

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



PROYECTO FIN DE CARRERA

I.T.I. Electricidad

**QUÉ HACEMOS PARA PONER A CARGAR
EL COCHE EN CASA**

AUTOR: Pedro de la Mata Gómez

TUTORA: Ana Belén Morales Martínez

Leganés, 29 de Julio de 2010

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
1.1 Objetivos del proyecto.....	5
1.2 Estructura del proyecto.....	6
1.3 Antecedentes.....	7
1.4 Tipos de vehículos eléctricos.....	8
2. El coche eléctrico (BEV).....	9
2.1 ¿Qué ventajas aporta conducir un coche eléctrico?.....	9
2.2 ¿Qué desventajas aporta conducir un coche eléctrico?.....	10
2.3 Búsqueda de soluciones a los inconvenientes que aporta un coche eléctrico.....	11
3. Las baterías.....	13
3.1 Principios de funcionamiento.....	13
3.2 Tipos de baterías disponibles.....	15
3.2.1 Batería de ácido-plomo.....	15
3.2.2 Batería de níquel-hidruro.....	18
3.2.3 Batería ión- litio.....	20
4. Análisis de modificaciones a realizar en una instalación eléctrica.....	22
4.1 ¿Por qué es necesario el estudio de REBT con la aparición del vehículo eléctrico?.....	22
4.2 Principios del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.....	23

4.3 Problemas que nos encontramos a la hora de instalar una toma de recarga.....	23
4.4 Previsión de carga en edificios de viviendas con garaje comunitario.....	25
4.5 Instalación de conexión de EV en edificios de viviendas existentes.....	27
4.6 Instalación de conexión de EV en nuevos edificios de viviendas.....	30
4.7 Ubicación de contadores para edificios de viviendas con garajes comunitario (CIRCUTOR).....	32
5. Propuesta de recarga para vehículos en aparcamientos residenciales	35
5.1 Objetivos.....	35
5.2 Actividad a desarrollar en la instalación.....	35
5.3 Instalación eléctrica del sistema.....	36
5.3.1 Objetivos.....	36
5.3.2 Normativa de aplicación.....	36
5.3.3 Descripción general de la instalación.....	36
5.4 Cálculos eléctricos de la instalación.....	49
5.5 Presupuesto.....	92
CONCLUSIONES.....	96
.	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXO I	
Plano 1	
Plano 2	
Plano 3	
Plano 4	

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Mujer de principios de siglo poniendo en carga un vehículo eléctrico.	7
Figura 2: Esquema de alimentación a viviendas con contadores centralizados....	28
Figura 3: Diseño propuesto de esquema de alimentación a garaje con acometida impediante.....	29
Figura 4: Diseño propuesto de esquema de alimentación a garaje con acometida en común.....	31
Figura 5: Equipo de recarga con comunicación a Ethernet propuesto por la empresa CIRCUTOR.....	33
Figura 6: Equipo de recarga con identificación y contador individual propuesto por la empresa CIRCUTOR	34
Figura 7: Distribución de los cuadro y puntos de recarga en las diferentes plantas individual.....	37
Figura 8: Bandejas de soporte para el cableado.....	46

LISTA DE TABLAS:

Tabla 1: Potencial de oxidación de los elementos.....	14
Tabla 2: Ventajas e inconvenientes de las baterías de plomo-acido.....	17
Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de las baterías de Ni-HM.....	19
Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de las baterías de ión-litio.....	21
Tabla 5: Potencia demandada en cara por los vehículos eléctricos disponibles en el mercado.....	26
Tabla 6: Escalones de potencia prevista en suministro mono fásico.....	27
Tabla 7: Sección mínima de los conductores de protección en una instalación.....	45

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos del proyecto

El presente proyecto fin de carrera tiene por objetivo el estudio de las modificaciones a introducir en las instalaciones eléctricas para permitir la puesta en carga del vehículo eléctrico en viviendas. Para hacer este tipo de transporte una realidad, será necesario esbozar los cambios en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión que permita la creación de nuevas instalaciones y adaptar las existentes.

A lo largo del documento se realizarán alusiones continuadas a artículos e instrucciones del reglamento vigente en la actualidad, intentando buscar soluciones a las controversias presentes a la hora de crear instalaciones de puesta en carga de vehículos eléctricos.

El reglamento, como norma jurídica de obligatorio cumplimiento, aborda instalaciones eléctricas buscando la inversión más eficiente desde el punto de vista económico y técnico. Toda instalación debe cubrir unas normas de seguridad tanto para los usuarios como los elementos conectados a la misma, esto implica que toda modificación introducida debe ser fácil de interpretar y puesta al conocimiento de los instaladores cualificados.

Se analizará la problemática de puesta en carga en viviendas individuales y en edificios de viviendas con garaje comunitario.

Con la finalidad de poner en práctica las modificaciones propuestas, se elaborará un proyecto de instalación de tomas de recarga para vehículos eléctricos en un garaje comunitario. Esta elección es debido al predominio de estas instalaciones en los núcleos urbanos en los cuales circula el vehículo eléctrico.

1.2 Estructura del proyecto

El proyecto está dividido en 5 capítulos donde se describe todo el trabajo desarrollado más la bibliografía consultada.

En el primer capítulo consta una introducción sobre el papel que ha jugado el vehículo eléctrico a lo largo del siglo XX. Se analizará su evolución hasta la actualidad, presentando las diferentes configuraciones de vehículos eléctricos existentes en el mercado.

En el segundo capítulo estudiaremos las ventajas e inconvenientes que implica la compra de un coche eléctrico (Basic Electric Vehicle BEV, 100% eléctrico) desde el punto de vista del consumidor.

En el capítulo tres abordaremos la constitución física y química de las baterías con una introducción de su principio de funcionamiento. Se procederá al estudio de las ventajas e inconvenientes que aportan cada una de ellas, para justificar la elección de un tipo de batería por un fabricante de automóviles.

En el capítulo cuarto se estudiarán las diferentes modificaciones a realizar en la instalación eléctrica de viviendas, teniendo en cuenta las características y parámetros de carga de los vehículos.

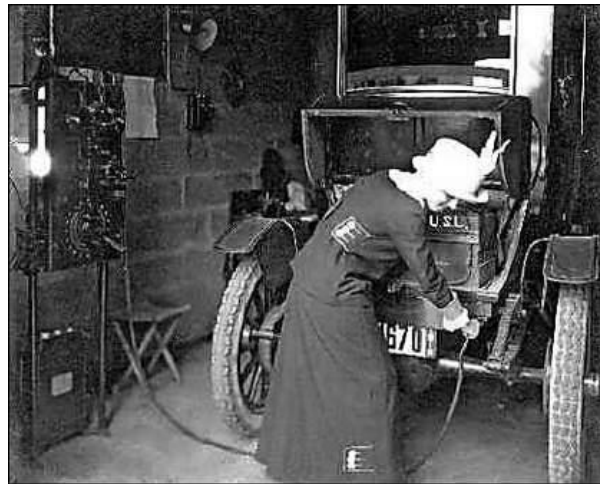
En el capítulo quinto describiremos las adaptaciones y diseños que se consideran necesarios para la instalación de puntos de recarga eléctrica en un garaje comunitario de construcción antigua. La instalación dará servicio al 23% de las plazas de aparcamientos existentes. El planteamiento de la instalación eléctrica se realizará teniendo en cuenta posibles ampliaciones futuras ante el crecimiento de vehículos eléctricos frente al de combustión interna. Con la finalidad de tener noción de los costes que supone este tipo de instalación se realizará un presupuesto.

1.3 Antecedentes

A principios del siglo XX los vehículos eléctricos y de vapor superaban en número de unidades a los vehículos de gasolina que representaban un 3% del consumo total de la energía.

Los motores eléctricos eran silenciosos y económicos, cualidades que les dotaba de una buena aceptación frente a los ruidosos e ineficientes motores de combustión interna

Figura 1: Instantánea de puesta en carga de un vehículo eléctrico tomada en 1912



[Fuente: Jan Perry / Cincinnati Post de [AutoBlogGreen](#)]

Durante el resto del siglo XX el consumo de combustibles fósiles, principalmente el petróleo fue dominante, pasando los coches eléctricos a estar fuera de la palestra durante muchos años. El costo relativamente bajo de los combustibles y la capacidad de alta potencia de estos vehículos fue explotado para el crecimiento industrial.

Los modelos de combustión interna han permanecido invariables durante muchos años. No obstante en los últimos años se ha logrado un ajuste de los ciclos, produciendo una disminución de emisión de contaminantes y logrando un aumento del rendimiento.

En 1990 algunos fabricantes presentaron dentro de su gama de vehículos un pequeño número de coches eléctricos que eran ofrecidos al público en forma de compra o leasing (arrendamiento con opción a compra). Algunos de estos automóviles se encuentran todavía rodando por las carreteras. Aun así, el coche eléctrico continuaba

teniendo una cuota de mercado mínima permaneciendo en un segundo plano frente a los motores diesel y gasolina.

En la actualidad, grandes fabricantes como Ford, Toyota, Fiat, Citroën, Peugeot, General Motor etc.... han presentado en los diferentes salones de automóviles numerosas propuestas relacionadas con el coche eléctrico y sus distintas configuraciones. Se comienza a valorar los conceptos de coche eléctrico, coche de pila de combustible, coches de hidrógeno y otros sistemas de propulsión más limpios y ecológicos que los motores actuales.

El parque automovilístico mundial a día de hoy está situado en torno a 830 millones de vehículos de motor de combustión, los cuales se estima que producen un 14 % del total de emisiones de CO₂. Dentro de los próximos 10 años, se prevé un crecimiento de 2 millones de coches, planteando una serie de preguntas importantes como son el incremento de emisiones de CO₂, la disponibilidad de suficiente combustible para mantener todos los motores en marcha y costes externos vinculados a la salud.

1.4 Tipos de vehículos eléctricos

A continuación se procederá a una división de los diferentes tipos de vehículos eléctricos atendiendo al grado de participación del motor eléctrico y posibilidades de carga.

Vehículo Eléctrico de Batería (BEV del inglés Battery-electric Vehicle)

Vehículo eléctrico puro en el cual se prescinde de un motor de explosión y la energía se obtiene exclusivamente de las baterías. A esta categoría pertenece el deportivo Tesla Roadster, mini E y Smart Electric, su reducción de consumo de gasolina es del 100%.

Vehículo Híbrido Eléctrico (HEV del inglés Hybrid-Electric Vehicle)

El mayor porcentaje de la energía para la propulsión del vehículo se obtiene de un motor de combustión interna, el motor térmico está apoyado por un motor eléctrico que funciona con baterías. Estas baterías se recargan gracias a la actividad del motor de explosión. Normalmente el motor se desconecta cuando el coche se detiene de forma

intermitente. En esta categoría podemos englobar al Toyota Prius y al Honda Insight, su reducción de consumo respecto a un vehículo normal se sitúa entre un 25% y 40%.

Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable a la Red

(PHEV del inglés Plug-in Hybrid-Electric Vehicle)

Es una variedad de HEV contando con la peculiaridad de que las baterías pueden recargarse conectándose a una toma de corriente, lo cual permite realizar viajes en modo totalmente eléctrico hasta que la carga de la batería necesite el apoyo del motor de explosión para su recarga. A esta categoría pertenecen los vehículos que veremos pronto en el mercado como son el Chevrolet Volt o el Toyota Prius Plug-in (versión enchufable del Prius HEV), su reducción de consumo de gasolina está entre el 40% y 65%.

2. EL COCHE ELÉCTRICO.

Este tipo de vehículos nace para la movilidad en servicios urbanos y pre-urbanos como flotas de mantenimiento, mensajería, distribución de paquetería, desplazamiento a puestos de trabajo, ocio, consumo....

2.1 ¿Qué ventajas aporta conducir un coche eléctrico?

(BEV)

Las ventajas que tiene el poseedor de un coche eléctrico se pasan a enumerar a continuación:

1. El motor ofrece su máxima potencia desde parado lo que se traduce en una puesta en marcha rápida y silenciosa.
2. Autonomía para desplazarse durante el día por núcleos urbanos sin lo desagradable y costoso que supone visitar una gasolinera para repostar.
3. La carencia de una caja de cambio ofrece una conducción más sencilla y una entrega de potencia suave.
4. Son coches muy fiables ya que tienen una décima parte de piezas respecto a un vehículo de motor térmico convencional. Carece de embrague, aceite, bujías, válvulas, tubo de escape, correa de la distribución, etc.... lo que implica mínimo coste de mantenimiento.

5. Un motor eléctrico es silencioso y carece de vibraciones.
6. No se produce ninguna emisión de gases por el tubo de escape.
7. En la mayoría de los vehículos eléctricos el motor es usado para retener el coche cuando frenas:
 - La inercia es usada para recargar las baterías y frenar el coche al mismo tiempo (freno regenerativo). Los sistemas de frenado convencionales son activados cuando la fuerza ejercida sobre el freno es mayor.
 - Se produce una transición mucho más suave entre aceleración y frenado.
8. Ante un tráfico intermitente, los coches eléctricos son más fáciles de conducir, pudiendo subir o bajar de velocidad de manera más eficiente con el mínimo esfuerzo por parte del conductor.
9. A bajas velocidades, tienen una mayor respuesta instantánea y una entrega de fuerza más predecible.

2.2 ¿Qué desventajas aporta conducir un coche eléctrico (BEV)?

Algunos coches eléctricos tienen una velocidad máxima reducida si son comparados con un motor de combustión. Un gran número de coches eléctricos son exclusivamente diseñados para tener un buen rendimiento en tráfico urbano. Son ideales para funcionar en el tráfico diario de áreas urbanas e interurbanas donde la velocidad es limitada y las paradas y puestas en marcha continuas.

Cuando se conduce a altas velocidades en carreteras o autopistas, los coches eléctricos se llenan de desventajas. La cantidad de energía requerida para viajar a altas velocidades disminuye la autonomía por carga, llegando a reducirse significativamente respecto a la autonomía a bajas velocidades.

La mayoría de los coches eléctricos disponibles hoy en día tienen una autonomía entre 65km y 160km, la cual es suficiente para los desplazamientos diarios de un ciudadano:

- De acuerdo con los estudios realizados por el Departamento de Transporte del Reino Unido, la media de las distancias de cada desplazamiento es de 10,5 km, de los cuales el 93% de los desplazamientos son menores de 40km.

- De acuerdo con los estudios realizados por el Departamento de Transporte de EE.UU, la distancia media diaria recorrida en coche por los americanos es de 46.5km con una media recorrida en cada desplazamiento de 19km.
- En el caso de España se estima una media de 38km diarios a lo largo de una semana, de los cuales el 70% de los trayectos son menores de 30km y 40% menores de 5km.

Para la mayoría de los coches eléctricos, la puesta en carga requiere una toma de suministro doméstica. Algunos propietarios de coches eléctricos pueden poner en carga sus coches cuando han llegado a su destino (trabajo, centro comercial etc...) aumentando así la autonomía para los desplazamientos.

Una carga completa desde un enchufe doméstico tiene una duración entre 8-10h, dependiendo del tipo de coche y del país (Norte América suministra la energía a una tensión de 110V mientras que el resto del país lo hace a 220V permitiendo cargar el coche en un menor tiempo). Existen coches que llegan a un 80% de su carga en 2-2.5 h desde un enchufe doméstico.

Algunos coches eléctricos también se pueden cargar de manera más rápida usando puntos de recarga especiales. Estas estaciones de recarga suministran una mayor corriente a la carga permitiendo llegar a un 80% de capacidad en 30-45min.

2.3 Búsqueda de soluciones a los inconvenientes que aporta un coche eléctrico (EV)

La búsqueda de una solución a los principales problemas que encuentra un ciudadano a la hora de adquirir un coche eléctrico, supondría un valor añadido a la hora de tomar la decisión sobre la compra del vehículo.

El principal inconveniente que ven los conductores al coche eléctrico es la autonomía. En la actualidad se intenta paliar este problema mediante:

- Puesta en carga del automóvil en todo momento en el que nos detengamos. Puesto que nuestros coches pasan la mayor parte de su vida aparcados en la plaza de garaje, estudios realizados demuestran que de media un automóvil se encuentra circulando 2 horas al día, permaneciendo estacionado las restantes 22 horas. Algunas ciudades poseen puntos de recarga, en los márgenes de las carreteras. En ciudades como Londres y Paris tienen planeado instalar diez mil puntos de recarga en los próximos años.

- Algunas cadenas de supermercados están introduciendo puntos de recarga y dando prioridad de estacionamiento a los propietarios de coches eléctricos.
- Desarrollo de un sistema de intercambio de baterías. Su funcionamiento está basado en un sistema de reemplazo de baterías realizado por una máquina con un tiempo de operación estimado en dos minutos.
- Nuevas baterías de litio no sólo son más ligeras sino también duran 3 o 4 veces más que las tradicionales baterías de ácido de plomo.
- Actualmente la autonomía de las baterías se encuentra limitada a 140km manteniéndonos en unos límites razonables de tamaño y peso. Los PHEVs (automóviles híbridos enchufables) y HEVs (automóviles híbridos no enchufables) se presentan como una solución a estas limitaciones mediante el apoyo del motor de combustión interna con la finalidad de aumentar la autonomía del vehículo.

3. Las baterías

El principal inconveniente que presenta el coche eléctrico en la actualidad es la escasa autonomía suministrada por sus baterías.

Las baterías son un componente fundamental en los vehículos eléctricos, ya que son las responsables de almacenar y suministrar la energía eléctrica que estos vehículos necesitan para su propulsión. Las características de estos vehículos de autonomía, tiempo de recarga, aceleración, precio, etc., van a depender fuertemente de la tecnología del tipo de baterías empleadas.

En primer lugar comenzaremos con los principios de funcionamiento de una batería y los diferentes tipos disponibles en el mercado.

3.1 Principio de funcionamiento

Toda batería recargable lleva a cabo un proceso electro-químico reversible. Una primera conversión de energía eléctrica en energía química, llevada a cabo durante la carga. En segundo lugar, energía química en eléctrica producida cuando la batería se conecta a la carga.

Tras la creación de la primera batería realizada por Alessandro Volta en 1798 su evolución no ha cesado desde entonces, pero sus principios básicos de funcionamiento han permanecido inalterables.

Hay dos clases de pilas: en una batería primaria, la acción química desgasta uno de los electrodos (por lo general el negativo) y la célula debe ser reemplazada o el electrodo sustituido; en una batería secundaria, el primer proceso químico es reversible, y los materiales activos pueden ser restaurados a sus condiciones iniciales por recarga.

Una batería puede estar constituida en una sola célula, como la batería primaria, o varias células en un contenedor común, como la batería secundaria que proporciona la energía de arranque en un motor de gasolina.

Constructivamente la batería está compuesta por dos electrodos de materiales diferentes inmersos en un electrolito ($H_2SO_4, KOH \dots$) el cual permite la libre circulación de iones. Durante la descarga, en el ánodo o polo positivo se produce la reacción de reducción mientras que en el cátodo o polo negativo se produce la reacción de oxidación.

Los materiales activos son definidos como parejas electroquímicas. Esto significa que uno de los materiales activos, el polo positivo o ánodo es deficiente de electrones; el otro material activo; el polo negativo o cátodo, es rico en electrones. Los materiales activos son normalmente sólidos (plomo-acido) pero también pueden ser líquidos (sodio-azufre) o gaseosas (zinc-aire, aluminio-aire) En la siguiente tabla se muestran los diferentes potenciales de oxidación de cada elemento:

Tabla 1: Potencial de oxidación de elementos

Reducción / Oxidación	
Elemento	Potencial
F	+2.87
Co	+1.82
Au	+1.50
2Cl	+1.36
O ₂	+1.23
Br	+1.07
Cu	+0.34
Ni	-0.25
Co	-0.26
Ti	-0.34
Fe ₂	-0.44
Zn	-0.76
Al	-1.66
Mg	-2.37
Na	-2.71
Ca	-2.87
K	-2.92
Li	-3.05

Cuando se conecta la carga a través de la batería, el voltaje de la batería produce un flujo externo de corriente de positivo a negativo correspondiente a su flujo interno de electrones.

Para hacer una batería que reúna las mejores condiciones posibles se tendría que escoger el material activo que diera el mayor potencial de oxidación en el ánodo (flúor) acoplado con el material activo que diera el mayor potencial de reducción en el cátodo (litio), inmerso ambos en el electrolito conveniente. En la práctica existen otros muchos factores a tener en cuenta, como la disponibilidad de materiales, facilidad para trabajar en conjunto del par electroquímico, capacidad de fabricación en grandes cantidades, coste del mismo, etc... por lo cual solo es posible el empleo de ciertas parejas electroquímicas para la fabricación de baterías.

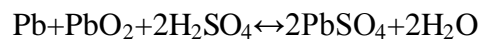
3.2 Tipos de baterías disponibles

Ante el gran desarrollo del coche eléctrico en los últimos años, cada fabricante ha optado por diferentes tipos de baterías híbridas para sus vehículos. Esta elección se realiza según las características que aporta cada dispositivo de almacenamiento, considerando diferentes parámetros como son la velocidad de carga y descarga, vida útil (número máximo de ciclos completos de carga y descarga) costo, reutilización, energía específica (cantidad de energía utilizable Wh/kg), densidad de energía (cantidad de energía almacenada por unidad de volumen), potencia específica etc.....

3.2.1 Batería de Ácido-Plomo

Ésta consiste en un electrodo hecho de plomo esponjoso (Pb) y, otro electrodo de peróxido de plomo (PbO_2) sumergidos en un electrolito compuesto por una mezcla de ácido sulfúrico (H_2SO_4) disuelto en agua (H_2O).

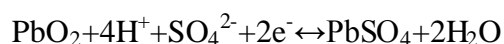
La combinación de los elementos con electronegatividad diferente con el electrolito en el cual se encuentran inmersos, produce la alteración de sus propiedades iniciales mediante los procesos de carga y descarga. La reacción que se describe en una batería se puede describir mediante la siguiente ecuación química para una batería de ácido-plomo.



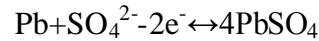
La parte izquierda de la ecuación representa la celda en condiciones de carga y la parte derecha representa la descarga de la celda. En el proceso de carga de una batería de ácido-plomo, la placa positiva del ánodo está cubierta por peróxido de plomo (PbO_2), por otra parte, la placa negativa del cátodo está cubierta por plomo (Pb) y su electrolito es sobre todo ácido sulfúrico (H_2SO_4). El agua disocia (rompe) las moléculas de ácido sulfúrico creando iones sulfuro (SO_4^{2-}) y de hidrógeno (H^+).

○ Reacción química de descarga:

Para tener una visión general más exacta de lo que ocurre en la ecuación general, se analizará por separado lo que ocurre en cada electrodo. El proceso de descarga que se produce en el ánodo es el siguiente:



El proceso de descarga que se produce en el cátodo es el siguiente:



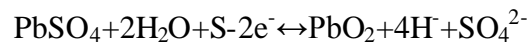
El cátodo adquiere el radical sulfato de la solución electrolítica y libera dos electrones en el proceso. Estos dos electrones son adquiridos por el ánodo deficiente de electrones. El flujo de iones del cátodo al ánodo dentro de la batería y flujo de corriente externa de ánodo a cátodo a través de la carga son los procesos que permiten la generación de potencia de la batería.

En el proceso de descarga ambos electrodos se cubren de sulfato de plomo (PbSO_4), un buen aislante que no conduce la corriente y los radicales sulfato del electrolito se consumen. Al mismo tiempo el área física de las placas disminuye a medida que se recubren de sulfato de plomo, lo que aumenta la resistencia interna de la célula provocando una disminución de la tensión de salida.

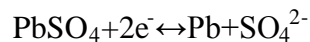
En el momento en el cual no hay más área disponible para la reacción química se dice que la batería está totalmente descargada.

○ Reacción química de carga:

El proceso de carga que se produce en el ánodo es el siguiente:



El proceso de carga descrito en el cátodo es el siguiente:



Este proceso invierte el flujo electrónico a través de la batería y hace que el enlace químico entre los radicales plomo (Pb) y el sulfato se rompan, permitiendo volver a los radicales sulfato a la solución. Cuando todos estos radicales vuelven a la solución electrolítica, la batería se dice que está totalmente cargada.

El proceso de electrólisis del agua durante el la carga genera iones hidrógeno (H^+) y oxígeno (O^{2-}).

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de las baterías de ácido plomo

Baterías de ácido plomo	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
<p style="text-align: center;"><u>Elevado voltaje</u></p> <p>Dentro de los acumuladores electroquímicos basados en electrolitos acuosos, son los que tienen un mayor voltaje nominal, E=2,0V.</p> <p style="text-align: center;"><u>Elevada potencia</u></p> <p>Este tipo de baterías es capaz de suministrar una elevada intensidad de corriente y, por lo tanto, alta potencia. Esta propiedad está justificada por la rápida cinética de reacción en los electrodos de estas baterías, propiedad que se traduce en una alta aceleración.</p> <p><u>Tecnología fácil de implementar</u></p> <p>La fabricación de baterías de Pb-ácido se ve facilitada por diversas causas, la pasta utilizada para la fabricación de ambos electrodos es la misma, alta conductividad de los electrodos sin necesidad de aditivos que aumenten la conductividad.</p> <p style="text-align: center;"><u>Bajo coste</u></p> <p>Actualmente es la batería de acumuladores electroquímicos más barata del mercado.</p> <p style="text-align: center;"><u>Tecnología madura</u></p> <p>Baterías muy conocidas y contrastada después de 150 años de desarrollo.</p> <p style="text-align: center;"><u>Alta grado de reciclado</u></p> <p>La tecnología desarrollada para el reciclado de estas baterías es muy alta. En España se recicla más del 95% de todas las baterías utilizadas.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Baja energía específica</u></p> <p>Energía específica de 10-40Wh/kg debido al elevado peso de los componentes de plomo utilizados en este tipo de baterías. Esta es la principal causa por la que no se logran altas autonomías.</p> <p style="text-align: center;"><u>Moderada ciclabilidad</u></p> <p>Cuando se hacen descargas profundas, el número de ciclos de carga/descarga que puede realizar las baterías de Pb-ácido es moderado, típicamente entre 400 y 800 ciclos. Es muy recomendable que este tipo de baterías mantenga su carga entre 20% y 80% de capacidad de almacenamiento debido al efecto memoria.</p> <p style="text-align: center;"><u>Desprendimiento de gases</u></p> <p>Durante la etapa de carga de la batería se puede formar hidrógeno y oxígeno en los electrodos. El desprendimiento de hidrógeno entraña riesgo debido al peligro de explosión.</p> <p style="text-align: center;"><u>Fuerte impacto mediambiental</u></p> <p>Debido al fuerte carácter contaminante de los compuestos de plomo, algunas configuraciones de baterías de Pb-ácido incluyen antimonio y arsénico como componentes de la rejilla del colector de corriente. Estos elementos pueden dar lugar a estibina y arsina, compuestos de alta toxicidad.</p>

Aplicaciones en vehículos:

Este tipo de baterías fueron elegidas por los ingenieros de General Motors para impulsar el modelo EV1, pasando a ser en la historia el primer modelo eléctrico comercializado en serie en el año 1997. Las baterías de Pb-ácido son baratas de producir con un alto grado de reciclado, siendo la principal razón para su utilización en el EV1.

Este vehículo se caracterizaba por tener una velocidad máxima de 130km/h y una autonomía de 140 km.

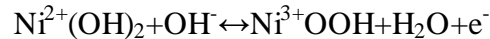
En la actualidad las baterías de Pb-ácido se están utilizando en el coche eléctrico Reva-1, comercializado por la compañía indoamericana Reva Electric Car.

3.2.2 Batería de Níquel-Hidruro Metálico

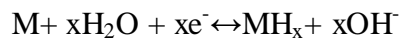
Las baterías de Níquel-hidruro metálico se consideran la evolución de las baterías de Níquel-cadmio. Ambas tecnologías tienen en común el material activo cátodo (oxihidróxido de níquel, NIOOH) y el electrolito (hidróxido potásico, KOH). Con respecto a las baterías de Níquel-cadmio se ha sustituido el electrodo negativo de cadmio por una aleación metálica capaz de insertar hidrógeno electroquímicamente y de manera reversible.

Las reacciones electroquímicas que tienen lugar en una batería de níquel-hidruro metálico son las siguientes:

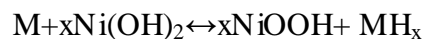
Etapa de carga y descarga electrodo positivo:



Etapa de carga y descarga electrodo negativo:



Reacción global:



Cuando se fabrican industrialmente, al igual que las baterías de Pb-ácido, se utilizan los materiales que se forman cuando la batería se descarga, de manera que después de la primera carga se sintetizan los materiales activos. En las baterías de NiHM, como en la mayoría de los acumuladores electroquímicos, los materiales activos son diferentes. En el electrodo positivo y durante la etapa inicial de carga de la batería, el Ni^{2+} del hidróxido de níquel, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, se oxida a Ni^{3+} cediendo un electrón. Simultáneamente, se desintercala un protón de la estructura laminar de $\text{Ni}(\text{OH})_2$ el cual reacciona con los OH^- abundantes en el electrolito básico y se forma en H_2O . Al final de esta etapa se forma el material activo de cátodo que es el oxihidróxido de níquel (NIOOH). En el electrodo negativo, sobre la superficie de la aleación metálica, se produce la adsorción de protones desde el electrolito acuoso.

Con los electrones provenientes del electrodo positivo, se produce la reducción de estos H^+ para formar hidrógeno atómico (H^0), el cual se mantiene inicialmente adsorbido en la superficie. Posteriormente se produce la adsorción de estos hidrógenos en los huecos intersticiales existentes en la aleación. En esta última capa se forma el hidruro correspondiente, que es el material activo del ánodo en la batería de NiHM.

Tabla 3: Ventajas e inconvenientes de la batería de Ni-MH

Baterías de Ni-MH	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
<p style="text-align: center;"><u>Mayor energía específica</u></p> <p>Las baterías de NiHM poseen una energía específica (35-60Wh/kg) superior a las de Pb-ácido (10-40Wh/kg) y mayor que la de sus predecesoras NiCd (60 Wh/kg)</p> <p style="text-align: center;"><u>Admiten recargas rápidas</u></p> <p>Son capaces de admitir cargas rápidas con una duración entre 1 y 3 horas. Este parámetro es muy importante para poder aprovechar la energía generada durante la frenada regenerativa.</p> <p style="text-align: center;"><u>Menor impacto ambiental</u></p> <p>La sustitución del cadmio del ánodo por el hidruro metálico reduce significativamente el impacto ambiental de la batería, ya que el catión Cd^{2+} se considera tóxico incluso para bajas concentraciones.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Moderado número de ciclos de vida</u></p> <p>Los hidruros metálicos sufren una severa corrosión en el medio alcalino del electrolito, reduciéndose la capacidad de recarga del acumulador. Así, el número de ciclos que se puede llevar a cabo con la batería de NiHM oscila entre 300 y 600 ciclos.</p> <p style="text-align: center;"><u>Elevado coste</u></p> <p>Las baterías de NiHM pueden alcanzar un precio cuatro veces superior al de los acumuladores de Pb-ácido.</p> <p style="text-align: center;"><u>Menor prestaciones electroquímicas a alta corriente</u></p> <p>En comparación con los acumuladores de NiCd, las prestaciones de las baterías de NiHM disminuyen más acusadamente cuando se utilizan altas intensidades de corriente.</p> <p style="text-align: center;"><u>Moderado efecto memoria</u></p> <p>Diversas investigaciones apuntan a que el efecto memoria se debe a cambios estructurales que tienen lugar en el electrodo positivo de oxihidróxido de níquel cuando la batería es sobrecargada.</p>

Aplicaciones en vehículos

Este tipo de baterías son instaladas en la actualidad en VEHs (vehículos híbridos eléctricos) para impulsar el motor eléctrico debido a que en los años en los que se desarrollaron este tipo de vehículos, las baterías de NiHM eran los acumuladores que

mejor cumplían los requisitos exigidos por los VEHs. Un claro ejemplo de ello es el Toyota Prius, que ha apostado por estas baterías a lo largo de sus tres generaciones.

3.2.3 Batería de Ión-Litio

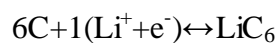
Las baterías de ión-litio se caracterizan por que los materiales activos de ambos electrodos son compuestos de intercalaciones capaces de insertar y desinsertar iones litio reversiblemente. Además, es necesario que uno de los materiales activos del electrodo contenga litio en su composición inicial. En la totalidad de las baterías de Li-Ión comerciales, los materiales del cátodo (LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiFeO_4) son los que cumplen este requisito.

La reacción electroquímica que tiene lugar en una batería de Ión-Litio son las siguientes:

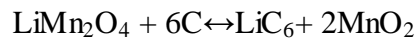
Etapa de carga y descarga electrodo positivo:



Etapa de carga y descarga electrodo negativo:



Reacción global:



Durante la etapa de carga, los iones Li^+ se desinsertan a través de los canales de la espinela LiMn_2O_4 . Simultáneamente el manganeso se oxida de Mn^{3+} a Mn^{4+} cediendo un electrón. Los iones Li^+ extraídos del LiMn_2O_4 se transportan a través del electrolito hacia el electrodo negativo donde se inserta entre las láminas de grafito. A su vez el grafito acepta un electrón. Al final de la etapa de carga, los materiales activos de la batería Li-ion que se han formado son el polimorfo ($2\text{Mn}^{4+}\text{O}_2$) como cátodo y la fase litiada del grafito (LiC_6) como ánodo.

En cuanto al electrolito de las baterías Li-ion, en general es un disolvente orgánico.

Tabla 4: Ventajas e inconvenientes de las baterías Ión Litio

Baterías de Ión litio	
VENTAJAS	INCONVENIENTES
<p style="text-align: center;"><u>Alto voltaje</u></p> <p>Las baterías Li-ión poseen el mayor voltaje nominal, con valores típicos entre 3 y 4 voltios por celda. El uso de un electrolito no acuoso permite alcanzar elevados valores de potencial, que pueden llegar a ser hasta tres veces superior a los mostrados por baterías NiHM.</p> <p style="text-align: center;"><u>Alta energía específica</u></p> <p>Batería comercial con mayor energía específica, tanto másica (80-170Wh/kg) como volumétrica (170-450Wh/kg). Estos valores se sitúan sobre el doble de las baterías de NiHM y más de cuatro veces el valor de los acumuladores de Pb-acido.</p> <p style="text-align: center;"><u>Elevado número de ciclos de vida</u></p> <p>Los diferentes tipos de baterías de Li-Ión comerciales presentan una excelente recargabilidad llegando a retener más del 90% de su capacidad después de 1.000 ciclos de carga/ descarga.</p> <p style="text-align: center;"><u>Menor impacto ambiental</u></p> <p>Al igual que las baterías de NiHM, estas baterías están libres de materiales con alta toxicidad como el plomo, cadmio o mercurio.</p>	<p style="text-align: center;"><u>Elevado coste</u></p> <p>El coste de la baterías de Li-ión es elevado, pudiendo llegar a alcanzar los 750€/kWh. Sin embargo, se espera que este precio se reduzca con el aumento de la demanda y la introducción de nuevos materiales de menor coste.</p> <p style="text-align: center;"><u>Pérdida de las prestaciones a alta temperatura</u></p> <p>La mayoría de las baterías de Li-ión muestran una disminución significativa de sus propiedades electroquímicas cuando trabajan a temperaturas superiores a 50°C. Se degradan cuando se someten a condiciones de abuso, es decir, cuando se descargan o se sobrecargan.</p> <p style="text-align: center;"><u>Baja tolerancia a condiciones de abuso de carga</u></p> <p>Las baterías de Li ión se degradan cuando se someten a condiciones de abuso, es decir, cuando se descargan o se sobrecargan. Cuando se descarga la batería por debajo de 2V, ésta se degrada rápidamente. Si se somete a sobrecargas se pierde la capacidad de la batería.</p>

Aplicaciones en vehículos

Las baterías de Li-ión será la tecnología más aplicada a los coches eléctricos (BEV) como en los vehículos híbridos enchufables (PHEV). En la actualidad se está utilizando en el deportivo de alta autonomía como el Tesla Roadster.

4 Análisis de modificaciones a realizar en una instalación eléctrica.

Para hacer del coche eléctrico una realidad es imprescindible hacer una apuesta clara y enérgica para implantar las infraestructuras adecuadas. Todas estas modificaciones no pueden hacerse de forma lenta. Es un proceso que debe hacerse rápido y previo a su popularización. Es necesario llevar a cabo una adaptación de la normativa y reglamentación tanto a nivel nacional como europeo.

Estas pautas permitirán la expansión del vehículo eléctrico intentando minimizar los efectos negativos que se pueda encontrar a la hora de imponerse frente al motor de combustión.

Para el estudio de la problemática asociada a la recarga del vehículo eléctrico en este proyecto, se distinguen dos tipos de instalaciones:

- Instalaciones existentes.
- Nuevas instalaciones.

4.1 ¿Por qué es necesario el estudio del REBT con la aparición del vehículo eléctrico?

La evolución tecnológica así como las variaciones legales hacen necesario la introducción de actualizaciones del reglamento electrotécnico, permitiendo su adaptación a las nuevas necesidades así como la estandarización que permita madurar tecnologías emergentes.

Hasta la actualidad los vehículos han permanecido al margen de Reglamento debido a su incompatibilidad con las instalaciones eléctricas, pero ante la proliferación del vehículo eléctrico es necesario dotar a los usuarios de suministro eléctrico individual en cada aparcamiento para la recarga de sus baterías.

Ante esta situación de cambios, nos encontramos con la inexistencia de un marco reglamentario con alusiones a estas tomas de recarga. Esta falta de legislación en conjunto con la inexistencia de una red de recargas, puede desembocar en una ralentización progresiva de la demanda de vehículos eléctricos por parte de la sociedad.

Por lo tanto el futuro reglamento tiene que buscar soluciones técnicas al menor coste posible para las ampliaciones y modificaciones de las instalaciones existentes. Al igual que en el reglamento actual, también se tiene que ocupar de las nuevas

construcciones, dimensionando las instalaciones interiores y de enlace ante la llegada del vehículo eléctrico.

En los siguientes puntos analizaremos las indicaciones mostradas en el REBT con la finalidad de realizar una adaptación a los diferentes tipos de vivienda. Comenzaremos realizando un análisis de los problemas que encuentra un propietario a la hora de instalar puntos de recarga en sus aparcamiento. A continuación estimaremos el incremento de la previsión de carga que supondrá el vehículo eléctrico.

4.2 Principios del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

El reglamento actual (que sustituye al reglamento del año 1973) fue aprobado según el Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto 2002, siendo publicado en el boletín oficial del estado número 224 el 18 septiembre de 2002. Tiene por objetivo establecer las pautas de obligatorio cumplimiento aplicables a instalaciones nuevas, sus ampliaciones o sus modificaciones.

Toda instalación eléctrica debe reunir las condiciones que garanticen el suministro de energía de forma segura tanto para las personas como para los dispositivos conectados a la misma.

En cuanto al contenido, el REBT está estructurado en 29 artículos con prescripciones de carácter general legales y una segunda parte con 51 Instrucciones Técnicas Complementarias de carácter específico para su uso concreto en instalaciones con características especiales, viviendas, locales de pública concurrencia etc.

Según el Art.2 su ámbito de aplicación será para instalaciones que distribuyan la energía eléctrica, a las generadoras de electricidad para consumo propio y a las receptoras en los límites de tensión de corriente alterna igual o inferior a 1.000 voltios y corriente continua igual o inferior a 1.500 voltios.

4.3 Problemas que nos podemos encontrar a la hora de instalar una toma de recarga

Ante la escasez de suelo edificable, el tipo de vivienda de bloque de vecinos es la más demandada en todas las Comunidades, con excepción de Extremadura, donde la demanda de vivienda unifamiliar (50,50%) es superior a la demanda de vivienda en

altura (49,50%). Ceuta y Melilla lideran la demanda de vivienda en altura con un 100%, seguidas del País Vasco, Madrid y Valencia, que rondan el 80% de demanda. Esta conclusión ha sido extraída del informe realizado por expocasa.com, tras analizar 187.749 solicitudes de información realizadas sobre los inmuebles publicados en el portal inmobiliario. Los bloques de viviendas implican la existencia de garajes comunitarios de varias plantas diáfanas que alojan decenas de vehículos.

En la actualidad los dueños de vehículos eléctricos con aparcamiento en garaje comunitario, cuentan con la principal barrera de la oposición de la comunidad de vecinos propietaria del aparcamiento a la hora de instalar una toma de recarga en su plaza de garaje.

En el supuesto caso de que no existiera ningún tipo de inconveniente por parte del resto de propietarios nos encontramos con los siguientes obstáculos infranqueables:

- La toma de recarga derivaría del circuito que alimenta los servicios del garaje (extracción de humos, luminarias, etc...). Con total probabilidad este circuito se diseñó para una carga prevista, sin tener en cuenta la posible futura puesta en carga de vehículos eléctricos. Por lo tanto, el número de enchufes a extraer estaría limitado a pocas unidades. En segundo lugar sería difícil calcular la parte de la factura total de consumo de servicios comunes del garaje que pagaría el usuario por la energía consumida en la carga del vehículo.

- En el caso de disponer de una instalación adecuada, se debería solicitar la ampliación de potencia a la compañía suministradora que posibilitara la puesta en carga. Ante la futura llegada de otros propietarios que solicitaran nuevas tomas de corriente en sus aparcamientos, la compañía necesitaría la instalación de nuevos centros de transformación de abonados para dar cobertura a los usuarios. El coste del centro de transformación sería abonado por la comunidad de propietarios del aparcamiento.

Los inconvenientes que se encuentran las viviendas unifamiliares con garaje privado para la puesta en carga del vehículo eléctrico son menores respecto a los edificios de viviendas con garaje comunitario:

- El propietario de la vivienda unifamiliar no necesitará el consenso con sus vecinos, puesto que la instalación eléctrica de cada garaje es privada y no comunitaria.

- Es posible la recarga lenta del vehículo sin necesidad de modificaciones, siempre y cuando contemos con una base de toma bipolar con contactos laterales de tierra de 16A en el garaje, así como un nivel de electrificación adecuado para poder cubrir ese aumento de demanda.

- Si la carga no es posible por el punto anterior, podemos respetar el esquema de enlace existente, introduciendo una ligera modificación en el diseño de la instalación interior. Toda la reforma tiene que ser llevada a cabo por un instalador autorizado por la administración. (ITC BT 03).

Por lo tanto podemos extraer como conclusión que un mayor aprovechamiento del suelo urbano implica instalaciones más complejas y costosas a la hora de instalar tomas de recarga para vehículos eléctricos.

4.4 Previsión de carga en edificios de viviendas con garaje comunitario

El reglamento actual en su ITC-BT-10 punto 2, establece una clasificación de los lugares de consumo: edificios destinados principalmente a viviendas, edificios comerciales o de oficinas, edificios destinados a una industria específica y edificios destinados a una concentración de industria.

En lo concerniente al cálculo de la previsión de carga en edificios de viviendas se debe calcular según las indicaciones de la ITC-BT-10. Resultará de la suma de la carga total correspondiente al conjunto de viviendas, de los servicios generales del edificio, de la correspondiente a locales comerciales y de los garajes (sin tener en cuenta puntos de recarga).

En la actualidad el reglamento no contempla ningún tipo de previsión de potencia correspondiente a puesta en carga de vehículos en garajes de edificios destinados principalmente a viviendas. Se limita a considerar en el apartado 3.4 de la ITC-BT-10 un mínimo de 10W por metro cuadrado y planta para garajes de ventilación natural y de 20W para los de ventilación forzada con un mínimo de 3.450W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1. Desde un punto de vista de estimación de potencia consumida, estos valores hacen inviable la instalación de enchufes en el aparcamiento de cada propietario.

Con el fin de realizar una previsión de la carga total correspondiente al conjunto del aparcamiento, en la siguiente tabla analizaremos la potencia demandada en recarga lenta algunos vehículos eléctricos disponibles en el mercado.

Tabla 5: Potencia demandada en carga por los vehículos eléctricos disponibles

Tipo	Vehículo	Autonomía (km)	Voltaje de carga (v)	Potencia de carga (kW)	Capacidad Batería (kWh)	Carga 80%(h)	Carga 100% (h)	Carga rápida (h)
EV	Reva	80	220	2,2	13,0	2,5	8	-
EV	Zenn Car	64	110	2,4	4	4	8	-
EV	Think City	170	230	2,8	28,3	8	10	-
EV	Mitsubishi i-MiEV	121	200	2,3	16,0	0,5	7	0,5
EV	Miles ZX40S	72	110	1,2	10,8	-	10	-
EV	BG C100	97	220	3,0	21,0	3,5	7	-
EV	Dynasty IT	50	120	1,6	11,5	-	7	-
EV	Mini E	168	220	3,5	35,0	-	10	-
EV	Renault Kangoo	100	220	2,1	15,0	-	7	0,5
EV	BYD E6	401	-	-	72,1	0,25	-	0,17
PHEV	BYD F3DM	109	220	2,5	17,5	-	7	-
PHEV	Chevrolet Volt	64	220	2	16,0	-	8	-
aHEV	Fisker Karma	80	220	-	22,6	-	-	-

De la tabla anterior podemos extraer como conclusión que la previsión de potencia en cada plaza de garaje de un edificio de viviendas será, para el caso más desfavorable de la tabla, 3500W.

En el caso de disponer de una sola toma por aparcamiento el grado de electrificación sería básica (de 5750W a 7360W). Debido a que en electrificación básica, los únicos dos valores posibles de calibre del interruptor general automático son 5750W (para un calibre de 25A) y 7360W (para un calibre de 32A), la instalación de dos tomas por aparcamiento (posibilitando la recarga de vehículos y moto eléctrica a la vez) implicaría un grado de electrificación elevada.

Tabla 6: Escalones de potencia prevista en suministro monofásico

Electrificación	Potencia (W)	Calibre Interruptor general automático (IGA) en (A)
Básica	5750	25
	7360	32
Elevada	9200	40
	11500	50
	14490	63

4.5 Instalación de conexión de EV en edificios de viviendas existentes

Atendiendo a las necesidades de los diferentes tipos de edificaciones, la ITC BT 12 marca las pautas a la hora de diseñar una instalación de enlace que mejor se adapte a las necesidades de la carga.

Definiremos instalación de enlace como aquella que une la caja general de protecciones o cajas generales de protecciones, incluidas éstas, con la instalación interiores o receptoras del usuario. Comenzará por lo tanto en el final de la acometida y terminará en los dispositivos generales de mando y protección.

Partes que constituyen la instalación de enlace:

- Caja General de Protección (CGP).
- Línea General de Alimentación (LGA).
- Elementos para la ubicación de Contadores (CC).
- Derivación Individual (DI).
- Caja para Interruptor de Control de Potencia (ICP).
- Dispositivos Generales de Mando y Protección. (DGMP).

Según la ITC-BT 12, la instalación de enlace utilizada normalmente hasta la fecha en edificación vertical u horizontal destinado principalmente a viviendas, está basada en la colocación de contadores de forma centralizada en un lugar (cuarto de contadores). El esquema se muestra a continuación [figura 2].

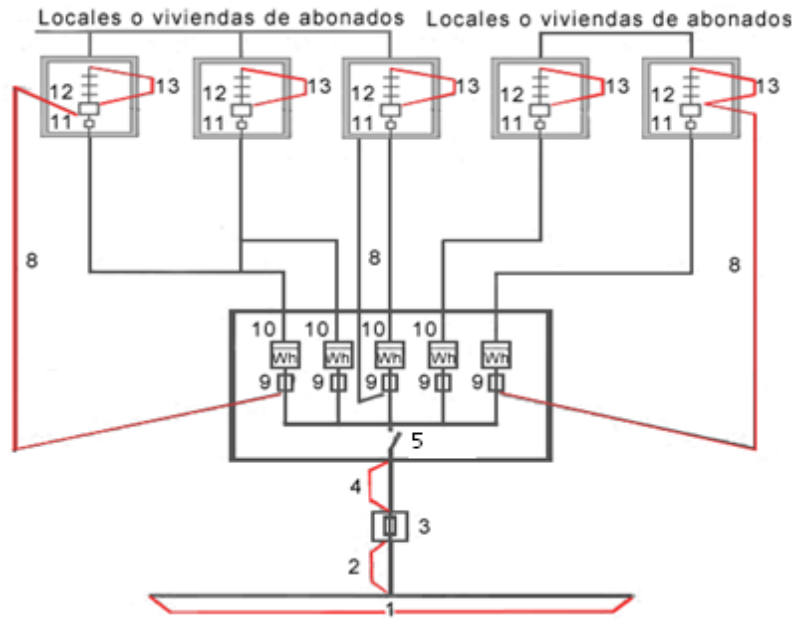


Figura 2: Esquema de alimentación a vivienda con contadores centralizados.
[ITC BT 12 pto. 2.2.2]

Leyenda:

- 1 Red de distribución procedente de C.T de abonado o del C.T de la compañía.
- 2 Acometida.
- 3 Caja general de protección viviendas.
- 4 Línea general de alimentación.
- 5 Interruptor general de maniobra.
- 6 -
- 7 -.
- 8 Derivación individual.
- 9 Fusible de seguridad.
- 10 Contador.
- 11 Caja para interruptor de control de potencia.
- 12 Dispositivo general de mando y protección.
- 13 Instalación interior.

Para la puesta en carga de vehículos eléctricos en este tipo de edificaciones, la solución propuesta que menos compromete el esquema del circuito existente ante la ampliación de la instalación, consiste en crear una acometida y una instalación independiente a la alimentación de las viviendas según el ejemplo desarrollado en el punto 5. Mediante este método evitaríamos dejar sin suministro a las viviendas durante la reforma, debido a que las líneas generales de alimentación a viviendas y aparcamientos son independientes.

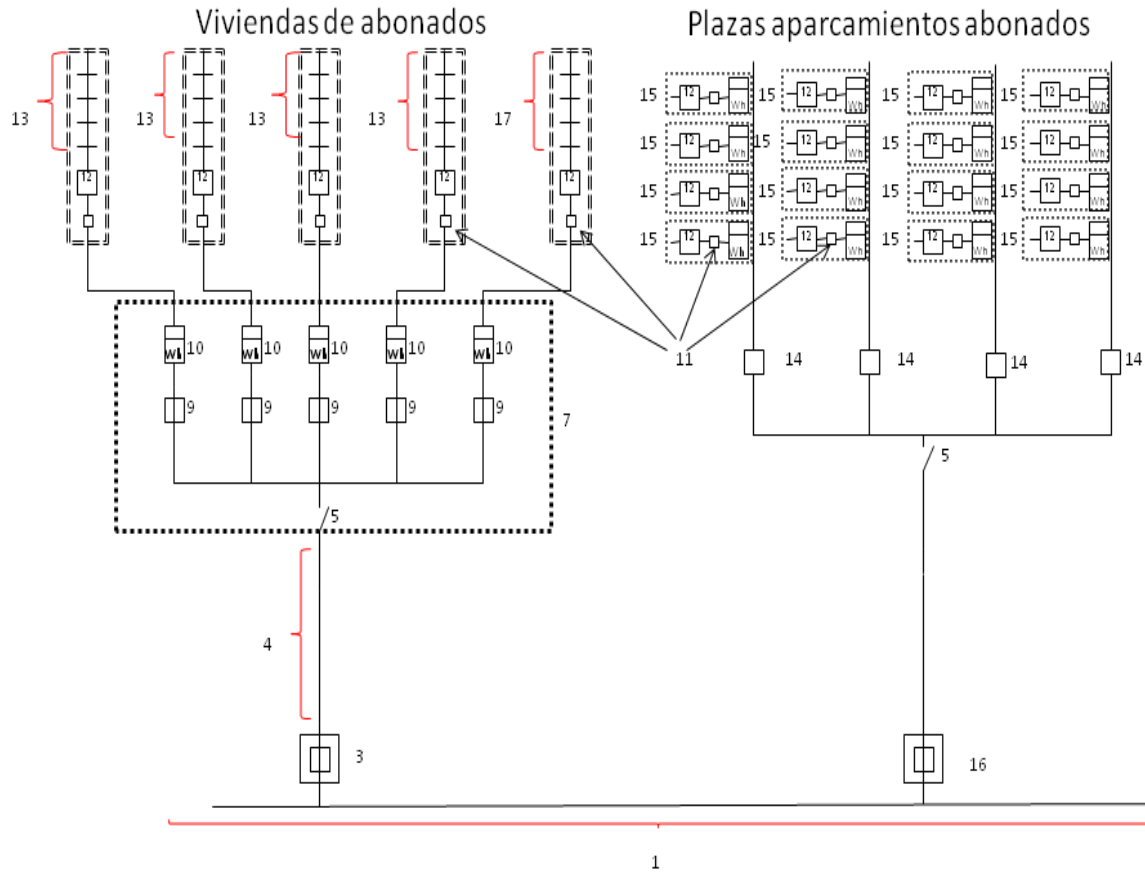


Figura 3: Diseño propuesto de esquema de alimentación a garaje con acometida independiente.

Leyenda:

- 1 Red de distribución procedente de C.T de abonado o del C.T de la compañía.
- 2 -
- 3 Caja general de protección viviendas.
- 4 Línea general de alimentación.
- 5 Interruptor general de maniobra.
- 6 -
- 7 Emplazamiento de contadores.
- 8 -
- 9 Fusible de seguridad.
- 10 Contador.
- 11 Caja para interruptor de control de potencia.
- 12 Dispositivo general de mando y protección.
- 13 Instalación interior.
- 14 Caja secundaria de cada planta de aparcamientos.
- 15 Instalación dentro de cada aparcamiento.
- 16 Caja General de Protección aparcamiento.
- 17 Servicios comunes del edificio.

El interruptor general de maniobra, obligatorio para la concentración de más de dos contadores, tiene por misión dejar fuera de servicio el edificio o aparcamientos. Esta necesidad se puede dar ante un incendio.

El elemento 16 del esquema se corresponde con la CGP del aparcamiento, instalada preferentemente sobre la fachada exterior del mismo y su situación será acordada entre los propietarios y la empresa suministradora según ITC-BT-13. La función que cumple es la de proteger la línea general de alimentación hasta el embarrado encargado de hacer la derivación hasta los cuadros secundarios de cada planta (14). Desde los cuadros secundarios de cada planta se repartirá la carga entre sus fases para alimentar la carga monofásica de cada aparcamiento. El circuito interior de cada plaza contará con los dispositivos de mando y protección.

4.6 Instalación de conexión de EV en nuevos edificios de viviendas

La mejor manera de respaldar la introducción del vehículo eléctrico en el mercado, pasa por la construcción de nuevos bloques de viviendas con posibilidad de carga. Sería necesario realizar estudios de mercado para estimar el sobrecoste que un comprador estaría dispuesto a pagar por su vivienda si dispone de posibilidad de recarga del vehículo eléctrico en su garaje. Lo que sí es evidente, es que los costes totales son muy inferiores respecto a la adaptación de un aparcamiento ya existente.

La solución que proponemos en este tipo de edificaciones, consiste en la evolución de la colocación de contadores centralizados en un solo lugar, hacia la colocación de contadores de forma centralizada en más de un lugar. Por lo tanto, será necesario que el reglamento contemple la posibilidad de instalar contadores individuales dentro de los límites de cada aparcamiento. A continuación se muestra la configuración propuesta.

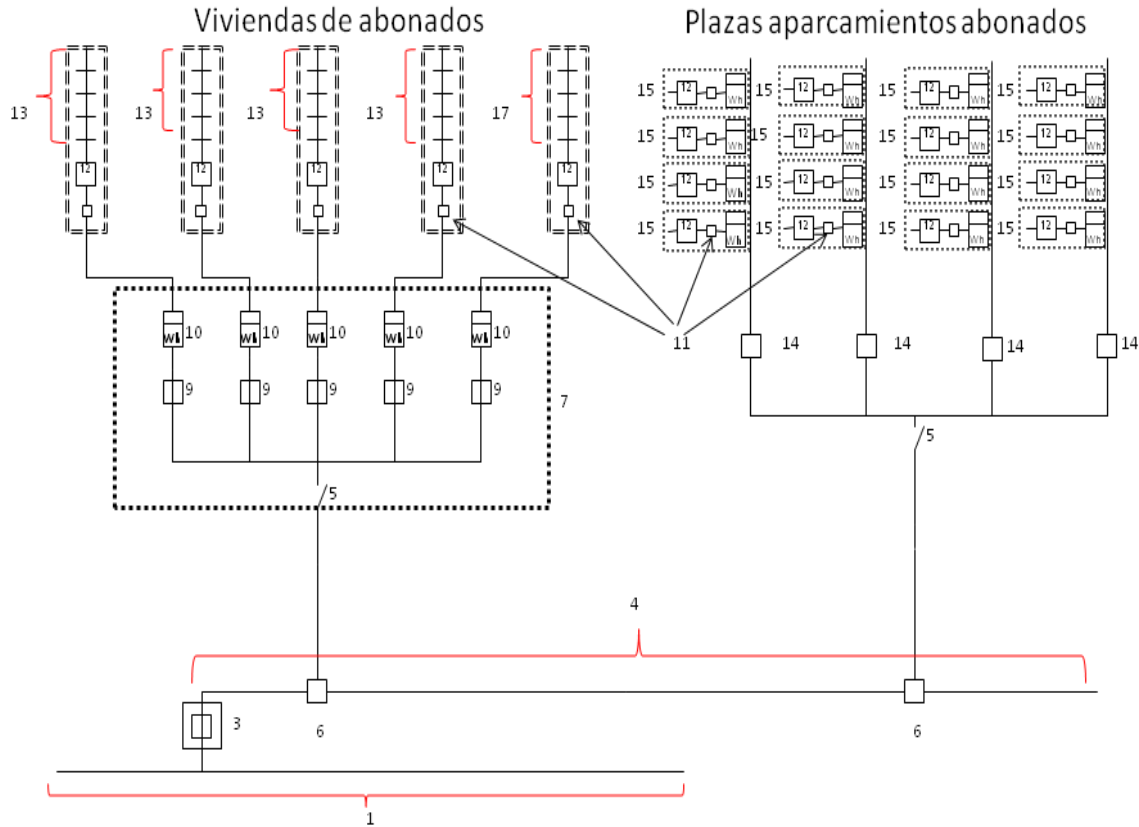


Figura 4: Diseño propuesto de esquema de alimentación a garaje con acometida en común.

Leyenda:

- 1 Red de distribución procedente de C.T de abonado o del C.T de la compañía.
- 2 -
- 3 Caja general de protección viviendas.
- 4 Línea general de alimentación.
- 5 Interruptor general de maniobra.
- 6 Caja de derivación.
- 7 Emplazamiento de contadores.
- 8 -
- 9 Fusible de seguridad.
- 10 Contador.
- 11 Caja para interruptor de control de potencia.
- 12 Dispositivo general de mando y protección.
- 13 Instalación interior.
- 14 Caja secundaria de cada planta de aparcamientos.
- 15 Instalación dentro de cada aparcamiento.
- 16 -
- 17 Servicios comunes del edificio.

La línea general de alimentación de la configuración anterior debe (según la ITC-BT 14 apartado 3) tener la misma sección a lo largo de todo su recorrido debido a que tiene un único elemento de protección, el fusible de la CGP.

La ITC-BT-13 en su punto 2.2 estipula la forma de colocar los contadores dependiendo del número y la naturaleza de los edificios de viviendas.

4.7 Ubicación de contadores para edificios de viviendas con garaje comunitario.

En lo referente a la ubicación de los contadores que registran el consumo de cada propietario, existe gran flexibilidad dependiendo si incorporamos o no al sistema nuevas técnicas de telegestión.

La empresa CIRCUTOR, dedicada al diseño y fabricación de equipos para la protección, medida y control de la energía eléctrica, propone dos tipos de sistemas para contabilizar el consumo:

- Equipo de recarga con comunicaciones Ethernet.
 - Equipo de recarga con identificación y contador individual.
-
- *Equipo de recarga con comunicaciones Ethernet (CIRCUTOR)*

Mediante este sistema de telegestión propuesto por la empresa CIRCUTOR, el administrador de la finca dispondrá de un software de lectura de los contadores instalado en un ordenador central, cargando el consumo eléctrico a la factura periódica de cada usuario. Cada toma estará conectada al ordenador por medio de cables de comunicación apropiado, permitiendo el flujo de información.

El término telegestión designa el conjunto de productos basados en las tecnologías informáticas, electrónicas y de telecomunicaciones, que permiten el control a distancia de instalaciones técnicas aisladas o distribuidas.

La telegestión responde a las necesidades de numerosos ámbitos de aplicación, con distintas herramientas:

- *Telealarma*: Ser alertado automáticamente en caso de avería o desconexión del vehículo de la instalación.
- *Telecontrol*: Controlar permanentemente y a distancia del número de vehículos conectados.
- *Telegestión*: Registrar las informaciones en tiempo real con el fin de analizar los estacionamientos que están en funcionamiento y la potencia instantánea que está consumiendo de la red eléctrica cada aparcamiento.

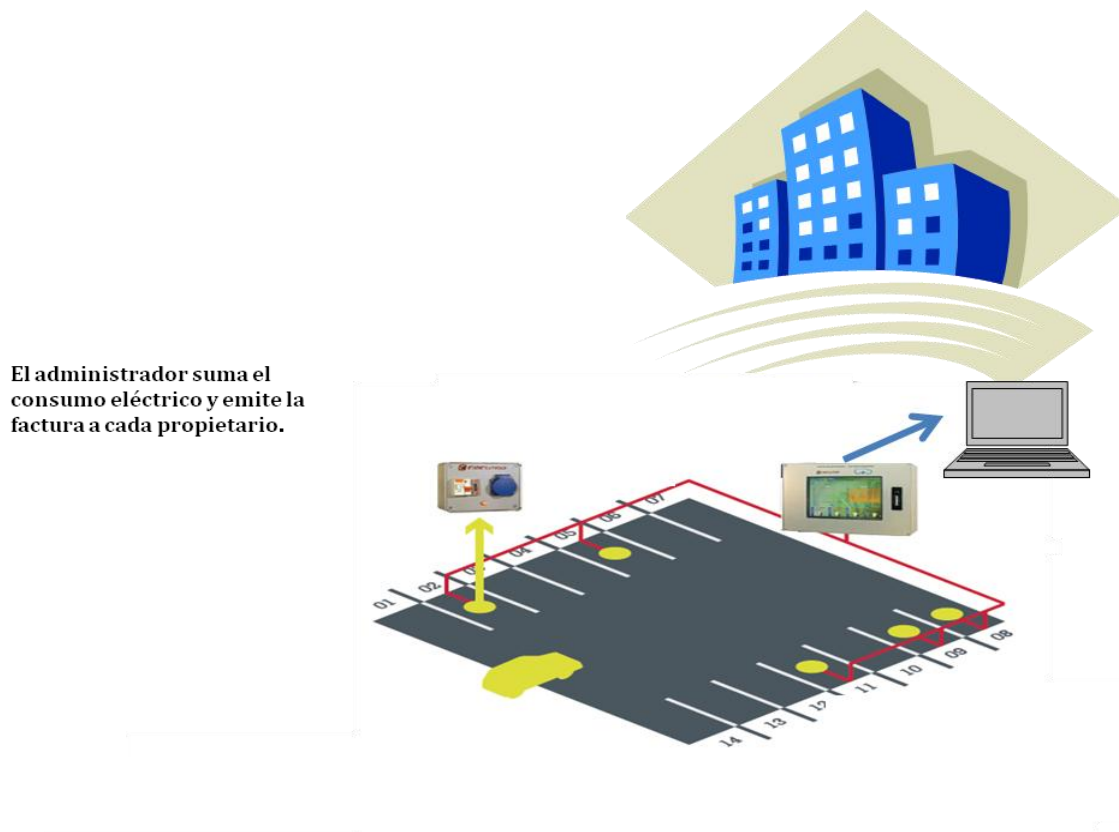


Figura 5: Equipo de recarga con comunicación a Ethernet propuesto por la empresa CIRCUTOR

Este sistema dispone de un controlador remoto de los puntos de recarga que permite la identificación del usuario mediante tarjetas de banda magnética. Una vez realizada la identificación, el propietario tecleará en su display LCD táctil la toma de recarga que desea habilitar. Este controlador estará comunicado con el ordenador central para notificar incidencias, consumos, generación de históricos etc...

Todas las tomas finales evitan la conexión de cualquier dispositivo mientras no está el vehículo en la plaza y cuentan con las protecciones adecuadas.

El principal inconveniente de este tipo de facturación se debe a su coste elevado frente al equipo de recarga con identificación y contador individual.

- *Equipo de recarga con identificación y contador individual (CIRCUTOR)*

Este sistema está formado por tomas que incluyen lector de tarjetas, contador de energía y display que muestra la energía consumida. Además dispone de un pulsador para cambiar entre consumo total y parcial y realizar un reset del consumo parcial. El usuario cuando introduce la tarjeta puede recargar el vehículo. En el supuesto caso de que la toma de corriente sea retirada, el usuario deberá volver a identificarse para retomar la carga del vehículo.

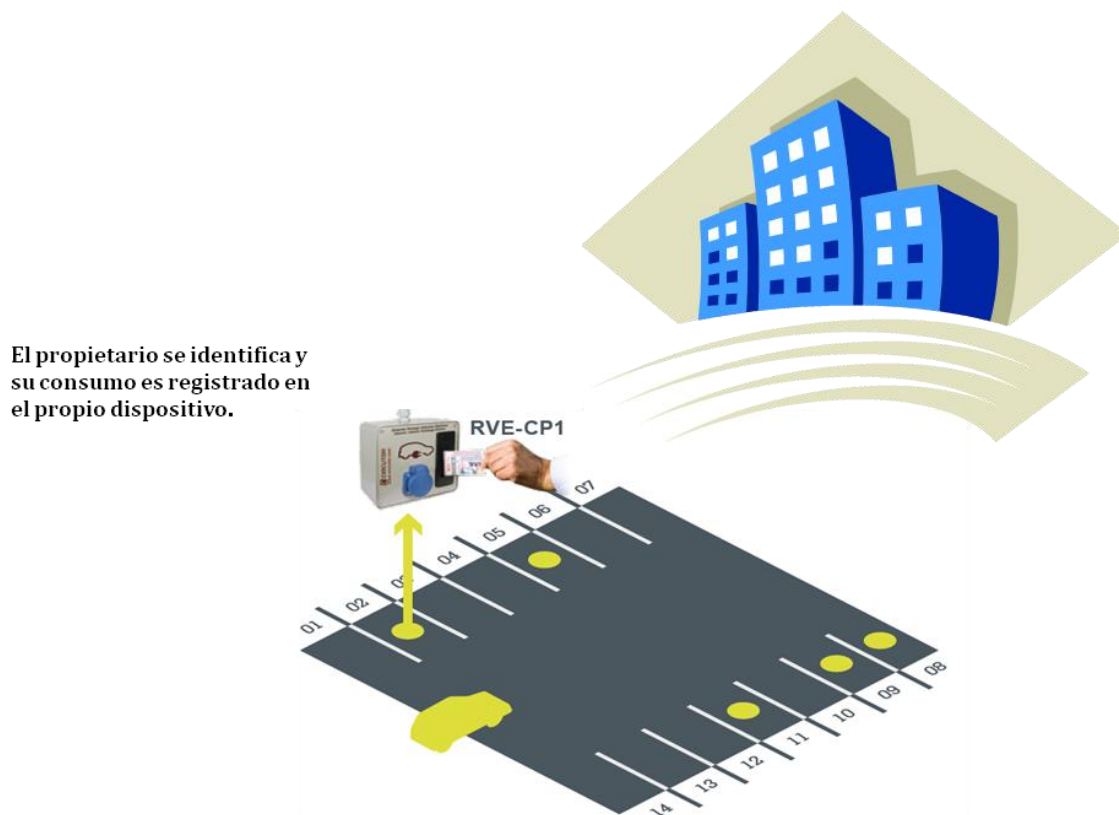


Figura 6: Equipo de recarga con identificación y contador individual propuesto por la empresa CIRCUTOR

Este sistema carece de control de telegestión que permite comunicar las incidencias ocurridas en los puntos de recarga.

5 Propuesta de carga para vehículos automóviles en aparcamientos residenciales

5.1 Objetivos

El Ministerio de Industria de España estima que se llegará en 2014 a un millón de ‘coches enchufables’. El Ministerio traduce estos datos en la necesidad de instalar, para esta fecha, 62.000 puntos de recarga en domicilios particulares frente a los 12.150 en aparcamientos públicos y 6.200 puntos en vías públicas. En esta línea de pensamiento, ante el gran número de puntos de recarga privados frente a públicos, se plantea dotar de esta infraestructura a los aparcamientos existentes, a fin de respaldar el desarrollo del coche eléctrico y la progresiva sustitución del coche convencional por el eléctrico.

El objetivo de este apartado es describir los procedimientos y métodos empleados para la correcta ejecución de una *Instalación de puntos de recarga para vehículos en aparcamientos residenciales.*

El aparcamiento para residentes donde se va a implantar esta infraestructura da cabida a un total de 90 vehículos distribuidos en tres plantas (planta-1, planta-2, planta-3). En el aparcamiento se instalarán un total de 21 tomas de recarga para vehículos eléctricos con toma monofásica (recarga lenta).

Se dará, por tanto, servicio a un 23% de las plazas de aparcamientos existentes (valor acorde a la difusión actual del coche eléctrico). Sin embargo, debido a las previsiones de que el vehículo eléctrico se vaya imponiendo poco a poco en el mercado, la instalación proyectada es flexible y ampliable a medida que esta tecnología se vaya introduciendo en el sector automovilístico.

5.2 Actividades a desarrollar en la instalación

Las actuaciones a realizar para dotar de la instalación eléctrica al aparcamiento son las siguientes:

- Instalación de Centros de Transformación.
- Acometida eléctrica desde el centro de Transformación a la CGP (caja general de protecciones).

- Desde la C.G.P partirá la derivación individual hasta el contador, ubicado lo más próximo a la C.G.P. Se ha diseñado así para poder realizar la medición de energía eléctrica total consumida por el aparcamiento.
- Instalación eléctrica desde el cuadro general a los cuadros secundarios (serán dos por cada planta del aparcamiento, puesto que el aparcamiento tiene 3 plantas, serán 6 cuadros secundarios en total). La canalización será mediante bandeja de chapa perforada.
- Distribución eléctrica interior (desde los cuadros secundarios hasta los puntos de recarga).

Para una mejor comprensión del esquema de la instalación eléctrica, se recomienda seguir la explicación identificando los diferentes circuitos y dispositivos presentes en los esquemas unifilares 1, 2, 3 y 4 (ver Anexo1: Planos).

5.3 Instalación eléctrica del sistema

5.3.1 Objetivos

El objetivo de este apartado es justificar y describir la instalación eléctrica de alimentación para vehículos eléctricos en el aparcamiento anteriormente descrito.

5.3.2 Normativa de aplicación

Para el desarrollo, diseño y cálculo de la instalación eléctrica para la carga de vehículos eléctricos se ha seguido la siguiente normativa:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, según R.D. 842/2002, de 2 de agosto, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

5.3.3 Descripción general de la instalación

Se proyecta la instalación eléctrica para la recarga de baterías de vehículos eléctricos según los planos (1, 2, 3 y 4 Anexo 1). Para ello se distribuyen tomas de recarga para dar alimentación al 23% de la capacidad total del aparcamiento. La distribución de dichas tomas en el aparcamiento se muestra en la Figura 7.

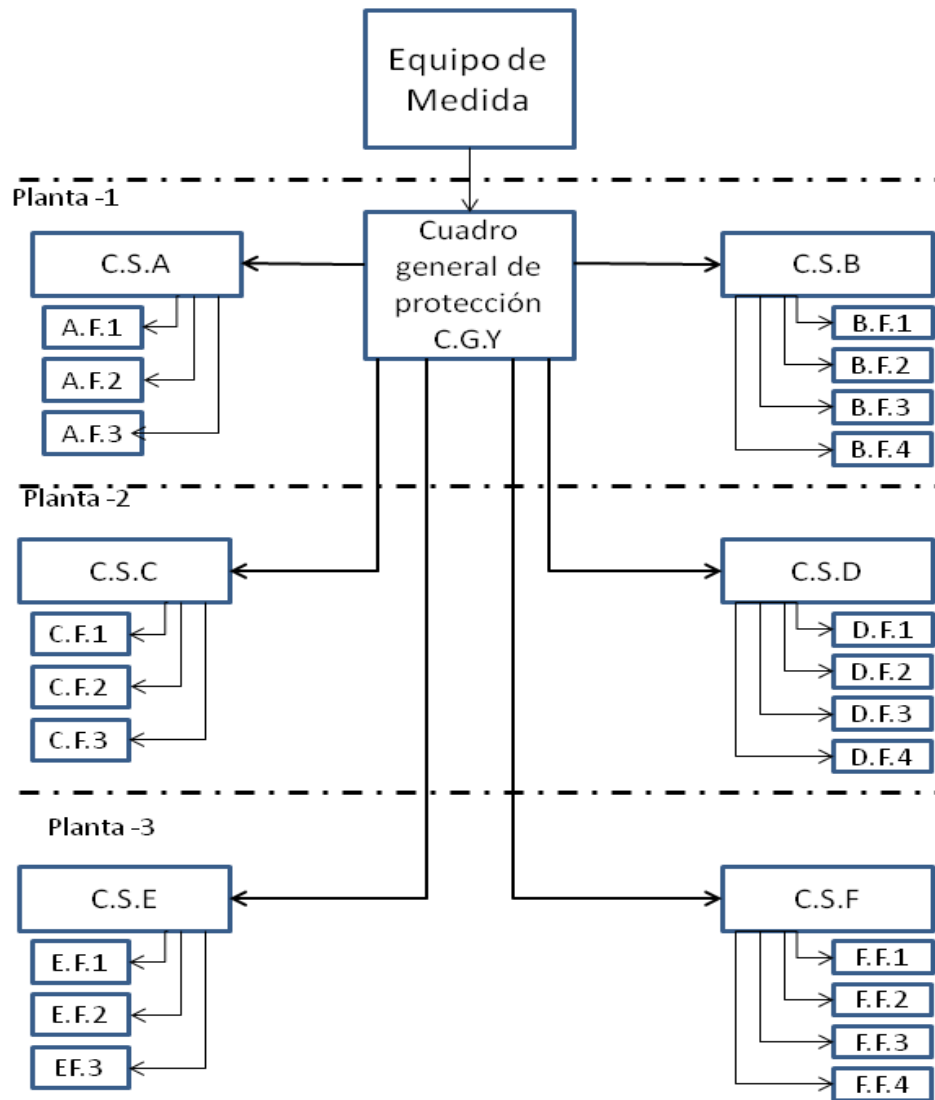


Figura 7: Distribución de los cuadros y puntos de recarga en las diferentes plantas.

En cada una de las plantas (-1,-2,-3), se instalan 6 tomas dobles de carga lenta y una toma simple también de carga lenta.

La acometida al aparcamiento se realizará en baja tensión desde el centro de transformación proyectado, que se encuentra próximo a la caja general de protección (C.G.P).

Desde la C.G.P partirá la línea de alimentación principal hasta el contador, ubicado lo más próximo a la C.G.P. Se ha diseñado así con la finalidad de poder realizar la medición de energía eléctrica total del aparcamiento.

Desde el contador partirá la línea que alimentará al cuadro general C.G.Y, desde el cual partirá las líneas de distribución a los cuadros secundarios que se han proyectado en cada planta. De esta manera cada grupo de tomas se alimentará desde un cuadro secundario ubicado próximo a ellas. (ITC BT -28 prescripciones de carácter general punto 4).

En cada planta tendremos dos cuadros secundarios, alimentados desde el CGY. Los cuales alimentarán cada grupo de tomas. La distribución de estos cuadros secundarios es la siguiente:

- Planta -1: C.S.A. y C.S.B.
- Planta -2: C.S.C. y C.S.D.
- Planta -3: C.S.E. y C.S.F.

Puesto que nos encontramos ante una instalación en un local de pública concurrencia, tanto el cuadro general de distribución e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en lugares en los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios

Para dar suministro eléctrico a esta instalación se prevé una acometida eléctrica en Media Tensión desde las compañías suministradoras existentes en la zona.

El transformador, que serán de uso exclusivo para esta instalación, será de tipo subterráneo con ventilación horizontal y aislamiento en aceite, de 250 kVA. Será necesario reservar espacio ante la necesidad futura de aumentar el número de puntos de recarga. Antes que retirar la unidad antigua y sustituirla por otra nueva de mayor potencia, es más económico disponer de un transformador adicional conectado en paralelo con el ya existente y cubrir así la demanda.

La distribución de los circuitos a lo largo de los aparcamientos y desde el contador hasta el Cuadro General CGY se realizará mediante bandejas metálicas perforadas de chapa de acero. El cometido de las bandejas es el soporte y conducción de cables. Debido a que las bandejas no efectuarán una función de protección, se instalan cables que tengan una tensión asignada 0,6/1 KV. Será necesario dar a la bandeja continuidad eléctrica a la red de tierras.

Los conductores de los circuitos de alimentación serán de cobre tipo RZ1-K(AS) 0,6/1 KV no propagador de la llama de acuerdo a Norma UNE-20.432-1, no propagador del incendio de acuerdo a Norma UNE-20.432-3 y UNE-20.427-1, baja emisión de humos opacos de acuerdo a Norma UNE 21.172-1 y 2, reducida emisión de gases tóxicos de acuerdo a Norma UNE-21.174, libre de halógenos de acuerdo a Norma UNE-21.147-1, y nula emisión de gases corrosivos de acuerdo a Norma UNE-21.174-1.

▪ Centro de transformación

Se proyecta un centro de transformación que estará equipado con un transformador trifásico reductor de tensión de 250 KVA en baño de aceite, con neutro accesible en el secundario.

El centro de transformación incluye en su interior un equipo compacto de MT del sistema, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares.

Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %
- Tensión asignada en el lado de media tensión 20 kV.
- Tensión asignada en el lado de baja tensión 400 V.
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección térmica incorporada al transformador:

A continuación se procederá al cálculo de los principales parámetros eléctricos del centro de transformación.

➤ Intensidad primaria del transformador trifásico

La intensidad primaria del transformador trifásico vendrá dada por la siguiente ecuación:

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

Donde:

S potencia del transformador [kVA]

U_p tensión primaria [kV]

I_p Intensidad primaria [A]

En nuestro caso, la tensión primaria de alimentación es de 20kV y la potencia del transformador 250 kVA.

$$I_p = 7,21 \text{ A}$$

El valor obtenido se ha calculado y comprobado posteriormente con DIGSILENT PowerFactory.

➤ Intensidad secundaria del transformador trifásico

Para nuestro transformador, la tensión secundaria es de 400V, calculándose la intensidad secundaria del transformador trifásico a partir de la siguiente expresión.

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

Donde:

S potencia del transformador [kVA]

U_s tensión secundaria [kV]

I_s Intensidad secundaria [A]

Por lo tanto la intensidad a la salida resultará:

$$I_s = 360,8 \text{ A}$$

El valor obtenido se ha calculado y comprobado posteriormente con DIGSILENT PowerFactory.

➤ Calculo de la intensidad de cortocircuito del transformador trifásico

Para el cálculo de corriente de cortocircuito primario del transformador, partiremos de la siguiente ecuación:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc} potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p tensión primaria [kV]

I_{ccp} Corriente de cortocircuito primaria [kA]

Considerando que el valor de la potencia de cortocircuito en el lado de media tensión suministrado por la compañía es de 500 MVA.

$$I_{ccp} = 14,43 \text{ kA}$$

El valor obtenido se ha calculado y comprobado posteriormente con DIGSILENT PowerFactory.

Para el cálculo de la corriente máxima de cortocircuito en el secundario del transformador trifásico utilizaremos la siguiente expresión:

$$I_{2falta} = \left(\frac{100}{E_{CC}}\right) \cdot I_S$$

$$I_{2falta} = \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot E_{CC} \cdot U_S}$$

Donde:

S potencia del transformador [kVA]

E_{CC} caída de tensión porcentual de cortocircuito [%]

U_S tensión en el secundario [V]

I_{2falta} corriente de cortocircuito secundario [kA]

Para el transformador utilizado, la potencia es de 250 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 400 V.

$$I_{2falta} = 9,02 \text{ kA}$$

El valor obtenido se ha calculado y comprobado posteriormente con DIGSILENT PowerFactory.

▪ Caja general de Protección C.G.P

La caja general de protección incluye bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 400A, para protección de la línea repartidora. Se encuentra situada en un nicho de pared puesto que la acometida es subterránea, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductores para entrada de la acometida subterránea de la red general, conforme a lo establecido en la ITC-BT-21 para canalizaciones empotradas.

Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares. Puesto que la corriente de cortocircuito calculada a la salida del transformador es de 9,02 kA, se instalarán fusibles con poder de corte al menos igual a la corriente de falta calculada.

La caja de protección cumplirá lo indicado en la Norma UNE-EN 60.439 -1, tendrá un grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439 -3, una vez instalada tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y será precintable.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

El contador proyectado será de un contador trifásico electrónico y estará ubicado junto a la Caja General de Protección. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.

▪ *Derivación individual de alimentación*

La derivación individual se realizará mediante conductores de cobre libre de halógenos tipo RZ1-K(AS) 0,6/1 KV, no propagador de la llama de acuerdo a Norma UNE-20.432-1, no propagador del incendio de acuerdo a Norma UNE-20.432-3 y UNE-20.427-1, baja emisión de humos opacos de acuerdo a Norma UNE-21.172-1 y 2, reducida emisión de gases tóxicos de acuerdo a Norma UNE-21.174, libre de halógenos de acuerdo a Norma UNE-21.147-1, y nula emisión de gases corrosivos de acuerdo a Norma UNE-21.174-1.

La derivación de alimentación hasta C.G.Y (cuadro general de mando y protección) irá canalizada mediante bandeja metálica perforada con tapa de chapa de acero. Las secciones de las derivaciones individuales secundarias serán las reflejadas en los esquemas unifilares adjuntados.

▪ *Cuadro general de Mando y Protección C.G.Y*

El cuadro general de protección será no propagador de llama, y contendrá los elementos de mando y protección, perfectamente montados y conexiados, disponiendo además en su interior de un espacio de reserva para futuras ampliaciones de la instalación.

Este dispositivo estará formado por un armario metálico con puerta transparente y cerradura IP- 30. Desde el C.G.Y de baja tensión partirán las líneas de alimentación eléctrica a los cuadros secundarios de distribución que se han proyectado en cada planta.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP-30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

▪ Batería de condensadores

La intensidad que circula por una línea para suministrar una determinada potencia activa es inversamente proporcional al factor de potencia de la instalación:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\theta}$$

Un factor de potencia bajo, hace que la intensidad de línea sea elevada; ello provoca en la línea un aumento de la caída de tensión y de las pérdidas de energía.

A continuación procederemos al cálculo de la batería de condensadores, con el fin de obtener el factor de potencia deseado.

Datos:

- El suministro es trifásico a una tensión Compuesta de 400V.
- Potencia activa total de toda la instalación 140.400W.
- cos Ø actual=0.85
- cos Ø buscado=0.9
- conexión de condensadores en triángulo.

Por lo tanto:

Potencia reactiva a compensar que debe tener la batería de condensadores:

$$Q_c = P \cdot (tg\theta_1 - tg\theta_2)$$

$$Q_c = 140400 \cdot (0,6119 - 0,4843)$$

$$Q_c = 19,01016 \text{ kVar (potencia reactiva a compensar)}$$

Gama de Regulación (1:1:2) 2x5+1x10

Potencia de Escalón (kVar) = $19.01016/4 = 4.75 \text{ kVar} \rightarrow 5\text{kVar}$

Potencia de Escalón (kVar) = $19.01016/2 = 9.50 \text{ kVar} \rightarrow 10\text{kVar}$

Capacidad de los tres condensadores para cada escalón:

$$C = \frac{Q_c \cdot 1000}{3 \cdot (U)^2 \cdot 2\pi f} = 21,5\mu F$$

La secuencia que debe realizar el regulador de reactiva para dar señal a las diferentes salidas es:

1. Primera salida. Regula hasta 4.75 kVar
2. Tercera salida. Regula hasta 9.5 kVar
3. Primera y tercera salida. Regula hasta 14.25 kVar
4. Primera segunda y tercera salida. Regula hasta 19 kVar

Para compensar la energía reactiva debida a los receptores inductivos, se ha calculado una batería de condensadores con una potencia de 20 kVAr instalada próxima al Cuadro general de protección C.G. Y.

Para la línea que alimenta esta batería de condensadores se eligen conductores Unipolares 3x25+TTx16mm²Cu aislados en tubos en montaje superficial.

$$I = \frac{CRe \cdot Qc}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1,5 \cdot 20kVar}{\sqrt{3} \cdot 400} = 43,3 A$$

Intensidad admisible a 40°C (Fc=1)= 106 A.

Características del interruptor magnetotérmico que protege la línea:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- I_p=5,598 kA; tomando un poder de corte de I_{cu}= 6 kA.

La conexión y desconexión de los condensadores se gobernará automáticamente por medio de un regulador varimétrico. Este dispositivo conecta o desconecta escalones de baterías de condensadores, dependiendo de la demanda de energía reactiva de los receptores que se encuentren conectados en ese momento, ajustando en todo momento el factor de potencia para mantenerlo en el valor deseado.

Los condensadores llevarán integradas resistencias de descarga que pueden estar conectadas permanentemente o conectarse a la batería en el momento de la desconexión. Irán protegidos por fusibles de alto poder de corte.

- Cuadro secundario de baja tensión

(C.S.A., C.S.B., C.S.C., C.S.D., C.S.E. y C.S.F.)

La distribución en baja tensión a las diferentes plantas, se realizará desde el cuadro general de protección C.G.Y. Además, se dispondrán dos cuadros secundarios por planta, destinados a alimentar las tomas eléctricas de recarga de vehículos. Estos cuadros contendrán los elementos de mando y protección, perfectamente montados y conexiónados, disponiendo además en su interior de espacio de reserva para futuras ampliaciones de la instalación.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 54 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102.

- Conductores

La instalación del aparcamiento se realizará mediante conductores de cobre tipo RZ1-K(AS) 0,6/1 KV no propagador de la llama de acuerdo a Norma UNE EN 50265-2-1 , no propagador del incendio de acuerdo a Norma UNE-20.432-3 y UNE-20.427-1, baja emisión de humos opacos de acuerdo a Norma UNE-21.172-1 y 2, reducida emisión de gases tóxicos de acuerdo a Norma UNE-21.174, libre de halógenos de acuerdo a Norma UNE-21.147-1, y nula emisión de gases corrosivos de acuerdo a Norma UNE-21.174-1.(ITC-BT-28).

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión total entre el origen de la instalación y los puntos de recarga finales sea inferior a 6.5%. (ITC-BT-19 punto 2.2.2.).

Las intensidades máximas admisibles de los conductores, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo 1.

La sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:(ITC-BT-19).

Sección conductores fase (mm ²)	Sección conductores protección (mm ²)
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S (*)$ 16 $S/2$

Tabla 7: Sección mínima de los conductores de protección

(*) Con un mínimo de:

2,5 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.

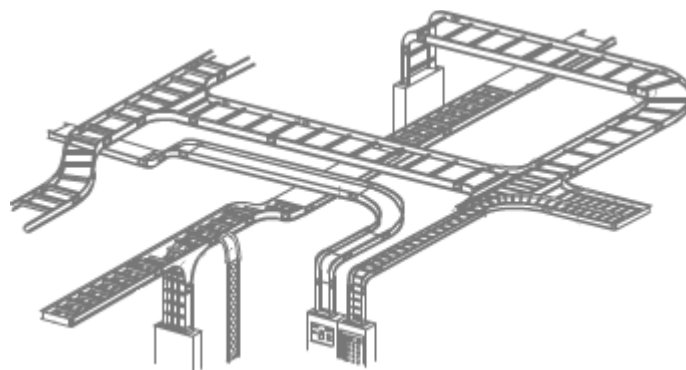
4 mm² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

Para el cálculo de las líneas eléctricas se ha considerado un coeficiente de simultaneidad 1 debido a la previsión de una futura ampliación de la instalación, por lo que las secciones de los conductores están sobredimensionadas.

- Canalización

La canalización principal a lo largo de todo el aparcamiento se realizará mediante bandeja metálica perforada de chapa de acero. Es de vital importancia dar a la bandeja continuidad eléctrica a la red de tierras. (ITC 21 punto 4)

Figura 8: Bandejas de soporte para el cableado.



Las derivaciones a cada receptor se realizarán, bajo tubo de acero enchufable. Los diámetros de estos tubos estarán de acuerdo con el número de conductores que se vayan a alojar en ellos y de las secciones de los mismos, basándose su elección en la ITC-BT-21.

Como norma general, un tubo protector sólo contendrá conductores de un mismo y único circuito, no obstante, podrá contener conductores pertenecientes a circuitos diferentes si todos los conductores están aislados para la máxima tensión de servicio, todos los circuitos parten del mismo interruptor general de mando y protección, sin interposición de aparatos que transformen la corriente, y cada circuito está protegido por separado contra las sobreintensidades.

Para la ejecución de la instalación bajo tubo protector se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes (ITC BT 21 punto 2.1):

- El trazado se hará siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materia aislante. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

La parte de la instalación, bajo tubo protector en montaje superficial, se ejecutará de acuerdo a las prescripciones generales siguientes (ITC BT 21 punto 2.2 y 2.3):

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas, protegidas contra la corrosión, ubicadas con una separación de 0,80 m como máximo en alineaciones y siempre en los cambios de dirección, empalmes y en la proximidad de las entradas a cajas o aparatos.

- Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios, siendo conveniente su instalación a una altura mínima de 2,50 m sobre el suelo.

En caso de que la instalación se realice bajo tubo protector empotrado, se ejecutará de acuerdo a las prescripciones generales siguientes:

- Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de cajas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra, quedando enrasadas con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo.
- Es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, de suelo o techos, y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizará de acuerdo a las siguientes prescripciones:

- En toda la longitud de los pasos no se dispondrán empalmes o derivaciones de conductores, y estarán suficientemente protegidos contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad (ITC BT-19 pto 2.3).
- Si la longitud de paso no excede de 20 cm se dispondrán bajo tubos y si excede se dispondrá tubos conforme a la tabla 3 de la Instrucción ITC-BT21.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de 3 cm, por lo menos (Instrucción ITC-BT20 pto 2.2.8).

En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, o de extracción de humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa, y por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Como norma general, las canalizaciones eléctricas no se situarán paralelamente por debajo de otras que puedan dar lugar a condensaciones.

5.4 Cálculos eléctricos de la instalación

A continuación se procede a la realización de los cálculos eléctricos de la instalación.

Para el cálculo del poder de corte requerido por los magnetotérmicos y relés, hemos utilizado la herramienta de cálculo de corrientes de cortocircuito de Digsilent Powerfactory. Mediante esta aplicación también hemos podido comprobar el tipo de curva que mejor cumple la selectividad de las distintas protecciones.

El método de cálculo que emplea el software será el método de la norma internacional IEC 60909/VDE 0102. Este método utiliza una fuente de tensión equivalente en el lugar del cortocircuito y se basa en el punto de operación nominal del sistema empleando factores de corrección para tensiones e impedancias, con el objetivo de obtener resultados conservadores. Para el cálculo de corrientes de cortocircuito máximas y mínimas, se aplican diferentes factores de corrección.

- Potencia total instalada del aparcamiento:

C.S.A. Planta -1	21600 W
C.S.B. Planta -1	25200 W
C.S.C. Planta -2	21600 W
C.S.D. Planta -2	25200 W
C.S.E. Planta -3	21600 W
C.S.F. Planta -3	25200 W

TOTAL.... 140400 W

Calculo derivación hasta CGY:

Datos de la derivación individual principal que discurre desde la caja general de protecciones (CGP) hasta el cuadro general de mando y protección (C.G.Y).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Frecuencia 50 Hz.
- Canalización sobre bandeja perforada.
- Longitud: 100 m.
- Cos Phi: 0,9.

- X_u ($m\Omega/m$): 0,08. Reactancia por unidad de longitud de la línea.
- Potencia a instalar: 140400 W. (Coeficiente de Simultaneidad =1)

- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta CGY:

$$I = \frac{140400}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 225,17 \text{ A}$$

Factor de corrección por agrupación de cables unipolares instalados al aire para un circuito trifásico en bandeja perforada formado por un solo conductor igual a 1 (según ITC BT 19).

Se eligen conductores Unipolares 4x185+TTx95mm²Cu. Tres conductores de fase y uno de neutro de 185mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 95 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

$$I_{ad. \text{ a } 40^\circ\text{C}} (F_c=1) = 464 \text{ A.}$$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0,6/1 kV, XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego UNE: RZ1-K(AS)).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha (T - 20)] = 0,018 \cdot [1 + 0,00392 \cdot (90 - 20)] = 0,023 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$$

$$K = \frac{1}{\rho} = 43,59 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$$

Siendo:

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C (para el cobre 0,018 $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$).

α = Coeficiente de temperatura con valor 0,00392 (UNE-EN 60909_0).

T = Temperatura máxima del conductor (°C).

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

$$e = \frac{L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en vatios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.
 K = Conductividad.
 I = Intensidad en Amperios.
 U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).
 S = Sección del conductor en mm^2 .
 $\cos \Phi$ = Coseno de Φ . Factor de potencia.
 R = Rendimiento. (Para líneas motor).
 n = N° de conductores por fase.
 X_u = Reactancia por unidad de longitud en $\text{m}\Omega/\text{m}$.

$$e = \frac{100 \cdot 140400}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 185 \cdot 1} + \frac{100 \cdot 140.400 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 5,72V = 1,43\%$$

$$e = 1,43\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Con la finalidad de dotar a la instalación de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos se ha instalado un interruptor general automático.

$$I_b \leq I_n \leq I_z \leftrightarrow 225,17 \leq I_n \leq 464 \text{ A}$$

Se ha tomado un interruptor general automático de caja modelada Compact NSX400N marca Schneider o similar, con las siguientes características.

- $I_n = 250 \text{ A}$
- $I_p = 6,8 \text{ kA}$ (corriente de pico de cc) tomando un poder de corte de $I_{cu} = 10 \text{ kA}$.
- Curva de disparo B ó C.
- Protección contra cortocircuitos.
- Protección contra sobrecargas, térmico regulable a 227A .
- Protección diferencial Sensibilidad de 30 mA .

Cálculo de la Línea: C.S.A. Planta -1

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro general de mando y protección (C.G.Y) hasta el primero de los dos cuadros secundarios instalados en la primera planta (C.S.A).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V .
- Canalización: bandeja Perforada
- Longitud: 245 m
- $\cos \Phi$: $0,9$

- X_u (mΩ/m): 0,08. Reactancia por unidad de longitud de la línea.
- Potencia a instalar: 21600 W. (Coef. de Simult.: 1)

- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.A:

$$I = \frac{21.600}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 34,64 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,8)= 123*0,8= 98,4 A. según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0.8.

$$I_{ad. a 40^\circ C (Fc=0.8)} = 123 \cdot 0,8 = 98,4 \text{ A}$$

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0.6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C). El máximo admisible es 6.5%.

$$e = \frac{L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{245 \cdot 21.600}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{245 \cdot 21.600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 12,65 \text{ V} = 3,16\%$$

$$e = 4,59\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará dos interruptores magnetotérmicos modular tipo Schneider C60 o similar. El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une CGY y CSA. El segundo irá instalado en el C.S.A al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p=5,46$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu}= 6$ kA.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p= 0,93$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu}:4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirecto, se instalarán un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicados en CGY.

Características del interruptor diferencial:

- Calibre 40 A.
- Número de polos 4.
- Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.A. Planta -1

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

AF1-Carga lenta	7200 W
AF2-Carga lenta	7200 W
AF3-Carga lenta	7200 W
TOTAL....	21600 W

- Cálculo de la Línea: AF1-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.A hasta el punto de alimentación final de la carga AF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada
- Longitud 35 m; Cos Phi = 0,9; Xu(mΩ/m) = 0,08.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7.200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0.75)= 105*0.75= 78.75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7.200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7.200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4\%$$

$$e = 5,99\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado el C.S.A al principio de la línea que alimenta la carga AF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 0,89$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y $10 I_n$.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.A.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: AF2-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.A hasta el punto de alimentación final de la carga AF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada
- Longitud: 40 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u (\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7.200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 16 + \text{TT} \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, un conductor de fase y uno de neutro de 16 mm^2 de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm^2 . Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40 °C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,75 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a $0,75$ (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90 °C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7.200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7.200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 V = 1,6\%$$

$$e = 6,19\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado el C.S.A al principio de la línea que alimenta la carga AF2.

Características Interruptor Magnetotérmico bipolar marca Schneider o similar:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p=0,89$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.A.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

• Cálculo de la Línea: AF3-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.A hasta el punto de alimentación final de la carga AF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; $\text{Cos } \Phi = 0,9$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7.200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,75= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7.200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7.200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,14 \text{ V} = 1,8\%$$

$$e = 6,39\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado el C.S.A al principio de la línea que alimenta la carga AF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip=0,89 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.A.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

Cálculo de la Línea: C.S.B. Planta -1

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro principal de mando y protección (C.G.Y) hasta el segundo de los dos cuadros secundarios instalados en la primera planta (C.S.B).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
 - Canalización: Bandeja Perforada.
 - Longitud: 205 m
 - Cos Phi: 0,9
 - X_u (mΩ/m): 0,08 , Reactancia por unidad de longitud de la línea.
 - Potencia a instalar: 25200 W. (Coef. de Simultaneidad = 1)
- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.B:

$$I = \frac{25.200}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,9} = 40,42 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25 mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c=0,8$)= 123*0,8= 98,4 A. según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0.8.

$$I_{ad.} \text{ a } 40^\circ\text{C} (F_c=0,8)= 123*0,8= 98,4 \text{ A}$$

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0.6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{250 \cdot 25200}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{205 \cdot 25200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 12,35 \text{ V} = 3,08\%$$

$$e = 4,51\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará dos interruptores magnetotérmicos modular tipo Schneider C60 o similar. El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une C.G.Y y C.S.B. El segundo irá instalado en el C.S.B al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 5,46 \text{ kA}$; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 6 \text{ kA}$.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 1,55 \text{ kA}$; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5 \text{ kA}$.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en CGY.

Características del interruptor diferencial:

- Calibre 63 A.
- Número de polos 4.

- Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.B. Planta -1

DEMANDA DE POTENCIAS

Potencia total instalada:

BF1-Carga lenta	7200 W
BF2-Carga lenta	7200 W
BF3-Carga lenta	7200 W
BF4-Carga lenta	3600 W
TOTAL....	25200 W

▪ Cálculo de la Línea: BF1-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga BF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 35 m; Cos Phi = 0,9; $X_u(m\Omega/m) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c=0,75$)= $105 \cdot 0,8 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolar al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4\%$$

$$e = 5,92\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado el C.S.B al principio de la línea que alimenta la carga BF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip=1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirecto, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.B.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: BF2-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga BF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.

- Longitud: 40 m; Cos Phi: 0.9; Xu(mΩ/m): 0.08;
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,8= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolar al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 \text{ V} = 1,6\%$$

$$e = 6,11\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.B al principio de la línea que alimenta la carga BF2.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip=1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4.5kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.B.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: BF3-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga BF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c=0,75$)= $105 \cdot 0,8 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolar al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,15 \text{ V} = 1,8\%$$

$$e = 6,32\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuitos de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.B al principio de la línea que alimenta la carga BF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 1,02$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 I_n .

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.B.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: BF4-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga BF4.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 50 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u (\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 3600 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{3600}{230 \cdot 0,9} = 17,39 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 10 + \text{TT} \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, un conductor de fase y uno de neutro de 10 mm^2 de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 10 mm^2 . Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $76 \cdot 0,75 = 57$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a $0,75$ (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,65 \text{ V} = 1,59\%$$

$$e = 6,1\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.B al principio de la línea que alimenta la carga BF4.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 20 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip=1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.B.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 25 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

Cálculo de la Línea: C.S.C. Planta -2

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro general de mando y protección (C.G.Y) hasta el primero de los dos cuadros secundarios instalados en la segunda planta (C.S.C).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 255 m
- Cos Phi: 0.9
- Xu(mΩ/m): 0,08. Reactancia por unidad de longitud de la línea.

- Potencia a instalar: 21600 W. (Coef. de Simult.= 1).

- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.C:

$$I = \frac{21600}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,9} = 34,74 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,8)= 123*0,8= 98,4 A. según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0,8.

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0,6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{255 \cdot 21600}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{255 \cdot 21600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,29 \text{ V} = 3,29\%$$

$$e = 4,72\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalarán dos interruptores magnetotérmicos modulares tipo Schneider C60 o similar. El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une C.G.Y y C.S.C. El segundo irá instalado en el C.S.C al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- I_p=5,46 kA; tomando un poder de corte de I_{cu} = 6 kA.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p=1,03$ kA; Tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea ubicado en C.G.Y.

Características del interruptor diferencial:

- Calibre 40 A.
- Número de polos 4.
- Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.C. Planta -2

DEMANDA DE POTENCIAS

Potencia total instalada:

CF1-Carga lenta	7200 W
CF2-Carga lenta	7200 W
CF3-Carga lenta	7200 W
TOTAL....	21600 W

▪ Cálculo de la Línea: CF1-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.C hasta el punto de alimentación final de la carga CF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 35 m; $\cos \Phi = 0,9$; $X_u(m\Omega/m) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,75= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolar al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar el número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4 \%$$

$$e = 6,12\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.C al principio de la línea que alimenta la carga CF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip=0,88 kA; Poder de corte 4,5 kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.C.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.

- Sensibilidad de 30 mA.

- Cálculo de la Línea: CF2-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.C hasta el punto de alimentación final de la carga CF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada
- Longitud: 40 m; Cos Phi = 0,9; Xu(mΩ/m) = 0,08.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,8= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar el número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 \text{ V} = 1,6 \%$$

$$e = 6,32\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.C al principio de la línea que alimenta la carga CF2.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 0,88$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.
- Curva B: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 I_n .

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.C.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: CF3-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.C hasta el punto de alimentación final de la carga CF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u (\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,8 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar el número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,15 \text{ V} = 1,8 \%$$

$$e = 6,5\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuitos de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.C al principio de la línea que alimenta la carga CF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 0,88 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.
- Curva C: el disparo magnético se produce entre 5 y 10 In.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.C.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

Cálculo de la Línea: C.S.D. Planta -2

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro general de mando y protección (C.G.Y) hasta el segundo de los dos cuadros secundarios instalados en la segunda planta (C.S.D).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 205 m
- Cos Phi = 0.9
- Xu(mΩ/m) = 0.08 , Reactancia por unidad de longitud de la línea.

- Potencia a instalar: 25200 W. (Coef. de Simult.= 1)

- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.D:

$$I = \frac{25200}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,9} = 40,42 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,8)= 123*0,8= 98,4 A. según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0.8.

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0,6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{205 \cdot 25200}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{205 \cdot 25200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 12,35 \text{ V} = 3,1 \%$$

$$e = 4,52\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuitos de protección se instalarán dos interruptores magnetotérmicos modulares tipo Schneider C60 o similar El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une C.G.Y y C.S.D. El segundo irá instalado en el C.S.D al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- Ip= 5,46 kA; tomando un poder de corte de Icu = 6 kA.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 1,55$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicados en CGY.

Características del interruptor diferencial:

- Calibre 63 A.
- Número de polos 4.
- Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.D. Planta -2

DEMANDA DE POTENCIAS

Potencia total instalada:

DF1-Carga lenta	7200 W
DF2-Carga lenta	7200 W
DF3-Carga lenta	7200 W
DF4-Carga lenta	3600 W
TOTAL....	21600 W

▪ Cálculo de la Línea: DF1-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga DF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 35 m; Cos Phi: 0.9; $X_u(m\Omega/m)$: 0.08;
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0.75)= 105*0.75= 78.75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4 \%$$

$$e = 5,93\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado el C.S.D al principio de la línea que alimenta la carga DF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A. (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 0,74 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.D.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: DF2-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.D hasta el punto de alimentación final de la carga DF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 40 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u (\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 16 + \text{TT} \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, un conductor de fase y uno de neutro de 16 mm^2 de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm^2 . Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,75 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 \text{ V} = 1,6 \%$$

$$e = 6,13\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.D al principio de la línea que alimenta la carga DF2.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A.(curva B)
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 1,02$ kA; tomando un poder de corte de $kA = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.D.

Características del interruptor diferencial:

Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: DF3-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.D hasta el punto de alimentación final de la carga DF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; $\cos \Phi = 0,9$; $X_u(m\Omega/m) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 16 + TT \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, un conductor de fase y uno de neutro de 16 mm^2 de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm^2 . Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,75 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a $0,75$ (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,15 \text{ V} = 1,8 \%$$

$$e = 6,33\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en el C.S.D al principio de la línea que alimenta la carga DF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.(curva B)
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.D.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: DF4-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.D hasta el punto de alimentación final de la carga DF4.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 50 m; Cos Phi: 0,9; Xu(mΩ/m): 0,08.
- Potencia a instalar: 3600 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{3600}{230 \cdot 0,9} = 17,39 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 10 mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 10 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 76*0,75= 57 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar el número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,65 \text{ V} = 1,59 \%$$

$$e = 6,11\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.D al principio de la línea que alimenta la carga BF4.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 20 A.(curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.D.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 25 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

Cálculo de la Línea: C.S.E. Planta -3

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro general de mando y protección (C.G.Y) hasta el primero de los dos cuadros secundarios instalados en la tercera planta (C.S.E).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
 - Canalización: Bandeja Perforada
 - Longitud: 255 m
 - Cos Phi: 0.9
 - Xu(mΩ/m = 0.08. Reactancia por unidad de longitud de la línea.
 - Potencia a instalar: 21600 W. (Coef. de Simult.= 1).
- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.E:

$$I = \frac{21600}{\sqrt{3} \cdot 230 \cdot 0,9} = 34,64 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25 mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,8)= 123*0,8= 98,4 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0.8.

$$I_{ad. a 40^\circ\text{C}} (F_c=0,8) = 123 \cdot 0,8 = 98,4 \text{ A}$$

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0.6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{255 \cdot 21600}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{245 \cdot 21600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 12,65 \text{ V} = 3,16 \%$$

$$e = 4,33\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalarán dos interruptores magnetotérmicos modulares tipo Schneider C60 o similar. El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une CGY y CSE. El segundo irá instalado en el C.S.E al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 5,46$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 6$ kA.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 1,3$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicados en CGY.

Características del interruptor diferencial:

- Calibre 40 A.
- Número de polos 4.
- Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.E. Planta -3

DEMANDA DE POTENCIAS

- Potencia total instalada:

AF1-Carga lenta	7200 W
AF2-Carga lenta	7200 W
AF3-Carga lenta	7200 W
TOTAL....	21600 W

- Cálculo de la Línea: EF1-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.E hasta el punto de alimentación final de la carga EF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 35 m; Cos Phi = 0,9; Xu(mΩ/m) = 0,08.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,75= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4 \%$$

$$e = 5,99\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuitos de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.E al principio de la línea que alimenta la carga EF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.(curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.

- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 0,88$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4.5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.E.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
 - Sensibilidad de 30 mA.
- Cálculo de la Línea: EF2-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.E hasta el punto de alimentación final de la carga EF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada
- Longitud: 40 m; $\cos \phi = 0,9$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,75 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión:

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 V = 1,6 \%$$

$$e = 6,19\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar Este interruptor irá situado en el C.S.E al principio de la línea que alimenta la carga EF2.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A.(curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 0,88$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.E.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: EF3-Carga lenta.

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.E hasta el punto de alimentación final de la carga EF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; Cos Phi: 0,9; $X_u(m\Omega/m)$: 0,08.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 A$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,75= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,15 V = 1,8 \%$$

$$e = 6,39\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar Este interruptor irá situado en C.S.E al principio de la línea que alimenta la carga EF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A.(curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 0,88 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.E.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 40 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

Cálculo de la Línea: C.S.F. Planta -3

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de mando y protección (C.G.Y) hasta el segundo de los dos cuadros secundarios instalados en la tercera planta (C.S.F).

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 205 m.
- Cos Phi: 0.9.
- Xu(mΩ/m): 0.08. Reactancia por unidad de longitud de la línea.
- Potencia a instalar: 25200 W. (Coef. de Simult.: 1)

- Corriente que circula por la línea de derivación trifásica hasta C.S.F:

$$I = \frac{25200}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 40,42 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x25+TTx16mm²Cu, tres conductores de fase y uno de neutro de 25mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,8)= 123*0,8= 98,4 A. según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 3 circuitos 0,8.

Designación del conductor: RZ1-K(AS), nivel aislamiento 0,6/1 kV, aislamiento y cubierta de XLPE+Poliolefina (No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida).

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{205 \cdot 25200}{43,59 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1} + \frac{205 \cdot 25200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 12,35 \text{ V} = 3,09 \%$$

$$e = 4,41\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará dos interruptores magnetotérmicos modulares tipo Schneider C60 o similar El primero irá situado en la CGY al principio de la línea que une C.G.Y y C.S.F. El segundo irá instalado en el C.S.F al final de la línea.

Características del primer interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 5,46$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 6$ kA.

Características del segundo interruptor magnetotérmico:

- Calibre In: 50 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA entre fase y neutro,
- 400 V CA entre fases.
- $I_p = 1,55$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en CGY.

Características del interruptor diferencial:

Calibre 63 A.
Número de polos 4.
Sensibilidad 30mA.

SUBCUADRO C.S.F. Planta -3

DEMANDA DE POTENCIAS

Potencia total instalada:

FF1-Carga lenta	7200 W
FF2-Carga lenta	7200 W
FF3-Carga lenta	7200 W
FF4-Carga lenta	3600 W
TOTAL....	25200 W

▪ Cálculo de la Línea: FF1-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.F hasta el punto de alimentación final de la carga FF1.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 35 m; $\cos \Phi = 0,9$; $X_u(\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.

- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 105*0,8= 78,75 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 35 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,23 \text{ V} = 1,4 \%$$

$$e = 5,92\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.F al principio de la línea que alimenta la carga FF1.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 40 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu = 4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.F.

Características del interruptor diferencial:

Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: FF2-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.B hasta el punto de alimentación final de la carga FF2.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 40 m; Cos Phi: 0,9; X_u (mΩ/m): 0,08.
- Potencia a instalar: 7200 W.

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x16+TTx16mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 16mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,8 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0.75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot \sin \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \cos \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 40 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,69 \text{ V} = 1,6 \%$$

$$e = 6,12\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.F al principio de la línea que alimenta la carga FF2.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40$ A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- $I_p = 1,02$ kA; tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5$ kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.F.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40$ A.
- Sensibilidad de 30 mA.

▪ Cálculo de la Línea: FF3-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.F hasta el punto de alimentación final de la carga FF3.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 45 m; $\cos \phi = 0,9$; X_u (mΩ/m): $0,08$.
- Potencia a instalar: 7200 W.

$$I = \frac{7200}{230 \cdot 0,9} = 34,78 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares $2 \times 16 + TT \times 16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, un conductor de fase y uno de neutro de 16 mm^2 de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 16 mm^2 . Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40 °C ($F_c = 0,75$) = $105 \cdot 0,8 = 78,75$ A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a $0,75$ (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90 °C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos} \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 16 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 45 \cdot 7200 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 4,15 \text{ V} = 4,8 \%$$

$$e = 6,22\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.F al principio de la línea que alimenta la carga FF3.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre $I_n = 40 \text{ A}$ (curva B).
- Temperatura de referencia: $30 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Tensión de empleo: 230 V CA .
- $I_p = 1,02 \text{ kA}$. tomando un poder de corte de $I_{cu} = 4,5 \text{ kA}$.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.F.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar $I_n = 40 \text{ A}$.
- Sensibilidad de 30 mA .

▪ Cálculo de la Línea: FF4-Carga lenta

Datos de la línea de derivación que discurre desde el cuadro secundario de alimentación C.S.F hasta el punto de alimentación final de la carga FF4.

Datos de la línea:

- Tensión de servicio: 230 V .
- Canalización: Bandeja Perforada.
- Longitud: 50 m ; $\text{Cos } \Phi = 0,9$; $X_u (\text{m}\Omega/\text{m}) = 0,08$.
- Potencia a instalar: 3600 W .

- Corriente que circula por la línea monofásica para la potencia instalada.

$$I = \frac{3600}{230 \cdot 0,9} = 17,39 \text{ A}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10+TTx10mm²Cu, un conductor de fase y uno de neutro de 10 mm² de sección, además del conductor de protección o de toma de tierra de 10 mm². Los cables unipolares están en contacto mutuo sobre bandeja.

Intensidad admisible a 40°C (Fc=0,75)= 76*0,75= 57 A. Según ITC-BT-19 tabla 1 cables unipolares al aire libre en contacto mutuo sobre bandeja. Factor de reducción por agrupamiento de 8 circuitos igual a 0,75 (ITC-BT 06 tabla 6), ante la previsión de ampliar en número de puestas en carga de la instalación.

- Caída de tensión a temperatura del cable máxima (90°C):

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot Pc}{K \cdot U \cdot n \cdot S \cdot R} + \frac{2 \cdot L \cdot Pc \cdot Xu \cdot \text{sen } \theta}{1000 \cdot U \cdot n \cdot R \cdot \text{cos } \theta}$$

$$e = \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600}{43,59 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1} + \frac{2 \cdot 50 \cdot 3600 \cdot 0,08 \cdot 0,44}{1000 \cdot 230 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9} = 3,65 \text{ V} = 1,59 \%$$

$$e = 6,11\% \text{ admisible (6,5\% MAX)}$$

Como circuito de protección se instalará un interruptor magnetotérmico modular tipo Schneider C60 o similar. Este interruptor irá situado en C.S.F al principio de la línea que alimenta la carga FF4.

Características del interruptor magnetotérmico:

- Calibre In = 20 A (curva B).
- Temperatura de referencia: 30 °C.
- Tensión de empleo: 230 V CA.
- Ip= 1,02 kA; tomando un poder de corte de Icu =4,5 kA.

Para la protección frente a contactos indirectos, se instalará un interruptor diferencial al principio de la línea, ubicado en el C.S.F.

Características del interruptor diferencial:

- Protección diferencial bipolar In= 25 A.
- Sensibilidad de 30 mA.

5.5 Presupuesto de la instalación

Cuadros eléctricos:

	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE(€)
C.G.Y			
Cuadro General de Mando y Protección C.G.Y. formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura, conteniendo en su interior la aparamenta Marca schneider o similar con las características técnicas representadas en el esquema unifilar y un 40% de espacio de reserva para posibles ampliaciones. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002.	1	3.600,00 €	3.600,00 €
C.S.A-PLANTA -1, C.S.C-PLANTA -2 y C.S.A-PLANTA -3			
Cuadro Secundario de Mando y Protección C.S.A C.S.C y C.S.E. para planta -1,-2 y -3 formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura , conteniendo en su interior la aparamenta. marca Schneider o similar con las características técnicas representadas en el esquema unifilar y un 40% de espacio de reserva para posibles ampliaciones. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002.	3	1.100,00 €	3.300,00 €
C.S.B-PLANTA -1, C.S.D-PLANTA -2 y C.S.E-PLANTA -3			
Cuadro Secundario de Mando y Protección C.S.B, C.S.D. y C.S.F para planta -1, formado por armario metálico de chapa galvanizada con puerta transparente y cerradura , conteniendo en su interior la aparamenta marca Schneider o similar con, las características técnicas representadas en el esquema unifilar y un 40% de espacio de reserva para posibles ampliaciones. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002.	3	1.500,00 €	4.500,00 €

BATERÍA DE CONDENSADORES 20 KVAR

Suministro y montaje de batería de condensadores de 20 KVAR con las siguientes características:

- protección contra contactos indirectos y directos, cortocircuitos...
- compactos y dotados de un eficaz sistema de ventilación.
- todos los componentes son visibles: condensadores, contactores, fusibles,...
- ampliables adosando armarios
- resistencias de descarga 1 1.100,00 € 1.100,00 €
- grado de protección IP-30
- dimensiones ancho x fondo x alto: 500X250X600 mm
- peso: 32 kgr.

TOTAL CUADROS ELECTRICOS 12.500,00 €

Acometida y Centro de Transformación:

CANTIDAD(m) **PRECIO (€/m)** **IMPORTE(€)**

EDIFICACIÓN SUBESTACIÓN CON TRANSFORMADOR MT/BT DE 250 KVA, 20KV

Suministro e instalación de edificio prefabricado constituido por una envolvente de estructura monobloque de hormigón armado, de dimensiones generales aproximadas 4500 mm x 2460 mm x 2470 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores, transporte, montaje, accesorios y aparamenta interior que está formada sobre un bastidor por los siguientes elementos:

-Equipo compacto de corte y aislamiento en gas con las siguientes características:

Dimensiones: 1190mm/735mm/1300mm

- Transformador trifásico reductor de 250 KVA, refrigeración en aceite, tensión primaria 20 kv y secundaria 400 v, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4% y regulación primaria de +2,5% , +5% , +7,5% y 10% .
- Cuadro de B T diseñado para esta aplicación.
- Puentes BT. Juego de cables de BT, de Al sin armadura, con todos los accesorios para la conexión, formados por grupo de cables en la cantidad 3xfase+2xneutro.
- Equipo de seguridad y maniobra. 1 38.000,00 38.000,00

CAJA GENERAL PROTECCIÓN 250A.

Caja general protección 250 A. incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 400 A. para protección de la línea repartidora, situada en fachada o interior nicho mural.

1 1.100,00 1.100,00

MÓDULO UN CONTADOR TRIFÁSICO

Módulo para un contador trifásico, montaje en el exterior, homologado por la compañía suministradora, instalado, incluyendo cableado y elementos de protección. (Contador de la compañía).

1	750,00	750,00
---	--------	--------

TOTAL ACOMETIDA Y CENTRO DE TRANSFORMACION

39.850,00€

Líneas eléctricas

	CANTIDAD(m)	PRECIO (€/m)	IMPORTE(€)
CONDUCTOR CU 0,6/1 KV RZ1-K (AS) 1X185 MM²			
Suministro, instalación y montaje de conductor de cobre RZ1-K (AS) 0,6/1 KV (UNE-21123), no propagador de la llama y cero en halógenos, de 1X185 mm ² de sección.	400	19.00,00	7.600,00
CONDUCTOR CU 0,6/1 KV RZ1-K (AS) 1X25 MM²			
Suministro, instalación y montaje de conductor de cobre RZ1-K (AS) 0,6/1 KV (UNE-21123), no propagador de la llama y cero en halógenos, de 1X25 mm ² de sección.	6.000	5.00,00	30.000,00
CONDUCTOR CU 0,6/1 KV RZ1-K (AS) 1X16 MM²			
Suministro, instalación y montaje de conductor de cobre RZ1-K (AS) 0,6/1 KV (UNE-21123), no propagador de la llama y cero en halógenos, de 1X16 mm ² de sección.	2.160	3.00,00	6.480,00
CONDUCTOR CU 0,6/1 KV RZ1-K (AS) 1X10 MM²			
Suministro, instalación y montaje de conductor de cobre RZ1-K (AS) 0,6/1 KV (UNE-21123), no propagador de la llama y cero en halógenos, de 1X10 mm ² de sección.	450	3.00,00	1.350,00
BANDEJA CHAPA ACERO CON TABIQUE SEPARADOR DE 400 mm.			
Suministro y colocación de bandeja perforada en chapa de acero zincada, con 1 tabique separador, de 400 mm de ancho. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento.	1000	20.00,00	20.000,00
TUBO DE ACERO ENCHUFABLE M-32			
Tubo de acero galvanizado, enchufable, grapado o empotrado, con piezas especiales de unión, conexión a cajas etc.	170	9.00,00	1.530,00
TOTAL LINEA ELÉCTRICAS			66.960€

Suministro e instalación de tomas finales de recarga:

	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO (€)</i>	<i>IMPORTE(€)</i>
CAJAS RVE-CP2 marca Circutor.			
Suministro e instalación de cajas tipo RVE-CP2 o similar con cuerpo metálico antivandálico, sistema de protección frente a intento de hurto de energía, para uso en interiores. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al reglamento electrotécnico de baja tensión real Decreto 842/2002.	18	400,00 €	7.200,00 €
CAJAS RVE-CP1 marca Circutor.			
Suministro e instalación de cajas tipo RVE-CP1 o similar con cuerpo metálico antivandálico, sistema de protección frente a intento de hurto de energía, para uso en interiores. Unidad totalmente instalada y en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo al reglamento electrotécnico de baja tensión real Decreto 842/2002.	3	320,00 €	960,00 €
TOTAL INSTALACIÓN DE TOMAS FINALES DE RECARGA			8.160,00 €

TOTAL CUADROS ELÉCTRICOS.....	12.500,00€
TOTAL ACOMETIDA Y CENTRO DE TRANSFORMACION.....	39.850,00€
TOTAL LINEAS ELÉCTRICAS.....	66.960,00€
TOTAL SUMINISTRO E INSTALACIÓN TOMAS FINALES DE RECARGA.....	8.160,00 €
PRECIO FINAL	127.470,000 €

Conclusiones

El desarrollo del presente documento tenía como bloque principal el estudio del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión. Mediante su modificación podríamos dar solución al problema de recarga en garajes comunitarios, impulsando su demanda por parte de los ciudadanos.

La recarga en cada aparcamiento se presenta como la mejor solución tanto desde el punto de vista del comprador como desde el operador del sistema. La gestión del sistema eléctrico se verá beneficiada ante las recargas lentas realizadas en periodo nocturno, a la vez que permite disponer al usuario cada mañana de baterías totalmente cargadas al salir de su domicilio.

La demanda de puntos de recarga por las comunidades de vecinos irá creciendo paulatinamente ante el gran número de vehículos que están llegando al mercado en los últimos meses. Si no se logra dar cobertura eléctrica a esta demanda mediante una legislación por parte de la administración pública el motor eléctrico difícilmente saldrá triunfador frente al motor térmico.

A nivel personal, la elaboración del proyecto me ha permitido tomar conciencia sobre la necesidad del trabajo en común entre administración y fabricantes en búsqueda de soluciones ante la nueva forma de transporte. De poco servirán las ayudas económicas a la hora de adquirir un vehículo eléctrico si cuando llegue a su aparcamiento carece de toma de recarga.

Por lo tanto se puede concluir que el ritmo de entrada de vehículos eléctricos en la sociedad estará fuertemente ligado a la disponibilidad de puntos de recarga en aparcamientos privados. De manera que si la administración no toma cartas sobre el asunto, el vehículo eléctrico podía volver a caer en el olvido como ha venido ocurriendo en varias ocasiones desde principios de siglo pasado.

BIBLIOGRAFÍA

- Cumbre universitaria del vehículo eléctrico UC3M 2010.
- Salón del automóvil ecológico y de la movilidad sostenible Madrid 2010.
- Artículo “¿Qué tipo de vivienda buscan los compradores?”
www.difusionjuridica.com.
- Guía técnica de Aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- www.circutor.es. Página web del fabricante. Tomas finales de recarga.
- www.pluginamerica.org. Página web con las características de los vehículos disponibles en el mercado.
- www.canberraev.org. Historia sobre el vehículo eléctrico.
- Instalaciones eléctricas de media y baja tensión. José García Trasancos. Ed. Paraninfo.
- UNE-EN 60947-2 diciembre 2007.
- UNE-EN 60909-0 octubre 2002.
- UNE-EN 21239-4 mayo 2002.