de la medida de intensidad de circuito que vigila (el valor eficaz) y guarda información de la última falta sufrida por el equipo supervisado. Gracias a sus reducidas dimensiones es ideal para aplicaciones e instalaciones en la que los equipos son compactos.

El Relé 50 (unidad instantánea) dispone de las siguientes funciones de protección tanto para fase como para el neutro:

- Actuación instantánea ante faltas.
- Tiempo Adicional.

El Relé 51 (unidad temporizada) también dispone de funciones de protección para fase y neutro:

- Tiempo fijo.
- Actuación por curvas, bien sean, Inversa, Muy Inversa, Extremadamente Inversa e incluso curvas especiales diseñadas para el cliente específicamente.

El Relé 67N, se trata de un relé direccional, que se deben instalar en los respectivos terminales de las líneas a proteger, calibrados de tal manera que operen o cierren sus contactos cuando el flujo de corriente en dirección de la barra de carga hacia la línea.

Cualquier falta que ocurra en alguna de las líneas a proteger, sin importar la calibración de los relés de corriente, los relés direccionales 67N, se encargarán de despejar la falta abriendo y sacando de servicio a las líneas afectadas.

Una vez comentadas las características eléctricas de la red de Alta Tensión, continuaremos con las características de la red de Baja Tensión, que dependerán de los transformadores instalados y los datos indicados anteriormente, ya que la red de Baja Tensión “cuelga” de la red de Alta Tensión.



De manera que las características eléctricas de la red de Baja Tensión son:

- Tensión Secundaria: 3 x 230/ 400 V.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Potencia disponible a plena carga: 2000 kVA.
- Intensidad Nominal: 2428,36 A.
- Intensidad de cortocircuito máxima
en bornas del transformador de baja tensión: 24,06 kA.

En cuanto a la acometida eléctrica, que no es más que la derivación de la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico hasta nuestro el edificio al cual se necesita alimentar, en este caso Torre Rioja.

La Compañía suministradora, Iberdrola como hemos mencionado anteriormente, suministrará la potencia requerida con una línea subterránea de 15.000 V, a frecuencia de 50 Hz, por lo que atendiendo al Artículo 3 del Real Decreto 3275/1982, de 12 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, nos clasifica las instalaciones eléctricas en tres categorías:

- Primera Categoría: Las instalaciones de tensión nominal superior a 66 kV.
- Segunda Categoría: Las instalaciones de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera Categoría: Las instalaciones de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Viendo que nuestra instalación es de 15.000 V, podemos afirmar que nuestra instalación eléctrica del proyecto se corresponderá a una instalación de Tercera Categoría.

La acometida general a la parcela, se tomará de la red que la Compañía suministradora tenga disponible más cercana al punto de enganche.



2.4 Solución adoptada.

El presente proyecto define y caracteriza los nuevos elementos necesarios para satisfacer la necesidad de la compañía suministradora con las características requeridas, las normativas vigentes y la demanda de la propia instalación a llevar a cabo.

Los nuevos elementos serán básicamente el Centro de Seccionamiento (CS), la acometida de alta tensión que llega hasta el Centro de Seccionamiento y, el Centro de Transformación (CT), con todo lo que ellos conllevan.

1. Centro de Seccionamiento (CS).

Estará formado por celdas compactas prefabricadas del tipo RM6 (con tensión asignada de 24 kV permitiéndonos un amplio abanico de combinaciones de uno a seis unidades funcionales integradas y aisladas en SF6) del fabricante Merlin Gerin (Schneider Electric España), no vamos a entrar en más detalles de sus características eléctricas y de fabricación, pues esto lo llevaremos a cabo más adelante en el apartado de descripción de las instalaciones.

El Centro de Seccionamiento formará un conjunto con el Centro de Transformación de la planta baja, siendo ubicado en un cuarto con acceso único y exclusivo para el personal de la compañía desde el exterior del edificio. Recibirá la entrada y salida del bucle de la compañía y alimentará en Alta Tensión al Centro de Transformación.

2. Acometida en Tensión al Centro de Transformación.

Desde el Centro de Seccionamiento se realizará la acometida, en Alta Tensión, mediante una celda de paso de barras a las celdas de Alta Tensión del Centro de Transformación. Es decir, colocaremos un compartimento de barras en el cual se realiza la unión con las otras celdas, permitiéndonos un enclavamiento físico natural entre ambas.

En nuestro caso el Centro de Seccionamiento y el Centro de Transformación se encuentran juntos y situados en la planta baja de nuestro edificio, con acceso directo desde la calle.

El Centro de Seccionamiento y el Centro de Transformación se encuentran unidos mediante barrajes y se montarán sobre una bancada de 30 cm para elevarlo del suelo, como medida de seguridad. De todos modos, todo esto será explicado de manera más exhaustiva en su capítulo correspondiente.



3. Centro de Transformación (CS).

El Centro de Seccionamiento estará formado por el tipo de celdas prefabricadas SM6, diseñadas por Merlin Gerin, una empresa perteneciente a Schneider Electric.

El Centro de Transformación recibirá la acometida proveniente del Centro de Seccionamiento y lo alimentará en Alta Tensión directamente. Desde la celda de medida, (en cuyo interior alberga un transformador de tensión y otro de intensidad cuya misión es reducir los valores de tensión e intensidad hasta ciertos valores aptos para los equipos de medida, puesto que los valores de Media Tensión y Alta Tensión no son aptos para dichos equipos, se elegirá el modelo GBC2C de Merlin Gerin, que más adelante detallaremos sus características técnicas) se alimentará a través de un cable de 120 mm² con malla el transformador de potencia, que estará ubicado en el mismo recinto, en una celda compartimentada con tabiques de fábrica de ladrillos y frontal de una puerta metálica.

También se instalará una celda de remonte (que nos permite subir los cables hasta el embarrado dotándonos de una mayor protección mecánica, en esta ocasión elegiremos un modelo GAME de Merlin Gerin cuyas características técnicas detallaremos más en detalle en su apartado correspondiente), una celda de protección general (cuya misión es proteger al resto de la instalación de posibles anomalías, por ello suele colocarse justo a continuación de la celda de entrada, la función de protección puede realizarse de dos maneras distintas: mediante fusibles o utilizando un interruptor automático especial para media tensión, como será nuestro caso, en nuestro caso seleccionaremos el modelo DM1C de Merlin Gerin), una celda de medida (ya hemos mencionado anteriormente su utilidad, modelo GBC2C de Merlin Gerin) y dos celdas de protección por ruptofusibles por cada transformador (que no es más que una celda de protección habitual, que se usa en aquellos Centros de Transformación con más de un transformador, como es nuestro caso, elegiremos el modelo QM fabricada por Merlin Gerin)



2.5 Normativa vigente aplicada.

Para la realización del proyecto que nos ocupa y la posterior realización de la obra de electrificación del edificio de oficinas Torre Rioja, se han tenido en cuenta y se deberán cumplir las siguientes normas vigentes:

- Real Decreto 3275/1982, de 12 de Noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas y centros de transformación. Este reglamento tiene por objeto establecer las condiciones y garantías técnicas a que han de someterse las instalaciones eléctricas de más de 1.000 voltios con frecuencia de servicio inferiores a 100 Hz (como es el caso que nos ocupa) para : proteger a las personas y la integridad y funcionalidad de los bienes que pueden resultar afectados por las instalaciones, conseguir la necesaria regularidad en los suministros de energía eléctrica, establecer la normalización precisa para reducir la extensa tipificación que existe en la fabricación de material eléctrico y la óptima utilización de las inversiones, a fin de facilitar, desde el proyecto de las instalaciones, la posibilidad de adaptarlas a futuros aumentos de carga racionalmente previsibles.

Atendiendo al Artículo 3 del presente Decreto, que nos facilita la clasificación de las instalaciones eléctricas dependiendo de la tensión nominal utilizada en las instalaciones, podemos clasificar a la nuestra como de Tercera Categoría, que son aquellas cuya tensión nominal sea igual o inferior a 30 kV y superior a 1kV, como es nuestro caso, ya que como mencionamos anteriormente en el apartado 2.4, nuestra acometida tendrá una tensión nominal de 15 kV.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, sobre el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias. El presente decreto tiene por objeto el de establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de Baja Tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el funcionamiento normal de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios (en caso de que nuestras instalaciones pudieran ocasionar perturbaciones sobre las telecomunicaciones, las redes de distribución de energía o de terceros, deberemos de dotar nuestras instalaciones con los dispositivos protectores



adecuados), y contribuir a la fiabilidad técnica y eficiencia económica de las instalaciones.

- Decreto de 12 de Marzo de 1954, por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de energía eléctrica . En este Decreto se tratan los aspectos de organización y finalidad del servicio, la comprobación de aparatos receptores de energía eléctrica y otros elementos auxiliares, la regularidad del suministro de energía, los fraudes de energía eléctrica y las autorizaciones para implantar o ampliar industrias eléctricas.
- Normas UNE de obligado cumplimiento y hojas interpretativas de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT 02, así como normas europeas (EN) o documentos de armonización (HD) del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) o Publicaciones de la Comisión Electrotécnica (CEI) que se podrán declarar de obligado cumplimiento siempre que respondan a razones de seguridad de las personas o cosas y calidad del servicio eléctrico a iniciativa de la Dirección General de la Energía del Ministerio de Industria y Energía o a petición de los Órganos competentes de las Comunidades Autónomas.
- De acuerdo con el Segundo Artículo del Real Decreto 3275/1982, de 12 de Noviembre, el Ministerio de Industria y Energía tiene potestad para dictar Órdenes Ministeriales o Resoluciones Aclaratorias, Ampliatorias o Complementarias sobre las instrucciones Técnicas Complementarias (MIE-RAT) del Reglamento que considere convenientes para facilitar la correcta aplicación de ellas.

En nuestro caso las Órdenes Ministeriales que se declaran de obligado cumplimiento son las correspondientes a los años 1984, 1994, 1995, 1996 y 2000.

- Normas impuestas por las entidades públicas afectadas como la Comunidad Autónoma de Madrid, el Ayuntamiento, Medio Ambiente y Bomberos.



- En el Artículo 7 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación indica que “las empresas suministradoras de energía eléctrica podrán poner especificaciones que fijan las condiciones técnicas que deben reunir aquellas partes de instalaciones de los consumidores que tengan incidencia apreciable en la seguridad, funcionamiento y homogeneidad de su sistema”.

En el MIE-RAT 19, apartado 3 del citado Reglamento de Normas Particulares, se indica que “la empresa distribuidora de energía, de acuerdo con lo previsto en el artículo Séptimo del Reglamento, podrán proponer normas particulares. No obstante esta normativa no debe alterar el principio que debe estar presente en todas las actuaciones de Distribución de “Atender en condiciones de igualdad las demandas de nuevos suministros eléctricos y la ampliación de los existentes”, tal y como se indica en el apartado i) del artículo 41 del Real Decreto de 1955/2000. En la orden del MIE del 10 de Marzo del 2000, N° 5737 Apartado 9, se indica que “Tales normas quedarán inscritas en los registros que a tal efecto se establezcan por los Órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en caso de que se limiten a su ámbito territorial, o por el Ministerio de Industria y Energía, a propuesta del centro competente en materia de Seguridad Industrial, en caso de aplicarse a más de una Comunidad Autónoma.

El objeto es regular las características técnicas a que deben ajustarse las instalaciones clientes alimentadas hasta 132 kV inclusive en el ámbito de distribución de Iberdrola.

2.6 Descripción de las Instalaciones.

A continuación realizaremos una descripción más exhaustiva de las distintas instalaciones necesarias para poder dotar de servicio eléctrico a nuestra instalación estudio de este proyecto.

Para ello comenzaremos en el Centro de Seccionamiento, lugar en donde recibimos la acometida de la Compañía suministradora, la cual hemos caracterizado anteriormente en la página siete de dicha memoria, e iremos aguas abajo del mismo, poniendo fin en el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) ubicado en nuestro edificio.



2.6.1 Centro de Seccionamiento.

El Centro de Seccionamiento es la unidad donde se recibe la acometida de la Compañía Suministradora en Alta Tensión, la alimentación se realizará en forma de bucle o anillo. Es la distribución de energía más usada en núcleos urbanos o industriales puesto que mediante cables subterráneos se alimentan, con diferentes centros de transformación, una misma línea, realizando sus correspondientes entradas y salidas, de modo que se intercala un anillo entre ellos, y dado que se puede alimentar desde ambos lados del anillo nos aporta una mayor seguridad.

De dicho bucle (el formado por la entrada y la salida) partirá para la alimentación en puntas, la acometida al Centro de Transformación.

En el caso que nos ocupa el Centro de Seccionamiento se encuentra junto al Centro de Transformación, ubicándose en la planta baja dentro de nuestro edificio, permitiendo esta unión mediante barrajes.

Las celdas para la entrada y salida del bucle de acometida de la Compañía, así como la celda de protección de la salida de la acometida al Centro de Transformación, como hemos indicado, formarán un conjunto de celdas, equipada con aparataje de Alta Tensión, bajo envolventes metálicas con aislamiento integral en Hexafluoruro de Azufre (SF_6), para una tensión de hasta 24.000 Voltios, acorde con las siguientes normativas:

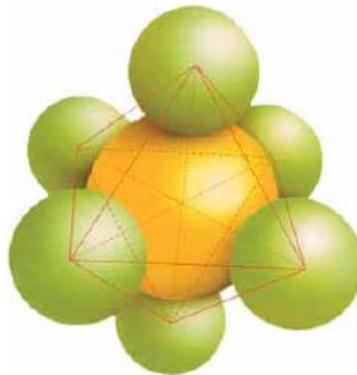
- CEI 60129. Seccionadores y Seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna. La última data de 1996.
- UNE-EN 60265-1. Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV. Data de 1999.
- CEI 60420. Combinados interruptor-fusibles de corriente alterna para Alta Tensión. Data del año 1990.
- Recomendaciones UNESA 6407.

Una vez definido las normativas aplicables, nos meteremos de lleno en la elección de las celdas usadas en nuestro Centro de Seccionamiento, e intentaremos justificar dicha elección.

Toda la aparatenta estará agrupada en el interior de cada celda metálica estanca rellena de Hexafloruro de Azufre (SF_6), como elemento aislante.

Como su fórmula inorgánica nos indica consiste en seis átomos de Flúor (F) enlazados en torno a uno central de Azufre (S), se trata de un gas inerte, más pesado que el aire (unas cinco veces), no siendo tóxico ni inflamable pero es asfixiante y posee un color y olor característicos. Es estable en condiciones normales, y al exponerlo a elevadas temperaturas se descompone dando lugar a productos tóxicos los cuales pueden ser corrosivos en presencia de humedad.

Una de sus principales características es su elevada constante dieléctrica, por lo cual es empleado como gas aislante en numerosos equipos para la distribución eléctrica, como es en nuestro caso.



Molécula de Hexafloruro de Azufre (SF_6)

Figura Nº 2 Obtenida del Catálogo 2008 de Schneider Electric sobre CT's

Las propiedades físicas de dicho compuesto son:

- Peso molecular: 146,06 g/mol.
- Temperatura Sublimación: $-63,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Presión Vapor ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$): 22,77 Atm.
- Temperatura Crítica: $45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Presión Crítica: 37,1 Atm.
- Densidad de gas ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 Atm): 6,16 g/l.
- Densidad Líquido (P.Sat, $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$): 1,91 Kg/l.
- Densidad Líquido ($21\text{ }^{\circ}\text{C}$): 1,371 g/ml.
- Grado Estabilidad Térmica: Hasta $800\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Solubilidad en agua ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}$ Atm): 0,0076 m/ml H_2O .
- Calor latente de Vaporización: 38,6 cal/g.

El conjunto de celdas están homologadas por la Compañía Suministradora, y permitida su implantación en el caso que nos ocupa, el modelo seleccionado en nuestro caso son las celdas compactas de gama RM6 fabricado por Schneider Electric. Que son un modelo comprobado que nos permite un amplio abanico de combinaciones de una a seis unidades funcionales integradas y aisladas en SF6.

Dichas celdas se encuentran instaladas en redes de distribución de más de cincuenta países de África, América, Asia, Europa y Oceanía.



Celda Compacta RM6

Imagen N° 3 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Una de las características fundamentales de la elección de las celdas RM6 se debe a que:

- Garantiza la seguridad de las personas. (Ensayo de arco interno conforme a las normas ICE 62271-100 e ICE 62271-200; Puesta a tierra visible; Equipo móvil de tres posiciones que garantiza un enclavamiento natural; Fiabilidad de los indicadores de posición del equipo).
- Insensible al entorno. (Cuba de acero inoxidable con grado de protección IP67; Receptáculos de fusibles desenchufables, estancos y metalizados; Envolverte exterior con grado de protección IP3X).

- Con calidad certificada. (Conformidad con las normas nacionales e internacionales; Certificados ISO 9001 de diseño e ISO 9002 de fabricación; Instalación de unas 850.000 unidades en todo el mundo).
- Protege el medio ambiente. (Posibilidad de recuperar el gas al finalizar la vida útil del aparato; Certificado de calidad medioambiental ISO 14001).
- Se instala de forma rápida y sencilla. (Conexión frontal de los cables, a la misma altura; Simple fijación al suelo mediante cuatro tornillos).
- Económico. (De una a seis unidades funcionales integradas en una misma envolvente metálica con aislamiento y corte en SF₆; Una vida útil de unos treinta años).
- Sin mantenimiento de las partes activas. (Por su conformidad con las normas IEC 62271-100 e IEC 62271-200, sistema a presión sellado de por vida).



Chapa Características de celda Compacta RM6

Imagen N° 4 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

La celda RM6 es una celda de reducidas dimensiones compuesta de una a seis unidades funcionales integradas y aisladas en SF₆, como hemos mencionado anteriormente, este conjunto monobloque con aislamiento integral incluye los siguientes elementos:



- Una envolvente metálica de acero inoxidable, estanca y sellada de por vida, que contiene las partes activas, el interruptor-seccionador de corte y aislamiento en SF6 con mando manual, el seccionador de puesta a tierra, el interruptor combinado con fusibles, el interruptor automático y los conectores especiales para la entrada de la acometida de cables de la Compañía Suministradora.
- De uno a cuatro compartimentos para cables con pasatapas de conexión.
- Un compartimento de Baja Tensión.
- Un compartimento de mando.
- Un compartimento de fusibles para la función Q (Interruptor combinado con fusibles), en caso de usarse en nuestra instalación. La celda compacta RM6 responde a la definición de un “sistema a presión sellado” conforme con la recomendación IEC. El interruptor y el seccionador de puesta a tierra ofrecen garantías de maniobra para el usuario.
- Estanqueidad. La envolvente metálica está llena de SF6 a una presión relativa de 0,2 bares y queda sellada de por vida después del llenado. Su estanqueidad se verifica sistemáticamente en fábrica y otorga al aparato una esperanza de vida útil de treinta años, por lo tanto, la celda compacta RM6 no requiere ningún tipo de mantenimiento de las partes activas.
- Corte del Interruptor-seccionador. La extinción del arco eléctrico se obtiene aplicando la técnica del arco giratorio, acompañada de autoexpansión de SF6, lo que provoca el corte de cualquier intensidad, incluida la de cortocircuito.



Tabla de características eléctricas generales de las celdas RM6.

Tensión asignada (kV)		24	
Nivel de aislamiento			
Frecuencia industrial	50 Hz 1 mn (kV ef.)	50	
Onda de choque	1,2/50 µs (kV cresta)	125	
Función de línea (I)			
Intensidad asignada (A) ⁽¹⁾	400	630	630
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) ⁽²⁾	16	16	20
Poder de corte asignado con cables en vacío (A)	30	30	30
Poder de cierre del interruptor y del seccionador de puesta a tierra (kA cresta)	40	40	50
Función de protección de transformador (Q o D4)			
Interruptor-fusibles combinados (Q)			
Intensidad asignada (A)	200	200	200
Poder de cierre (kA cresta) ⁽³⁾	40	40	50
Interruptor automático D4			
Intensidad asignada (A) ⁽¹⁾	400	400	
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) ⁽²⁾	16	16	
Poder de corte en cortocircuito (kA ef.)	16	16	
Poder de cierre (kA cresta)	40	40	
Función de protección de línea con interruptor automático (D6)			
Intensidad asignada (A) ⁽¹⁾	630		
Intensidad admisible de corta duración (kA ef./1 s) ⁽²⁾	16		
Poder de corte en cortocircuito (kA ef.)	16		
Poder de cierre (kA cresta)	40		

(1) Estas características son válidas (según IEC) para temperaturas ambiente comprendidas entre -25 °C y +40 °C (clase -25 °C). Para temperaturas más elevadas, la intensidad admisible (en A) es:

Temperatura	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
Instalación interior	400	400	400	355
	630	575	515	460

(2) Para valores de intensidad admisible de corta duración > 1 s, se ruega consultar.

(3) Valores estimados, ya que la intensidad está limitada por el fusible.

Hemos adjuntado la tabla de características eléctricas de las celdas compactas RM6 aportadas por el fabricante y obtenidas del catálogo 2008 Schneider Electric CT'S hasta 24 kV.



Los valores que nos van a ser útiles y debemos tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos eléctricos son los siguientes:

- Tensión Asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - A frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV eficaz.
 - A impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en función de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en funciones de protección: 200 A.
(400 A en interruptor automático)
- Intensidad nominal admisible durante 1 segundo: 16 kA eficaz.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta.
(es decir, 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración).

Las normas exigidas que cumplen las celdas RM6 son las siguientes:

- IEC: 60694, 60298, 60265, 62271-102, 62271-105, 62271, 60255.
- UNE-EN 60298, recomendación UNESA RU 6407B.
- Condiciones normales de servicio, según IEC 60694 para equipo de interior:
 - a) Temperatura Ambiente:
 - Clase -25 Interior.
 - Inferior o igual a 40 °C.
 - Inferior o igual a 35 °C de media en 24 horas.
 - Superior o igual a -25 °C.
 - b) Altitud:
 - Inferior o igual a 1.000 metros.
 - Por encima de 1.000 y hasta 3.000 m, con conexiones de campo dirigido.
 - c) Poder de Corte:
Los interruptores de las celdas compactas RM6 son interruptores de clase E3/M1, conformes a la norma IEC 60265, es decir:
 - 100 ciclos de cierre/apertura de la intensidad asignada con $\cos \varphi = 0,7$.
 - 1.000 maniobras de apertura mecánica.



Los interruptores automáticos están diseñados para:

- Dos mil maniobras de apertura mecánica conforme con la norma IEC 62271-100.
- 100 ciclos de cierre/apertura de la intensidad nominal.
- 5 ciclos de cierre/apertura con la intensidad de cortocircuito.

El poder de corte de la aparatamenta será de 400 Amperios eficaces en las funciones de línea y de 16 kA en las funciones de protección, bien se consiga con interruptor automático o por fusible.

El poder de cierre de todos los interruptores será de 40 kA cresta.

Todas las funciones, tanto de línea como de protección, incorporarán un seccionador de puesta a tierra de 40 kA cresta de poder de cierre.

Deberá existir una señalización positiva de la posición de los interruptores y seccionadores de puesta a tierra. Además, el seccionador de puesta a tierra deberá ser directamente visible a través de visores transparentes, con el fin de poder observar fácilmente el estado en que se encuentra dicho seccionador.

El embarrado estará sobredimensionado para soportar perforaciones permanentes de los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos de la memoria presente.

Al haber elegido las celdas compactas RM6 tenemos la posibilidad de ampliación del número de celdas de nuestro equipo, en caso de que la compañía suministradora prevea una evolución futura de la red de distribución.

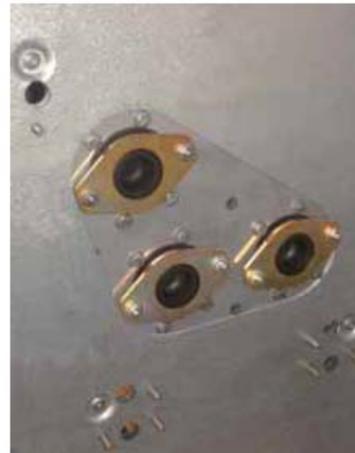
Se pueden añadir una o varias unidades de las diferentes unidades funcionales (línea, interruptor-fusibles combinados o interruptor automático), acoplado fácilmente módulos unitarios conectados entre sí al nivel del juego de barras, mediante conectores de campo dirigido.

Esta sencilla operación se puede realizar “In situ, mediante un proceso rápido y sencillo:

- Sin necesidad de manipular el SF6.
- Sin necesidad de herramientas específicas.
- Sin necesidad de preparación específica del suelo.

La gama RM6 cuenta con equipos compactos de tres y cuatro funciones extensibles por la derecha a los que se podrán ir acoplando celdas de una sola función totalmente extensible (extensible a ambos lados).

En consecuencia, la única restricción técnica para la ampliación de un conjunto de celdas compactas RM6 extensible, es la de respetar la intensidad nominal del juego de barras.



Partes extensibles para la celda compacta RM6.

Imágenes N° 5 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Para poder aumentar la seguridad en la alimentación de las líneas en las celdas compactas tipo RM6 podemos recurrir al uso de interruptores automáticos de 630 A (método opcional pero muy recomendable).

Con la instalación de dicho elemento podemos ofrecer al distribuidor de energía eléctrica una mejora en la calidad del servicio de la red y podemos reducir los costes de instalación, al montar una estructura de dos niveles con un bucle principal que reparta la energía a los bucles secundarios conectados al transformador de Media Tensión / Baja Tensión.

El interruptor automático de 630 A de la gama RM6 está diseñado para la protección de éste nivel intermedio.

Con su cadena de protección autónoma, detecta el cable en el que se produce un defecto de la red (ya sea de fase u homopolar) y lo aísla instantáneamente.

El relé de protección VIP 300, que cumple con la normativa IEC 60255, ofrece un amplio abanico de curvas de protección para adaptarse a las distintas necesidades de selectividad con la protección principal situada aguas arriba.

De este modo, al crear varios puntos de protección en los tramos de la red de Media Tensión, se reduce mejor la incidencia de los defectos y se refuerza la calidad del servicio frente al usuario final.

Con el interruptor automático de protección de línea se dispone de un equipo que puede motorizarse en el momento de la instalación, o incluso más adelante, “in situ” y sin interrupción en el servicio y que se integra perfectamente en el contexto de telemando de las redes de distribución.



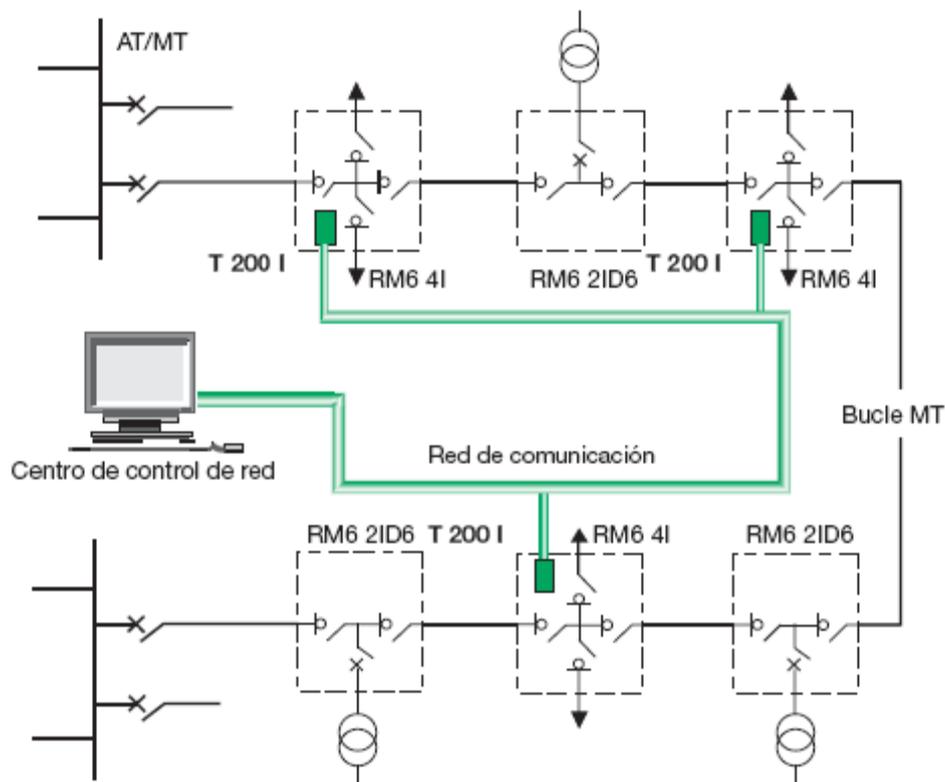
Celda RM6 con interruptor automático

Imagen Nº 6 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Los sistemas de telemando mejoran significativamente la eficacia en las redes de distribución, puesto que:

- Reducen notablemente los tiempos de corte debido al seguimiento y al control de los equipos de la red, con lo cual, mejoramos la calidad del servicio.
- Se optimiza la explotación de la red mediante un seguimiento en tiempo real. La red puede explotarse hasta sus límites de forma segura.
- Se reducen los costes de explotación al simplificarse y agilizarse la búsqueda de defectos y al posibilitarse una configuración más rápida.

A continuación exponemos un esquema típico de un sistema de telemando para celdas compactas RM6.



Esquema Clásico sistema de telemando.

Imagen N° 7 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



Antes de indicar la elección del modelo de las celdas elegidas en nuestro proyecto, empezaremos por describir las principales características de las celdas compactas de tipo RM6 en referencia a la seguridad de las personas.

En relación a la aparamenta:

Los interruptores y seccionadores automáticos presentan arquitecturas similares, que constan:

- Un equipo móvil con tres posiciones estables (cerrado, abierto y conectado a tierra), que se desplaza en traslación vertical. Su diseño impide el cierre simultáneo del interruptor o del interruptor automático y del seccionador de puesta a tierra (enclavamiento natural).
- El seccionador de puesta a tierra, conforme con las normas, dispone de poder de cierre en cortocircuito.
- La función de seccionamiento está asociada a la función de corte.
- El colector de tierra está dimensionado de acuerdo con las características de la red.
- El acceso al compartimento de cables se encuentra enclavado con el seccionador de puesta a tierra.



Interruptor de tres posiciones.

Imagen N° 8 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



En relación a los mandos fiables:

Los mandos mecánicos y eléctricos están agrupados en la cara delantera, debajo de la cubierta en la que figura el esquema sinóptico del estado del aparato (cerrado, abierto, conectado a tierra):

- Cierre: La maniobra del equipo móvil se realiza a través de un mecanismo de acción brusca, independiente del operador.

En el interruptor automático y el interruptor combinado con fusibles, el mecanismo se arma para la apertura en el momento del cierre.

- Apertura: La apertura del interruptor de línea se realiza con el mismo mecanismo de acción brusca, maniobrando en sentido opuesto.

En el interruptor automático y en el interruptor combinado con fusibles la apertura se realiza por medio de un pulsador, un defecto (fusión del fusible o disparo del relé) y una bobina de disparo.

- Puesta a tierra: Un eje específico de mando permite el cierre o la apertura de los contactos de puesta a tierra. El orificio de acceso de dicho eje está obturado por una pletina que se libera cuando está abierto el interruptor o el interruptor automático, y permanece enclavado cuando éste está cerrado.
- Indicadores de posición del equipo: Directamente colocados sobre los ejes de maniobra del equipo móvil, reflejan con exactitud la posición del equipo (norma IEC 62271-102).
- Palanca de maniobra: Diseñada con un disparo antirreflex que bloquea cualquier intento de reapertura inmediata después del cierre del interruptor o del seccionador de puesta a tierra.

- Dispositivo de enclavamiento: Mediante uno a tres candados se pueden condenar:
 - 1) El acceso al eje de maniobra del interruptor o del interruptor automático.
 - 2) El acceso al eje de maniobra del seccionador de puesta a tierra.
 - 3) La maniobra del pulsador de disparo de apertura.

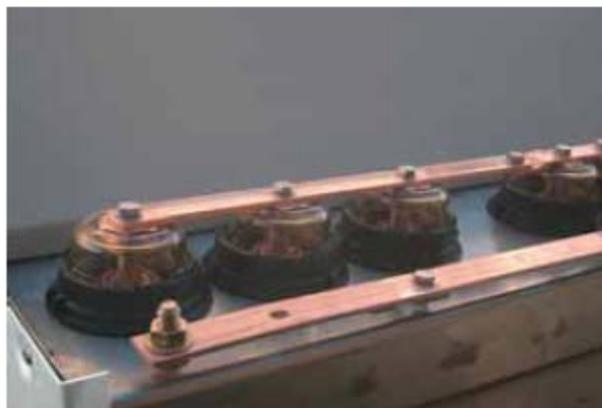


Mandos Celda Compacta RM6

Imagen N° 9 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

En relación a la visualización de la puesta a tierra.

- Indicadores directos de posición del seccionador de puesta a tierra cerrado. Están situados en la parte superior del equipo móvil y pueden verse a través de las mirillas de tierra transparentes, cuando el seccionador de puesta a tierra está cerrado.



Puesta a tierra celdas compactas RM6

Imagen N° 10 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



En relación al ensayo de arco interno.

El diseño de la celda compacta RM6, es robusta, fiable e insensible al entorno, que hace que sea muy poco probable que aparezca un defecto en el interior de la envolvente.

No obstante, con el fin de garantizar la máxima seguridad de las personas, la celda está diseñada para soportar durante un tiempo un arco interno alimentado por una intensidad de cortocircuito sin peligro para el operador.

La sobrepresión accidental debida al arco interno se reduce al romperse la válvula de seguridad en la parte inferior de la envolvente metálica. De este modo, los gases son canalizados hacia la parte posterior de la celda sin que se produzca ninguna manifestación o proyección frontal.



Ensayo arco interno celda RM6

Imagen N° 11 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

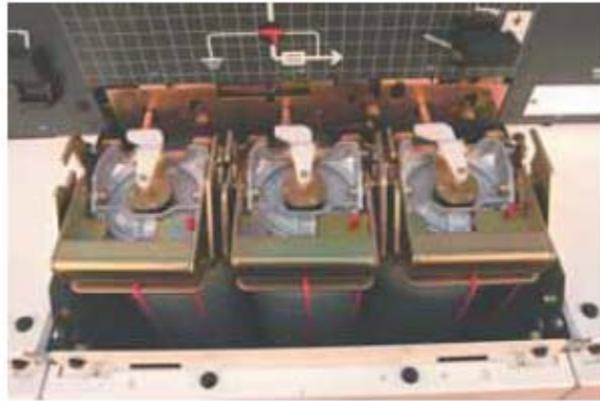
En relación a la insensibilidad del entorno.

Posee un aislamiento integral:

- Una envolvente metálica de acero inoxidable y estanca (IP67) contiene las partes activas del equipo y el juego de barras.
- Tres pozos de fusibles estancos, desenchufables, metalizados en su exterior, aíslan los fusibles del polvo y de la humedad.

- Los pozos de fusibles metalizados y los conectores enchufables de campo dirigido confinan el campo eléctrico en los aislantes sólidos.

La combinación de estos tres elementos proporcionan un verdadero aislamiento integral que otorga al equipo de celdas compactas RM6 total insensibilidad al entorno, al polvo, a la excesiva humedad o a inundaciones temporales.



Aislamiento integral celdas RM6

Imagen N° 12 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

En relación a la seguridad de explotación (control del aislamiento de los cables).

Para controlar el aislamiento de los cables o buscar defectos se puede inyectar en los cables una corriente continua de hasta 42 kV durante 15 minutos, a través de la celda RM6, sin desconectar los conectores enchufables de conexión del cable.

Basta con cerrar el seccionador de tierra y quitar la conexión extraíble de puesta a tierra (pletina de tierra) para inyectar tensión a través de los contactos de puesta a tierra. Este sistema requiere utilizar “dedos de tierra” (opcional).



Pletinas de tierra en las celdas compactas RM6

Imágenes N° 13 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

En relación a indicadores de presencia de tensión.

Se trata de un dispositivo que permite comprobar si existe o no tensión en los cables. Cumple con la norma IEC 61958.



Indicador de presencia de tensión en celdas RM6

Imagen N° 14 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

En relación a la indicación de presencia de gas.

Se suministra una serie de manómetros en el frontal de los mandos para controlar la presión interna del gas SF6 en la cuba de la aparamenta de la celda RM6.



Indicador de gas celdas compactas RM6

Imagen N° 15 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

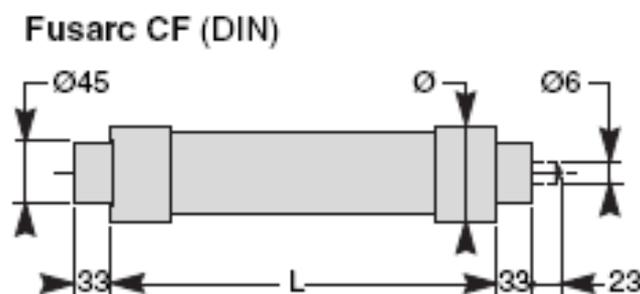
Como hemos comentado anteriormente, debemos tener la capacidad de alcanzar el poder de corte de la aparamenta en las funciones de línea y de protección, para poder dotar al sistema de una calidad de servicio óptima.

Para ello las dos soluciones a las que podemos recurrir son al uso de fusibles o de interruptores automáticos, a continuación dimensionaremos cada una de las dos opciones posibles:

1) Dimensionamiento de los fusibles:

Se realizará mediante interruptores-fusibles combinados. El calibre de los fusibles utilizados para la protección del transformador depende, entre otras cosas, de las características siguientes:

- Tensión de servicio.
- Potencia del transformador.
- Disipación térmica de los fusibles.
- Tecnología de los fusibles, dependerá del fabricante.



Dimensionamiento de los fusibles tipología FUSARC CF.

Imagen N°16 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Por todo ello se recomienda instalar fusibles tipo **FUSARC CF** según normas dimensionales DIN 43625 con percutor.

Para la sustitución de los fusibles en caso de fusión, las normas IEC recomiendan cambiar sistemáticamente los tres fusibles.



Paso 1

Paso 2

Paso 3

Paso 4

Imágenes pasos seguidos para cambio de fusible FUSARC CF.

Imagen N° 17 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Dimensiones de los fusibles.

Tensión asignada (kV)	Calibre (A)	L (mm)	Ø (mm)	Masa (kg)
12	10 a 20	292	50,5	1,2
	25 a 40	292	57	1,5
	50 a 100	292	78,5	2,8
24	125	442	86	4,6
	10 a 20	442	50,5	1,6
	25 a 40	442	57	2,2
	50 a 63	442	78,5	4,1
	80 a 100	442	86	5,3

Tabla de elección de los fusibles

(utilización sin sobrecarga a $-25\text{ }^{\circ}\text{C} < \alpha < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Tipo de fusible	Tensión de servicio (kV)	Potencia del transformador (kVA)															Tensión asignada (kV)	
		50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600		2.000
Caso general, normas IEC 60282-1, IEC 62271-105 y DIN 43265																		
Fusarc CF																		
6	16	20	25	25	31,5	40	50	50	63	80	100	125						12
6,6	10	20	25	25	31,5	40	50	50	63	63	80	100	125					
10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	50	50	63	80	100	125				
11	10	10	16	20	20	25	25	40	40	50	50	63	80	100	125			
13,8	10	10	10	16	16	20	25	31,5	40	40	50	50	63	100				24
15	10	10	10	10	16	20	25	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100			
20	10	10	10	10	16	16	20	25	25	31,5	40	40	63	63	80	100		
22	10	10	10	10	10	16	16	20	25	31,5	40	40	50	63	80	100		

Sobre los valores que no aparecen en esta tabla, consultar. En caso de sobrecarga o para más de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, consultar.

Tablas de características de los fusibles FUSARC FC.

Imágenes N° 18 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Como se puede observar al ver los valores de la tabla, nuestra elección sería para cada transformador de 1.000 kVA y 15-20 kV de tensión de servicio, los fusibles FUSARC CF calibre 63.

Al elegir este calibre y tener una tensión asignada de 24 kV (como es nuestro caso), el tamaño del fusible será de 442 milímetro de longitud, 78,5 milímetro de diámetro y 4,1 kg de masa.

2) Relés de protección.

La elección en nuestro caso será mediante interruptor automático de 400 Amperios. Al contrario que los fusibles, el interruptor automático no tiene intensidad mínima de corte, por lo que se adapta perfectamente a la protección de los transformadores a usar en nuestro proyecto.

La cadena de protección funciona sin fuente auxiliar de alimentación e incluye:

- Tres transformadores toroidales integrados en los pasatapas de salida al transformador.
- Un relé electrónico VIP 30 o VIP 35.
- Un disipador MITOP.
- Una toma de prueba para controlar que la protección funciona correctamente (caja de test VAP 6 opcional).

Los relés de protección VIP 30 y VIP 35, son relés autónomos sin alimentación auxiliar, alimentados por captadores de intensidad que activan una bobina MITOP.

El VIP 30 asegura la protección contra defectos entre fases.

El VIP 35 asegura la protección contra defectos entre fases y defectos homopolares (fase-tierra).



Relés VIP 30 y VIP 35.

Imágenes N° 19 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Estos relés están montados en una caja, con la carátula protegida por una tapa transparente (como ponemos apreciar en la foto adjunta); todo el conjunto dispone de un grado de protección IP 54.

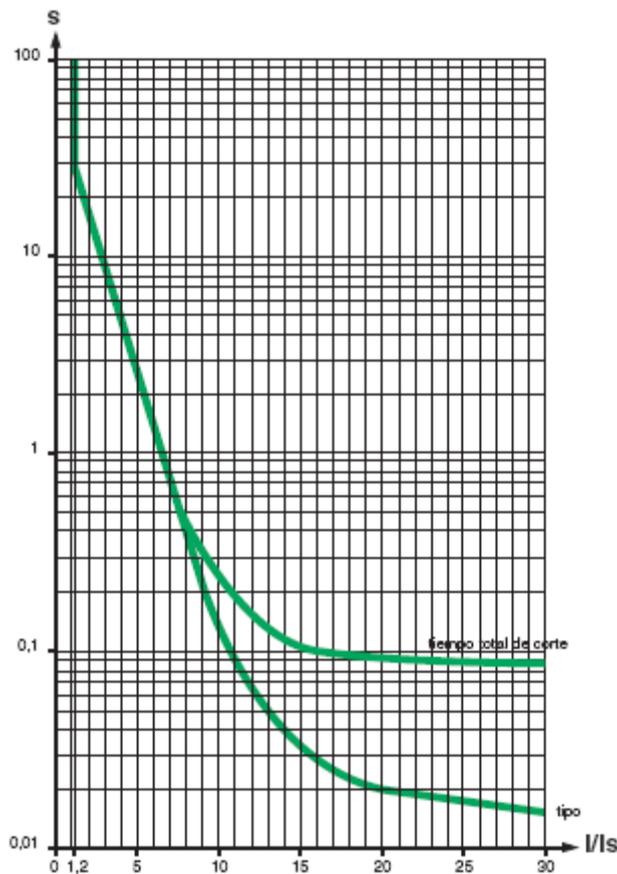
Los reglajes se efectúan en la cara frontal, mediante conmutadores rotativos.

La intensidad de servicio de fase se regula directamente en función de la potencia del transformador y de la tensión de servicio.

El umbral de intensidad de tierra se regula en función de las características de la red eléctrica.

Como hemos dicho, estos relés permiten la protección de fase, que se realiza mediante la curva a tiempo dependiente que funciona a partir de la intensidad de regulación (I_S) multiplicada por 1,2.

La protección de fase del VIP 30 y del VIP 35 es la misma.



La curva representa la duración de la intervención del relé, a la que deben añadirse 70 ms para obtener el tiempo de corte.

Imagen N° 20 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



La protección de tierra contra los defectos a tierra funciona con la medida de la intensidad homopolar que se obtiene de la suma de las intensidades secundarias de los captadores.

La protección de tierra funciona con una curva a tiempo independiente y pueden regularse el umbral y la temporización.

Tabla de regulación de la intensidad nominal de protección.

Tensión de servicio (kV)	Potencia del transformador (kVA)															T. servicio asignada (kV)				
	50	75	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1.000	1.250	1.600		2.000	2.500	3.000	
3	10	15	20	25	36	45	55	68	80	140	140	170	200							12
3,3	10	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200							
4,2	8	12	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200						
5,5		8	12	15	18	22	28	36	46	55	68	90	140	140	200					
6			10	12	18	20	25	36	46	55	68	80	140	140	200	200				
6,6			10	12	15	18	22	28	36	45	56	70	90	140	140	200				
10				8	10	12	15	20	25	30	37	55	68	80	140	140	170	200		
11					10	12	15	18	22	28	36	45	55	68	90	140	140	170		
13,8					8	10	12	15	18	22	28	36	46	55	68	90	140	140	24	
15						8	10	15	18	20	25	36	45	55	68	80	140	140		
20							8	10	15	20	25	30	37	45	55	68	80	140		
22								8	10	12	15	18	22	28	36	45	55	68	80	

Tabla de regulación de intensidad nominal.

Imagen Nº 21 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Como podemos observar en los valores de la tabla, sabiendo que los transformadores a usar en el proyecto son un par de 1.000 kVA cada uno, a una tensión asignada de 24 kV y una tensión de servicio de entre 15-20 kV, deducimos que la intensidad de protección del relé estará entre los valores de 37-45 kA.

Otra de las características fundamentales en la elección del tipo de celdas compactas a usar, viene determinado por la elección de la conexión.

Los perfiles, contactos y dimensiones de los pasatapas de conexión RM6 vienen definidos por la norma UNE-EN 50181.

Todos los pasatapas de resina de epoxy son sometidos a los ensayos dieléctricos de frecuencia industrial y a ensayos de descargas parciales.

Los pasatapas conducen la intensidad entre el exterior y el interior de la envolvente llena de gas SF₆, y garantizan el aislamiento entre los conductores que están bajo tensión y la masa.

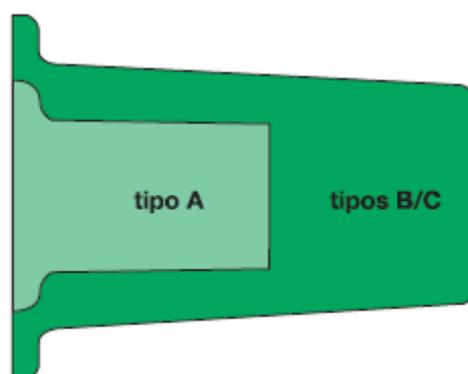


Pasatapas de conexión celda RM6

Imagen N° 22 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Existen tres tipos de pasatapas que se definen por su intensidad asignada de corta duración admisible:

- Tipo A: 200 A, 12,5 kA 1 segundo y 31,5 kA cresta (enchufable).
- Tipo B: 400 A, 16 kA 1 segundo y 40 kA cresta (enchufable). Son los usados en nuestro proyecto para las celdas compactas RM6.
- Tipo C: 400-630 A, 25 kA 1 segundo y 62,5 kA cresta (atornillable M16).



Tipos de pasatapas de conexión.

Tipos de pasatapas de conexión según su forma.

Imagen N° 23 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Los pasatapas usados van a depender fundamentalmente de la instalación y del tipo de cable.



Así los criterios que van clasificar los pasatapas en referencia a la instalación son:

- Intensidad del material conectado, que pueden ser de 200, 400 y 630 Amperios.
- Intensidad asignada de corta duración admisible en las funciones de interruptor e interruptor automático.
- Para la función de interruptor combinado con fusible, al estar limitada por el fusible la intensidad de cortocircuito, el pasatapas de conexión será de tipo A (200 Amperios).
- Longitud máxima de expansión de las fases.
- Dependiendo del tipo de conector enchufable, pueden ser:
 - a) Desenchufable: Dedo de contacto.
 - b) Atornillable: Conexión de rosca.
- Conector enchufable de salida, puede ser:
 - a) Recto.
 - b) Acodado
 - c) En T.

El otro criterio que clasificará a los pasatapas será en función del tipo de cable a instalar, con sus características:

- Tensión asignada:
 - a) Del cable.
 - b) De la red.
- Tipo de conductor:
 - a) Aluminio.
 - b) Cobre.
- Sección en milímetros cuadrados.

- Diámetro con aislante.
- Composición del cable:
 - a) Unipolar.
 - b) Tripolar.
- Tipo de aislante:
 - a) En seco.
 - b) Papel impregnado (no migrante).
- Tipo de pantalla.
- Tipo de Armadura.

El equipo estándar de compartimento de cables estará compuesto generalmente y en concreto en nuestro caso, por: Un panel frontal de cierre, bridas para el paso de los cables, conexión a tierra de los cables, enclavamiento integrado que impide el acceso al compartimento de conexión cuando está abierto el seccionador de puesta a tierra, el enclavamiento integrado que impide el cierre del interruptor cuando está abierto el panel del compartimento de conexión.

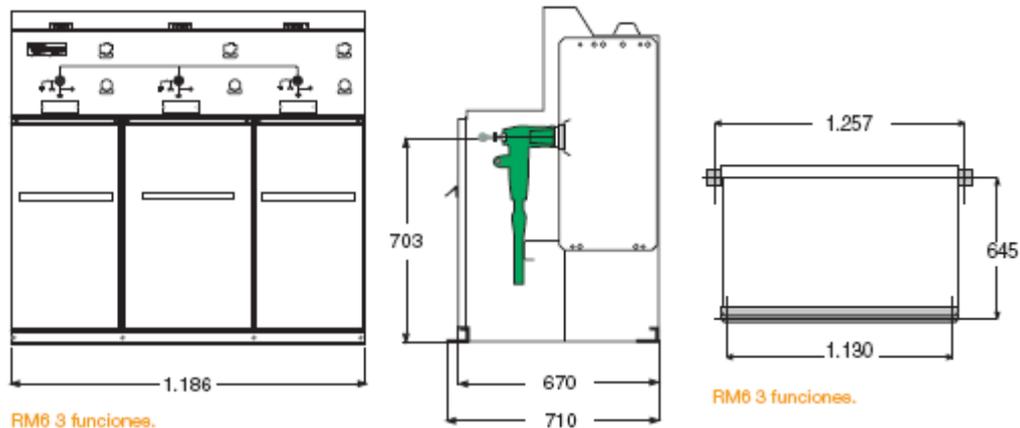
Todos estos elementos son de obligada instalación, siendo opcionales una instalación de: Fondo de compartimento para cable unipolar o tripolar (siendo obligatorio su uso en las conexiones de campo no dirigido) y el arco interno del compartimento de cables de hasta 16 kA, 1 segundo, que se trata de un compartimento especial.



Compartimento de cables en celdas RM6

Imagen N° 24 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Una vez definidas todas las propiedades anteriormente mencionadas en el diseño de nuestro Centro de Seccionamiento, y las características generales que deben cumplir para dar un servicio adecuado, procedemos a la selección del tipo de las Celdas usadas, en nuestro caso será un conjunto compacto RM6 fabricado por Merlin Gerin, modelo 31 (3L), equipado con tres funciones de línea con interruptor, de dimensiones: 1.142 milímetros de alto, 1.186 milímetros de ancho, 710 milímetros de profundidad y peso de 585 Kg.



Imágenes dimensionado de las celdas RM6

Imágenes N° 25 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Está formado por un conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF_6), de 24 kV de tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 Amperios en las funciones de línea, conteniendo en su interior el interruptor de la función de línea, que no es más que un interruptor-seccionador que posee las siguientes características:

- Poder de cierre de 40 kA de cresta.
- Seccionador de puesta a tierra en SF_6 .
- Palanca de maniobra.
- Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- Tres lámparas individuales (una por cada fase) para conectar a dichos dispositivos.



- Pasatapas de tipo roscados M16 de 400 Amperios en las funciones de línea.
- Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- Manómetro para el control de la presión del gas.
- La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 Amperios en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.
- Tres equipamientos de tres conectores apantallados en “T” roscados M16 de 400 Amperios cada uno.

Una vez definido y caracterizado el tipo de las celdas a usar, así como todos sus componentes eléctricos, solamente nos falta definir su ubicación física.

Para ello el conjunto del Centro de Seccionamiento se situará en la planta baja de nuestro edificio con acceso directo desde la calle.

Las tres celdas compactas RM6, que componen el Centro de Seccionamiento, quedarán encerradas por una malla metálica. El acceso estará restringido al personal de la Compañía Suministradora (Iberdrola) y personal externo autorizado y se realizará a través de una cerradura normalizada eléctrica.

La propiedad puede ser requerida por la Compañía Suministradora para firmar una posible condición de servidumbre.

El conjunto del Centro de Seccionamiento y el Centro de Transformación se montará sobre una bancada de 30 centímetros para elevarlo del suelo del local por temas de seguridad.



La zona de ubicación debe ser de fácil acceso para un camión de 24 toneladas y libre de obstáculos que impidan su descarga y montaje.

Los elementos básicos que se deben estar adosados a dicha malla o ubicados cerca de la malla de separación, son:

- El cartel de primeros auxilios.
- El cartel con las cinco reglas de oro.
- Portadocumentos con manual de explotación.

Todo ello cumpliendo con la Normativa y Reglamento sobre condiciones técnicas y de garantía de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

La conexión de la red existente de la Compañía Suministradora con el Centro de Seccionamiento, se realizará por medio de cables de aluminio unipolares compactados de clase 2 de Alta Tensión de aislamiento en seco tipo HEPRZ1 de 240 mm² con cubierta exterior de poliolefina termoplástica de tipo DMZ2 de altas prestaciones mecánicas y con alta resistencia al desgarro y la abrasión.

Como se necesitará nuevos tramos de línea para realizar la conexión, nos vemos en la obligación de recurrir a la utilización de empalmes de Alta Tensión y su consecuente apertura de zanja de los metros necesarios para ello, con una profundidad de seguridad en dicha zanja de como mínimo 1,5 metros, con el consiguiente desalojo y rellenado de tierra una vez incorporado los cables en el terreno, así como de unas bandas de seguridad y advertencia de la presencia de cables de Alta Tensión en caso de futuras aperturas del terreno.

En las celdas de entrada y salida del Centro de Seccionamiento, se alojarán interruptores-seccionadores, que permitirán a la Compañía Suministradora las maniobras necesarias de cierre y apertura para la explotación de la red eléctrica.

La celda de protección para la salida de la acometida que alimentará el Centro de Transformación, estará equipada con un interruptor-seccionador exigido por la Compañía Suministradora y que sólo puede ser manejado por personal propio de dicha Compañía.

Vamos a describir los distintos accesos al Centro de Seccionamiento, así podemos diferenciar entre:

- **Acceso de Personal:** Como definimos anteriormente, la entrada al Centro de Seccionamiento se situará con acceso directo desde la calle con paso exclusivo para la compañía.

La puerta de acceso estará formada por dos hojas metálicas simétricas que se pueden abatir hasta 180°, pudiendo mantenerlas en posición de 90° o 180° con un retenedor metálico.

Se situará una rejilla de aireación sobre al menos, una de las puertas.

El material usado será chapa de acero galvanizado con pintura poliéster, generalmente azul RAL 5003.

- **Acceso de Materiales:** Las vías para el acceso de materiales deberán permitir el transporte de todos los elementos necesarios para el Centro de Seccionamiento, del tamaño suficiente para que puedan ser introducidos por un camión de 24 toneladas.

Dichas puertas de chapa de acero galvanizado con pintura poliéster se abrirán hacia el exterior y tendrán una luz mínima de 2,30 metros de altura y de 1,40 metros de anchura.



Puertas Acceso personal y Acceso de Materiales.

Imagen N° 26 Obtenida de Google sobre una puerta de acceso de un Centro de Seccionamiento cualquiera.



2.6.2 Centro de Transformación.

El Centro de Transformación empleado será de tipo interior, para el alojamiento de su aparallaje, constituido por celdas prefabricadas bajo envolvente metálica y construido y diseñado según las normas UNE-EN 60298: Aparamento Bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

Estas celdas modulares de aislamiento están equipadas con aparallaje fijo que utiliza el Hexafloruro de Azufre (SF_6), como elemento de corte y extinción del posible arco de aparición. (el mismo aislante que en el aparallaje del Centro de Seccionamiento)

Corresponden en su concepción y fabricación a la definición de aparamento bajo envolvente metálica única de acero inoxidable, conteniendo en su interior los interruptores y el embarrado.

En la elección de nuestras celdas hemos recurrido al mismo fabricante que en el aparallaje del Centro de Seccionamiento, es decir, al fabricante Merlin Gerin, perteneciente a Schneider Electric España, y más concretamente a las celdas modulares tipo SM6-24.

La gama de celdas modulares SM6-24, está equipadas con aparamento fija bajo envolvente metálica, que utiliza el Hexafloruro de Azufre (SF_6) como elemento aislante y agente de corte en los siguientes elementos:

- Interruptor-Seccionador.
- Interruptor automático Fluor SFset.
- Seccionador.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Contador Rollarc.

La gama SM6-24 responde, en su concepción y fabricación de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Las celdas SM6-24 permiten realizar la parte de Media Tensión de los Centros de Transformación MT/BT de distribución pública y privada hasta 24 kV.



Además de sus características técnicas, las celdas modulares SM6-24, aportan unas respuestas a exigencias en materia de seguridad de las personas, facilidad de la instalación y explotación.

Las celdas modulares tipo SM6-24 están concebidas para instalaciones de interior (IP2XC según la Norma UNE 20324 o IEC 60529), beneficiándose de unas dimensiones reducidas, que son de aproximadamente:

- Anchuras de 357 milímetros (celda de interruptor) a 750 milímetros (celdas de interruptor automático).
- Altura de 1.600 milímetros.
- Profundidad a cota cero de 840 milímetros.

Estas dimensiones tan reducidas nos permiten su ubicación en un local pequeño o en el interior de un edificio prefabricado de hormigón.



Celda Modular Gama SM6-24

Imagen N° 27 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



El grado de protección, según la norma UNE 20324 (equivalente a la norma europea IEC 60529), de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP2XC. Para el resto de los compartimentos es IP2X.

En lo referente a daños mecánicos, el grado de protección es de 7 (protección frente a la inmersión), según la norma UNE 20304 o equivalente europea IEC 60529.

Los cables se conectan desde la parte frontal de las celdas.

La explotación está simplificada por la reagrupación de todos los mandos sobre el mismo compartimento frontal.

Las celdas pueden equiparse con numerosos accesorios (bobinas, motorización, contactos auxiliares, transformadores de medida y protección, etc.)

La pintura utilizada en las celdas modulares SM6-24, son de tipo RAL 9002 (Blanco) y RAL 9030 (negro).

Las celdas modulares de la gama SM6-24 responden a las siguientes recomendaciones, normas y especificaciones:

- Normas Internacionales: IEC 60298; 62271-102; 60265; 62271; 60694; 62271-105.
- Normas Españolas: UNE-EN 60298; IEC 62271-102; 60265-1; 60694; 62271-100.

**Tabla de características eléctricas generales de las celdas modulares SM6-24****● Tensión asignada (Un) - aislamiento.**

Tensión asignada (kV)		7,2	12	24
50 Hz/1 min. (kV)	Aislamiento	20	28	50
	Seccionamiento	23	32	60
tipo rayo (kV cresta)	Aislamiento	60	75	125
	Seccionamiento	70	85	145

● Tensión asignada (Un) - límite térmico (Ith) - intensidad asignada (In).

Serie 12,5 (12,5 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 16 (16 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 20 (20 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	400-630 A
Serie 25 (25 kA 1 s)	400-630 A	400-630 A	NO

Imagen N° 28 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Nuestra celda modular SM6-24, el número 24 hace referencia a la tensión asignada, que en nuestro caso son 24 kV, como se puede observar en la tabla puede soportar tensiones de aislamiento entre fases y entre fases y tierra de 50 kV eficaces a frecuencia industrial (50 Hz durante 1 minuto) y a impulso tipo rayo de hasta 125 kV cresta.

La intensidad asignada en funciones de línea es de 400 Amperios, puede incluso valer hasta 630 Amperios, pero no recomendable.

La intensidad nominal admisible durante 1 segundo será de 16 kA eficaces, por tanto nuestra serie elegida será la SERIE 16.

Tabla de valores de tensión de poder de corte máximo.**● Poder de corte (Pdc) máximo.**

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, IMR GCSD, GCSI, GCMD, GCMi, NSM	400-630 A
PM, PMBD, PMBI	400-630 A (interruptor) 25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
QM, QMC, QMBD, QMBI	400-630 A (interruptor) 25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV (fusibles)
DM1-C, DM1-D, DMI-W, DM1-A	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV
DM2	25 kA-12 kV / 20 kA-24 kV
CRM sin fusibles	10 kA-7,2 kV / 8 kA-12 kV
CRM con fusibles	25 kA-7,2 kV / 12,5 kA-12 kV
SM, SME	No tiene Pdc

Imagen N° 29 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



Tabla de valores de intensidad del poder de cierre de los seccionadores de puesta a tierra.

● Poder de cierre de los seccionadores de puesta a tierra (Spat) en kA cresta.

IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, GCSD GCSI, GCMD, GCMI, NSM, IMR PM, QM, QMC	2,5 × Ith Spat superior: 2,5 × Ith Spat inferior: 2,5 kA cresta
PMBD, PMBI, QMBD, QMBI	Spat superior: 2,5 × Ith Spat inferior: NO LLEVA
DM1-C, DM1-W, DM1-A, CRM DM1-D, DM2	40 kA cresta / 50 kA cresta Spat superior sin poder de cierre
SM	NO TIENE poder de cierre
SME	NO LLEVA Spat
GAM	2,5 × Ith

Imagen N° 30 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Los valores y características generales de las celdas compactas SM6-24, que nos van a permitir la elección en nuestra instalación del Centro de Transformación y sus cálculos eléctricos son los siguientes:

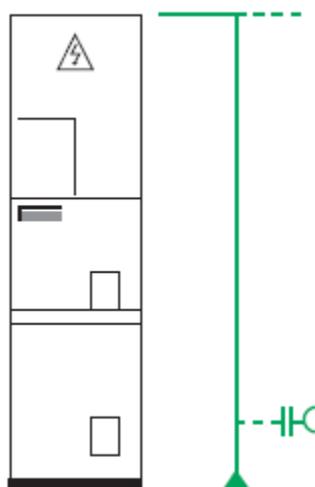
- Tensión Asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a) A frecuencia Industrial (50 Hz) durante 1 minuto: 50 kV eficaz.
 - b) A impulso tipo rato: 125 kV cresta
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- Intensidad asignada en interruptor automático: 400 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles: 200 A.
- Intensidad nominal admisible durante 1 segundo: 16 kA eficaz.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta.
(es decir, 2,5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración).
- Grado de protección de al envolvente: IP307
(según la UNE 20324-94)
- Puesta a tierra.
- El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.

- Embarrado: El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de los cálculos.

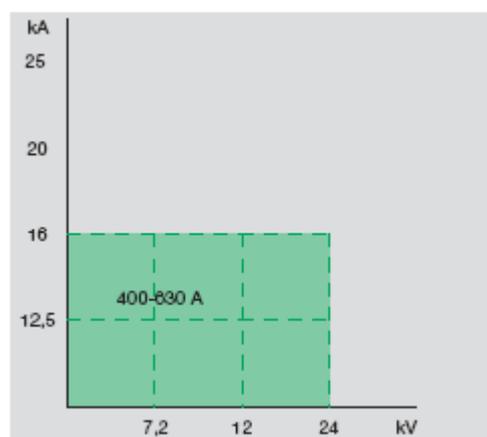
A continuación vamos a presentar los componentes del sistema de celdas de manera bastante esquemática, que serán los siguientes:

A) CELDA DE REMONTE.

- Celda de remonte de cables fabricada por Merlin Gerin empresa de Schneider Electric España, gama SM6, modelo GAME, cuyas dimensiones son de 375 milímetros de anchura, 870 milímetros de profundidad y 1.600 milímetros de altura. En cuyo interior se sitúan los siguientes elementos.
- Juego de barras interior tripolar de 400 Amperios, tensión de 24 kV y 16 kV.
- Remonte de barras de 400 Amperios para la conexión superior con otra celda.
- Celda preparada para la conexión inferior con cable seco unipolar.
- Embarrado de puesta a tierra.



Celda de remonte de cables tipo GAME
con conexión superior a izquierda o
derecha por barras (375 mm)

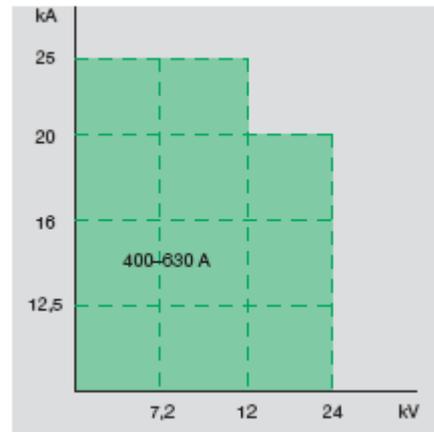
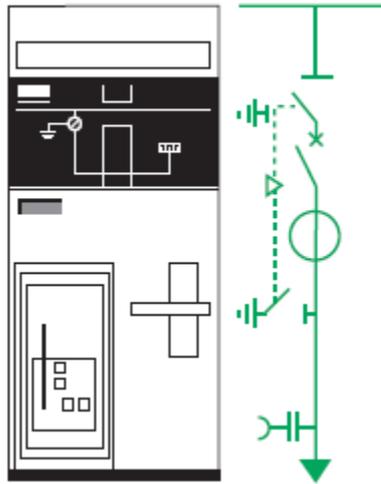


Característica Eléctrica

Imágenes Nº 31 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

**B) CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.**

- Celda fabricada por Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, cuyas dimensiones aproximadas son de 750 milímetros de anchura, 1.220 milímetros de profundidad y 1.600 milímetros de altura, en cuyo interior se encuentran alojados:
- Juego de barras tripolares de 400 Amperios para conexión superior con celdas adyacentes de 16 kA.
- Seccionador en Hexafloruro de Azufre (SF₆).
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en Hexafloruro de Azufre (SF₆), tipo Fluarc SFset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 Amperios, con poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura de emisión de tensión de 220 Voltios en corriente alterna, a 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- Tres captadores de intensidad modelo CRA para la alimentación del relé VIP 300P.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Unidad de control VIP 300P, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.
- Sus funciones serán la protección contra sobrecargas y cortocircuitos (50-51).



Interruptor automático protección transformador
o salida de línea (tipo DM1C) 750 mm

Característica Eléctrica

Imágenes Nº 32 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

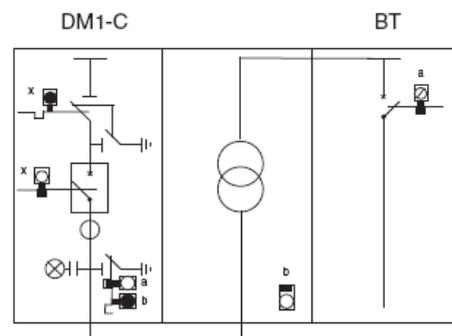
- Enclavamiento por cerradura tipo E24. Cuya función tiene impedir la maniobra en carga del seccionador de la celda DM1C. Impedir el acceso a la celda del transformador hasta haber abierto el disyuntor de Baja Tensión y haber cerrado el seccionador de puesta a tierra.

Vamos a comentar brevemente el funcionamiento y ciclo de las maniobras necesarias para el enclavamiento.

Posición de servicio: **1º.** Disyuntor de Media Tensión cerrado con llave “x” prisionera; **2º.** Seccionador DM1C cerrado y bloqueado por llave “x” ausente; **3º.** Disyuntor de Baja Tensión cerrado con llave prisionera;

Para acceder a la celda de transformador: **1º.** Abrir el disyuntor de Baja Tensión y liberar la llave “a”; **2º.** Llevar la llave al seccionador de puesta a tierra; **3º.** Abrir el disyuntor de Media Tensión pulsando el botón rojo y simultáneamente girar la llave “x” y extraerla. **4º.** Con la llave “x” desbloquear y abrir el seccionador de puesta a tierra, la llave “a” queda prisionera y el seccionador de puesta a tierra enclavado; **5º.** Liberar la llave “b”, desbloquear y abrir con dicha llave la puerta del transformador.

Para restablecer el servicio: **1º.** Colocar la puerta de acceso al transformador; **2º.** Bloquear dicha puerta y liberar la llave “b”; **3º.** Con la llave “b” desbloquear y abrir el seccionador de puesta a tierra, la llave “b” queda prisionera y la llave “a” libre; **4º.** Cerrar el seccionador de la DM1C, la llave “x” queda libre y el seccionador bloqueado; **5º.** Con la llave “x” desbloquear el pulsador negro de cierre del disyuntor. Proceder previamente al tensado manual de muelles mediante palanca si el mando no está motorizado, y cerrar el disyuntor pulsando el botón negro; **6º.** Por último, con la llave “a” desbloquear y cerrar el disyuntor de Baja Tensión



  Llave ausente   Llave libre   Llave prisionera  Panel o puerta

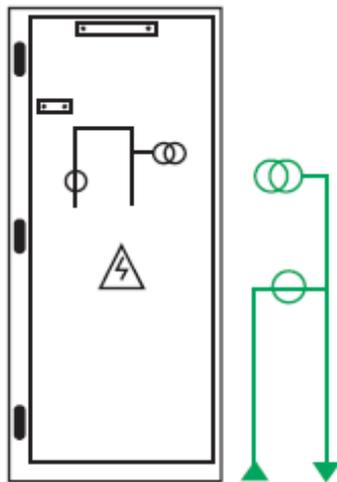
Enclavamiento tipo E24 celda gama SM6

Imagen N° 33 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

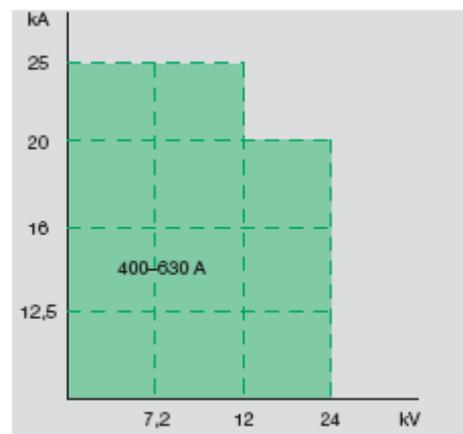
C) CELDA DE MEDIDA.

- Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad, con entrada y salida inferior por cable, gama SM6 modelo GBC2C, de dimensiones de 750 milímetros de anchura, 1.038 milímetros de profundidad y 1.600 milímetros de altura, conteniendo en su interior:
- Juegos de barras tripolar de 400 Amperios y 16 kAmperios.
- Entrada y salida por cable seco.
- Transformadores de intensidad de relación 20-40/5 Amperios, 10 VA Clase 05, S, 200 Amperios de intensidad de línea nominal y aislamiento de 24 kV según la compañía.

- Transformadores de tensión según la compañía, bipolares, modelo de alta seguridad de relación 16:500/110-110:3, 25 VA, Clase 0,5 protección 3P, potencia no simultáneas, contrato mínimo de 187 y máximo de 996 kW, tensión nominal y aislamiento de 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contra ferro-resonancia (50 Ohm/200 W).
- Una resistencia de contra ferro-resonancia.



Medida de tensión e intensidad salida y entrada inferiores por cable tipo GBC2C (750 mm)



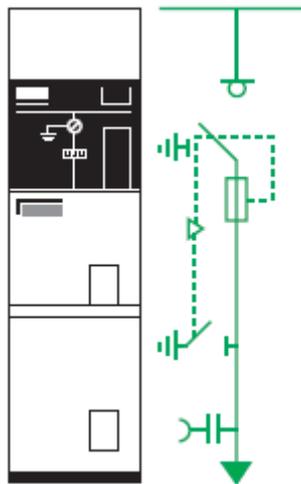
Característica Eléctrica

Imágenes N° 34 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

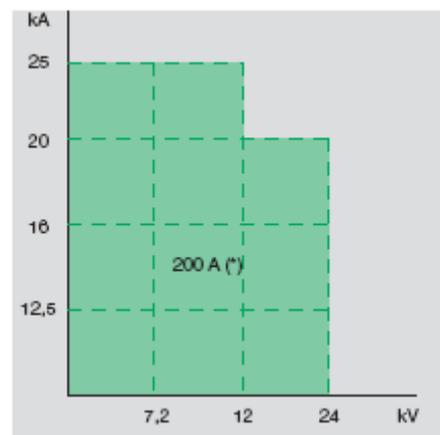
D) CELDA DE PROTECCIÓN CON RUPTOFUSIBLES.

- Celda Merlin Gerin de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QM, de dimensiones de 375 milímetros de anchura, 94 milímetros de profundidad y 1.600 milímetros de altura, en cuyo interior se encuentran:
- Juego de barras tripolar de 400 Amperios, para conexión superior con celdas adyacentes.

- Interruptor-seccionador en Hexafloruro de Azufre (SF_6) de 400 Amperios, tensión de 24 kV y 16 kA, equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 Voltios a 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica de tipo MESA CF (DIN 43625), de 24 kV y calibre de 63 Amperios.
- Señalización mecánica de fusión de fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas debajo de los fusibles).



Interruptor-fusibles combinados salida por cables o por barras a la derecha (tipo QM, 375 mm)



Característica Eléctrica

Imágenes Nº 35 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

- Enclavamiento por cerradura tipo C4 cuya función tiene impedir el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general de Baja Tensión no esté abierto y enclavado. Impedir el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra no se ha cerrado previamente.

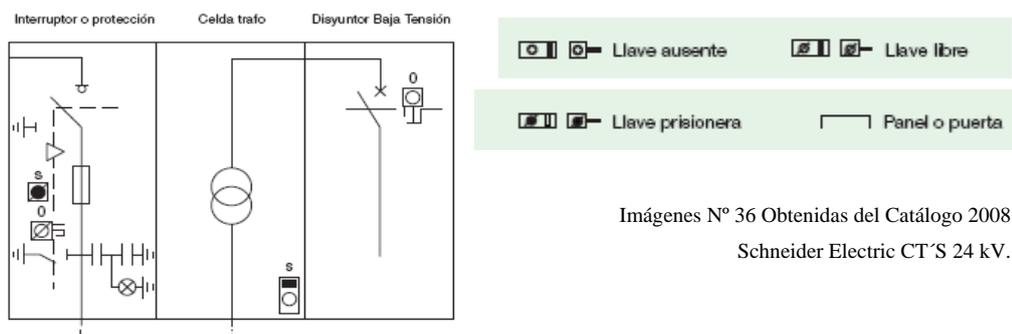
Vamos a comentar las funciones y el ciclo de maniobras que hay que llevar a cabo para ello.

Posición de servicio: **1º.** Interruptor de Media Tensión cerrado; **2º.** Disyuntor de Baja Tensión cerrado y llave “a” prisionera; **3º.** Llave “b” prisionera con seccionador de puesta a tierra abierto y enclavado.

Para acceder a los fusibles: **1º.** El interruptor de Baja Tensión se abre y se libera la llave “a”; **2º.** Llevar la llave “a” sobre el seccionador de puesta a tierra de la cabina de protección; **3º.** Abrir el interruptor; **4º.** Desbloquear con la llave “a” y cerrar el seccionador de puesta a tierra (la llave “a” queda prisionera); **5º.** Una vez cerrado el seccionador de puesta a tierra, se libera la llave “b” quedando enclavado en cerrado; **6º.** Con esta llave “b” desbloquear la puerta de acceso al transformador. La llave “b” queda prisionera.

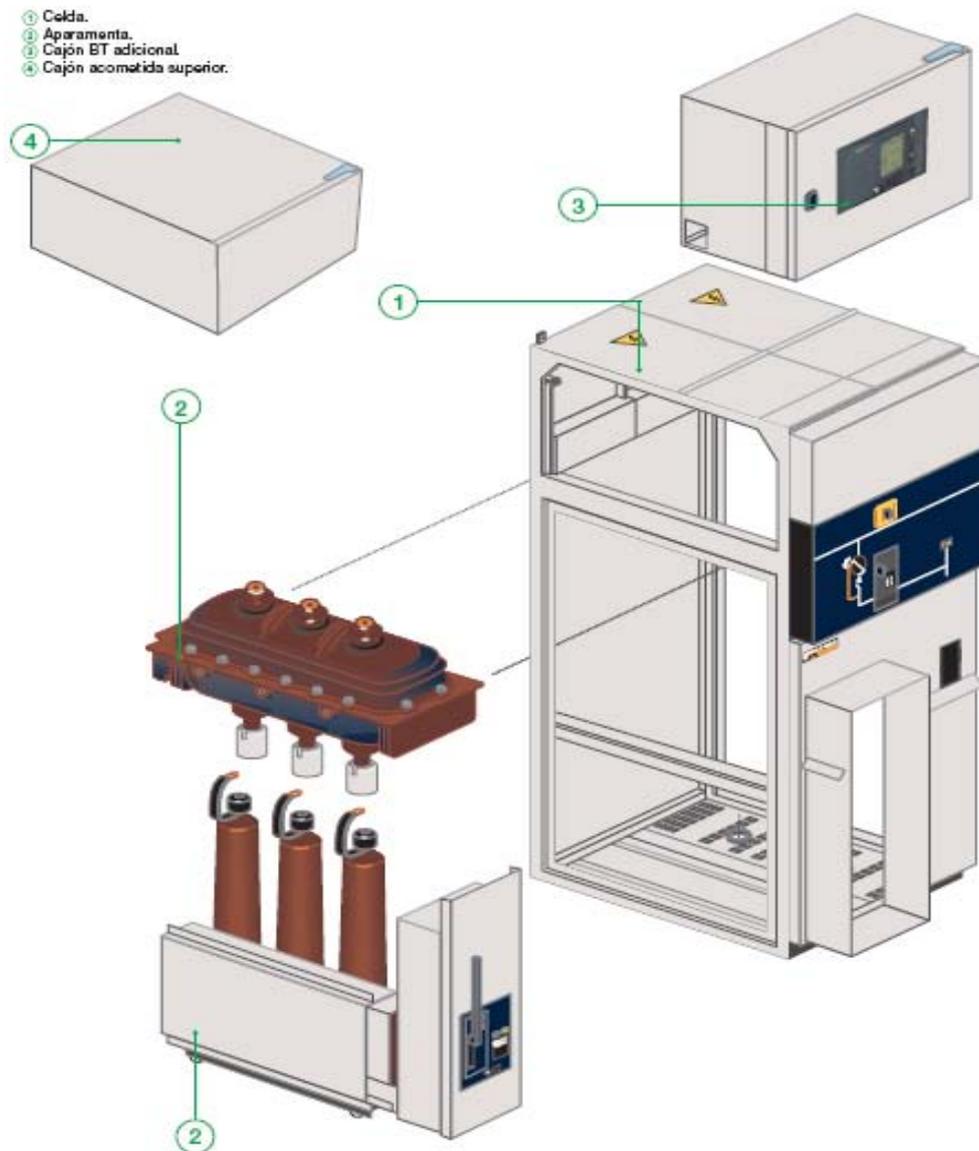
Para restablecer el servicio: **1º.** Cerrar la puerta de acceso al transformador y liberar la llave “b”; **2º.** Llevar la llave “b” al seccionador de puesta a tierra, liberar el mando y abrirlo. La llave “b” queda prisionera; **3º.** Al abrir el seccionador de puesta a tierra, la llave “a” queda libre; **4º.** Cerrar el interruptor de Media Tensión; y por último, **5º.** Con la llave “a” desbloquear y cerrar el disyuntor de Baja Tensión.

Enclavamiento por cerradura tipo C4



Imágenes N° 36 Obtenidas del Catálogo 2008
Schneider Electric CT'S 24 kV.

Para entender la estructura modular de las celdas SM6 usadas en nuestro proyecto vamos a proceder a la explicación de la aparamenta principal que constituyen dichas celdas modulares.



Estructura modular y componentes principales de las celdas SM6

Imagen N° 37 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Existen varios tipos (concretamente tres) de celdas modulares prefabricadas de la gama SM6, todas ellas constituidas por cinco compartimentos diferenciados.

Mencionaremos solamente los dos tipos usados en nuestra instalación y sus elementos constituyentes, y estas dos clases son:

- **Celda con Interruptor-Seccionador (Cinco compartimentos)**

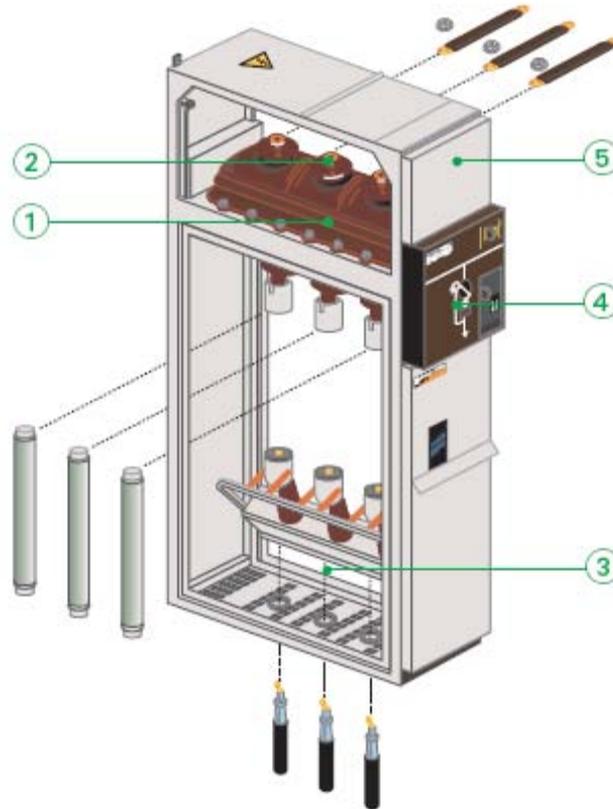


Imagen N° 38 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

1. *Aparamenta.* Interruptor-seccionador y seccionador de puesta a tierra en el interior de un cárter relleno de Hexafloruro de Azufre (SF_6) y sellado de por vida.

2. *Juego de barras.* Barras que permiten una extensión a voluntad de los centros y una conexión con celdas existentes.

3. *Conexión.* Accesibilidad por la parte frontal sobre los bornes inferiores de conexión del interruptor y seccionador de puesta a tierra (celdas IM) o en los bornes de conexión de las bases portafusibles inferiores (celdas PM, QM). Este compartimento está igualmente equipado de un seccionador de puesta a tierra que pone a tierra la parte inferior de los fusibles en las celdas de protección de transformador (PM y QM).

4. *Mandos*. Contiene los mecanismos que permiten maniobrar el interruptor y el seccionador e puesta a tierra, el indicador de posición mecánica (corte plenamente aparente) y el bloque de lámparas de presencia de tensión. En opción, el mando puede ser motorizado y equipado con distintos accesorios (bobinas, contactos auxiliares...).

5. *Control*. Permite la instalación de un regletero de bornas (opción motorizada), de fusibles de Baja Tensión y de relés de poco volumen.

En opción, se puede añadir un cajón de Baja Tensión de 450 milímetros de altura con puerta y situado sobre el techo de la celda.

▪ **Celdas con interruptor automático (cinco compartimentos).**

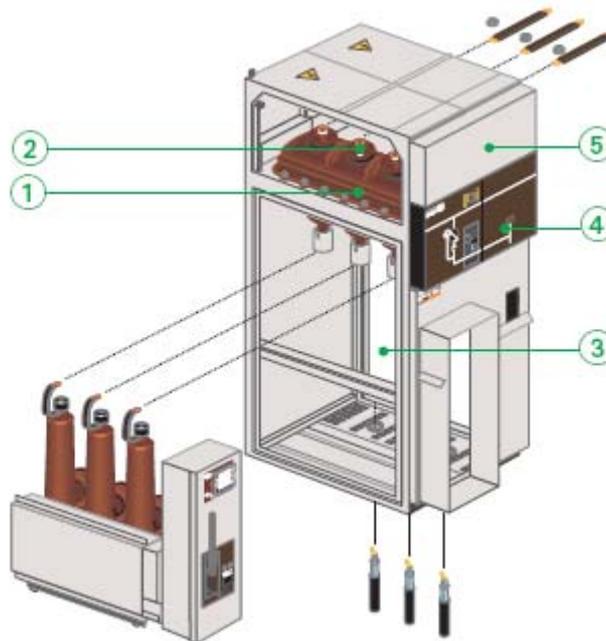


Imagen N° 39 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

1. *Aparamenta*. Seccionador y seccionador de puesta a tierra en un cárter lleno de Hexafloruro de Azufre (SF_6) y sellado de por vida.

2. *Juego de Barras*. Barras que permiten una extensión a voluntad de los centros y una conexión con celdas existentes.

3. *Conexión y aparamenta*. Accesibilidad por la parte frontal para la conexión de los cables. Opción de colocar un interruptor automático SF1 al cual se le puede asociar tres toroidales o transformadores de intensidad de protección para realizar una protección indirecta de los relés electrónicos.



4. *Mandos*. Contiene los mecanismos que permiten maniobrar el seccionador, el interruptor automático y el seccionador de puesta a tierra, así como la señalización correspondiente y un bloque con lámparas de presencia de tensión. El mando del interruptor puede motorizarse.

5. *Control*. Permite la instalación de relés de pequeño volumen y un regletero de bornas. Opcionalmente, en caso de relés electrónicos, se puede añadir un cajón de Baja Tensión adicional con puerta y situado sobre el techo de la celda de 450 milímetros de altura.

La separación en cinco compartimentos distintos, así como la gran sencillez de maniobra complementada con unos enclavamientos funcionales, confieren a la gama SM6 una gran seguridad de explotación, que se caracteriza por:

Gran sencillez de maniobra:

- Los mecanismos de maniobras se reagrupan en el compartimento de mandos.
- Elementos de mando y de protección reagrupadas en el compartimento e mando del interruptor automático Fluar SF1.
- Mínimo esfuerzo de maniobra.
- Cierre y apertura de los aparatos por palanca, botones pulsadores, bobinas o a distancia.
- Posición del interruptor y seccionador de puesta a tierra indicada mediante un sinóptico animado.
- Control de presencia de tensión con un bloque de lámparas de neón conectado, a través de unos aisladores capacitivos, a los bornes de conexión de los cables.

Seccionamiento y corte plenamente aparente.

- El indicador de posición mecánica ligado al eje del equipo móvil (interruptor y seccionador de puesta a tierra) refleja fielmente la posición de los contactos mediante una cadena cinemática directa y fiable. Dos mirillas en el cárter del interruptor-seccionador permiten visualizar las posiciones de interruptor abierto-seccionado y seccionador de puesta a tierra cerrado.

La posición de las ventanillas en los paneles puede variar en función de la evolución de las especificaciones y normativas.

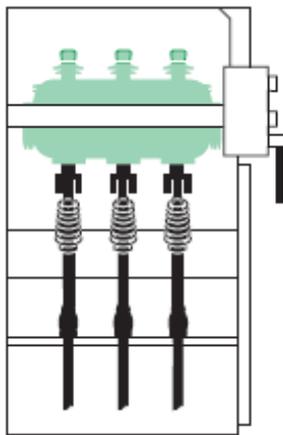
Como hemos mencionado anteriormente, las celdas están compuestas por cinco compartimentos distintos divididos por separaciones metálicas o aislantes.

El grado de protección entre los compartimentos IP2X (norma UNE 20324).

Vamos a describir brevemente cada uno de estos cinco compartimentos, que nos servirá para entender el funcionamiento de cada uno de ellos:

1. Compartimento de aparamenta (interruptor o seccionador y seccionador de puesta a tierra).

Está limitado por la envolvente del cárter que forma una pantalla entre el compartimento de barras y el compartimento de conexión de cables. El cárter está lleno de Hexafloruro de Azufre (SF_6) y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la IEC 60298-90. Este sistema de sellado es comprobado individualmente en fábrica, por lo que no se requiere ninguna manipulación del gas durante toda su vida útil (unos treinta años).



Situación dentro de la celda SM6



Compartimento de aparamenta

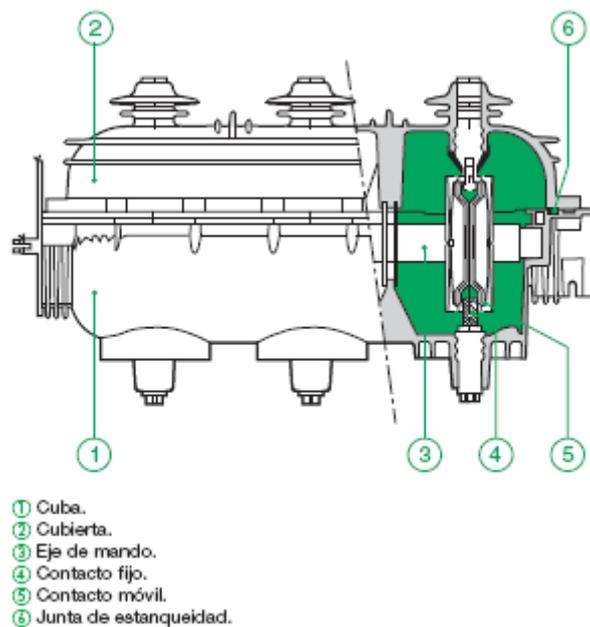
Imágenes N° 40 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

En las celdas modulares gama SM6 los interruptores-seccionadores, seccionadores de puesta a tierra y el interruptor automático SF1 utilizan el Hexafloruro de Azufre (SF_6) para el aislamiento y el corte.

Las partes activas están ubicadas en el interior de una envolvente estanca de material aislante respondiéndolo, como hemos mencionado anteriormente, a la definición de la Norma IEC 60298 anexo GG (la edición de 1.990) de los sistemas de sellado a presión.

Los aparatos que equipan la gama SM6 tienen las siguientes características:

- Larga duración de la vida útil (unos 30 años).
- Ausencia de mantenimiento de las partes activas.
- Nivel de sobretensiones muy reducido.
- Seguridad de funcionamiento.
- Endurancia eléctrica elevada.



Partes de la Aparamenta con Hexafloruro de Azufre.

Imagen Nº 41 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Dentro de este compartimento sellado con Hexafloruro de Azufre (SF_6) en su interior, encontraremos el interruptor o seccionador y el seccionador de puesta a tierra.



Los tres contactos rotativos están situados en el interior de un cárter de resina de epoxi, relleno de gas Hexafloruro de Azufre (SF_6) a presión relativa de 0,4 bares.

El conjunto ofrece todas las garantías de utilización en explotación:

- **Estanqueidad.** El cárter se sella de por vida tras el rellenado, verificándose su estanqueidad individualmente en fábrica.
- **Seguridad.** El interruptor puede estar en tres posiciones: “cerrado, abierto o a tierra”, lo que constituye un enclavamiento natural que impide toda falsa maniobra.

La rotación del equipo móvil se efectúa con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

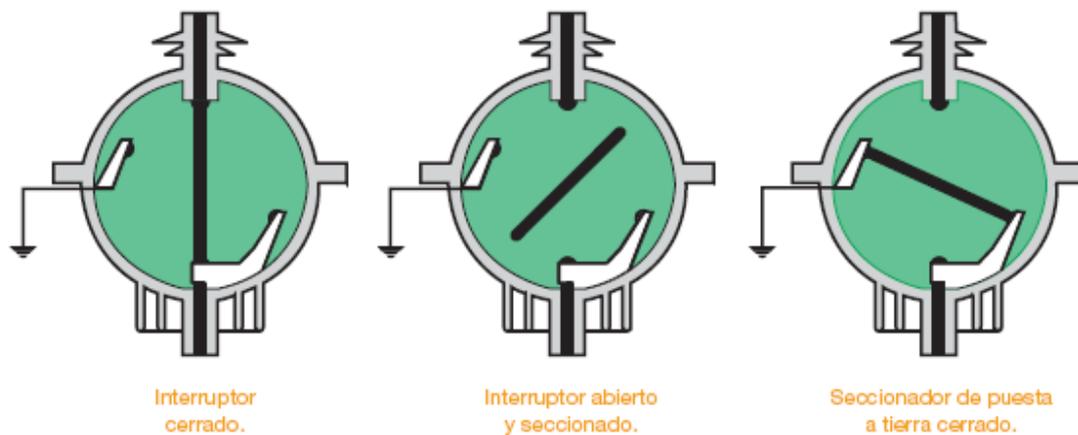
- A la función de corte, este aparato asocia la función de seccionamiento.
- El seccionador de puesta a tierra en el interior del cárter de Hexafloruro de Azufre (SF_6) dispone, conforme a las normas, de poder de cierre sobre cortocircuito (2,5 veces la intensidad asignada de corta duración admisible).
- Toda sobretensión (2,5 bares) accidental originada en el interior de cárter estaría limitada por la apertura de la membrana de seguridad, situada en la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la celda sin ninguna manifestación o proyección hacia la parte frontal.
- **Principio de corte.** Las cualidades excepcionales del Hexafloruro de Azufre (SF_6) como agente de corte son aprovechables para la extinción del arco eléctrico, el cual aparece cuando se separan los contactos móviles. El movimiento relativo entre el arco y el gas aumenta el enfriamiento del arco acelerando su extinción.

La combinación del campo magnético generado por un imán permanente y de la intensidad de arco provoca una rotación del arco alrededor del contacto fijo, su alargamiento y su enfriamiento hasta la extinción al paso de la corriente por cero.

La distancia entre los contactos fijos y móviles es, entonces, suficiente para soportar la tensión de restablecimiento.

Este sistema, a la vez sencillo y seguro, asegura una buena durabilidad eléctrica debido a que el desgaste de los contactos es muy reducido.

- **Ensayo de arco interno.** La celda de interruptor ha sido ensayada en los laboratorios VOLTA (ensayo C1706), según IEC 60298, con resultados satisfactorios para una intensidad trifásica de cortocircuito de 16 kA durante 0,5 segundos en el compartimento de cables y el cárter.



Proceso de ensayo de Arco Interno en el interruptor.

Imágenes N° 42 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

El interruptor automático Fluarc usado en la celda de protección con interruptor automático está constituido por tres polos separados y fijados sobre un chasis que soporta el mando.

Cada polo contiene todas las partes activas en el interior de una envolvente estanca de material aislante rellena de Hexafluoruro de Azufre (SF_6) a la presión de 0,5 bares, ofreciendo todas las garantías de utilización en la explotación.

- **Estanqueidad.** La envolvente de cada polo está sellada de por vida; es del tipo “sistema sellado a presión” según definición de la norma UNE-EN 60298. Después del relleno, su estanqueidad es sistemáticamente verificada en fábrica.

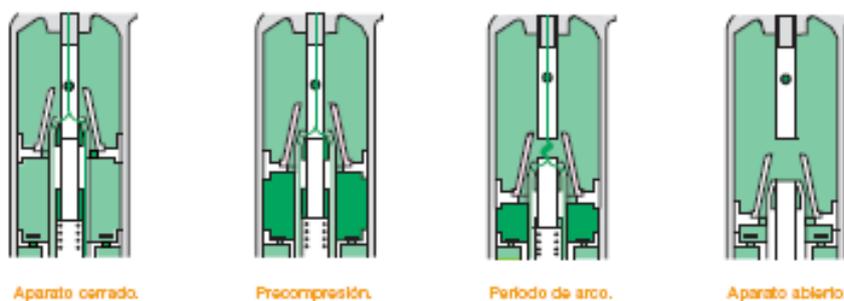
- **Seguridad.** De la misma manera que el interruptor, el Fluarc está pensado para, en caso de sobrepresión accidental, evitar toda proyección de gas hacia la parte frontal de la celda gracias a una membrana de seguridad, situada en la parte posterior del polo.



Interruptor automático con captadores toroidales
y relé de protección integrado.

Imagen N° 43 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

- **Principio de corte.** El interruptor automático utiliza el principio de corte de la autocompresión del gas Hexafloruro de Azufre (SF_6).
Las cualidades intrínsecas de este gas y el corte dulce, aportados por esta técnica, reducen las sobretensiones de maniobra.
- **Precompresión.** El pistón provoca, en el movimiento de apertura, una ligera compresión del Hexafloruro de Azufre (SF_6) en la cámara de compresión.



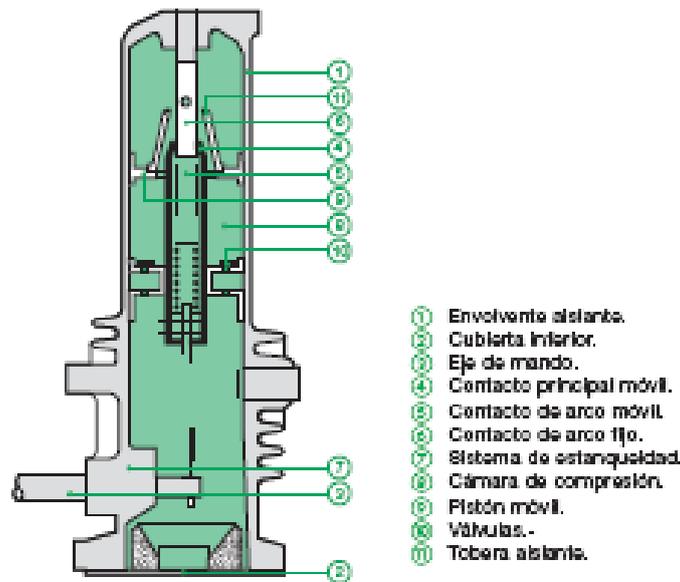
Proceso de Precompresión del SF_6

Imágenes N° 44 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

- **Periodo de arco.** El arco aparece entre los contactos de arco. El pistón continúa su carrera. Una pequeña cantidad de gas, canalizada por la tobera aislante, es inyectada sobre el arco. El enfriamiento del arco se efectúa por convección forzada para el corte de las intensidades débiles; por el contrario, en el caso de intensidades elevadas es el efecto de la expansión térmica el responsable de la circulación de gases calientes hacia las regiones frías.

La distancia entre los dos contactos de arco es entonces suficiente para que, al paso de la corriente por cero, ésta sea interrumpida de manera definitiva gracias a las cualidades dieléctricas del Hexafloruro de Azufre (SF_6).

- **Recorrido de estabilización.** Las partes móviles acaban su carrera, mientras que la inyección de gas frío persiste hasta la apertura completa de los contactos.



Sección Interruptor automático FLUARC SF1

Imagen N° 45 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Otro elemento constituyente de nuestras celdas tipo SM6 son las unidades de control, sin ninguna alimentación auxiliar.

Estos relés de protección son concretamente: los **Relés electrónicos tipo VIP**.

- Las protecciones VIP del interruptor automático Fluarc, sin alimentación auxiliar, protegen contra los defecto e fase y homopolares.

Existen dos categorías de protección, una sólo con protección de “fase” VIP 300P (el usado en nuestro equipo concretamente) y otra con protección de “fase” y “homopolar” VIP 300LL.

Todas estas protecciones disponen de una gran gama de ajustes de las corrientes de disparo y de una gran estabilidad en el tiempo de los reglajes y del funcionamiento.

Poseen protección contra las perturbaciones electromagnéticas y una gran precisión de los umbrales y de las temporizaciones que permiten realizar una selectividad precisa de la red.

También el relé integrado en el interruptor automático facilita la explotación y su correspondiente mantenimiento.



Relé VIP 300

Imagen N° 46 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Como hemos mencionado anteriormente, los componentes necesarios para las maniobras de explotación de las celdas están reagrupadas en el frontal de la celda.

Existen varios tipos de mandos (sólo describiremos los tres tipos usados en nuestro diseño de la instalación eléctrica, que son el CS1 manual, el R1 manual y el C11 manual de acumulación de energía).

Tabla de diferentes tipos de Mandos

Celdas	Tipo de mando					
	CIT	CI1	CI2	CS1	CC	RI
IM, IMC, IMPE, IMBD, IMBI, GCSD, CGSI, GCMD, GCMI, IMR	■	□	□			
NSM-1, NSM-2			■			
PM, PMBD, PMBI	■	□	□			
QM, QMC, QMBD, QMBI		■	□			
CRM				■	◆	
DM1-D, DM2, DM1-C, DMI-A, DM1-W				■	◆	■
SM, SME				■		
GAM					■	
CME12, CME24				■		
TME				■		

■ Mando estándar.

□ Mando opcional.

◆ Mando accionado a través de un mando CS1.

Imagen N° 47 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Mando CS1 manual (usado en la celda de protección con interruptor automático).

En las celdas DM1C, su función es la de seccionador de puesta a tierra con poder de cierre a través de un mando de Corriente Continua.



Mando CS1

Imagen N° 48 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Mando RI manual (usado en la celda de protección con interruptor automático).

La energía necesaria para las maniobras se obtiene comprimiendo, mediante una palanca (o motorización opcional), un mecanismo con acumulación de energía que almacena la energía en los resortes.

El cierre se efectúa por botón de pulsador (I) o bobina de apertura.

La apertura se efectúa por botón pulsador (O) o bobina de apertura.



Mando RI

Imagen N° 49 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Mando CI1 manual (usado en la celda de protección con ruptofusibles).

Posee cierre independiente por palanca (o motorización opcional).

La energía necesaria para la maniobra se obtiene comprimiendo un resorte que, después del paso por un punto muerto, provoca el cierre.

Apertura con maniobra independiente por botón pulsador (O), bobina de apertura o fusión fusibles, en caso de las celdas QM, como es nuestro caso.



Mando CI1

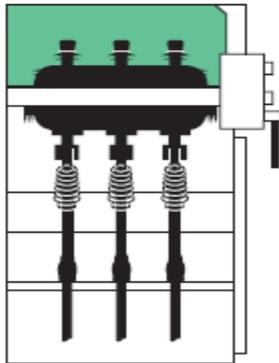
Imagen N° 50 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Una vez que ya hemos caracterizado el primero de los compartimentos de las celdas compactas prefabricadas de la gama SM6, continuaremos con los restantes cuatro compartimentos que nos faltan, si bien, no haremos tanto hincapié en los componentes de los sucesivos compartimentos ya que no poseen una estructura tan compleja.

2. Compartimento de juego de barras.

El juego de barras está formado por tres barras de tubo de cobre rectas y aisladas. La conexión se efectúa en la parte superior del cárter colocando unos deflectores de campo con unos tornillos de cabeza Allen (M8). El par de apriete es de 2,8 mdaN.

La intensidad asignada de las barras es de 400 o 630 Amperios. En las celdas en que se indique como variante se puede colocar un embarrado superior de 1.250 Amperios de intensidad asignada.



Situación dentro de la celda SM6



Compartimento de juego de barras.

Imágenes N° 51 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

3. Compartimento de cables o conexión y aparamenta.

Los cables de Media Tensión se conectan en los bornes inferiores de conexión del cárter en las celdas IM y SM.

Los cables de salida al transformador se conectan en los bornes de conexión de las bases portafusibles inferiores (en las celdas QM, PM) o sobre las pletinas de conexión de las celdas con interruptor automático (como en las celdas de la gama DM1C, DM1W).

Se pueden conectar cables unipolares con aislamiento seco o con aislamiento de papel impregnado. Para cable tripolar de campo radial con aislamiento seco o con aislamiento de papel impregnado se debe realizar la trifurcación por debajo del fondo de la celda.

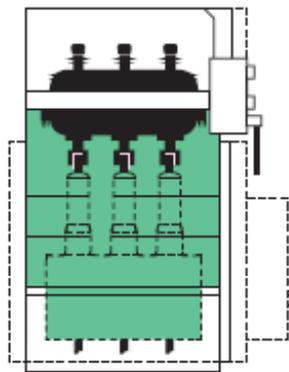
Las extremidades de los cables deben ser del tipo:

- Simplificado para aislamiento seco.
- Termorretráctil para aislamiento con papel impregnado.

La sección máxima admisible de los cables unipolares es:

- 400 milímetros para celdas de interruptor.
- 240 milímetros para celdas de remonte, interruptor automático y contactor.
- 150 milímetros para las celdas de protección con fusibles.

El acceso al deflector de conexión del cable es abatible para poder conectar con facilidad el terminal del cable. Algunas celdas admiten conexión inferior de dos cables por fase.



Situación dentro de la celda SM6



Compartimento de cables o conexión

Imágenes N° 52 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

4. Compartimento de mandos.

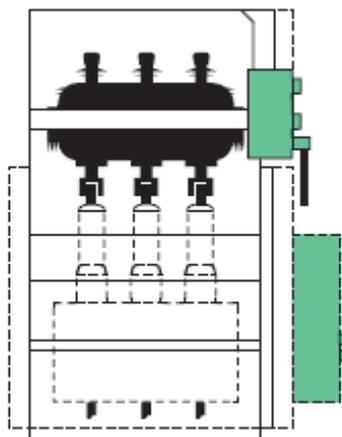
Contiene, según la celda, los mandos siguientes:

- Del interruptor y del seccionador de puesta a tierra.
- Del seccionador y del seccionador de puesta a tierra.
- Del interruptor automático.
- Del contactor

Así como el bloque de lámparas de presencia de tensión y el indicador mecánico de posición.

El compartimento de mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra es accesible con tensión en el compartimento de barras o de conexión optimizando las operaciones de cambio de mandos o colocación de la motorización del interruptor-seccionador.

Permite la instalación fácil de candados, cerraduras de enclavamiento y accesorios de Baja Tensión opcionales como contactos auxiliares, bobinas y motorización.



Situación dentro de la celda SM6



Compartimento de mandos

Imágenes Nº 53 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

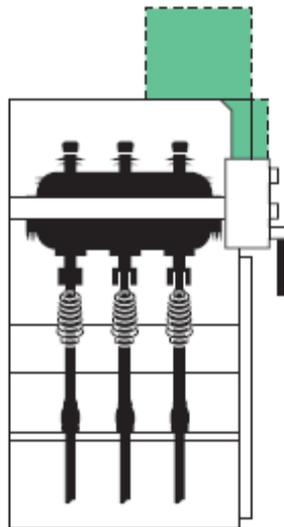
5. Compartimento de control.

En caso de motorización del mando del interruptor, este compartimento está equipado con un regletero de bornas de conexión y fusibles de Baja Tensión. Existen dos tipos de compartimento de control:

- Estándar: Para el regletero de bornas de conexión y fusibles de Baja Tensión.
- Ampliado: Permite instalar interruptores automáticos magnetotérmicos y algunos relés de pequeño volumen.

Ambos se pueden complementar con un cajón adicional de Baja Tensión de 450 milímetros o de 650 milímetros de altura con puerta situado sobre el techo de la celda, el cual permite colocar relés y automatismos de mayor volumen.

En todos los casos, el compartimento de control y el cajón adicional de Baja Tensión son accesibles con tensión en el compartimento de barras o en el de conexión.



Situación dentro de la celda SM6



Compartimento de control

Imágenes Nº 54 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.



A continuación definiremos el recinto en donde ubicaremos nuestro Centro de Transformación objeto del proyecto.

El recinto disponible se encuentra situado en la planta baja de nuestro edificio Torre Rioja S.A, que se destina a usos administrativos, rodajes en platós, aparcamiento y otros servicios.

Esta situación obliga a que se construya formando un sector de incendios independiente.

Para el paso de cables de Alta Tensión (acometida a las celdas de llegada y salida) se proveerá una bancada de obra civil de dimensiones adecuadas, cuyo trazado figura en los planos correspondientes a la presente memoria.

Dicha bancada deberá tener la resistencia mecánica suficiente para soportar el peso de las propias las celdas y sus dimensiones correspondientes.

Las dimensiones de mínimas que deben cumplir en la zona de celdas serán de al menos una anchura libre de 325 milímetros en las celdas de gama RM6 y de 600 milímetros en las celdas de gama SM6, y una altura suficiente que nos permita dar la correcta curvatura a los cables conectados a ellas.

Se deberá respetar una distancia mínima de 100 milímetros entre las celdas y la pared posterior a fin de permitir el escape de gas Hexafloruro de Azufre (SF_6), en el caso de sobrepresión demasiado elevada con el fin de evitar situaciones de peligro al operador.

Fuera de las celdas, la bancada irá recubierta por tapas de chapa estriada apoyadas sobre un cerco bastidor, constituido por perfiles recibidos en el piso.

Para el acceso al recinto donde está situado el transformador se instalará una malla de protección que impedirá el acceso directo de personas ajenas a la zona de transformación. Dicha malla de protección irá enclavada mecánicamente por cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección correspondiente, de tal manera que no se pueda acceder al transformador sin haber cerrado antes el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección.



En el piso se instalará un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 milímetros formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 metros. Este mallazo se conectará al sistema de tierras a fin de evitar diferencias de tensión peligrosas en el interior del Centro de Transformación, que puedan dar origen a diferencias de potencial, dando lugar a la aparición de tensiones de paso y tensiones de contacto. Todo ello se mostrará en el apartado de cálculos.

Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 centímetros de espesor como mínimo como medida de seguridad.

Se dispondrá de un sistema de ventilación forzada mediante extractor debido a la imposibilidad de refrigerar el local por ventilación natural.

El caudal de aire mínimo necesario se indicará en el apartado de cálculos del proyecto.

Al igual ya que caracterizáramos los accesos al Centro de Seccionamiento, a continuación definiremos los diversos accesos a nuestro Centro de Transformación:

- **Acceso de Personal:** La zona de las celdas del Centro de Transformación y su acceso estará restringido al personal de mantenimiento especialmente autorizado para ello.

Las puertas que dan acceso al Centro retransformación se deberán abrir hacia el exterior (una medida de seguridad esencial) y tener como mínimo 2,10 metros de altura y 0,90 metros de anchura, con el fin de no tener problemas de acceso del personal.

- **Acceso de Materiales:** Las vías para el acceso de los materiales deberán tener un tamaño tal, que permitirán la entrada de un camión de 24 toneladas hasta el interior del local, con el fin de transportar los transformadores y demás elementos pesados hacia el interior del Centro de Transformación.

No deben presentar obstáculos en las vías que dificulten el paso del camión de transporte.

Las puertas se abrirán hacia el exterior y tendrán una luz mínima de 2,30 metros de altura u 1,40 metros de anchura.



2.6.3 Transformadores de potencia.

El transformador de potencia, en nuestro caso necesitamos de la instalación de dos, es una máquina trifásica reductora de tensión, cuya referencia es JLJ3SE1000FZ, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15 kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V entre fases y 242 V entre fases y neutro.

Dichas tensiones tienen su valor definido según la normativa:

- UNE 21301: 1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472: 1989). Tensiones nominales de las redes eléctricas de distribución pública en Baja Tensión.
- UNE 21538: 1996 (HD 538.1 S1). Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión de 100 a 2500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de 36 kV.

El tipo de transformador a instalar en nuestra instalación tendrá el neutro accesible en Baja Tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Merlin Gerin, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El Trihal es un tipo de transformador trifásico de tipo seco con bobinado de Media Tensión encapsulados y moldeados al vacío en una resina epoxy que contiene una carga activa.

Esta carga activa, compuesta esencialmente de alúmina trihidratada $Al(OH)_3$, es el origen de la marca Trihal.

El Trihal es un transformador de tipo interior que cumple con las siguientes normativas:

- UNE-EN 60076-11. Referente a los Transformadores de Potencia.
- UNE-EN 60076-1 a 60076-5. Referente a los Transformadores de Potencia.
- UNE 20182. Factores de carga aceptables en régimen continuo a diferentes temperaturas ambientes.
- UNE 21538. Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en Baja Tensión de 100 a 2500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de 36 kV.
- Documentos europeos del CENELEC HD 538-2 S1 relativos a transformadores trifásicos de distribución de tipo seco.

El tipo de transformador Trihal existe en dos versiones:

- Sin envolvente de protección (IP00).
- Con envolvente de protección IP31 e IK7. (éste es el usado en nuestra instalación).



Transformador TRIHAL

Imagen N° 55 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

El equipo básico que constituye este transformador seco de la gama Trihal son generalmente los siguientes elementos:

- Cuatro ruedas planas orientables.
- Cuatro cáncamos de elevación.
- Aberturas de arrastre sobre el chasis.
- Dos tomas de puesta a tierra.
- Una placa de características (en la lado de Media Tensión).
- Dos señales de advertencia de “peligro eléctrico” (señal T10).
- Barritas de conmutación de las tomas de regulación, maniobrables con el transformador sin tensión. Las tomas actúan sobre la tensión más elevada para adaptar el transformador al valor real de la tensión de alimentación.
- Barras de acoplamiento de Media Tensión con terminales de conexión situados en la parte superior de las mismas.
- Juego de barras de acoplamiento de Baja Tensión para conexión en la parte superior del transformador.
- Protocolo de ensayos individuales y manual de instrucciones de instalación, puesta en marcha y mantenimiento.

Todo ello es común en todos los transformadores Trihal, los elementos que comentamos a continuación los poseen los transformadores con envolvente metálica de protección IP31 e IK7.

- Protección estándar contra la corrosión.
- Cáncamos de elevación para el desplazamiento del transformador con su envolvente.
- Panel atornillado del lado de Media Tensión para acceder a los terminales de conexión de Media Tensión y a las tomas de regulación. Incorpora dos manetas escamoteables, una señal de advertencia de “peligro eléctrico” (señal T10), la placa de características del transformador y una trenza visible para la puesta a tierra.
- Taladros con obturadores, perforados en la parte izquierda del panel atornillado en el lado de Media Tensión. Están previstos para montar indistintamente una cerradura de enclavamiento Ronis tipo ELP1 o Profalux tipo P1.
- Dos placas aislantes sobre el techo de la envolvente para entrada por prensaestopas de los cables de Media y Baja Tensión.
- Trampilla situada en la parte inferior derecha, lado de Media Tensión, previsto para la llegada eventual de cables de Media Tensión por la parte inferior. La conexión sobre el transformador se sigue haciendo en la parte superior de las barras de acoplamiento en modo convencional, como es nuestro caso.



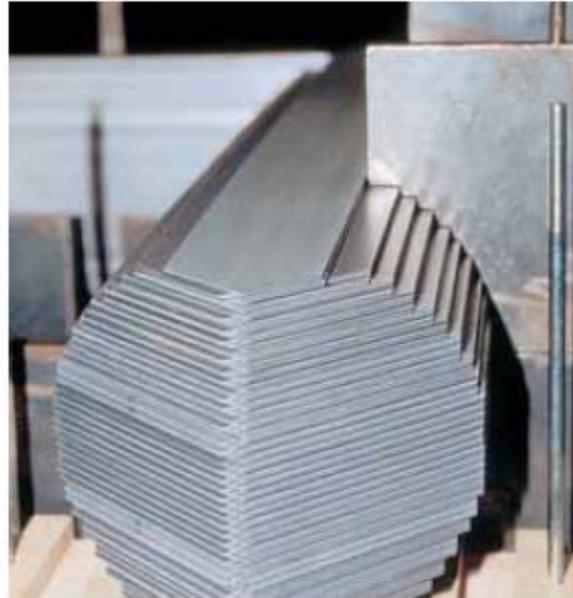
Transformador Trihal con envolvente metálica.

Imagen N° 56 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

El circuito magnético en los transformadores Trihal se realiza con chapas de acero al silicio de grano orientado aislado mediante óxidos minerales.

La elección de la calidad de las chapas y de la técnica de corte y ensamblado garantiza niveles de pérdidas, corriente de vacío y ruido muy reducidos.

La protección contra la corrosión, tras el ensamblado, queda garantizada por una resina alquila de clase F, secada al horno.



Circuito magnético del Trihal

Imagen Nº 57 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

El bobinado de Baja Tensión se realiza en banda de aluminio o cobre. Esta técnica permite obtener esfuerzos axiales nulos en cortocircuitos.

La banda está separada por una película aislante de clase F preimpregnada en resina epoxy reactivable en caliente.

Los extremos del bobinado están protegidos y aislados con un aislante de clase F cubierto de resina epoxy reactivable en caliente.

El conjunto del bobinado se polimeriza en masa en el horno durante dos horas a 130 °C, lo que garantiza:

- Gran resistencia a las agresiones de la atmósfera industrial.
- Excelente resistencia dieléctrica.
- Buena resistencia a los esfuerzos radiales del cortocircuito franco.



La salida de cada bobinado de Baja Tensión se compone de terminales de conexión de aluminio estañado o de cobre, permitiendo realizar cualquier conexión sin tener que recurrir a una interfase de contacto (grasa, bimetal).

El montaje se realizará según las buenas prácticas, concretamente utilizando arandelas elásticas de presión bajo la cabeza del tornillo y la tuerca.

El bobinado de Media Tensión se realiza por lo general en hilo de aluminio o de cobre aislado, según el método desarrollado y patentado por Schneider Electric : Bobinado Continuo de Gradiente Lineal Sin Entrecapas (Merlin Gerin).

Para intensidades elevadas, el bobinado de Media Tensión se realiza con la tecnología de “bandas”.

Estos procedimientos permiten obtener un gradiente de tensión entre espiras muy débil y una capacidad en serie más uniforme en la bobina.

El bobinado es encapsulado y moldeado bajo vacío en resina de clase F cargada e ignífuga, siendo el sistema de encapsulado Trihal único.

Gracias a estas técnicas de bobinado y encapsulado en vacío, se consigue reforzar las características dieléctricas, el nivel de descargas parciales es particularmente bajo (garantía de menos o igual a 10 pC), con lo cual representa un factor determinante en cuanto al aumento de la vida útil del transformador y una mayor resistencia a las ondas de choque.

Las salidas de conexión de Media Tensión en las barras de acoplamiento de cobre permiten realizar cualquier conexión sin recurrir a una interfase de contacto (grasa, placa bimetálica).

El montaje se realiza según las buenas prácticas, concretamente utilizando arandelas elásticas de presión bajo la cabeza del tornillo y tuerca.



Torno para bobinas de MT en bandas.

Imagen N° 58 Obtenida del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

El transformador Trihal tendrá los bobinados de Alta Tensión encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxy con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo un encapsulado ignífugo autoextinguible.

El sistema de encapsulado de clase F se compone de:

- Resina epoxy a base de bisfenol A, cuya viscosidad está adaptada a una alta impregnación de los bobinados.
- Un endurecedor anhídrido modificado por un flexibilizador. Este tipo de endurecedor garantiza una resistencia térmica y mecánica excelentes. El flexibilizador confiere al sistema de encapsulado la elasticidad necesaria para suprimir cualquier riesgo de fisura de explotación.
- Una carga activa compuesta por sílice y básicamente de alúmina trihidratada, los cuales sin mezclados íntimamente con la resina y el endurecedor.

El sílice refuerza la calidad mecánica del encapsulado y participa eficazmente en la disipación calorífica. En caso de incendio, durante el proceso de calcinación del sistema de encapsulado, la alúmina trihidratada se descompone y produce tres efectos antifuego, que son: Formación de un escudo refractario de alúmina,

formación de una barra de vapor de agua y mantenimiento de la temperatura por debajo del umbral de inflamación.

La combinación de estos tres efectos antifuego provoca la autoextinguibilidad inmediata del transformador Trihal cuando se extinguen las llamas exteriores.

El sistema de encapsulado junto con sus cualidades dieléctricas y su excelente comportamiento al fuego, confieren al transformador Trihal una excelente protección contra las agresiones de la atmósfera industrial.

Los arrollamientos de Alta Tensión se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de cargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro, se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (niveles C2a y C2b).

El Ensayo C2a según norma UNE-EN 60076-11. **Choque Térmico.** La norma UNE-EN 60076-11 impone un nivel inferior a 10 pC. La medida realizada en el transformador Trihal debe dar un resultado inferior a 10 pC y durante los ensayos dieléctricos no se deben producir efluvios eléctricos ni desperfectos.

Ensayo C2b. **Choque Térmico Complementario.**



Ensayo C2a



Ensayo C2b

Imágenes N° 59 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

- Ensayos de condensación y humedad (niveles E2a y E2b). Ensayos de resistencia a los ambientes agresivos.

Ensayo E2a según norma UNE-EN 60076-11. **Condensación y humedad.** La humedad se ha de mantener por encima del 93% por vaporización continua de agua salada. A los cinco minutos del final de la vaporización, el transformador Trihal se somete en la sala climática a un ensayo de tensión inducida a 1,1 veces la tensión asignada durante unos quince minutos, observando que no se producen efluvios eléctricos ni desperfectos.

En el Ensayo de penetración de humedad. Consiste, en que al final del periodo anterior, el transformador Trihal se somete a ensayos dieléctricos de tensión aplicada y tensión reducida al 75% de los valores normalizados, observando que no se producen efluvios eléctricos ni desperfectos.

El ensayo E2b. **Condensación y Humedad Complementario.**



Ensayo E2a

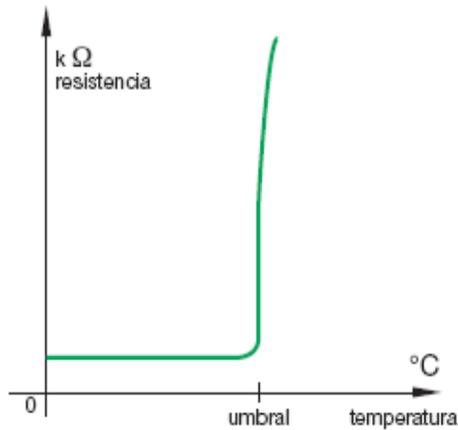


Ensayo E2b

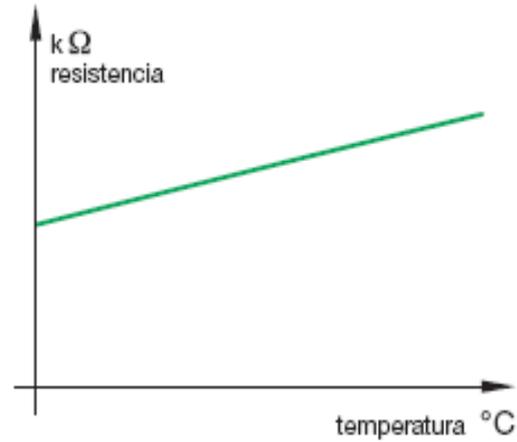
Imágenes N° 60 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Los transformadores Trihal poseen dispositivos térmicos de protección, como son las sondas PTC (en nuestro caso el equipo de sondas instaladas son las PT100).

Las sondas PTC, son termistancias con coeficiente de temperatura positivo, montadas en serie. El primer conjunto para la alarma uno, está prefijada a 140 °C y el segundo conjunto para la alarma dos, está prefijada a 150 °C. La característica principal de una sonda PTC reside en el hecho de que el valor de su resistencia presenta una fuerte pendiente a partir de un umbral de temperatura predeterminado en su fabricación y, por tanto, no es posible su ajuste. Este umbral de brusco crecimiento es detectado por un convertidor Z.



Curva característica de una onda PTC



Curva característica de una onda PTC 100

Imágenes Nº 61 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

Estas sondas se instalan en la parte activa del transformador Trihal a razón de una sonda de alarma uno y de una sonda de alarma dos. Estas sondas van colocadas dentro de un tubo que permite su eventual sustitución.

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones que se detallan a continuación. Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21538 “Transformador trifásico tipo seco para distribución en Baja Tensión de 100 a 2500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV”, siendo las siguientes características de obligatorio cumplimiento:

- Potencia Nominal: 1000 kVA
- Tensión Nominal Primaria: 15.000 V
- Regulación en el Primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión Nominal Secundaria en Vacío: 420 V.
- Tensión de Cortocircuito: 6 %.
- Grupo de Conexión: Dyn11.
- Nivel de Aislamiento:
 - a) Tensión de ensayo a onda de choque: 1,2/50 s 95 kV.
 - b) Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 minuto: 50 kV.



Todas estas tensiones están determinadas según (ya comentado en la página 80 de la memoria del presente proyecto) :

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada) (HD 472:1989)
- UNE 21538:1996 (HD 538.1 S1).

Protección Térmica T. Esta protección térmica permite visualizar digitalmente las temperaturas en los bobinados e incluye:

- Sondas PT100. La característica principal de una sonda PT100 es que proporciona la temperatura en tiempo real y gradualmente de 0 °C a 200 °C. El control de la temperatura y su visualización se realizan a través de un termómetro digital. Las tres sondas, compuestas cada una por un conductor blanco y dos rojos, están instaladas dentro de la parte activa del transformador Trihal a razón de una por fase.
- Un bornero de conexión de las sondas PT100 al termómetro digital T. El bornero está equipado con un conector desenchufable. Las sondas PT100 se suministran conectadas al bornero fijado en la parte superior del transformador.
- Un termómetro digital T caracterizado por tres circuitos independientes (en nuestro caso un termómetro digital MB103, para protección térmica del transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, protegidas contra sobreintensidades). Dos de los circuitos controlan la temperatura captada por las sondas PT100, uno para la alarma uno y otro para la alarma 2. Cuando la temperatura alcanza 140 °C (o 150 °C), la información de la alarma uno es tratada mediante dos relés de salida independientes equipados con contactos inversores.



Termómetro Digital MB103 (frontal)



Termómetro Digital T (posterior)

Imágenes N° 62 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric CT'S 24 kV.

La posición de estos relés es señalada mediante dos diodos (LED). El tercer circuito controla el fallo de las sondas o el corte de la alimentación eléctrica. El relé correspondiente (FAULT), independiente y equipado con contactos inversores, los aísla instantáneamente de la alimentación del aparato. Su posición también se indica a través de un diodo LED.

Una salida FAN está destinada a controlar el arranque de los ventiladores tangenciales en caso de ventilación forzada del transformador (AF).

Una entrada adicional (CH4) puede recibir una sonda externa al transformador destinada a medir la temperatura ambiente del centro de transformación.

Una salida serie RS 232 o RS 485 o analógica 4-20 mA, puede disponer en opción para autómatas u ordenador.

Una vez caracterizado nuestro Transformador de Potencia gama Trihal, deberemos caracterizar las conexiones al mismo, para ello diferenciaremos entre la conexión en el lado de Alta Tensión y en el lado de Baja Tensión:

- **Conexión en el lado de Alta Tensión:**

Usaremos un juego de puentes III de cables de Alta Tensión unipolares de aislamiento seco HEPRZ1, aislamiento 12/20 kV, de 240 mm² en Aluminio con sus correspondientes elementos de conexión.



▪ **Conexión en el lado de Baja Tensión:**

Juego de puentes III de cables de Baja Tensión unipolares de aislamiento en seco tipo RV, aislamiento 0,6/1 kV, de 4x240 mm² para las fases y de 3x240 mm² para el neutro.

Los cables usados se describirán más adelante en el apartado de Líneas Principales y Secundarias.

La medida de la energía eléctrica se realizará en Alta Tensión, y se dispondrá de los contadores que la Compañía requiera.

Dichos contadores se alimentarán desde los transformadores de intensidad y de tensión descritos en la celda de medida de Alta Tensión.

2.6.4 Empresa suministradora y características de la acometida.

Como ya mencionamos anteriormente en la memoria, nuestra empresa suministradora de energía eléctrica se trata de la compañía Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., y nos aporta como características eléctricas de la acometida a la cual debemos realizar el enganche desde el Centro de Seccionamiento, mediante una celda de paso de barras a las celdas de Alta Tensión de nuestro centro de transformación los siguientes datos:

Potencia de cortocircuito:	400 MVA.
Tensión Nominal:	15.000 V.
Frecuencia:	50 Hz.
Tiempo máximo de desconexión:	0,4 segundos.
Conexión del neutro:	Aislado.
Protección exigida:	50-51 y 67 N.

2.6.5 Potencia y características eléctricas de la red de utilización.

Vamos a diferenciar dos tipos de redes eléctricas de utilización según sean, la red de Alta Tensión, provenientes del Centro de Seccionamiento hasta el Centro de Transformación, y la red de Baja Tensión, desde el Centro de Transformación hasta el Cuadro General de Baja Tensión.



De modo que las características eléctricas para la Red de Alta Tensión serán:

Tensión Primaria:	15.000-20.000 V.
Potencia Instalada:	2x1.000 kVA.
Potencia de cortocircuito:	400 MVA.
Intensidad máxima de cortocircuito:	15,34 kA.
Frecuencia:	50 Hz.
Sistema de conexión del neutro:	Aislado.
Tensión de cortocircuito de trafo:	6 %.
Relés de protección:	50-51-67 N.

Para ello elegiremos el cable AL Eprotenax-H Compact 12/20 kV tipo HEPRZ1 y diámetro de 240 mm², cable normalizado por Iberdrola.

Para la Red de Baja Tensión, con los transformadores instalados y los datos indicados anteriormente para la Red de Alta Tensión, tendremos las siguientes características:

Tensión Secundaria:	3 x 230 / 400 V.
Frecuencia:	50 Hz.
Potencia disponible a plena carga:	2.000 kVA.
Intensidad Nominal:	2428,36 A.
Intensidad de cortocircuito máxima en bornas del transformador de Baja Tensión:	24,06 kA.

Para toda la Red de Baja Tensión elegiremos unos cables tipo RV 4 x 240 mm² / fase y RV 3 x 240 mm² / neutro, todos ellos de fabricación en aluminio.

2.7 Instalaciones de Enlace.

Las instalaciones de enlace son aquellas que unen la Caja General de Protección (CGP) o Cajas Generales de Protección si las hubiera, incluidas éstas, con las instalaciones interiores o receptoras del usuario final.

Comenzarán, por tanto, en el final de la acometida y terminarán en los dispositivos generales de mando y protección.



Estas instalaciones se situarán y discurrirán siempre por lugares de uso común y quedarán de propiedad del usuario, que se responsabilizará de su conservación y mantenimiento.

Los elementos generales que constituyen estas instalaciones de enlace son los siguientes:

1. Grupo Electrónico.
2. Cuadro General de Baja Tensión
3. Cuadro Secundario de Protección.
4. Líneas Principales.
5. Líneas de Derivación.
6. Centralización de Contadores.

A continuación haremos una descripción de cada uno de los elementos anteriormente mencionados.

2.7.1 Grupo Electrónico.

El Grupo Electrónico es comúnmente utilizado cuando existe déficit de generación en la energía eléctrica del lugar o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico, así como en la legislación en España obliga a instalar un Grupo Electrónico en los lugares en los que exista una gran densidad de personas (Centros comerciales, cárceles, edificios administrativos como es nuestro caso), es decir, en lugares de pública concurrencia en donde en caso de falta de energía eléctrica de la red, se necesiten de otra fuente de energía alternativa para abastecerse.

Para garantizar un suministro de reserva del 25% de la potencia del Suministro Normal (2.000 kVA) se implantará una fuente de alimentación formada por un Grupo Electrónico Diesel.

Se ha dispuesto la instalación de un grupo electrónico de 600 kVA a 1.500 rpm, con una tensión de funcionamiento de 400 V y 50 Hz. Para ello hemos seleccionado el modelo EMN-630 de construcción fija e instalación insonorizada de la gama Cumbre, cuyo fabricante es Electra Molins S.A, empresa especializada en la fabricación de grupos electrónicos y automatismos con sede en Barcelona.



Los elementos básicos que componen dicho grupo electrógeno son:

- **Motor Diesel:** Cuya velocidad es de 1.500 rpm de regulación automática. Posee una lubricación con circulación forzada de aceite con filtro desmontable y cartucho. Posee un ciclo de combustión de cuatro tiempos y refrigeración por agua con radiador. El arranque electrónico incluye dos baterías de 12 V, 230 Ah, con cables, terminales, soportes y un desconectador. También incluye un generador de carga de las baterías y un depósito de combustible de 990 litros con filtro de gasóleo.
- **Alternador:** Trifásico en conexión estrella y con neutro accesible. Sus tensiones son normalizadas de 400/230 o 230/133 V a 50 Hz, aunque opcionalmente se pueden suministrar otras tensiones. No posee escobillas minimizando su mantenimiento. Sus devanados tienen aislamiento clase H. Protección tipo IP 21, posee un regulador de tensión electrónico que mantiene la tensión del $\pm 1,5 \%$ con carga normal (factor de potencia de 0,8 inductivo a 1).
- **Cuadro Electrónico:** Viene montado sobre el grupo. Todos estos elementos vienen montados sobre bancada metálica con antivibratorios de soporte de las máquinas y debidamente conectados entre sí. Se encuentra acabado en pintura azul. El grupo se suministra con líquido refrigerante al 50% de anticongelante, de acuerdo con la especificación del fabricante del motor diesel, para protección contra la corrosión y cavitación. Se suministra asimismo con el cárter lleno de aceite.
- **Marcado “CE”:** El grupo incluye protecciones de los elementos móviles (correas, ventilador, etc.) y de los elementos muy calientes (colector de escape, etc.) cumpliendo con las directivas de la Unión Europea de seguridad de máquinas 98/37/CE, Baja Tensión 73/23/CEE y compatibilidad electromagnética 39/336/CEE. El grupo lleva el marcado “CE” y facilita el certificado de conformidad correspondiente.

Este Grupo Electrónico del fabricante Molins S.A., posee como equipamiento de serie los siguientes elementos:

- Regulación del alternador tipo AREP con alto poder de cortocircuito.
- Preinstalación llenado automático de gasoil.
- Indicador de nivel de gasoil.
- Protección de elementos móviles.
- Protección anticontacto y antiexplosión de baterías.
- Desconector de baterías.
- Selector de arranque de emergencia y seta de paro de emergencia.
- Protección de elementos muy calientes.
- Silentblocks con protección metálica antidegradación.
- Indicador de colmatación de filtro de aire.
- Resistencia de precalentamiento con termostato (grupos automáticos).
- Regulador electrónico de velocidad del motor (en motores superiores a 200 kVA, como es nuestro caso).
- Manual de instalación y Manual de funcionamiento y mantenimiento.



Grupo Electrónico 600 kVA

Imagen N° 63 Obtenida de la página web de John Deere Ibérica S.A.

**Tabla de características del grupo EMN-630.**

Marca del Grupo	ELECTRA MOLINS
Modelo	EMN-630
Construcción	FIJO
Tipo de cuadro de control	AUT-MP10B
Potencia máxima en servicio	630 kVA 504 kW
Potencia en servicio principal	573 kVA 458 kW
Tolerancia de potencia máxima	± 5%
Intensidad de servicio por emergencia	909 A
Intensidad de servicio principal	827 A
Tensión	400 V
Número de fases	3 + Neutro
Precisión de la tensión en reg. Permanente	± 1%
Margen de ajuste de la tensión	± 5%
Factor de Potencia	De 0,8 a 1
Velocidad de giro	1.500 rpm
Frecuencia	50 Hz
Variación de la frecuencia en reg. permanente	± 0,5%
Primer escalón de carga admisible	275 kW
Nivel sonoro medio a 1m del grupo	105 dB
Nivel sonoro medio a 1m del tubo de escape	120 dB
Largo	3.600 mm
Ancho	1.410 mm
Alto	2.150 mm
Peso sin combustible	4.050 Kg
Capacidad del depósito	990 litros
Entrada de aire mínima	1,4 m ²
Dimensiones de panel del radiador	1,16 x 1,11 m
Caudal de aire del ventilador	37.000 m ³ /h
Caudal de gases de escape	6.020 m ³ /h
Diámetro de tubería de escape	2 tuberías de 150 mm

Las cargas fundamentales de seguridad que deben atender serán las de ascensores de emergencia y grupo contraincendios, así como los extractores de aire y alumbrado de escaleras. El alumbrado de emergencia se resuelve con luminarias autónomas con baterías de acumulación.



Como hemos comentado anteriormente, el grupo electrógeno será de ejecución encapsulado/insonorizado debido a que se encuentra en el interior de nuestro edificio, con sistema de arranque automático por baterías de acumuladores a causa del fallo en el suministro normal, conmutaciones de la carga también automáticas así como parada por vuelta del suministro normal.

La refrigeración del motor será por aire forzada mediante un ventilador soplante con protecciones.

Los conductores de potencia hasta la conmutación serán resistentes al fuego (AS+).

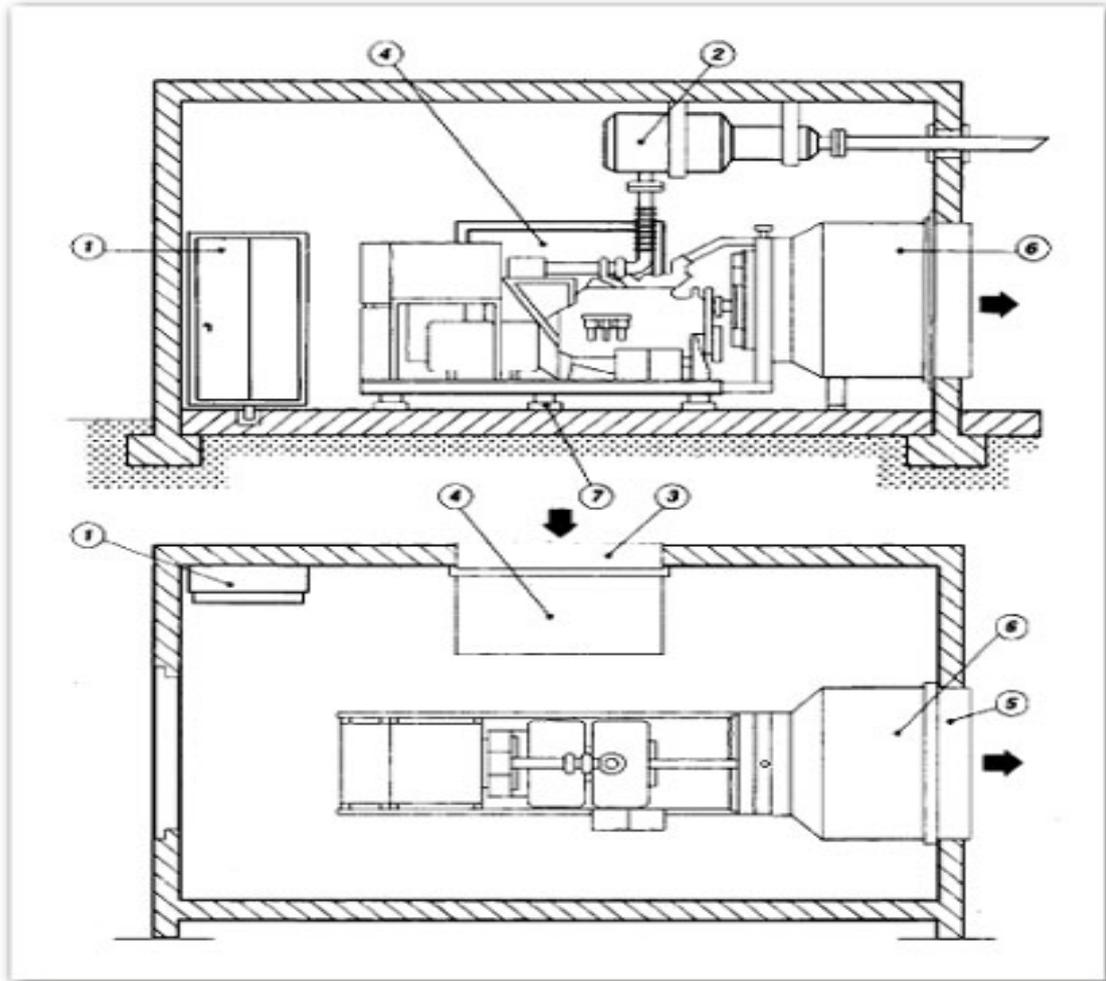
Todas las carcasas metálicas estarán conectadas a la red de puesta a tierra de protección de Baja Tensión.

Poseerá un sistema de calefacción para el agua de refrigeración, mediante resistencias de caldeo eléctrico, con objeto de mantener el motor en óptimas condiciones de arranque. La temperatura de esta agua se fijará y controlará mediante un termostato diferencial.

Las chimeneas de evacuación de gases de la combustión, que componen el encapsulado del conjunto del grupo, serán prolongadas hasta la solución que exijan las normativas del Ayuntamiento de Madrid.

Posee un cuadro de control para arranque automático (AUT-MP10B) microprocesador, con medida, alarmas, interruptores automáticos 4x1.000 A, sin conmutación, tanque de combustible bajo bancada con indicador de nivel de 990 litros de capacidad.

Los recintos del grupo electrógeno y depósito de combustible dispondrán de sistema de extinción automática de incendios y cumplirán las normas de Prevención de Incendios de la Comunidad y el Ayuntamiento de Madrid.



Grupo Electrónico EMN-630 insonorizado

Imagen N° 64 Obtenida del Catálogo de Electra Molins, S.A

Partes del esquema del grupo electrónico EMN-630

1. Cuadro de Conmutación
2. Silenciador de escape.
3. Ventana de entrada de aire.
4. Silenciador de entrada de aire.
5. Ventana de salida de aire.
6. Silenciador de salida de aire.
7. Silentblocks.

2.7.2 Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) y circuitos de seguridad.

El objeto principal del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) será el de alojar los dispositivos de seccionamiento y protección de los circuitos de llegada (como son los del transformador y grupo electrógeno) y salida para los cuadros secundarios y demás tomas eléctricas, estando ambos servicios independizados para evitar fallos.

Deberá cumplir con la Norma UNE-EN 60.430-1 en los aspectos correspondientes a un cuadro eléctrico, a la UNE-EN 60.493-3 en los aspectos de inflamabilidad, a la UNE-EN 20.324 con respecto a las influencias externas en el grado de IP 43 y a la UNE-EN 50.102 con respecto a la resistencia de los impactos en grado IK 08.

Los Cuadros Generales de Baja Tensión (usaremos dos en nuestro caso, uno para cada transformador) estarán ubicados en un local de uso exclusivo para el personal, situado en la planta semisótano formando sector de incendio respecto a los demás recintos, como medida de seguridad.

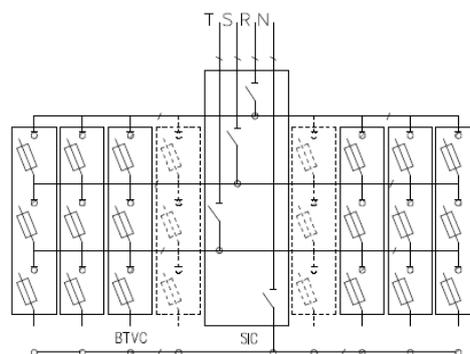
Se utilizará un modelo CBT-EAS-1000-6, según NI 50.44.03, que hace referencia a los cuadros de distribución de Baja Tensión con embarrado aislado y seccionamiento para centros de transformación interior según la empresa suministradora, Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., como es en nuestro caso.

El significado de las siglas es el siguiente:

CBT-EAS: Cuadro de distribución de Baja Tensión con embarrado aislado y seccionado.

1600: Intensidad asignada al CBT-EAS.

6: Número de bases tripolares.



Esquema CBT-EAS con seis salidas y dos huecos

Imagen N° 65 Obtenida de la Normativa Iberdrola (NI 50.44.03)



Los CBT-EAS estarán constituidos por las siguientes funciones, como son:

- **Función entrada-seccionamiento:** Tiene como misión realizar la entrada al CBT-EAS y la distribución de la energía eléctrica procedente del transformador MT/BT al embarrado horizontal. Dicha función comprenderá cuatro pletinas de entrada, tres de fase y una de neutro.

El material a emplear será cobre electrolítico laminado (tipo CW004A según norma UNE-EN 13.601) y cada pletina estará fabricada en una sola pieza, sin remaches ni soldaduras. Tampoco presentarán revestimientos ni baños.

Las pletinas de entrada permitirán realizar la conexión de hasta cuatro cables de 240 mm por fase y tres cables de 240 mm para el neutro y estarán identificados con los colores especificados según la norma NI 00.05.02

Fase R: Verde.

Fase S: Amarillo.

Fase T: Marrón.

Neutro: Gris.

El CBT-EAS comprenderá un seccionador según norma UNE-EN 60.947-3, el cual será capaz de abrir y cerrar cada una de las fases y el neutro en ausencia de corriente, soportar la corriente asignada en el funcionamiento normal y soportar un funcionamiento anormal de cortocircuito durante un periodo específico.

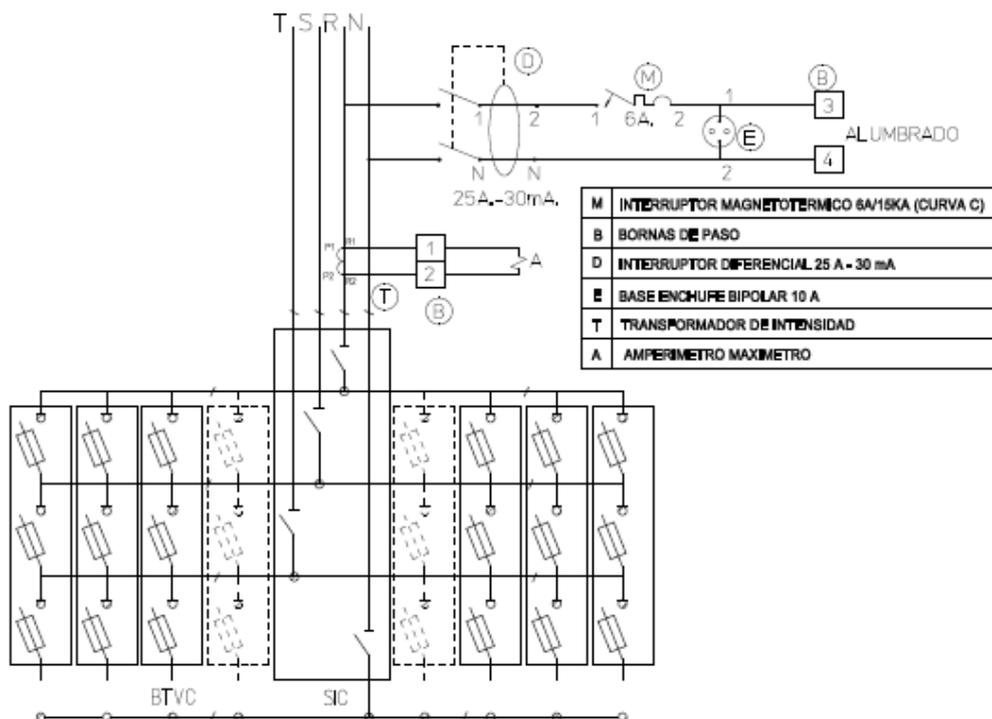
El seccionador será capaz de abrir la corriente de vacío de un transformador de 1.000 kVA.

- **Función embarrado:** Tiene como misión repartir el flujo de la energía procedente del seccionador entre las diferentes salidas. Se compone de cuatro pletinas, tres para las fases y una de neutro. La pletina de neutro estará situada debajo de las pletinas de las fases, permitiendo fácilmente la conexión de los conductores.

El material a emplear será cobre electrolítico laminado y cada pletina estará fabricada en una sola pieza sin remaches ni soldaduras, ni revestimientos ni baños.

Las pletinas de fase dispondrán de tornillos para realizar la conexión a las bases, mientras que la pletina de neutro dispondrá de un tornillo extra para la conexión tierra, dichos tornillos serán del tipo M-12.

- **Función protección:** Tiene como misión proteger las líneas de Baja Tensión. Estará constituida por un grupo de bases tripolares verticales para cortacircuitos fusibles desconectables en carga.
- **Función auxiliar:** Tiene como misión la conexión de una alimentación auxiliar independiente del transformador del centro de transformación al CBT-EAS. Estará dimensionada para una intensidad máxima de 1.000 A, pudiéndose conectar hasta dos cables de 240 mm de cobre por fase.
- **Función control:** La función de control incorporada al CBT-EAS estará compuesta por una caja de material aislante en la cual se incorporarán los elementos descritos en la siguiente figura:



Esquema de Control CBT-EAS.

Imagen N° 66 Obtenidas de la Normativa de Iberdrola (NI 50.44.03)



El cableado de los elementos se realizará con cable aislado de 2,5 mm, según la Norma NI 56.10.00.

EL transformador de intensidad mantendrá la clase de precisión entre el 20 y el 120 % de la intensidad de primario.

Los CGBT previstos están constituidos por una envolvente metálica formada por paneles adosados provistos de doble puerta delantera: la primera transparente y bloqueada por cerradura y la segunda puerta será metálica y troquelada para dejar accesibles los mandos de los interruptores automáticos ocultando al propio tiempo las conexiones y partes metálicas en tensión, con el fin de evitar contactos directos e indirectos.

Todos sus elementos y aparataje serán accesibles por la parte delantera, no siendo necesario para la sustitución y/o reparación de cualquier elemento el acceso desde la parte trasera.

Los embarrados y cableados estarán diseñados para soportar los efectos térmicos, electromagnéticos y resonantes que la red pueda ejercer. Así mismo, los conductores serán no propagadores de incendio ni llama y serán de baja emisión de humos y las canaletas que las soportan serán no propagadores de la llama.

Todos los interruptores automáticos de protección, tanto de llegada como de salida, se preverán de corte omnipolar, con relés magnetotérmicos tetrapolares regulados a la intensidad máxima admisible por el circuito que hayan de proteger, y tendrán un poder de corte de cómo mínimo 18 kA a 400 V. En la elección de estos interruptores automáticos se tendrán presentes criterios de selectividad frente a cortocircuitos, garantizados por el fabricante de la aparataje con respecto a los interruptores automáticos de los escalones sucesivos de protección. Todos los interruptores de protección de salidas a cuadros secundarios dispondrán de D.D.R. (interruptor diferencial residual) con regulación de tiempo e intensidad de disparo si no los presentan en sus correspondientes salidas de cuadros secundarios. Así mismo dispondrán de contactos de estado para el control general.



En los cuadros generales se instalarán las protecciones contra sobretensiones de origen atmosférico (rayos) coordinadas previamente con el fabricante de pararrayos.

Su construcción corresponderá con lo indicado en el Pliego de Condiciones de este proyecto (punto que desarrollaremos más adelante), siendo su contenido y forma de conexión el reflejado en los planos de esquemas adjuntos.

Los Cuadros Generales de Baja Tensión dispondrán de un 20 % de reserva de espacio para futuras ampliaciones.

2.7.3 Cuadro Secundario de Protección de zonas en plantas.

Los cuadros destinados a Red Normal y Red Complementaria serán independientes y ubicados en sectores de incendios independientes del resto de las instalaciones.

En ellos se alojarán todos los dispositivos de protección contra sobrecalentamientos, cortocircuitos y corrientes de defecto de los circuitos de distribución para puntos de luz y tomas de corriente. Así como los contactos de estado de los diferenciales.

En el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) se instalarán transformadores de separación de circuitos como medida de protección contra contactos indirectos sin corte al primer defecto, para ascensores de seguridad, extractores y bombas contra incendios además de las protecciones de sobreintensidades y diferenciales.

Los contactos indirectos se refieren a los contactos de las personas con carcasas que accidentalmente están bajo tensión. Esta puesta accidental bajo tensión es consecuencia de un defecto de aislamiento.

Las envolventes proyectadas para los Centros de Seccionamientos serán para montaje empotrado o de superficie construidas con chapa electrocincada con tapas de protección de material plástico aislante y autoextinguible. Dispondrán de doble puerta frontal, la primera transparente y bloqueada mediante cerradura con llave maestra de seguridad, y la segunda puerta, troquelada para paso de mandos manuales de interruptores, estará fijada por tornillos.



El grado de protección de esta envolvente será de un IP acorde con el local donde se instalen y su altura de montaje salvará el rodapié existente.

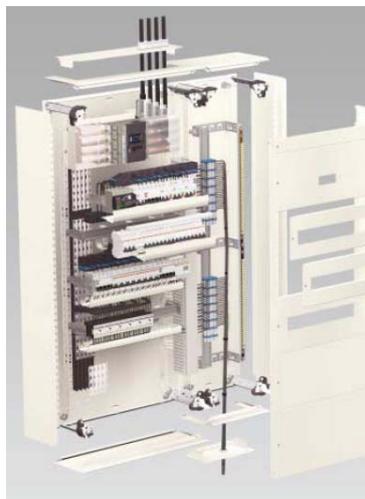
Para nuestro proyecto hemos elegido cuadros Prisma Plus gama G fabricados por Merlin Gerin, que nos permite a cada salida o grupo de salidas le corresponde un conjunto funcional de placas soporte/tapas que nos permite instalar los aparatos de protección en su interior de manera segura. Dicho cuadro está diseñado conforme a los ensayos de la Norma UNE-EN 60439-1.

La instalación de estos tipos de cuadros nos permiten la maniobrabilidad de la instalación pudiendo colocar la envolvente en forma horizontal, vertical y empotrada, permitiéndonos un control total pudiendo modificar el cuadro en cualquier momento debido a algún imprevisto.

Los cables se conectan directamente en los polos del bloque de conexión, existiendo una pantalla traslúcida que protege a los usuarios de las partes en tensión permitiendo su visualización.

La envolvente y su tamaño se determinan en función de la aparamenta instalada de modo que podemos permitirnos el dejar espacio libre para futuras ampliaciones.

Todas las puertas frontales (en nuestro caso dos, una traslúcida y otra troquelada) son reversibles de derecha/izquierda facilitando su apertura y manejabilidad.



Cuadro Secundario Prisma Plus sistema G

Imagen N° 67 Obtenida del Catálogo Envoltentes y Sistemas de Instalación de Schneider Electric.

En su interior se alojarán los interruptores generales manuales de corte en carga para llegadas, interruptores automáticos subgenerales de bloque con Dispositivos de Disparo de Corriente Residual (D.D.R) con sensibilidad de 30 mA como protección contra contactos indirectos, y los interruptores automáticos magnetotérmicos de protección para los circuitos de salida destinados a la alimentación de puntos de luz y tomas de corriente.

Los circuitos de distribución se protegerán individualmente con interruptores automáticos magnetotérmicos de 2 x 10 A (modelo 2P K60N 6kA de Merlin Gerin) para el alumbrado, y de 2 x 16 A (modelo 2P C60N 6kA de Merlin Gerin), para los de tomas de corrientes normales. Las superiores a 16 A se protegerán con automáticos independientes para uso exclusivo, dimensionados a la intensidad propia de la toma.

Todos estos interruptores automáticos tendrán un poder de corte acorde con la hoja de cálculo que adjuntamos en la presente memoria y dispondrán de protección para el conductor de neutro.



2P C60N 6kA
(de 10 a 63 A)



2P K60N 6kA
(de 10 a 40 A)

Imágenes N° 68 Obtenidas del Catálogo 2008 Schneider Electric Distribución IEC

Estarán cableados con conductores flexibles no propagadores de incendio ni llama y baja emisión de humos (es decir cables libres de halógenos como los cables tipo AS y AS+), disponiendo de bornas de salida para la conexión de los circuitos de distribución con el cuadro. Todas las conexiones en los cuadros se preverán con terminales a presión.



La elección de interruptores automáticos se realizará teniendo en cuenta criterios de selectividad en el disparo frente a cortocircuitos con respecto a escalones superiores de protección, nos hemos asegurado que dichos interruptores disparen con corrientes de falta mucho más altas de las esperadas normalmente.

Las intensidades nominales de los interruptores automáticos serán tales, que en ningún caso superarán la máxima corriente admisible por el conductor de mínima sección por él protegido.

Todas las salidas de los interruptores automáticos, quedarán identificados en el cuadro con la zona y locales a los que alimentan, con el fin de tener en todo momento conocimiento de las zonas afectadas en caso de fallo.

Su construcción corresponderá con lo indicado en el Pliego de Condiciones de este proyecto, siendo su contenido y forma de conexión el reflejado en los planos esquemas adjuntos.

Todos los cuadros dispondrán de espacio de reserva para un 20 % más de salidas de las previstas.

2.7.4 Líneas Principales.

Estas líneas son las que enlazarán las bonas de Baja Tensión del transformador con el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) y las bornas del Alternador del Grupo Electrónico hasta la conmutación, como se puede apreciar son las líneas más importantes para nuestro esquema eléctrico y por tanto, deben ser igual o más seguras que las restantes de nuestra instalación.

Para la conexión Transformador-Cuadro General de Baja Tensión, se usará cable de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, no propagador del incendio y bajo en la emisión de humos, correspondiendo con la designación RZ1 0,6/1 kV-K(AS).

Para ello se ha seleccionado el tipo de cable AFUMEX 1000 V (AS), cuya denominación genérica es RZ1-k (AS), del fabricante Prysmian Cables & Systems, cumpliendo la norma constructiva UNE 21123-4, a una temperatura de servicio entre -40 y 90 °C y tensión nominal de 0,6/1 kV.

Vamos a realizar una pequeña descripción del cable usado en nuestras líneas principales, de manera que:

- Conductor: El metal usado es cobre electrolítico recocido, flexible clase 5, según UNE-EN 60228, con temperatura máxima de funcionamiento normal de 90 °C y 250 °C en caso de cortocircuito.
- Aislamiento: Mezcla de polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX3. Con colores, amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro, según UNE 21089-1.
- Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1. Con colores verde, con franja de color identificativa de la sección y que nos permite escribir sobre la misma para identificar circuitos.

Debido a que es un cable de fácil pelado y alta flexibilidad es muy adecuado para aplicaciones de utilización en instalaciones interiores o receptoras en locales de pública concurrencia, como los edificios de oficinas en nuestro caso.

Se usan en líneas generales de alimentación (ITC-BT 14), derivaciones individuales (ITC-BT 15), instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20), locales de pública concurrencia (ITC-BT 28), etc.



Cable RZ1-K (AS)

Imágenes N° 69 Obtenidas del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.

La elección de cable para la línea desde la borna de Baja tensión del transformador con el Cuadro General de Baja Tensión, será de 4 x 240 mm.



Mientras que la elección de la línea del alternador del grupo hasta la conmutación será de 3 x 240/ 1x 120 mm.

De manera que adjuntamos las tablas con las características principales para estos dos tipos de sección de cable RZ1-K (AS).

Tabla caída de tensión (V/A *Km)

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares termoestables				Un cable tripolar termoestable			
	cos φ = 1		cos φ = 0,8		cos φ = 1		cos φ = 0,8	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
240	0,17	0,27	0,22	0,3	0,17	0,28	0,21	0,3

Tabla dimensiones, pesos y resistencias.

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
4 x 240	1.7	63.5	10940	0.08	468	336	0,17	0,21
3 x 240/120	1.7/1.2	59.3	9705	0.0801/0.161	468	336	0,17	0,21

Imágenes Nº 70 Obtenidas del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.

Para la conexión Grupo-Cuadro General de Baja Tensión se elegirán el tipo de cable de cobre con designación RZ1 0,6/1 kV (AS+) resistente al fuego.

Para ello se ha seleccionado el cable AFUMEX FIRS 1000 V (AS+), cuya designación genérica es RZ1-K (AS+), fabricado por Prysmian Cables & Systems.

Las características del cable vienen a ser las mismas que el RZ1-K (AS), salvo en el material de aislamiento, puesto que está compuesto por mezcla especial termoestable , cero halógenos, tipo AFUMEX, de silicona hasta 25 mm² (SZ1-K) y cinta vidrio-mica más XLPE a partir de 35 mm² (RZ1-K). La cubierta en este tipo de cable es naranja.

Es un cable de fácil pelado y alta flexibilidad, especialmente diseñado para seguir prestando servicio en condiciones extremas durante un incendio, siendo adecuado para circuitos de servicios de seguridad no autónomos o con fuentes autónomas no centralizadas (alumbrado de emergencia, sistemas contra incendios, ascensores...).



La instalación será al aire sobre bandeja ventilada o canalizaciones en tubos grapados al paramento por encima de falsos techos. En el caso de utilizar bandeja, irán clasificados por ternas con el neutro en el centro y separadas las ternas entre sí dos veces el diámetro del cable unipolar que lo forma.

Las bandejas sólo llevarán una capa de cables y éstos irán atados a ellas (abrazados en ternas) con bridas de poliamida. Las bandejas tendrán continuidad eléctrica mediante el empleo de piezas de conexión del fabricante.

Las bandejas metálicas irán puestas a tierra con una sección mínima de conductor de 16 mm^2 con aislamiento en código de colores amarillo-verde y utilizándose piezas especiales del fabricante para dicha unión.

Para la conexión de los cables a las bornas de interruptores, se utilizarán terminales metálicos que se unirán a los cables por presión mediante útil hexagonal que garantice una perfecta conexión sin reducción aparente de la sección.

En el interior de los cuadros, estos cables se fijarán al bastidor de los mismos con el fin de liberar a las conexiones de tensiones metálicas.

Los circuitos quedarán identificados mediante etiquetas donde vendrá indicado su destino, cuadro de procedencia, interruptor que lo protege y características propias del cable.

2.7.5 Líneas de derivación a Cuadros Secundarios y tomas eléctricas.

Estas líneas estarán destinadas a enlazar los interruptores automáticos de salida del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) con los Cuadros Secundarios de zona (CS) y las Tomas Eléctricas (TE).

Los cables elegidos para ello serán de cobre, y su instalación será en bandeja metálica perforada sin tapa y puesta a tierra hasta los Cuadros Secundarios (CS).



Para el cálculo de las secciones de los conductores a usar se tendrá en cuenta la capacidad para soportar sin sobrecalentamientos:

- La máxima intensidad solicitada por la carga instalada
- La intensidad de cortocircuito calculada en el punto de partida del circuito.

Para ello se ha elegido, al igual que en las líneas principales, cable de cobre cuya designación genérica es RZ1 0,6/1 kV (AS), denominado técnicamente AFUMEX 1000 V (AS), fabricado por Prysmian Cables & Systems, que cumple con la normativa constructiva UNE 21123-4.

Como ya mencionamos anteriormente sus características eléctricas y técnicas, vamos a remitirnos al punto anterior correspondiente a las líneas principales, y sólo hacemos mención de que se trata de un conductor de cobre con aislamiento en polietileno reticulado, autoextinguible y bajo en emisión de humos, ideal para su aplicación en edificios en general (Código Técnico de Edificación, Real Decreto 314/2006, art. 11).

Los circuitos de seguridad como son los usados en los ascensores, bombas de incendio y alimentación de extractores deben ser resistentes al fuego, por ello se seleccionan los cables RZ1 0,6/1 kV (AS+). De ellos también hemos hablado y descrito sus características eléctricas principales y sus formas constructivas en el punto anterior.

Además, los valores de las caídas de tensión máximas para las potencias de plena carga no deberán superar los indicados en el Reglamento Vigente, concretamente lo especificado en el ITC-BT 15 sobre Instalaciones de Enlace, Derivaciones individuales, en la cual nos especifica que la sección de los cables de los conductores en las instalaciones de enlace y/o secundarios, se tendrá en cuenta la caída de tensión máxima admisible, que será de 0,5 % en caso de contadores concentrados en más de un lugar; de 1 % en caso de contadores totalmente concentrados; y de 1,5 % para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en la cual no existe línea general de alimentación.



En nuestro caso la caída de tensión máxima será de 1 %, ya que en nuestro caso los contadores se encuentran totalmente concentrados en un local de uso exclusivo situado en la planta semisótano junto con el Cuadro General de Baja Tensión.

2.7.6 Centralización de Contadores.

La centralización de contadores se trata de un conjunto de Contadores (como su nombre indica) ubicados en un mismo local, que se instala sobre elementos modulares prefabricados y alimentados desde una línea repartidora o línea general de alimentación.

Generalmente las cinco grandes partes en que se divide una centralización de contadores son:

- Interruptor General de Maniobra: Se trata de un interruptor de corte en carga situado aguas arriba de los equipos de medida. Su misión es la de dejar sin servicio toda la instalación si esto fuera necesario. Dicho elemento debe cortar la totalidad de las fases y el neutro para evitar posibles desequilibrios de tensiones.
- Embarrado de entrada: A él llega la línea general de alimentación, y desde ahí parten las distintas derivaciones individuales.
- Fusibles de seguridad: Se trata de un elemento de protección de las derivaciones individuales y de los equipos de medida. Serán de tipo D0 cilíndricos y se montarán sobre el embarrado de entrada.
- Equipos de medida: En esta clasificación se incluyen los contadores, relojes de doble tarifa y demás equipos que de alguna manera sirvan o ayuden en la labor de la medida del consumo eléctrico.
- Bornes de salida: Desde aquí parten las distintas derivaciones individuales hasta los interruptores de control de potencia ICP. Además se ha de disponer de una pletina de cobre destinada a tierra, aquí se unirán todas las tierras de las distintas derivaciones individuales y supondrá su punto de unión con la tierra general del edificio.

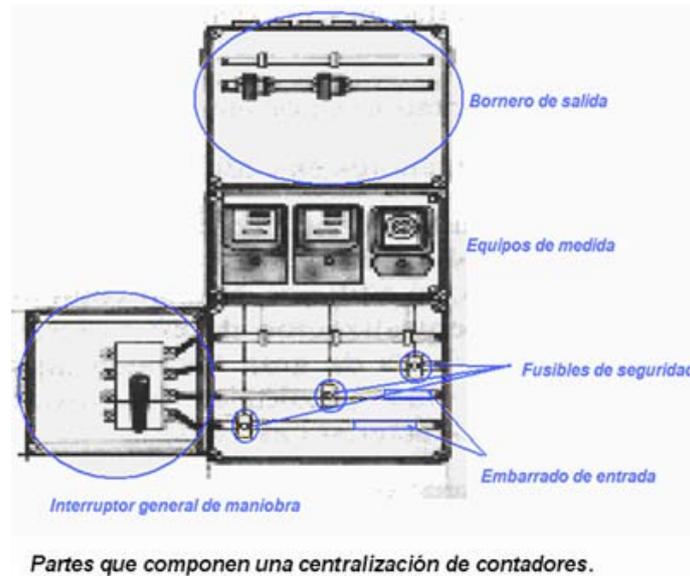


Imagen N° 73 Obtenida de la página web www.mailxmail.com

En los Conjuntos modulares de servicios generales superiores a 63 Amperios (como es nuestro caso) serán con envolvente totalmente aislante y cumplirán la Recomendación UNESA 1404 E.

Los fusibles, contadores, bornas de salida así como los cables de entrada y salida de contadores y llegada a bornes de salida, que pertenezcan a cada derivación individual deberán estar rotulados para su mejor identificación.

Se instalarán módulos trifásicos con una previsión de un suministro por cada 50 m² y se reservarán los espacios según la siguiente tabla:

Tabla Instalación de módulos según espacio disponible:

M ² DESTINADOS A LOCALES COMERCIALES DEL EDIFICIO	Nº ESPACIOS DESTINADOS A LOCALES COMERCIALES >63A
≤ 50 y ≤ 400	1
>400 Y ≤700	2
>700 Y ≤1000	3
>1000	CONSULTAR

Imagen N° 74 Obtenida de Especificación Técnica HidroCantábrico Distribución Eléctrica S.A.U



A continuación haremos una pequeña descripción de los conjuntos modulares de los que se componen:

- Unidad funcional de interruptor general de maniobra: Cumplirá con lo establecido en el ITC-BT 16. Se instalará entre la línea general de alimentación y el embarrado general de la concentración de contadores. Cuando exista más de una línea general de alimentación se colocará un interruptor por cada una de ellas. El interruptor será como mínimo de 160 A para previsiones de carga de hasta 90 kW y de 250 A para las superiores a ésta.
- Unidad general de embarrado: En esta unidad se colocará siempre una base DO2 por cada envolvente de que conste la columna para la alimentación del interruptor horario.
- Unidad funcional de medida: Además de los módulos necesarios para los Servicios Generales, se instalarán tantos módulos destinados a la medida de los locales comerciales como indica la tabla anterior. Cada uno de los módulos que forman la columna tendrá capacidad para dos contadores trifásicos y un interruptor horario.
- Unidad funcional de bornes de salida y puesta a tierra: Sobre la misma envolvente se instalará, en la parte superior una pletina de cobre para usos eléctricos de 20 mm x 4 mm.

El embarrado dispondrá de un borne para la conexión de la puesta a tierra con capacidad de embornamiento para cables, de secciones comprendidas entre 16 y 50 mm². Además dispondrá de bornes para conectar a los mismos los cables de protección de cada derivación individual, cuya sección estará comprendida entre 6 y 16 milímetros.

Los bornes serán de tipo de presión y de diseño tal que no sea necesario soltar el embarrado para poder colocarlos o retirarlos y que permitan la conexión de los conductores en la parte delantera.



La parte central de la envolvente estará destinada a alojar los bornes de salida de las derivaciones individuales que tendrán una capacidad de embornamiento comprendido entre 6 y 26 milímetros. El número de bornes a instalar será el que corresponda en función del número y tipo de contadores que lleve la unidad funcional de medida.

En la parte posterior de la envolvente se instalará un contador y fuera de la envolvente la regleta de bornes seleccionables, a las que se conectarán los conductores auxiliares, que transportan la señal que activa los dispositivos correspondientes para el cambio de tarifa y los conductores para el accionamiento de los contactores de puente de los ICP.

- Cableado interior: El cableado de cada derivación individual discurrirá por el interior de los conductores situados en la parte posterior de las placas de fijación de los contadores de previsión de cargas, caídas de tensión, naturaleza del conductor y aislamiento, con un mínimo de 10 mm².

El cableado auxiliar para el cambio de tarifa, se realizará con cables de cobre de iguales características que lo de las derivaciones individuales y sus secciones serán de 2,5 mm² para la alimentación y de 1,5 mm² para las conexiones de bornes de mando a las unidades de medida.

Para distinguir a los conductores entre sí, las cubiertas de los cables deberán ser de los colores siguientes:

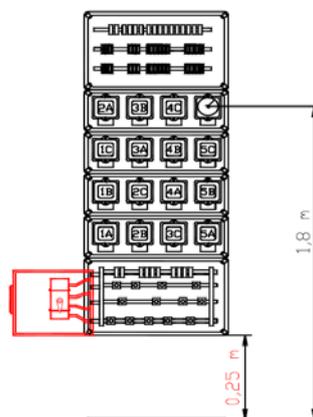
- Azul Claro, en el caso del neutro.
- Negro o marrón, en el caso de las fases. En los suministros trifásicos se utilizará se gris para la tercera fase.
- Amarillo/verde, para los conductores de protección.

El cableado auxiliar de 2,5 mm, llevará los colores correspondientes al conductor de neutro y al conductor de fase. El cableado auxiliar de 1,5 mm llevará cubierta de color rojo.

- Unidad funcional de fusibles de seguridad: Las características de estos elementos serán las siguientes:
 - Un dispositivo electrónico, tarificador, con capacidad para la medida de energía en diferentes intervalos tarifarios, así como registro de potencias.
 - Una caja de bornes de ensayo, o regleta de verificación. Que cumplirá con lo especificado en la norma UNE EN 60 947-1 y 60 947-7, que permitirá realizar las siguientes funciones:
 - a) Instalación de equipos de comprobación y verificación.
 - b) Abrir los circuitos de tensión y cortocircuitar los de intensidad, para poder intervenir en los contadores y demás auxiliares de medida.

La regleta estará alojada en la misma envolvente que contenga el contador y protegido por una tapa precintable que impida la manipulación de sus bornas, dicha tapa será de material transparente, no propagador de llama, libre de halógenos y baja emisión de humos.

- Tres transformadores de medida de intensidad de 5 A, clase de precisión 0,5 y potencia de 10 VA, cuyo primario estará comprendido dentro de la gama especificada en la R.U 4201 A.
- Fusibles de seguridad según las especificaciones de la ET/5001 y ET/5002.



Unidad Funcional de Medida del Cuadro de Contadores

Imagen N° 75 Obtenida de Especificación Técnica HidroCantábrico Distribución Eléctrica S.A.U



2.8 Instalaciones Interiores o Receptoras.

De acuerdo con las normativas ITC-BT 19 (Prescripciones Generales), ITC-BT 20 (Sistemas de Instalación), ITC-BT 21 (Tubos y Canales Protectores), ITC-BT 22 (Protección contra Sobreintensidades), ITC-BT 23 (Protección contra Sobreintensidades) e ITC-BT 24 (Protección Contra Contactos Directos e Indirectos) sobre las Instalaciones Interiores o Receptoras y todas las Recomendaciones UNE, todos los conductores y cables usados en dichas instalaciones serán de cobre o aluminio y deberán estar siempre aislados, excepto cuando vayan montados sobre aisladores.

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor de 3% de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras (como es nuestro caso), del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles se rigen en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

En la siguiente tabla se indican las intensidades admisibles para una temperatura ambiente del aire de 40° C, para otras temperaturas se ha de consultar la Norma UNE 20.460-5-523.

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	205
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821

Imagen N° 76 Obtenida del ITC-BT 19.



2.8.1 Distribución en Plantas.

Comprenderá la realización, a partir de las bornas de salida de los Cuadros Secundarios instalados en el pasillo, de puntos de luz, tomas de corriente para usos varios y distribuciones.

La realización de los circuitos será por lo general en tubo PVC flexible no propagadores de llama, libre de halógenos, reforzado para instalaciones empotradas u ocultas por falsos techos. Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada usados en las instalaciones eléctricas son las que se describen en la normativa UNE-EN 60.423, cuyas características principales que debe tener el cable son:

- Material: PVC
- Resistencia a la compresión: 750 Nw a 20° C.
- Resistencia al impacto: 2 Julios.
- Temperatura de trabajo: -5° C hasta 60° C.
- Propiedades Eléctricas:
 - Rigidez dieléctrica = 2kV a 50 Hz
 - Resistencia Eléctrica de aislamiento = 100 Ω /bajo 500 V en c.c
- Características: Aislante, curvable, debido a su superficie de ondulación se obtiene una máxima flexibilidad, incluso a bajas temperaturas. No propagador de la llama.
- Aplicaciones: Paso de cables eléctricos en paredes, falsos techos, tabiques, etc.

Cuando la instalación deba ser vista, se realizará con tubo de acero o PVC rígido no propagador de la llama para curvar en caliente, las características que deben tener dichos cables vendrá impuesta por la normativa UNE-EN 50.086-2-1, y son:

- Material: PVC
- Resistencia a la compresión: 1250 N
- Resistencia al impacto: 2 Julios a - 5° C.
- Temperatura de trabajo: -5° C hasta 60° C.
- Propiedades Eléctricas: Aislante no propagador de llama
 - Rigidez Dieléctrica = 2kV a 50 Hz.
- Aplicaciones: Para protección de cables y canalizaciones superficiales ordinarias y fijas.



Para la fijación del tubo de PVC flexible reforzado se utilizarán bridas de cremallera tipo UNEX o equivalente. Para el tubo de acero o PVC rígido se utilizará en todos los casos abrazaderas metálicas adecuadas al diámetro del tubo.

Los conductores a utilizar serán de cobre, con aislamiento V-750, no propagador del fuego ni llama y baja emisión de humos, cuya designación es H07Z1-U (AS) y H07Z1-R (AS), también denominados antiguamente ES07Z1-U (AS) y ES07Z1-R (AS), cuyas características principales son las siguientes:

ES07Z1-R (AS)/ H07Z1-R (AS):

- Tensión Nominal: 450/750 V.
- Temperatura máxima de servicio:
 - En servicio permanente: 70 ° C.
 - En cortocircuito: 160° C.
- Tensión de ensayo en corriente alterna: 2,5 kV.
- Comportamiento frente al fuego según la Normativa UNE :
 - UNE-EN 50265: No propagador de la llama.
 - UNE-EN 50266: No propagador del incendio.
 - UNE-EN 50267: Baja emisión de gases tóxicos.
 - UNE-EN 50268: Baja opacidad de humos.
- Material: Conductor de cobre electrolítico rígido de clase 2 según UNE-EN 60228.
- Aislamiento: Polielefina termoplástica HFFR tipo TIZ1.
- Marcado: Los cables deben estar marcados con las siglas AS (Alta Seguridad) que indica su características de no propagación del incendio.
- Dimensiones:

Sección Nominal mm ²	Espesor Aislamiento mm	Ø exterior mm	Peso kg/km	Resistencia Eléctrica a 20°C Ω/km
1x1,5	0,7	3,3	29	12,1
1x6	0,8	5,1	82	3,08
1x10	1	6,5	134	1,83
1x16	1	7,6	194	1,15

Características Dimensionales del cable.

Imagen N° 77 Obtenida del Catálogo Miguélez Cables Eléctricos



El cable antiguamente denominado ES07Z1-U (AS) y actualmente H07Z1-U (AS) tiene las mismas características eléctricas que el ES07Z1-R (AS)/ H07Z1-R (AS), descrito anteriormente, de manera que nos remitimos a la tabla de características de la página anterior de dicha memoria.

Los cables usados en nuestras instalaciones receptoras serán de hilo rígido y en caso de utilizarse cable H07Z1-K (AS), sus conexiones se realizarán en todos los casos con terminales de presión. Las características eléctricas de dichos cables son:

- Temperatura de servicio: -40° C hasta 70 °C, cable termoplástico.
- Tensión nominal: 450 / 750 V desde 1,5 mm².
- Ensayo de tensión en corriente alterna: 2.500 Voltios.
- Ensayos de fuego:
 - UNE-EN 60332-1-2. No propagación de la llama.
 - UNE-EN 50266-2-4. No propagación del incendio.
 - UNE-EN 50267-2-1. Libre de halógenos.
 - UNE-EN 61034-2. Baja emisión de humos opacos.
 - UNE-EN 50267-2-3. Muy baja emisión de gases corrosivos.
- Material: Cobre electrolítico recocido.
- Flexibilidad: Flexible clase 5, según UNE-EN 60228
- Temperatura máxima del conductor: 70° C en servicio permanente y 160° C en corto.
- Aislamiento: Mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI Z1.
- Colores: Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Caída de tensión V/A km (2)	
						cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 0,5	0,6	2,1	9	39	-	85,79	68,76
1 x 0,75	0,6	2,3	11	26,5	-	58,39	46,83
1 x 1	0,6	2,8	14	19,5	-	43,13	34,62
1 x 1,5	0,7	3,4	20	13,3	15	28,84	23,22
1 x 2,5	0,8	4,1	32	7,98	21	17,66	14,25
1 x 4	0,8	4,8	46	4,95	27	10,99	8,91
1 x 6	0,8	5,3	65	3,30	36	7,34	5,99
1 x 10	1,0	6,8	111	1,91	50	4,36	3,59
1 x 16	1,0	8,1	164	1,21	66	2,74	2,29
1 x 25	1,2	10,2	255	0,78	84	1,73	1,48
1 x 35	1,2	11,7	351	0,554	104	1,25	1,09
1 x 50	1,4	13,9	520	0,386	125	0,92	0,84
1 x 70	1,4	16	700	0,272	160	0,64	0,61
1 x 95	1,6	18,2	920	0,206	194	0,46	0,46
1 x 120	1,6	20,2	1130	0,161	225	0,36	0,38
1 x 150	1,8	22,5	1410	0,127	260	0,29	0,33
1 x 185	2,0	20,6	1770	0,106	297	0,26	0,28
1 x 240	2,2	28,4	2300	0,0801	350	0,18	0,24

Tabla de características técnicas.

Imagen N° 78 Obtenida del catálogo de Prysmian Cables.

El tamaño de las cajas de registro será adecuado al número y diámetro de los tubos a alojar, debiéndose utilizar cajas Manile o serie Plexo de Legrand en canalizaciones vistas.

Las cajas de registro elegidas son las cajas estancas Plexo IP 55- IK 07 con cierre con 1/4 de vuelta.

Son cajas de poliestireno con tapas de polietileno, color gris RAL 7035, cuya temperatura de utilización va desde los -25° C hasta los 40° C, y autoextinguible.

Las entradas de los cables y tubos irán por los conos multidiámetro, con indicaciones de diámetros y numeradas para facilitar el reconocimiento de las líneas.

Poseen tapas de protección clase II para los tornillos de fijación mural.

Posee un cierre con 1/4 de vuelta, imperdible y precintable asegurando el cierre de la tapa con las señales de posición 0 y 1.

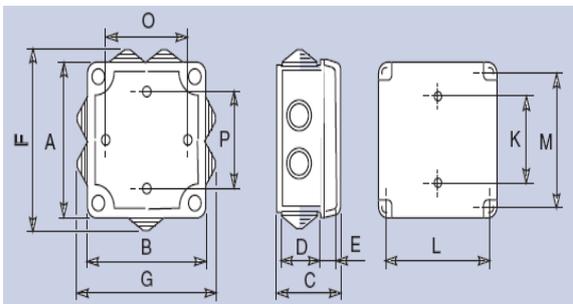
Tiene la posibilidad de colocar la tapa durante el cableado.

Sus dimensiones son 100 x 100 x 55 milímetros.



Cajas de registro estancas Plexo IP 55- IK 07

Imagen N° 79 Obtenida del catálogo de instalaciones eléctricas de Legrand



Ref.	A	B	F	G	C	D	E	Fijación de la caja			S dm ²	Fijación accesorios (Ø 4 mm)	
								K	L	M		O	P
0921 38	116	116			60	41,8	13,4	50	95	95	1,34	80	80
0921 36	116	116	132	132	60	41,8	13,4	50	95	95	1,34	80	80

Cotas Caja de Registro estancas Plexo UP 55- IK 07 de Legrand.

Imágenes N° 80 Obtenidas del catálogo de instalaciones eléctricas de Legrand



Los mecanismos a instalar serán como mínimo de 10 Amperios en interruptores destinados a alumbrado y de 16 Amperios para tomas de corriente.

Las tomas eléctricas no previstas con mecanismo, se dejarán en una caja de registro provista de bornas de conexión.

Los colores de los conductores corresponderán con el código establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Para el alumbrado especial destinado a emergencia y señalización se utilizarán unidades con una hora de autonomía.

2.8.2. Alumbrado Interior.

Se realizará generalmente mediante lámparas fluorescentes compactas distintas de potencias según la zona. Su construcción será preferentemente en chapa de aluminio.

Todas ellas llevarán una conexión a la red de tierra de protección, siendo todos los equipos de encendido en Alto Factor con reactancia eléctrica o magnética.

Los niveles medios de iluminación previstos por cálculo para las diversas dependencias serán de:

Situación	Iluminancia
Pasillos	100 - 150 lux
Recepción	150 - 300 lux
Vestuarios	150 lux
Almacenes	150 lux
Aparcamientos	200 lux
Sala de Reuniones	50 - 400 lux
Sala de Instalaciones	150 lux
Cafetería	250 lux
Comedores	50 - 350 lux
Oficinas Administrativas	500 lux
Salas de Espera	200 lux

En locales clasificados como húmedos (Vestuarios, etc.), así como Salas de Climatizadores, Centro de Transformación, Mantenimiento, Garaje y Grupo Electrónico, las luminarias serán herméticas, construidas con carcasas de aleación ligera inyectada, juntas de estanqueidad de silicona y pestillos de cierre en perfil extruido de aluminio anodizado. Reflector de aluminio anodizado. Con un grado de protección de la luminaria de IP 65.

Por ello hemos seleccionado el modelo Mariner Max fabricado por General Electric, cuyas características se adecuan perfectamente a los requisitos exigidos, ya que se trata de una luminaria compacta de techo estanca para lámparas fluorescentes T5 y T8, con protección contra la entrada de cuerpos extraños, chorros de agua desde cualquier dirección y contactos accidentales, con protección IP 65.

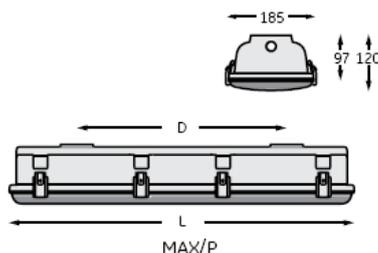
El cuerpo está realizado en una sola pieza de acero inoxidable AISI 304 embutido, con muy alta resistencia mecánica.

Posee un difusor MAX/P de policarbonato Lexan transparente, irrompible y autoextinguible V2. Con estampado de inyección y estabilizado a los rayos UV, que no amarillea con el uso. Externamente es perfectamente liso para permitir un fácil limpiado y para una máxima eficiencia luminosa.

Posee ganchos de acero inoxidable con articulación imperdible.

El cableado es de 230 V, 50 Hz no propagador de llama para regulación CEI 20-22 con cableado termorresistente HT 90° C. Corrección de fase HPF, condensadores con resistencia de descarga incorporada y regleta de tres polos con fusible seccionador para conductores de hasta 2,5 milímetros.

El reflector es de alto poder reflectante, de chapa de acero esmaltada a fuego con polvo de poliéster epoxi o con acabado especular. Dicho reflector se utiliza como soporte para el cableado eléctrico, en caso de operaciones de mantenimiento permanece unido al cuerpo de la luminaria mediante cables.



Type	Length L (mm)	Fixing hole D (mm)
MAX 158	1570	1200
MAX 258	1570	1200

Luminaria Mariner Max/P

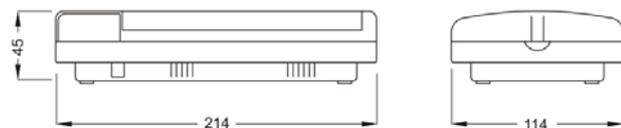
Imagen N° 81 Obtenida del catálogo General de Iluminacion de General Electric

El alumbrado de evacuación y antipánico será mediante aparatos autónomos de entrada automática por fallo en la alimentación de 220 Voltios, con una autonomía de una hora, cumpliendo las normas UNE 20.392-93 en relación a los “Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de fluorescencia” y la norma EN-60598-2-22 en relación a las “Luminarias para alumbrado de emergencia” indicadas en el Código Técnico de la Edificación y en el Reglamento y hojas de interpretación vigentes (concretamente la ITC-BT 28 “Instalaciones en locales de pública concurrencia”).

Por todo ello hemos elegido el equipo autónomo de alumbrado de emergencia serie Mira fabricado por Talleres Radioeléctricos Querol S.L.

Dicho alumbrado posee como características principales:

- Alimentación de red 230 V y 50/60 Hz.
- No permanente.
- Puesta en reposo y reencendido por telemando.
- Test de verificación por dispositivo de verificación incorporado en la misma emergencia.
- Led ámbar de alta luminosidad, con indicador de presencia de red y recarga de batería.
- Autonomía superior a una hora.
- Instalación fácil mediante preplaca, regleta sin tornillo mediante conexión rápida.
- Protección contra errores de la conexión y protección fin de descarga de la batería y contra sobreintensidades.
- Grado de protección IP 223.
- Luminaria clase II. Dichas luminarias deben instalarse de manera que ninguna pieza metálica expuesta esté en contacto eléctrico con una parte cualquiera de la instalación eléctrica conectada a un conductor de protección.



Luminaria de emergencia serie Mira.

Imagen N° 82 Obtenida del catálogo del fabricante Talleres Radioeléctricos Quirol S.L



2.8.3 Red de Puesta a tierra y sistemas de protección contra contactos indirectos.

Para la seguridad de la instalación y funcionamiento de las protecciones contra contactos indirectos se establecen los siguientes sistemas de puesta a tierra:

- Sistema de tierra de protección de Alta Tensión (*Ver punto 4.1 Puestas a Tierra, en la página 150 de la presente memoria*).
- Sistema de tierra de protección de Baja Tensión.
- Sistema de tierra de los Neutros de los Transformadores y Grupo Electrógeno.
- Sistema de puesta a tierra para equipotencial de la estructura del edificio. Para unificar con el sistema de protección de Baja Tensión.

A estos sistemas principales se acoplarán tomas de tierra para:

1. Pararrayos. Para unificar con el sistema de la estructura del edificio.
2. Guías de ascensores. Para unificar con el sistema de la estructura del edificio.
3. Instalación de Telecomunicaciones y antena. Para unificar con el sistema de la estructura del edificio.

Todos tendrán sus bornas principales de tierra con posibilidad de seccionamiento para comprobaciones y quedarán interconectadas con tuberías para la posible unificación de los sistemas.

Se realizarán con conductores de cobre desnudo de 35 mm² de sección mínima los electrodos de tierra equipotencial del edificio y Guías de Ascensores, y con sección mínima de 50 mm² los del Pararrayos y Protección de Alta Tensión.

Los de protección de Baja Tensión y de Neutros se realizarán con conductores aislados de secciones diversas según el Reglamento de Baja Tensión.



Los conductores de protección, equipotenciales y conductores de tierra cumplirán las necesidades mínimas en cada caso y soportarán las corrientes de cortocircuito que marcan el Reglamento de Baja Tensión y los cálculos correspondientes.

La coordinación del funcionamiento de las protecciones por sobreintensidades y por corriente residual, determinará las necesidades de las resistencias a tierra de los distintos sistemas, para evitar tensiones supuestas de defecto, que puedan provocar la superación de los límites de intensidad y tiempo permitidos para el cuerpo humano o las tensiones mínimas aplicables a las instalaciones.

Las medidas de protección contra contactos indirectos suelen ser de dos clases:

- Clase A: Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y elementos conductores, entre los cuales pueda aparecer una diferencia potencial peligrosa.

Los sistemas de protección de la clase A más usados son los siguientes:

- 1) Separación de circuitos.
- 2) Empleo de pequeñas tensiones.
- 3) Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección.
- 4) Conexiones equipotenciales.

- Clase B: Esta medida consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático, que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Los sistemas de protección de la clase B más comunes son:

- 5) Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte de corriente de defecto.
- 6) Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte de tensión de defecto.

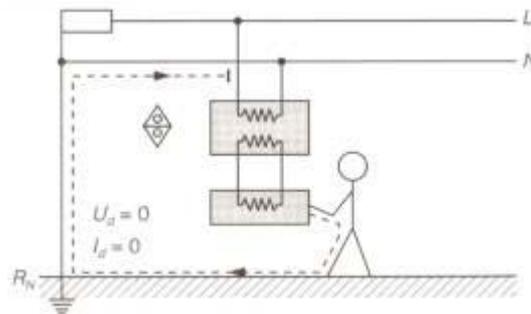
A continuación describiremos brevemente cada una de las medidas de protección comentadas.

Clase A:

1) *Separación de circuitos.* Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización respecto de la fuente de energía (circuito de distribución y alimentación de la corriente al elemento que se quiere proteger y circuito general de suministro de electricidad) por medio de transformadores o grupos convertidores (motor-generator) manteniendo aislados de tierra todos los conductores del circuito de utilización incluido el neutro.

Presenta como inconvenientes que el límite superior de la tensión de alimentación y de la potencia de los transformadores de separación es de 250 V y 10 kVA para los monofásicos y 400 V y 16 kVA para los trifásicos.

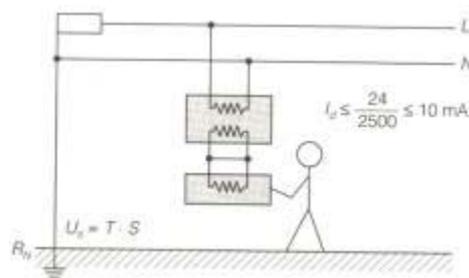
Otro inconveniente es que no detecta el primer fallo del aislamiento.



Separación de circuitos.

Imagen N° 83 Obtenida página web Universidad Politécnica de Valencia.

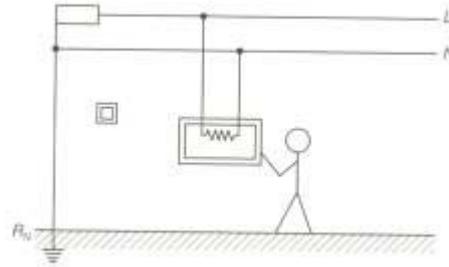
2) *Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.* Los valores usados son de 24 Voltios de valor eficaz para locales húmedos o mojados, y de 50 Voltios para locales secos. La tensión de seguridad suministrada por transformadores, baterías, etc. estarán aisladas de tierra.



Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.

Imagen N° 84 Obtenida página web Universidad Politécnica de Valencia.

3) *Separación de las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección.* El doble aislamiento que está señalado con el símbolo  se aplica en máquinas, herramientas portátiles, aparatos electrodomésticos pequeños, etc. y consiste en el empleo de un aislamiento suplementario del denominado funcional (el que tienen todas las partes activas de los aparatos eléctricos para que puedan funcionar y como protección básica contra los contactos directos).



Separación de las partes activas y masas accesibles.

Imagen Nº 85 Obtenida página web Universidad Politécnica de Valencia.

4) *Conexiones equipotenciales de las masas.* Este sistema de protección consiste en unir entre sí todas las masas de la instalación a proteger y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer en un momento dado, diferencias de potencial peligrosos entre ambos.

Esto se consigue uniendo por medio de un conductor de protección y a través de uniones de muy débil resistencia:

- Todas las masas entre sí.
- Con los elementos conductores de la edificación susceptibles de contacto (tuberías, radiadores, etc).
- Con los electrodos de puesta a tierra.

Clase B:

5) *Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte de corriente de defecto.* Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación a la tierra mediante electrodos o grupo de electrodos enterrados en el suelo, de tal forma que las carcasas o partes metálicas no puedan quedar sometidas por defecto de derivación a una tensión superior a la de seguridad.



Para ello, se utilizan como dispositivos de corte los diferenciales. Estos diferenciales serán de mayor sensibilidad cuanto mayor sea la resistencia de la tierra a la que está unido el circuito de protección. El uso de este sistema de protección requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

- El interruptor deberá eliminar el defecto en un tiempo inferior o igual a 5 segundos mediante el corte de todos los conductores activos, cuando se alcance la tensión considerada peligrosa (24 V para locales húmedos y 50 V para locales secos).
- La bobina de tensión del interruptor se conectará entre la masa del aparato a proteger y una puesta a tierra auxiliar para controlar la tensión que pueda presentarse entre éstas.
- El conductor de tierra auxiliar estará aislado con relación al conductor de proteger, de las partes metálicas del edificio y de cualquier estructura en unión eléctrica con el aparato a fin de que la bobina de tensión no pueda quedar puenteada. Por lo tanto, el conductor de puesta a tierra auxiliar debe ser un conductor aislado.
- El conductor que conecta el relé a la masa a proteger no debe entrar en contacto con las partes conductoras distintas de las masas de los aparatos eléctricos a proteger, cuyo conductor de alimentación quedará fuera de servicio al actuar el interruptor en caso de defecto.

6) *Puesta a tierra de las masas y dispositivo de corte de tensión de defecto.* Este sistema de protección consiste en poner a tierra las masas de las máquinas y asociar la toma de tierra a un dispositivo de corte automático que origina la desconexión de la instalación en caso de presentarse un defecto. La puesta a tierra sirve para evitar que las carcasas de las máquinas queden sometidas a tensiones superiores a las de seguridad. Por ello la puesta a tierra tiene que ir asociada a dispositivos de corte, tales que cuando se alcance la tensión de seguridad en las carcasas, interrumpan el circuito. Ello requiere que se cumplan las siguientes condiciones:

1. En las instalaciones en que el punto de neutro está unido directamente a tierra:

- La corriente a tierra producida por un sólo defecto franco, debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no permanecerá con respecto a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a 24 V en locales o emplazamientos húmedos o 50 V en locales los demás casos.
- Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.



2. En las instalaciones en que el punto de neutro está aislado de tierra o unido a ella por medio de una impedancia que limite la corriente de defecto, se cumplirán las tres condiciones anteriores, si bien pueden admitirse, cuando las condiciones de explotación lo exijan, que la primera condición no sea cumplida siempre que, a cambio, se cumplan las siguientes:

- Un dispositivo de control debe señalar automáticamente la aparición de un solo defecto de aislamiento en la instalación.
- La segunda condición del caso anterior se cumplirá siempre, incluso en caso de un solo defecto de aislamiento.
- En caso de dos defectos de aislamiento simultáneos, que afecten a fases distintas o a una fase y neutro, se producirá la separación de la instalación en la que se presenten estos defectos por un dispositivo de corte automático.

Todo lo detallado anteriormente se tendrá en cuenta siempre cumpliendo con los distintos ITC-BT del Reglamento de Baja Tensión que le sean de aplicación y las Normas UNE correspondientes.

2.8.4 Instalación de pararrayos.

Se preverá un pararrayos para cubrir la totalidad del edificio. El pararrayos será del tipo con dispositivo de cebado para un NIVEL II (protección intermedia) con mástil de 10 metros de altura y un radio de acción de 100 metros, por ello se ha elegido el modelo Prevelectron2 S 6.60 fabricado por Indelec, cuyo funcionamiento se articula alrededor de tres etapas:

- 1). Carga del dispositivo de ionización por medio de electrodos inferiores que utilizan la energía eléctrica ambiental (la cual alcanza varios miles de voltios/metros durante las tormentas). Por lo tanto, el Prevelectron2 es un sistema autónomo que no necesita ninguna fuente de energía exterior.
- 2). Control del fenómeno de ionización gracias a un dispositivo que detecta la aparición de un trazador descendente: el campo eléctrico local sufre un aumento brusco cuando la descarga es inminente. El Prevelectron2 detecta la evolución de este campo. Esto lo convierte en el único pararrayos con dispositivo cebado capacitado para reaccionar ante la aparición de un trazador descendente.



3). Cebado precoz del trazador ascendente gracias al fenómeno de ionización por chispas entre los electrodos superiores y la punta central. La anticipación del trazador ascendente con respecto a cualquier otra aspereza dentro de la zona protegida al Prevector2 de constituirse en el punto de impacto privilegiado de un rayo.

La capacidad de los equipos técnicos de Indelec, la variedad de las pruebas llevadas a cabo en laboratorios de Alta Tensión bajo condiciones reales de descargas de rayos hacen que el modelo Prevector2 posea múltiples ventajas:

- Funcionalidad totalmente autónoma.
- Fiabilidad inclusive en condiciones climáticas extremas.
- Resistencia comprobada en caso de descargas de rayos repetidas.
- El Prevector2 es activado únicamente cuando hay una elevación en el campo eléctrico (ante riesgo de una descarga eléctrica), por lo tanto no representa ningún peligro para el emplazamiento donde es colocado.
- Simplicidad de instalación y mantenimiento gracias a diferentes herramientas desarrolladas por Indelec.
- Seguridad de la punta captadora debido al respecto del principio de continuidad eléctrica entre la punta y la toma de tierra.
- Fabricación respetuosa de las normas de calidad ISO 9001: 2000.

Tabla de radios de Protección

Altura (m)	Nivel I:D=20m	Nivel II:D=45m	Nivel III:D=60m
2	31	39	43
3	47	58	64
4	63	78	85
5	79	97	107
10	79	99	109

Imagen N° 86 Obtenida del catálogo de Indelec sobre pararrayos.

En rojo se ha seleccionado las medidas elegidas.

Su instalación responderá a las exigencias de la norma SU-8 “Seguridad frente a riesgos provocadas por la acción de un rayo” del Código Técnico de la Edificación.

Este pararrayos irá instalado en la parte más alta del edificio sobre un mástil fijado a muro con piezas de anclaje en “U”. Su puesta a tierra será independiente y se realizará mediante cable desnudo de 50 mm² que enlazará la cabeza del pararrayos con los tres electrodos de la propia puesta a tierra, que a su vez se interconectará con la de la estructura a través de un seccionador alojado en caja aislante protectora.

Pararrayos Prevector2 Modelo S 6.60



Imagen N° 87 Obtenida del catálogo de Indelec sobre pararrayos

El sistema tendrá dos conductores de bajada que respetarán las distancias mínimas de seguridad con las masas metálicas cercanas, discurriendo estas bajadas por la fachada exterior.

2.8.5 Batería de condensadores.

Para compensar el factor de potencia debido al consumo de energía reactiva por parte de la Instalación del Conjunto del edificio formado por maquinaria de aire acondicionado, bombas, ascensores y otros receptores se ha previsto la instalación de una batería de condensadores con regulación automática.

Para ello se ha seleccionado una batería de condensadores automática para compensación modelo CP 253 fabricada por Schneider Electric, cuya información técnica detallamos a continuación.

Las baterías para la compensación de energía reactiva modelo CP 253 están fabricadas en chasis y paneles de aluminio no pintado que incluyen:

- 1) Uno, dos o tres condensadores trifásicos Propivar en conexión triángulo.
- 2) Contactador Rollarc (corte SF₆), con protección mediante fusibles APR.
- 3) Tres inductancias de choque (tipo seco/húmedo al aire) límite 100In.
- 4) Tres fusibles APR + bases portafusibles.

Las características técnicas de dicha batería de condensadores serán:

- Potencia/nivel aislamiento máximo: 900 kVAr/12 kV.
- Frecuencia de utilización: 50 Hz.
- Ubicación: Interior/exterior (los equipos de exterior incluyen resistencias anticorrosión).
- Grado de Protección: IP 23.
- La batería CP 253 ha sido diseñada para unas condiciones normales de operación definidas por la norma IEC 694, con rango de temperatura ambiente entre -25°C y 35°C , con un máximo de temperatura de 45°C .
- Altitud igual o inferior a 1.000 metros.

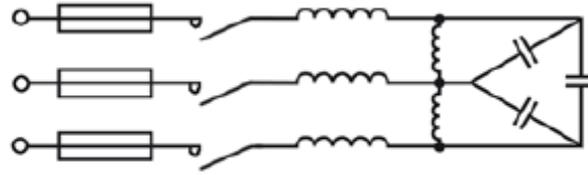
El equipo básico lo hemos mencionado anteriormente, pero este modelo de batería de condensadores nos permite la ampliación del equipo mediante:

- Reactancias de descarga rápida.
- Regulador de energía reactiva Varlogic.
- Aisladores capacitivos/detección presencia de tensión.
- Puerta de acceso con cerradura.
- Disponible opción antiarmónica SAH, sintonización 215 Hz, se fabrica tanto para exterior como para interior, en envoltorio de aluminio no pintado.



Batería de condensadores modelo CP 253.

Imagen N° 88 Obtenida del catálogo de Schneider Electric de Compensación de energía reactiva.



CP253 en triángulo.

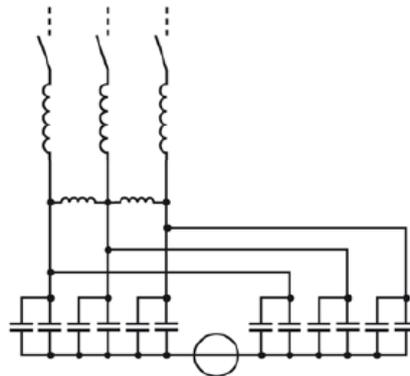
Esquema batería de condensadores CP 253 conexión en triángulo

Imagen N° 89 Obtenida del catálogo de Schneider Electric de Compensación de energía reactiva.

Tabla de Potencias y tensiones modelo CP 253 conexión en triángulo.

Potencias (kVAr)	Tensión asignada (kV)										
	2,4	3	3,3	4,16	5,5	6	6,3	6,6	10	11	12
50 a 100											
100 a 150											
150 a 300											
300 a 600											
600 a 750											
750 a 900											

Imagen N° 90 Obtenida del catálogo de Schneider Electric de Compensación de energía reactiva.



CP253 doble estrella.

Esquema batería de condensadores CP 253 conexión doble estrella

Imagen N° 91 Obtenida del catálogo de Schneider Electric de Compensación de energía reactiva.

Tabla de Potencias y tensiones modelo CP 253 conexión doble estrella.

Potencias (kVAr)	Tensión asignada (kV)										
	2,4	3	3,3	4,16	5,5	6	6,3	6,6	10	11	12
900 a 1.600											
1.600 a 2.100											
2.100 a 2.500											
2.500 a 2.750											
2.750 a 3.000											
3.000 a 3.150											
3.150 a 3.450											
3.450 a 3.800											
3.800 a 4.500											

Imagen N° 92 Obtenida del catálogo de Schneider Electric de Compensación de energía reactiva.



La batería de condensadores estará instalada en armario metálico independiente, protegidos con fusibles y contra armónicos, en lugar ventilado y seco.

Los conductores de alimentación desde el Cuadro general de Baja Tensión estarán dimensionados de acuerdo con las características de la red, potencia instalada y recomendación del fabricante, su carcasa estará puesta a tierra.

Tendrá resistencias de descarga que cumplan con lo exigido por la ITC-BT 48 “Instalación de receptores. Transformadores y autotransformadores. Reactancias y rectificadores. Condensadores” del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2.8.6 Energía Fotovoltaica.

La normativa 2006 de Eficiencia Energética obliga a instalar energía solar en nuevos edificios, así como registrar su clasificación energética.

Según el IDEA (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía), las exigencias para nuevos edificios en materia de eficiencia energética serán aplicables partir de enero de 2006, de acuerdo con lo fijado por la directiva de Eficiencia Energética en Edificios de la Unión Europea.

Como puntos fuertes, además de limitar la demanda energética y mejorar los rendimientos de los sistemas, plantea la incorporación de energía solar térmica, para el calentamiento de agua caliente sanitaria, y de solar fotovoltaica en hoteles y hospitales (con más de 100 plazas o camas), centros multitienda (más de 3.000 m² construidos), oficinas (más de 4.000 m² construidos), hipermercados (más de 5.000 m² construidos), etc.

También el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios establece unos requisitos mínimos a cumplir y un plan de revisiones para calderas y aire acondicionado así como la Certificación Energética de Edificios, así en el ITE 10, nos detalla la técnica de producción de agua caliente sanitaria mediante colectores solares planos de baja temperatura instalados en el edificio, dichos colectores deben cumplir con la norma UNE 94101.



La instalación estará construida por un conjunto de colectores que capten la radiación solar que incida sobre su superficie y la transformen en energía térmica, elevando la temperatura del fluido que circule por su interior.

La energía captada será transferida a continuación a un depósito acumulador de agua caliente.

Después de éste se instalará en serie un equipo convencional de apoyo o auxiliar cuya potencia térmica deba ser suficiente para que pueda proporcionar la energía para la producción total de agua caliente.

Los colectores se dispondrán en filas que deben tener el mismo número de elementos.

Las filas deben ser paralelas y estar bien alineadas, dentro de cada fila los colectores se conectarán en paralelo y solamente pueden disponerse en serie cuando la temperatura de utilización del agua caliente sea mayor de 50° C. Las filas se conectarán entre sí también en paralelo.

La conexión entre colectores y entre filas se realizará de manera que el circuito resulte equilibrado hidráulicamente (retorno invertido), de lo contrario se instalarán válvulas de equilibrado.

Los colectores que dispongan de cuatro manguitos de conexión se conectarán directamente entre sí.

La entrada del fluido caloportador se efectuará por el extremo inferior del primer colector de la fila y la salida por el extremo superior del último.

Los colectores que dispongan de dos manguitos de conexión diagonalmente opuestos se conectarán a dos tuberías exteriores a los colectores, una inferior y otra superior.

La entrada tendrá una pendiente ascendente en el sentido del avance del fluido del 1%.

Los colectores se orientarán hacia el sur geográfico, pudiéndose admitir desviaciones no mayores de 25 ° con respecto a dicha orientación.

El ángulo de inclinación de los colectores sobre un plano horizontal se determinará en función de la latitud geográfica y del período de utilización de la instalación, de acuerdo con los siguientes valores:

Inclinación de los colectores en función del período de utilización

Periodo de utilización	Inclinación de los colectores
Anual con consumo constante	β°
Preferentemente en invierno	$(\beta + 10)^\circ$
Preferentemente en verano	$(\beta - 10)^\circ$

Imagen N° 93 Obtenida del ITE 10



Se admiten en cualquiera de los tres casos desviaciones de $\pm 10^\circ$ como máximo.

La separación entre filas de colectores será igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = k \times h$$

Siendo:

d = La separación entre filas.

h = La altura del colector (ambas magnitudes expresadas en la misma unidad).

K = Coeficiente cuyo valor se obtiene de la tabla que ponemos a continuación, a partir de la inclinación de los colectores con respecto a un plano horizontal.

Coeficiente de separación entre filas de colectores

Inclinación (°)	20	25	30	35	40	45	50	55
Coeficiente k	1,532	1,638	1,732	1,813	1,879	1,932	1,970	1,992

Imagen N° 94 Obtenida del ITE 10

La distancia entre la primera fila de colectores y los obstáculos de altura que puedan producir sombras sobre las superficies captadoras será mayor que el valor obtenido mediante la siguiente expresión:

$$d = 1,732 \times a$$

El área total de los colectores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$1,25 \leq 100 \times \frac{A}{M} \leq 2$$

Siendo:

A = La suma de las áreas de los colectores, expresada en metros.

M = El consumo medio diario de los meses de verano, expresado en L/d.

V = Volumen del depósito acumulador, expresado en L.

En las instalaciones cuyo consumo sea constante a lo largo del año, el volumen del depósito de acumulación cumplirá la condición:

$$0.8 \times M \leq V \leq M$$



Cuando se instale menos superficie de colectores que la resultante del cálculo, deben justificarse en la memoria del proyecto las razones de esta decisión y el volumen del depósito acumulador por cada metro cuadrado de área instalada debe ser igual o menor que 80 litros.

El volumen de acumulación podrá fraccionarse en dos o más depósitos, que se conectarán preferentemente en serie. En caso de que se conecten en paralelo, debe hacerse por el sistema de retorno invertido para equilibrar la pérdida de carga en las conexiones.

Los acumuladores se dispondrán verticalmente, para favorecer la estratificación.

En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del acumulador y del cambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

El manguito de vaciado se conectará al saneamiento mediante una tubería provista de válvula de cierre con salida del agua visible.

El caudal del fluido portador se determinará en función de la superficie total de los colectores instalados. Su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 1,6 l/s por cada 100 metros de área de colectores.

En las instalaciones en las que los colectores estén conectados en serie, el caudal de la instalación se obtendrá aplicando el criterio anterior y dividiendo el resultado por el número de colectores conectados en serie.

Para los circuitos cerrados el fluido portador se seleccionará de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los colectores.

Pueden utilizarse como fluidos en el circuito primario, agua o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada. En caso de utilización de otros fluidos térmicos se incluirán su composición y su calor específico.

En las zonas en las que no exista riesgo de helada puede utilizarse agua sola o desmineralizada con aditivos estabilizantes y anticorrosivos.

El pH estará comprendido entre 5 y 12.

En las zonas con riesgo de heladas se utilizará agua desmineralizada con anticongelante e inhibidores de la corrosión no tóxicos.



El control de funcionamiento normal de las bombas será siempre de tipo diferencial y debe actuar en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de colectores y la del depósito de acumulación.

El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor que 2°C y no están paradas cuando la diferencia sea mayor que 7°C .

La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menor que 2°C .

Una vez definido las características técnicas de nuestra instalación por medio del Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios. Instrucciones Técnicas Complementarias 10, pasaremos a explicar básicamente el tipo de panel fotovoltaico elegido y la base del funcionamiento de dichos paneles.

El funcionamiento básico de las células fotovoltaicas se puede explicar así, cuando el conjunto queda expuesto a la radiación solar, los fotones en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores que pueden entonces romper la barrera potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica.

El módulo más pequeño de material semiconductor con unión P-N y por lo tanto, con capacidad de producir electricidad, es denominado célula fotovoltaica. Estas células fotovoltaicas se combinan de determinadas maneras para lograr la potencia y el voltaje deseados. Este conjunto de células sobre el soporte adecuado y con los recubrimientos que le protejan convenientemente de agentes atmosféricos es lo que se denomina panel fotovoltaico.

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. En nuestro caso el elegido es:

Silicio Puro Cristalino (fabricado por Suntech): Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado.

Se obtiene con ellos un rendimiento de en torno a 19,8 %, pero siendo su precio muy bajo.

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados siguiendo esta tecnología presentan un grosor considerable.

Mediante el empleo del silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permitan incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. Son los denominados paneles de lámina delgada.



Panel Solar de Silicio Puro Cristalino.

Imagen N° 95 Obtenida de la pagina web del fabricante Suntech

2.8.7 Condiciones de Seguridad.

A continuación relacionaremos las medidas de seguridad básicas que se contemplan en el proyecto, sin limitaciones de otras posibles o reguladas por cualquier norma en vigor que sea de aplicación.

Por todo ello comentaremos las medidas de seguridad en cada elemento susceptible de ser manipulado con corriente eléctrica, bien sea en labores de maniobra o cambio de equipo.

2.8.7.1. Centro de Seccionamiento.

Seguridad en las celdas RM6 de Merlin Gerin elegidas para su instalación, como mencionamos anteriormente en el proyecto.

Los conjuntos compactos RM6 estarán provistos de enclavamiento de tipo mecánico que relacionan entre sí los elementos que la componen.



El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrada bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

2.8.7.2 Centro de Transformación.

A) Edificio de Obra civil:

Al estar incorporado en la edificación de la planta baja del edificio se definen las medidas de seguridad siguientes:

- El recinto debe formar sector de incendios separado del resto de los recintos del edificio, con puertas RF-60, incluso la estructura.

La puerta RF-60, se trata de una puerta de cortafuegos estándar construida a medida, de gran robustez, derivada de una construcción con chapas de acero zincadas de 1,2 mm. Son puertas blindadas y todo el proceso de fabricación está estudiado hasta el último detalle para ofrecer un gran nivel de comportamiento frente al fuego.



Puerta RF-60

Imagen N° 96 Obtenida del catálogo de ADO Cerramientos Metálicos S.A



- El suelo dispondrá de una malla equipotencial puesta a tierra y de un sumidero para recogidas de aguas.
- Todas las partes conductoras de Alta Tensión quedarán protegidas, contra contactos directos, por envolventes aislantes o por barreras físicas.
- Para el hipotético caso de una expansión de aire en el interior de las celdas, se habilita una cámara de aire de 10 cm., en la parte posterior de las mismas, por donde las chapas podrían abrirse sin peligro.
- Se equipará con detectores velocimétricos de incendios, que darán alarma de incendio a la centralita general del edificio, desde la cual se ordenará la parada del sistema de extracción de aire del centro y se colocarán dos extintores de incendios en los accesos al mismo.
- En lugar visible se dispondrá de carteles de maniobra, esquema del sistema eléctrico y de tierra, y de instrucciones de primeros auxilios.
- En el interior del centro existirán los elementos de maniobra y de primeros auxilios necesarios:
 - Pértiga de maniobra y puesta a tierra.
 - Guantes aislantes.
 - Banqueta aislante de maniobras.
 - Placas indicadoras de peligro de muerte.
 - Placa reglamentaria de primeros auxilios.
 - Elemento auxiliar para practicar la respiración artificial.
 - Esquema unifilar de la instalación.

B) Celdas de Transformación:

La ubicación del transformador se realizará dentro de una compartimentación formada por, tabicones de 1/2 pie, con refuerzos de UPN en los cantos, y puerta frontal metálica, enclavada con el interruptor de protección, de tal manera que no se puede abrir la puerta sin la previa apertura del interruptor.

El propio transformador tendrá sondas de temperaturas para que, cuando su temperatura alcance un valor peligroso, den órdenes de desconexión.



C) Celdas de Alta Tensión.

Trataremos el tema de seguridad en las celdas SM6 fabricadas por Schneider Electric, instaladas.

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298 “Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52kV”, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras, como ya comentamos en los apartados correspondientes de la presente memoria.

2.8.7.3 Cuadro General de Baja Tensión (CGBT)

Por tratarse de un edificio de pública concurrencia la instalación debe disponer de una fuente de energía complementaria y, en este caso, la compondrá un grupo electrógeno, como hemos comentado anteriormente.

Esto hará necesario la instalación, en Baja Tensión, de un cuadro de distribución de la red complementaria, que debe ser independiente del cuadro de distribución de la red normal.



2.8.8 Instalaciones Complementaria de seguridad.

Hemos hecho una distinción en las instalaciones de seguridad entre, los dispositivos que pueden ser susceptibles de su utilización con corriente eléctrica y su consecuente peligro, y elementos que nos sirvan de protección frente a incendios, alarmas, etc.

Por todo ello, las instalaciones complementarias de seguridad son:

2.8.8.1 Alumbrado.

Para la alimentación de las redes de alumbrado debe tenerse la precaución de asegurar que la protección de éstas se ubicará en el cuadro de servicios de alumbrados de las salas de los cuadros de Baja Tensión y de las extracciones de aire de estos recintos, que contempla la importancia de la intensidad de cortocircuito, que por su proximidad al Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) tendrán estas redes.

Los conductores serán de ESO7Z1-K (AS) o también designados actualmente H07Z1-K (AS) canalizados en tubo de PVC rígido, como comentamos anteriormente en el apartado de la distribución en plantas de la presente memoria.

A) Alumbrado Normal.

En el interior del Centro de Transformación se instalarán los puntos de luz necesarios para proporcionar una iluminación media de 200 lux.

Las luminarias serán estancas, con su grado de protección IP 65, y se instalarán en lugares que permitan su mantenimiento sin peligro de contactos con las partes en tensión del Centro de Transformación.

B) Alumbrado de Emergencia.

Consideramos el recinto de Centro de Transformación como de alto riesgo, en el que puede estar el personal de mantenimiento trabajando y tener necesidad de iluminación para asegurar, durante un determinado tiempo una iluminación suficiente.

Se instalarán aparatos autónomos de emergencia con lámparas fluorescentes, con flujos luminosos de 160 lúmenes y reserva de una hora. Tanto en el recinto como en sus vías de evacuación.

2.8.8.2 *Contraincendios.*

A) Detección de Incendios.

En el recinto del Centro de Transformación, se instalarán detectores de incendios de tipo velocimétrico, conectados a la red general del sistema de contraincendios del edificio.

La activación de un detector provocará la alarma de incendios general con indicación del sector fallido y con la orden de desconexión del sistema de ventilación del Centro de Transformación.

B) Protección de Incendios.

En las proximidades de cada entrada del Centro de Transformación se ubicarán dos extintores, debidamente señalizados, de 113b de eficiencia.

La eficiencia de un extintor viene marcada por un código formado por valor numérico, que indica el tamaño del fuego que puede apagar, y una letra indicativa, que muestra la clase de fuego para la cual es adecuado el extintor:

Código A: Para fuegos de materias sólidas.

Código B: Para fuegos de materias líquidas.



Extintor tipo clase 113b

Imagen N° 97 Obtenida del catálogo de Extintores Comercial García S.L

El recinto formará sector de incendios independiente con puertas cortafuegos RF-60 incluso en la estructura. Las características de dicha puerta fueron comentadas anteriormente en la presente memoria.

Las puertas abrirán hacia la dirección de salida.



2.8.8.3 Ventilación.

El local deberá estar dotado de un sistema mecánico adecuado para proporcionar un caudal de ventilación equivalente al que se indica en el capítulo de cálculos que se desarrollará más adelante en la memoria, y dispondrá de cierre automático en caso de incendio.

Los conductos de ventilación forzada del centro deberán ser totalmente independientes de otros conductos de ventilación del edificio.

Las rejillas de admisión y expulsión de aire se instalarán de forma que un normal funcionamiento de la ventilación no pueda producir molestias a huéspedes y viandantes.

Para asegurar los caudales necesarios se dispondrá de un extractor de capacidad suficiente, controlado por termostato y por la centralita de incendios.

2.8.8.4 Condensadores.

Para compensar el valor del coseno de φ (phi), que las pérdidas en vacío del transformador provocan, se instalará una batería de condensadores fijas para el transformador instalado.

Dicha batería se alimentará desde la salida de Baja Tensión del transformador protegido con seccionadores-fusibles de alta capacidad de ruptura.

También estarán equipados con resistencias de puesta a tierra que garanticen la descarga de tensión cuando sean desconectadas de la red.



3. Conclusiones Finales.

Esta memoria descriptiva forma parte de un conjunto de documentos generales, de los cuales los más importante y característicos son:

- Memoria.
- Planos.
- Presupuesto.
- Pliego de Condiciones.

La coordinación de todos ellos definirán la obra a realizar.

En el presente proyecto nos hemos visto en la necesidad de dotar de todas las instalaciones eléctricas necesarias y reglamentarias de Media y Baja Tensión, para el correcto funcionamiento de un edificio de oficinas, concretamente Torre Rioja Madrid S.A.

Dichas instalaciones eléctricas diseñadas y definidas en el proyecto comenzarán en el Centro de Seccionamiento en donde se recibe la acometida de la Compañía suministradora en Alta Tensión y desde donde parte la acometida en punta al Centro de Transformación.

Se proyectará un nuevo Centro de Transformación para 15-20/0,42 kV, en el interior del edificio con una potencia total de 2000 kVA, que se obtiene a partir de dos máquinas de transformación cuyas potencias normalizadas son de 1000 kVA cada una.

También nos vemos en la obligación de diseñar un Suministro Complementario de Reserva, que será atendido mediante un Grupo Electrónico de arranque para garantizar un suministro de reserva del 25%, para ello se ha diseñado un grupo electrónico de 600 kVA a 1500 rpm, con una tensión de funcionamiento de 400 V.

La calidad de los materiales a emplear no será inferior nunca a las descritas en la presente memoria, ya que para ellas se han determinado los cálculos precisos y necesarios para cada una de las instalaciones diseñadas.

Las soluciones adoptadas no podrán modificarse sin la previa autorización escrita de la dirección facultativa.



Toda la instalación cumplirá, en cualquier caso, con las normativas vigentes y que hemos hecho mención a lo largo del presente documento.

Se entiende que en las instalaciones se incluyen todos los medios auxiliares y pequeño material necesario para el correcto montaje y funcionamiento de las mismas.

Asimismo, se incluyen todas las pruebas necesarias y documentación para la legalización, funcionamiento y regulaciones de las instalaciones de acuerdo con la Normativa Vigente.

Una vez realizadas las instalaciones, y probadas, se entregará a la propiedad los planos “as built”, acompañados de las instrucciones de funcionamiento, manuales de mantenimiento y listados de repuestos más importantes a tener en “stock”.

De manera que por la presente Memoria junto con la documentación adjunta (planos y cálculos), estimamos descritas todas las instalaciones a realizar para llevar a cabo el presente Proyecto de Electrificación del edificio Torre Rioja, S.A., por lo que solamente nos queda elevar el presente proyecto a la superioridad para su aprobación y visado, y si así procediera, nos ponemos a su disposición para cualquier modificación que se estime oportuna.



4. PRESUPUESTO.

A continuación presentamos el presupuesto de la instalación eléctrica que conlleva el diseño de nuestro proyecto.

Precios							
Torre Rioja completo							
Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELECTRIC	r			ELECTRICIDAD	1	2.216.280,22	2.216.280,22
ELE01	r		Ud	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1,00	150.593,00	150.593,00
ELE02	r		Ud	CENTRO DE SECCIONAMIENTO	1,00	13.191,34	13.191,34
ELE03	r		Ud	GRUPO ELECTRÓGENO	1,00	97.369,47	97.369,47
ELE04	tr		Ud	CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN	1,00	120.000,00	120.000,00
ELE05	tr		Ud	CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN GRUPO	1,00	45.000,00	45.000,00
ELE06	r		Ud	CUADROS SECUNDARIOS	1,00	356.500,00	356.500,00
ELE08	r		Ud	APARATOS DE ALUMBRADO	1,00	739.038,10	739.038,10
ELE09	tr		Ud	DISTRIBUCIONES ELECTRICAS	1,00	273.764,04	273.764,04
ELE10	r		Ud	RED DE TIERRAS	1,00	5.737,38	5.737,38
ELE11	r		Ud	PARRAYOS	1,00	2.977,60	2.977,60
ELE12	r		Ud	BATERÍA CONDENSADORES	1,00	26.216,04	26.216,04
ELE13	r		Ud	CONDUCTORES	1,00	270.893,25	270.893,25
ELE14	tr		Ud	MEGAFONÍA	1,00	115.000,00	115.000,00

El total del presupuesto del presente proyecto asciende a: 2.216.280,22 €

DOS MILLONES DOSCIENTAS DIECISEIS MIL DOSCIENTOS OCHENTA CON VEINTIDOS EUROS.

A continuación haremos un desglose de cada elemento diseñado.

4.1 Presupuesto del Centro de Transformación.

Precios							
Torre Rioja completo							
Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE01	r		Ud	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	1,00	150.593,00	150.593,00
OBRA CIVIL CT	tr		Ud	Obra civil CT	1,00	11.716,29	11.716,29
APARAMENTA CT	tr		Ud	Aparamenta de MT en el CT	1,00	40.527,95	40.527,95
TRAF0	tr		Ud	Transformadores de potencia	1,00	61.619,79	61.619,79
EQUIPOS BT	tr		Ud	Equipos de BT en el CT	1,00	31.597,85	31.597,85
PAT CT	tr		Ud	Sistema de puesta a tierra en CT	1,00	3.878,81	3.878,81
VARIOS CT	tr		Ud	Varios en CT	1,00	1.252,31	1.252,31



4.2 Presupuesto del Centro de Seccionamiento.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE02		r	Ud	CENTRO DE SECCIONAMIENTO	1,00	13.191,34	13.191,34
OBRA CIVIL CS			tr	Obra civil CS	1,00	3.656,09	3.656,09
APARAMENTA CS			tr	Aparamenta de MT en el CS	1,00	9.535,25	9.535,25

4.3 Presupuesto del Grupo Electrónico.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE03		r	Ud	GRUPO ELECTRÓNICO	1,00	97.369,47	97.369,47
ER011010			tr	Grupo electrónico 505 kVA	1,00	96.192,94	96.192,94
E0247			tr	Círculo mando y alimentación GE	1,00	370,37	370,37
E0248			tr	Puesta a tierra neutro G.E.	1,00	806,16	806,16

4.4 Presupuesto del Cuadro General de Baja Tensión.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE04		tr	Ud	CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN	1,00	120.000,00	120.000,00
CGBT-RED				Cuadro general baja tensión red	1,00	120.000,00	120.000,00

4.5 Presupuesto del Cuadro General de Baja Tensión del Grupo.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE05		tr	Ud	CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN GRUPO	1,00	45.000,00	45.000,00
CGBT-GRUPO				Cuadro general baja tensión grupo	1,00	45.000,00	45.000,00



4.6 Presupuesto de los Cuadros Secundarios.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE06	r		Ud	CUADROS SECUNDARIOS	1,00	356.500,00	356.500,00
CS-SM	t			Cuadro secundario Sala de Máquinas	1,00	80.000,00	80.000,00
CS-ZZCC	t			Cuadro secundario Zona Comunes	1,00	5.000,00	5.000,00
CS-ESC	t			Cuadro secundario Escaleras	2,00	2.000,00	4.000,00
CS-ALEXT	t			Cuadro secundario Alumbrado Exterior	1,00	3.000,00	3.000,00
CS-SEMIPL.	t			Cuadro secundario semiplanta	10,00	20.000,00	200.000,00
CS-SOT.	t			Cuadro secundario semisotano	6,00	2.000,00	12.000,00
CS-EXT.	t			Cuadro secundario Extractores	3,00	15.000,00	45.000,00
CS-CALOR	t			Cuadro secundario Calor	1,00	5.000,00	5.000,00
CS-PORTERIA	t			Cuadro secundario Porteria	1,00	2.500,00	2.500,00

4.7 Presupuesto de los Aparatos de Alumbrado.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE08	r		Ud	APARATOS DE ALUMBRADO	1,00	739.038,10	739.038,10
PLANTA 1	r			Planta 1	1,00	135.510,48	135.510,48
PLANTA2	r			Planta 2	1,00	153.663,28	153.663,28
PLANTA3	r			Planta 3	1,00	148.642,08	148.642,08
PLANTA4	r			Planta 4	1,00	153.663,28	153.663,28
PLANTA5	r			Planta 5	1,00	58.115,10	58.115,10
SOT1	r			Sótano 1	1,00	15.935,06	15.935,06
SOT2	r			Sótano 2	1,00	15.366,84	15.366,84
SOT3	r			Sótano 3	1,00	13.793,20	13.793,20
PLANTABAJA	r			Planta Baja	1,00	44.348,78	44.348,78

4.8 Presupuesto de la Red de Tierras.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE10	r		Ud	RED DE TIERRAS	1,00	5.737,38	5.737,38
ER01209	tr		Ud	Red de Tierra Estructura.	1,00	4.807,78	4.807,78
ER01205	tr		Ud	Electr.toma tierra acero cobread	40,00	23,24	929,60



4.9 Presupuesto de las Distribuciones Eléctricas.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE09		tr	Ud	DISTRIBUCIONES ELECTRICAS	1,00	273.764,04	273.764,04
DE-SOT3		r		Sótano 3	1,00	14.503,99	14.503,99
DE-SOT2		r		Sótano 2	1,00	18.124,24	18.124,24
DE-SOT1		r		Sótano 1	1,00	13.830,46	13.830,46
DE-PB		r		Planta baja	1,00	26.625,93	26.625,93
DE-P1		r		Planta 1	1,00	41.922,76	41.922,76
DE-P2		r		Planta 2	1,00	45.755,74	45.755,74
DE-P4		r		Planta 4	1,00	45.755,74	45.755,74
DE-P3		r		Planta 3	1,00	44.900,14	44.900,14
DE-P5		r		Planta 5	1,00	22.345,04	22.345,04

4.10 Presupuesto del Pararrayos.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE11		r	Ud	PARARRAYOS	1,00	2.977,60	2.977,60
ER01001		tr	Ud	Pararrayos.Nivel I. 75 mts.radio	1,00	2.977,60	2.977,60

4.11 Presupuesto de la Batería de Condensadores.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE12		r	Ud	BATERÍA CONDENSADORES	1,00	26.216,04	26.216,04
ER01306		tr	Ud	Batería condensadores 600 kVAR	1,00	26.216,04	26.216,04



4.12 Presupuesto de los Conductores.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE13		r	Ud	CONDUCTORES	1,00	270.893,25	270.893,25
RZ1K AS 041	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.4x6+6 mm ² .	1.000,00	15,56	15.560,00
RZ1K RF 032	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS+)0,6/1 kV.Cu.4x6+6 mm ² .	100,00	27,27	2.727,00
RZ1K AS 014	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.1x240 mm ² .	1.200,00	80,16	96.192,00
RZ1K AS 043	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.4x16+16 mm ² .	150,00	37,35	5.602,50
RZ1K RF 034	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS+)0,6/1 kV.Cu.4x16+16 mm ² .	175,00	56,75	9.931,25
RZ1K RF 035	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS+)0,6/1 kV.Cu.4x25+16 mm ² .	450,00	70,59	31.765,50
RZ1K AS 044	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.4x25+16 mm ² .	300,00	52,75	15.825,00
RZ1K AS 042	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.4x10+10 mm ² .	100,00	25,11	2.511,00
RZ1K RF 033	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS+)0,6/1 kV.Cu.4x10+10 mm ² .	100,00	37,70	3.770,00
RZ1K AS 008	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS)0,6/1 kV.Cu.1x50 mm ² .	200,00	21,58	4.316,00
BRC60600	•	tr	M	Bandeja tipo rejilla galv. caliente 60x600	100,00	35,71	3.571,00
BRC60200	•	tr	M	Bandeja tipo rejilla galv. caliente 60x200	1.500,00	16,80	25.200,00
BMP C60200	•	tr	M	Bandeja metál. perf. galv. caliente 60x200mm	600,00	29,12	17.472,00
RZ1K RF 014	•	tr	M	Cable RZ1-K(AS+)0,6/1 kV.Cu.1x240 mm ²	360,00	101,25	36.450,00

4.13 Presupuesto de la Megafonía.

Precios

Torre Rioja completo

Código	Nc	Info	Ud	Resumen	CanPres	PrPres	ImpPres
ELE14		tr	Ud	MEGA FONÍA	1,00	115.000,00	115.000,00
CENT.	•			Rack	1,00	30.000,00	30.000,00
DISTR	•			Distribución por semiplanta	10,00	7.000,00	70.000,00
DIST-SOT	•			Distribución en sótanos	3,00	5.000,00	15.000,00



5. ANEXO: CÁLCULOS.

5.1 Cálculos Puestas a tierra.

Este proyecto está siendo definido con datos de la resistividad del terreno y espacios disponibles para la ubicación de los electrodos de puesta a tierra, sin la confirmación de su valor y sin sus posiciones finales, ya que no tenemos conocimiento de estos valores finales.

En consecuencia nos vemos en la obligación de dar una serie de supuestos y normas, de instalación que nos permitirán acotar los resultados deseados.

Los resultados finales que sean aceptados, deberán poder ser mantenidos durante toda la vida útil de la instalación, para lo cual se dispondrá de los elementos de comprobación necesarios, en locales que aseguren esta función.

Según el Reglamento de Alta Tensión, MIE-RAT-13, según orden del 10 de Marzo de 2000, “Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella).

La tensión máxima de contacto aplicada en voltios, que se puede aceptar se determina en función del tiempo de duración del defecto, según la siguiente fórmula:

$$Vca = \frac{k}{t^n} \quad (v)$$

Siendo:

$k = 72$ y $n = 1$, para tiempos inferiores a 0,9 segundos.

$k = 78,5$ y $n = 0,18$ para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos.

t = duración de la falta en segundos.

Para tiempos comprendidos entre 2 y 5 segundos, la tensión de contacto aplicada no sobrepasará los 64 voltios.



Para tiempos superiores a 5 segundos la tensión de contacto aplicada no superará los 50 voltios, salvo casos excepcionales justificados no se considerarán tiempos inferiores a 0,1 segundos, y en caso de instalaciones de reenganche automático rápido (no superior a 5 segundos) el tiempo a considerar en la fórmula “t”, será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto.

A partir de la tensión de contacto máxima podemos determinar las tensiones de contacto y de paso, que son:

$$\text{Tensión de paso: } V_p = \frac{10k}{t^n \left(\frac{1 + 6ps}{1000} \right)} \quad (\text{v})$$

$$\text{Tensión de contacto: } V_c = \frac{k}{t^n \left(\frac{1 + 1,5ps}{1000} \right)} \quad (\text{v})$$

Que responden a un planteamiento simplificado del circuito al despreciar la resistencia de la piel y del calzado, y que se han determinado suponiendo que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 Ohmios, y asimilando cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 centímetros cuadrados de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 Newton, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo evaluada en función de la resistividad superficial del terreno.

Es decir, todos los elementos que deban estar conectados a tierra, tanto de protección como de servicio, deben interconectarse constituyendo una sola instalación de puesta a tierra. Exceptuando en el caso en el que, para evitar tensiones peligrosas, provocadas por un defecto de la red de Alta Tensión, los neutros del sistema de la red de Baja Tensión, cuyas líneas salen del recinto del Centro de Transformación, puedan conectarse a tierra independientemente.

Igualmente se condiciona la posible interconexión entre la red de puesta a tierra de los neutros citados en la red de puesta a tierra de protección de las masas de la instalación de Baja Tensión, según el esquema sea IT, TN o TT (siendo TN nuestra elección como explicamos anteriormente en el proyecto), y por último se condiciona la interconexión entre las puestas a tierra de las masas de Baja Tensión con las de Alta Tensión.



Por todas estas posibilidades, que son función de los valores reales de las resistencias de puesta a tierra y de las intensidades y tensiones máximas de defecto, proyectamos los sistemas de puesta a tierra de manera que antes de la puesta en servicio de la instalación, y con el conocimiento de los valores resultantes, la dirección técnica de la obra, junto con el instalador, puedan decidir la unificación o no de las distintas redes de puesta a tierra.

Para ello se dejarán instaladas unas tuberías de reserva, que comuniquen las distintas cajas de las bornas principales de tierra, para que en caso de decidir la unificación de tierras, estas canalizaciones permitan la instalación de los cables necesarios para ello.

Las tomas de tierra pueden estar formadas por conductores de cobre desnudos de 50 mm² y enterrados a una profundidad mínima de 0,5 metros, o por una combinación de estos conductores con picas de acero cobriza debidamente unidos con soldadura aluminotérmica.

Desde cualquier toma de tierra que se establezca, se dispondrá de una prolongación del conductor de tierra hasta una arqueta registrable. En esta arqueta se instalará una caja de seccionamiento, medición y borne principal de tierra, y se realizarán las interconexiones de los conductores de protección con los conductores de tierra correspondientes.

En la caja de seccionamiento se dispondrá de un borne principal de tierra que permita las conexiones entre ambos sistemas y la comprobación posterior de su resistencia.

Como alternativa, la caja de seccionamiento deberá instalarse en una pared próxima, cuando sea posible, llegando el conductor de tierra hasta ella y conservando la arqueta anteriormente citada, para el registro de paso.

La elección del tipo de borna de tierra se hará, siempre que sea posible, de acuerdo con la configuración tipo que el método de cálculo de UNESA recomienda. En todos los casos se deberán cumplir las condiciones de tensión de paso y contacto definidas por la MIE-RAT-13, comentadas anteriormente.



Debe cuidarse que el cable de cobre desnudo, o las picas, no se instalen próximos a las canalizaciones metálicas del resto del edificio para evitar la corrosión galvánica, cuando haya presencia del electrolito, que la humedad puede formar con el terreno.

Las uniones entre partes metálicas de hierro y partes de cobre se realizarán con soldaduras aluminotérmicas y no pueden quedar sometidas al efecto del electrolito.

Las secciones de los conductores de las tomas de tierra y electrodos serán de 50 mm² como mínimo.

Por ser la red de Media Tensión de alimentación al Centro de Transformación subterráneas y un sistema de Neutro Aislado, las intensidades de primer defecto son muy bajas y quedan despejadas por el sistema de relés 67N que la compañía nos exige en la instalación. Eliminando la presencia de tensiones de paso y contacto al no tener lugar un segundo defecto en el interior del Centro de Transformación.

A continuación describiremos las tomas de tierras y conductores de protección elegidos para nuestra instalación, más concretamente para el Centro de Seccionamiento y para el Centro de Transformación, así como todos los elementos que ellos componen.

1) Tomas de tierra y conductores de protección de las masas o tierra de protección del Centro de Seccionamiento.

La toma de tierra del Centro de Seccionamiento se unirá a la tierra del Centro de Transformación por lo que nos valdrá todo lo comentado anteriormente sobre la utilización de una arqueta registrable en cuyo interior se sitúa la caja de seccionamiento con un borne principal que nos permita las conexiones entre los sistemas de conductores de cobre desnudos de 50 mm² y enterrados a una profundidad mínima de 0,5 metros, más una combinación de conductores con picas de acero cobrizaza debidamente unidos con soldadura aluminotérmica. Las secciones de los conductores usados, ya sean las tomas de tierra como los electrodos deberán tener una sección mínima de 50 mm².

Para la función de protección de personas y cosas, todas las masas metálicas del bloque de celdas, las cuchillas de los seccionadores de puesta a tierra y las mallas de protección



de los conductores de alta tensión, quedarán unidas por una red equipotencial de cable de cobre desnudo, que enlazará con el conductor de tierra a la puesta a tierra del Centro de Transformación con secciones mínimas de 50 mm².

2) Tomas de tierra y conductores de protección de las masas o tierra de protección y conductores de protección para servicio del Centro de Transformación.

Las tierras interiores del Centro de Transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra todos los elementos necesarios de ser protegidos e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP 54, cuyo primer dígito nos indica el nivel de protección frente al acceso de elementos peligrosos, al ser el número 5 nos protege frente al polvo, y el segundo dígito nos indica el nivel de protección contra la intrusión perjudicial de agua, al ser el número 4 nos protege frente a la intrusión de un chorro de agua.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado en forma de anillo, igual que la tierra interior de protección. Este cable conectará a tierra el neutro del transformador con los elementos necesarios a proteger e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento de protección IP 54, exactamente igual que la tierra interior de protección.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1 metro.

Para la función de protección de personas y cosas del interior del Centro de Transformación, deberán conectarse a tierra todas las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo por averías, descargas atmosféricas (rayos) o sobretensiones provenientes de la red de Alta Tensión.



La red de conductores de protección, se realizará con conductores desnudos de cobre de 50 mm² de sección, directamente grapados a la pared y conectando, en derivación, los elementos que se citan a continuación:

- Chasis y bastidores metálicos.
- Envolventes de armarios metálicos.
- Puertas y rejillas de ventilación local.
- Mallazo del pavimento del Centro de Transformación.
- Carcasa de los transformadores.
- Envolventes y pantallas de cables de Alta Tensión.
- Secundarios de los transformadores de medida*.
- Seccionadores de puesta a tierra*.

(*) Estas funciones son de servicio, como veremos a continuación.

Para la función de servicio de la instalación de Baja tensión, deben ponerse a tierra los siguientes elementos:

- Neutro del sistema de Baja Tensión del transformador.
- Neutro del sistema de Baja Tensión del grupo generador de emergencia.

Las tomas de tierra de estos elementos deben, o pueden, ser independientes por lo cual, los conductores de protección de esta red serán aislados de 0,6/1 kV, en todo su recorrido hasta la arqueta de enlace con la primera pica correspondiente.

Al ser la intensidad de defecto muy pequeña, la condición requerida de que la tensión de defecto $V_d = R_t \times I_d \leq 1000$ Voltios, se cumplirá fácilmente para los valores posibles de resistencias de puesta a tierra. Es decir, que será posible la unión de las tierras de protección y de servicio en el Centro de Transformación.

Tensión de defecto: $V_d = R_t \times I_d \quad (v)$



Siendo:

R_t = Resistencia del sistema de puesta a tierra general de la instalación, que se obtiene de la siguiente fórmula

$$R_t = K_r \times \sigma \quad (\Omega)$$

Siendo, K_r y σ , parámetros característicos de nuestra instalación eléctrica.

El valor de I_d = Intensidad de defecto, que se obtiene igualmente de la fórmula:

$$I_d = \frac{20.000}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Siendo:

X_n = La reactancia de la puesta a tierra del neutro de la red.

R_n = La resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red.

Todo ello estará más desarrollado en el apartado de fórmulas de nuestro proyecto.

5.2 Valores de Cortocircuito.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de distribución, valor especificado por la Compañía Suministradora (Iberdrola).

Utilizando como tensión de diseño 15 kV, el valor corresponde a 400 MVA

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3}V_n} \quad (1)$$

Donde:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

V_n = Tensión de servicio en kV.

I_{ccp} = Corriente de cortocircuito en kA.

Utilizando la expresión (1), nos da un valor de 15,39 kA de corriente de cortocircuito máxima.



La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dado por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot V_s} \quad (2)$$

Donde:

P = Potencia del transformador en kV, en nuestro caso en uno de los dos.

U_{cc} = Tensión de cortocircuito del transformador en %

V_s = Tensión secundaria en V.

I_{ccs} = Intensidad nominal secundaria en A.

Utilizando la expresión (2), y sabiendo que usamos dos transformadores de 1.000 kVA cada uno, una tensión de cortocircuito del transformador del 6 %, y una tensión en el secundario de 400 V, nos sale un valor de corriente de cortocircuito secundaria de 24,06 kA, para cada uno de los dos transformadores.

5.3 Valores Nominales.

La intensidad nominal secundaria de un transformador viene dado por la expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} \quad (3)$$

Donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_s = Tensión secundaria en kV.

I_s = Intensidad nominal secundaria en A.

De manera que con esta expresión podemos calcular la intensidad necesaria en cada uno de las cargas de nuestra instalación.

Por ejemplo, el Ascensor 1, requiere una potencia de 30.000 VA, y sabemos que la tensión en el secundario del transformador es de 400 V, de manera que al sustituir estos valores en la expresión (3), nos saldría una corriente de 43,30 A.

Ejemplo 2: la Cafetería, requiere una potencia de 65.000 VA, con los 400 V de tensión en el secundario y sustituyendo en la expresión (3), nos saldría un valor de 93,81 A, que aproximamos a 94 A.



Con todas las demás cargas haremos lo mismo, llegando a la tabla de resultados finales adjunta al proyecto.

Para poder hallar los demás valores necesarios para caracterizar nuestro proyecto, (como son la Caída de Tensión, Intensidad de Cortocircuito, Tiempo Máximo de despeje de la falta, Sección, etc) necesitamos las tablas de características del fabricante de los cables usados en el proyecto, que como hemos mencionado a lo largo de la memoria, se tratan de cables RZ1 0,6/1 kV (AS) AFUMEX 1000 V (AS) y RZ1 0,6/1 kV AFUMEX 1000 V (AS+), todos ellos fabricados por Prysmian Cables & Systems.

Todas las tablas que mostramos a continuación han sido obtenidas del catálogo 2008 de cables de Prysmian Cables & Systems.

5.4 Tablas de características del fabricante.

Características Técnicas, Pesos y Resistencias del cable RZ1 –K (AS) AFUMEX 1000 V

Tabla 1

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (I) A	Intensidad admisible enterrado (Z) A	Caída de tensión V/A km	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 1.5	0.7	5.7	42	13.3	21	No Permitido	26,5	21,36
1 x 2.5	0.7	6.2	60	7.98	29	No Permitido	15,92	12,88
1 x 4	0.7	6.8	74	4.95	38	No Permitido	9,96	8,1
1 x 6	0.7	7.3	96	3.3	49	44	6,74	5,51
1 x 10	0.7	8.4	140	1.91	68	58	4	3,31
1 x 16	0.7	9.4	195	1.21	91	75	2,51	2,12
1 x 25	0.9	11	290	0.78	116	96	1,59	1,37
1 x 35	0.9	12.6	395	0.55	144	117	1,15	1,01
1 x 50	1	14.2	550	0.38	175	138	0,85	0,77
1 x 70	1.1	15.8	750	0.27	224	170	0,59	0,56
1 x 95	1.1	17.9	970	0.20	271	202	0,42	0,43
1 x 120	1.2	19	1200	0.16	314	230	0,34	0,36
1 x 150	1.4	21.2	1480	0.12	363	260	0,27	0,31
1 x 185	1.6	23.9	1866	0.10	415	291	0,22	0,26
1 x 240	1.7	26.9	2350	0.08	490	336	0,17	0,22
1 x 300	1.8	29.5	3063	0.06	630	380	0,14	0,19
2 x 1.5	0.7	8.7	105	13.3	24	No Permitido	30,98	24,92
2 x 2.5	0.7	9.6	136	7.98	33	No Permitido	18,06	15,07
2 x 4	0.7	10.5	175	4.95	45	No Permitido	11,68	9,46
2 x 6	0.7	11.7	230	3.3	57	53	7,90	6,42
2 x 10	0.7	14	345	1.91	76	70	4,67	3,84
2 x 16	0.7	16.9	503	1.21	105	91	2,94	2,45
2 x 25	0.9	20.4	780	0.78	123	116	1,86	1,59
2 x 35	0.9	23.4	1060	0.55	154	140	1,34	1,16
2 x 50	1	26.8	1448	0.38	188	166	0,99	0,88
3 G 1.5	0.7	9.2	120	13.3	24	No Permitido	30,98	24,92
3 G 2.5	0.7	10.1	160	7.98	33	No Permitido	18,06	15,07
3 G 4	0.7	11.1	215	4.95	45	No Permitido	11,68	9,46
3 G 6	0.7	12.3	282	3.3	57	53	7,90	6,42
3 G 10	0.7	14.7	430	1.91	76	70	4,67	3,84
3 G 16	0.7	17.8	650	1.21	105	91	2,94	2,45
3 x 25	0.9	21.4	946	0.78	110	96	1,62	1,38
3 x 35	0.9	24.9	1355	0.55	137	117	1,17	1,01
3 x 50	1	28.6	1869	0.38	167	138	0,86	0,77
3 x 70	1.1	32.1	2530	0.27	214	170	0,6	0,56
3 x 95	1.1	36.4	3322	0.20	259	202	0,43	0,42
3 x 120	1.2	40.3	4301	0.16	301	230	0,34	0,35
3 x 150	1.4	44.9	5332	0.12	343	260	0,28	0,3
3 x 185	1.6	49.8	6521	0.10	391	291	0,22	0,26
3 x 240	1.7	56.1	8576	0.08	468	336	0,17	0,21
3 x 300	1.8	61.8	10633	0.06	565	380	0,14	0,18

(1) Instalación en bandeja de aire (40°C)

(2) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.

Imagen N° 98 Obtenida del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.

Tabla continuación de características, Pesos y Resistencias del cable RZ1 –K (AS) AFUMEX 1000 V

Tabla 2

Sección nominal mm ²	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible al aire (1) A	Intensidad admisible enterrado (2) A	Caída de tensión V/A km	
							cos φ = 1	cos φ = 0,8
3 x 25/16	0.9/0.7	22.6	1120	0.780/1.21	110	96	1,62	1,38
3 x 35/16	0.9/0.7	26.1	1570	0.554/1.21	137	117	1,17	1,01
3 x 50/25	1.0/0.9	30.3	2240	0.386/0.780	167	138	0,86	0,77
3 x 70/35	1.1/0.9	34	3010	0.272/0.554	214	170	0,6	0,56
3 x 95/50	1.1/1.0	38.7	3809	0.206/0.386	259	202	0,43	0,42
3 x 120/70	1.2/1.1	43.5	5028	0.161/0.272	301	230	0,34	0,35
3 x 150/70	1.4/1.1	47.4	5980	0.129/0.272	343	260	0,28	0,3
3 x 185/95	1.6/1.1	52.7	7490	0.106/0.206	391	291	0,22	0,26
3 x 240/120	1.7/1.2	59.3	9705	0.080/0.161	468	336	0,17	0,21
3 x 300/150	1.8/1.4	64.7	12145	0.064/0.129	565	380	0,14	0,18
4 G 1.5	0.7	9.9	145	13.3	20	No permitido	26,94	21,67
4 G 2.5	0.7	11	195	7.98	26,5	No permitido	16,23	13,1
4 G 4	0.7	12.1	260	4.95	36	No permitido	10,16	8,23
4 G 6	0.7	13.5	350	3.3	46	44	6,87	5,59
4 G 10	0.7	16.2	540	1.91	65	58	4,06	3,34
4 G 16	0.7	19.7	810	1.21	87	75	2,56	2,13
4 x 25	0.9	23.8	1233	0.78	110	96	1,62	1,38
4 x 35	0.9	27.4	1711	0.55	137	117	1,17	1,01
4 x 50	1	31.7	2386	0.38	167	138	0,86	0,77
4 x 70	1.1	35.7	3240	0.27	214	170	0,6	0,56
4 x 95	1.1	40.0	4380	0.20	259	202	0,43	0,42
4 x 120	1.2	44.0	5420	0.16	301	230	0,34	0,35
4 x 150	1.4	50.0	6800	0.12	343	260	0,28	0,3
4 x 185	1.6	56.5	8560	0.10	391	291	0,22	0,26
4 x 240	1.7	63.5	10940	0.08	468	336	0,17	0,21
5 G 1.5	0.7	10.8	170	13.3	20	No permitido	26,94	21,67
5 G 2.5	0.7	12	230	7.98	26,5	No permitido	16,23	13,1
5 G 4	0.7	13.2	315	4.95	36	No permitido	10,16	8,23
5 G 6	0.7	14.8	420	3.3	46	44	6,87	5,59
5 G 10	0.7	17.8	660	1.91	65	58	4,06	3,34
5 G 16	0.7	21.5	990	1.21	87	75	2,56	2,13
5 G 25	0.9	25.8	1490	0.78	110	96	1,62	1,38
5 G 35	0.9	30.6	2160	0.55	137	117	1,17	1,01

(1) Instalación en bandeja de aire (40°C)

(2) Instalación enterrada directamente o bajo tubo con resistividad térmica del terreno estándar de 2,5 K.m/W.

Imagen N° 99 Obtenida del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.



Intensidades Máximas admisibles para el cable RZ1 –K (AS) AFUMEX 1000 V

Tabla 3

Número de conductores con carga y naturaleza del aislamiento													
A1			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1					PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2				PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
D*		VER SIGUIENTE TABLA											
E							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F								PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
Cobre	mm ²	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	25
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	34
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	46
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	59
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	82
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	110
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35	72	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50	86	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70	109	118	130	149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95	130	143	156	180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120	150	164	188	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	171	188	205	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	194	213	233	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	227	249	272	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	259	285	317	360	396	423	481	525	565	630	674	713	
Aluminio	2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
	4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
	6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
	10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
	16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	82
	25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
	35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
	50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
	70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
	95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
	120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
	150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
	185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
300	-	-	-	285	313	343	383	400	429	462	494	558	

NOTAS: Con fondo gris, figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios).

Los valores en cursiva no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la norma UNE 20460-5-523 porque son de aplicación.

* Método D	Sección mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20,5 ⁽¹⁾	27,5 ⁽¹⁾	36 ⁽¹⁾	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17 ⁽¹⁾	22,5 ⁽¹⁾	29 ⁽¹⁾	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24,5 ⁽¹⁾	32,5 ⁽¹⁾	42 ⁽¹⁾	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21 ⁽¹⁾	27,5 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2						70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3						58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

(1) No permitido.

Imagen N° 100 Obtenida del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.



Intensidad de Cortocircuito Admisible para conductores de Cu con Aislamiento termoestable (tipo XLPE, EPR, Poliolefinas Z o Silicona), máx 250 °C en cortocircuito ($I_{cc} = 143 * S / \sqrt{t}$)

Tabla 4

Sección (S)	Duración del cortocircuito en segundos (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124
2,5	1.131	799	653	506	358	292	253	226	206
4	1.809	1.279	1.044	809	572	467	404	362	330
6	2.713	1.919	1.566	1.213	858	701	607	543	495
10	4.522	3.198	2.611	2.022	1.430	1.168	1.011	904	826
16	7.235	5.116	4.177	3.236	2.288	1.868	1.618	1.447	1.321
25	11.305	7.994	6.527	5.056	3.575	2.919	2.528	2.261	2.064
35	15.827	11.192	9.138	7.078	5.005	4.087	3.539	3.165	2.890
50	22.610	15.988	13.054	10.112	7.150	5.838	5.056	4.522	4.128
70	31.654	22.383	18.276	14.156	10.010	8.173	7.078	6.331	5.779
95	42.960	30.377	24.803	19.212	13.585	11.092	9.606	8.592	7.843
120	54.265	38.371	31.330	24.268	17.160	14.011	12.134	10.853	9.907
150	67.831	47.964	39.162	30.335	21.450	17.514	15.167	13.566	12.384
185	83.658	59.155	48.300	37.413	26.455	21.600	18.707	16.732	15.274
240	108.529	76.742	62.659	48.536	34.320	28.022	24.268	21.706	19.815
300	135.662	95.927	78.324	60.670	42.900	35.028	30.335	27.132	24.768

Imagen N° 101 Obtenida del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.

5.5 Valores de cortocircuito de las líneas.

El conductor estará protegido frente a cortocircuitos, de modo que la corriente de cortocircuito I_{cc} , está limitada por la impedancia del circuito hasta el punto de cortocircuito y puede calcularse, con la suficiente exactitud, con la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot u}{(Z_f + Z_n) \cdot L} \quad (4)$$

Donde:

I_{cc} = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito, en amperios.

u = Tensión entre fase y neutro, en voltios.

L = Longitud del circuito, en metros.

Z_f = Impedancia a 90 °C del conductor de fase, en Ω/m .

Z_n = Impedancia a 90 °C del conductor de neutro, en Ω/m .

De este modo, realizaremos algunos cálculos como ejemplo:



Para el tramo de línea CGBT hasta el Ascensor 3.

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot 400}{(1,21 \cdot 10^{-3} + 1,21 \cdot 10^{-3}) \cdot 70} = 1889,02A$$

El valor de la Impedancia lo sacamos de la tabla 2, la cual nos da 1,21 Ω/Km , para una sección del conductor y del neutro de $4 \times 16 \text{ mm}^2$, es decir una corriente de cortocircuito de 1,889 kA.

Para el cálculo de la impedancia nos hemos valido del valor de las Resistencias de los cables de la Tabla 1, y el valor de las inductancias de la fórmula siguiente:

$$L = \left[4,6 \cdot Lg \left(\frac{\Phi_{ext.cond}}{r} + 0,5 \right) \right] \cdot 10^{-4}$$

Donde:

L = Inductancia del cable en H/Km.

$\Phi_{ext.cond}$ = Diámetro exterior del conductor en mm.

r = relación entre el diámetro exterior del cable y el aislamiento, se calcula así:

$$r = \frac{\Phi_{ext.cond} - 2 \cdot (\text{espesor}_{\text{aislamiento}})}{2}$$

Una vez obtenido el valor de la inductancia del cable se recurre a la siguiente ecuación:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

Donde:

X_L = Reactancia del conductor en Ω/Km .

f = Frecuencia de la red, igual a 50 Hz.

L = Inductancia del cable obtenido anteriormente en H/Km.



Con la fórmula que relaciona la reactancia y la resistencia obtenemos el valor de la impedancia:

$$Z = \sqrt{X^2_L + R^2}$$

De manera que hemos obtenido la siguiente tabla de valores:

Sección (mm)	Resistencia conductor a 20°C (Ω/Km)	Reactancia del conductor (Ω/Km)	Impedancia conductor (Ω/m)
6	3,3	0,0725	3,30 x 10 ⁻³
10	1,91	0,0706	1,91 x 10 ⁻³
16	1,21	0,0693	1,21 x 10 ⁻³
25	0,78	0,0704	7,83 x 10 ⁻⁴
35	0,55	0,0653	5,53 x 10 ⁻⁴
50	0,38	0,0652	3,85 x 10 ⁻⁴
70	0,27	0,0686	2,78 x 10 ⁻⁴
120	0,16	0,0643	1,72 x 10 ⁻⁴
150	0,12	0,0647	1,36 x 10 ⁻⁴
185	0,10	0,0682	1,21 x 10 ⁻⁴
240	0,08	0,0676	1,04 x 10 ⁻⁴

5.6 Tiempo de corte del elemento de protección.

Una vez obtenido este valor de corriente de cortocircuito, podemos conocer el tiempo de corte del elemento de protección de la corriente que resulte del cortocircuito, en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al que tarda el conductor en alcanzar la temperatura máxima admisible, todo ello se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sqrt{t} = K \cdot \frac{S}{I} \quad (5)$$

Donde:

t = Tiempo en segundos.

S = Sección en mm².

I = Valor eficaz de la corriente en Amperios.

K = 143 para estos conductores (tabla 4).



De modo que sustituyendo en la expresión (5), nos sale:

$$\sqrt{t} = 143 \cdot \frac{16}{1889,02} = 1,481 \text{ Segundos}$$

Todos los restantes valores vendrán expuestos en la tabla de resultados que figura al final de los cálculos, por el tema de espacio y no ser tan repetitivo, se recurre a la explicación del tramo CGBT al Ascensor 3.

5.7 Caída de Tensión en el conductor.

El valor de la caída de tensión para circuitos trifásicos en función de la potencia, nos da de forma suficientemente aproximada, en función de:

$$\Delta u = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot [(R \cdot \cos \varphi + X \cdot \text{sen} \varphi)] \quad (6)$$

Donde:

Δu = Caída de tensión, en Voltios.

L = Longitud en kilómetros.

I = Intensidad nominal en Amperios.

R = Resistencia del conductor en Ω/Km a la temperatura de servicio.

X = Reactancia del conductor a frecuencia 50 Hz en Ω/Km .

Φ = Ángulo entre la tensión y la intensidad (en nuestro caso 0,9).

Ya conociendo estos valores de las tablas anteriores podemos sustituir los mismos en la expresión (6):

$$\Delta u = \sqrt{3} \cdot 0,07 \cdot 43,3 \cdot [(1,21 \cdot 0,9 + 0,0693 \cdot 0,435)] = 5,87 \text{ V.}$$

Para hallar el porcentaje de caída de tensión, tan sólo debemos hacer un cálculo muy simple:

$$\Delta u(\%) = \frac{\Delta u \cdot 100}{u_{3\phi}}$$

Donde la tensión trifásica es de 400 V.



De este modo nos sale un caída de tensión de :

$$\Delta u(\%) = \frac{5,87 \cdot 100}{400} = 1,47\%$$

De igual modo hallaremos los demás valores para los demás tramos de línea, de manera que nos quedará la siguiente tabla que exponemos a continuación.

5.8 Cálculo de la sección del conductor.

Para el cálculo de la sección del conductor es necesario conocer la caída de tensión del cable, por ello lo he colocado inmediatamente después del cálculo del mismo, aunque debemos hallar la sección del conductor como uno de los primeros cálculos, ya que viene íntimamente relacionado con la intensidad de cortocircuito y tiempo máximo de duración del mismo.

Para el cálculo de la sección del conductor usamos la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot \Delta u} \quad (7)$$

Donde:

L = Longitud en metros del cable.

I = Intensidad nominal en Amperios.

Φ = Ángulo entre la tensión y la intensidad (en nuestro caso 0,9).

Δu = Caída de tensión, en Voltios.

γ = Conductividad del conductor en $m/(\Omega/mm^2)$.

El valor de la conductividad del cable lo obtenemos del catálogo de Prysmian Cables:

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	47,6	44
Aluminio	35	29	27,3
Temperatura	20 °C	70 °C	90 °C

Imagen N° 102 Obtenida del Catálogo 2009 Prysmian Cables y Accesorios para Media Tensión.

En nuestro caso el cable es de cobre a una temperatura ambiente de 20°C.



5.9 Tabla de Resultados de los Cálculos Eléctricos.

SAUIDA de la línea	LLEGADA de la línea	BARRA	Potencia (VA)	(A)	Longitud (m)	Material	I Max. Adm. Línea (A)	I Protoc.	Cada de Tensión (%)	Composición Línea (mm2)	Icc (kA)	I Max (s)	S (mm2) Tierra
1 Tráfico	CGBT	R	1.000.000	1443,37	20	Cu	2193	2496	1,25	4x(1x(1x240))+4x((1x240))+TT	76,4	0,21	240
CGBT	CS-ZZCC	G	35.000	50,51	40	Cu	58,72	87	0,99	4x16+TT	3,3	0,18	16
CGBT	CS-Escalera 1	G	10.000	14,43	40	Cu	16,45	46	0,75	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	CS-Escalera 2	G	10.000	14,43	40	Cu	16,45	46	0,75	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	Córdoba	R	3.000	4,33	70	Cu	4,33	46	0,33	4x6+TT	0,69	1,54	6
CGBT	CS SM	R	600.000	865,02	60	Cu	1234	1487	2,24	3x(1x(1x185))+2x((1x185))+TT	26,44	1,01	185
CGBT	TE-Ascensor 1	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	TE-Ascensor 2	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	TE-Ascensor 3	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	TE-Ascensor 4	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	TE-Ascensor 5	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	TE-Ascensor 6	G	30.000	43,3	70	Cu	49,36	87	1,47	4x16+TT	1,88	1,43	16
CGBT	CS-Alum. Ext.	R	10.000	14,43	70	Cu	16,45	46	1,31	4x6+TT	0,69	1,54	6
CGBT	TE-Plató 1	G	20.000	28,86	40	Cu	22,91	46	1,5	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	TE-Plató 2	G	20.000	28,86	45	Cu	22,91	46	1,63	4x6+TT	1,07	0,64	6
CGBT	CS Planta 1	R	40.000	57,72	30	Cu	66,8	87	0,84	4x16+TT	4,41	0,27	16
CGBT	IE-Coril. Plató	G	8.000	11,54	40	Cu	13,15	46	0,6	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	CS-P2-A	R	50.000	72,16	40	Cu	82,26	110	0,91	4x25+TT	4,01	0,79	16
CGBT	CS-P2-B	R	50.000	72,16	45	Cu	82,26	110	1,07	4x25+TT	3,56	1,01	16
CGBT	CS-P3-A	R	50.000	72,16	45	Cu	82,26	110	1,03	4x25+TT	3,56	1,01	16
CGBT	CS-P3-B	R	50.000	72,16	60	Cu	82,26	110	1,14	4x25+TT	3,21	1,24	16
CGBT	CS-P4-A	R	50.000	72,16	60	Cu	82,26	110	1,14	4x25+TT	3,21	1,24	16
CGBT	CS-P4-B	R	50.000	72,16	55	Cu	82,26	110	1,25	4x25+TT	2,91	1,51	16
CGBT	CS-P5	R	30.000	43,3	60	Cu	49,36	87	1,25	4x16+TT	2,2	1,08	16
CGBT	CS-SOT1-A	R	15.000	21,65	35	Cu	24,68	46	0,98	4x6+TT	1,38	0,38	6
CGBT	CS-SOT1-B	R	15.000	21,65	40	Cu	24,68	46	1,12	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	CS-SOT2-A	R	15.000	21,65	40	Cu	24,68	46	1,12	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	CS-SOT2-B	R	15.000	21,65	45	Cu	24,68	46	1,26	4x6+TT	1,07	0,64	6
CGBT	CS-SOT3-A	R	15.000	21,65	45	Cu	24,68	46	1,26	4x6+TT	1,07	0,64	6
CGBT	CS-SOT3-B	R	15.000	21,65	60	Cu	24,68	46	1,4	4x6+TT	0,96	0,79	6
CGBT	IE-FONTANERIA	R	15.000	21,65	60	Cu	24,68	46	1,63	4x6+TT	0,81	1,15	6
CGBT	TE-PCI	G	18.000	25,98	60	Cu	29,61	65	1,18	4x10+TT	1,39	1,05	10
CGBT	CE-EXT-SOT1	G	30.000	43,3	50	Cu	49,36	87	1,05	4x16+TT	2,64	0,75	16
CGBT	CE-EXT-SOT2	G	30.000	43,3	55	Cu	49,36	87	1,15	4x16+TT	2,4	0,91	16
CGBT	CE-EXT-SOT3	G	30.000	43,3	60	Cu	49,36	87	1,25	4x16+TT	2,2	1,08	16
CGBT	IE-MEGAFONIA	G	6.000	7,21	35	Cu	8,22	46	0,33	4x6+TT	1,38	0,38	6
CGBT	TE Puertas Ent	R	4.000	5,77	40	Cu	6,57	46	0,3	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	BAT.CONDEN	R	600.000	865,02	20	Cu	1234	1560	0,75	3x(3x(1x240))+TT	70,05	0,21	165
CGBT	IE-Enmadora	R	250.000	360,84	70	Cu	514	520	1,11	3x(1x240)+1x(240)+TT	18,95	3,25	150
CGBT	CS CALOR	R	10.000	14,43	40	Cu	16,45	65	0,44	4x10+TT	2,09	0,45	10
CGBT	CS-PORTERIA	G	8.000	11,54	40	Cu	13,15	46	0,6	4x6+TT	1,21	0,51	6
CGBT	CS CALENTRIA	R	65.000	93,82	40	Cu	106,95	167	0,61	4x50+TT	8,51	0,71	35
CGBT	CFD	R	100.000	144,43	40	Cu	205,01	214	0,63	3x(1x70)+1x(70)+TT	12,04	0,69	50
GE	CGBT	G	600.000	865,02	100	Cu	1234	9	3,73	3x(3x(1x240))+2(1x120)+TT	15,28	5,04	240



6. BIBLIOGRAFÍA.

Catálogos:

ABB, “Relés y Productos electrónicos – EPR”.

ARTECHE, “Relés de Protección Sobreintensidad RV-I, Modelo General”.

ARTECHE, “Protection Relays”.

DRAKA ENERGÍA, “Catálogo Drakamed MT RHZ1-OL (S)”.

GENERAL ELECTRIC, Consumer & Industrial Lighting Fitting, “Catálogo General de Iluminación”.

HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA S.A.U., “Centralización de Contadores ET/5060”.

IBERDROLA, “Catálogo Normas NI Edición 1ª Enero 2008. NI 50.44.03”.

LEGRAND, “Aplicación práctica de la ITC-BT-28. Instalaciones en locales de pública concurrencia”.

LEGRAND, “Catálogo 2008/09. Productos y Sistemas para instalaciones eléctricas y redes de información”.

MIGUELEZ Cables eléctricos, “Afirenas CC-Z1 ES07Z1-R. Diciembre 2005”.

MERLIN GERIN, “Envolventes y sistemas de instalación Prisma Plus. Sistema G Cofrets y armarios hasta 630 A”.

MERLIN GERIN, “Protección Diferencial SIE. Superinmunizada Influencias Externas entornos agresivos y contaminantes”.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS, “Cables y accesorios para Media Tensión. 2009. Adaptados al Nuevo Reglamento de Líneas de Alta Tensión R.D 223/2008”.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS, “Cables y accesorios para Baja Tensión. 2008”.

PRYSMIAN CABLES & SYSTEMS, “Tarifa de precios PVP Marzo 2009”.

SCHNEIDER ELECTRIC, “Centros de Transformación 24kV MT/BT. Distribución Eléctrica Media Tensión. 2008”.

SCHNEIDER ELECTRIC, “Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos. BT/MT Catálogo Tarifa Diciembre 2008”.

SCHNEIDER ELECTRIC, “Cables eléctricos de alta seguridad (AS) y (AS+) ante incendios. EXZEHELLENT (AS) alta seguridad, SEGURFOC-331 (AS+) alta seguridad aumentada”.

SCHNEIDER ELECTRIC, “Guía de diseño de instalaciones eléctricas. Según Normas Internacionales IEC”.



QUEROL S.L, “Equipos autónomos de alumbrado de emergencia seria ANTARE”.

QUEROL S.L, “Equipos autónomos de alumbrado de emergencia seria MIRA”.

Páginas Web:

Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión :

http://www.ffii.nova.es/PUNTOINFOMCYT/REBT_GUIA.ASP

Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento de Baja Tensión :

http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/reglamentos/itc_bt/itc-bt-10.htm

Real Decreto 842/2002. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión :

<http://www.jmcprl.net/NORMATIVA/%28REBT%29.htm>

Catálogos Schneider Electric :

<http://www.schneiderelectric.es/sites/spain/es/productos-servicios/distribucion-electrica/descarga/pdf-guia-diseno-instalaciones-electricas.page>

Libros de consulta:

GARCÍA TRASANCOS, JOSÉ: “Instalaciones eléctricas en Media y Baja Tensión”. Thomson-Paraninfo 1999.

GUERRERO FERNÁNDEZ, ALBERTO: “Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación”. McGraw-Hill 2006.

LAGUNAS MARQUÉS, ANGEL: “Instalaciones eléctricas de Baja Tensión comerciales e industriales”. Thomson-Paraninfo 2003.

MARTÍN SANCHEZ, FRANCO: “Manual de instalaciones eléctricas”. A.Madrid Vicente 1998.

MARTINEZ PAREJA, ANSELMO: “Instalaciones eléctricas de interior, automatismos y cuadros eléctricos: conceptos básicos”. Marcombo D.L 2009.

MORENO ALFONSO, NARCISO: “Instalaciones eléctricas de Baja Tensión”. Thomson D.L 2004.

TRASHORRAS MONTECELOS, JESÚS: “Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios. Adaptado al nuevo RBT (BOE 2002)”. Thomson-Paraninfo 2005.



7. PLANOS.