



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño  
Universidad Politécnica de Valencia

# **Adecuación de un parking público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Eléctrica

*Autor:* Daniel Fons Sánchez

*Tutor:* Elías José Hurtado Pérez

Curso 2016 - 2017



# Resumen

El principal objetivo de este documento es realizar una instalación eléctrica de baja tensión para adecuar un parking standard situado en Formentera en uno que permita la recarga de vehículos eléctricos, para ello se van a instalar 36 cargadores de 7,3kW y 6 de 50kW. Antes de esto se ha realizado un estudio de la situación actual y futura del vehículo eléctrico, tanto desde el punto de vista tecnológico como económico.

Derivado de la instalación de baja tensión se ha estudiado la repercusión de los armónicos en la instalación mediante una simulación. Para realizar esta parte se ha seleccionado un rectificador controlado tipo puente, para poder observar el comportamiento real de la instalación se han simulado diversas frecuencias de conmutación, para simular un ciclo de carga de una batería, donde la tensión se incrementa en función del nivel de carga.

En paralelo a lo anterior se ha dimensionado y presupuestado una instalación para la gestión de plazas ocupadas, de esta forma se integra el parking en el marco de las Smarts Cities. Mejorando la velocidad de rotación e incrementando los beneficios.

En último lugar, para poder reducir la instalación de baja tensión es necesario emplear un factor de utilización, para evitar sobrecargas en la red se ha implementado un algoritmo que permite gestionar la potencia máxima entre los coches conectados, en función del nivel de carga. Este algoritmo no solo permite reducir costes en la instalación también en los costes por penalización de la empresa comercializadora de electricidad.

---



# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>1</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>5</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>9</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivo . . . . .	11
1.2 Estructura de la memoria . . . . .	11
<b>2 Vehículo eléctrico y sector energético</b>	<b>13</b>
2.1 Introducción . . . . .	13
2.2 Objetivo del proyecto . . . . .	13
2.3 Metodología . . . . .	13
2.4 Motivación del proyecto . . . . .	14
2.5 Antecedentes . . . . .	15
2.5.1 Sistema energético español . . . . .	15
2.5.2 Evolución del sector de transporte en España . . . . .	18
2.5.3 Normativa establecida desde Europa . . . . .	19
2.6 Introducción al vehículo eléctrico . . . . .	20
2.6.1 Historia del vehículo eléctrico . . . . .	20
2.6.2 Principios básicos de funcionamiento . . . . .	21
2.7 Evolución de ventas . . . . .	23
2.7.1 Marco internacional . . . . .	23
2.7.2 Marco nacional . . . . .	23
2.7.3 Previsión de ventas . . . . .	24
2.8 Principales fabricantes . . . . .	25
2.9 Tipología . . . . .	26
2.9.1 Vehículo eléctrico híbrido . . . . .	26
2.9.2 Vehículo híbrido enchufable . . . . .	28
2.9.3 Vehículo eléctrico puro . . . . .	30
2.10 Evolución tecnológica del vehículo eléctrico . . . . .	30
2.10.1 Modos de carga y tipos de conectores . . . . .	31
2.11 Comparativa costes vehículo eléctrico y de combustión . . . . .	37
2.11.1 Tarifa eléctrica . . . . .	37
2.11.2 Costes combustibles . . . . .	45
2.12 Consumo de vehículo eléctrico . . . . .	47
2.13 Coste de la recarga del vehículo eléctrico . . . . .	48
2.14 Comparativa coste consumo V.E. - V.C.I. . . . .	49
2.15 Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico . . . . .	51
<b>3 Instalación de baja tensión</b>	<b>55</b>
3.1 Objetivos del proyecto . . . . .	55
3.2 Titular . . . . .	55
3.3 Emplazamiento . . . . .	55
3.4 Legislación aplicable . . . . .	56
3.5 Descripción de la instalación . . . . .	56

3.6	Potencia total de la instalación . . . . .	56
3.7	Características de la instalación . . . . .	57
3.7.1	Origen de la instalación . . . . .	57
3.7.2	Cuadro general de distribución . . . . .	57
3.7.3	Canalizaciones . . . . .	58
3.8	Cuadros secundarios . . . . .	59
3.8.1	Canalizaciones . . . . .	59
3.8.2	Cuadro 1 . . . . .	61
3.8.3	Cuadro 2 . . . . .	61
3.8.4	Cuadro 3 . . . . .	62
3.8.5	Cuadro 4 . . . . .	63
3.9	Criterios aplicados y bases de calculo . . . . .	64
3.9.1	Intensidad máxima admisible . . . . .	64
3.9.2	Caída de tensión . . . . .	64
3.9.3	Corrientes de cortocircuito . . . . .	66
3.9.4	Protección contra sobretensiones . . . . .	68
3.10	Cálculos . . . . .	68
3.10.1	Sección en las líneas y caídas de tensión . . . . .	68
3.10.2	Cálculos de los dispositivos de protección . . . . .	70
3.11	Pliego de condiciones . . . . .	81
3.11.1	Calidad de los materiales . . . . .	81
3.11.2	Normas de ejecución de las instalaciones . . . . .	82
<b>4</b>	<b>Estudio de armónicos</b>	<b>85</b>
4.1	Introducción . . . . .	85
4.2	Definición de armónicos . . . . .	85
4.2.1	Efectos de los armónicos . . . . .	89
4.3	Simulación . . . . .	90
4.3.1	Funcionamiento del rectificador tipo puente . . . . .	90
4.3.2	Control . . . . .	91
4.3.3	Sistema eléctrico . . . . .	98
4.4	Resultados . . . . .	101
4.5	Conclusiones . . . . .	103
<b>5</b>	<b>Control de plazas de aparcamiento</b>	<b>105</b>
5.1	Objeto . . . . .	105
5.2	Análisis del problema . . . . .	106
5.3	Estudio de la legislación . . . . .	106
5.4	Bases de diseño . . . . .	106
5.4.1	Partes del diseño . . . . .	106
5.4.2	Estudio de los sensores y sistemas de detección existentes . . . . .	106
5.4.3	Posibilidad de futuras ampliaciones . . . . .	107
5.4.4	Recursos empleados . . . . .	107
5.5	Elementos . . . . .	108
5.5.1	Sensor . . . . .	108
5.5.2	Displays . . . . .	109
5.5.3	Sistema de canalización . . . . .	110
5.5.4	Convertor RS485 a RS232 . . . . .	110
5.5.5	Fuente de alimentación . . . . .	111
5.5.6	Cableado . . . . .	111
<b>6</b>	<b>Algoritmo de gestión de potencia</b>	<b>113</b>
6.1	Introducción . . . . .	113
6.2	Funcionamiento . . . . .	115

---

6.3	Resultados . . . . .	123
6.4	Conclusiones . . . . .	125
<b>Bibliografía</b>		<b>127</b>

---

Apéndices

<b>A</b>	<b>Presupuesto de instalación de baja tensión</b>	<b>129</b>
<b>B</b>	<b>Presupuesto de instalación de sistema de control</b>	<b>157</b>
<b>C</b>	<b>Planos</b>	<b>175</b>



# Índice de figuras

---

2.2	Reparto de potencia 2015 . . . . .	17
2.1	Reparto de potencia 1975 . . . . .	17
2.3	Evolución prevista de la generación eléctrica renovable . . . . .	18
2.4	Motor eléctrico . . . . .	21
2.5	Partes de motor eléctrico . . . . .	22
2.6	Evolución de stock de V.E. . . . .	23
2.7	Ventas anuales de vehículos eléctricos . . . . .	24
2.8	Comparativa vehículo eléctrico. . . . .	26
2.9	Fases híbrido eléctrico . . . . .	28
2.10	Perfil de conducción . . . . .	30
2.11	Tipos de conectores . . . . .	32
2.12	Puntos de recarga disponibles en España . . . . .	36
2.13	Periodos para la tarifa 3.0A . . . . .	40
2.14	Periodos para la tarifa 3.1A . . . . .	41
2.15	Precio medio de combustible en España . . . . .	45
2.16	Comparación coste consumo V.E. - V.C.I. carga diurna . . . . .	50
2.17	Comparación coste consumo V.E. - V.C.I. carga nocturna . . . . .	50
2.18	Comparación del precio de la carga de combustible VS Carga eléctrica 2016 . . . . .	51
3.1	Cálculo de intensidad nominal monofásica . . . . .	64
3.2	Cálculo de intensidad nominal trifásica . . . . .	64
3.3	Caída de tensión . . . . .	64
3.4	Caída de tensión monofásica . . . . .	64
3.5	Caída de tensión trifásica . . . . .	64
3.6	Cálculo de resistencia . . . . .	65
3.7	Cálculo de resistencia en corriente continua . . . . .	65
3.8	Cálculo de resistencia a 20 grados . . . . .	65
3.9	Efecto piel . . . . .	65
3.10	Temperatura en el conductor . . . . .	65
3.11	Cortocircuito trifásico . . . . .	67
3.12	Cortocircuito bifásico . . . . .	67
3.13	Cortocircuito bifásico a tierra . . . . .	67
3.14	Cortocircuito monofásico a tierra . . . . .	68
3.15	Características de funcionamiento . . . . .	70
3.16	Condiciones de cortocircuito . . . . .	70
3.17	Temperatura máxima . . . . .	71
3.18	Temperatura de cable . . . . .	71
3.19	Resultados cuadro general 1 . . . . .	72
3.20	Resultados cuadro general 2 . . . . .	72
3.21	Resultados cuadro 1 1 . . . . .	73
3.22	Resultados cuadro 1 2 . . . . .	73
3.23	Resultados cuadro 2 1 . . . . .	74
3.24	Resultados desde cuadro 2 2 . . . . .	74

3.25	Resultados desde el cuadro 3 1	75
3.26	Resultados desde el cuadro 3 2	76
3.27	Resultados desde el cuadro 4 1	77
3.28	Desde el cuadro 4 2	78
3.29	Corriente de defecto	78
3.30	Condición para contactos indirectos	84
4.1	Cálculo de THD	86
4.2	Cálculo de THD de corrientes	86
4.3	Cálculo de THD simplificado	86
4.4	Generador de armónicos de tercer orden	87
4.5	Tensión trifásica de amplitud 1	87
4.6	Tensión trifásica con armónicos de tercer orden	88
4.7	Armónico de tercer orden	88
4.8	Trifásica fundamental y tercera armónico	89
4.9	Armónicos impares	89
4.10	Rectificador tipo puente	91
4.11	Funcionamiento rectificador tipo puente	91
4.12	Constantes del sistema	92
4.13	Señal del reloj con delay	93
4.14	Armónico 1	93
4.15	Armónico 2	94
4.16	Función bloque "mod"	95
4.17	Armónico 3	95
4.18	Generador de tren de pulsos	96
4.19	Armónico 4	96
4.20	Comparación de señales desfasadas	97
4.21	Trenes de pulsos	97
4.22	Esquema de control completo	98
4.23	Algoritmo 5	98
4.24	Subsistema	99
4.25	Sistema eléctrico completo	100
4.26	Tensión en la carga	101
4.27	Tensión en la carga en detalle	101
4.28	Corriente trifásica	102
4.29	FFT análisis armónico de la corriente	102
4.30	Análisis de armónicos segundo supuesto	103
5.1	Interfaz Scada	105
5.2	Esquema de conexión de control	108
5.3	Sensor Trilogy	109
5.4	Display 3 dígitos	109
5.5	Display 2 dígitos	109
5.6	Canalización para sistema de control	110
5.7	Accesorios para canalización	110
5.8	Sujeción de canalización	110
5.9	Convertor RS485 a RS232	110
5.10	Fuente de alimentación continua 48V	111
5.11	Cableado de control	111
6.1	Algoritmo 1	115
6.2	Algoritmo 2	115
6.3	Algoritmo 3	115

---

6.4	Algoritmo 4	117
6.5	Algoritmo 5	117
6.6	Algoritmo 6	117
6.7	Algoritmo 7	117
6.8	Algoritmo 8	117
6.9	Algoritmo 9	118
6.10	Algoritmo 10	118
6.11	Algoritmo 11	119
6.12	Algoritmo 12	119
6.13	Algoritmo 13	119
6.14	Algoritmo 14	119
6.15	Algoritmo 15	119
6.16	Algoritmo 16	120
6.17	Algoritmo 17	120
6.18	Algoritmo 18	120
6.19	Algoritmo 19	120
6.20	Algoritmo 20	120
6.21	Diagrama de flujo	121
6.22	Algoritmo 21	122
6.23	Algoritmo 22	122
6.24	Algoritmo 23	122
6.25	Algoritmo 24	122
6.26	Algoritmo 25	123
6.27	Algoritmo 26	123
6.28	Potencia óptima	125



# Índice de tablas

---

2.1	Potencia instalada en España (MW) . . . . .	16
2.2	Comparativa modos de carga . . . . .	32
2.3	Tipos de conectores . . . . .	32
2.4	Costes de la factura eléctrica . . . . .	39
2.5	Tarifas eléctricas España. . . . .	40
2.6	Precio energía tarifa 2.0-2.1A . . . . .	41
2.7	Precio energía 2.0-2.1 DHA . . . . .	42
2.8	Precio energía 3.0 A . . . . .	43
2.9	Precio energía tarifa 3.1A . . . . .	44
2.10	My caption . . . . .	45
2.11	Consumo medio vehículos de combustión interna . . . . .	46
2.12	Coste de repostar un coche de combustión interna . . . . .	47
2.13	Tiempo para conseguir 100 % de la carga . . . . .	47
2.14	Tiempo para conseguir 100km de autonomía . . . . .	48
2.15	Coste de recarga V.E. tarifa 2.0-2.1 A . . . . .	48
2.16	Coste de recarga V.E. tarifa 2.0-2.1 DHA . . . . .	48
2.17	Coste de recarga V.E. tarifa 3.0 A . . . . .	49
2.18	Coste de recarga V.E. tarifa 3.1 A . . . . .	49
2.19	Comparativa coste consumo V.E. - V.C.I. . . . .	49
2.20	Ahorro carga eléctrica - Combustión (%) . . . . .	51
3.1	Potencia instalada . . . . .	57
3.2	Elementos de cuadro general de distribución . . . . .	57
3.3	Elementos aguas abajo del cuadro general de distribución . . . . .	58
3.4	Canalizaciones aguas abajo del cuadro general de distribución . . . . .	58
3.5	Cableado entre los cuadros secundarios y los puntos de recarga . . . . .	60
3.6	Elementos aguas abajo del cuadro 1 . . . . .	61
3.7	Elementos aguas abajo del cuadro 2 . . . . .	61
3.8	Elementos aguas abajo del cuadro 3 . . . . .	62
3.9	Elementos aguas abajo del cuadro 4 . . . . .	63
3.10	Reactancia inductiva . . . . .	66
3.11	Caídas de tensión . . . . .	68
3.12	Caídas de tensión cuadro 1 . . . . .	69
3.13	Caídas de tensión cuadro 2 . . . . .	69
3.14	Caídas de tensión cuadro 3 . . . . .	69
3.15	Caídas de tensión cuadro 4 . . . . .	70
3.16	Resultados corrientes de defecto 1 . . . . .	79
3.17	Resultados corrientes de defecto 2 . . . . .	80
4.1	Funcionamiento del bloque "mod" . . . . .	94
6.1	Distribución de potencia sin algoritmo . . . . .	114
6.2	Estado de carga . . . . .	116
6.3	Resultados algoritmo . . . . .	124



---

---

# CAPÍTULO 1

## Introducción

---

### 1.1 Objetivo

---

El objetivo del presente proyecto es realizar un estudio completo y en profundidad de la implantación de 42 puntos de recarga en un parking público situado en la isla de Formentera.

En primer lugar, para poder enmarcar el proyecto en un ámbito técnico y económico se realizará un estudio del vehículo eléctrico y del sector energético.

Para mejorar el sistema también se realizará la implantación de control de ocupación y estado de carga de los vehículos conectados. Así como un estudio de armónicos y la implementación de un algoritmo que regula la potencia a suministrar.

Todo ello centrado en el objetivo de mejorar la instalación de baja tensión y en conjunto para actualizar el parking a la futura movilidad.

Dentro de cada una de las partes se desarrollará en profundidad el objetivo de forma individual.

### 1.2 Estructura de la memoria

---

Para distribuir el proyecto de la forma más ordenada posible se ha dividido en capítulos, de forma que cada una de las partes trabajadas pertenecen a uno de ellos. Las partes son:

- Vehículo eléctrico y sector energético.
- Instalación de baja tensión.
- Estudio de armónicos.
- Instalación de gestión de plazas ocupadas.
- Algoritmo de gestión.

Al final del documento encontraremos los anexos, entre ellos los planos y los presupuestos derivados de las instalaciones.



---

---

## CAPÍTULO 2

# Vehículo eléctrico y sector energético

---

### 2.1 Introducción

---

A través de esta introducción se tratará de plantear dónde radica la importancia del vehículo eléctrico en la sociedad actual y se definirán los objetivos de la investigación. Así mismo se describirán la metodología utilizada y la estructura del trabajo.

### 2.2 Objetivo del proyecto

---

El presente trabajo de investigación académica está orientado a tratar de analizar el estado actual y la posible evolución del sector del vehículo eléctrico (limitado a turismos y pequeños vehículos comerciales) en la Unión Europea haciendo especial énfasis en el mercado español. Se tratará de conocer cuáles son las principales características de esta industria, los retos a los que se enfrenta y las previsiones de futuro.

De la misma manera, como resultado del estudio quedarán planteadas las ventajas y posibles inconvenientes de este medio de transporte. Serán evidentes las repercusiones de su uso en la economía tanto a nivel comunitario como a nivel particular del usuario, enfocando este tema principalmente a la comparación de la recarga entre los distintos tipos de vehículos.

### 2.3 Metodología

---

Este estudio ha sido realizado a partir de la investigación en diversas fuentes de información tales como los resúmenes anuales proporcionados por la web del IDAE, diversas páginas web en las que encontré artículos y publicaciones de distinto nivel técnico, como puedan ser ANFAC o las planificaciones del GOB, que me llevaron a comprender los diferentes niveles de dificultad que este tema puede llegar a tener y por lo cual he plasmado el contenido de forma resumida. También está basado en artículos de difusión de información de manera descriptiva, los cuales fueron claves para la captación de los aspectos más técnicos del proyecto. Se utilizaron también publicaciones y monografías que aportaron un punto de vista más humano al trabajo, dejando ver las distintas opiniones y experiencias personales existentes.

También se ha utilizado información tanto técnica como periodística en la realización de este proyecto, de varias empresas del sector automovilístico tales como Renault o

Hyundai. Esta información permite ver cuál es la situación real de los distintos tipos de motor desde un ángulo más realista, ya que son quienes están inmersos en la industria del sector y por lo tanto son los mejores testigos de los avances, mejoras y problemas existentes en el mismo.

## 2.4 Motivación del proyecto

---

En la actualidad la problemática medioambiental es un tema común y que concierne tanto las actividades individuales de las personas que conforman la sociedad como a todo el grupo de empresas que están en ella. Por ello tratan de seguir modelos cada vez más sostenibles desde un aspecto ecológico.

En general, un modelo energético sostenible sería aquel caracterizado por unos patrones de producción y consumo que compatibilizaran el desarrollo económico, social y ambiental, satisfaciendo las necesidades energéticas de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades. Para que ello sea posible, el modelo energético debe tener en cuenta tres elementos básicos:

- Seguridad energética: debe garantizar la continuidad del suministro a precios razonables para los consumidores.
- Competitividad: no debe suponer un peligro para la competitividad de la economía, y su crecimiento.
- Sostenibilidad ambiental: la producción y el consumo de energía no deben suponer un impacto inasumible para el entorno. Dentro de este ámbito, el sector energético, como responsable del 80 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, debe jugar un papel muy importante en la lucha contra el cambio climático.

En relación al cambio climático, según la Agencia Internacional de la Energía (IEA), para alcanzar el escenario de 450 ppm, que es el necesario para limitar el incremento de la temperatura global por debajo de 2°C, plantea una reducción de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) en 2050 cercana al 50 % frente a 1990. La eficiencia energética se presenta como el principal instrumento, responsable de casi un 60 % de la reducción de emisiones.

Las políticas destinadas a reducir el consumo energético también tienen una importante contribución positiva a la seguridad energética. En el ámbito de las políticas de demanda, la eficiencia energética es el principal instrumento para mejorar la seguridad energética. La reducción del consumo de energía contribuye a reducir la intensidad energética de la economía y la dependencia exterior. A través de estos elementos, también se reducen las tensiones inflacionistas generadas por el aumento de los precios internacionales de las materias primas energéticas.

La implementación de medidas de la eficiencia energética va destinada a una gran variedad de sector intentando buscar el máximo potencial de ahorro energético sin perder competitividad:

- Sector de la edificación (principalmente viviendas)
- Sector industrial
- Sector de la generación eléctrica (introduciendo el ciclo combinado, cogeneración y las energías renovables).

- Sector de las administraciones públicas
- Sector del transporte: mayor consumidor de energía final en España, con un 39 % del total, dentro del cual el principal potencial de ahorro energético se encuentre en el transporte por carretera.

Sin embargo y a pesar del constante esfuerzo hacia unos modelos más ecológicos, la tendencia global del incremento de la movilidad supone un serio impedimento para conservar el entorno. Al ser conscientes de este problema, ya desde principios del siglo XXI, numerosas compañías de todos los sectores y en especial las empresas automovilísticas comenzaron a destinar una importante cantidad de dinero a la investigación y el desarrollo de nuevos vehículos propulsados por fuentes de energía alternativas asociadas a un considerable descenso de las emisiones de gases contaminantes. La sostenibilidad del sector transporte dependerá en gran medida de estas nuevas tecnologías.

Por otro lado, durante la crisis económica, las cifras de ventas de automóviles a nivel global se han visto preocupantemente afectadas. Además, su recuperación se está produciendo con gran lentitud.

Paralelamente, el petróleo es un bien escaso del cual la Unión Europea no posee reservas. Y las reservas a nivel mundial acabarán agotándose en un plazo próximo.

De este modo, muchas compañías optan por emprender nuevas estrategias e incluir en sus gamas de vehículos nuevos modelos “medioambientalmente amigables”. Los objetivos perseguidos son dos: por una parte, mejorar la eficiencia energética respetando el entorno al máximo y por otra, encontrar una fuente de energía alternativa al petróleo.

En el trabajo se pone de manifiesto que, desde la perspectiva actual, la alternativa que parece más viable a los vehículos impulsados por combustibles fósiles es el vehículo eléctrico. Su presencia a gran escala en nuestras sociedades del futuro parece algo irrevocable.

En los últimos años, la transición hasta ellos parece estar pasando por los vehículos híbridos, que combinan un motor de combustión interna con otro de tipo eléctrico. En este momento es la solución por la que optan las empresas automovilísticas para conseguir al mismo tiempo una autonomía similar a la que tienen los coches convencionales y disminuir al máximo el consumo de petróleo y la contaminación. A pesar de su elevado coste, su difusión en los mercados de todo el mundo es considerable, lo que parece indicar que lleva la dirección correcta.

El vehículo puramente eléctrico se recargará únicamente a través de la red eléctrica. En la medida en que esta electricidad se obtenga de fuentes renovables como es la energía eólica o la fotovoltaica, la dependencia del petróleo disminuirá al mismo tiempo que lo hará la contaminación por las emisiones de los vehículos de combustión. Dejando aparte el problema del coste tanto del vehículo como de las energías “limpias”, las ventajas que presenta son muy numerosas. De ahí nace el interés creciente sobre este tema.

---

## 2.5 Antecedentes

### 2.5.1. Sistema energético español

El suministro de energía es esencial para la sociedad y los sectores energéticos son, en si mismos, una parte muy importante de la actividad económica. La planificación energética es un instrumento que utiliza la Administración, como parte de la gestión del interés público, cuya finalidad es encauzar, racionalizar y facilitar la aplicación de la

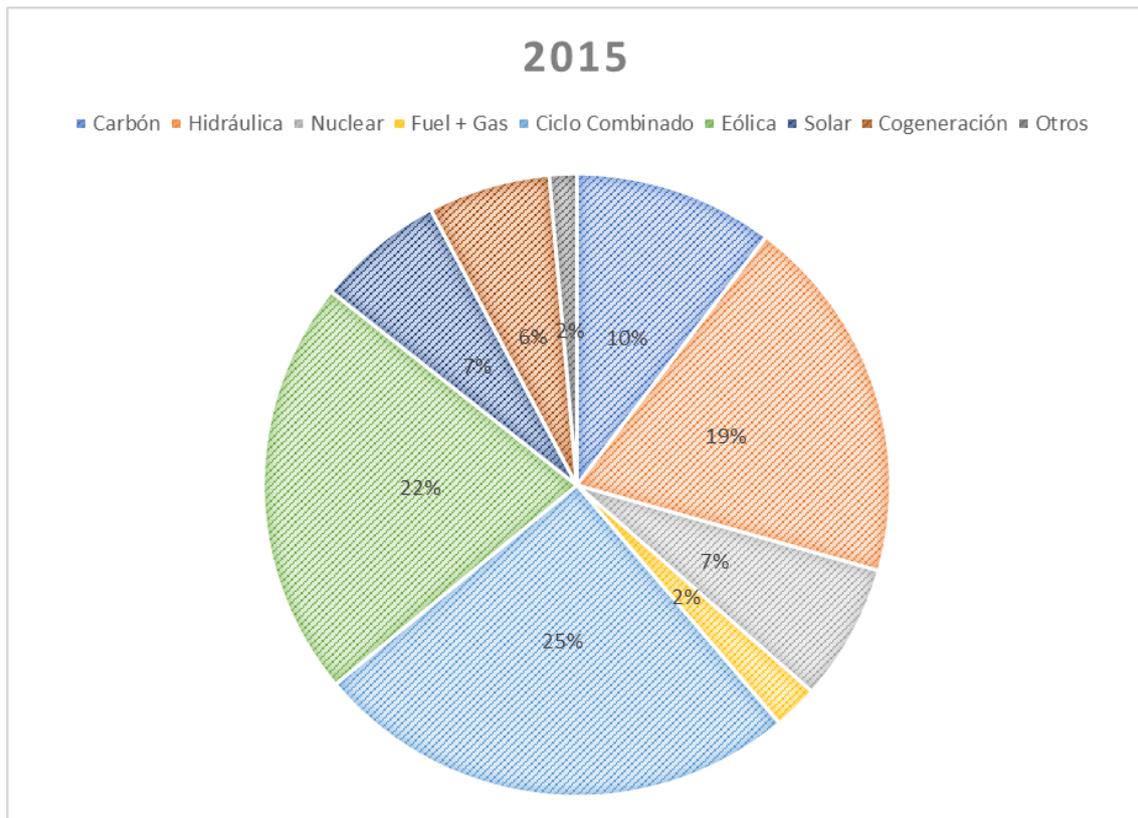
política energética, cuyo objetivo es la seguridad de suministro energético, en condiciones de competitividad y sostenibilidad.

El sector energético contribuye a la creación de empleo y tiene un peso significativo en la inversión total. En España, los datos sobre demanda de energía primaria y final ponen de relieve esta relación entre consumo energético y crecimiento económico. En concreto, se observa que la demanda aumenta durante la etapa de expansión económica que llega hasta el año 2007, mientras que, desde el inicio de la crisis económica, tanto la demanda primaria como la final han mantenido una senda de continua caída siguiendo una tendencia similar al PIB.

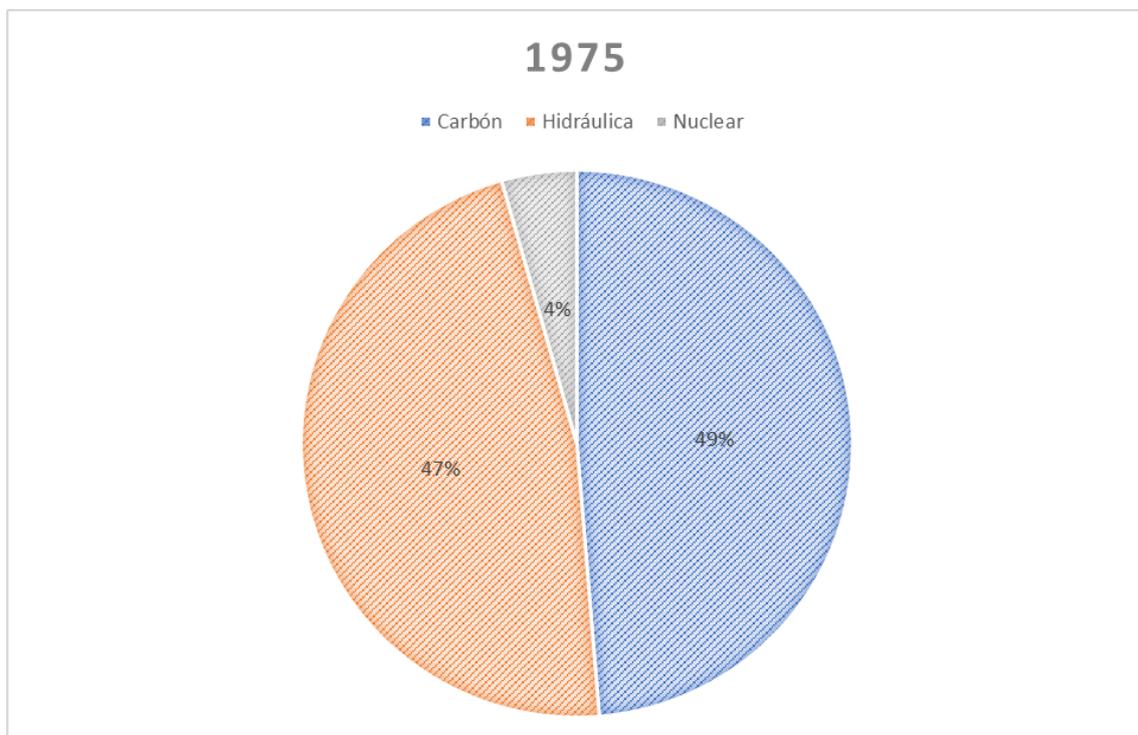
En 2014 el petróleo era el combustible más utilizado representando el 42 % del consumo; le seguía el gas natural con un 20 %; las energías renovables en sentido amplio (hidráulica, eólica, solar, geotérmica, biomasa, biocarburantes y residuos) con el 14,5 %; la energía nuclear cubría el 12 % de este consumo; y, finalmente, el carbón representaba un 10,1 %. La conclusión que se extrae de estos datos es que España posee un mix energético equilibrado donde las diversas tecnologías están representadas. La diversificación del mix energético se inició en la década de 1970, cuando el consumo todavía dependía casi en exclusiva del petróleo. En las décadas posteriores, en paralelo a una creciente electrificación, se instalan nuevas centrales de generación térmica de carbón, de energía nuclear, ciclos combinados y, más recientemente, plantas de generación eléctrica basadas en fuentes energéticas renovables y biocombustibles. Figura 2.1. Tabla 2.1.

**Tabla 2.1:** Potencia instalada en España (MW)

<b>EVOLUCIÓN POTENCIA INSTALADA NACIONAL (MW)</b>								
	1975	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Hidráulica	11953	13576	16221	16517	16728	16963	17107	20325
Nuclear	1120	1120	7329	7391	7677	7597	7515	7573
Carbón	12393	16447	10243	10243	11049	10910	11342	10936
Fuel + Gas	-	-	7259	7247	7521	6370	4698	2490
Ciclo Combinado	-	-	-	-	-	11992	26573	26670
Eólica	-	-	1	97	1829	9654	19715	23003
Solar fotovoltaica	-	-	-	1	2	43	3838	4667
Solar térmica	-	-	-	-	-	-	532	2300
Otras renovables	-	-	-	62	181	479	821	747
Cogeneración	-	-	159	1163	4216	6163	7240	6712
Residuos	-	-	-	-	-	-	-	754
<b>TOTAL</b>	<b>25466</b>	<b>31143</b>	<b>41212</b>	<b>42721</b>	<b>49203</b>	<b>70171</b>	<b>99381</b>	<b>106177</b>



**Figura 2.2:** Reparto de potencia 2015



**Figura 2.1:** Reparto de potencia 1975

En este contexto se sitúa la labor de previsión de las necesidades energéticas futuras y de las actuaciones que es necesario llevar a cabo para asegurar su cobertura. Este tipo de ejercicios de proyección de futuro se efectúan constantemente en todos los ámbitos de

la actividad económica. Sin embargo, el ámbito energético presenta peculiaridades, dado que la prestación de servicios energéticos esta condicionada por el largo periodo de maduración de las infraestructuras que le dan soporte, desde que se identifica la necesidad hasta su puesta en funcionamiento. La antelación y la constante adaptación de las previsiones a la realidad cambiante son parte integrante e instrumento imprescindible de la política energética.

La estructura de generación eléctrica en España continuará evolucionando en el período de previsión en el mismo sentido que lo viene haciendo en los últimos años, con una reducción del peso del petróleo y el carbón en el mix de generación, un ligero aumento del gas natural y un crecimiento mayor del peso de las energías renovables y el bombeo en hidroeléctrica.

GWh	2010	2015	2020	% var anual 2020/10
Hidroeléctrica sist REE (sin prod bombeo)	35.632	26.129	26.000	-3,1%
Hidroeléctrica resto	6583	6409	7140	0,8%
Eólica	43708	55703	71640	5,1%
Eólica marina	0	66	1845	
Solar termoeléctrica	691	8287	14379	35,5%
Solar fotovoltaica	6279	9060	12356	7,0%
Biomasa	2820	4903	8100	11,1%
Biogás	745	1302	2600	13,3%
RSU renovable	663	938	1500	8,5%
Energías del mar	0	0	220	
Geotermia	0	0	300	
<b>TOTAL</b>	<b>97.121</b>	<b>112.797</b>	<b>146.080</b>	<b>4,2%</b>

Figura 2.3: Evolución prevista de la generación eléctrica renovable

## 2.5.2. Evolución del sector de transporte en España

El sector energético afronta actualmente importantes retos a nivel global, y el sector eléctrico se encuentra en el centro del debate. La transición hacia una generación de bajas emisiones, que asegure el suministro y la competitividad de la economía al mismo tiempo, se antoja como un rompecabezas de difícil solución.

En las últimas décadas se ha experimentado en España un importante desarrollo económico en todos los sectores de actividad, lo que ha llevado a un gran aumento de la demanda energética. Uno de los sectores que más ha contribuido a este aumento es el sector del transporte, que a partir de los años 90 se ha convertido en el sector con mayor demanda de energía final. El transporte representa un 39% de la demanda de energía final, frente al 30% de la industria, tradicionalmente el mayor consumidor de energía.

En la evolución desde 1995 de la intensidad energética final, ha tenido una influencia muy significativa el aumento de la motorización de la población en España, así como de las infraestructuras del transporte por carretera. En 1995, había en España menos de 7.000 km de autopistas y autovías, mientras en 2009 superaron los 15.600 km. En el primer año citado, había en España 360 vehículos de pasajeros por cada mil habitantes, el 82,7% de la media de UE-15, mientras que, a día de hoy, esta cifra asciende a 480 vehículos por cada 1000 habitantes, el 96% de dicha media.

La urbanización de las calles metropolitanas y la mejora de las redes viarias, son factores que determinan una dependencia cada vez mayor del automóvil y, a pesar de la mejora del transporte público, casi el 80% de los desplazamientos de personas se realiza en vehículos privados.

El parque móvil se acerca a los 30 millones de vehículos, de los que más de 20 millones son turismos.

Por otro lado, casi el 99 % de la energía consumida en el transporte se cubre con derivados del petróleo, lo que supone una dependencia extrema de fuentes de energía importadas.

Las razones para la electrificación del transporte son obvias: la inseguridad del abastecimiento del petróleo, los altos precios, los conflictos militares, las emisiones de CO<sub>2</sub>, la contaminación atmosférica y el ruido.

Una política de transporte sostenible debe promover la reducción de la demanda, los transportes no motorizados y el transporte público y por ferrocarril, tanto de pasajeros como de mercancías y el coche compartido, además de mejorar la eficiencia de los vehículos.

El petróleo plantea grandes inconvenientes. El primero y más importante es la contaminación. De entre los principales problemas medioambientales causados por el transporte destacan la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono y, como consecuencia, el calentamiento global.

### 2.5.3. Normativa establecida desde Europa

En los últimos años ha surgido una corriente social de concienciación con el medio ambiente. Esta corriente se caracteriza por un mayor rechazo a las tecnologías más contaminantes y una evolución sostenible que no perjudique a las generaciones venideras. La clase política no ha sido ajena a esta corriente desarrollando directivas y leyes a nivel tanto estatal como europeo. Además, son de todos conocidas las cumbres mundiales que han tratado el tema como el Protocolo de Kioto o más recientemente la cumbre de Copenhague. Centrándonos en España encontramos una legislación que incrementa los impuestos a los vehículos en función de las emisiones de CO<sub>2</sub>, limita la emisión de las distintas partículas contaminantes y subvenciona los vehículos más respetuosos con el medio ambiente.

Además de los problemas medioambientales la propia obtención del petróleo es muy complicada por sí misma. El petróleo es una fuente de energía no renovable, y las reservas conocidas sólo duraran unos cuarenta años. A pesar de que se espera aumentar esta cifra la mayoría de reservas petrolíferas se encuentran en un reducido número de países en su mayoría muy inestables. Esto hace que el precio del petróleo fluctúe continuamente y se vea muy afectado por conflictos internacionales.

Una vez citados los inconvenientes que presenta el petróleo, decir que la principal ventaja que presentan los vehículos eléctricos reside en la nula emisión de partículas contaminantes durante su funcionamiento. De esta manera, salvo que se usara como materia prima para obtener energía exclusivamente petróleo o carbón, las emisiones resultantes del proceso total (desde la planta energética hasta el movimiento del vehículo) son menores dada la mayor eficiencia de este tipo de vehículos.

Además, la mayoría de países plantean políticas energéticas de integración de energías renovables. En concreto la Unión Europea aprobó a finales del 2008 el Plan 20/20/20. Este plan permitirá cumplir antes del 2020 con el compromiso de recortar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un 20 %, mejorar la eficiencia energética en otro 20 % y que el 20 % de la energía consumida proceda de fuentes renovables.

Obviamente no todo son ventajas, y el principal problema del vehículo eléctrico reside en las baterías. El problema más importante a corto plazo es la reducida autonomía de estos vehículos. Por esto es necesario un mayor desarrollo en esta área.

Por todo lo dicho anteriormente y dadas las expectativas de evolución del vehículo eléctrico, una parte del parque automovilístico se basará en este tipo de vehículos. Esto requiere un análisis completo de la integración de estos vehículos en la sociedad, y concretamente en el sector empresarial destinado al reparto, donde el consumo energético de sus vehículos representa un porcentaje a tener en cuenta en sus gastos anuales. Las grandes ventajas comentadas anteriormente, unidas al futuro incierto del petróleo hacen que la integración de este tipo de vehículos en este campo, pueda verse como una gran alternativa.

Por ello, en dicho trabajo se muestra un análisis detallado sobre la integración de este tipo de vehículos en una empresa de reparto de comida a domicilio, ayudando a conocer la viabilidad de este proyecto, o si en cambio, las limitaciones comentadas anteriormente aparcan esta integración para un futuro, una vez las limitaciones sean contrarrestadas o por lo menos, mejoradas.

El crecimiento en la última década, viene siendo objeto de medidas y programas específicos para promover un sistema de transporte más eficiente y que preserve el medio ambiente y los recursos no renovables. Debido a ello, y a la evolución prevista de la población, se espera una moderación del crecimiento de la demanda energética del transporte.

En la próxima década, se espera que siga creciendo ligeramente el parque de automóviles hasta alcanzar valores relativos a la población similares a los de los países europeos de mayor renta. Por otra parte, el transporte por carretera seguirá siendo el modo de transporte de mayor crecimiento, seguido por el aéreo.

Los consumos específicos de los nuevos vehículos seguirán reduciéndose como consecuencia de las mejoras tecnológicas, en parte obligadas por especificaciones de protección del medio ambiente. Además, el consumo energético en el sector del transporte se reducirá por la potenciación de modos de transporte alternativos al vehículo privado para absorber la demanda de movilidad.

Sobre un parque estimado en 2020 de 25 millones de automóviles son sustituibles por vehículos eléctricos o híbridos enchufables, se considera que el 10 % serán de este tipo, de los que 0,5 millones serán eléctricos y 2 millones híbridos enchufables. El consumo eléctrico asociado a los mismos será de poco más del 1 % de la demanda final de dicho año, pero sustituirán cerca de 1,2 millones de tep de productos petrolíferos.

## 2.6 Introducción al vehículo eléctrico

---

### 2.6.1. Historia del vehículo eléctrico

A modo de introducción y para una mejor introducción en la temática se pretende mostrar de forma breve cual ha sido la evolución del vehículo eléctrico.

Al hablar del vehículo eléctrico es recurrente la creencia de que es una tecnología absolutamente novedosa que se ha desarrollado en la última década, pero la realidad es muy distinta. La movilidad eléctrica no es nueva en la industria motriz, en las últimas décadas de 1800 el vehículo eléctrico era el principal medio de transporte, dominaron por mucho tiempo los caminos y el mercado de esa época. Situación que no se extendió mucho tiempo, ya que entre el 1910-1930 la industria del automóvil de combustión se impuso por completo y los vehículos eléctricos desaparecieron del mercado.

La introducción del arranque eléctrico simplificó la tarea de arrancar el motor de combustión interna, que antes de esta mejora resultaba difícil y a veces peligroso. Esta innovación, junto con el sistema de producción en cadenas de montaje de forma masiva y relativamente barata implantado por Ford desde 1908 contribuyó a la caída del vehículo

eléctrico. Los vehículos de combustión comenzaron a dominar el mercado por sus bajos precios, de forma que empezaron a surgir una mayor cantidad de factores que eliminaron casi totalmente el desarrollo de los vehículos eléctricos. Algunos de estos factores fueron que la infraestructura eléctrica en esa época era casi inexistente en las afueras de las ciudades, por lo que los vehículos eléctricos, debido a las dificultades del almacenamiento en bancos de baterías, estaban limitados a transitar dentro de las ciudades. Además de que en esos tiempos la energía eléctrica era notablemente más cara que el combustible.

No fue hasta 1996 cuando apareció el primer vehículo eléctrico de “altas prestaciones” contemporáneo denominado “EV1”. Dicho automóvil fue fabricado por General Motors (GM) y su principal impulsor fue la ley “Zero Emisión Vehicle Mandatory” implantada en la década de los 90 en California. Para ello se fabricaron unas 1.100 unidades de este vehículo biplaza durante dos fases (de 1997 a 1999 y luego una segunda hasta el 2001). Durante este período estos vehículos fueron arrendados a flotas y particulares de California y Arizona. La mayor parte de estos vehículos de acuerdo con la “ZEV Mandatory” recibieron una ayuda de hasta 13.000 dólares de subvención que recibía el fabricante.

Como se ve, la movilidad eléctrica no es nueva en la industria automotriz. Su existencia se remonta al mismo origen de la invención del automóvil. Pero no ha sido hasta la actualidad que esta forma sostenible de propulsar vehículos se ha convertido en una realidad factible y tangible. Se espera (y prácticamente se da por hecho) que los vehículos eléctricos hayan vuelto, esta vez sí, para quedarse. Aunque su generalización como medio de transporte habitual no está siendo tarea fácil.

### 2.6.2. Principios básicos de funcionamiento

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Los motores eléctricos satisfacen una amplia gama de necesidades de servicio, desde arrancar, acelerar, mover, o frenar, hasta sostener y detener una carga. Estos motores se fabrican en potencias que varían desde una pequeña fracción de caballo hasta varios miles, y con una amplia variedad de velocidades, que pueden ser fijas, ajustables o variables.

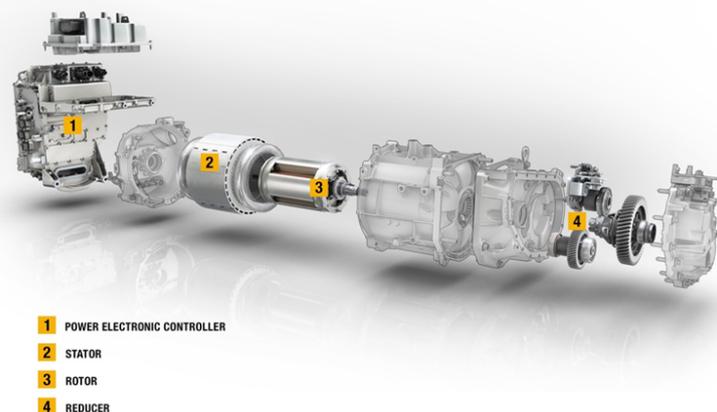
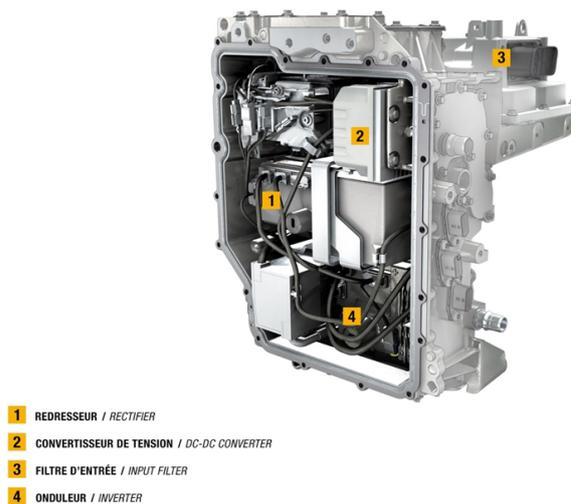


Figura 2.4: Motor eléctrico

Hablar de vehículos eléctricos y de sus componentes principales, se hace sobre todo de las baterías y del motor en lo que se refiere a sus eficiencias, capacidad de carga, autonomía, potencia, etc. Pero existe otro elemento del que se habla poco y que es una pieza igual de fundamental: el regulador eléctrico o bloque electrónico de potencia.

Toda la energía que entra o sale del motor pasa necesariamente por el regulador, de manera que su eficiencia influye directamente en la autonomía del vehículo. Es por ello que los fabricantes se afanan en perfeccionarlo, ya que quedarse atrás en cuanto a eficiencia de los sistemas que equipan sus modelos puede suponer una desventaja. El bloque electrónico de potencia es el auténtico director del sistema energético del coche, sin el cual ni las baterías ni el motor eléctrico podrían desempeñar sus funciones.

El regulador eléctrico se trata realmente de un sistema compuesto por varios subsistemas eléctricos y electrónicos llamados inversor, rectificador y transformador y gracias a ellos es capaz de gestionar los flujos de corriente entre las baterías y el motor en ambos sentidos: cuando el motor empuja al coche y cuando el motor recarga las baterías, actuando de generador durante la retención o frenada suave. En el gran número de componentes electrónicos que trabajan realizando la transformación eléctrica se genera calor, el cual es la materialización de cierta pérdida energética. Para evitar el sobrecalentamiento de esos elementos, es necesario un sistema de ventilación y refrigeración que mantenga una temperatura aceptable.



**Figura 2.5:** Partes de motor eléctrico

Otro elemento destacado es el inversor, un dispositivo que convierte electricidad procedente de una fuente de corriente de tipo continua, como lo es una batería, en corriente alterna, necesaria para mover el motor eléctrico del coche. Su funcionamiento se basa en un sistema interruptor electrónico donde la corriente extraída de las baterías cambia su polaridad cíclica y regularmente. Esas bruscas fluctuaciones inducen una corriente alterna en el transformador, con la frecuencia y voltaje requeridos en cada momento por el motor, según la potencia solicitada por el conductor y las revoluciones a las que gire el motor.

Otra de las piezas es el transformador. Entre las baterías y el motor existe una diferencia de voltios importante dadas las características de cada uno. Así, los motores de tracción de los coches eléctricos suelen trabajar a unos 600V, mientras que las baterías lo hacen a unos 200V, por ello se necesita, aparte de un sistema que rectifique y cambie frecuencias, el transformador que armonice los voltajes.

Un elemento más, el rectificador es el sistema que realiza la función contraria al inversor, es decir, transforma la corriente alterna procedente del motor cuando genera energía, para que pueda ser almacenada en las baterías de nuevo.

El controlador es un sistema automatizado que recibe las órdenes del conductor cuando este acelera o frena y, junto con la información de otros sensores, supervisa y coordina a todos los elementos descritos del sistema de regulación.

## 2.7 Evolución de ventas

### 2.7.1. Marco internacional

De la misma manera que ocurre con la inversión renovable, EEUU y China lideran el mercado del vehículo eléctrico con 410.000 y 307.000 unidades respectivamente.

El último estudio realizado por ZSW, el Centro de Energía Solar e Hidrógeno Investigación Baden-Württemberg, concluye que en 2015 la producción de coches eléctricos fue de 550.000 unidades, un incremento del 70 % respecto al año anterior.

La conclusión del estudio advierte una importante penetración de la movilidad eléctrica que está empezando a ser significativa en el mercado global, en el que ya se ha alcanzado una cifra total de vehículos eléctricos en circulación por las carreteras de todo el mundo de cerca de 1,3 millones de unidades.

Los esfuerzos que se están realizando en I+D han dado como resultado que el número de coches eléctricos se ha multiplicado por dos, siendo China el país que mayor aumento registra con 200.000 nuevos vehículos, tan solo el año pasado. Estados Unidos posee la mayor flota mundial con más de 400.000. Con 55.250 Alemania, uno de los países con mayor industria automovilística sigue estando por debajo de las expectativas y de países como Japón, Holanda, Noruega o Francia.

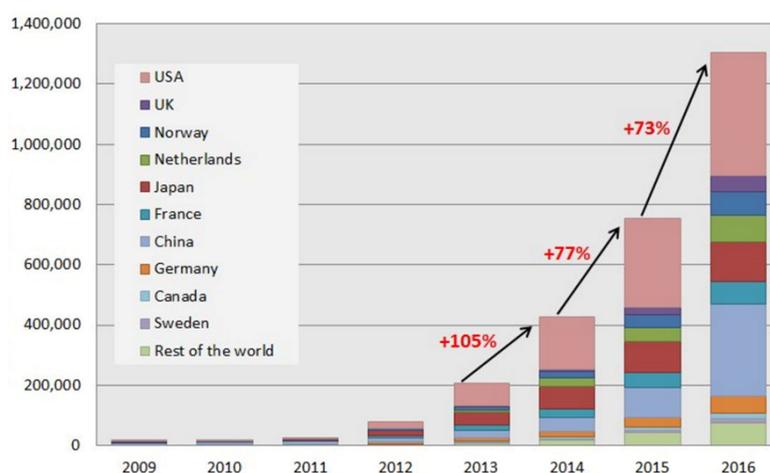


Figura 2.6: Evolución de stock de V.E.

### 2.7.2. Marco nacional

España apenas alcanza los 10.000 coches eléctricos, muy lejos de países europeos como Alemania que supera los 55.000 o Noruega con 89.000. Las ventas en el mercado español apenas suponen el 0,1 % del total y su tasa de crecimiento en 2015 ha sido del 35 %, 1.461 unidades, lejos de la tasa mundial que ha sido del 68 %.

España no se encuentra dentro de los principales países que están apostando por la eco-movilidad, aun así, poco a poco los coches eléctricos e híbridos empiezan a situarse como una alternativa a los vehículos movidos por gasolina y diesel.

Las cifras son todavía muy escasas, hay que reconocerlo, pero la presión por los altos niveles contaminación, los anuncios velados de que poco a poco se va a prohibir la entrada en el centro de las ciudades de los vehículos diesel y la oferta cada día más amplia de coches menos contaminantes están haciendo un buen trabajo.

Por ello hay que destacar que las matriculaciones de vehículos eléctricos en el mercado español en todas sus modalidades (motocicletas, cuadríciclos y turismos) ha ido aumentando año a año.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de ventas en los últimos años teniendo en cuenta únicamente los vehículos 100 % eléctricos y los híbridos enchufables.

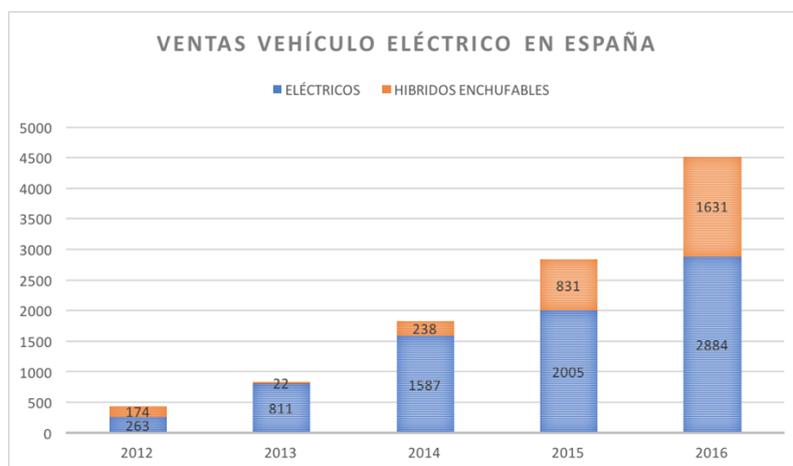


Figura 2.7: Ventas anuales de vehículos eléctricos

### 2.7.3. Previsión de ventas

El avance del proceso de electrificación global, así como la volatilidad e inseguridad de los combustibles fósiles, hacen del vehículo eléctrico y la energía limpia la asociación perfecta para el futuro del transporte en la próxima década.

El ritmo de mejora de la competitividad del transporte eléctrico va a acelerar el crecimiento de su mercado apoyado en los beneficios que reporta a la economía, el medio ambiente y la salud. El mercado de vehículos eléctricos reducirá un 40 % hasta 2030 el gasto en carburantes y podrá reducir las emisiones del transporte en un 47 % en 2030 y hasta el 80 % en 2050.

Son muchas las Instituciones, Organizaciones, los expertos y los medios de comunicación que prevén grandes números para un futuro cercano:

- “Informe Bloomberg: para el año 2022 está programada la revolución del coche eléctrico.”
- “Informe Bloomberg: Los vehículos eléctricos serán el 35 % de las ventas mundiales de automóviles nuevos en 2040.”
- “MIT Technology Review: La década de 2020 será la década de los vehículos eléctricos.”

- “La mayoría de los grandes fabricantes de automóviles prometen introducir en 2020 nuevos vehículos eléctricos con una autonomía decente con una sola carga.”
- “El País: España necesita 300.000 coches eléctricos en 2020 para luchar contra el cambio climático.”
- “VolksWagen ya habla de 600 km de autonomía para 2020.”

## 2.8 Principales fabricantes

---

Para comprender mejor el mercado de este tipo de vehículos, se pueden clasificar los distintos modelos según el área geográfica dónde son fabricados. Para ello se han tomado los datos de un informe de la Universidad de Duisburg-Essen.

Los principales fabricantes en Asia son:

- Nissan: su modelo Leaf fue lanzado en diciembre de 2010. Fabricado inicialmente en Japón, en 2013 comenzó a producirse en Sunderland (Reino Unido) y Tennessee (EE.UU.). Es el primer vehículo eléctrico producido en grandes cantidades y sigue ocupando una de las posiciones líderes.
- Toyota: el modelo Prius, lanzado en 2012 está fabricado en Japón. Destaca junto con el Auris dentro de la categoría de los híbridos.
- Mitsubishi: lanza el iMiEV.
- Kia: su modelo Ray, fabricado en Corea, con ventas destinadas principalmente a la flota oficial.

En Estados Unidos:

- Tesla: modelos Roadstar y S, fabricados en California por una empresa de nueva creación. Se trata de un vehículo de gama alta con gran autonomía, lo que hace que su precio sea muy elevado. Son considerados como los impulsores del V.E.
- Fisker: empresa nueva con el modelo Karma, producido en Finlandia, pero con sede para diseño y desarrollo en EE.UU.

En Europa, los principales fabricantes son:

- Renault, líder europeo en vehículos eléctricos:
  - Kangoo ZE lanzado en 2011, es un vehículo comercial
  - Twizy ZE, monoplaza que ha alcanzado un número elevado de ventas.
  - Fluence ZE, vehículo de gama media.
  - Zoe, vehículo de gama baja.
- Volkswagen: tiene básicamente dos modelos, adaptados de otros de combustión: el e-Up y el e- Golf.
- BMW: su modelo i3 pertenece a la gama media y está teniendo gran impacto en España. El i8 se incorpora a la gama alta.
- Smart For Two Electric Drive (Daimler): por su pequeño tamaño es un vehículo muy extendido en las ciudades.

## 2.9 Tipología

La electrificación del transporte con el paso de los años ha ido mejorando en prestaciones, tales como el rendimiento y la autonomía y, en función de su grado de integración, se puede hablar de mejoras en términos de eficiencia y movilidad. Se define como grado de hibridación eléctrica (GHE) a la relación entre la potencia eléctrica y la potencia total de tracción, y se puede decir que, a mayor grado de electrificación en el vehículo, la eficiencia será mayor. Esta mejora ha ido a lo largo de la historia asociada directamente con el precio final del vehículo, por lo que, disponer de unas buenas prestaciones encarecía demasiado el precio, alejando así el mercado del transporte eléctrico de las personas de clase media.

Partiendo de esta visión, surgen diversas alternativas de electrificación donde coexiste coste y eficiencia de forma asequible, desde un nivel de hibridación eléctrica bajo hasta llegar al vehículo eléctrico puro. A continuación, se va a analizar cada vehículo en función de su grado de hibridación eléctrica (GHE), distinguiendo fundamentalmente tres tipos de vehículos:

- Vehículo híbrido eléctrico o HEV (Hybrid Electric Vehicle).
- Vehículo híbrido enchufable o PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle).
- Vehículo eléctrico o EV (Electric Vehicle).

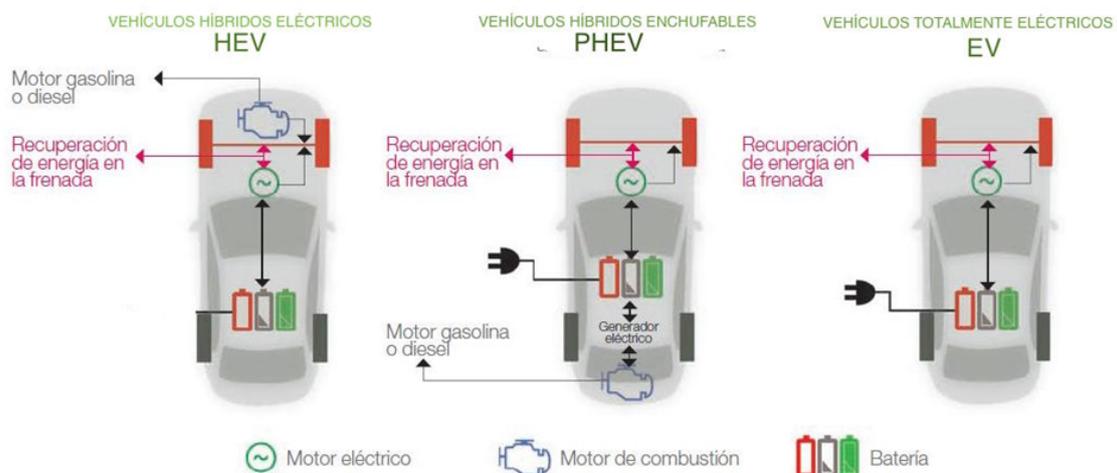


Figura 2.8: Comparativa vehículo eléctrico.

### 2.9.1. Vehículo eléctrico híbrido

Estos vehículos son el resultado de la primera evolución hacia el vehículo eléctrico, con un funcionamiento menos limpio, pero con una mayor eficiencia que los de motor de combustión interna. Funcionan gracias a la combinación de un motor de combustión interna (MCI) y uno eléctrico, para así conseguir una menor dependencia del combustible.

Tal y como se había comentado anteriormente, existen varios tipos de vehículos en función del grado de hibridación eléctrica:

- Vehículos con GHE bajo o Micro HEV:

En estos vehículos no entra en juego el motor eléctrico en la aceleración como en la conducción y, a diferencia del convencional, posee la capacidad de recuperar energía con la integración de sistemas eléctricos como el Start-Stop. A través de este sistema, se consigue parar automáticamente el motor de combustión interna al detenerse el vehículo y volver al arranque al acelerar, con el fin de reducir las emisiones hasta un 7% y dar un mejor uso al combustible al evitar el funcionamiento del motor en ralentí.

■ Vehículos con GHE medio o Mild HEV:

Surgen de la necesidad de reducir el par de arranque para que así sea más suave, por medio de la incorporación de un pequeño motor eléctrico que suministra una potencia extra al de combustión, permitiendo la aceleración en modo eléctrico. De esta manera, el consumo de combustible se reduce al contribuir durante el par de arranque, con ahorros del 15-20%. Además del sistema Start-Stop, incorporan el sistema de frenada regenerativa para recuperar la energía que se desprende durante las deceleraciones (energía en forma de calor), almacenándose en forma de energía eléctrica en las baterías.

■ Vehículos con GHE alto o Full HEV:

Por último, tenemos los Full HEV, con una tecnología más eficiente capaz de elegir la fuente que le suministre la energía en cada momento. La combinación de los dos motores en esta tipología le otorga la gran ventaja de operar en altos rendimientos, al disponer de un motor térmico de menor tamaño que opera en su punto óptimo con una potencia más ajustada. Este tipo de hibridación permite un funcionamiento limpio a bajas velocidades en entornos urbanos, movido por la electricidad almacenada en las baterías, y a la vez recorrer grandes distancias al disponer del motor térmico. Cuando la tracción del vehículo es puramente eléctrica, el consumo de combustible puede verse disminuido en un 25% y, por consiguiente, las emisiones contaminantes.

Las baterías empleadas suelen ser de pequeños tamaños, ya que la tracción eléctrica se pone de manifiesto como soporte durante la aceleración y para la alternancia entre el motor eléctrico y el de combustión. Con la energía almacenada, permiten una conducción puramente eléctrica alrededor de los 10 a 15 km.

En cuanto al funcionamiento de un híbrido eléctrico, depende de las siguientes condiciones de marcha:

- Arranque.
- Crucero normal.
- Aceleración.
- Deceleración.
- Parada.

Durante el arranque, la batería se encarga de suministrar la energía necesaria al motor eléctrico encargado de impulsar al vehículo, debido a que el térmico no es capaz de vencer el par resistente que se genera a bajas velocidades. Una vez alcanzada la velocidad y aceleración óptimas en términos de eficiencia, se pone en funcionamiento el motor térmico para proporcionar el par demandado por las ruedas. En el caso de necesitar una aceleración, el motor eléctrico se encargara de ayudar al térmico para vencer el par generado.

Durante la conducción, llega un punto en el que no se demanda aceleración sino mantener la velocidad, conocido como punto de cruce. Es por ello que el motor térmico trabaja en su zona de régimen óptima en relación a sus prestaciones y consumo, entregando potencia para impulsar el vehículo y recargar la batería. Mientras que, cuando se quiera frenar de forma parcial o total, el motor térmico se para o sigue girando sin consumir, y la energía que se desprende se utiliza para cargar la batería a través de la frenada regenerativa. Por último, cuando el vehículo se encuentra en estado de parada, ambos motores se paran y dejan de consumir energía.

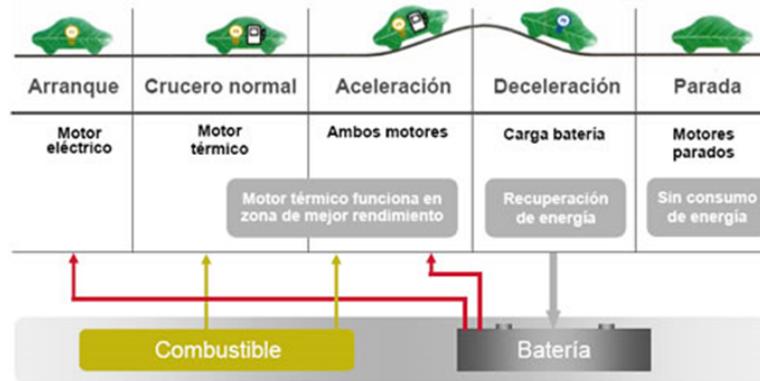


Figura 2.9: Fases híbrido eléctrico

Para finalizar, se pueden concluir tres características principales de los vehículos híbridos:

- Se reducen las pérdidas gracias al sistema Start-Stop, de forma que el motor de combustión interna se detiene automáticamente cuando el vehículo está parado.
- Mayor aprovechamiento de la energía que se desprende en las frenadas o que se excede por el motor térmico, capaz de almacenarse en energía eléctrica en las baterías.
- Funcionamiento más eficiente, ya que el motor eléctrico se encarga del vehículo cuando la eficiencia del de combustión es baja, esto es durante el arranque y a bajas velocidades, pero también se encarga de proporcionar energía cuando trabaja de forma eficiente.

## 2.9.2. Vehículo híbrido enchufable

Estos vehículos son conocidos como vehículos Plug-in y se diferencian del vehículo híbrido en que las baterías tienen acceso a ser recargadas de forma independiente a través de una conexión a la red eléctrica. Estos vehículos tienen un doble comportamiento, pues en las distancias cortas funcionan como vehículo eléctrico y en las distancias largas como híbrido eléctrico.

En cuanto a características estructurales, cabe destacar que el motor de combustión interna es más pequeño que el del vehículo de combustión convencional, dado que en esta tipología el uso del motor eléctrico va a ser mayor, sacándole el mayor partido y consiguiendo mayores autonomías en modo eléctrico durante 25 y 50 km, gracias al equipamiento de baterías de mayor tamaño.

Esta tipología se considera la transición entre el vehículo híbrido y el eléctrico puro, reuniendo una serie de ventajas de ambos que lo hacen portador clave para llevar a cabo la electrificación del vehículo en entornos urbanos.

Dado que estadísticamente la sociedad emplea el vehículo como medio de transporte para desplazamientos reiterados y de poca distancia, el híbrido enchufable es ideal para un entorno urbano donde se puede recuperar la energía en las frenadas y no consumir durante las paradas. Éste sería impulsado por el motor eléctrico, contando siempre con el motor térmico para realizar autonomías mayores. Pero lo realmente importante es que, realizando un análisis global, la mayoría de kilómetros recorridos serían gracias al uso del motor eléctrico y, por tanto, sustentados con energía limpia de la red.

Las ventajas que presenta esta hibridación son las siguientes:

- Menor consumo de combustible por cada kWh consumido.
- Mayor eficiencia del combustible.
- Se consiguen mayores autonomías en modo eléctrico.
- Menores emisiones contaminantes.
- Ahorro económico, como contribución al aplanamiento de la curva de demanda si se recargan las baterías durante las horas valle (recarga nocturna).
- Con ellos surge la posibilidad de comportarse como acumuladores de energía y poder devolver la energía sobrante a la red.

Sin embargo, la desventaja de esta tipología reside en el incremento del grado de hibridación, pues como consecuencia a ello el coste del vehículo se ve aumentado, al igual que ocurre con el peso y el tamaño de las baterías.

Cabe concluir que el PHEV se presenta como una alternativa al coche eléctrico, tanto por su semejante comportamiento en desplazamientos urbanos, como por una mayor flexibilidad y rendimiento en recorridos interurbanos.

### **Importancia de la frenada regenerativa**

Cuando conducimos, durante cualquier trayecto, no está el 100% del tiempo extrayendo energía del vehículo. Obviamente no siempre es el motor el que nos empuja, porque no siempre se frena y en ocasiones hay tramos con pendientes favorables a la marcha. Desde hace algún tiempo, los fabricantes de vehículos se han propuesto recuperar parte de la energía que se malgasta en frenadas, y en un vehículo eléctrico este sería un aspecto fundamental. El uso de la frenada regenerativa puede aportar una energía muy valiosa para los acumuladores de forma que, bien gestionada, se alargue la autonomía del vehículo con solo usarlo. Sería bueno introducir un pequeño cambio en la mentalidad del conductor a favor de la autonomía de las baterías, acostumbrándose a utilizar con previsión el freno para usar cuanto más el primer tramo del pedal de frenada exclusivamente regenerativa. Prescindiendo de la actuación de los frenos mecánicos es como más energía se logra recuperar.

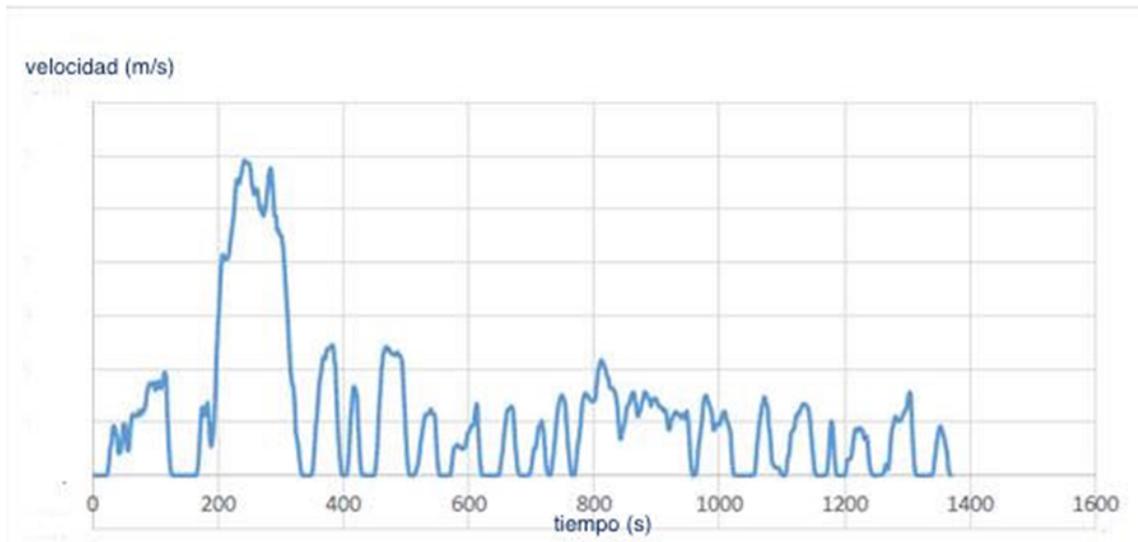


Figura 2.10: Perfil de conducción

En la figura anterior se muestran las características de un perfil típico de conducción en ciudad. Se observa que, con una conducción normal y habitual, hay muchos momentos en los que recuperar energía (cada tramo con pendientes negativas es una deceleración).

Aquí lo importante cuando se acciona el pedal de freno, es que en el primer tramo se usa solo la capacidad de frenada que el motor eléctrico ofrece al trabajar como generador. Esta electricidad se aprovecha para cargar los acumuladores. Si se continúa accionando, entran en juego los frenos mecánicos convencionales. Hay que controlar electrónicamente la cantidad de energía que se aprovecha de la frenada, ya que en desaceleraciones muy potentes se podrían dañar los acumuladores.

### 2.9.3. Vehículo eléctrico puro

El vehículo totalmente eléctrico o vehículo eléctrico de baterías elimina el motor de combustión, por lo que las ruedas son impulsadas por un motor eléctrico. La energía para ello se almacena en las baterías que llega a través de los puntos de recarga a la red o mediante la frenada regenerativa. Estos vehículos permiten recorrer distancias de hasta 150 y 300 km debido a que están abastecidos con la tecnología más avanzada en baterías, como las de litio.

## 2.10 Evolución tecnológica del vehículo eléctrico

Los historiadores de la ciencia conocen bien la oposición que ofrece la tecnología existente frente a la emergencia de cualquier innovación y cambia, presentando una dura resistencia a la penetración y cambio, presentando una dura resistencia a la penetración de las mismas. Ejemplos de escenario de cambio se vivieron en el período de implantación de la máquina de vapor frente a los veleros, posteriormente con la aparición de la electricidad sucedió lo mismo antes de poder desplazar la iluminación por gas, o la fuerza motriz del vapor y sus embarrados. Más modernamente de las nuevas tecnologías de comunicación y los sistemas informáticos, las obsoletas máquinas de escribir, los telégrafos, y el telefax, entre otros presentaron una tenaz resistencia, hasta ser desplazados completamente.

En los inicios de los nuevos VE hace apenas media década, hemos podido percibir una clara oposición y escepticismo de lo viejo (los vehículos de combustión-VCI), frente a lo nuevo (los vehículos eléctricos-VE) en diversos congresos y conferencias del mundo de la automoción y movilidad.

Si bien los cambios son inexorables, sobretodo en el caso que se cumplan las expectativas de la nueva generación de baterías, estos no van a producirse de forma brusca e inmediata, pues como toda gran innovación que cabalga sobre un crecimiento exponencial (sirva de ejemplo la telefonía móvil), en sus orígenes la evolución se produce de una forma lenta y casi imperceptible, hasta que en un período determinado se produce una inflexión, comenzando a expandirse de forma extraordinaria, siendo esto un rasgo característico de toda función exponencial.

Entre el conjunto de retos que deben superar los VE, para conseguir una presencia considerable en nuestras ciudades, destacaremos los tres principales:

- Una reducción en el coste de las baterías de Ión-Litio, a la par de un aumento de su capacidad para almacenar energía, o lo que es lo mismo, de dotar a los VE de mayor autonomía.
- Una reducción del coste de compra de los mismos. Ello se conseguirá en parte con la mejora de las baterías, y con la producción en serie de VE que están preparando los mayores fabricantes mundiales.
- Un desarrollo de las infraestructuras de recarga para VE, consiguiendo una implantación de puntos de recarga en todas sus modalidades y segmentos de aplicación.

### 2.10.1. Modos de carga y tipos de conectores

Sin lugar a dudas el triunfo definitivo de los VE, tiene que ver con un cambio de paradigma del “universo eléctrico” tal y como lo conocemos ante la posibilidad, por primera vez en la historia, de almacenar la electricidad en cantidades importantes, optimizándose el sistema si se consigue orientar a los usuarios para que recarguen dicha electricidad en las denominadas horas valle y mejorándose notablemente el escenario si se consigue que la mayor parte proceda de fuentes renovables. Todo ello viene de la mano de un conjunto de tecnologías que conviene resaltar: la nueva generación de baterías de Ión-litio con todas sus variantes, de los supercondensadores, de la generación eólica y fotovoltaica distribuida, etc.

La implantación y desarrollo de una potente infraestructura de recarga para VE en nuestra sociedad, no tiene que presentar unos inconvenientes mayores que lo que significo la introducción masiva de la climatización en nuestros hogares y en los edificios comerciales, o de servicios; la única diferencia importante reside en que el punto de consumo de la nueva aplicación, en una mayoría de casos se situara fuera de nuestra vivienda (en el punto de aparcamiento de nuestros garajes, en aparcamientos y vías públicas, en los centros de trabajo, en las nuevas electrolíneas, o bien en puntos especiales de servicio).

Respecto a las infraestructuras, poco a poco la propia evolución tecnológica ha clarificado los modos de recarga y los tipos de toma a utilizar (ver fig.7 y 8), si bien para conseguir una plena solución a los retos planteados, los avances tecnológicos deberán ir acompañados de una normativa pertinente, como la modificación del REBT y la nueva ITC 52, que clarifiquen y faciliten su implantación. Así, temas como la legalización de las instalaciones, la simplificación administrativa, la facilidad para aplicar las tarifas super valle por parte de las compañías distribuidoras, etc. resultan elementos clave para acelerar su implantación.

Desde un punto de vista práctico, para implantar un punto, o una red de puntos de recarga, podemos seguir un sencillo árbol de procesos que nos permita dilucidar nuestras necesidades; así la primera bifurcación a considerar es la de si se trata de un punto de recarga para interior (aparcamiento, garaje, nave,...) o exterior (vía pública, centro comercial, aparcamientos al aire libre,...), determinando así dos familias de productos totalmente distintas: las cajas Wall-box y los postes.

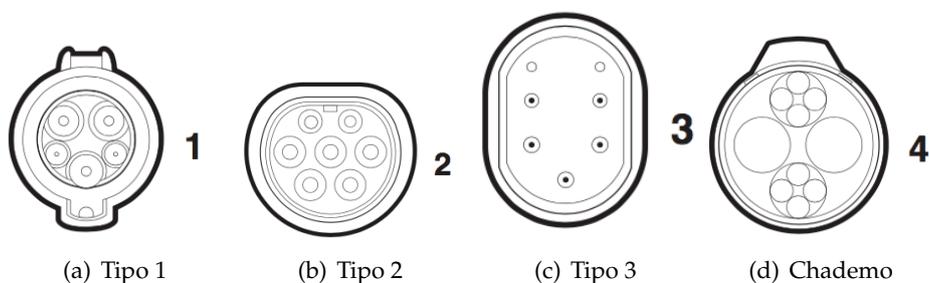
Una vez conocida la aplicación (interior, o exterior), debe contemplarse el modo de recarga y el tipo de toma. El modo de recarga tiene que ver tanto con el tipo de vehículo, como con la potencia eléctrica que tengamos a disposición para efectuar la recarga. Desde cualquier punto de vista la opción más interesante es la recarga en modo 3 (lenta 3,7 kW, o semirápida 7,3 kW en monofásico, o semirápida hasta 22 kW si se dispone de red de distribución en trifásico).

Modo salida	Conector específico	Tipo carga	Corriente máxima	Protecciones	Características especiales
Modo 1	No	Lenta CA	16 A por fase (3,7 – 11 kW)	La instalación requiere de protección diferencias y magnetotérmica	Conexión del VE a la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas
Modo 2	No	Lenta CA	32 A por fase (3,7 – 22 kW)	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Cable especial con dispositivo con función de piloto de control y protecciones
Modo 3	Sí	Lenta o semi-rápida	Según conector	Incluidas en la infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específico (SAVE)
Modo 4	Sí	En CC	Según cargador	Incluidas en la infraestructura	Conexión del VE utilizando un cargador externo fijo

**Tabla 2.2:** Comparativa modos de carga

**Tabla 2.3:** Tipos de conectores

Tipo conector	Nº pins	Tensión máxima	Corriente máxima	Normativas	Características especiales
Tipo 1	5	250 VC.A	32 A Monofásica	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
Tipo 2	7	500 VC.A	63 A Trifásica	IEC 62196-2	Un solo tipo
Tpo 3	4, 5 ó 7	500 VC.A	32 A Trifásica	IEC 62196-2	Según nivel de potencia
Chademo	9	500 VC.C	120 A C.C	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105



**Figura 2.11:** Tipos de conectores

En lo relativo al tipo de tomas, las dos alternativas principales se orientan a conectores tipo 1 (SAE J1772) que se conecta directamente sobre el VE; y la toma tipo 2 de siete pines que permite la recarga en monofásico y trifásico. Opcionalmente se pueden suministrar

equipos con la toma tipo 3, si bien esta se utiliza tan solo en un número reducido de países. A pesar de ello no debe olvidarse que la toma convencional tipo schuko sigue siendo la más utilizada por los VE existentes, y que seguirá jugando su papel en el futuro, sobre todo por VE de dos ruedas, coches híbridos, o de formato pequeño (cuadriciclos). Una opción muy recomendable es la de seleccionar equipos con dos tomas, posibilitando la recarga de cualquier tipo de VE que acceda al punto de recarga.

### **Evolución de las baterías**

Aunque la cosa va cambiando poco a poco, los coches eléctricos siguen siendo todavía grandes desconocidos para una parte importante de los consumidores. Se mantienen aún tópicos y reticencias sobre ellos, y entre otros, el que tienen poca autonomía y que apenas han evolucionado o mejorado con los años.

El problema mayor con el que nos encontramos a la hora de sustituir el motor térmico por el eléctrico radica en la baja capacidad de almacenamiento de energía de las baterías, derivando en una limitada autonomía. Junto a esto, el precio de la batería representa alrededor del 60 % del precio del vehículo, por lo que se necesita una inversión elevada y que, sumado al problema anterior, los convierte en puntos débiles para una mejor integración del vehículo eléctrico. Otro factor limitante nos lo encontramos a la hora de recargar las baterías, teniendo restricciones tanto en tiempo como en corrientes de carga y descarga, lo que obliga al vehículo eléctrico a permanecer inactivo durante largos periodos de tiempo hasta completarse el ciclo de carga.

Las prestaciones de la batería van a depender en gran parte de las características de las celdas por las que están compuestas. Entre los parámetros más importantes a tener en cuenta para su elección, hay que destacar los siguientes:

- **Tensión:** Parámetro muy importante, pues a mayor potencial por cada celda, permitiría un menor número de celdas a conectar en serie para conseguir una tensión nominal mayor en la batería, mientras que en paralelo se consigue suministrar una mayor corriente. El voltaje por celda electroquímica viene determinado por los potenciales de cada electrodo.
- **Capacidad específica:** Determina la cantidad de carga eléctrica capaz de almacenar la batería. Para comparar las diferentes tipologías se suelen referir respecto a dos importantes magnitudes, como la masa (Ah/kg) o el volumen (Ah/l) de cada batería.
- **Energía específica -** Indica el volumen, y por tanto, el peso necesario para almacenar una cantidad de energía. Este parámetro es importante en el diseño del vehículo, pues a mayor peso se requiere de un mayor consumo y, por tanto, una menor autonomía. Se puede distinguir entre la propia energía específica (Wh/kg) si se refiere respecto a la masa, o densidad de energía si es respecto al volumen másico (Wh/l).
- **Potencia específica:** También llamado densidad de potencia, indica la potencia instantánea que puede suministrar la batería (W/kg).
- **Tiempo de carga y descarga -** Tiempo que tarda en cargarse y descargarse completamente la batería.
- **Velocidad de auto-descarga:** Indica la pérdida de capacidad de una batería cuando el vehículo eléctrico no está en uso, es decir, en estado de circuito abierto, aumentando en proporcionalidad según la temperatura. La unidad de medida es la cantidad de carga disipada por unidad de tiempo en tanto por ciento.

- Rango de temperaturas: Aquel rango para el que la batería funcione de forma correcta y sin daños.
- Ciclos de vida: Representa la durabilidad de una batería determinada por el número de ciclos de carga/descarga que se pueden efectuar hasta alcanzar el 80 % de la capacidad nominal de la batería. El valor medio es de 500 ciclos para ser empleadas en los vehículos eléctricos.

Entre las diferentes baterías recargables, podemos encontrarnos en los vehículos eléctricos las plomo-ácido, níquel-cadmio, níquel-metal hidruro, ión-litio, polímero de litio y sal fundida (Zebra), desarrollando brevemente la historia de su uso a continuación.

En 1860 Gaston Planté desarrolló la batería de plomo-ácido que, en esencia, y con ciertas mejoras, se sigue utilizando hoy en día. Esta supuso un claro avance con respecto a las pilas de tipo voltaico (de Zinc-Cobre) anteriores.

Por aquel entonces, la autonomía que podía tener un coche eléctrico convencional era muy reducida en general, de entre 25 y 50 km. Por ejemplo, el Electrobat de 1894, bastante popular en EEUU, tenía hasta 40 km de autonomía. Para recargar las baterías había que emplear entre 8 y 14 horas, según el caso.

En cuanto se mercantilizó la producción del petróleo, se popularizó la gasolina y los coches de motor de combustión interna bajaron notablemente de precio, sobre todo gracias a la fabricación en serie que puso en marcha Ford, los coches eléctricos se quedaron rezagados y casi olvidados por completo.

Durante el siglo XX, cuando la humanidad ha tenido que enfrentarse a problemas graves que suponían una escasez de petróleo y por consiguiente de carburantes, como una crisis económica o una guerra, el coche eléctrico resurgía sin hacer demasiado ruido.

En California, EEUU, la California Air Resources Board (CARB) estableció para 1998 una cuota mínima obligatoria de coches de cero emisiones locales a los fabricantes de automóviles. Así en 1990 General Motors comenzó a desarrollar un prototipo de coche eléctrico avanzado. El GM EV1 de segunda generación de 1999 con batería de Ni-MH tenía una autonomía de entre 160 y 225 km. Hubo dos versiones. La primera contaba con la vetusta batería de plomo-ácido que le permitía tener una autonomía de unos 112 a 129 km por carga (70 a 80 millas), mientras que la segunda versión montó al final una batería de níquel e hidruro metálico que le otorgaba mejores prestaciones, y sobre todo, mucha más autonomía para la época: entre 160 y 225 km gracias a una capacidad de 26,4 kWh.

A finales de 2010 se lanzó el que ahora mismo es el coche eléctrico más vendido en el mundo en la historia del automóvil, con más de 220.000 unidades vendidas: el Nissan LEAF. Su primera versión tenía una autonomía combinada homologada en Europa en ciclo NEDC de 175 km gracias a una batería de iones de litio de 24 kWh de capacidad. El Nissan LEAF es un coche como otro cualquiera, de 4,44 m de largo, 5 plazas y 109 CV que puede alcanzar los 145 km/h. Era el Tesla Roadster, el primer coche eléctrico que se salía de lo normal, aunque su precio también lo hacía.

Actualmente las baterías de litio, de iones o de polímeros, y con diferentes químicas de ánodo, cátodo y electrolito, se han asentado en el mercado como la mejor opción para los coches eléctricos, debido a que por el momento son las mejores en cuanto a su relación peso/volumen/capacidad/durabilidad/precio. Una batería de iones de litio de aquel tiempo viene a tener una densidad energética de algo más de 250 Wh/l y una energía específica por encima de los 100 Wh/kg. Otros coches eléctricos de estos años, y de precio más o menos asequible, venían a tener una autonomía muy similar.

El mismo Nissan LEAF se actualizó en 2013 para aumentar su autonomía hasta los 199 km, aunque no gracias a una mejora en la batería, sino en la eficiencia del coche (ae-

rodinámica, peso, motor y transmisión). Tesla Motors volvió a lanzar otro coche eléctrico que se salía de lo normal, el Tesla Model S, una berlina grande premium, de alta potencia y también gran autonomía. Con batería de 85 kWh de capacidad, propulsión trasera y 422 CV homologaba en Europa una autonomía de 502 km.

En estos últimos años la evolución en la autonomía de los coches eléctricos parecía que progresaba despacio, pero progresaba, y más que está a punto de progresar.

Para 2015 vimos llegar el Renault ZOE con 240 km de autonomía, no por mejorar la batería, sino por mejorar la eficiencia del motor, o el Nissan LEAF con batería con nueva química de 30 kWh, con 250 km de autonomía. Aunque no sea un Tesla, es igualmente muy rápido (y casi seguro tan caro como él): en 2015 también se presentó el nuevo Audi R8 e-tron, con batería de 92 kWh de capacidad y una autonomía de unos 450 km.

En 2016 llegó el nuevo Hyundai Ioniq eléctrico, con batería de 28 kWh de capacidad, una autonomía homologada (NEDC) de 250 km y una velocidad máxima de 165 km/h. Este mismo año también llegarán antes de fin de año el nuevo BMW i3 con batería de 33 kWh, que homologa 300 km de autonomía combinada, que está siendo un éxito de reservas, y el nuevo Volkswagen e-Golf con batería de 35,8 kWh de capacidad, que también debería llegar a los 300 km de autonomía homologada. Ya se ha anunciado también el nuevo Ford Focus eléctrico, con batería de 33 kWh y unos 255 km de autonomía (cuando antes tenía tan solo 160 km).

Tesla Motors (de nuevo), ha anunciado una nueva mejora para el Tesla Model S: ya se puede reservar también una nueva batería con 100 kWh de capacidad, que hará que en Europa, bajo la homologación del ciclo NEDC, llegue a los 613 km de autonomía combinada. El inconveniente es que disfrutar de tal autonomía requiere de un bolsillo solvente, a cambio acelera de 0 a 100 km/h en tan solo 2,7 segundos y puede alcanzar los 250 km/h.

Si en 2016, como hemos visto, están llegando baterías con una capacidad de entre 30 y 35 kWh aproximadamente, las baterías de alrededor de 60 kWh serán el estándar en los próximos dos o tres años.

Para 2018 o 2019, Nissan debería lanzar la segunda generación del Nissan LEAF, renovándolo completamente. La marca japonesa ha estado trabajando en una nueva batería de iones de litio, que gracias a una nueva disposición de las celdas y paquetes más compacta, y también gracias a una nueva química con níquel, manganeso, carbono (en el ánodo) y grafito (en el cátodo), conseguirá 60 kWh de capacidad en el mismo volumen en el que hoy se acumulan 30 kWh. Con esta nueva batería estaríamos por encima de los 400 km de autonomía (quizás alrededor de los 500 km) según homologación NEDC.

Aunque las baterías de litio modernas actuales rondan los 400 Wh/l, las baterías de iones de litio más avanzadas, pero también más caras (y experimentales), tienen una densidad energética de hasta 730 Wh/l y una energía específica de unos 265 Wh/kg. En los laboratorios se sigue trabajando para investigar nuevas baterías que puedan dar todavía más autonomía, como las baterías de estado sólido, o incluso dejar a un lado el litio, como las baterías de metal-aire.

Hace 100 años los mejores coches eléctricos que la humanidad era capaz de fabricar podían llegar a tener 129 km de autonomía, con una velocidad máxima de 32 km/h y tiempos de recarga de alrededor de 14 horas (aunque lo normal eran autonomías de entre 25 y 50 km). Hoy el coche eléctrico más avanzado del momento llega a los 613 km de autonomía, con una velocidad máxima de 250 km/h y se puede recargar en menos de una hora. Por lo tanto, no puede quedar duda ante la evidencia de la evolución de la autonomía que puede alcanzar el vehículo eléctrico y de la progresión tecnológica de los mismos.

## Puntos de recarga

A la hora de cambiar de coche, muchos nos sentimos tentados a dar el salto al coche eléctrico. El precio de la gasolina y la contaminación, son las principales razones que inclinan la balanza hacia una solución más ecológica, pero la realidad es que pocos llegamos a dar el salto. Principalmente, el hecho de tener que cargarlo constantemente y el no saber dónde podremos hacerlo es lo que más nos frena.

Japón es definitivamente un ejemplo a seguir en cuanto a infraestructuras que facilitan el uso de coches eléctricos. Si miramos un mapa del país que muestre las estaciones de carga disponibles, nos encontraremos con un archipiélago cubierto de puntos verdes, más de 40 mil opciones para recargar vehículos, frente a 34 mil gasolineras. Estas cifras sorprenden mucho más si las comparamos con los puntos de carga que encontramos en Europa o Estados Unidos donde hay unos 9 mil puntos de recarga frente a 114 mil gasolineras.

La situación de España de momento está bastante más cerca de Estados Unidos que de Japón. Según los datos más recientes publicados por la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP), en 2015 había 10.712 gasolineras en nuestro país. Y según los datos de Chargemap, una web que presenta en un mapa las estaciones de carga eléctrica en España, a día de hoy hay 685 electrolinerías, con una gran concentración de las mismas en las principales áreas urbanas, algo que precisamente apuntala el problema de los desplazamientos largos por carretera. Cabe esperar que, por lo tanto, las gasolineras convencionales empiecen a instalar sistemas de carga eléctricos, pues de lo contrario tardaremos mucho, mucho tiempo, demasiado, en empezar a ver cómo las carreteras se llenan de coches eléctricos.



Figura 2.12: Puntos de recarga disponibles en España

En España, actualmente existen 1700 puntos de recarga en la vía pública, frente a los 18.000 de Holanda o los 7.000 de Noruega. Para cumplir su compromiso con la U.E, en 2020 deberían disponer de al menos 4000 puntos, 45.000 en 2025, y 80.000 puntos de recarga en 2030.

Hasta el año 2015 (año de comienzo del programa MOVEA que incluye un incentivo a la instalación de puntos de recarga privados con 1.000 €), las actuaciones dirigidas a

promover el desarrollo de puntos de recarga (como, por ejemplo, el programa MOVELE) se han centrado en los puntos de recarga públicos situados en calles o carreteras.

Sin embargo, los puntos de recarga públicos principalmente tienen una utilización ocasional: el propietario de vehículo eléctrico necesita fundamentalmente tener un punto de recarga propio. El coche eléctrico se posiciona como una opción muy complicada si se depende de encontrar un punto de recarga libre en la calle, pues ya es suficientemente difícil aparcar en la vía pública en determinados núcleos urbanos.

Así pues, actualmente la propiedad de vehículos eléctricos esta prácticamente restringida a ciudadanos que disponen de una plaza de garaje propia. E incluso en ese caso, debido a la estructura de tarifas y condiciones de contratación actuales, la plaza habría de situarse en el mismo edificio que la vivienda, para que el punto de recarga pueda conectarse a la instalación eléctrica de aquella y se evite la necesidad de un contrato de suministro separado.

## 2.11 Comparativa costes vehículo eléctrico y de combustión

---

Si bien es verdad que la idea medioambiental es un gran aliciente para una gran parte de los consumidores, a la hora de tomar la decisión de cambiar de vehículo el presupuesto económico es lo que por norma general decanta la balanza.

Es cierto que actualmente, aunque se espera que, por pocos años, los vehículos eléctricos (VE) tienen un coste inicial mayor que los vehículos de combustión interna (VCI), pero el consumidor a la hora de realizar el balance entre ambos tipos de vehículos no va a finalizar ahí, sino que hay que tener en cuenta los gastos que se van a producir durante su vida útil. No es tarea fácil de dimensionar, ya que las reparaciones son difíciles de prever, pero lo que sí es cierto es que el motor eléctrico tiene una composición más sencilla y por ello un mantenimiento mucho menor.

Dejando a un lado los costes “fijos” que se han mencionado en el párrafo anterior a continuación se va a realizar un análisis del coste de la recarga eléctrica en frente de la recarga del depósito de combustible. Para ello se han analizado los costes tanto de la energía como de la gasolina y el gasoil en los últimos cuatro años.

A continuación, se va a introducir una breve explicación de la comercialización de energía eléctrica en España. De forma que se pretende mostrar de manera sencilla y rápida los componentes que definen la energía que consume el usuario final, además de evaluar el coste de la misma en diferentes escenarios.

### 2.11.1. Tarifa eléctrica

#### Componentes de la tarifa eléctrica

El importe de una factura de la luz contiene los siguientes grupos de costes:

##### 1. Costes del mercado de producción eléctrico

- El coste resultante del aprovisionamiento de energía eléctrica en el Pool, donde la comercializadora con la que tengamos contratado el suministro debe abastecerse de una estimación del consumo del conjunto de sus clientes. El agente encargado de operar este mercado y que define los precios que rigen en cada hora y sesión es OMIE.

- Los costes asociados a la resolución de las restricciones técnicas y otros servicios necesarios para asegurar las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad el suministro de electricidad. Estos componentes se suelen articular, también, a través de mecanismos de mercado, gestionados por Red Eléctrica (REE), con unos resultados igualmente horarios. Los más importantes son los de restricciones técnicas, reserva de potencia adicional a subir y banda de regulación secundaria.
- Margen de comercialización: Se trata de la retribución que, según su estrategia empresarial, define nuestro comercializador, con el que tiene que justificar sus costes y obtener una rentabilidad adecuada que le permita operar. La proporción de este coste respecto al total del recibo de la luz raramente es superior al 3%, lo que, como es evidente, es bastante bajo, por lo cual las diferencias de precio entre ofertas de distintos comercializadores surgen, más bien, de su capacidad de gestión y previsión del resto de conceptos enumerados.

## 2. Costes regulados, propios del suministro de electricidad.

- Peajes: Se trata de un coste facturado por la compañía distribuidora de la zona donde se encuentre conectada nuestra vivienda, local o industria. El distribuidor, en la mayor parte de los casos, traslada el peaje a nuestro comercializador, que es quien nos lo factura a nosotros de forma conjunta con el resto de conceptos. Los peajes se establecen para la potencia, que se suele trasladar íntegramente y sin ningún margen adicional al consumidor, y para la energía, diferenciando entre cada uno de los periodos de las tarifas de acceso existentes siendo, lógicamente, más baratos en el periodo valle o llano (P3 ó P2) que en la punta (P1). A través de este concepto que recauda el distribuidor se retribuyen los servicios de la propia distribución, del transporte, las primas a las energías renovables y los costes extra peninsulares, entre otros.
- Pagos por Capacidad: Tiene como objeto dar una señal económica que garantice la instalación, desarrollo y permanencia de generación de energía en el sistema eléctrico.
- Pérdidas de Transporte y Distribución: la energía se ha de transportar desde las centrales de generación a los centros de consumo y distribuirla a los suministros. En todos estos procesos se producen pérdidas de energía en los tendidos e instalaciones eléctricas.
- Retribuciones de los Operadores: Consiste en un término muy pequeño, que también se valora sobre la energía consumida y con el que se retribuye el servicio que proporcionan los dos Operadores de Mercado (OMIE) y Sistema (REE). Es igual para todos los consumidores, sea cual sea la hora, periodo y tarifa de acceso.
- Alquiler del equipo de medida: Para que se facture el servicio de suministro eléctrico, debemos de disponer de los correspondientes dispositivos de control y medición. Según el tipo de estos equipos (sea analógico o digital) y de sus componentes (Interruptor de Control de Potencia o ICP, máxímetros, módem para la Telemida, adaptadores, etc.), se establece el coste anual del arrendamiento, que se reparte en cada uno de los recibos de la luz.

## 3. Impuestos.

- Tasa Municipal: Toma un valor del 1,5% a aplicar sobre todos los conceptos de la energía, salvo el del peaje. Suele formar parte del propio término de consumo, lo recauda el comercializador que nos factura y su destino es el municipio donde se efectúa el suministro.

- Impuesto Eléctrico: Se trata del 5,113 % de los términos de potencia y energía.
- IVA: Actualmente es el 21 %, salvo en Canarias, donde se aplican tanto el IGIC, como el IGIC reducido, y grava todos los términos (potencia y energía), así como los alquileres y a los anteriores impuestos.

A continuación, se expone una tabla a modo resumen de los bloques de coste anteriormente expuestos:

**Tabla 2.4:** Costes de la factura eléctrica

BLOQUES DE COSTES	COSTES	CARÁCTER
Costes del mercado de producción	Pool	Mercado (horario)
	Restricciones Técnicas y Servicios de Operación	Mercado (horario)
	Margen de comercialización	Libre
Costes Regulados	Peaje de Energía	Regulado (por periodo)
	Peaje de Potencia	Regulando
	Pagos por Capacidad	Regulado (por periodo)
	Pérdidas de Transporte y Distribución	Regulando (horario)
	Restricciones de los Operadores	Regulado
	Alquiler del equipo de medida	Regulado
Impuestos	Impuestos Municipal	Regulado
	Impuesto Eléctrico	Regulado
	IVA	Regulado

Se han obtenido los datos del mercado diario, OMIE, para cada uno de los meses entre los años 2013-16. Por otro lado, se ha obtenido el conjunto de costes regulados más el margen de comercialización reales de una comercializadora española. De esta forma se ha obtenido de forma muy aproximada el coste energético de la factura eléctrica de los españoles en los últimos años.

### Tarifas de acceso – discriminación horaria

La liberalización de los mercados desarrollada en la Ley del Sector Eléctrico, Ley 54/1997, conlleva una competencia de los suministradores en la prestación del servicio, por lo que los consumidores se van a ver beneficiados en este sentido.

Las Directivas europeas pusieron en marcha el proceso de creación de un mercado interior de la electricidad, homogeneizando los mercados energéticos de los Estados Miembros como paso necesario previo a la liberalización.

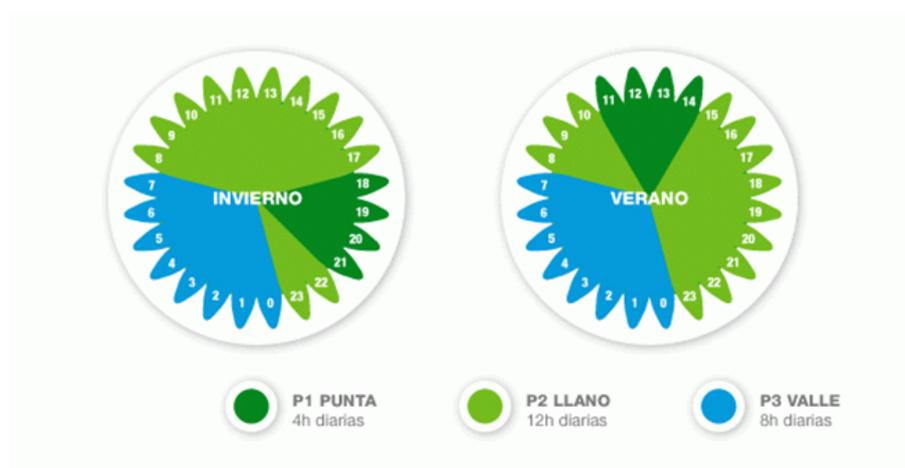
La liberalización es obligatoria para todos los países de la unión europea, de acuerdo con la Directiva 96/92/CE, sustituida por la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad. A partir del año 2001, en el Real Decreto 1164/2001 se establecieron las siguientes tarifas que sustituyeron a las anteriores:

**Tabla 2.5:** Tarifas eléctricas España.

<b>Baja Tensión</b>	
2.0 – 2.1 A	Simple para baja tensión
2.0 – 2.1 DHA	Simple para baja tensión
3.0 A	General para baja tensión
<b>Alta Tensión</b>	
3.1 ó 6.1 A	No superior a 36 kV
6.2 A	Mayor de 36 kV y no superior a 72,5 kV
6.3 A	Mayor de 72,5 kV y no superior a 145 kV
6.4 A	Mayor de a45 kV
6.5 A	Conexiones internacionales

Una vez que se conocen las diferentes tarifas de acceso es necesario conocer los distintos periodos horarios en los que se dividen, en el presente proyecto, se van a analizar las tarifas entre la 2.0 A y la 3.1 A:

- 2.0 A: Se podrá aplicar a cualquier suministro en baja tensión, con potencia contratada que no supere los 10 kW.
- 2.1 A: Se podrá aplicar a cualquier suministro en baja tensión, con potencia contratada mayor de 10 kW y que no supere los 15 kW.
- 2.0 – 2.1 DHA: Modalidad de las tarifas 2.0 A y 2.1 A en la que los precios están diferenciados en función si los consumos son en punta o en valle.
- 3.0 A: Se podrá aplicar a cualquier suministro en baja tensión con potencia contratada superior a 15 kW. Los precios están diferenciados en función de si los consumos están diferenciados en punta, llano o valle.



**Figura 2.13:** Periodos para la tarifa 3.0A

- 3.1 A: Se aplicara a aquellos suministros en tensiones que estén entre 1 y 36 kV con una potencia contratada que sea igual o menor que 500 kW.



Figura 2.14: Periodos para la tarifa 3.1A

### Precio energía final según tarifa eléctrica

Tabla 2.6: Precio energía tarifa 2.0-2.1A

2.0-2.1 A									
ene-13	0,12728	ene-14	0,11586	ene-15	0,13384	ene-16	0,11877	ene-17	0,15373
feb-13	0,12728	feb-14	0,09936	feb-15	0,12481	feb-16	0,10974	feb-17	0,13398
mar-13	0,10813	mar-14	0,10891	mar-15	0,12535	mar-16	0,11003	mar-17	0,12542
abr-13	0,10041	abr-14	0,10868	abr-15	0,12758	abr-16	0,10635		
may-13	0,12569	may-14	0,12465	may-15	0,12736	may-16	0,10801		
jun-13	0,12311	jun-14	0,13319	jun-15	0,13697	jun-16	0,12114		
jul-13	0,1334	jul-14	0,13045	jul-15	0,14179	jul-16	0,12277		
ago-13	0,13033	ago-14	0,13215	ago-15	0,13783	ago-16	0,1234		
sep-13	0,13244	sep-14	0,14113	sep-15	0,13412	sep-16	0,12583		
oct-13	0,13374	oct-14	0,13736	oct-15	0,13214	oct-16	0,13507		
nov-13	0,12405	nov-14	0,12904	nov-15	0,13344	nov-16	0,13837		
dic-13	0,14588	dic-14	0,12971	dic-15	0,13485	dic-16	0,14273		
<b>MEDIA</b>	<b>0,12598</b>		<b>0,1242</b>		<b>0,1325</b>		<b>0,12185</b>		<b>0,13771*</b>

Tabla 2.7: Precio energía 2.0-2.1 DHA

2.0-2.1 DHA									
PUNTA									
ene-13	0,15924	ene-14	0,14247	ene-15	0,15619	ene-16	0,14031	ene-17	0,17684
feb-13	0,1505	feb-14	0,12384	feb-15	0,14668	feb-16	0,1297	feb-17	0,1552
mar-13	0,13644	mar-14	0,13006	mar-15	0,14576	mar-16	0,12893	mar-17	0,14402
abr-13	0,12618	abr-14	0,127	abr-15	0,1466	abr-16	0,12469		
may-13	0,1443	may-14	0,14365	may-15	0,14612	may-16	0,12668		
jun-13	0,14365	jun-14	0,15233	jun-15	0,15658	jun-16	0,13855		
jul-13	0,15444	jul-14	0,15049	jul-15	0,16205	jul-16	0,142		
ago-13	0,15147	ago-14	0,15163	ago-15	0,15823	ago-16	0,14184		
sep-13	0,15458	sep-14	0,16248	sep-15	0,14969	sep-16	0,14452		
oct-13	0,15609	oct-14	0,16172	oct-15	0,15295	oct-16	0,1553		
nov-13	0,14722	nov-14	0,15308	nov-15	0,15604	nov-16	0,16034		
dic-13	0,17277	dic-14	0,1532	dic-15	0,15798	dic-16	0,1566		
<b>MEDIA</b>	<b>0,14974</b>		<b>0,146</b>		<b>0,15291</b>		<b>0,14079</b>		<b>0,15869*</b>
VALLE									
ene-13	0,0978	ene-14	0,07331	ene-15	0,08936	ene-16	0,07359	ene-17	0,10872
feb-13	0,08936	feb-14	0,05689	feb-15	0,08068	feb-16	0,06619	feb-17	0,09031
mar-13	0,07639	mar-14	0,06716	mar-15	0,0823	mar-16	0,06819	mar-17	0,08309
abr-13	0,06676	abr-14	0,0671	abr-15	0,08548	abr-16	0,065		
may-13	0,08394	may-14	0,08334	may-15	0,08546	may-16	0,06595		
jun-13	0,08327	jun-14	0,09131	jun-15	0,09445	jun-16	0,07967		
jul-13	0,09335	jul-14	0,08968	jul-15	0,09881	jul-16	0,08067		
ago-13	0,09059	ago-14	0,09074	ago-15	0,09475	ago-16	0,08079		
sep-13	0,09339	sep-14	0,10258	sep-15	0,09562	sep-16	0,08347		
oct-13	0,09488	oct-14	0,10011	oct-15	0,08902	oct-16	0,0921		
nov-13	0,08656	nov-14	0,092	nov-15	0,08879	nov-16	0,09418		
dic-13	0,11032	dic-14	0,0922	dic-15	0,08982	dic-16	0,10661		
<b>MEDIA</b>	<b>0,08888</b>		<b>0,08387</b>		<b>0,08954</b>		<b>0,0797</b>		<b>0,09404*</b>

Tabla 2.8: Precio energía 3.0 A

3.0 A									
PUNTA									
ene-13	0,13144	ene-14	0,11281	ene-15	0,12472	ene-16	0,10728	ene-17	0,145
feb-13	0,12191	feb-14	0,09697	feb-15	0,11685	feb-16	0,09758	feb-17	0,13803
mar-13	0,11096	mar-14	0,09925	mar-15	0,11363	mar-16	0,09499	mar-17	0,12307
abr-13	0,08931	abr-14	0,09148	abr-15	0,11148	abr-16	0,08893		
may-13	0,1091	may-14	0,10794	may-15	0,11119	may-16	0,09059		
jun-13	0,10866	jun-14	0,11789	jun-15	0,12261	jun-16	0,10279		
jul-13	0,11888	jul-14	0,11606	jul-15	0,1284	jul-16	0,10633		
ago-13	0,11573	ago-14	0,11694	ago-15	0,12311	ago-16	0,10551		
sep-13	0,11934	sep-14	0,12874	sep-15	0,11812	sep-16	0,10792		
oct-13	0,12231	oct-14	0,1297	oct-15	0,11975	oct-16	0,11856		
nov-13	0,11543	nov-14	0,12197	nov-15	0,12435	nov-16	0,12803		
dic-13	0,14507	dic-14	0,11979	dic-15	0,10509	dic-16	0,13168		
<b>MEDIA</b>	<b>0,11735</b>		<b>0,11329</b>		<b>0,11827</b>		<b>0,10668</b>		<b>0,13537*</b>
LLANO									
ene-13	0,10222	ene-14	0,08668	ene-15	0,10261	ene-16	0,08615	ene-17	0,10812
feb-13	0,0955	feb-14	0,06672	feb-15	0,09287	feb-16	0,07593	feb-17	0,10139
mar-13	0,07888	mar-14	0,0754	mar-15	0,09264	mar-16	0,0767	mar-17	0,09091
abr-13	0,07465	abr-14	0,07563	abr-15	0,09516	abr-16	0,0737		
may-13	0,09252	may-14	0,09181	may-15	0,09425	may-16	0,07487		
jun-13	0,0909	jun-14	0,10026	jun-15	0,10417	jun-16	0,08662		
jul-13	0,10144	jul-14	0,09807	jul-15	0,10926	jul-16	0,08931		
ago-13	0,09819	ago-14	0,09909	ago-15	0,10559	ago-16	0,08922		
sep-13	0,10073	sep-14	0,10735	sep-15	0,10125	sep-16	0,09234		
oct-13	0,10245	oct-14	0,10747	oct-15	0,09959	oct-16	0,10292		
nov-13	0,09185	nov-14	0,09757	nov-15	0,10083	nov-16	0,10563		
dic-13	0,11542	dic-14	0,09905	dic-15	0,10311	dic-16	0,11049		
<b>MEDIA</b>	<b>0,0954</b>		<b>0,09209</b>		<b>0,10011</b>		<b>0,08866</b>		<b>0,10014*</b>
VALLE									
ene-13	0,0667	ene-14	0,05343	ene-15	0,07028	ene-16	0,05622	ene-17	0,11177
feb-13	0,06873	feb-14	0,03888	feb-15	0,06174	feb-16	0,05011	feb-17	0,07353
mar-13	0,05575	mar-14	0,05204	mar-15	0,06539	mar-16	0,05289	mar-17	0,06825
abr-13	0,0514	abr-14	0,05191	abr-15	0,06929	abr-16	0,04952		
may-13	0,06878	may-14	0,06729	may-15	0,07016	may-16	0,05109		
jun-13	0,06426	jun-14	0,07528	jun-15	0,07838	jun-16	0,06622		
jul-13	0,07365	jul-14	0,07126	jul-15	0,08232	jul-16	0,06645		
ago-13	0,07088	ago-14	0,08371	ago-15	0,07858	ago-16	0,06703		
sep-13	0,07082	sep-14	0,07435	sep-15	0,07647	sep-16	0,06918		
oct-13	0,07144	oct-14	0,07102	oct-15	0,07219	oct-16	0,07657		
nov-13	0,06363	nov-14	0,06482	nov-15	0,07194	nov-16	0,07769		
dic-13	0,08569	dic-14	0,06571	dic-15	0,0929	dic-16	0,08165		
<b>MEDIA</b>	<b>0,06764</b>		<b>0,06414</b>		<b>0,07414</b>		<b>0,06372</b>		<b>0,08452*</b>

Tabla 2.9: Precio energía tarifa 3.1A

3.1 A									
PUNTA									
ene-13	0,11185	ene-14	0,09322	ene-15	0,10513	ene-16	0,08769	ene-17	0,12541
feb-13	0,10232	feb-14	0,07738	feb-15	0,09726	feb-16	0,07799	feb-17	0,11844
mar-13	0,09137	mar-14	0,07966	mar-15	0,09404	mar-16	0,0754	mar-17	0,10348
abr-13	0,06972	abr-14	0,07189	abr-15	0,09189	abr-16	0,06934		
may-13	0,08951	may-14	0,08835	may-15	0,0916	may-16	0,071		
jun-13	0,08907	jun-14	0,0983	jun-15	0,10302	jun-16	0,0832		
jul-13	0,09929	jul-14	0,09647	jul-15	0,10881	jul-16	0,08674		
ago-13	0,09614	ago-14	0,09735	ago-15	0,10352	ago-16	0,08592		
sep-13	0,09975	sep-14	0,10915	sep-15	0,09853	sep-16	0,08833		
oct-13	0,10272	oct-14	0,11011	oct-15	0,10016	oct-16	0,09897		
nov-13	0,09584	nov-14	0,10238	nov-15	0,10476	nov-16	0,10844		
dic-13	0,12548	dic-14	0,1002	dic-15	0,0855	dic-16	0,11209		
<b>MEDIA</b>	<b>0,09776</b>		<b>0,0937</b>		<b>0,09868</b>		<b>0,08709</b>		<b>0,11578*</b>
LLANO									
ene-13	0,09049	ene-14	0,07495	ene-15	0,09088	ene-16	0,07442	ene-17	0,09638
feb-13	0,08377	feb-14	0,05499	feb-15	0,08113	feb-16	0,06419	feb-17	0,08966
mar-13	0,06715	mar-14	0,06366	mar-15	0,08091	mar-16	0,06496	mar-17	0,07918
abr-13	0,06292	abr-14	0,0639	abr-15	0,08343	abr-16	0,06196		
may-13	0,08079	may-14	0,08008	may-15	0,08252	may-16	0,06314		
jun-13	0,07917	jun-14	0,08853	jun-15	0,09244	jun-16	0,07489		
jul-13	0,08971	jul-14	0,08634	jul-15	0,09752	jul-16	0,07758		
ago-13	0,08646	ago-14	0,08736	ago-15	0,09386	ago-16	0,07749		
sep-13	0,089	sep-14	0,09562	sep-15	0,08951	sep-16	0,0806		
oct-13	0,09072	oct-14	0,09573	oct-15	0,08786	oct-16	0,09118		
nov-13	0,08012	nov-14	0,08583	nov-15	0,08909	nov-16	0,0939		
dic-13	0,10368	dic-14	0,08731	dic-15	0,09137	dic-16	0,09875		
<b>MEDIA</b>	<b>0,08366</b>		<b>0,08036</b>		<b>0,08838</b>		<b>0,07692</b>		<b>0,08841*</b>
VALLE									
ene-13	0,0667	ene-14	0,05343	ene-15	0,07028	ene-16	0,05622	ene-17	0,07703
feb-13	0,06873	feb-14	0,03888	feb-15	0,06174	feb-16	0,05011	feb-17	0,07353
mar-13	0,05575	mar-14	0,05204	mar-15	0,06539	mar-16	0,05289	mar-17	0,06825
abr-13	0,0514	abr-14	0,05191	abr-15	0,06929	abr-16	0,04952		
may-13	0,06878	may-14	0,06729	may-15	0,07016	may-16	0,05109		
jun-13	0,06426	jun-14	0,07528	jun-15	0,07838	jun-16	0,06622		
jul-13	0,07365	jul-14	0,07126	jul-15	0,08232	jul-16	0,06645		
ago-13	0,07088	ago-14	0,08371	ago-15	0,07858	ago-16	0,06703		
sep-13	0,07082	sep-14	0,07435	sep-15	0,07647	sep-16	0,06918		
oct-13	0,07144	oct-14	0,07102	oct-15	0,07219	oct-16	0,07657		
nov-13	0,06363	nov-14	0,06482	nov-15	0,07194	nov-16	0,07769		
dic-13	0,08569	dic-14	0,06571	dic-15	0,0929	dic-16	0,08165		
<b>MEDIA</b>	<b>0,06764</b>		<b>0,06414</b>		<b>0,07414</b>		<b>0,06372</b>		<b>0,07294*</b>

### 2.11.2. Costes combustibles

Igualmente, que se han obtenido los datos del coste energético en forma de electricidad, se debe evaluar el coste que se ha tenido que pagar por llenar el depósito de un combustible fósil en los últimos años:

Tabla 2.10: My caption

ANUALCOMBUSTIBLES EN ESPAÑA - PRECIO MEDIO (€/L)				
AÑO	SIN PLOMO 98	SIN PLOMO 95	GASOLEO A+	GASOLEO A
2011	1,44	1,329	1,339	1,279
2012	1,548	1,434	1,434	1,372
2013	1,559	1,442	1,434	1,371
2014	1,513	1,394	1,381	1,316
2015	1,365	1,242	1,2	1,13
2016	1,295	1,171	1,108	1,038
2017*	1,379	1,253	1,205	1,134
<b>MEDIA</b>	<b>1,443</b>	<b>1,324</b>	<b>1,3</b>	<b>1,234</b>

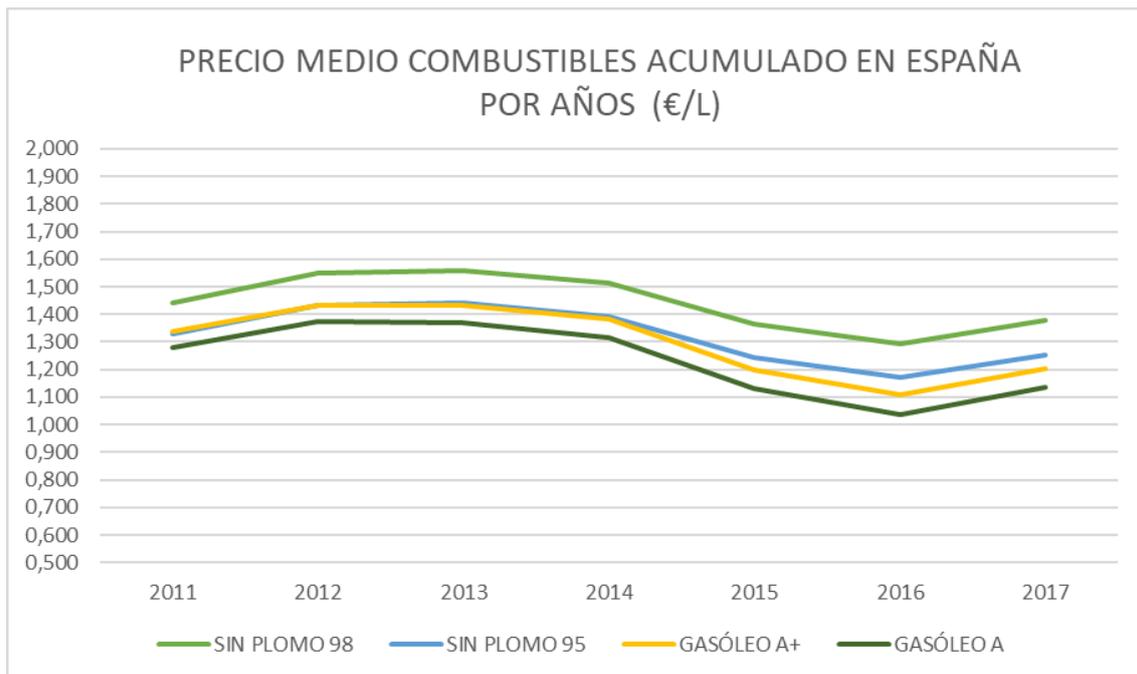


Figura 2.15: Precio medio de combustible en España

### Consumo vehículos de combustión interna

El siguiente paso, por lo tanto, es conocer el consumo que tienen un coche de combustión. Obviamente, es complejo obtener un valor exacto ya que es un valor variable según el modelo de coche seleccionado, por ello se exponen algunos de los modelos más vendidos en España en los últimos años de forma que se pueda obtener un promedio para realizar la comparación:

Tabla 2.11: Consumo medio vehículos de combustión interna

CONSUMO MEDIO VCI				
MODELO	GASOLINA (L/100km)		DIESEL (L/100km)	
	CIUDAD	CARRETERA	CIUDAD	CARRETERA
SEAT LEÓN	8,5	5,5	4,6	3,7
SEAT IBIZA	8,1	5,3	6	4
VOLKSWAGEN GOLF	6,7	4,3	4,6	3,6
NISSAN QASHQAI	7,4	4,8	5,1	4,1
RENAULT CLIO	7,3	4,9	4	3,6
RENAULT MEGANE	6,7	4,6	4,7	3,7
PEUGOT 208	7,1	4,6	4,4	3,3
PEGOT 308	6,6	4	4,2	3,5
HYUNDAI I30	7,4	5,5	4,7	3,6
OPEL ASTRA	8,4	5,5	5,7	4,3
DACIA SANTERO	5,8	4,3	3,7	3,4
FIAT PANDA	6,6	4,3	4,7	4,3
AUDI A3	6,9	4,5	4,8	3,8
<b>MEDIA</b>	<b>7,192</b>	<b>4,777</b>	<b>4,708</b>	<b>3,762</b>

## Coste de repostar vehículo de combustión interna

**Tabla 2.12:** Coste de repostar un coche de combustión interna

MODELO	GASOLINA 95 (€/100km)			DIESEL A (€/100km)		
	CIUDAD	CARRETERA	MIXTO	CIUDAD	CARRETERA	MIXTO
SEAT LEÓN	11,25	7,28	9,27	5,68	4,57	5,12
SEAT IBIZA	10,72	7,01	8,87	7,41	4,94	6,17
VOLKSWAGEN GOLF	8,87	5,69	7,28	5,68	4,44	5,06
NISSAN QASHQAI	9,79	6,35	8,07	6,29	5,06	5,68
RENAULT CLIO	9,66	6,49	8,07	4,94	4,44	4,69
RENAULT MEGANE	8,87	6,09	7,48	5,8	4,57	5,18
PEUGOT 208	9,4	6,09	7,74	5,43	4,07	4,75
PEGOT 308	8,74	5,29	7,01	5,18	4,32	4,75
HYUNDAI I30	9,79	7,28	8,54	5,8	4,44	5,12
OPEL ASTRA	11,12	7,28	9,2	7,04	5,31	6,17
DACIA SANTERO	7,68	5,69	6,68	4,57	4,2	4,38
FIAT PANDA	8,74	5,69	7,21	5,8	5,31	5,55
AUDI A3	9,13	5,96	7,54	5,92	4,69	5,31
<b>MEDIA</b>	<b>9,52 €</b>	<b>6,32 €</b>	<b>7,92 €</b>	<b>5,81 €</b>	<b>4,64 €</b>	<b>5,23 €</b>

## 2.12 Consumo de vehículo eléctrico

A continuación, se muestran las características de los 3 modelos de vehículo eléctrico más vendidos en España. Para realizar la comparativa es necesario conocer el consumo energético que se va a realizar al recargar las baterías. Se realizará el análisis en dos escenarios distintos: recarga completa de la batería y recarga de la batería para 100 km (aproximadamente la mitad de la batería).

**Tabla 2.13:** Tiempo para conseguir 100 % de la carga

Recarga completa de la batería				
Modelo	Capacidad batería (kWh)	Rendimiento	Tiempo (h) de carga para 7,3 kW	tiempo (min) de carga para 50 kW
Nissan Leaf	30	85 %	4,8	424
Renault Zoe	41	85 %	6,6	57,9
BMW i3	33,2	85 %	5,4	46,9

**Tabla 2.14:** Tiempo para conseguir 100km de autonomía

<b>Recarga para 100km</b>				
Modelo	Capacidad (kWh) para 100 km	Rendimiento	tiempo (h) de carga para 7,3 kW	tiempo (min) de carga para 50 kW
Nissan Leaf	15	85 %	2,4	21,2
Renault Zoe	20	85 %	3,2	28,2
BMW i3	16	85 %	2,6	22,6

## 2.13 Coste de la recarga del vehículo eléctrico

Según lo expuesto en los apartados anteriores, el precio que pagamos en la factura eléctrica depende en gran medida de la tarifa de acceso contratada y, en el caso de poseer una tarifa con discriminación horaria, según en el momento del día en el que se realice la carga. Por ello, se van a realizar diferentes comparativas, según el escenario de carga del que se disponga.

Para realizar las comparativas se han tomado los datos del Nissan Leaf, que es el vehículo eléctrico más vendido.

- Escenario 1: tarifa de acceso 2.0 – 2.1 A (El precio permanece fijo durante todo el día, está tarifa se encuentra en la mayoría de los hogares españoles).

**Tabla 2.15:** Coste de recarga V.E. tarifa 2.0-2.1 A

<b>2.0 - 2.1 A</b>			
CASO 1	Precio (€ /kWh)	Consumo 100 %	100 km
2013	0,1260	3,78 €	1,89 €
2014	0,1242	3,73 €	1,86 €
2015	0,1325	3,98 €	1,99 €
2016	0,1218	3,66 €	1,83 €
2017*	0,1377	4,13 €	2,07 €

- Escenario 2: tarifa de acceso 2.0 – 2.1 DHA (compuesta por dos periodos horarios que prácticamente se ajustan al periodo diurno y nocturno, está tarifa se encuentra en hogares españoles y pequeño comercio principalmente).

**Tabla 2.16:** Coste de recarga V.E. tarifa 2.0-2.1 DHA

<b>2.0 - 2.1 DHA</b>						
CASO 2	Precio Punta	Precio Valle	Consumo 100 %		100 km	
			Punta	Valle	Punta	Valle
2013	0,1497	0,0889	4,49 €	2,67 €	4,49 €	2,67 €
2014	0,146	0,0839	4,38 €	2,52 €	4,38 €	2,52 €
2015	0,1529	0,0895	4,59 €	2,69 €	4,59 €	2,69 €
2016	0,1408	0,0797	4,22 €	2,39 €	4,22 €	2,39 €
2017*	0,1587	0,094	4,76 €	2,82 €	4,76 €	2,82 €

- Escenario 3: tarifa de acceso 3.0 A (compuesta por tres periodos horarios, está tarifa se encuentra en mediano comercio y pequeña industria principalmente).

**Tabla 2.17:** Coste de recarga V.E. tarifa 3.0 A

3.0 A									
CASO 3	Precio Punta (€/kWh)	Precio Llano (€/kWh)	Precio Valle (€/kWh)	Consumo 100 %			100 km		
				Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
2013	0,1173	0,0954	0,0676	3,52 €	2,86 €	2,03 €	1,76 €	1,43 €	1,01 €
2014	0,1133	0,0921	0,0641	3,40 €	2,76 €	1,92 €	1,70 €	1,38 €	0,96 €
2015	0,1183	0,1001	0,0741	3,55 €	3,00 €	2,22 €	1,77 €	1,50 €	1,11 €
2016	0,1067	0,0887	0,0637	3,20 €	2,66 €	1,91 €	1,60 €	1,33 €	0,96 €
2017*	0,1354	0,1001	0,0845	4,06 €	3,00 €	2,54 €	2,03 €	1,50 €	1,27 €

- Escenario 4: tarifa de acceso 3.1 A (compuesta por tres periodos horarios, está tarifa se encuentra en industrias e instalaciones de gran potencia principalmente). Este es el escenario que dispondríamos en el parquein.

**Tabla 2.18:** Coste de recarga V.E. tarifa 3.1 A

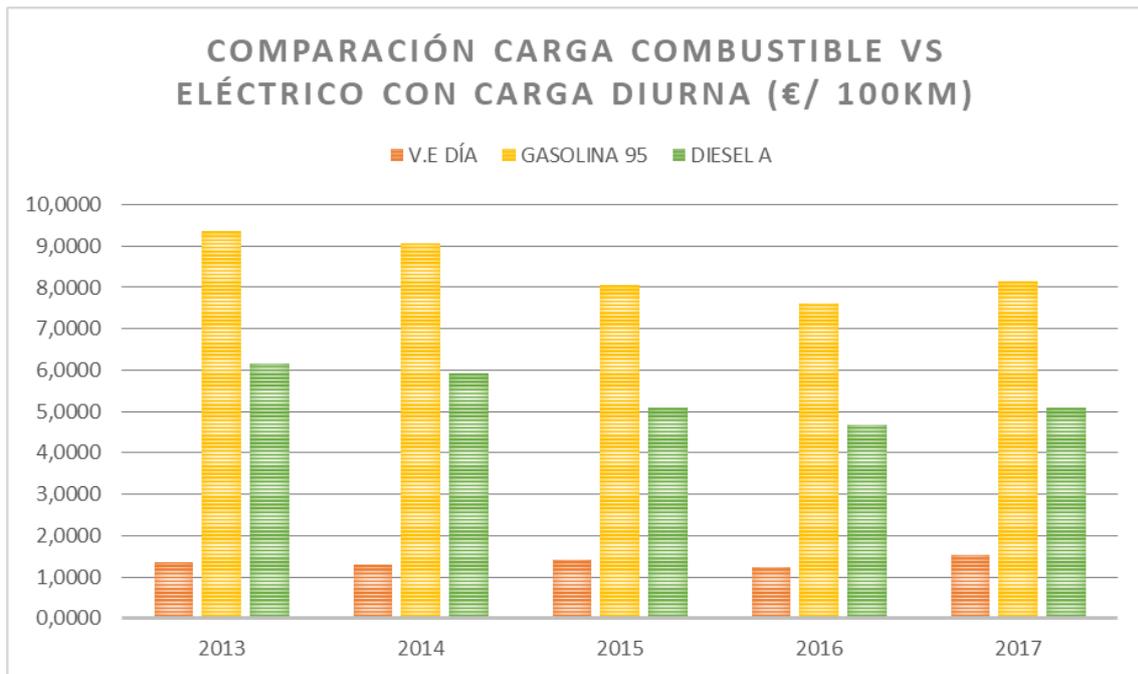
3.1 A									
CASO 4	Precio Punta (€/kWh)	Precio Llano (€/kWh)	Precio Valle (€/kWh)	Consumo 100 %			100 km		
				Punta	Llano	Valle	Punta	Llano	Valle
2013	0,0978	0,0837	0,0676	2,93 €	2,51 €	2,03 €	1,47 €	1,25 €	1,01 €
2014	0,0937	0,0804	0,0641	2,81 €	2,41 €	1,92 €	1,41 €	1,21 €	0,96 €
2015	0,0987	0,0884	0,0741	2,96 €	2,65 €	2,22 €	1,48 €	1,33 €	1,11 €
2016	0,0871	0,0769	0,0637	2,61 €	2,31 €	1,91 €	1,31 €	1,15 €	0,96 €
2017*	0,1158	0,0884	0,0729	3,47 €	2,65 €	2,19 €	1,74 €	1,33 €	1,09 €

## 2.14 Comparativa coste consumo V.E. - V.C.I.

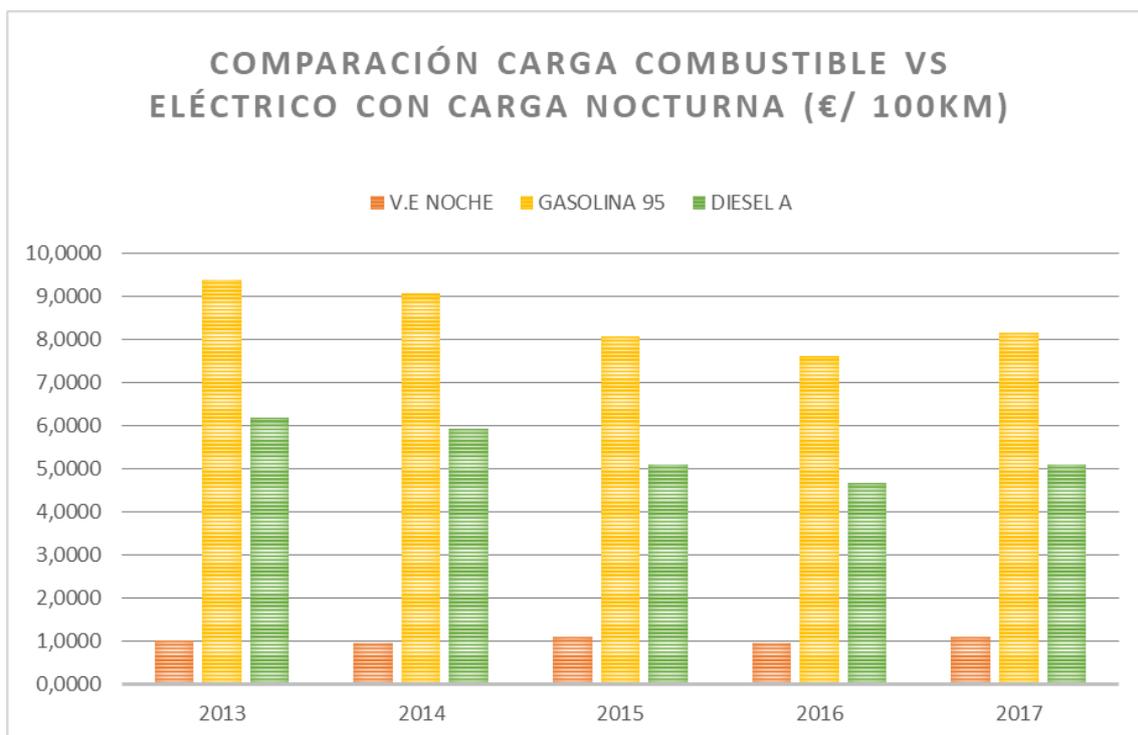
Para realizar la comparativa final, únicamente se va a evaluar el último escenario, es decir, la tarifa 3,1 A que sería el caso real para cualquier parquein de dimensiones similares.

**Tabla 2.19:** Comparativa coste consumo V.E. - V.C.I.

COMPARACIÓN CARGA COMBUSTIBLE vs ELÉCTRICO (€/100 km)				
AÑO	VEHÍCULO ELÉCTRICO		VEHÍCULO COMBUSTIÓN	
	DÍA	NOCHE	GASOLINA	DIESEL
2013	1,3606	1,0147	9,373	6,1695
2014	1,3055	0,9621	9,061	5,922
2015	1,403	1,112	8,073	5,085
2016	1,2301	0,9558	7,6115	4,671
2017*	1,5314	1,094	8,1445	5,103



**Figura 2.16:** Comparación coste consumo V.E. - V.C.I. carga diurna



**Figura 2.17:** Comparación coste consumo V.E. - V.C.I. carga nocturna

Finalmente, acorde con los resultados obtenidos en la tabla anterior, el ahorro porcentual de la recarga del vehículo eléctrico frente a la recarga del vehículo de combustión con combustibles fósiles es:

Tabla 2.20: Ahorro carga eléctrica - Combustión (%)

AHORRO CARGA ELÉCTRICA vs COMBUSTIÓN (%)				
AÑO	GASOLINA		DIESEL	
	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE
2013	85 %	89 %	78 %	84 %
2014	86 %	89 %	78 %	84 %
2015	83 %	86 %	72 %	78 %
2016	84 %	87 %	74 %	80 %
2017	81 %	87 %	70 %	79 %
<b>Promedio</b>	<b>84 %</b>	<b>88 %</b>	<b>74 %</b>	<b>81 %</b>

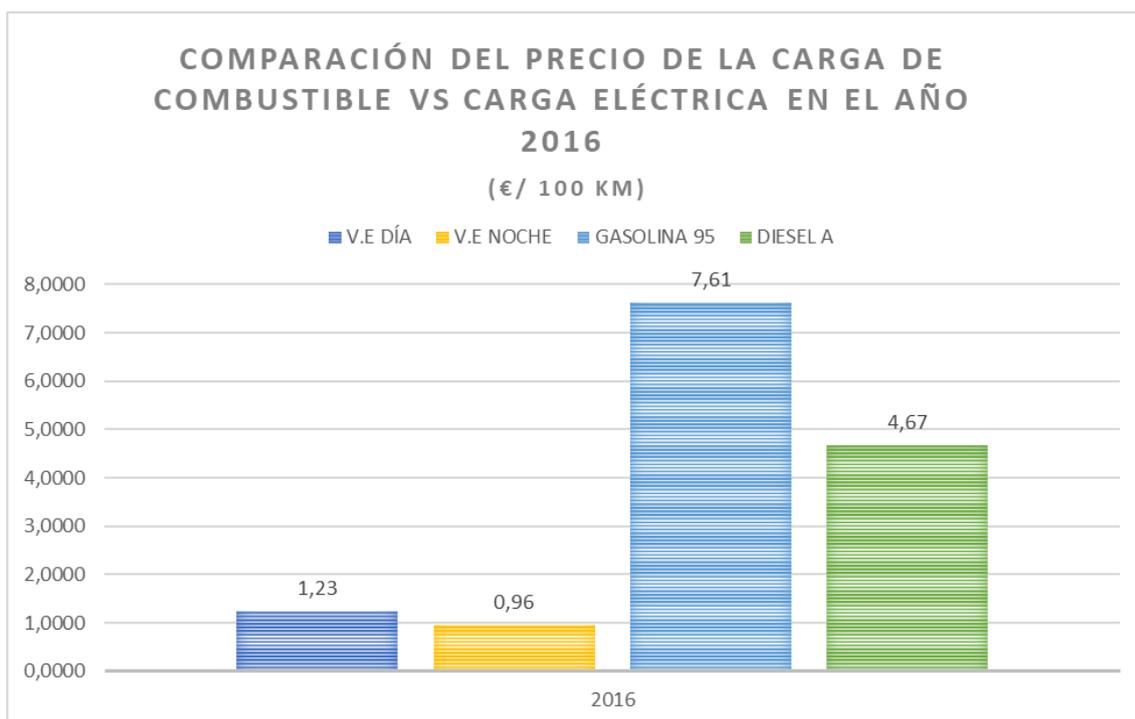


Figura 2.18: Comparación del precio de la carga de combustible VS Carga eléctrica 2016

## 2.15 Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico

Esta expansión de la movilidad eléctrica en turismos contrasta con el escaso nivel de penetración actual del vehículo eléctrico en nuestro país. Este escaso desarrollo está motivado por una serie de barreras que vienen siendo objeto de debate y acción política en los últimos años:

### a) Infraestructura de carga:

- Barreras localizadas en bloques de viviendas, por ejemplo:
  - Espacio físico para instalación de puntos de recarga.
  - Instalación eléctrica original no adaptada a la instalación del poste de recarga (costes elevados de adaptación)
- La estructura de la tarifa eléctrica puede ser una barrera para postes privados, exceptuando los casos de conexión a la misma instalación de domicilio.

- Baja disponibilidad de puntos de recarga públicos para aquellos consumidores que no disponen de plaza de garaje o para recarga a lo largo del día.
  - Baja rentabilidad, ausencia de modelos de negocios viables por escasez de demanda y altos costes.
  - Sin incentivos para el desarrollo de infraestructura de recarga.

b) Prestaciones del vehículo:

- Tiempo de repostaje de vehículo eléctrico (carga ultrarápida entre 30min-1h, carga convencional 4-6h) muy superior al tiempo de recarga del vehículo de combustión (5-10min).
- Autonomía del vehículo eléctrico (200-350 km) muy inferior a la del vehículo de combustión (600-750 km).
- Deterioro de prestaciones como consecuencia de repetición de ciclos de carga.

c) Coste del vehículo:

- Precio de venta superior al de un vehículo convencional con las mismas prestaciones.

Si bien es cierto que las barreras mencionadas están muy presentes y tienen una gran fuerza sobre la mayoría de los consumidores, también es innegable que hay un gran número de razones por las que sí elegir el vehículo eléctrico.

El sector del transporte representa un fuerte consumidor energético en la Unión Europea, con una dependencia de más del 90 % de los combustibles fósiles, por lo que la descarbonización del sistema energético, y del transporte en particular, requiere la electrificación del transporte, y una nueva economía basada en el electrón, y no en un hipotético hidrógeno, abandonando despacio, pero sin pausa, la economía de los hidrocarburos. El ciudadano demanda kilómetros motorizados, no gasolina ni gasóleo. Esta simple lección de la demanda de servicios energéticos, que no de energía, conviene aplicarla en todos los órdenes: iluminación, confort, agua caliente, productos y servicios de todo orden, pero también en la movilidad motorizada.

Hoy se puede hacer, porque por primera vez se dan todas las condiciones que lo hacen posible:

a) Eficiencia energética:

En términos de eficiencia energética, el vehículo eléctrico supera al de combustión interna desde el punto de vista del rendimiento de los motores, pues en el caso del vehículo de combustión interna transforman el 25 % de la energía química del combustible en energía mecánica, desaprovechándose un 75 % en rozamientos internos.

Para realizar un análisis comparativo entre ambas tecnologías, se puede hacer desde los puntos de vista "Desde el depósito a la rueda" o TTW (Tank to Wheel), y "Desde la planta a la rueda" o WTW (Well to Wheel). En ambos, el vehículo eléctrico supera en eficiencia al convencional, sin embargo, el WTW permite un visionado global de la eficiencia, desde la generación de la energía hasta el suministro de la misma al vehículo eléctrico. Para ello, es muy importante tener en cuenta la fuente de suministro de energía, ya que si se trata de una central térmica su eficiencia es alrededor del 55 %, o alrededor del 100 % si se trata de fuentes renovables.

En el caso del vehículo híbrido, con la introducción del motor eléctrico en funcionamiento con el convencional, produce un ligero aumento del 5 % en la eficiencia

energética. Por su parte, el eléctrico puro posee las mejores eficiencias energéticas, con un valor del 77 % si la energía de las baterías es de origen renovable o un 42 % si se cargan en base a un mix de gas natural. Por último, queda decir del híbrido enchufable que dispondrá de una eficiencia superior a la del vehículo convencional y el híbrido, pues al tratarse una combinación entre ambos dispondrá mayor eficiencia, entorno al 31-49 %.

Gracias a la electrificación del transporte se conseguiría un menor impacto medioambiental, pues el vehículo eléctrico desempeña un papel fundamental en la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, debido a su mayor eficiencia y a la nula contaminación durante su funcionamiento. Según estudios, con la integración de una flota de 1.000 vehículos eléctricos en una ciudad, se conseguiría reducir a nivel anual una emisión de 30.000 kg de gases como CO, NOx o H, y entorno a dos toneladas de CO<sub>2</sub>. Mientras que, si nos ponemos a mirar aguas arriba, incluyendo costes energéticos como medioambientales, gran parte del impacto vendrá determinado por la fuente de energía que genera la electricidad. A nivel nacional se emiten 277 g de CO<sub>2</sub>/kWh hasta que la electricidad llega a consumirse, por lo que durante la vida útil del vehículo eléctrico se ahorraría entre 10 y 30 toneladas de CO<sub>2</sub> en función de la tecnología empleada para generar la electricidad.

c) Contaminación acústica:

Otro de los grandes problemas que nos podemos encontrar en los medios urbanos es la contaminación acústica debida al tráfico ocasionado. Los ruidos emitidos por el vehículo eléctrico durante su funcionamiento a bajas velocidades son casi nulos, y si los hay son debidos a la rodadura del propio vehículo, ya que los decibelios emitidos por el motor eléctrico son imperceptibles para el oído humano, nada que ver con el MCI, pues era la principal fuente de ruido. Con la implantación del vehículo eléctrico en las ciudades, se mejoraría la calidad de vida tanto para el conductor como para los peatones, haciendo de las ciudades un entorno agradable, y para el conductor un relajada conducción en ausencia de ruido y vibraciones.

d) Ahorro económico: A la hora de comprar un vehículo eléctrico, por ahora, su precio de adquisición es mayor al del vehículo convencional debido principalmente a que es una tecnología en vías de desarrollo, al contrario de la madurez de los vehículos de combustión interna. Sin embargo, esto no tiene que ser un punto en contra, pues hay que tener en cuenta diversos costes que afectan durante la vida útil del vehículo.

Una importante parte del encarecimiento del vehículo eléctrico es debida a las baterías, representando casi un 60 % de dicho coste. En cuanto a la estructura del vehículo eléctrico, al necesitar de un menor número de componentes y a la mayor sencillez del motor eléctrico, hace que los costes de mantenimiento sean mínimos al evitarse cambios de aceite, problemas en el tubo de escape, desgaste de la caja de cambios o cambios de la correa de transmisión, entre otros.

Por último, el coste energético durante la vida útil del vehículo es un hecho importante a tener en cuenta en la elección del vehículo eléctrico, pues existe una diferencia elevada entre el coste por kWh para recargar las baterías y repostar el vehículo convencional con litros de gasolina/gasoil.

Además del ahorro económico inherente en el origen del vehículo eléctrico, también hay que destacar el ahorro que obtienen sus propietarios con todo tipo de beneficios como: poder aparcar gratuitamente en las zonas de estacionamiento limitado de las ciudades, menor coste en la revisión ITV o que el número de revisiones mecánicas es menor que en el caso de los vehículos convencionales.

e) Acceso e integración de las energías renovables en la red:

A día de hoy, la introducción del vehículo eléctrico en la red permitiría una menor dependencia de los combustibles fósiles, y de esta manera optar por una amplia gama de combinaciones energéticas como las energías renovables, aprovechando la energía que se deja de producir por la falta de demanda, con especial interés en la eólica. La generación de energía eólica es muy variable y regularmente hay un mayor recurso eólico durante los periodos nocturnos, coincidiendo de esta manera con las horas valle, momento en el que no siempre es posible conseguir su integración en el sistema si la oferta supera a la demanda. Por ello, si se recargan los vehículos durante estos periodos, se estaría haciendo de una energía limpia con cero emisiones. A la vez, se aumentaría su grado de integración en la red aprovechando mejor la energía disponible, y de esta manera no haría falta llevar a cabo la desconexión de parques eólicos para evitar desequilibrios en el sistema por una producción que excede los límites de seguridad. Se estima que el consumo de 1,7 millones de vehículos eléctricos sea abastecido por un 25 % de la generación renovable en 2020, evitando de esta manera su vertido en la red junto a sus correspondientes problemas de gestionabilidad.

---

---

## CAPÍTULO 3

# Instalación de baja tensión

---

### 3.1 Objetivos del proyecto

---

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT52.

### 3.2 Titular

---

**Nombre:** Consell Insular de Formentera

**C.I.F.:** P0702400C

**Dirección:** Plaça de Sa Constitució, 07860.

**Población:** Sant Francesc Xavier

**Provincia:** Formentera

**C.P.:** 00786.

### 3.3 Emplazamiento

---

**Dirección:** C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa

**Población:** Es Pujols

**Provincia:** Formentera

**C.P.:** 07871

### 3.4 Legislación aplicable

---

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE 20434: Sistema de designación de cables.
- UNE-EN 60898-1: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogos para la protección contra sobrecorrientes.
- UNE-EN 60947-2: Aparatación de baja tensión. Interruptores automáticos.
- UNE-HD 60364-4-43: Protección para garantizar la seguridad. Protección contra las sobrecorrientes.
- UNE-EN 60909-0: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Cálculo de corrientes.
- UNE-IEC/TR 60909-2: Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Datos de equipos eléctricos para el cálculo de corrientes de cortocircuito.

### 3.5 Descripción de la instalación

---

La instalación consta de un cuadro general de distribución, con una protección general y protecciones en los circuitos derivados. Su composición queda reflejada en el esquema unifilar correspondiente, en el documento de planos contando con los siguientes dispositivos de protección:

- Un interruptor automático magnetotérmico general para la protección contra sobrecorrientes.
- Interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos.
- Embarrado de distribución.
- Interruptores automáticos magnetotérmicos para la protección de los circuitos derivados.
- Limitador de sobretensiones.

### 3.6 Potencia total de la instalación

---

La potencia total demandada por la instalación asciende a: **521.92 kW**.

Las líneas desde el cuadro general a las cargas se han calculado con un factor de utilización de 1, esto es debido al desconocimiento de la prioridad de los clientes por emplear unas plazas u otras, puede darse el caso en el que todos los usuarios se conecten a la misma zona. Se tiene la siguiente relación de receptores con su potencia eléctrica:

Tabla 3.1: Potencia instalada

Circuito	P Instalada (kW)	P Demandada (kW)
Carga rápida	300.00	300.00
CUADRO 1	51.10	51.10
CUADRO 2	65.70	65.70
CUADRO 3	87.60	87.60
CUADRO 4	73.00	73.00

## 3.7 Características de la instalación

### 3.7.1. Origen de la instalación

En el origen de la instalación encontramos una corriente de cortocircuito trifásica de cabecera, determinada por el transformador de 630 kVA, de 24.17 Ka. El tipo de línea de alimentación será: RZ1-K (AS) 3[4(1x300)] + 4(1x240) + 4(TTx150).

### 3.7.2. Cuadro general de distribución

El cuadro general de distribución es el encargado de realizar un reparto de los conductores de la instalación, para ello cuenta con un magnetotérmico de cabecera, embarrado y magnetotérmicos para distribuir con el resto de cuadros.

Tabla 3.2: Elementos de cuadro general de distribución

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Componentes
Cuadro general de distribución	3F+N	461.92	0.90	Magnetotérmico, Industrial (IEC 60947-2); In: 800 A; Im: 6400 A; Icu: 40.00 kA Diferencial, Selectivo; In: 800.00 A; Sensibilidad: Regulable 0.03 a 30A Limitador de sobretensiones transitorias, Tipo 1+2; Iimp: 25 kA; Up: 2.5 kV

De este cuadro se conecta mediante un embarrado y magnetotérmicos curva B el resto de cuadros secundarios de la instalación. Los cargadores de carga rápida directamente van alimentados desde el cuadro general, ya que cuentan con las protecciones necesarias en el interior, mientras que los cuadro de 7,3 kW son conectados a través de cuadros secundarios que realizan la función de reparto y después un cuadro de protección individual sobre cada uno de ellos. Por todo ello, las protecciones empleadas para la conexión con los cuadros que cuelgan del general de distribución son:

**Tabla 3.3:** Elementos aguas abajo del cuadro general de distribución

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Componentes
CUADRO 1	3F+N	51.10	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 29	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 30	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 31	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 32	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 33	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
PLAZA 34	3F+N	50.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B
CUADRO 2	3F+N	65.70	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B
CUADRO 3	3F+N	87.60	0.90	Magnetotérmico, Industrial (IEC 60947-2); In: 160 A; Im: 1280 A; Icw: 5000.00 A; Icu: 25.00 kA
CUADRO 4	3F+N	73.00	0.90	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B

### 3.7.3. Canalizaciones

Las canalizaciones desde el cuadro general de distribución hasta los cuadros secundarios y en el caso de los cargadores rápidos se ha transportado la línea sobre rejilla, atendiendo al método de instalación "F" al como indica la UNE-HD 60364-5-52 Tabla A.52.3.

**Tabla 3.4:** Canalizaciones aguas abajo del cuadro general de distribución

Esquemas	Tipo de instalación	Conductor
CUADRO 1	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TTx16
PLAZA 29	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
PLAZA 30	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
PLAZA 31	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
PLAZA 32	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
PLAZA 33	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
PLAZA 34	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TT16
CUADRO 2	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x50) + 1x35 + TTx25
CUADRO 3	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x70) + 1x50 + TTx35
CUADRO 4	F: Cables unipolares en contacto, al aire libre	Cable, RZ1-K (AS) 3(1x50) + 1x35 + TTx25

## 3.8 Cuadros secundarios

---

Para repartir la potencia entre los cargadores se van a emplear cuadros secundarios de reparto. Todos ellos cuentan con la misma estructura:

- Magnetotérmico curva C de cabecera que permite la desconexión completa del cuadro.
- Distribuidor o embarrado en función de la cantidad de cargadores conectados y su corriente máxima.
- Magnetotérmicos curva B para cada uno de los cargadores, de esta forma, al igual que se han empleado desde el cuadro general de distribución hasta los cuadros secundarios, permite el transporte de la energía protegiendo la línea y con la curva B evitamos el disparo en caso de cortocircuito aguas abajo del siguiente magnetotérmico.

### 3.8.1. Canalizaciones

La canalización elegida para el montaje de esta instalación ha sido mediante rejilla, por ella transcurren todos los conductores necesarios para alimentar los cargadores, en primer lugar cada una de las líneas es transportada hasta un cuadro secundario, donde se realiza el reparto para cada uno de los cargadores, después los conductores vuelven a la bandeja hasta el soporte del cargador, donde desciende hasta el cuadro de protección individual y es conectado en los terminales del punto de recarga. Por lo tanto, todos los conductores son montados según el modelo "F".

Tabla 3.5: Cableado entre los cuadros secundarios y los puntos de recarga

Plazas	Longitud (m)	Conductor
25	31.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
26	29.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
27	26.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
28	24.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
35	7.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
36	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
37	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
38	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
39	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
40	8.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
41	11.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
42	14.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
43	17.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
44	20.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
45	23.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
46	26.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
47	38.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
48	35.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
49	32.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
50	29.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
51	26.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
52	23.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
53	20.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
54	17.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
55	14.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
56	11.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
57	8.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
58	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
59	8.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
60	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
61	5.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
62	8.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
63	11.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
64	14.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
65	17.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
66	20.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
67	23.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16
68	26.00	RZ1-K (AS) 2(1x25) + TTx16

### 3.8.2. Cuadro 1

El cuadro 1 da suministro a las plazas desde la 25 a la 28 y de la 35 a la 37.

**Tabla 3.6:** Elementos aguas abajo del cuadro 1

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Componentes
PLAZA 25	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 26	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 27	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 28	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 35	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 36	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 37	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A

### 3.8.3. Cuadro 2

El cuadro 2 da suministro a las plazas desde la 38 a la 46.

**Tabla 3.7:** Elementos aguas abajo del cuadro 2

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Componentes
PLAZA 38	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 39	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 40	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 41	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 42	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 43	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 44	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 45	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 46	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A

### 3.8.4. Cuadro 3

El cuadro 3 da suministro a las plazas desde 47 a la 58.

**Tabla 3.8:** Elementos aguas abajo del cuadro 3

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Componentes
PLAZA 47	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 48	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 49	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 50	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 51	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 52	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 53	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 54	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 55	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 56	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 57	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 58	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A

## 3.8.5. Cuadro 4

El cuadro 4 da suministro a las plazas desde 59 a la 68.

**Tabla 3.9:** Elementos aguas abajo del cuadro 4

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Componentes
PLAZA 59	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 60	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 61	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 62	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 63	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 64	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 65	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 66	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 67	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A
PLAZA 68	F+N	7.30	0.90	0.50	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C. Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A

## 3.9 Criterios aplicados y bases de calculo

### 3.9.1. Intensidad máxima admisible

En el cálculo de las instalaciones se comprobará que las intensidades máximas de las líneas son inferiores a las admitidas por el Reglamento de Baja Tensión, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

1. Intensidad nominal en servicio monofásico:

$$I_n = \frac{P}{U_f \cdot \cos \varphi}$$

**Figura 3.1:** Cálculo de intensidad nominal monofásica

2. Intensidad nominal en servicio trifásico:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_f \cdot \cos \varphi}$$

**Figura 3.2:** Cálculo de intensidad nominal trifásica

### 3.9.2. Caída de tensión

Para puntos de recarga la caída de tensión no superara el 5

Las fórmulas empleadas serán las siguientes:

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sen \varphi$$

**Figura 3.3:** Caída de tensión

Caída de tensión monofásica:

$$\Delta U_I = 2 \cdot \Delta U$$

**Figura 3.4:** Caída de tensión monofásica

Caída de tensión en trifásico:

$$\Delta U_{III} = \sqrt{3} \cdot \Delta U$$

**Figura 3.5:** Caída de tensión trifásica

Con:

I Intensidad calculada (A)

R Resistencia de la línea (W), ver apartado (A)

X Reactancia de la línea (W), ver apartado (C)

j Ángulo correspondiente al factor de potencia de la carga;

### Resistencia del conductor en corriente alterna

Si tenemos en cuenta que el valor de la resistencia de un cable se calcula como:

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Ys + Yp) = c R_{tcc}$$

**Figura 3.6:** Cálculo de resistencia

$$R = R_{tca} = R_{tcc} (1 + Ys + Yp) = c R_{tcc}$$

**Figura 3.7:** Cálculo de resistencia en corriente continua

$$R_{20cc} = \rho_{20} L / S$$

**Figura 3.8:** Cálculo de resistencia a 20 grados

Con:

Rtcc Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura q (W)

R20cc Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C (W)

Ys Incremento de la resistencia debido al efecto piel;

Yp Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad;

a Coeficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C-1

q Temperatura máxima en servicio prevista en el cable (°C), ver apartado (B)

r20 Resistividad del conductor a 20°C (W mm<sup>2</sup> / m)

S Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

L Longitud de la línea (m)

El efecto piel y el efecto proximidad son mucho más pronunciados en los conductores de gran sección. Su cálculo riguroso se detalla en la norma UNE 21144. No obstante y de forma aproximada para instalaciones de enlace e instalaciones interiores en baja tensión es factible suponer un incremento de resistencia inferior al 2

$$c = (1 + Ys + Yp) \cong 1,02$$

**Figura 3.9:** Efecto piel

### Temperatura estimada en el conductor

Para calcular la temperatura máxima prevista en servicio de un cable se puede utilizar el siguiente razonamiento: su incremento de temperatura respecto de la temperatura ambiente T0 (25°C para cables enterrados y 40°C para cables al aire), es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la intensidad. Por tanto:

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) * (I / I_{m\acute{a}x})^2$$

**Figura 3.10:** Temperatura en el conductor

Con:

T Temperatura real estimada en el conductor (°C)

T<sub>máx</sub> Temperatura máxima admisible para el conductor según su tipo de aislamiento (°C)

T<sub>0</sub> Temperatura ambiente del conductor (°C)

I Intensidad prevista para el conductor (A)

I<sub>máx</sub> Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de instalación (A)

### Reactancia del cable

La reactancia de los conductores varía con el diámetro y la separación entre conductores. En ausencia de datos se puede estimar la reactancia como un incremento adicional de la resistencia de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 3.10:** Reactancia inductiva

Sección	Reactancia inductiva (X)
S < 120 mm <sup>2</sup>	X = 0
S = 150 mm <sup>2</sup>	X = 0.15 R
S = 185 mm <sup>2</sup>	X = 0.20 R
S = 240 mm <sup>2</sup>	X = 0.25 R

Para secciones menores de o iguales a 120 mm<sup>2</sup>, la contribución a la caída de tensión por efecto de la inductancia es despreciable frente al efecto de la resistencia.

### 3.9.3. Corrientes de cortocircuito

El método utilizado para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, según el apartado 2.3 de la norma UNE-EN 60909-0, está basado en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de cortocircuito. La fuente de tensión equivalente es la única tensión activa del sistema. Todas las redes de alimentación y máquinas síncronas y asíncronas son reemplazadas por sus impedancias internas.

En sistemas trifásicos de corriente alterna, el cálculo de los valores de las corrientes resultantes en cortocircuitos equilibrados y desequilibrados se simplifica por la utilización de las componentes simétricas.

Utilizando este método, las corrientes en cada conductor de fase se determinan por la superposición de las corrientes de los tres sistemas de componentes simétricas:

- Corriente de secuencia directa I(1)
- Corriente de secuencia inversa I(2)
- Corriente homopolar I(0)

Se evaluarán las corrientes de cortocircuito, tanto máximas como mínimas, en los puntos de la instalación donde se ubican las protecciones eléctricas.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito, el sistema puede ser convertido por reducción de redes en una impedancia de cortocircuito equivalente Z<sub>k</sub> en el punto de defecto.

Se tratan los siguientes tipos de cortocircuito:

- Cortocircuito trifásico;
- Cortocircuito bifásico;
- Cortocircuito bifásico a tierra;
- Cortocircuito monofásico a tierra.

### Cortocircuito trifásico

La corriente de cortocircuito simétrica inicial  $I''_k = I''_{k3}$  teniendo en cuenta la fuente de tensión equivalente en el punto de defecto, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

**Figura 3.11:** Cortocircuito trifásico

Con:

c Factor c de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0

Un Tensión nominal fase-fase V

Zk Impedancia de cortocircuito equivalente m

### Cortocircuito bifásico

Según la norma (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.2), en el caso de un cortocircuito bifásico, la corriente de cortocircuito simétrica inicial es:

$$I''_{k2} = \frac{cU_n}{|Z_{(1)} + Z_{(2)}|} = \frac{cU_n}{2 \cdot |Z_{(1)}|} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I''_{k3}$$

**Figura 3.12:** Cortocircuito bifásico

Durante la fase inicial del cortocircuito, la impedancia de secuencia inversa es aproximadamente igual a la impedancia de secuencia directa, independientemente de si el cortocircuito se produce en un punto próximo o alejado de un alternador. Por lo tanto, en la ecuación anterior es posible introducir  $Z(2) = Z(1)$ .

### Cortocircuito bifásico a tierra

Según la norma (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.3), la ecuación que conduce al cálculo de la corriente de cortocircuito simétrica inicial en el caso de un cortocircuito bifásico a tierra es:

$$I''_{kE2E} = \frac{\sqrt{3} \cdot cU_n}{|Z_{(1)} + 2Z_{(0)}|}$$

**Figura 3.13:** Cortocircuito bifásico a tierra

### Cortocircuito monofásico a tierra

Según la norma (UNE-EN 60909-0, APARTADO 4.2.4), la corriente inicial del cortocircuito monofásico a tierra  $I''_{k1}$ , para un cortocircuito alejado de un alternador con  $Z(2) = Z(1)$ , se calcula mediante la expresión:

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} \cdot c U_n}{|2Z_{(1)} + Z_{(0)}|}$$

Figura 3.14: Cortocircuito monofásico a tierra

### 3.9.4. Protección contra sobretensiones

Según ITC-BT-23, las instalaciones interiores se deben proteger contra sobretensiones transitorias siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad, es decir, toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos deberá protegerse contra sobretensiones.

Los limitadores de sobretensión serán de clase C (tipo II) en los cuadros y, en el caso de que el edificio disponga de pararrayos, se añadirán limitadores de sobretensión de clase B (tipo I) en la centralización de contadores.

Pero la ITC BT-52 especifica que los puntos de recarga deben de ir protegidos contra sobretensiones transitorias y permanentes.

## 3.10 Cálculos

### 3.10.1. Sección en las líneas y caídas de tensión

Los resultados obtenidos para las caídas de tensión desde el cuadro principal hasta los siguientes son:

Tabla 3.11: Caídas de tensión

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	f.d.p	Longitud (m)	Línea	Iz (A)	IB (A)	c.d.t (%)	c.d.t Acum %
CUADRO 1	3F+N	51.10	0.90	24.00	RZ1-K (AS) 3(1x35) + 1x25 + TTx16	119.96	81.95	0.47	0.64
PLAZA 29	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	1.03
PLAZA 30	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	0.99
PLAZA 31	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	0.95
PLAZA 32	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	0.91
PLAZA 33	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	0.87
PLAZA 34	3F+N	50.00	0.90	0.10	RZ1-K (AS) 4(1x25) + TTx16	106.47	80.19	-	0.80
CUADRO 2	3F+N	65.70	0.90	27.00	RZ1-K (AS) 3(1x50) + 1x35 + TTx25	146.93	105.37	0.48	0.65
CUADRO 3	3F+N	87.60	0.90	31.00	RZ1-K (AS) 3(1x70) + 1x50 + TTx35	190.23	140.49	0.53	0.69
CUADRO 4	3F+N	73.00	0.90	33.00	RZ1-K (AS) 3(1x50) + 1x35 + TTx25	146.93	117.07	0.66	0.83

**Cuadro 1****Tabla 3.12:** Caídas de tensión cuadro 1

Esquemas	Polaridad	P Demandada	f.d.p	Longitud	Línea	Iz	IB	c.d.t	c.d.t Acum
PLAZA 25	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x4)	40.95	35.12	0.08	1.52
PLAZA 26	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.45
PLAZA 27	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.38
PLAZA 28	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.34
PLAZA 35	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.96
PLAZA 36	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.92
PLAZA 37	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.92

**Cuadro 2****Tabla 3.13:** Caídas de tensión cuadro 2

Esquemas	Polaridad	P Demandada	f.d.p	Longitud	Línea	Iz	IB	c.d.t	c.d.t Acum
PLAZA 38	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.93
PLAZA 39	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.93
PLAZA 40	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.99
PLAZA 41	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.06
PLAZA 42	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.12
PLAZA 43	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.19
PLAZA 44	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.26
PLAZA 45	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.32
PLAZA 46	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.39

**Cuadro 3****Tabla 3.14:** Caídas de tensión cuadro 3

Esquemas	Polaridad	P Demandada	f.d.p	Longitud	Línea	Iz	IB	c.d.t	c.d.t Acum
PLAZA 47	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.69
PLAZA 48	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.63
PLAZA 49	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.56
PLAZA 50	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.50
PLAZA 51	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.43
PLAZA 52	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.36
PLAZA 53	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.30
PLAZA 54	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.23
PLAZA 55	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.17
PLAZA 56	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.10
PLAZA 57	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.03
PLAZA 58	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	0.97

## Cuadro 4

Tabla 3.15: Caídas de tensión cuadro 4

Esquemas	Polaridad	P Demandada	f.d.p	Longitud	Línea	Iz	IB	c.d.t	c.d.t Acum
PLAZA 59	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.18
PLAZA 60	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.11
PLAZA 61	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.11
PLAZA 62	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.18
PLAZA 63	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.24
PLAZA 64	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.31
PLAZA 65	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.38
PLAZA 66	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.44
PLAZA 67	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.51
PLAZA 68	F+N	7.30	0.90	0.50	RZ1-K (AS) 3(1x6)	49.14	35.12	0.05	1.58

## 3.10.2. Cálculos de los dispositivos de protección

## Sobrecarga

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege un cable contra sobrecargas deben satisfacer las siguientes dos condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

Figura 3.15: Características de funcionamiento

Con:

IB Intensidad de diseño del circuito

In Intensidad asignada del dispositivo de protección

IZ Intensidad permanente admisible del cable

I2 Intensidad efectiva asegurada en funcionamiento en el tiempo convencional del dispositivo de protección

## Cortocircuito

Para que la línea quede protegida a cortocircuito, el poder de corte de la protección debe ser mayor al valor de la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cu} > I_{CC_{m\acute{a}x}}$$

$$I_{cs} > I_{CC_{m\acute{a}x}}$$

Figura 3.16: Condiciones de cortocircuito

Con:

Icc<sub>máx</sub> Máxima intensidad de cortocircuito prevista

Icu Poder de corte último

Ics Poder de corte de servicio

Además, la protección debe ser capaz de disparar en un tiempo menor al tiempo que tardan los aislamientos del conductor en dañarse por la elevación de la temperatura. Esto debe suceder tanto en el caso del cortocircuito máximo, como en el caso del cortocircuito mínimo:

$$t_{cc} < t_{cable}$$

**Figura 3.17:** Temperatura máxima

Para cortocircuitos de duración hasta 5 s, el tiempo  $t$ , en el cual una determinada intensidad de cortocircuito incrementará la temperatura del aislamiento de los conductores desde la máxima temperatura permisible en funcionamiento normal hasta la temperatura límite puede, como aproximación, calcularse desde la fórmula:

$$t = \left( k \cdot \frac{S}{I_{cc}} \right)^2$$

**Figura 3.18:** Temperatura de cable

Con:

Icc Intensidad de cortocircuito

t<sub>cc</sub> Tiempo de duración del cortocircuito

S<sub>cable</sub> Sección del cable

k Factor que tiene en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad calorífica del material del conductor, y las oportunas temperaturas iniciales y finales. Para aislamientos de conductor de uso corriente, los valores de k para conductores de línea se muestran en la tabla 43A

t<sub>cable</sub> Tiempo que tarda el conductor en alcanzar su temperatura límite admisible

Para tiempos de trabajo de los dispositivos de protección <0.10 s donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de intensidad  $k^2 S^2$  debe ser más grande que el valor de la energía que se deja pasar ( $I^2 t$ ) indicado por el fabricante del dispositivo de protección.

Con:

I<sup>2</sup>t Energía específica pasante del dispositivo de protección

S Tiempo de duración del cortocircuito

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

El cálculo de los dispositivos de protección contra sobrecarga, cortocircuito y sobretensiones de la instalación se resume en las siguientes tablas:

Desde el cuadro general de distribución:

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	I <sub>B</sub> (A)	Protecciones	I <sub>Z</sub> (A)	I <sub>2</sub> (A)	1.45 x I <sub>Z</sub> (A)
CUADRO 1	3F+N	51.10	81.95	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B	119.96	145.00	173.94
PLAZA 29	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
PLAZA 30	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
PLAZA 31	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
PLAZA 32	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
PLAZA 33	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
PLAZA 34	3F+N	50.00	80.19	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	106.47	145.00	154.38
CUADRO 2	3F+N	65.70	105.37	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B	146.93	181.25	213.05
CUADRO 3	3F+N	87.60	140.49	Magnetotérmico, Industrial (IEC 60947-2); In: 160 A; Im: 1280 A; Icw: 5000.00 A; Icu: 25.00 kA	190.23	232.00	275.83
CUADRO 4	3F+N	73.00	117.07	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B	146.93	181.25	213.05

Figura 3.19: Resultados cuadro general 1

Esquemas	Polaridad	Protecciones	I <sub>Cu</sub> (kA)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> máx (kA)	T <sub>Cable</sub> CC <sub>máx</sub> (s)	T <sub>p</sub> CC <sub>máx</sub> (s)
CUADRO 1	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 25 kA; Curva: B	25.00	-	19.93 4.47	0.06 1.26	<0.10 <0.10
PLAZA 29	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	7.83 2.67	0.21 1.80	<0.10 <0.10
PLAZA 30	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	8.08 2.78	0.20 1.65	<0.10 <0.10
PLAZA 31	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	8.36 2.90	0.18 1.52	<0.10 <0.10
PLAZA 32	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	8.65 3.04	0.17 1.38	<0.10 <0.10
PLAZA 33	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	8.96 3.18	0.16 1.26	<0.10 <0.10
PLAZA 34	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 100 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	9.64 3.52	0.14 1.03	<0.10 <0.10
CUADRO 2	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B	25.00	-	19.93 4.60	0.13 2.41	<0.10 <0.10
CUADRO 3	3F+N	Magnetotérmico, Industrial (IEC 60947-2); In: 160 A; Im: 1280 A; Icw: 5000.00 A; Icu: 25.00 kA	25.00	25.00	19.93 4.66	0.25 4.61	<0.01 0.05
CUADRO 4	3F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 125 A; Icu: 25 kA; Curva: B	25.00	-	19.93 3.92	0.13 3.33	<0.10 <0.10

Figura 3.20: Resultados cuadro general 2

Desde el cuadro 1

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	I <sub>b</sub> (A)	Protecciones	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>2</sub> (A)	1.45 x I <sub>z</sub> (A)
PLAZA 25	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	40.95	58.00	59.38
PLAZA 26	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 27	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 28	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 35	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 36	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 37	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25

Figura 3.21: Resultados cuadro 1 1

Esquemas	Polaridad	Protecciones	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> máx (kA)	I <sub>cc</sub> mín (kA)	T <sub>Cable</sub> CC <sub>máx</sub> (s)	T <sub>p</sub> CC <sub>máx</sub> (s)
PLAZA 25	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	3.96	2.38	0.02	<0.10
PLAZA 26	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.10	2.50	0.04	<0.10
PLAZA 27	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.32	2.65	0.04	<0.10
PLAZA 28	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.48	2.76	0.04	<0.10
PLAZA 35	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.48	4.17	0.02	<0.10
PLAZA 36	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.82	4.43	0.02	<0.10
PLAZA 37	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.82	4.43	0.02	<0.10

Figura 3.22: Resultados cuadro 1 2

Desde el cuadro 2

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	I <sub>B</sub> (A)	Protecciones	I <sub>Z</sub> (A)	I <sub>Z</sub> (A)	1.45 x I <sub>Z</sub> (A)
PLAZA 38	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 39	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 40	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 41	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 42	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 43	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 44	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 45	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 46	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25

Figura 3.23: Resultados cuadro 2 1

Esquemas	Polaridad	Protecciones	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> máx (kA)	I <sub>cc</sub> mín (kA)	T <sub>cable</sub> CC <sub>máx</sub> (s)	T <sub>p</sub> CC <sub>máx</sub> (s)	T <sub>p</sub> CC <sub>mín</sub> (s)
PLAZA 38	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	7.15	4.71	0.01 0.03	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 39	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	7.15	4.71	0.01 0.03	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 40	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.61	4.29	0.02 0.04	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 41	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.14	3.94	0.02 0.05	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 42	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.72	3.63	0.02 0.06	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 43	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.35	3.37	0.03 0.06	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 44	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.02	3.14	0.03 0.07	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 45	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	4.73	2.94	0.03 0.09	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 46	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.47	2.76	0.04 0.10	<0.10 <0.10	<0.10 <0.10

Figura 3.24: Resultados desde cuadro 2 2

Desde el cuadro 3

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	I <sub>B</sub> (A)	Protecciones	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>2</sub> (A)	1.45 x I <sub>z</sub> (A)
PLAZA 47	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 48	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 49	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 50	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 51	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 52	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 53	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 54	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 55	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 56	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 57	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 58	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25

Figura 3.25: Resultados desde el cuadro 3 1

Esquemas	Polaridad	Protecciones	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> máx mín (kA)	T <sub>Cable</sub> C <sub>Cmáx</sub> C <sub>Cmín</sub> (s)	T <sub>p</sub> C <sub>Cmáx</sub> C <sub>Cmín</sub> (s)
PLAZA 47	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	3.73 2.26	0.05 0.14	<0.10 <0.10
PLAZA 48	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	3.91 2.37	0.05 0.13	<0.10 <0.10
PLAZA 49	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.12 2.51	0.04 0.12	<0.10 <0.10
PLAZA 50	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.34 2.65	0.04 0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 51	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	4.59 2.82	0.03 0.09	<0.10 <0.10
PLAZA 52	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	4.87 3.01	0.03 0.08	<0.10 <0.10
PLAZA 53	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.18 3.22	0.03 0.07	<0.10 <0.10
PLAZA 54	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.53 3.46	0.02 0.06	<0.10 <0.10
PLAZA 55	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.92 3.73	0.02 0.05	<0.10 <0.10
PLAZA 56	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.37 4.06	0.02 0.04	<0.10 <0.10
PLAZA 57	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.88 4.43	0.02 0.04	<0.10 <0.10
PLAZA 58	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	7.46 4.87	0.01 0.03	<0.10 <0.10

Figura 3.26: Resultados desde el cuadro 3 2

Desde el cuadro 4

Esquemas	Polaridad	P Demandada (kW)	I <sub>B</sub> (A)	Protecciones	I <sub>2</sub> (A)	I <sub>2</sub> (A)	1.45 x I <sub>2</sub> (A)
PLAZA 59	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 60	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 61	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 62	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 63	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 64	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 65	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 66	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 67	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25
PLAZA 68	F+N	7.30	35.12	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	49.14	58.00	71.25

Figura 3.27: Resultados desde el cuadro 4 1

Esquemas	Polaridad	Protecciones	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>cs</sub> (kA)	I <sub>cc</sub> máx mín (kA)	T <sub>cable</sub> CC <sub>máx</sub> CC <sub>mín</sub> (s)	T <sub>p</sub> CC <sub>máx</sub> CC <sub>mín</sub> (s)
PLAZA 59	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.97 3.84	0.02 0.05	<0.10 <0.10
PLAZA 60	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.41 4.17	0.02 0.04	<0.10 <0.10
PLAZA 61	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 10 kA; Curva: C	10.00	-	6.41 4.17	0.02 0.04	<0.10 <0.10
PLAZA 62	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.97 3.84	0.02 0.05	<0.10 <0.10
PLAZA 63	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.58 3.55	0.02 0.06	<0.10 <0.10
PLAZA 64	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	5.23 3.30	0.03 0.07	<0.10 <0.10
PLAZA 65	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	4.91 3.08	0.03 0.08	<0.10 <0.10
PLAZA 66	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 6 kA; Curva: C	6.00	-	4.64 2.89	0.03 0.09	<0.10 <0.10
PLAZA 67	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.38 2.72	0.04 0.10	<0.10 <0.10
PLAZA 68	F+N	Magnetotérmico, Doméstico o análogo (IEC 60898); In: 40 A; Icu: 4.5 kA; Curva: C	4.50	-	4.16 2.56	0.04 0.11	<0.10 <0.10

Figura 3.28: Desde el cuadro 4 2

### Protección contra contactos indirectos

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando, en caso de defecto y debido al valor y duración de la tensión de contacto, puede producirse un efecto peligroso sobre las personas o animales domésticos.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexión a tierra TT y las características de los dispositivos de protección.

La intensidad de defecto se puede calcular mediante la expresión:

$$I_d = \frac{U_0}{R_A + R_B}$$

Figura 3.29: Corriente de defecto

Con:

I<sub>d</sub> Corriente de defecto

U<sub>0</sub> Tensión entre fase y neutro

R<sub>A</sub> Suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de las masas

R<sub>B</sub> Resistencia de la toma de tierra del neutro, sea del transformador o de la línea de alimentación

La intensidad diferencial residual o sensibilidad de los diferenciales debe ser tal que garantice el funcionamiento del dispositivo para la intensidad de defecto del esquema eléctrico.

Tabla 3.16: Resultados corrientes de defecto 1

Esquemas	Polaridad	IB	Protecciones	Id	IDN
PLAZA 25	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 26	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 27	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 28	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 35	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 36	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 37	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 29	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 30	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 31	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 32	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 33	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 34	3F+N	80.19	Diferencial, Instantáneo; In: 100.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 38	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 39	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 40	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 41	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 42	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 43	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 44	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 45	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 46	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 47	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03

Tabla 3.17: Resultados corrientes de defecto 2

Esquemas	Polaridad	IB	Protecciones	Id	IDN
PLAZA 48	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 49	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 50	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 51	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 52	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 53	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 54	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 55	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 56	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 57	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 58	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 59	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 60	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 61	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 62	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 63	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 64	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 65	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.23	0.03
PLAZA 66	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 67	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03
PLAZA 68	F+N	35.12	Diferencial, Instantáneo; In: 40.00 A; Sensibilidad: 30 mA; Clase: A	9.22	0.03

## 3.11 Pliego de condiciones

---

### 3.11.1. Calidad de los materiales

#### Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

#### Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Los conductores se han dimensionado en función de la ITC BT-19, 20 y 28 donde se especifica que para locales de pública concurrencia se empleará RZ1-K (AS).

#### Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

#### Conductores de protección

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

#### Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.

### 3.11.2. Normas de ejecución de las instalaciones

#### Aparatos de mando y maniobra

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas. Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

#### Aparatos de protección

**Protecciones contra sobreintensidades** Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

**Protección contra sobrecargas** Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados interruptores automáticos con curva térmica de corte.

**Protección contra cortocircuitos** Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

**Interruptores automáticos de baja tensión** Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

- Intensidad asignada (In).
- Capacidad para el seccionamiento.
- Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y I si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

**Protección contra sobretensiones** Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 52 apartado 6.4.:

Todos los circuitos deben estar protegidos contra sobretensiones temporales y transitorias.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

**Protección contra contactos directos e indirectos** Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Los medios a utilizar son los siguientes:

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

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados.
- 50 V en los demás casos.

Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.

Debe cumplirse la siguiente condición:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s}$$

**Figura 3.30:** Condición para contactos indirectos

Donde:

R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).

V<sub>c</sub>: Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).

I<sub>s</sub>: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

---

---

## CAPÍTULO 4

# Estudio de armónicos

---

### 4.1 Introducción

---

Los sistemas eléctricos actuales están formados por una gran cantidad de cargas que generan armónicos, estas cargas se denominan no lineales. Son alimentadas con una onda senoidal de frecuencia constante, la red, y generan otras ondas diferentes con diferentes frecuencias, esto es el fenómeno conocido como armónicos. Los sistemas electrónicos como ordenadores, variadores de frecuencia, aires acondicionados, ascensores, etc., generan armónicos y distorsionan la red, por lo que podemos afirmar que todos estos dispositivos han mejorado la calidad de vida, pero a su vez contaminan el sistema eléctrico. Otro claro ejemplo de generadores de armónicos son los cargadores de baterías, ya que para realizar la carga se debe transformar la onda alterna en continua, para dicha transformación se emplean convertidores los cuales funcionan mediante transistores, cortan la onda de tensión produciendo consumos de corriente no lineales, estos sistemas son nombrados como: fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado o SMPS (Switched Mode Power Supply). Los armónicos generan problemas técnicos y económicos, por lo que su estudio y erradicación producen beneficios directos en cualquier instalación.

La introducción de flotas de recarga para vehículos eléctricos incrementará la distorsión armónica, por lo que se hace necesario nuevos sistemas de simulación y estudio de estas perturbaciones en la red. Estos sistemas pueden tener impactos sobre la red eléctrica tales como alteración en la regulación del voltaje, niveles altos de distorsión de armónicos, desequilibrado de las fases e incremento de las pérdidas en los transformadores y su reducción de vida. Diversos estudios como "Evaluación de impacto de diferentes penetraciones de vehículos eléctricos en sistemas de distribución de baja tensión" (Impact assessment of varying penetrations of electric vehicles on low voltage distribution system), lo demuestran. Para poder simular las perturbaciones que va a generar el sistema se va a diseñar un rectificador controlado tipo puente, el cual simulará la parte de rectificación de un sistema de recarga, la parte que mayores perturbaciones generará.

### 4.2 Definición de armónicos

---

Para poder estudiar la generación de armónicos primero debemos de conocer la red con la que es alimentado el sistema. El sistema eléctrico en España es una onda senoidal de 50 Hz de frecuencia. Cuando se alimenta a una carga y la corriente que consume es proporcional a la tensión, también es senoidal, es una carga lineal, por ejemplo, las estufas resistivas. En contra posición encontramos las cargas no lineales, cuando se le aplica una tensión a una carga no lineal esta produce una corriente la cual no es proporcio-

nal a la senoidal de tensión, se trata de una onda perturbada, las ondas que se generan se superponen creando múltiples frecuencias diferentes a la de 50Hz, las múltiples frecuencias que se generan son los armónicos de la frecuencia fundamental, lo que puede producir alteraciones tanto en el valor eficaz o RMS (Root Mean Square) como en el valor pico. Cuando la corriente recorre el circuito y vuelve al generador, dependiendo de su impedancia interna puede alterar también la onda de tensión generada, en caso de que el generador cuente con una impedancia alta las corrientes armónicas también alterarían la onda de tensión, empeorando la situación.

Los armónicos se clasifican en función de su amplitud y frecuencia, la amplitud se trata del valor de la tensión o corriente, mientras que el orden es la frecuencia respecto de la fundamental (el quinto armónico sería de 150Hz). Los armónicos pares no son causantes de problemas en las instalaciones, pero los impares sí, en especial el tercer y el quinto armónico. Otra forma de medir los armónicos es mediante la distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distortion), con el THD podemos relacionar los armónicos presentes en la red con la fundamental.

$$THD = \frac{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}{y_1} \cdot 100$$

**Figura 4.1:** Cálculo de THD

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}{I_1} \cdot 100$$

**Figura 4.2:** Cálculo de THD de corrientes

Si es conocida la fundamental se puede simplificar en:

$$THD = \sqrt{\left(\frac{I_{RMS}}{I_1}\right)^2 - 1} \cdot 100$$

**Figura 4.3:** Cálculo de THD simplificado

Para explicar cómo intervienen los armónicos en la red se ha realizado un pequeño esquema en Simulink, donde mediante el bloque "Overmodulation" se ha inyectado armónicos de tercer orden en una red perfectamente senoidal de amplitud igual a uno, frecuencia de 50Hz y sin desfase, esto se ha conseguido con el bloque "Three-Phase Sine Generator". Concretamente "Overmodulation" inyecta un 15,47% ( $2/\sqrt{3}$ ) de armónicos de tercer orden.

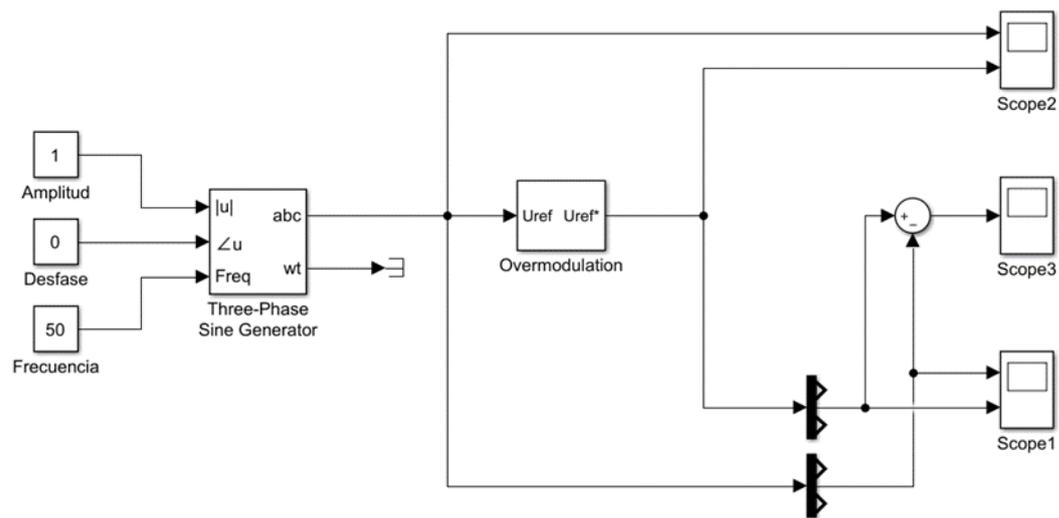


Figura 4.4: Generador de armónicos de tercer orden

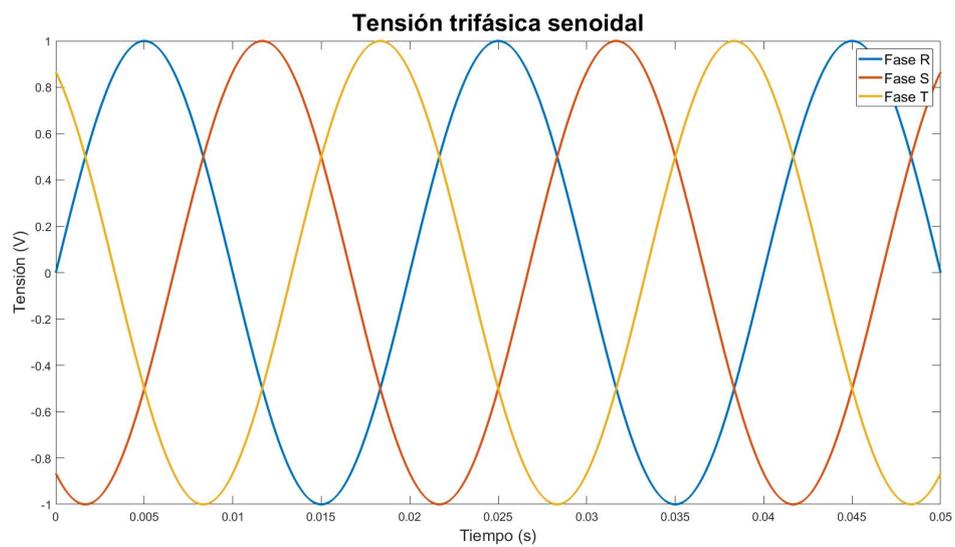
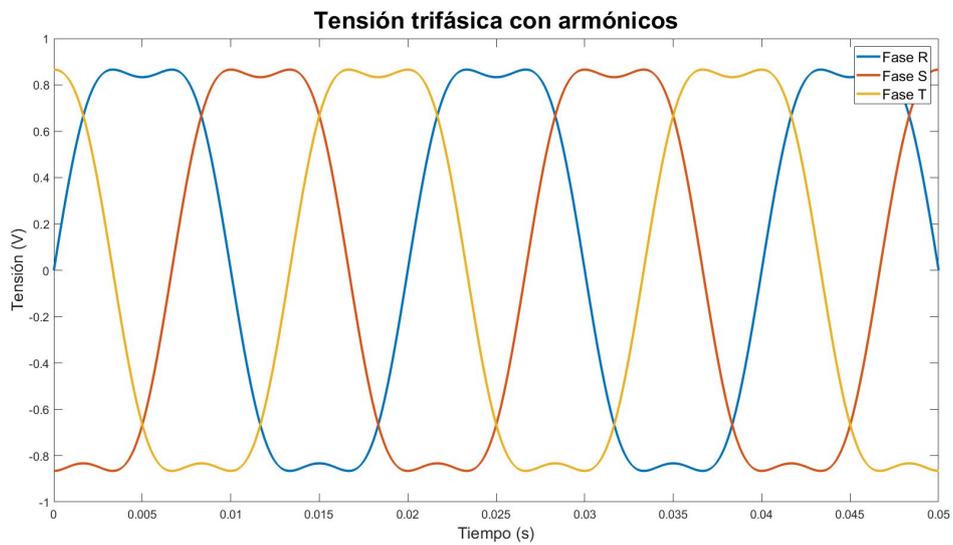


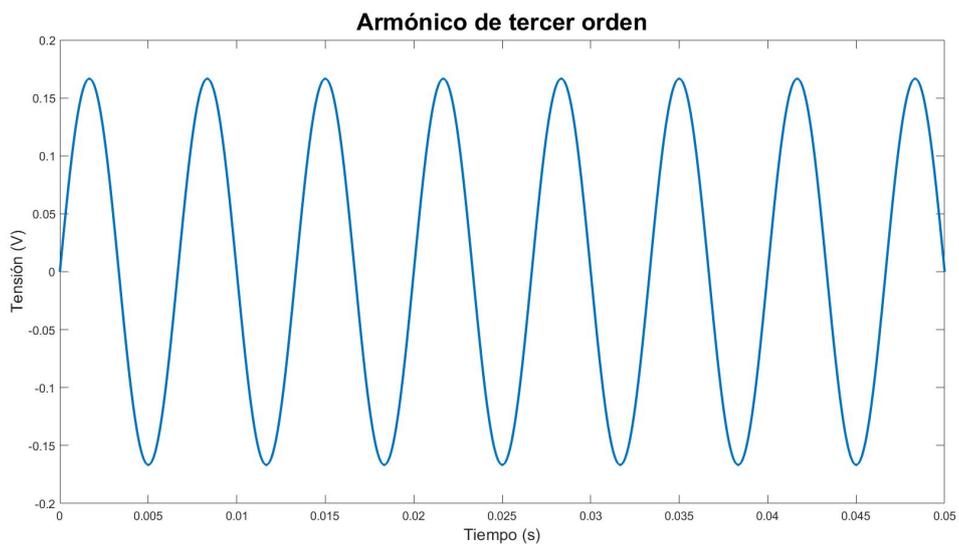
Figura 4.5: Tensión trifásica de amplitud 1

Tras la inyección de armónicos tenemos:



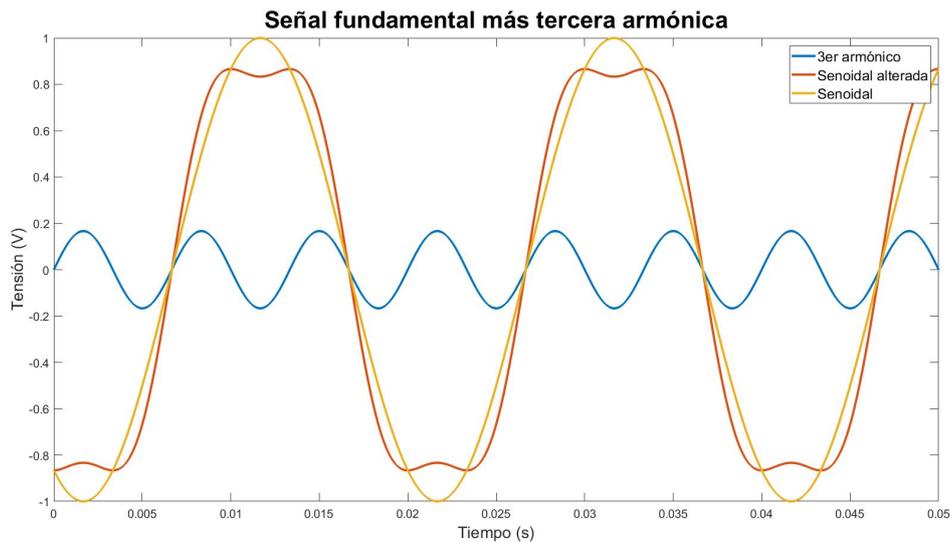
**Figura 4.6:** Tensión trifásica con armónicos de tercer orden

Después se han restado ambas ondas para obtener el valor del armónico.



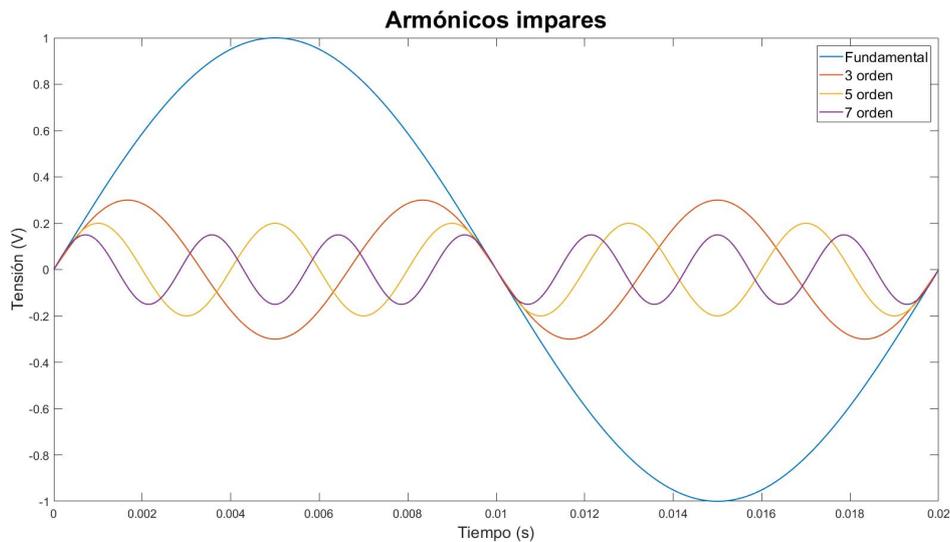
**Figura 4.7:** Armónico de tercer orden

Uniendo las 3 ondas es fácil observar cómo funciona la alteración armónica.



**Figura 4.8:** Trifásica fundamental y tercera armónico

Los armónicos impares son los más perjudiciales para la red. Comparando la fundamental con los armónicos impares principales obtenemos:



**Figura 4.9:** Armónicos impares

#### 4.2.1. Efectos de los armónicos

No existe un estándar que dicte el THD límite, pero si existen recomendaciones para mejorar el funcionamiento. Ordenadores y sistemas electrónicos como controladores normalmente requieren una distorsión total de armónicos inferior al 5 % y que el mayor de estos no sea superior al 3 %. Los armónicos pueden producir diversos efectos, entre ellos los más frecuentes son:

- Funcionamientos erráticos en sistemas sensibles.
- Sobrecalentamientos en los conductores especialmente en el neutro de las instalaciones, debido al efecto pelicular.

- Pérdida de capacidad en líneas de distribución de energía.
- Sobrecarga de los transformadores.
- Descalcificación transformadores.
- Disparos intempestivos de Interruptores Automáticos y Diferenciales.
- Incremento de las pérdidas por efecto Joule.
- Disminución del factor de potencia de una instalación y envejecimiento e incluso destrucción de las baterías de condensadores utilizadas para su corrección debido a fenómenos de resonancia y amplificación.
- Vibraciones en cuadros eléctricos y acoplamientos en redes de telefonía y de datos.
- Deterioro de la forma de onda de la tensión, y consiguiente malfuncionamiento de los aparatos eléctricos.
- Calentamientos, degradaciones en los aislamientos, embalamientos y frenados en motores asíncronos.
- Degradaciones del aislamiento de los transformadores, pérdida de capacidad de suministro de potencia en los mismos.
- Pérdidas magnéticas en máquinas eléctricas.

Todo ello produce un coste económico debido a:

- Mayor consumo eléctrico y recargo por energía reactiva.
- Necesidad de sobredimensionamiento de los conductores y de las potencias contratadas en una instalación.
- Necesidad de sustitución con mayor frecuencia de los aparatos y máquinas dañados por los armónicos.
- Paradas debidas a los disparos intempestivos de los elementos de protección y mando.

## 4.3 Simulación

---

### 4.3.1. Funcionamiento del rectificador tipo puente

Para poder realizar el sistema en Simulink es necesario comprender el funcionamiento de un rectificador controlado tipo puente. La teoría de funcionamiento es sencilla, a partir de una tensión senoidal alterna y mediante 4 transistores se obtiene una corriente continua, aunque debe ser filtrada.

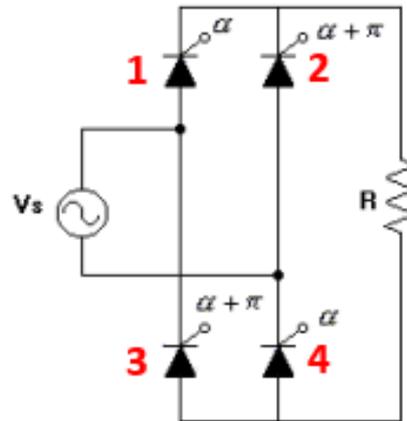


Figura 4.10: Rectificador tipo puente

Los transistores son conmutados en grupos de dos, es decir, en un determinado tiempo conducen el 1 y el 4 y en otro el 2 y el 3, para que conduzcan se debe de aplicar una señal de control a sus terminales de puerta. Concretamente el desfase entre grupos es de o lo que es lo mismo 180 grados, de esta forma cada grupo conduce en un semiperiodo de la onda senoidal de entrada.

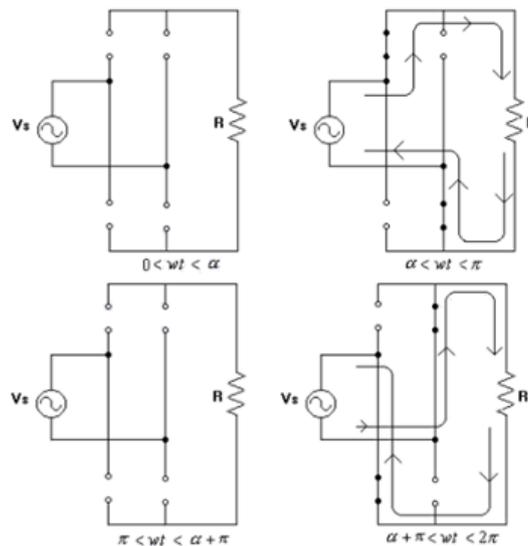


Figura 4.11: Funcionamiento rectificador tipo puente

Para poder realizar el sistema en Simulink se van a definir las dos partes, en primer lugar, una parte que simula el sistema eléctrico, formada por los tiristores y la parte de control, dedica a generar los pulsos que producirán el disparo de estos.

### 4.3.2. Control

En esta parte mediante unas constantes de entrada se realizará unas ondas cuadradas de amplitud y frecuencia establecida que ejecutarán la conmutación de los diferentes tiristores, las constantes de entrada, las cuales se pueden modificar para obtener diferentes escenarios son:

- **Amplitud:** hace referencia al valor máximo de la señal de conmutación, se ha elegido uno para mejorar la visualización, pero en Simulink los tiristores conmutan si reciben una señal diferente de 0, por lo que el valor de la amplitud no es relevante.
- **Ancho de pulso:** es la duración de cada uno de los pulsos de la onda cuadrada en tanto porcentual de la duración del periodo. Se ha seleccionado 20% por ser un valor común en los rectificadores.
- **Retraso o delay:** determina el tiempo en el que el sistema no ha inicia la conmutación.
- **Periodo:** se trata del tiempo en el que se repite el ciclo de la onda cuadrada, toma el mismo valor que la inversa de la frecuencia. Se ha escogido 1/10000 ya que se trata de un valor típico de disparo.

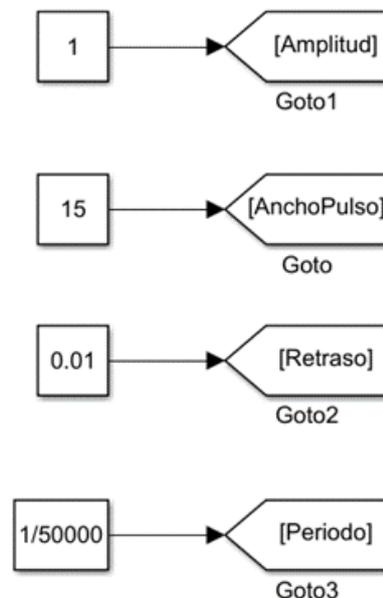


Figura 4.12: Constantes del sistema

Para realizar esta parte se han empleado bloques de constantes (a la izquierda) y etiquetas o "tags" (a la derecha). La utilización de etiquetas permite transportar señales en el sistema sin hacerlo mediante líneas, lo cual simplifica sustancialmente el esquema, las etiquetas están formadas por una parte receptora ("GoTo") y una emisora ("FromTo").

- En primer lugar, se establece el tiempo en el que comienza el sistema, es decir, se va a aplicar el "delay", para ello es necesario explicar dos partes.

La primera, añadirá a una señal que irá aumentando desde 0 hasta 10 durante 10 segundos, cada segundo incrementará en uno, esto se realiza con el bloque reloj o "clock". A dicha señal se le resta el retraso mediante el bloque de suma.

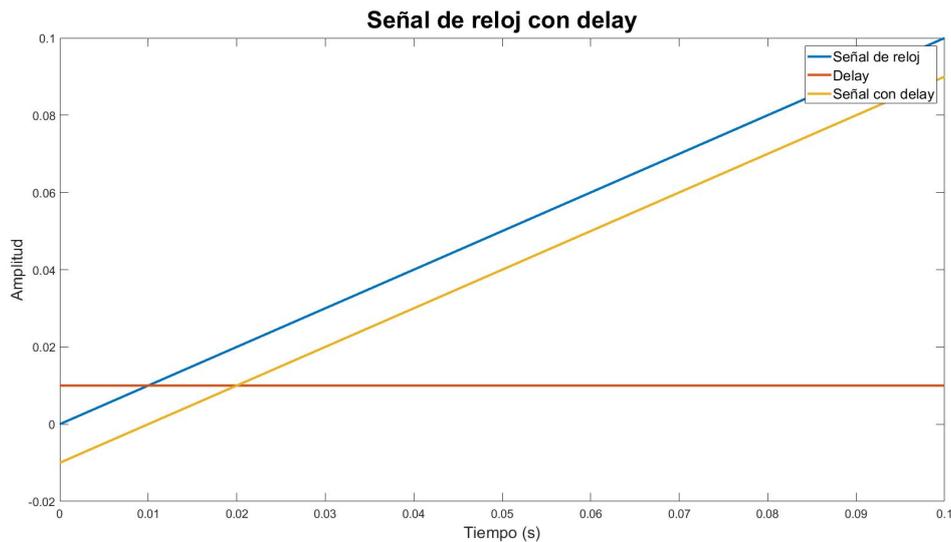


Figura 4.13: Señal del reloj con delay

La segunda, está formada por un bloque que realiza la misma función que un condicional, de esta forma discriminamos, en caso de que la señal anterior sea inferior o igual a 0 el bloque entregará 0, en caso contrario, devolverá la amplitud anteriormente definida.

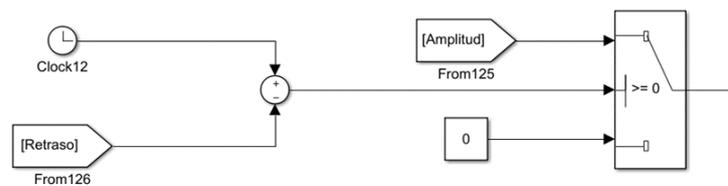


Figura 4.14: Armónico 1

- El siguiente punto a estudiar es el bloque “mod” el cual teniendo de entrada la señal anteriormente estudiada (Señal reloj con el retraso aplicado) y el periodo, genera una señal triangular que varía desde 0 hasta el valor del periodo. Para facilitar el estudio de este bloque se ha establecido el periodo como 1.

Cuando la señal del reloj coincide con el periodo o un múltiplo de este la salida del bloque es ese valor, después el valor de salida se reinicia y comienza en 0.

Tabla 4.1: Funcionamiento del bloque "mod"

Tiempo (s)	Señal de reloj	Periodo	Salida	Tiempo (s)	Señal de reloj	Periodo	Salida
1	0,999	1	0,999	1,9999	1,9989	1	0,9989
1,0001	0,9991	1	0,9991	2	1,999	1	0,999
1,0002	0,9992	1	0,9992	2,0001	1,9991	1	0,9991
1,0003	0,9993	1	0,9993	2,0002	1,9992	1	0,9992
1,0004	0,9994	1	0,9994	2,0003	1,9993	1	0,9993
1,0005	0,9995	1	0,9995	2,0004	1,9994	1	0,9994
1,0006	0,9996	1	0,9996	2,0005	1,9995	1	0,9995
1,0007	0,9997	1	0,9997	2,0006	1,9996	1	0,9996
1,0008	0,9998	1	0,9998	2,0007	1,9997	1	0,9997
1,0009	0,9999	1	0,9999	2,0008	1,9998	1	0,9998
1,001	1	1	1	2,0009	1,9999	1	0,9999
1,001	1	1	1	2,001	2	1	1
1,001	1	1	1,29E-14	2,001	2	1	1,00E+00
1,0011	1,0001	1	0,0001	2,001	2	1	3,46E-14
1,0012	1,0002	1	0,0002	2,0011	2,0001	1	0,0001
1,0013	1,0003	1	0,0003	2,0012	2,0002	1	0,0002
1,0014	1,0004	1	0,0004	2,0013	2,0003	1	0,0003
1,0015	1,0005	1	0,0005	2,0014	2,0004	1	0,0004
1,0016	1,0006	1	0,0006	2,0015	2,0005	1	0,0005
1,0017	1,0007	1	0,0007	2,0016	2,0006	1	0,0006
1,0018	1,0008	1	0,0008	2,0017	2,0007	1	0,0007
1,0019	1,0009	1	0,0009	2,0018	2,0008	1	0,0008
1,002	1,001	1	0,001	2,0019	2,0009	1	0,0009

Quedando el esquema como:

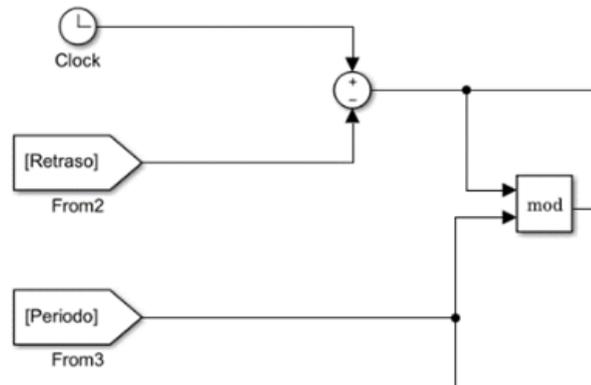
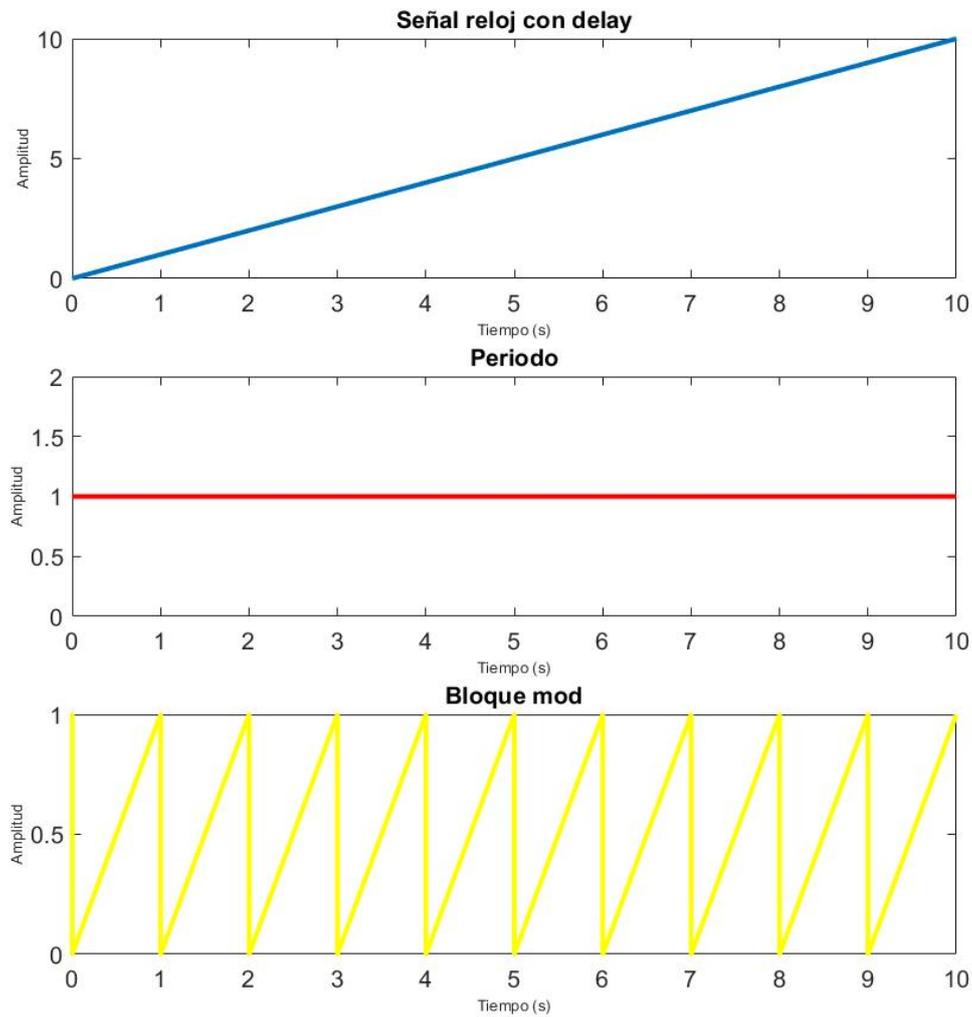


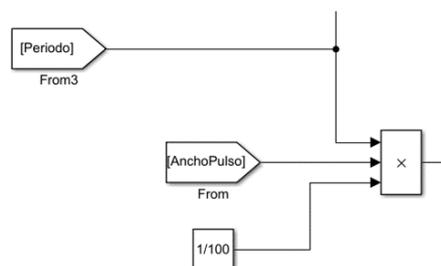
Figura 4.15: Armónico 2

De esta forma obtenemos una triangular de la frecuencia que sea necesario.



**Figura 4.16:** Función bloque "mod"

- La tercera parte del sistema se encarga de obtener el valor del ancho de pulso, el valor introducido en los bloques de constantes es un valor porcentual respecto del periodo, por lo que para saber el ancho de pulso únicamente tendremos que multiplicar el ancho de pulso por el periodo y dividirlo entre cien. Para ello empleamos el bloque "Product".



**Figura 4.17:** Armónico 3

- El siguiente punto es comparar el valor del ancho de pulso con la triangular generada anteriormente, con el bloque "Relational operator" seleccionado como menor o igual ( $\leq$ ). Con dicho bloque en caso de que el valor de la triangular sea inferior al ancho de pulso el bloque devolverá 1, en caso contrario 0.

Continuamos con el periodo de 1 para facilitar la comprensión.

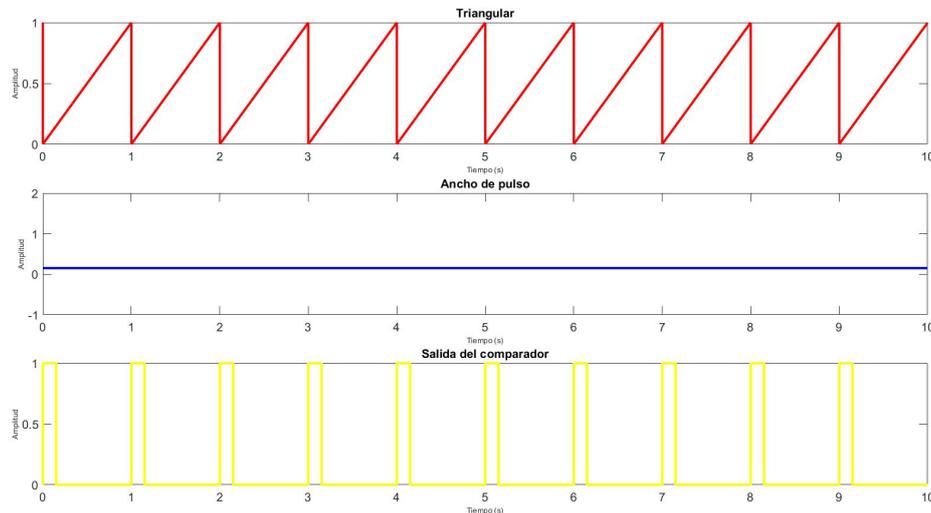


Figura 4.18: Generador de tren de pulsos

- Únicamente faltaría que la amplitud del tren de pulsos tuviera la amplitud que hemos indicado al principio. Para conseguir esto únicamente necesitamos multiplicar el tren de pulsos por la amplitud.
- Con lo explicado anteriormente obtenemos el tren de pulsos de la amplitud necesaria pero necesitamos el otro tren de pulsos que activará el otro conjunto de tiristores, entre ambos debe de haber un desfase de 180 grados.

Para conseguir dicho desfase se ha añadido como si fuera un retraso o "delay". Para conseguirlo únicamente se ha extraído el periodo y se ha reducido a la mitad mediante una ganancia de 0.5. Después de realizar esto se le aplica la señal producida por el reloj, de esta forma ya tenemos la señal del reloj y otra desfasada medio periodo, para no tener que duplicar todos los bloques explicados anteriormente se ha empleado el bloque "Mux" que nos permite transportar dos señales en la misma línea, de esta forma podemos utilizar la señal de ambos grupos de transistores como si de una única se tratará y agilizar los tiempos de compilación, a la vez que se simplifica el sistema.

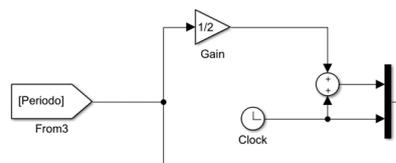


Figura 4.19: Armónico 4

La señal obtenida es:

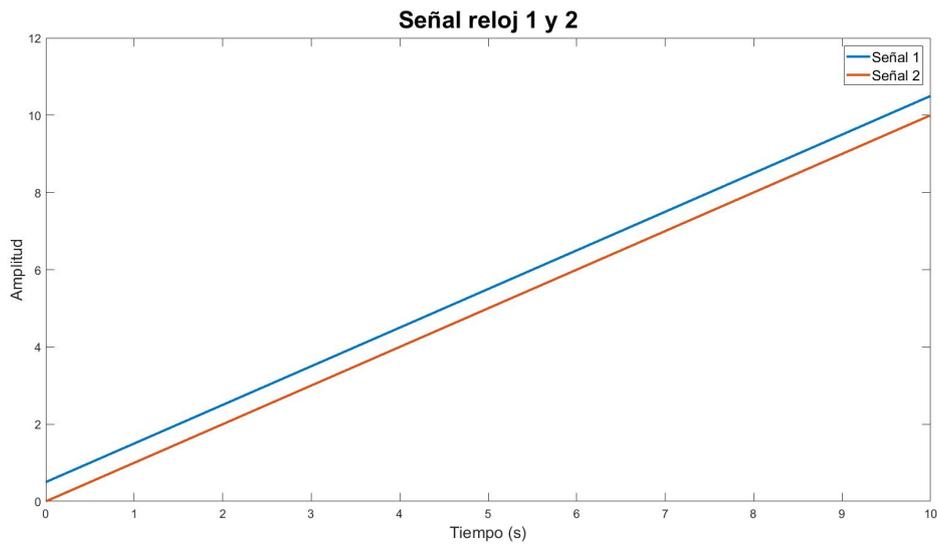


Figura 4.20: Comparación de señales desfasadas

- Por último, para poder separar las señales que irán a cada uno de los tiristores empleamos el bloque contrario al anterior, “demux”. Al igual que al principio del sistema se han empleado etiquetas. De esta forma obtenemos dos trenes de pulsos idénticos pero desfasados 180 grados entre ellos.

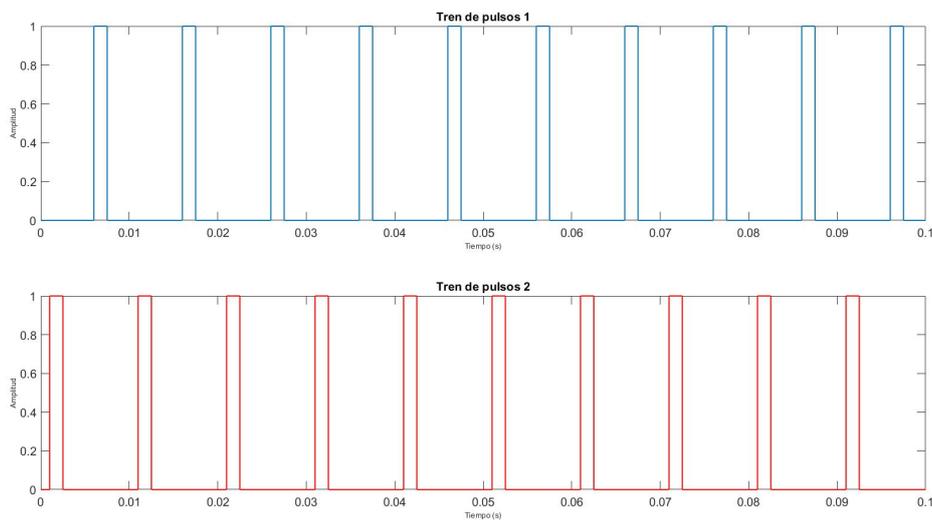


Figura 4.21: Trenes de pulsos

Los trenes de pulsos representados son a un periodo de 0.01.

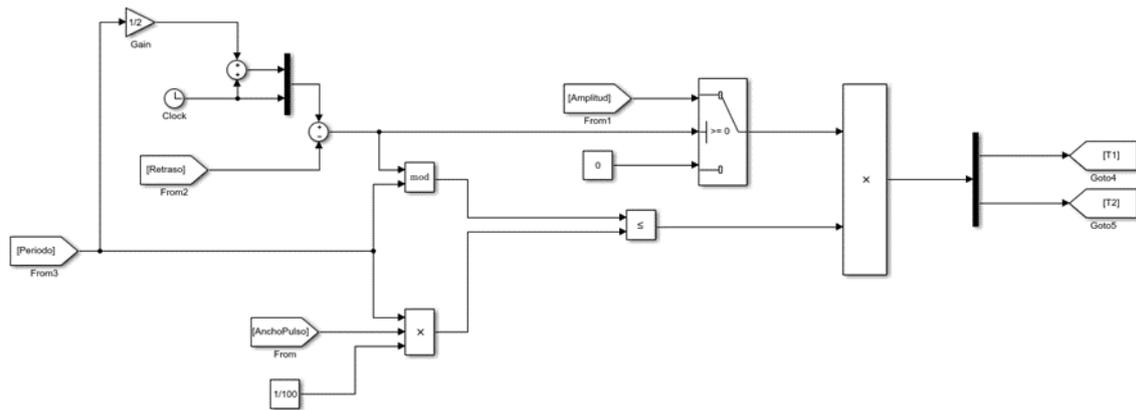


Figura 4.22: Esquema de control completo

### 4.3.3. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está formado por un generador trifásico de 400V entre fases y 50 Hz de frecuencia. Para medir la tensión y corriente del sistema completo se ha empleado el bloque de medida trifásica o “Three-Phase V-I measurement”. Se han distribuido los 36 cargadores entre las fases, dejando 12 por fase. Para facilitar el esquema se ha empleado el bloque de subsistema o “Subsystem”, el cual permite tener parte del esquema dentro de un bloque, para interactuar con el empleamos entradas y salidas, en nuestro caso únicamente necesitamos entradas. Como entradas tenemos los dos trenes de pulsos de los tiristores y como entrada física la fase del sistema, el neutro se ha incluido dentro del subsistema.

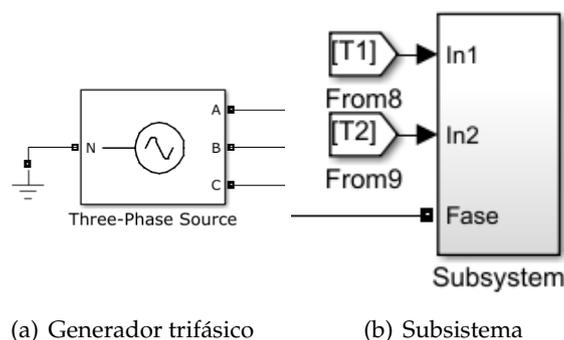


Figura 4.23: Algoritmo 5

Dentro del subsistemas únicamente encontramos los tiristores y una resistencia para que la corriente circule y produzca un consumo similar al de los puntos de recarga, 7.3kW. Las entradas empleadas para el disparo de los tiristores se conectan a etiquetas, mientras que la fase va directamente al puente de conmutación.

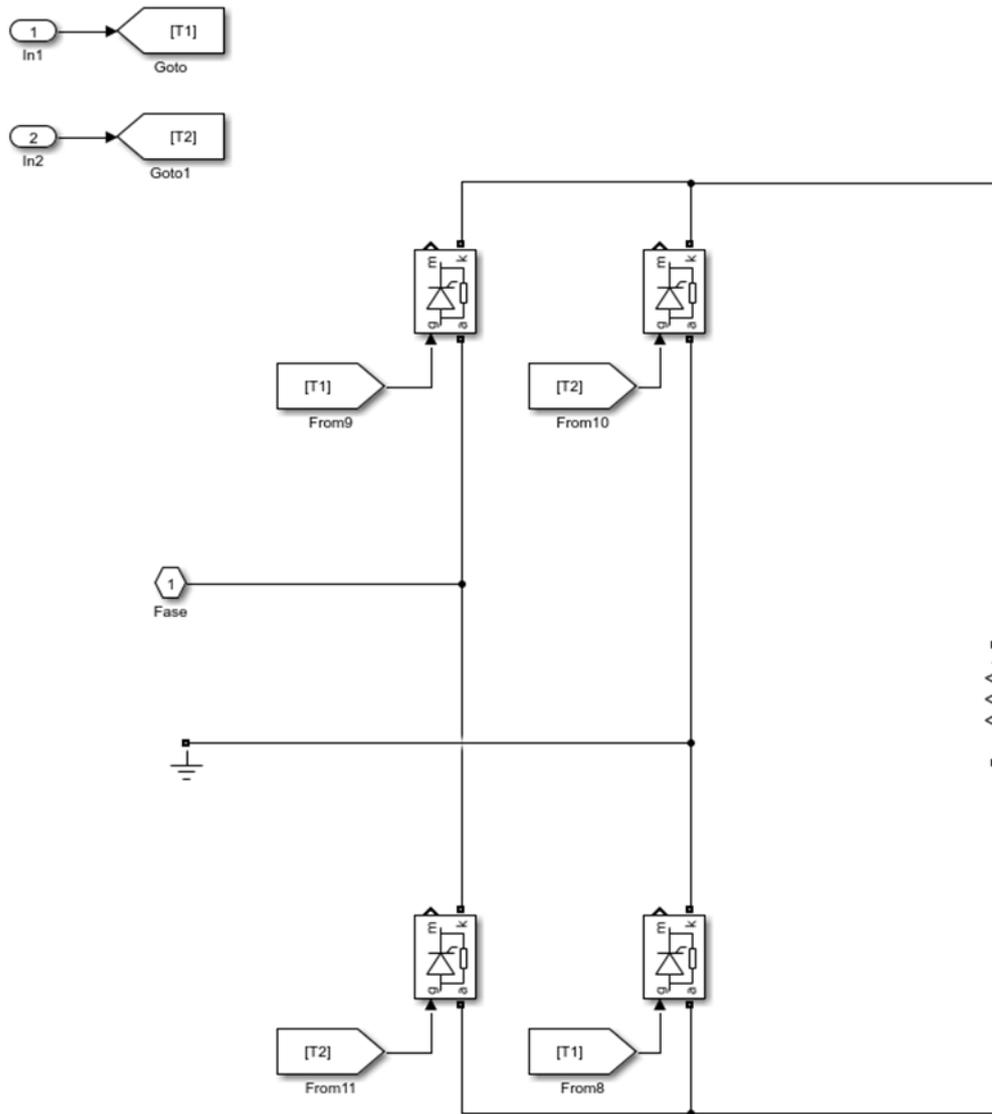


Figura 4.24: Subsistema

Por lo que el sistema eléctrico al completo quedaría:

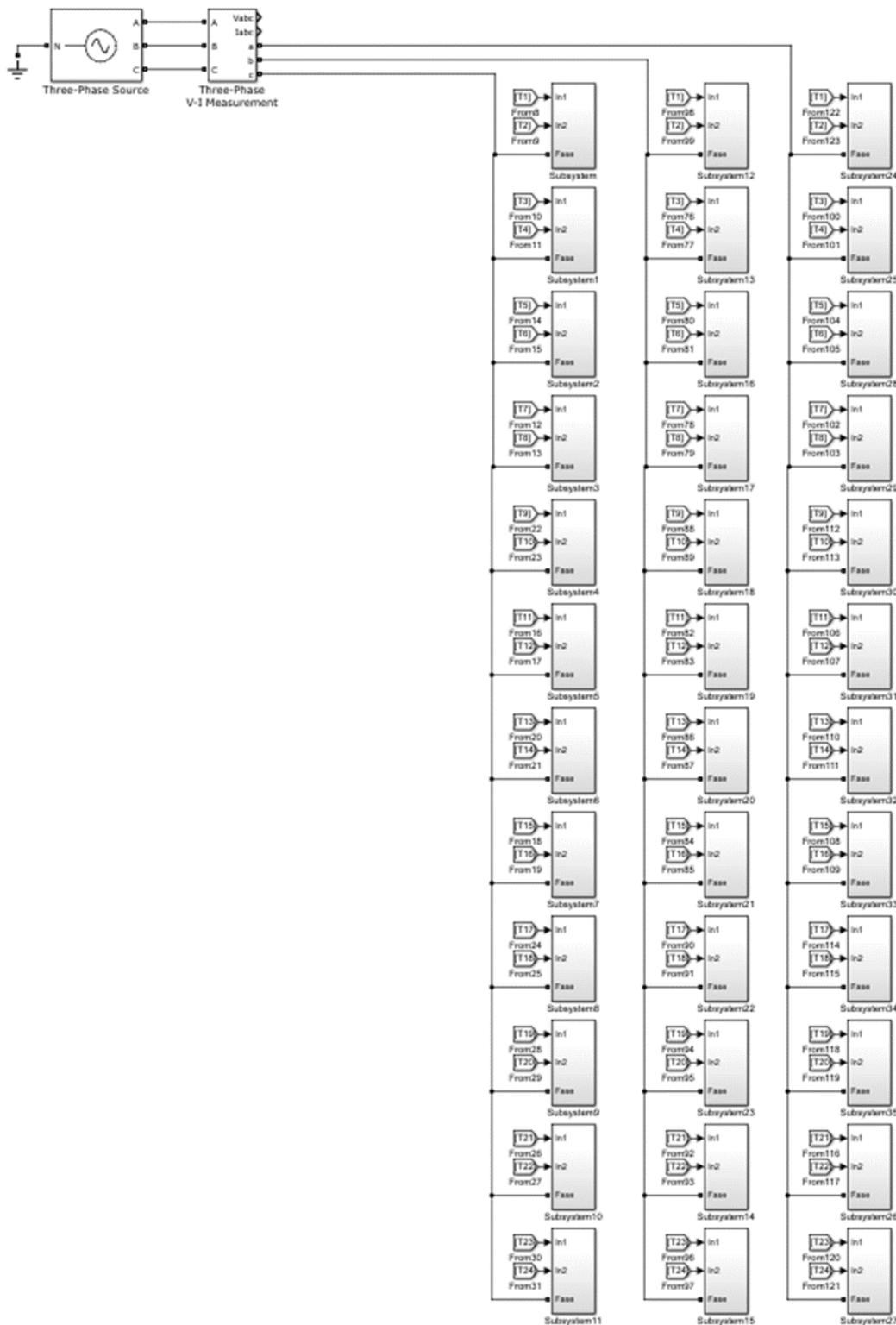


Figura 4.25: Sistema eléctrico completo

## 4.4 Resultados

En primer lugar, se va a estudiar cómo se ha alterado la onda senoidal monofásica de uno de los cargadores.

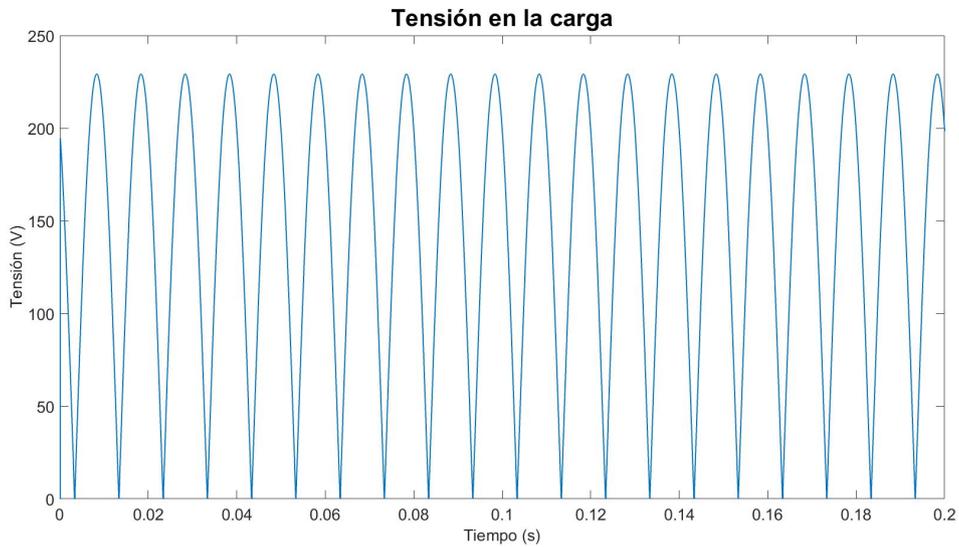


Figura 4.26: Tensión en la carga

Con mayor detalle podemos observar que no son semiciclos de una senoidal perfectos, sino que tienen una distorsión. Esto es debido a los tiempos de conmutación de los transistores, cuanto mayor es la velocidad de conmutación menor es esta distorsión.

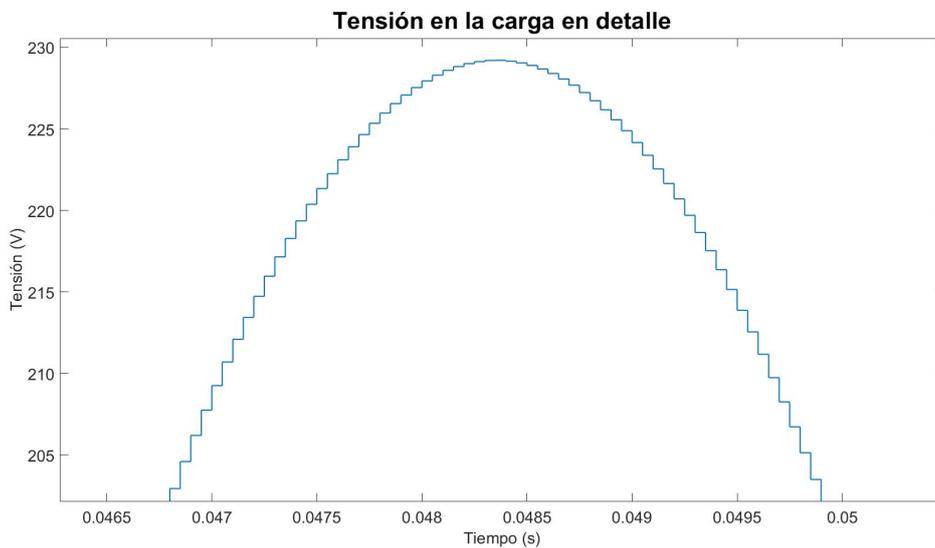


Figura 4.27: Tensión en la carga en detalle

Producido por lo anterior, el conjunto de todos los cargadores genera una distorsión en la corriente del sistema.

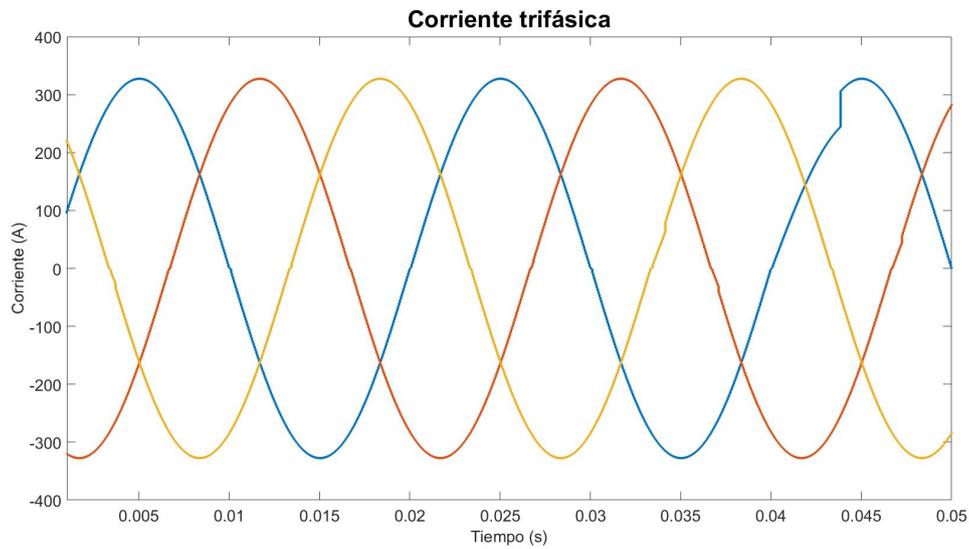


Figura 4.28: Corriente trifásica

Como se puede observar existen huecos de corriente a lo largo de todo el tiempo, esto es lo que producen las cargas no lineales. Para realizar el estudio de los armónicos que producen estas perturbaciones se emplea la herramienta del bloque "powergui" llamada "FFT analysis"

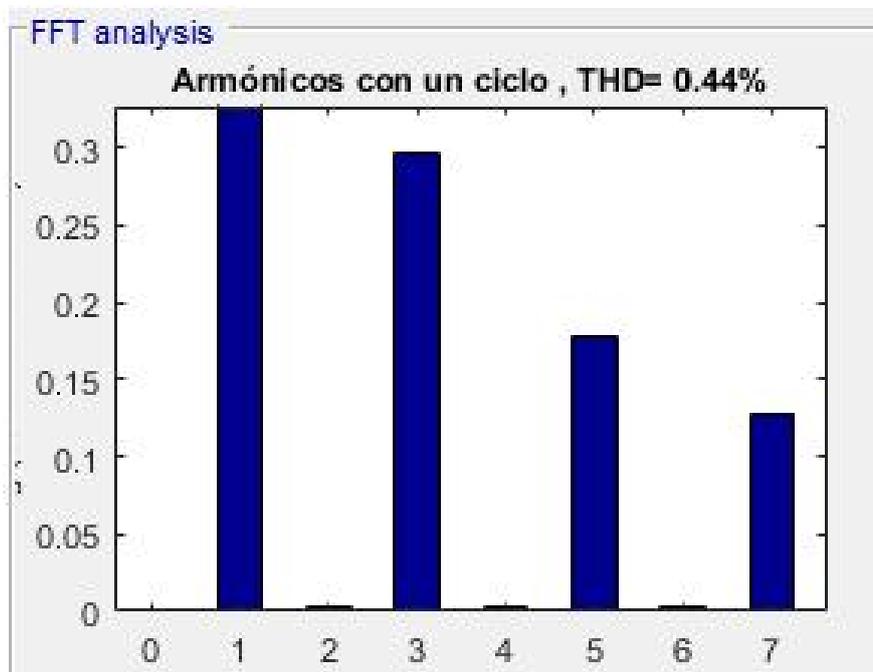


Figura 4.29: FFT análisis armónico de la corriente

Como las baterías cargaran a diferentes tensiones en función del estado de carga, tendremos diferentes armónicos durante un ciclo de carga, por lo que se han probado diferentes supuestos, otro seria.

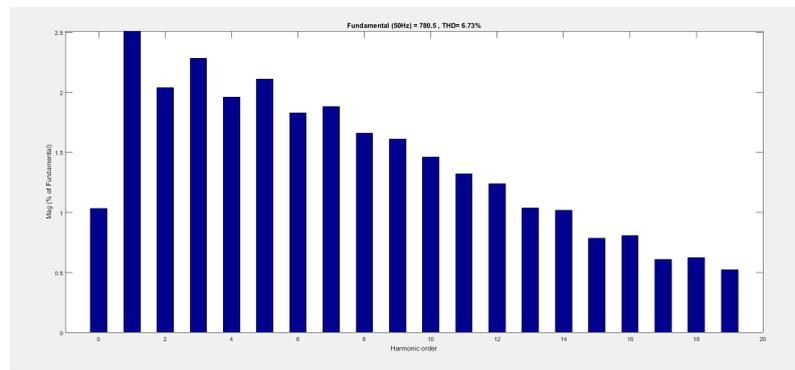


Figura 4.30: Análisis de armónicos segundo supuesto

## 4.5 Conclusiones

Como aparece en la ITC BT-52 se debe realizar un estudio de los armónicos para comprobar si alteraran el sistema, al no disponer de un punto de recarga para testear y obtener los valores de generación de armónicos se ha realizado una simulación en MatLab – Simulink de tiristores para comprobar los armónicos que generán. Se ha realizado el cálculo de 36 cargadores monofásicos de 7,3kW conectados simultáneamente, aunque el estudio no es determinante ya que no se ha diseñado el cargador completamente sí que se puede esperar una respuesta similar a la obtenida. Con el resultado obtenido, un 6.73 % de distorsión armónica total en la corriente no es necesario la introducción de un filtro.



---

# CAPÍTULO 5

## Control de plazas de aparcamiento

---

### 5.1 Objeto

---

La mejora en los sensores y en la monitorización hacen posible la introducción de sistemas de gestión de plazas de aparcamiento de forma económica. Debido al alto coste del terreno en el emplazamiento de la instalación y las restricciones de elevación de los edificios el parquin cuenta con un bajo número de plazas de aparcamiento para la zona, por ello, una gestión activa de las plazas de aparcamiento junto con una señalización que permita agilizar el tiempo se hace necesario.

El control de plazas ocupadas puede implementarse en un futuro próximo en una aplicación móvil del ayuntamiento de Formentera que permita a los usuarios de vehículos tanto eléctricos como de combustión interna conocer el estado de las plazas de aparcamiento y tomar decisiones en función de las necesidades. Así mismo, el programa encargado de gestionar toda la información es muy versátil y fácilmente ampliable por lo que mediante conexión a internet un usuario de vehículo eléctrico que haya conectado su coche a una toma, puede estar al corriente del estado de carga en cualquier momento. De esta forma un parking puede integrarse con la tecnología y hacerlo más útil y amigable, mediante la filosofía de Smart Mobility.

En esta parte se pretende dimensionar una instalación de gestión de plazas ocupadas mediante indicadores luminosos que reporten información de las plazas libres en cada tramo del parking, todo ello gestionado mediante un sistema Scada. Fundamentalmente informa al usuario acerca de dónde están las plazas disponibles. Esto supone una gran ayuda dado que es un problema muy común estar dando vueltas inútilmente a la hora de encontrar una plaza libre. De este modo se puede solventar el problema de la búsqueda de una plaza libre donde estacionar. Además se conectarán los puntos de recarga a dicho programa y un analizador de redes en el inicio de la instalación para obtener una gestión completa del sistema.

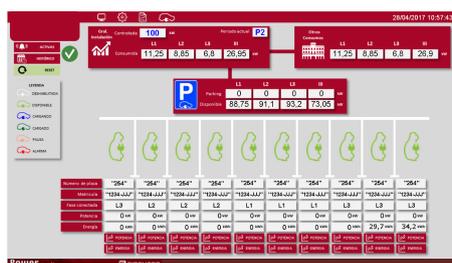


Figura 5.1: Interfaz Scada

---

## 5.2 Análisis del problema

---

Suele suceder que para encontrar una plaza libre, en las horas punta, el conductor debe dar reiteradas vueltas para finalmente no encontrar plaza libre en la planta o zona en que se encuentra. Si la misma operación la realizan numerosos vehículos, la situación se traduce en atascos, tanto en el interior, como en el exterior del parking.

La falta de indicadores luminosos en las plazas de aparcamiento y de rótulos que indiquen en cual de las plantas del aparcamiento hay plazas disponibles, obliga a los conductores a ralentizar la marcha, aumentando considerablemente el tiempo de circulación de los vehículos ocasionando pérdidas de tiempo al usuario.

Por otra parte, al no tener conocimiento del número exacto de plazas libres y no tener un contador de entrada y salida de vehículos, puede haber más coches circulando, en un momento dado, por el interior del parking que plazas libres disponibles.

---

## 5.3 Estudio de la legislación

---

Para la realización de esta instalación se tendrá en cuenta la legislación detallada a continuación:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), así como la Guía Técnica asociada a éste.
- RD 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- RD 7/1988, de 8 de enero, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico (y posteriores modificaciones por RD 154/95).

---

## 5.4 Bases de diseño

---

### 5.4.1. Partes del diseño

Cualquier sistema automatizado cuenta con dos partes diferenciadas:

- Parte operativa: formada por los dispositivos diseñados para la realización de determinadas funciones.
- Parte de control: encargada de recibir la información de la parte operativa, monitorizarla y realizar operaciones en función de esta.

Este proyecto no pretende realizar el diseño de ninguna de estas partes, sino realizar una implementación eficaz de sistemas ya existentes fabricados por Circutor.

### 5.4.2. Estudio de los sensores y sistemas de detección existentes

Un sensor o captador, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc... todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

### 5.4.3. Posibilidad de futuras ampliaciones

El diseño de los sensores de aparcamiento se va a realizar para la totalidad de la instalación, ya que es útil tanto para los vehículos eléctricos como para los de combustión interna, además un desconocimiento del estado de una parcela de plazas de aparcamiento resultaría bastante improductivo a la hora de realizar un control.

Por otra parte, la gestión de puntos de recarga también se va a hacer en su totalidad pero se prevén futuras ampliaciones, mediante pequeños cambios como sustituir el Switch encargado de enviar la información al ordenador estarían cubiertas.

### 5.4.4. Recursos empleados

Los recursos que se van a emplear para la realización de este proyecto se definen a continuación:

- Dispositivo en la plaza de aparcamiento: esta unidad consiste en una caja que se colocará en la cabecera de las plazas, el dispositivo cuenta con un sensor de ultrasonidos para la detección de ocupación, LEDs dedicados a indicar el estado de la plaza y otros para mejorar la iluminación.
- Unidad de línea: con ella se alimentará a los dispositivos situados en las plazas de aparcamiento, además servirá para recoger los datos de un conjunto de plazas, es decir, conocer si están libres u ocupadas.
- Display informativo: mediante displays situados estratégicamente en el parking los usuarios podrán conocer el estado de las plazas colindantes y tomar decisiones que mejoren la velocidad de encontrar una plaza libre.
- Convertidor RS485-RS232: mediante este dispositivo convertiremos el protocolo RS485 a RS232, los diferentes elementos reciben y dan información mediante RS485, mientras que para que el ordenador pueda gestionar dicha información es necesario el convertidor.
- Convertidor AC/DC: Todos los elementos de control funcionan mediante corriente continua, de la red obtenemos corriente alterna y mediante el convertidor AC/DC obtenemos la tensión para alimentar el sistema.
- Switch: es el dispositivo analógico empleado para realizar la interconexión entre equipos, de esta forma podemos recibir la información de diversos convertidores para gestionarla en un único ordenador, o lo que es lo mismo, tenemos la capacidad de fusionar diferentes tramos de la red en uno único.
- Ordenador: es el encargado de interpretar la información recibida del resto de dispositivos. En él irá instalado un programa Scada, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. El Scada empleado es el desarrollado por Circutor.

Por lo tanto, los sensores forman parte del grupo operativo de la instalación.

Para la gestión de plazas ocupadas se ha elegido un sensor de ultrasonidos, por los siguientes motivos:

- El sensor de tipo ultrasónico es especialmente útil a la hora de detectar la presencia de un objeto (en este caso vehículos).
- No le afectan los colores ni los distintos tamaños o formas que pueda tener el vehículo que esté estacionado en la plaza.
- Este tipo de sensores no precisa de contacto con el objeto para identificar su presencia.
- La naturaleza del material detectado (sea metálica o no) no afecta a la capacidad de detección del sensor.
- Su implementación es sencilla, además de su funcionamiento.

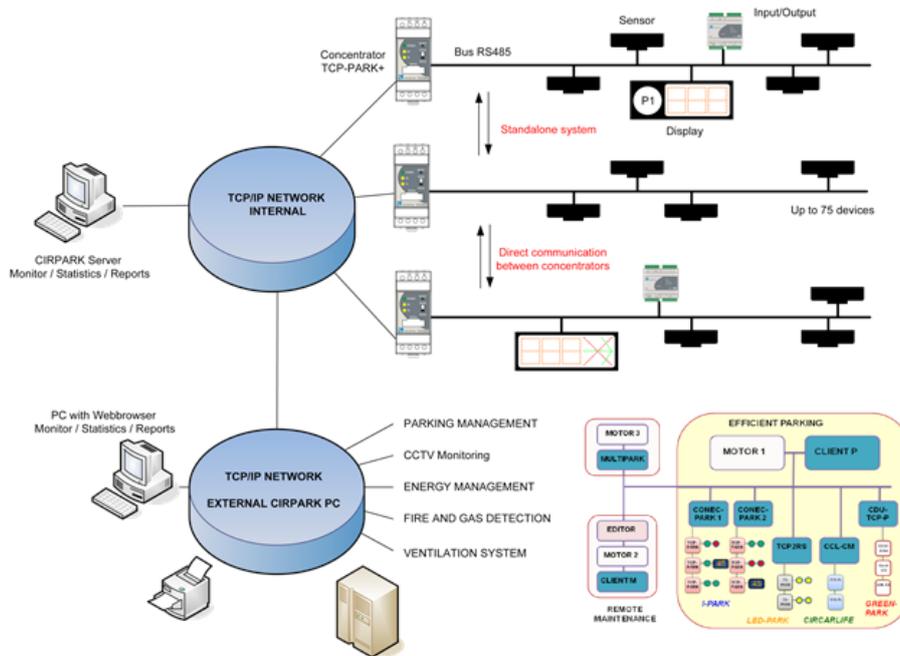
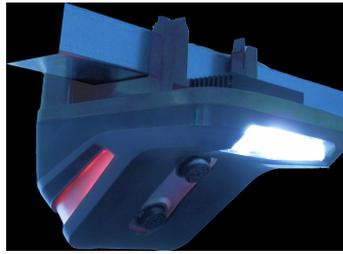


Figura 5.2: Esquema de conexión de control

## 5.5 Elementos

### 5.5.1. Sensor

Para este parking se ha seleccionado el sensor Trilogy de Circutor, el cual se instala en la cabecera de las plazas, el dispositivo cuenta con un sensor de ultrasonidos para la detección de ocupación, LEDs dedicados a indicar el estado de la plaza y otros para mejorar la iluminación. El sistema es conectado directamente al carril que es utilizado como canalización tanto para los cables encargados de la comunicación con Scada como



**Figura 5.3:** Sensor Trilogy

los de alimentación, se va a emplear la misma canalización para transportar los cables de comunicación de los cargadores. El dispositivo presenta las siguientes características:

- Tensión de trabajo: 24/48 Vdc
- Consumo: 5W
- Comunicación: RS-485
- IP54

### 5.5.2. Displays



**Figura 5.4:** Display 3 dígitos

Para la entrada se va a utilizar un display que indique el número total de plazas disponibles, de esta forma el usuario conocerá antes de acceder al parking si va a ser posible aparcar o no.



**Figura 5.5:** Display 2 dígitos

Mientras que para el interior con displays de dos dígitos es suficiente.

### 5.5.3. Sistema de canalización



Figura 5.6: Canalización para sistema de control

Para realizar el transporte de energía y datos a los diferentes elementos del sistema se va a emplear la canalización propia de Circontrol. Además, será necesario otros elementos para poder realizar las uniones entre canalizaciones, las intersecciones y los ángulos.



Figura 5.7: Accesorios para canalización

Para conectar la canalización al techo del parking son necesarios dos elementos adicionales: el conector a la canalización y el cable de conexión.



Figura 5.8: Sujeción de canalización

### 5.5.4. Conversor RS485 a RS232



Figura 5.9: Conversor RS485 a RS232

Este conversor nos permitirá conectar los diferentes elementos con el ordenador principal de control. Los elementos trabajan con protocolo RS485 mientras que el ordenador con RS232 por lo que este elemento es indispensable. Con un solo conversor se pueden controlar hasta 50 elementos (sensores/displays).

### 5.5.5. Fuente de alimentación



**Figura 5.10:** Fuente de alimentación continua 48V

Todos los sistemas expuestos anteriormente funcionan mediante corriente continua. Con esta fuente de alimentación obtenemos 48 V en continua y hasta 240W.

### 5.5.6. Cableado



**Figura 5.11:** Cableado de control

Para dar suministro eléctrico y de datos a los dispositivos se ha empleado un conjunto de  $2 \times 6 \text{ mm}^2 + 1 \times 0,34 \text{ mm}^2$ .



# Algoritmo de gestión de potencia

---

## 6.1 Introducción

---

En el siguiente apartado se va a presentar un algoritmo desarrollado en MatLab. El algoritmo se hizo necesario a partir del problema del dimensionamiento de la línea general de alimentación, en un principio se planteó dimensionar la LGA con un factor de simultaneidad de 1 respecto a los puntos de recarga, esto provocaba que en la mayor parte del tiempo la línea estuviera sobredimensionada. Pero al plantear este proyecto como un inicio en la implantación de vehículos eléctricos a gran escala en la isla de Formentera y que tendrá futuras expansiones emplear un factor de simultaneidad inferior a 1 podría dejar fuera de servicio ciertas plazas de aparcamiento en horas de máxima utilización o en futuro próximo. Debido a la gran potencia de las cargas un factor de potencia bajo podría dejar fuera muchas estaciones de recarga. Es decir, con una potencia instalada en cargadores de 577,4 kW y un factor de simultaneidad del 0,8 tendríamos 462 kW, dando prioridad absoluta a los de 50kW tendríamos desconectados 16 cargadores. Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Distribución de potencia sin algoritmo

Plaza aparcamiento	Potencia instalada (kW)	Potencia empleada (kW)
25	7,3	7,3
26	7,3	7,3
27	7,3	7,3
28	7,3	7,3
29	50	50
30	50	50
31	50	50
32	50	50
33	50	50
34	50	50
35	7,3	7,3
36	7,3	7,3
37	7,3	7,3
38	7,3	7,3
39	7,3	7,3
40	7,3	7,3
41	7,3	7,3
42	7,3	7,3
43	7,3	7,3
44	7,3	7,3
45	7,3	7,3
46	7,3	7,3
47	7,3	7,3
48	7,3	7,3
49	7,3	7,3
50	7,3	7,3
51	7,3	7,3
52	7,3	7,3
53	7,3	0
54	7,3	0
55	7,3	0
56	7,3	0
57	7,3	0
58	7,3	0
59	7,3	0
60	7,3	0
61	7,3	0
62	7,3	0
63	7,3	0
64	7,3	0
65	7,3	0
66	7,3	0
67	7,3	0
68	7,3	0

La ITC BT-52 hace referencia al factor de simultaneidad en el apartado 4 “Previsión de cargas según el esquema de la instalación”, donde aparece el siguiente texto:

“El número de estaciones de recarga posibles para cada circuito de recarga colectivo y su previsión de carga se calcularán, teniendo en cuenta la potencia prevista de cada estación con un factor de simultaneidad entre las estaciones de recarga igual a la unidad. No obstante, el número de estaciones por circuito de recarga colectivo podrá aumentarse y el factor de simultaneidad entre ellas disminuirse si se dispone de un sistema de control que mida la intensidad que pasa por el circuito de recarga colectivo y reduzca la intensidad disponible en las estaciones, evitando las sobrecargas en el circuito de recarga colectivo.”

La ITC únicamente nombra una reducción en la intensidad disponible, pero no de forma inteligente, el algoritmo desarrollado propone una mejora ya que estudia el estado de carga o SOC (State Of Charge) de todos los vehículos conectados y decide la potencia a suministrar en cada punto de recarga.

Lo interesante de este algoritmo erradica en la posibilidad de implementarlo dentro del SCADA que controla el sistema e incluso tener la posibilidad de alterar variables como la cantidad de plazas de aparcamiento o la potencia máxima a suministrar.

## 6.2 Funcionamiento

Para estudiar el funcionamiento del algoritmo se va a proceder a explicar cada una de las líneas, de forma individual, de forma que quede justificado su uso.

- Las tres primeras líneas obtienen los datos de una hoja de cálculo llamada “Baterias.xlsx”, en dicha hoja de cálculo se ha empleado la función “ALEATORIO()” para obtener un estado de carga entre 0 y 1 equivalente a entre 0 y 100% de forma aleatoria. De esta forma ya tenemos cargadas 3 matrices de 44x1 con las que posteriormente trabajaremos. Tabla 6.2

```
Plazas = xlsread('Baterias.xlsx','F4:F47');
Carga = xlsread('Baterias.xlsx','G4:G47');
Potencia = xlsread('Baterias.xlsx','H4:H47');
```

Figura 6.1: Algoritmo 1

- La siguiente línea establecerá el límite a la hora de iterar.

```
NCargadores = length(Plazas);
```

Figura 6.2: Algoritmo 2

- Se ha dado prioridad máxima a los cargadores de 50kW, ya que se utilizarían como surtidores de combustible convencional, de esta forma aseguramos que siempre trabajen al 100

```
Prioritarios = find(Potencia==50);
```

Figura 6.3: Algoritmo 3

Para obtener cuáles de ellos son se ha empleado el comando “find” el cual busca dentro de la matriz mediante un operador lógico o la combinación de varios. De esta forma “Prioritarios” obtiene el siguiente valor: [5;6;7;8;9;10]

Tabla 6.2: Estado de carga

Plaza aparcamiento	Carga (%)	Potencia Instalada (kW)
25	0,57	7,3
26	0,31	7,3
27	0,3	7,3
28	0,32	7,3
29	0,92	50
30	0,35	50
31	0,15	50
32	0,98	50
33	0,71	50
34	0,36	50
35	0,57	7,3
36	0,24	7,3
37	0,81	7,3
38	0,74	7,3
39	0,41	7,3
40	0,97	7,3
41	0,77	7,3
42	0,23	7,3
43	0,19	7,3
44	0,06	7,3
45	0,07	7,3
46	0,19	7,3
47	0,92	7,3
48	0,81	7,3
49	0,44	7,3
50	0,1	7,3
51	0,99	7,3
52	0,51	7,3
53	0,93	7,3
54	0,92	7,3
55	0,44	7,3
56	0,26	7,3
57	0,41	7,3
58	0,8	7,3
59	0,07	7,3
60	0,95	7,3
61	0,59	7,3
62	0,12	7,3
63	0,35	7,3
64	0,59	7,3
65	0,07	7,3
66	0,42	7,3
67	0,42	7,3
68	0,8	7,3

- A continuación, se establece la potencia máxima que puede soportar la línea, es decir, la potencia máxima con la que cuenta el programa para repartir entre todo el sistema. En nuestro caso se ha elegido 462kW ya que hemos seleccionado un factor de utilización de 0,8.

```
PLinea = 462;
```

Figura 6.4: Algoritmo 4

Recalcar nuevamente la simplicidad de alterar esta potencia en función del sistema o de las necesidades del mismo.

- Otra variable que se ha declarado pero esta vez como 0 es PTotal, esta se ha empleado para conocer la potencia empleada por los cargadores y tenerlo en cuenta para futuras iteraciones.

```
PTotal = 0;
```

Figura 6.5: Algoritmo 5

- Además, se han añadido 2 matrices más que a lo largo del script se emplearán.

```
MatCoste = zeros(44,1);
Popt = zeros(44,1);
Plopt = zeros(44,1);
```

Figura 6.6: Algoritmo 6

- MatCoste: en ella se almacena la matriz que determinará la prioridad de cada uno de los cargadores.
  - Popt: se trata de la potencia optima de cada una de las plazas, es decir, el resultado del algoritmo.
- La primera parte del script establece la prioridad de cada uno de los cargadores y la guarda en la matriz MatCoste. En primer lugar encontramos un "for" que realizará las tareas que le siguen desde el cargador 1 hasta "NCargadores" que en nuestro caso es 44. De esta forma podemos acceder a las diferentes matrices con todos los cargadores, para ello únicamente debemos de establecer la posición "j".

```
for j=1:NCargadores
```

Figura 6.7: Algoritmo 7

Debido a que nuestro sistema ya está ponderado, es decir, tenemos una relación entre cargadores que varía entre 0 y 1 únicamente tenemos que emplear esta variable como prioridad. Anotar que es inversa ya que el que tenga el mayor estado de carga será el que menos deba cargar, por lo que para solucionar este problema restaremos 1 a la matriz "Carga". Con esto además obtenemos que en caso de encontrarse al 100% no tendría potencia asignada.

```
MatCoste(j) = 1-Carga(j);
```

Figura 6.8: Algoritmo 8

A continuación se declara la prioridad de los cargadores rápidos, al establecer estos como prioridad máxima únicamente debemos de incluir el "Coste" como 1, para ello usamos un "for" y una sentencia condicional "if" para buscar dentro de la matriz "Prioritarios" de esta forma si el cargador que al cual se le va asignar un coste se encuentra dentro de los rápidos se le adjudicará un 1 como coste.

```

for h = 1:length(Prioritarios)

if j == Prioritarios(h)

MatCoste (j) = 1;

```

Figura 6.9: Algoritmo 9

Con el código descrito arriba en primer lugar establecemos h como la variable que buscará dentro de la matriz "Prioritarios" que recordemos tiene guardada las posiciones de los cargadores rápidos, con el "if" establecemos que en caso de que el cargador el cual se está estudiando "j" se encuentre dentro de los rápidos "Prioritarios (h)" establezca 1 en "MatCoste" en la posición de dicho cargador. Para poder cerrar tanto los "for" como los "if" empleamos "end", por lo que este tramo de código queda como:

```

for j=1:NCargadores

MatCoste (j) = 1-Carga(j);

for h = 1:length(Prioritarios)

if j == Prioritarios(h)

MatCoste (j) = 1;

end

end

end

```

Figura 6.10: Algoritmo 10

- Después mediante otro bucle "for" de longitud igual al número de cargadores se establece la potencia ya asignada a cada cargador, mediante la multiplicación de cada "MatCoste" con la potencia del cargador. Obviamente existirá un excedente de energía que no ha sido repartida, esta energía será estudiada en las siguientes líneas de código.

```

for j=1:NCargadores
    PTotal = PTotal + MatCoste(j)*Potencia(j);
end

```

**Figura 6.11:** Algoritmo 11

- En la siguiente línea determinamos la potencia restante que se deberá repartir mediante las iteraciones. Dejando dicha potencia en la variable “PRestante”.

```
PRestante = PLinea - PTotal;
```

**Figura 6.12:** Algoritmo 12

- En el siguiente tramo de código se va a iterar hasta repartir toda la potencia disponible y de esta forma optimizar el sistema, para ello se va a añadir una variable llamada “Correccion” la cual incrementará la matriz “MatCoste” en cada uno de los cargadores. Para comenzar utilizaremos un “while” lo que nos permite realizar un bucle mientras la condición preestablecida sea cierta, en nuestro caso mientras “PRestante” sea superior a 1e-5.

```
while PRestante > 1e-5
```

**Figura 6.13:** Algoritmo 13

Después emplearemos el bucle “for” anteriormente nombrado de la longitud del número de cargadores, al principio de dicho bucle introduciremos el factor de corrección, de esta forma se reiniciará tras cada iteración.

```

for j=1:NCargadores
    Correccion = PLinea/PTotal;

```

**Figura 6.14:** Algoritmo 14

Para poder aplicar el factor de corrección es necesario distinguir tres escenarios:

1. El cargador ya tiene aplicado un 100 % de su potencia, es decir, “MatCoste” es igual a uno. En ese caso si aplicásemos un factor de corrección estaríamos cargando por encima de su potencia máxima, algo intolerable. Para evitar dicha situación empleamos el condicional “if” explicado anteriormente comparando si “MatCoste (j)” es igual a uno.

```
if MatCoste (j) == 1
```

**Figura 6.15:** Algoritmo 15

2. Si esa condición se cumple únicamente ignoraríamos el factor de corrección por lo que la matriz “Popt” sería la matriz de costes por la potencia del cargador. Al no emplear más potencia en los cargadores que cumplan dicha condición la PTotal no se va a alterar.

```
Popt(j) = MatCoste(j) * Potencia(j);
```

**Figura 6.16:** Algoritmo 16

Como segundo escenario tenemos el caso en el que un cargador no está catalogado como carga al 100 % en la matriz de costes, pero al aplicarle el factor de corrección podría sobrepasar dicho valor. Para distinguir esta situación primeramente no se debe cumplir que sea igual a uno, para ello empleamos “else”, empleándolo conseguimos que, si la primera condición no se ha cumplido entre dentro de la segunda, se ha elegido la opción de utilizar un “else” ya que le da agilidad a la compilación del código y porque no existe otro escenario, es decir, el cargador se va a emplear al 100 % o inferior, nunca superior de su potencia máxima. A continuación para distinguir entre el segundo y el tercer caso utilizamos nuevamente el condicional “if” pero esta vez comparando si la “MatCoste” al ser multiplicado por “Correccion” va a superar uno.

```
else

    if MatCoste(j)*Correccion > 1
```

**Figura 6.17:** Algoritmo 17

En este caso si la condición se cumple actuaremos utilizando la potencia óptima para dicho cargador como su potencia máxima.

```
Popt(j) = Potencia(j);
```

**Figura 6.18:** Algoritmo 18

Ahora si hemos alterado la potencia total empleada por lo que debemos de añadir dicha potencia, teniendo en cuenta que ya teníamos aplicada una, por lo que tendremos que sumar a la potencia total únicamente la diferencia.

```
PTotal = PTotal + (1-MatCoste(j))*Potencia(j);
```

**Figura 6.19:** Algoritmo 19

Por último dentro de este escenario, es alterar la matriz de costes para que en la siguiente iteración no vuelva a aplicar el factor de corrección.

```
MatCoste(j)=1;
```

**Figura 6.20:** Algoritmo 20

3. Por último, tendríamos aquellos cargadores que tras aplicarles el factor de corrección continúan sin alcanzar la unidad. Para distinguir esta condición empleamos nuevamente “else”, este condicional se ejecutará en caso de que el segundo “if” no lo haga. A continuación, se presenta un diagrama de flujo que demuestra cómo funciona esta parte:

Si se cumple lo descrito anteriormente estaríamos en el tercer caso, donde la potencia óptima para ese cargador sería el producto de la matriz de costes, la corrección y la potencia.

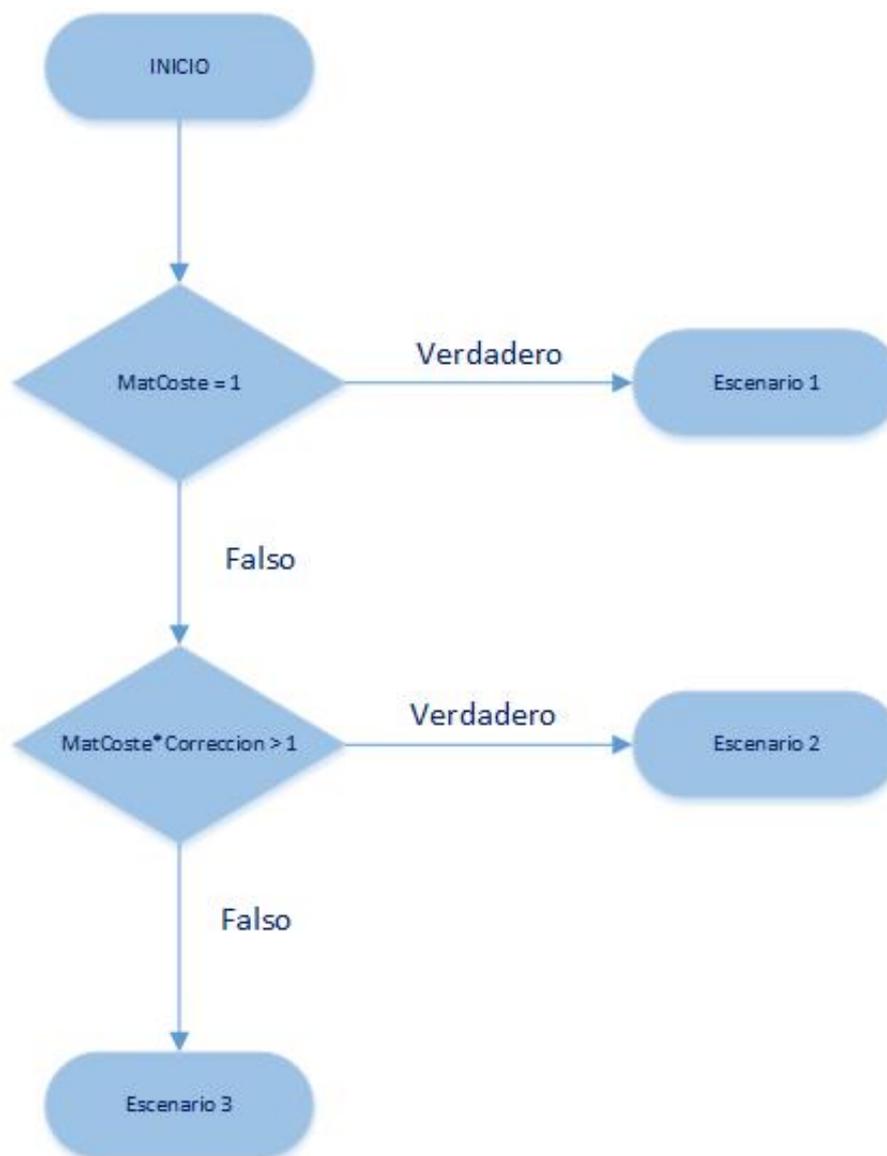


Figura 6.21: Diagrama de flujo

```
Popt(j) = MatCoste(j)*Correccion*Potencia(j);
```

Figura 6.22: Algoritmo 21

Al igual que en el segundo escenario hemos alterado la potencia total consumida por el sistema por lo que tendremos que añadir dicho incremento para ello basta con restar la potencia que se suministraba antes de la corrección y después, por supuesto todo ello a la potencia total consumida que teníamos hasta ese momento.

```
PTotal = PTotal + (MatCoste(j)*Correccion - MatCoste(j))*Potencia(j);
```

Figura 6.23: Algoritmo 22

También se tendrá que actualizar la matriz de costes tras aplicar el nuevo factor.

```
MatCoste(j) = MatCoste(j)*Correccion;
```

Figura 6.24: Algoritmo 23

Para que el bucle generado por el “while” pueda finalizar debemos de reducir la potencia restante.

```
PRestante = PLinea - PTotal;
```

Figura 6.25: Algoritmo 24

La parte dedicada a la iteración para repartir la potencia de forma óptima queda de la siguiente forma:

```

1 while PRestante > 1e-5
2
3 for j=1:NCargadores
4
5 Correccion = PLinea/PTotal;
6
7 if MatCoste(j) == 1
8
9 Popt(j) = MatCoste(j) * Potencia(j);
10
11 else
12
13 if MatCoste(j)*Correccion > 1
14
15 Popt(j) = Potencia(j);
16 PTotal = PTotal + (1-MatCoste(j))*Potencia(j);
17 MatCoste(j)=1;
18
19 else
20
21 Popt(j) = MatCoste(j)*Correccion*Potencia(j);
22 PTotal = PTotal + (MatCoste(j)*Correccion - MatCoste(j))*Potencia(j);
23 MatCoste(j) = MatCoste(j)*Correccion;
24
25 end
26 end
27 end
28
29 PRestante = PLinea - PTotal;
```

```
30  
31 end
```

Además del algoritmo se han añadido código para obtener los valores en valor porcentual y mejorar la visualización.

```
for j=1:NCargadores  
    Poptp (j) = (Popt(j)/Potencia(j))*100;  
end
```

Figura 6.26: Algoritmo 25

- Por último, para tener los resultados en una hoja de cálculo empleamos:

```
xlswrite('Baterias.xlsx',Popt,'I4:I47')  
xlswrite('Baterias.xlsx',Poptp,'J4:J47')
```

Figura 6.27: Algoritmo 26

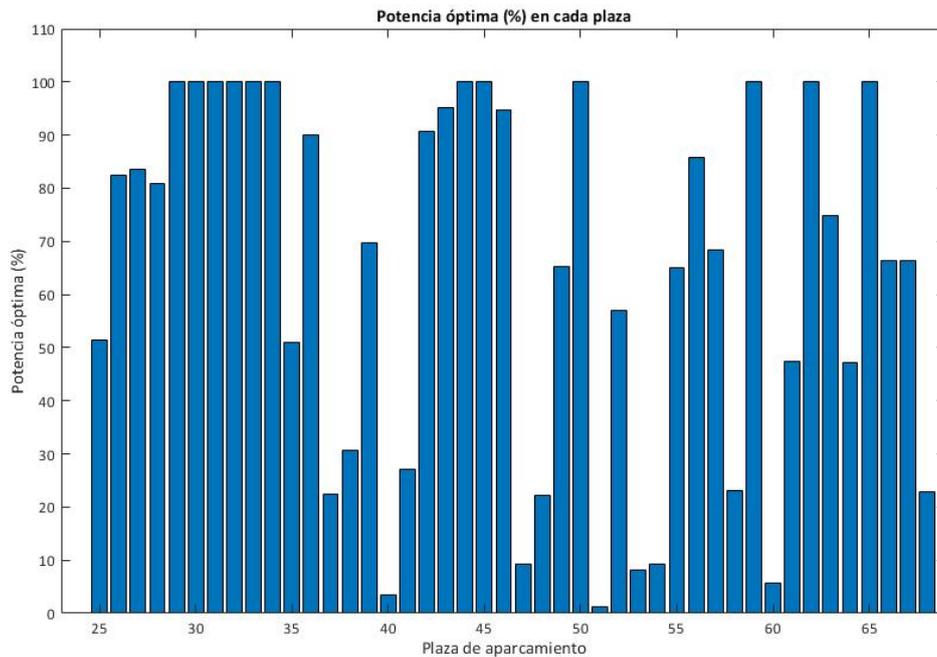
## 6.3 Resultados

---

El resultado obtenido es una matriz de 44x1 donde tenemos la potencia óptima para cada uno de los cargadores respetando la potencia máxima que puede suministrar el sistema, además se han transformado los datos a porcentuales para facilitar su comprensión. Tabla 6.3. Figura 6.28

Tabla 6.3: Resultados algoritmo

Plaza aparcamiento	Carga (%)	Potencia Instalada (kW)	Potencia empleada (kW)	Potencia empleada (%)
25	0,57	7,3	3,76	51,45
26	0,31	7,3	6,02	82,44
27	0,3	7,3	6,09	83,45
28	0,32	7,3	5,91	80,89
29	0,92	50	50	100
30	0,35	50	50	100
31	0,15	50	50	100
32	0,98	50	50	100
33	0,71	50	50	100
34	0,36	50	50	100
35	0,57	7,3	3,73	51,05
36	0,24	7,3	6,58	90,1
37	0,81	7,3	1,64	22,47
38	0,74	7,3	2,24	30,74
39	0,41	7,3	5,09	69,7
40	0,97	7,3	0,26	3,54
41	0,77	7,3	1,98	27,12
42	0,23	7,3	6,62	90,74
43	0,19	7,3	6,95	95,24
44	0,06	7,3	7,3	100
45	0,07	7,3	7,3	100
46	0,19	7,3	6,92	94,82
47	0,92	7,3	0,68	9,34
48	0,81	7,3	1,62	22,19
49	0,44	7,3	4,77	65,36
50	0,1	7,3	7,3	100
51	0,99	7,3	0,08	1,16
52	0,51	7,3	4,16	57,01
53	0,93	7,3	0,59	8,13
54	0,92	7,3	0,68	9,29
55	0,44	7,3	4,75	65,04
56	0,26	7,3	6,27	85,82
57	0,41	7,3	4,99	68,3
58	0,8	7,3	1,69	23,12
59	0,07	7,3	7,3	100
60	0,95	7,3	0,42	5,77
61	0,59	7,3	3,45	47,31
62	0,12	7,3	7,3	100
63	0,35	7,3	5,46	74,78
64	0,59	7,3	3,44	47,09
65	0,07	7,3	7,3	100
66	0,42	7,3	4,85	66,48
67	0,42	7,3	4,85	66,39
68	0,8	7,3	1,67	22,86



**Figura 6.28:** Potencia óptima

Como se puede observar el algoritmo funciona correctamente, a modo de estudio la plaza 51 la cual se encuentra al 99 % de carga únicamente se le suministraría 0.08 kW que sería el 1.16 % de su carga máxima, en contra posición podríamos observar la plaza 65 con un 0.07 % y la cual cargaría al 100 %, es decir, 7.3kW. Por otro lado indicar que mediante la herramienta “tic – toc” de MatLab se puede estimar el tiempo de cálculo (eliminando la lectura y escritura de los archivos .xlsx) en 0.007084 segundos, lo cual la hace liviana para cualquier sistema de gestión.

## 6.4 Conclusiones

Tras la realización de este algoritmo se puede observar una mejora en el reparto de energía respecto a realizar únicamente la desconexión de los cargadores una vez se ha alcanzado la potencia máxima. Donde este algoritmo destaca sobre la utilización de un sistema que detecte un incremento en la demanda de la red y reduzca la potencia en cada uno de los cargadores de forma individual es en el estudio de todo el parking como conjunto y alcanzando un punto óptimo de funcionamiento colectivo. De esta forma el parking utilizaría la filosofía IoT (Internet of Things) para mejorar el sistema por completo.

La sencillez de implementar nuevas variables como podría ser añadir el consumo del alumbrado para reducir la potencia máxima que pueden suministrar los cargadores en conjunto con el sistema SCADA encargado de comandar todo el parking lo hacen una herramienta recomendable en cualquier futura instalación con características similares.



# Bibliografía

---

- [1] Estadísticas del sector de la automoción en España Asociación Española de Fabricación de Automóviles y Camiones <http://www.anfac.com>.
- [2] Gobierno de España Planificación energética <http://www.minetad.gob.es>.
- [3] Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos: precio y estadísticas de los combustibles fósiles <http://www.aop.es>.
- [4] Revista Politécnica: Diseño del Sistema de Freno Regenerativo de Automóviles Híbridos <http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec>.
- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: el vehículo eléctrico para flotas <http://www.idae.es>.
- [6] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: Guía para la Introducción del Vehículo Eléctrico en los Entornos Urbanos <http://www.idae.es>.
- [7] Circutor: Recarga Inteligente de Vehículos Eléctricos <http://www.circutor.com>.
- [8] Informe Bloomberg: previsiones de ventas para el vehículo eléctrico <https://www.bloomberg.com>.
- [9] Híbridos y Eléctricos:: tipología de vehículos eléctricos <http://www.hibridosyelectricos.com/seccion/tecnologia>.
- [10] Xataka Evolución de las baterías para vehículo eléctrico <https://www.xataka.com/automovil>.



---

---

APÉNDICE A

Presupuesto de instalación de baja  
tensión

---

---

# Presupuesto.

- Cuadro de Precios Unitarios. MO, MT, MQ.
- Cuadro de Precios Auxiliares y Descompuestos.
- Cuadro de Precios nº1. En Letra.
- Cuadro de Precios nº2. MO, MT, MQ, RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS.
- Presupuesto con Medición Detallada. Por capítulos.
- Resumen de Presupuesto. PEM, PEC, PCA.

**Cuadro de mano de obra**

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad (Horas)	Total (Euros)
1	Oficial 1ª electricista.	17,820	586,906 h	10.458,66
2	Ayudante electricista.	16,100	681,106 h	10.965,81
			Importe total:	21.424,47

### Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
1	Caja de protecciones para puntos de recarga monofásicos, de la marca Circutor, con magnetotérmico curva C 40A y diferencial 30mA clase A.	96,740	36,000 Ud	3.482,64
2	Cofret para punto de recarga monofásico, magnetotérmico y diferencial	106,310	1,000 Ud	106,31
3	Rejilla de acero galvanizado, de 100x200 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso p/p de accesorios. Según UNE-EN 61537.	17,100	29,000 m	495,90
4	Rejilla de acero galvanizado, de 100x400 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso p/p de accesorios. Según UNE-EN 61537.	30,960	31,000 m	959,76
5	Rejilla de acero galvanizado, de 100x600 mm, para soporte y conducción de cables eléctricos, incluso p/p de accesorios. Según UNE-EN 61537.	43,190	2,000 m	86,38
6	Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 4 compuesta Equipo de recarga rápida QPC de 2 tomas CC con cable, 1 conector CHAdemo, 500 Vcc - 120 A - 50 kW y 1 conector CCS Combo2, 500 Vcc - 120 A - 50 kW, total 50 kW. Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1 - Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional) - Conexión Ethernet y almacenamiento de datos - Comunicaciones 3G y GPRS - Protocolo comunicaciones OCPP & XML - Filtro de armónicos < 13% THD - Protección magnetotérmica con curva C - Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable - Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm - Peso: 440 kg - Envolvente de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10	23.584,620	6,000 Ud	141.507,72
7	Soporte de techo para cargador RVE-WBM-SMART y COFRET-VE6-2P-40AS	400,000	36,000 Ud	14.400,00
8	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	0,700	5,000 m	3,50
9	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	2,110	907,600 m	1.915,04
10	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	3,090	1.651,000 m	5.101,59

### Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
11	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	4,330	863,800 m	3.740,25
12	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	6,230	211,000 m	1.314,53
13	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	8,330	95,400 m	794,68
14	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	13,690	20,000 m	273,80
15	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	17,170	200,000 m	3.434,00
16	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	20,760	20,000 m	415,20
17	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	26,730	260,000 m	6.949,80
18	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 300 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. Según UNE 21123-4.	37,890	610,800 m	23.143,21

### Cuadro de materiales

Nº	Designación	Importe		
		Precio (Euros)	Cantidad Empleada	Total (Euros)
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1</li> <li>• Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo)</li> <li>• Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A</li> <li>• Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional)</li> <li>• Conexión Ethernet y almacenamiento de datos</li> <li>• Comunicaciones 3G y GPRS</li> <li>• Protocolo comunicaciones OCPP &amp; XML</li> <li>• Filtro de armónicos &lt; 13% THD</li> <li>• Protección magnetotérmica con curva C</li> <li>• Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable</li> <li>• Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm</li> <li>• Peso: 440 kg</li> <li>• Envolverte de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10</li> </ul>	792,310	36,000 Ud Importe total:	28.523,16 236.647,47

Cuadro de maquinaria
----------------------

Importe total: 0,00

## Cuadro de precios auxiliares

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 Instalaciones</b>				
<b>1.1 Eléctricas</b>				
<b>1.1.1 Canalizaciones</b>				
1.1.1.1	IEO010	m	<b>Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x600 mm.</b>	
	mt35ait030bl	1,000 m	Rejilla de acero galvanizado, de 100x60...	43,190
	mo003	0,058 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,058 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	45,150
		3,000 %	Costes indirectos	46,050
<b>Precio total por m .....</b>				<b>47,43</b>
<b>Son cuarenta y siete Euros con cuarenta y tres céntimos</b>				
1.1.1.2	IEO010b	m	<b>Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x400 mm.</b>	
	mt35ait030bj	1,000 m	Rejilla de acero galvanizado, de 100x40...	30,960
	mo003	0,058 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,058 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	32,920
		3,000 %	Costes indirectos	33,580
<b>Precio total por m .....</b>				<b>34,59</b>
<b>Son treinta y cuatro Euros con cincuenta y nueve céntimos</b>				
1.1.1.3	IEO010c	m	<b>Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x200 mm.</b>	
	mt35ait030bh	1,000 m	Rejilla de acero galvanizado, de 100x20...	17,100
	mo003	0,058 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,058 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	19,060
		3,000 %	Costes indirectos	19,440
<b>Precio total por m .....</b>				<b>20,02</b>
<b>Son veinte Euros con dos céntimos</b>				
<b>1.1.2 Cables</b>				
1.1.2.1	IEH010	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 300 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010q1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	37,890
	mo003	0,153 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,153 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	43,080
		3,000 %	Costes indirectos	43,940
<b>Precio total por m .....</b>				<b>45,26</b>
<b>Son cuarenta y cinco Euros con veintiseis céntimos</b>				

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.2.2	IEH010b	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010o1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	20,760
	mo003	0,138 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,138 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	25,440
		3,000 %	Costes indirectos	25,950
<b>Precio total por m .....</b>				<b>26,73</b>
<b>Son veintiseis Euros con setenta y tres céntimos</b>				
1.1.2.3	IEH010c	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010n1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	17,170
	mo003	0,117 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,117 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	21,130
		3,000 %	Costes indirectos	21,550
<b>Precio total por m .....</b>				<b>22,20</b>
<b>Son veintidos Euros con veinte céntimos</b>				
1.1.2.4	IEH010d	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010p1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	26,730
	mo003	0,153 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,153 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	31,920
		3,000 %	Costes indirectos	32,560
<b>Precio total por m .....</b>				<b>33,54</b>
<b>Son treinta y tres Euros con cincuenta y cuatro céntimos</b>				
1.1.2.5	IEH010e	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010...	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	13,690
	mo003	0,117 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,117 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	17,650
		3,000 %	Costes indirectos	18,000
<b>Precio total por m .....</b>				<b>18,54</b>
<b>Son dieciocho Euros con cincuenta y cuatro céntimos</b>				

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.2.6	IEH010f	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010h1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	3,090
	mo003	0,051 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,051 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	4,820
		3,000 %	Costes indirectos	4,920
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>5,07</b>
			<b>Son cinco Euros con siete céntimos</b>	
1.1.2.7	IEH010g	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010g1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	2,110
	mo003	0,051 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,051 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	3,840
		3,000 %	Costes indirectos	3,920
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>4,04</b>
			<b>Son cuatro Euros con cuatro céntimos</b>	
1.1.2.8	IEH010i	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010d1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	0,700
	mo003	0,015 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,015 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	1,210
		3,000 %	Costes indirectos	1,230
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>1,27</b>
			<b>Son un Euro con veintisiete céntimos</b>	
1.1.2.9	IEH010j	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010k1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	8,330
	mo003	0,092 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,092 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	11,450
		3,000 %	Costes indirectos	11,680
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>12,03</b>
			<b>Son doce Euros con tres céntimos</b>	

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.2.10	IEH010k	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010j1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	6,230
	mo003	0,066 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,066 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	8,470
		3,000 %	Costes indirectos	8,640
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>8,90</b>
			<b>Son ocho Euros con noventa céntimos</b>	
1.1.2.11	IEH010l	m	<b>Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.</b>	
	mt35cun010i1	1,000 m	Cable unipolar RZ1-K (AS), no propaga...	4,330
	mo003	0,066 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,066 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	6,570
		3,000 %	Costes indirectos	6,700
			<b>Precio total por m .....</b>	<b>6,90</b>
			<b>Son seis Euros con noventa céntimos</b>	
<b>1.1.3 Instalaciones interiores</b>				
1.1.3.1	IEB010l	Ud	<b>Suministro e instalación de caja de protecciones para puntos de recarga monofásicos, de la marca Circutor, con magnetotérmico curva C y diferencial 30mA clase A.</b>	
	IEB010CO	1,000 Ud	Caja de protecciones para puntos de re...	96,740
	mo003	0,500 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	0,500 h	Ayudante electricista.	16,100
		3,000 %	Costes indirectos	113,700
			<b>Precio total por Ud .....</b>	<b>117,11</b>
			<b>Son ciento diecisiete Euros con once céntimos</b>	
<b>1.1.4 Aparamenta</b>				
1.1.4.1	IEXCG	Ud	<b>Cuadro principal suministrado y montado, IP55 con magnetotérmico de cabecera de 800A, embarrado y magnetotérmicos de distribución tipo B.</b>	
	mo003	100,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	100,000 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	3,000 %	Medios auxiliares	3.392,000
	33469	1,000 Ud	NS 800N 4P FIJO F.A. MICROLOGIC 2.0	7.313,680
	A9L16294	1,000 Ud	Quick PRD40r 3P+N	499,430
	28631	2,000 Ud	NG160N 4P- 125A	792,550
	28610	1,000 Ud	NG160E 4P- 160A	933,750
	28574	1,000 Ud	RHUs 380a415Vca 50/60Hz	688,180
	50441	1,000 Ud	TORO CERRADO SA 200MM	1.151,240
	28632	7,000 Ud	NG160N 4P- 100A	699,370
	3401	1,000 Ud	CARRIL MODULAR P APARAMENTA ...	26,690
	3203	1,000 Ud	TAPA G/P MULTI 9, 3 MÓDULOS, ALT...	20,700
	3402	4,000 Ud	CARRIL MODULAR P REGULABLE PR...	42,660
	3205	4,000 Ud	TAPA G/P MULTI 9, 5 MÓDULOS, ALT...	28,010
	8404	1,000 Ud	ARMADURA P ANCHO=400, PROF.=4...	459,110
	8524	1,000 Ud	PUERTA PLENA P IP55, ANCHO=400...	405,220
	8744	1,000 Ud	FONDO ATORNILLADO P IP55, ANCH...	419,220
	8454	1,000 Ud	TECHO P IP55 ANCHO=400mm, PRO...	79,900
	8484	1,000 Ud	PLACA PASACABLES P IP55 PLENA ...	81,360
	8407	1,000 Ud	ARMADURA P ANCHO=650+150, PRO...	735,220
	8528	1,000 Ud	PUERTA PLENA P IP55, ANCHO=800 ...	810,480
	8748	1,000 Ud	FONDO ATORNILLADO P IP55, ANCH...	838,430
	8458	1,000 Ud	TECHO P IP55 ANCHO=800mm, PRO...	139,750
	8487	1,000 Ud	PLACA PASACAB P IP55 PLENA A650...	178,960

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
	8566	1,000 Ud	MARCO PIVOTANTE P SOPORTE TA...	221,060	221,06
	8755	1,000 Ud	2 PAREDES LATERALES P IP55, PRO...	605,510	605,51
	4504	4,000 Ud	Perfil Linergy LGY vertical 1000A 1,67m	187,990	751,96
	1109	1,000 Ud	12 Topes soporte inferior Linergy LGY	17,370	17,37
	4651	3,000 Ud	SOPORTE P LINERGY VERTICAL PA...	119,450	358,35
	4767	1,000 Ud	20 Tornillos Linergy M8 para barras	28,850	28,85
	8717	1,000 Ud	JUNTA ESTANQUEIDAD ASOC. ANC...	34,040	34,04
	3487	1,000 Ud	PL SOP P NS-INS630 VER NS800 FIJ...	102,770	102,77
	3722	2,000 Ud	TAPA PIVOTANTE P PLENA A400, 12 ...	82,610	165,22
	3697	1,000 Ud	TAPA PIVOTANTE P NS800-1600 FIJ...	101,250	101,25
	4662	1,000 Ud	SOPORTE P JDB 5Y10mm VOLADIZO	73,430	73,43
	33597	1,000 Ud	Cubrecamaras de corte NS630/1600 4P	68,550	68,55
	33643	1,000 Ud	PLETINAS ANTERIORES DE CANTO ...	777,890	777,89
	33645	1,000 Ud	PLETINAS COMPLEMENTARIAS CAB...	731,930	731,93
	4691	1,000 Ud	1 ESPÁRRAGO AISLANTE P FIJACIÓ...	99,720	99,72
	3806	2,000 Ud	TAPA G/P PLENA 6 MÓDULOS, ALTO...	31,670	63,34
	3801	1,000 Ud	TAPA G/P PLENA 1 MÓDULO, ALTO=...	13,430	13,43
		3,000 %	Costes indirectos	29.253,120	877,59
<b>Precio total por Ud .....</b>					<b>30.130,71</b>

**Son treinta mil ciento treinta Euros con setenta y un céntimos**

1.1.4.2 IEXC2

**Ud Cuadro secundario para dar suministro a 7 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55**

	18658	1,000	NG125 - Interruptor automático magnet...	387,910	387,91
	A9F78632	7,000	Interruptor automático magnetotérmico i...	57,320	401,24
	13985	1,000	Cofret Kaedra - para equipos modulares...	100,670	100,67
	LGY410028	1,000	Linergy DS - Repartidor modular 4P - 1...	16,180	16,18
	mo003	3,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820	53,46
	mo102	3,000 h	Ayudante electricista.	16,100	48,30
	%	3,000 %	Medios auxiliares	1.007,760	30,23
		3,000 %	Costes indirectos	1.037,990	31,14

**Precio total por Ud ..... 1.069,13**

**Son mil sesenta y nueve Euros con trece céntimos**

1.1.4.3 IEXC5

**Ud Cuadro secundario para dar suministro a 9 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP 55**

	18660	1,000	NG125 - Interruptor automático magnet...	399,640	399,64
	A9F78232	9,000	Interruptor automático magnetotérmico i...	64,450	580,05
	13986	1,000	Cofret Kaedra - para equipos modulares...	156,250	156,25
	LGY412548	1,000	Linergy DS - Repartidor modular 4P - 1...	22,110	22,11
	mo003	5,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820	89,10
	mo102	5,000 h	Ayudante electricista.	16,100	80,50
	%	3,000 %	Medios auxiliares	1.327,650	39,83
		3,000 %	Costes indirectos	1.367,480	41,02

**Precio total por Ud ..... 1.408,50**

**Son mil cuatrocientos ocho Euros con cincuenta céntimos**

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
1.1.4.4	IEXC6	<b>Ud</b>	<b>Cuadro secundario para dar suministro a 12 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55</b>		
	LV516313	1,000	Easypact CVS - Interruptor Automático ...	626,560	626,56
	A9F78232	12,000	Interruptor automático magnetotérmico i...	64,450	773,40
	08304	1,000	Cofret G IP55, 15 módulos, alto 850 mm	468,060	468,06
	08324	1,000	Puerta plena G IP55, 15 módulos, alto 8...	251,470	251,47
	04121	1,000	Juego de barras aisladas Powerclip 160...	305,740	305,74
	04061	1,000	Bloque 250 A al Powerclip (sin conexión)	109,540	109,54
	LV429518	1,000	Cubrebornes largos - 4 polos - <= 250A	25,000	25,00
	03804	1,000	Tapa plena - 4 módulos - alto 200 mm	26,770	26,77
	03001	1,000	Carril modular	20,880	20,88
	03203	1,000	Tapa para apartamiento modular - 3 mó...	22,750	22,75
	03221	1,000	Obturadores fraccionables para aparam...	7,480	7,48
	03030	1,000	Placa soporte para montaje horizontal d...	32,080	32,08
	03802	2,000	Tapa plena - 2 módulos - alto 100 mm	18,740	37,48
	03230	1,000	Tapa perforada para CVS100..250 - ho...	28,420	28,42
	mo003	10,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820	178,20
	mo102	10,000 h	Ayudante electricista.	16,100	161,00
	%	3,000 %	Medios auxiliares	3.074,830	92,24
		3,000 %	Costes indirectos	3.167,070	95,01

**Precio total por Ud ..... 3.262,08**

**Son tres mil doscientos sesenta y dos Euros con ocho céntimos**

1.1.4.5	IEXC7	<b>Ud</b>	<b>Cuadro secundario para dar suministro a 10 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55</b>		
	18662	1,000	NG125 - Interruptor automático magnet...	404,240	404,24
	A9F78232	10,000	Interruptor automático magnetotérmico i...	64,450	644,50
	13986	1,000	Cofret Kaedra - para equipos modulares...	156,250	156,25
	LGY412548	1,000	Linergy DS - Repartidor modular 4P - 1...	22,110	22,11
	mo003	7,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820	124,74
	mo102	7,000 h	Ayudante electricista.	16,100	112,70
	%	3,000 %	Medios auxiliares	1.464,540	43,94
		3,000 %	Costes indirectos	1.508,480	45,25

**Precio total por Ud ..... 1.553,73**

**Son mil quinientos cincuenta y tres Euros con setenta y tres céntimos**

1.1.4.6	IEXCP	<b>Ud</b>	<b>• Protecciones eléctricas de acuerdo con la norma ITC-BT-52 • Protección magnetotérmica de 40 A con curva C • Protección diferencial de 30 mA Clase A • Envoltente de policarbonato y poliestireno de 6 módulos - IP65 - IK10 • Cierre con llave • Dimensiones: 170x200x115 mm</b>		
	V41261	1,000 Ud	Cofret para punto de recarga monofásic...	106,310	106,31
	mo003	0,500 h	Oficial 1ª electricista.	17,820	8,91
	mo102	0,500 h	Ayudante electricista.	16,100	8,05
	%	3,000 %	Medios auxiliares	123,270	3,70
		3,000 %	Costes indirectos	126,970	3,81

**Precio total por Ud ..... 130,78**

**Son ciento treinta Euros con setenta y ocho céntimos**

### 1.1.5 Recarga de vehículos eléctricos

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.1.5.1	IEB010	<b>Ud</b>	<b>Salida con base Tipo 2 según IEC 62196-2 - Compatibilidad con Modo 3 completa IEC 61851- Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Medida de energía integrada - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD de dos líneas: información estado carga, contador, etc. - Conexión Ethernet y almacenamiento de dato - Protocolo comunicaciones OCPP &amp; XML - Posibilidad de añadir comunicaciones 3G y GPRS (opcional) - Caja en plástico ABS auto extingible - IP54 - IK10 - Dimensiones: 320x225x130 mm</b>	
	v23015	1,000 Ud	Estación de recarga de vehículos eléctri...	792,310
	mt35crv030S	1,000 Ud	Soporte de techo para cargador RVE-W...	400,000
	mo003	1,050 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	2,000 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	1.243,220
		3,000 %	Costes indirectos	1.268,080
<b>Precio total por Ud .....</b>				<b>1.306,12</b>
<b>Son mil trescientos seis Euros con doce céntimos</b>				
1.1.5.2	IEB010R	<b>Ud</b>	<b>Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 4 compuestaEquipo de recarga rápida QPC de 2 tomas CC con cable, 1 conector CHAdeMO, 500 Vcc - 120 A - 50 kW y 1 conector CCS Combo2, 500 Vcc - 120 A - 50 kW, total 50 kW. Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1 - Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional) - Conexión Ethernet y almacenamiento de datos - Comunicaciones 3G y GPRS - Protocolo comunicaciones OCPP &amp; XML - Filtro de armónicos &lt; 13% THD - Protección magnetotérmica con curva C - Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable - Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm - Peso: 440 kg - Envoltente de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10</b>	
	mt35crv030R	1,000 Ud	Estación de recarga de vehículos eléctri...	23.584,620
	mo003	5,000 h	Oficial 1ª electricista.	17,820
	mo102	15,000 h	Ayudante electricista.	16,100
	%	2,000 %	Medios auxiliares	23.915,220
		3,000 %	Costes indirectos	24.393,520
<b>Precio total por Ud .....</b>				<b>25.125,33</b>
<b>Son veinticinco mil ciento veinticinco Euros con treinta y tres céntimos</b>				

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>1 Instalaciones</b>		
	<b>1.1 Eléctricas</b>		
	<b>1.1.1 Canalizaciones</b>		
1.1.1.1	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x600 mm.	47,43	CUARENTA Y SIETE EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.1.1.2	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x400 mm.	34,59	TREINTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
1.1.1.3	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x200 mm.	20,02	VEINTE EUROS CON DOS CÉNTIMOS
	<b>1.1.2 Cables</b>		
1.1.2.1	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 300 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	45,26	CUARENTA Y CINCO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS
1.1.2.2	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	26,73	VEINTISEIS EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.1.2.3	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	22,20	VEINTIDOS EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS
1.1.2.4	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	33,54	TREINTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.2.5	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	18,54	DIECIOCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.1.2.6	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	5,07	CINCO EUROS CON SIETE CÉNTIMOS

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1.2.7	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	4,04	CUATRO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
1.1.2.8	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	1,27	UN EURO CON VEINTISIETE CÉNTIMOS
1.1.2.9	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	12,03	DOCE EUROS CON TRES CÉNTIMOS
1.1.2.10	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	8,90	OCHO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
1.1.2.11	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.	6,90	SEIS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
<b>1.1.3 Instalaciones interiores</b>			
1.1.3.1	Ud Suministro e instalación de caja de protecciones para puntos de recarga monofásicos, de la marca Circutor, con magnetotérmico curva C y diferencial 30mA clase A.	117,11	CIENTO DIECISIETE EUROS CON ONCE CÉNTIMOS
<b>1.1.4 Aparamenta</b>			
1.1.4.1	Ud Cuadro principal suministrado y montado, IP55 con magnetotérmico de cabecera de 800A, embarrado y magnetotérmicos de distribución tipo B.	30.130,71	TREINTA MIL CIENTO TREINTA EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS
1.1.4.2	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 7 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55	1.069,13	MIL SESENTA Y NUEVE EUROS CON TRECE CÉNTIMOS
1.1.4.3	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 9 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP 55	1.408,50	MIL CUATROCIENTOS OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
1.1.4.4	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 12 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55	3.262,08	TRES MIL DOSCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON OCHO CÉNTIMOS
1.1.4.5	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 10 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55	1.553,73	MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS

**Cuadro de precios nº 1**

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1.4.6	Ud • Protecciones eléctricas de acuerdo con la norma ITC-BT-52 • Protección magnetotérmica de 40 A con curva C • Protección diferencial de 30 mA Clase A • Envoltente de policarbonato y poliestireno de 6 módulos - IP65 - IK10 • Cierre con llave • Dimensiones: 170x200x115 mm	130,78	CIENTO TREINTA EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.1.5.1	1.1.5 Recarga de vehículos eléctricos Ud Salida con base Tipo 2 según IEC 62196-2 - Compatibilidad con Modo 3 completa IEC 61851- Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Medida de energía integrada - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD de dos líneas: información estado carga, contador, etc. - Conexión Ethernet y almacenamiento de dato - Protocolo comunicaciones OCPP & XML - Posibilidad de añadir comunicaciones 3G y GPRS (opcional) - Caja en plástico ABS auto extingible - IP54 - IK10 - Dimensiones: 320x225x130 mm	1.306,12	MIL TRESCIENTOS SEIS EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
1.1.5.2	Ud Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 4 compuesta Equipo de recarga rápida QPC de 2 tomas CC con cable, 1 conector CHAdeMO, 500 Vcc - 120 A - 50 kW y 1 conector CCS Combo2, 500 Vcc - 120 A - 50 kW, total 50 kW. Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1 - Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional) - Conexión Ethernet y almacenamiento de datos - Comunicaciones 3G y GPRS - Protocolo comunicaciones OCPP & XML - Filtro de armónicos < 13% THD - Protección magnetotérmica con curva C - Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable - Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm - Peso: 440 kg - Envoltente de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10	25.125,33	VEINTICINCO MIL CIENTO VEINTICINCO EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

## Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	<b>1 Instalaciones</b>		
	<b>1.1 Eléctricas</b>		
	<b>1.1.1 Canalizaciones</b>		
1.1.1.1	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x600 mm. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,96 43,19 0,90 1,38	47,43
1.1.1.2	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x400 mm. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,96 30,96 0,66 1,01	34,59
1.1.1.3	m Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x200 mm. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,96 17,10 0,38 0,58	20,02
	<b>1.1.2 Cables</b>		
1.1.2.1	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 300 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	5,19 37,89 0,86 1,32	45,26
1.1.2.2	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	4,68 20,76 0,51 0,78	26,73
1.1.2.3	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	3,96 17,17 0,42 0,65	22,20
1.1.2.4	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	5,19 26,73 0,64 0,98	33,54

**Cuadro de precios nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1.2.5	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  3,96 13,69 0,35 0,54	    18,54
1.1.2.6	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  1,73 3,09 0,10 0,15	    5,07
1.1.2.7	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  1,73 2,11 0,08 0,12	    4,04
1.1.2.8	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  0,51 0,70 0,02 0,04	    1,27
1.1.2.9	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  3,12 8,33 0,23 0,35	    12,03
1.1.2.10	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  2,24 6,23 0,17 0,26	    8,90
1.1.2.11	m Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  2,24 4,33 0,13 0,20	    6,90
	<b>1.1.3 Instalaciones interiores</b>		

**Cuadro de precios nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1.3.1	Ud Suministro e instalación de caja de protecciones para puntos de recarga monofásicos, de la marca Circutor, con magnetotérmico curva C y diferencial 30mA clase A.  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  16,96 96,74 3,41	   117,11
<b>1.1.4 Aparamenta</b>			
1.1.4.1	Ud Cuadro principal suministrado y montado, IP55 con magnetotérmico de cabecera de 800A, embarrado y magnetotérmicos de distribución tipo B.  <i>Mano de obra</i> <i>Resto de Obra</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  3.392,00 25.759,36 101,76 877,59	    30.130,71
1.1.4.2	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 7 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55  <i>Mano de obra</i> <i>Resto de Obra</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  101,76 906,00 30,23 31,14	    1.069,13
1.1.4.3	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 9 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP 55  <i>Mano de obra</i> <i>Resto de Obra</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  169,60 1.158,05 39,83 41,02	    1.408,50
1.1.4.4	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 12 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55  <i>Mano de obra</i> <i>Resto de Obra</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  339,20 2.735,63 92,24 95,01	    3.262,08
1.1.4.5	Ud Cuadro secundario para dar suministro a 10 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55  <i>Mano de obra</i> <i>Resto de Obra</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  237,44 1.227,10 43,94 45,25	    1.553,73
1.1.4.6	Ud • Protecciones eléctricas de acuerdo con la norma ITC-BT-52 • Protección magnetotérmica de 40 A con curva C • Protección diferencial de 30 mA Clase A • Envoltente de policarbonato y poliestireno de 6 módulos - IP65 - IK10 • Cierre con llave • Dimensiones: 170x200x115 mm  <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	  16,96 106,31 3,70 3,81	    130,78
<b>1.1.5 Recarga de vehículos eléctricos</b>			

**Cuadro de precios nº 2**

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1.5.1	<p>Ud Salida con base Tipo 2 según IEC 62196-2 - Compatibilidad con Modo 3 completa IEC 61851- Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Medida de energía integrada - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD de dos líneas: información estado carga, contador, etc. - Conexión Ethernet y almacenamiento de dato - Protocolo comunicaciones OCPP &amp; XML - Posibilidad de añadir comunicaciones 3G y GPRS (opcional) - Caja en plástico ABS auto extingible - IP54 - IK10 - Dimensiones: 320x225x130 mm</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i></p>	<p align="right">50,91 1.192,31 24,86 38,04</p>	1.306,12
1.1.5.2	<p>Ud Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 4 compuestaEquipo de recarga rápida QPC de 2 tomas CC con cable, 1 conector CHAdeMO, 500 Vcc - 120 A - 50 kW y 1 conector CCS Combo2, 500 Vcc - 120 A - 50 kW, total 50 kW. Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1 - Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional) - Conexión Ethernet y almacenamiento de datos - Comunicaciones 3G y GPRS - Protocolo comunicaciones OCPP &amp; XML - Filtro de armónicos &lt; 13% THD - Protección magnetotérmica con curva C - Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable - Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm - Peso: 440 kg - Envolverte de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10</p> <p><i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> <i>Medios auxiliares</i> <i>3 % Costes indirectos</i></p>	<p align="right">330,60 23.584,62 478,30 731,81</p>	25.125,33

PRESUPUESTO Y MEDICION

## PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Instalaciones

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>1.1 Eléctricas</b>								
<b>1.1.1 Canalizaciones</b>								
1.1.1.1	M. Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x600 mm.					2,000	47,43	94,86
1.1.1.2	M. Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x400 mm.					31,000	34,59	1.072,29
1.1.1.3	M. Canalización fija en superficie de bandeja perforada de PVC rígido, de 100x200 mm.					29,000	20,02	580,58
<b>1.1.2 Cables</b>								
1.1.2.1	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 300 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					610,800	45,26	27.644,81
1.1.2.2	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					20,000	26,73	534,60
1.1.2.3	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					200,000	22,20	4.440,00
1.1.2.4	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 240 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					260,000	33,54	8.720,40
1.1.2.5	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 120 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					20,000	18,54	370,80
1.1.2.6	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					1.651,000	5,07	8.370,57
1.1.2.7	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					907,600	4,04	3.666,70

Suma y sigue ... 55.495,61

## PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Instalaciones

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1.2.8	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					5,000	1,27	6,35
1.1.2.9	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 70 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					95,400	12,03	1.147,66
1.1.2.10	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					211,000	8,90	1.877,90
1.1.2.11	M. Cable unipolar RZ1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV.					863,800	6,90	5.960,22
<b>1.1.3 Instalaciones interiores</b>								
1.1.3.1	Ud. Suministro e instalación de caja de protecciones para puntos de recarga monofásicos, de la marca Circutor, con magnetotérmico curva C y diferencial 30mA clase A.					36,000	117,11	4.215,96
<b>1.1.4 Aparamenta</b>								
1.1.4.1	Ud. Cuadro principal suministrado y montado, IP55 con magnetotérmico de cabecera de 800A, embarrado y magnetotérmicos de distribución tipo B.					1,000	30.130,71	30.130,71
1.1.4.2	Ud. Cuadro secundario para dar suministro a 7 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55					1,000	1.069,13	1.069,13
1.1.4.3	Ud. Cuadro secundario para dar suministro a 9 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP 55					1,000	1.408,50	1.408,50
1.1.4.4	Ud. Cuadro secundario para dar suministro a 12 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55					1,000	3.262,08	3.262,08
1.1.4.5	Ud. Cuadro secundario para dar suministro a 10 puntos de recarga de 40A monofásicos con repartidor, IP55					1,000	1.553,73	1.553,73
1.1.4.6	Ud. • Protecciones eléctricas de acuerdo con la norma ITC-BT-52 • Protección magnetotérmica de 40 A con curva C • Protección diferencial de 30 mA Clase A • Envoltorio de policarbonato y poliestireno de 6 módulos - IP65 - IK10 • Cierre con llave • Dimensiones: 170x200x115 mm					1,000	130,78	130,78
<b>1.1.5 Recarga de vehículos eléctricos</b>								

Suma y sigue ... 106.258,63

## PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Instalaciones

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1.5.1	Ud. Salida con base Tipo 2 según IEC 62196-2 - Compatibilidad con Modo 3 completa IEC 61851- Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Medida de energía integrada - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD de dos líneas: información estado carga, contador, etc. - Conexión Ethernet y almacenamiento de dato - Protocolo comunicaciones OCPP & XML - Posibilidad de añadir comunicaciones 3G y GPRS (opcional) - Caja en plástico ABS auto extingible - IP54 - IK10 - Dimensiones: 320x225x130 mm					36,000	1.306,12	47.020,32
1.1.5.2	Ud. Estación de recarga de vehículos eléctricos para modo de carga 4 compuesta Equipo de recarga rápida QPC de 2 tomas CC con cable, 1 conector CHAdeMO, 500 Vcc - 120 A - 50 kW y 1 conector CCS Combo2, 500 Vcc - 120 A - 50 kW, total 50 kW. Compatibilidad con Modo 4 completa IEC 61851-1 - Indicación luminosa de estado de carga (azul, verde y rojo) - Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A - Display LCD 8" HMI (pantalla táctil opcional) - Conexión Ethernet y almacenamiento de datos - Comunicaciones 3G y GPRS - Protocolo comunicaciones OCPP & XML - Filtro de armónicos < 13% THD - Protección magnetotérmica con curva C - Protección diferencial Tipo A de 30 mA rearmable - Dimensiones: 654(730)x783(826)x2007 mm - Peso: 440 kg - Envoltorio de acero zincado y acero inoxidable - IP54 - IK10					6,000	25.125,33	150.751,98

Total presupuesto parcial nº 1 ... 304.030,93



Proyecto: Adecuación parking en Formentera para la recarga de vehículos eléctricos

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 Instalaciones	304.030,93
Capítulo 1.1 Eléctricas	304.030,93
Capítulo 1.1.1 Canalizaciones	1.747,73
Capítulo 1.1.2 Cables	62.740,01
Capítulo 1.1.3 Instalaciones interiores	4.215,96
Capítulo 1.1.4 Aparamenta	37.554,93
Capítulo 1.1.5 Recarga de vehículos eléctricos	197.772,30
Presupuesto de ejecución material	304.030,93
13% de gastos generales	39.524,02
6% de beneficio industrial	18.241,86
Suma	361.796,81
21% IVA	75.977,33
Presupuesto de ejecución por contrata	437.774,14

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS TREINTA Y SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.

---

---

APÉNDICE B

Presupuesto de instalación de  
sistema de control

---

# Presupuesto.

- Cuadro de Precios Unitarios. MO, MT, MQ.
- Cuadro de Precios Auxiliares y Descompuestos.
- Cuadro de Precios nº1. En Letra.
- Cuadro de Precios nº2. MO, MT, MQ, RESTOS DE OBRA, COSTES INDIRECTOS.
- Presupuesto con Medición Detallada. Por capítulos.
- Resumen de Presupuesto. PEM, PEC, PCA.

Importe total: 0,00

Cuadro de materiales

Importe total: 0,00

Cuadro de maquinaria
----------------------

Importe total: 0,00

Cuadro de precios auxiliares

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>1 Suministro e instalación de sistema de control de plaza...</b>				
1.1	Trilogy		<b>Sensor de ocupación mediante ultrasonidos, indicador LED de estado, Leds de iluminación plaza. 24-48Vdc, 5W. RS-485. IP54. Intensidad ajustable mediante software</b>	
			Sin descomposición	69,540
	3,000 %		Costes indirectos	2,09
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>71,63</b>
			<b>Son setenta y un Euros con sesenta y tres céntimos</b>	
1.2	DX2-RGB		<b>LEDs RGB con 120 grados de angulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 11W 48-24Vdc. RS485</b>	
			Sin descomposición	190,000
	3,000 %		Costes indirectos	5,70
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>195,70</b>
			<b>Son ciento noventa y cinco Euros con setenta céntimos</b>	
1.3	DX3-RGB-P		<b>LEDs RGB con 120 grados de angulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 18W 48-24Vdc. RS486</b>	
			Sin descomposición	234,600
	3,000 %		Costes indirectos	7,04
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>241,64</b>
			<b>Son doscientos cuarenta y un Euros con sesenta y cuatro céntimos</b>	
1.4	TCP2RS+		<b>RS-232/RS-485 230V AC 2VA. Conexión en carril DINç</b>	
			Sin descomposición	148,790
	3,000 %		Costes indirectos	4,46
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>153,25</b>
			<b>Son ciento cincuenta y tres Euros con veinticinco céntimos</b>	
1.5	PSC-240-48		<b>Entrada 230V AC salida 24V DC. 240W. Conexión en carril DIN</b>	
			Sin descomposición	63,260
	3,000 %		Costes indirectos	1,90
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>65,16</b>
			<b>Son sesenta y cinco Euros con dieciseis céntimos</b>	
1.6	PK-CPU		<b>PC Intel pentium i3. 4GB de RAM. 500GB de HD. Windows 10. Espacio de trabajo, usuarios y protecciones ajustables</b>	
			Sin descomposición	690,000
	3,000 %		Costes indirectos	20,70
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>710,70</b>
			<b>Son setecientos diez Euros con setenta céntimos</b>	
1.7	PK-TFT		<b>Monitor de alta resolución de 22".ç</b>	
			Sin descomposición	210,000
	3,000 %		Costes indirectos	6,30
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>216,30</b>
			<b>Son doscientos dieciseis Euros con treinta céntimos</b>	

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.8	PK-SWITCH_8P		<b>Switch de 8 puertos</b>	
			Sin descomposición	45,000
		3,000 %	Costes indirectos	45,000 <u>1,35</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>46,35</b>
			<b>Son cuarenta y seis Euros con treinta y cinco céntimos</b>	
1.9	CIRPARK_SCADA_250...		<b>Máximo 250 plazas.</b>	
			Sin descomposición	850,000
		3,000 %	Costes indirectos	850,000 <u>25,50</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>875,50</b>
			<b>Son ochocientos setenta y cinco Euros con cincuenta céntimos</b>	
1.10	Configuracion		<b>Configuración del sistema</b>	
			Sin descomposición	200,000
		3,000 %	Costes indirectos	200,000 <u>6,00</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>206,00</b>
			<b>Son doscientos seis Euros</b>	
1.11	Pem		<b>Puesta en marcha</b>	
			Sin descomposición	850,000
		3,000 %	Costes indirectos	850,000 <u>25,50</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>875,50</b>
			<b>Son ochocientos setenta y cinco Euros con cincuenta céntimos</b>	
1.12	C-LHS4		<b>Para conexión de ensosores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,</b>	
			Sin descomposición	5,100
		3,000 %	Costes indirectos	5,100 <u>0,15</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>5,25</b>
			<b>Son cinco Euros con veinticinco céntimos</b>	
1.13	C-LH4_SGV		<b>Para conexión de ensosores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,</b>	
			Sin descomposición	85,810
		3,000 %	Costes indirectos	85,810 <u>2,57</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>88,38</b>
			<b>Son ochenta y ocho Euros con treinta y ocho céntimos</b>	
1.14	PK-CP245		<b>Canal de aluminio 48mm de ancho y 2,45m de largo</b>	
			Sin descomposición	5,890
		3,000 %	Costes indirectos	5,890 <u>0,18</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>6,07</b>
			<b>Son seis Euros con siete céntimos</b>	
1.15	PK-C		<b>Ángulo de 90 grados para canal de aluminio</b>	
			Sin descomposición	1,710
		3,000 %	Costes indirectos	1,710 <u>0,05</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>1,76</b>
			<b>Son un Euro con setenta y seis céntimos</b>	

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
1.16	PK-E		<b>Unión para canal de aluminio</b>	
			Sin descomposición	1,420
		3,000 %	Costes indirectos	1,420 <u>0,04</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>1,46</b>
				<b>Son un Euro con cuarenta y seis céntimos</b>
1.17	PK-PUC		<b>Conexión al techo para canal de aluminio</b>	
			Sin descomposición	0,150
		3,000 %	Costes indirectos	0,150 <u>0,00</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>0,15</b>
				<b>Son quince céntimos</b>
1.18	PK-INST-SGV		<b>Instalación de los elementos</b>	
			Sin descomposición	7.142,000
		3,000 %	Costes indirectos	7.142,000 <u>214,26</u>
			<b>Precio total redondeado por .....</b>	<b>7.356,26</b>
				<b>Son siete mil trescientos cincuenta y seis Euros con veintiseis céntimos</b>

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
	<b>1 Suministro e instalación de sistema de control de plazas libres y estado de carga de vehículos eléctricos</b>		
1.1	Sensor de ocupación mediante ultrasonidos, indicador LED de estado, Leds de iluminación plaza. 24-48Vdc, 5W. RS-485. IP54. Intensidad ajustable mediante software	71,63	SETENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.2	LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Aajo, 11W 48-24Vdc. RS485	195,70	CIENTO NOVENTA Y CINCO EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
1.3	LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 18W 48-24Vdc. RS486	241,64	DOSCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.4	RS-232/RS-485 230V AC 2VA. Conexión en carril DINç	153,25	CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
1.5	Entrada 230V AC salida 24V DC. 240W. Conexión en carril DIN	65,16	SESENTA Y CINCO EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS
1.6	PC Intel pentium i3. 4GB de RAM. 500GB de HD. Windows 10. Espacio de trabajo, usuarios y protecciones ajustables	710,70	SETECIENTOS DIEZ EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
1.7	Monitor de alta resolución de 22".ç	216,30	DOSCIENTOS DIECISEIS EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
1.8	Switch de 8 puertos	46,35	CUARENTA Y SEIS EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.9	Máximo 250 plazas.	875,50	OCHOCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
1.10	Configuración del sistema	206,00	DOSCIENTOS SEIS EUROS
1.11	Puesta en marcha	875,50	OCHOCIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
1.12	Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,	5,25	CINCO EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS
1.13	Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,	88,38	OCHENTA Y OCHO EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.14	Canal de aluminio 48mm de ancho y 2,45m de largo	6,07	SEIS EUROS CON SIETE CÉNTIMOS
1.15	Ángulo de 90 grados para canal de aluminio	1,76	UN EURO CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.16	Unión para canal de aluminio	1,46	UN EURO CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS
1.17	Conexión al techo para canal de aluminio	0,15	QUINCE CÉNTIMOS
1.18	Instalación de los elementos	7.356,26	SIETE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y SEIS EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS

Cuadro de precios nº 1

## Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	<b>1 Suministro e instalación de sistema de control de plazas libres y estado de carga de vehículos eléctricos</b>		
1.1	Sensor de ocupación mediante ultrasonidos, indicador LED de estado, Leds de iluminación plaza. 24-48Vdc, 5W. RS-485. IP54. Intensidad ajustable mediante software <i>Sin descomposición</i>	69,54	71,63
1.2	LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 11W 48-24Vdc. RS485 <i>Sin descomposición</i>	190,00	195,70
1.3	LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 18W 48-24Vdc. RS486 <i>Sin descomposición</i>	234,60	241,64
1.4	RS-232/RS-485 230V AC 2VA. Conexión en carril DINç <i>Sin descomposición</i>	148,79	153,25
1.5	Entrada 230V AC salida 24V DC. 240W. Conexión en carril DIN <i>Sin descomposición</i>	63,26	65,16
1.6	PC Intel pentium i3. 4GB de RAM. 500GB de HD. Windows 10. Espacio de trabajo, usuarios y protecciones ajustables <i>Sin descomposición</i>	690,00	710,70
1.7	Monitor de alta resolución de 22".ç <i>Sin descomposición</i>	210,00	216,30
1.8	Switch de 8 puertos <i>Sin descomposición</i>	45,00	46,35
1.9	Máximo 250 plazas. <i>Sin descomposición</i>	850,00	875,50
1.10	Configuración del sistema <i>Sin descomposición</i>	200,00	206,00
1.11	Puesta en marcha <i>Sin descomposición</i>	850,00	875,50
1.12	Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485, <i>Sin descomposición</i>	5,10	5,25
1.13	Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485, <i>Sin descomposición</i>	85,81	88,38
1.14	Canal de aluminio 48mm de ancho y 2,45m de largo <i>Sin descomposición</i>	5,89	6,07
1.15	Ángulo de 90 grados para canal de aluminio <i>Sin descomposición</i>	1,71	1,76
1.16	Unión para canal de aluminio <i>Sin descomposición</i>	1,42	1,46
1.17	Conexión al techo para canal de aluminio <i>Sin descomposición</i>	0,15	0,15

## Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.18	Instalación de los elementos <i>Sin descomposición</i>	7.142,00	7.356,26

PRESUPUESTO Y MEDICION

## PRESUPUESTO PARCIAL N° 1 Suministro e instalación de sistema de control de plazas libres y estado de carga de vehículos eléctri...

Nº	DESCRIPCION	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	. Sensor de ocupación mediante ultrasonidos, indicador LED de estado, Leds de iluminación plaza. 24-48Vdc, 5W. RS-485. IP54. Intensidad ajustable mediante software					136,000	71,63	9.741,68
1.2	. LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Aajo, 11W 48-24Vdc. RS485					3,000	195,70	587,10
1.3	. LEDs RGB con 120 grados de ángulo, 8 colores predefinidos, 125 mm de altura cada dígito. Flecha configurable Derecha/Izquierda y Arriba/Abajo, 18W 48-24Vdc. RS486					1,000	241,64	241,64
1.4	. RS-232/RS-485 230V AC 2VA. Conexión en carril DINç					3,000	153,25	459,75
1.5	. Entrada 230V AC salida 24V DC. 240W. Conexión en carril DIN					3,000	65,16	195,48
1.6	. PC Intel pentium i3. 4GB de RAM. 500GB de HD. Windows 10. Espacio de trabajo, usuarios y protecciones ajustables					1,000	710,70	710,70
1.7	. Monitor de alta resolución de 22".ç					1,000	216,30	216,30
1.8	. Switch de 8 puertos					1,000	46,35	46,35
1.9	. Máximo 250 plazas.					1,000	875,50	875,50
1.10	. Configuración del sistema					1,000	206,00	206,00
1.11	. Puesta en marcha					1,000	875,50	875,50
1.12	. Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,					50,000	5,25	262,50
1.13	. Para conexión de sensores Trilogy. 2x 1,5mm2 y 2x0,34mm2 don RS-485,					2,000	88,38	176,76
1.14	. Canal de aluminio 48mm de ancho y 2,45m de largo					170,000	6,07	1.031,90
1.15	. Ángulo de 90 grados para canal de aluminio					12,000	1,76	21,12
1.16	. Unión para canal de aluminio					170,000	1,46	248,20
1.17	. Conexión al techo para canal de aluminio					340,000	0,15	51,00
1.18	. Instalación de los elementos					1,000	7.356,26	7.356,26

Total presupuesto parcial n° 1 ... 23.303,74

RESUMEN POR CAPITULOS

---

CAPITULO SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL D...	23.303,74
REDONDEO.....	
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	<u>23.303,74</u>

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS VEINTITRES MIL TRESCIENTOS TRES EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Proyecto: TFG.PRESUPUESTO.CONTROL

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 Suministro e instalación de sistema de control de plazas libres y estado de carga de veh...	23.303,74
Presupuesto de ejecución material	23.303,74
0% de gastos generales	0,00
0% de beneficio industrial	0,00
Suma	23.303,74
21% IVA	4.893,79
Presupuesto de ejecución por contrata	28.197,53

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de VEINTIOCHO MIL CIENTO NOVENTA Y SIETE EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.



---

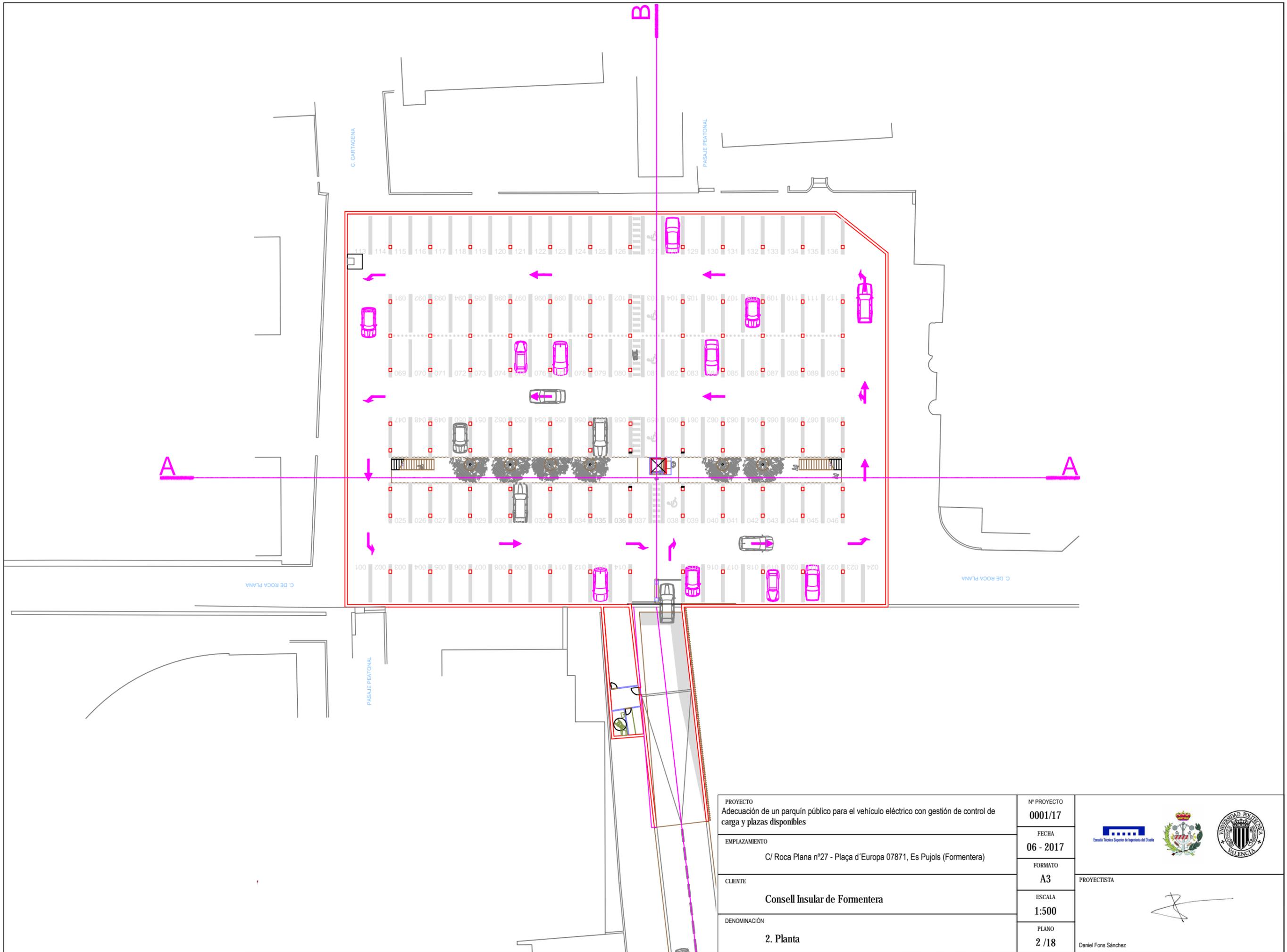
---

APÉNDICE C  
Planos

---



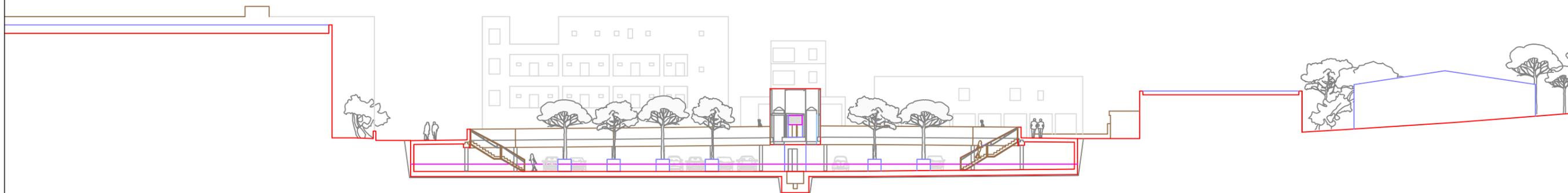
PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 1. Situación y emplazamiento	ESCALA VARIAS	
	PLANO 1 / 18	



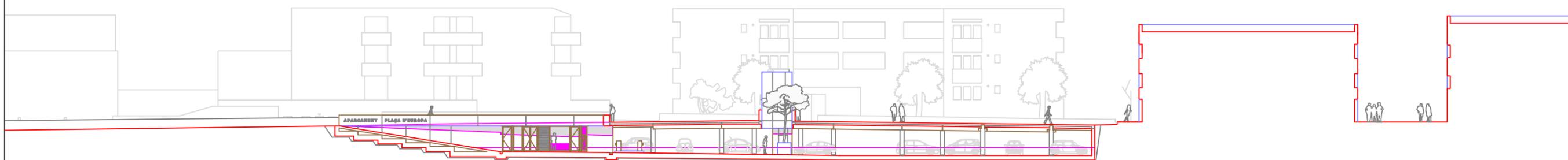
PROYECTO Adecuación de un parquí públic para el vehículu eléctricu con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3
DENOMINACIÓN 2. Planta	ESCALA 1:500
	PLANO 2 /18



PROYECTISTA  
  
 Daniel Fons Sánchez

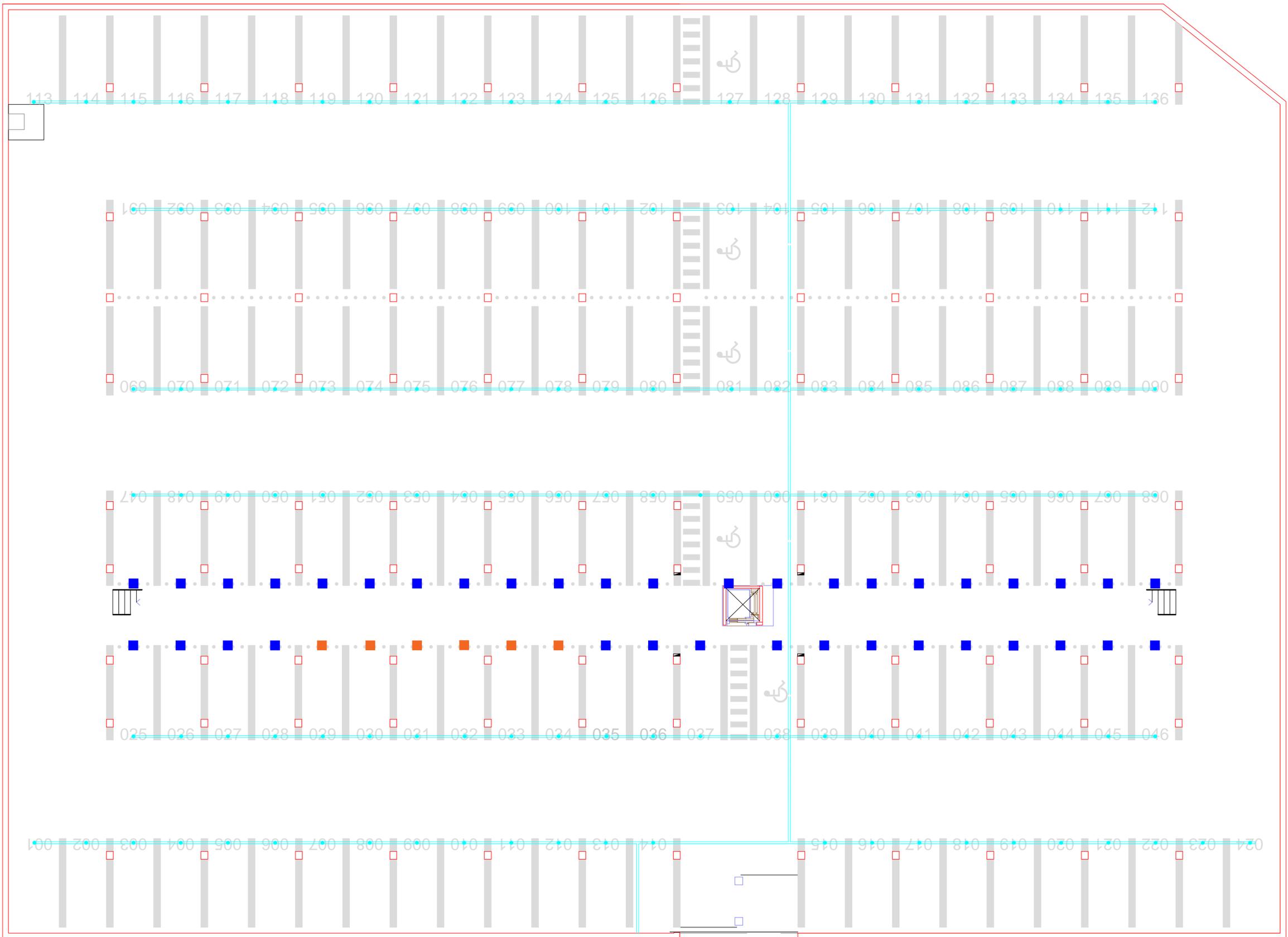


SECCIÓN AA



SECCIÓN BB

PROYECTO Adecuación de un parking público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 3. Secciones	ESCALA 1:500	
	PLANO 3/18	

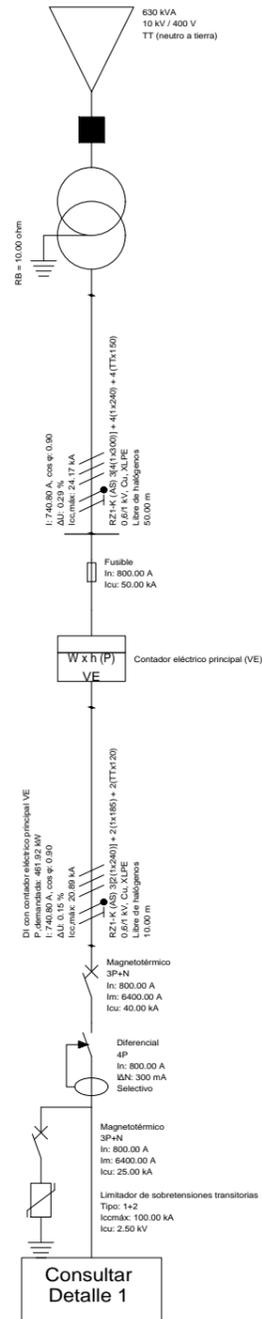


C. DE ROCA P

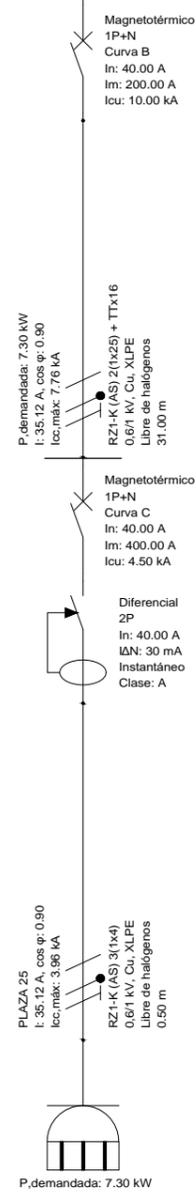
PEATONAL

Simbolo	Elemento
	Cargadores rápidos
	Cargadores semi-rápidos
	Cuadros secundarios
	Cuadro general
	Canalización control
	Sensor de ocupación

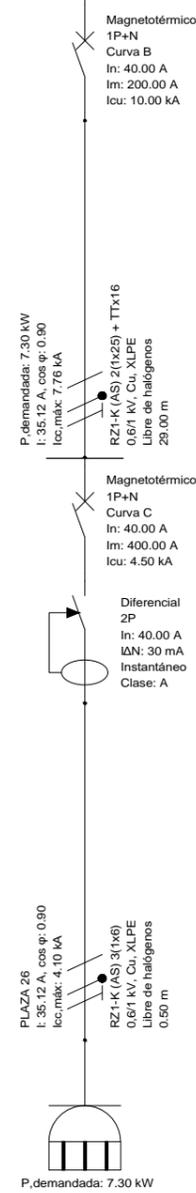
PROYECTO Adequación de un parking público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A1	
DESIGNACIÓN 4. Instalación eléctrica	ESCALA 1:100	
	TILBO 4/18	Daniel Fox Sureda



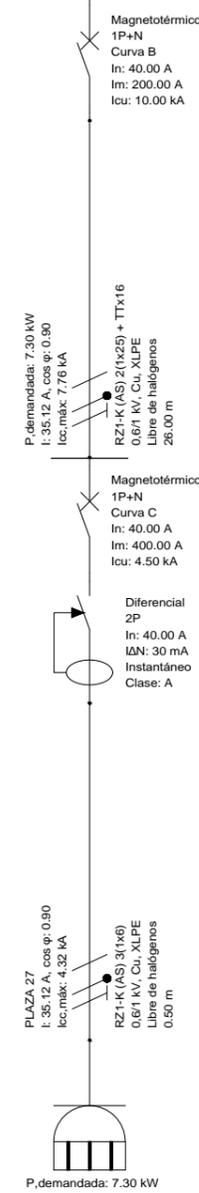
Detalle 3: Línea



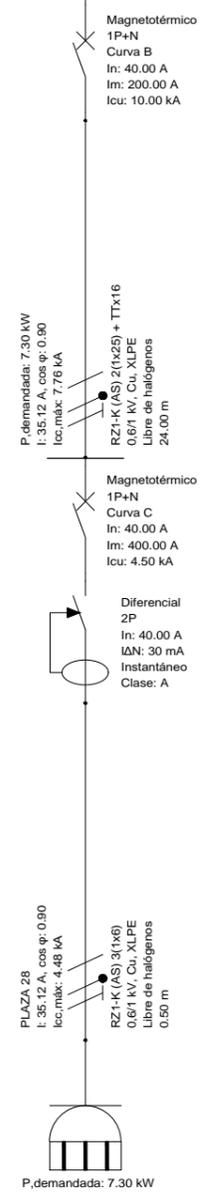
Detalle 4: Línea



Detalle 5: Línea

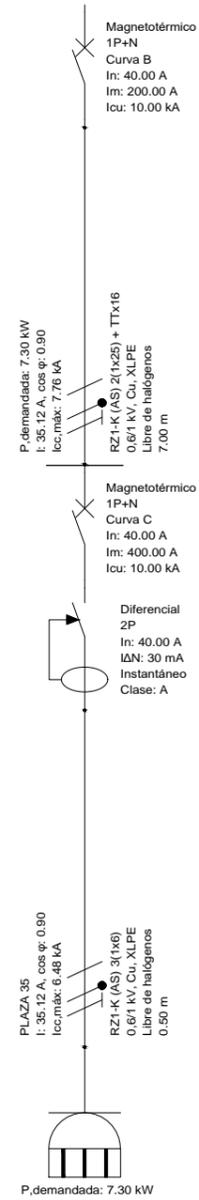


Detalle 6: Línea

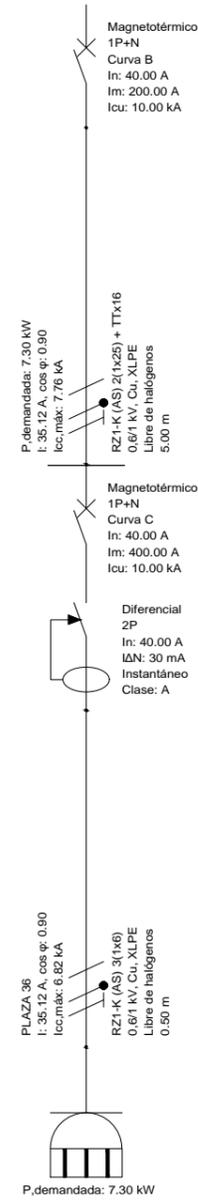


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	   
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 5. Esquema unifilar 1	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 5 / 18	

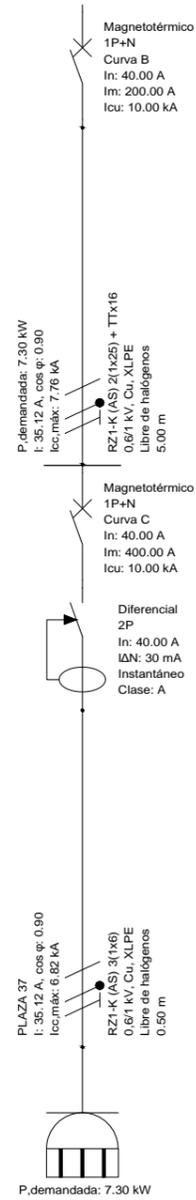
Detalle 7: Línea



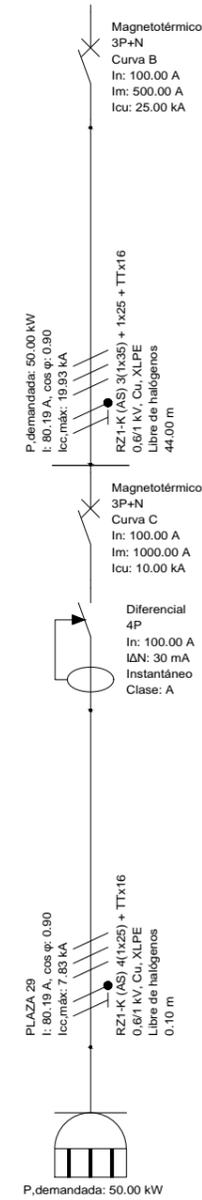
Detalle 8: Línea



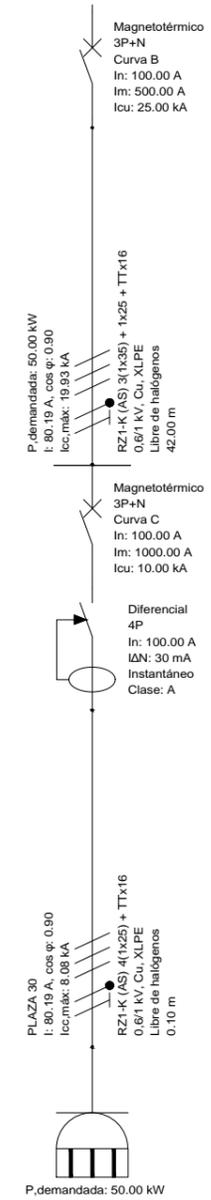
Detalle 9: Línea



Detalle 10: Línea

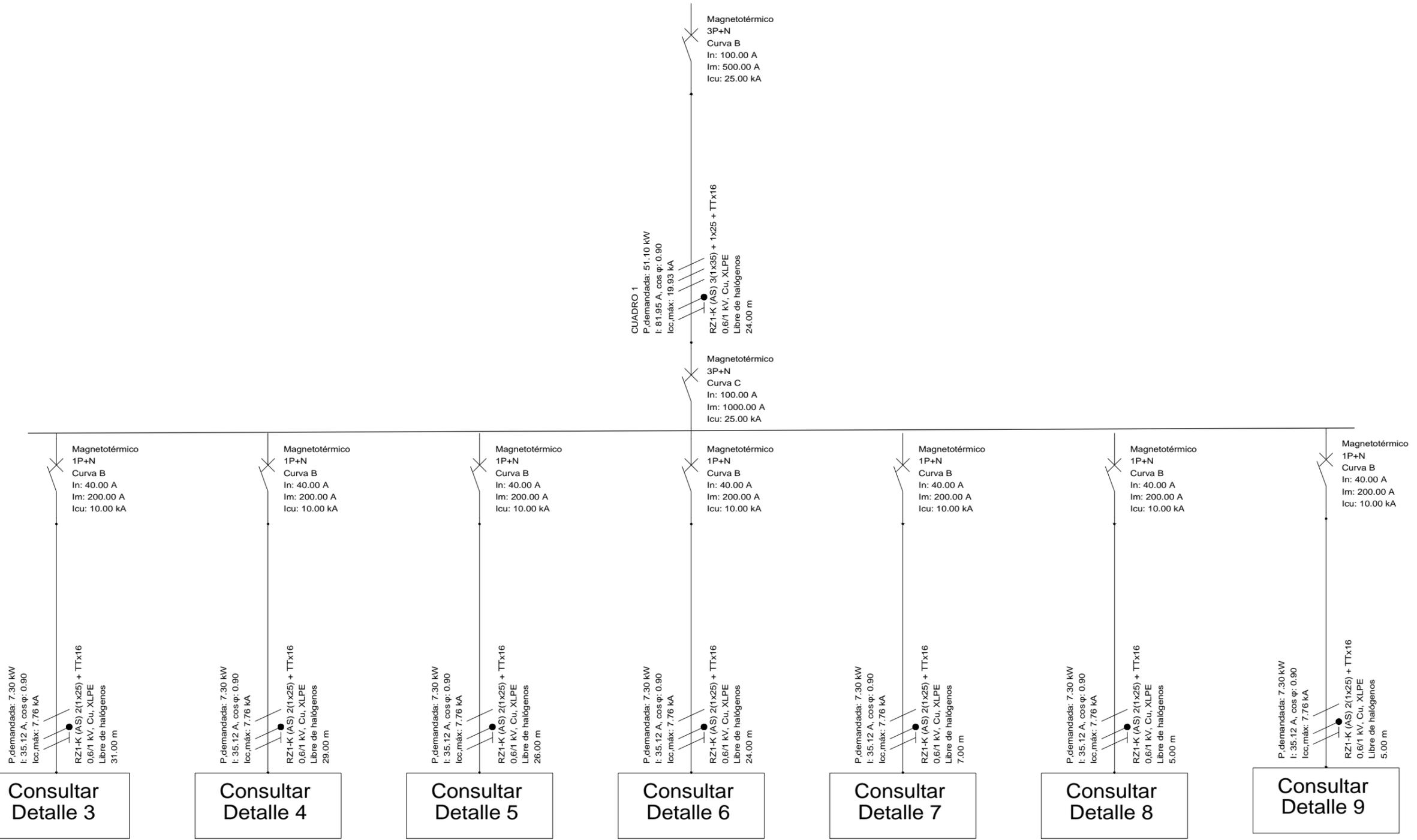


Detalle 11: Línea



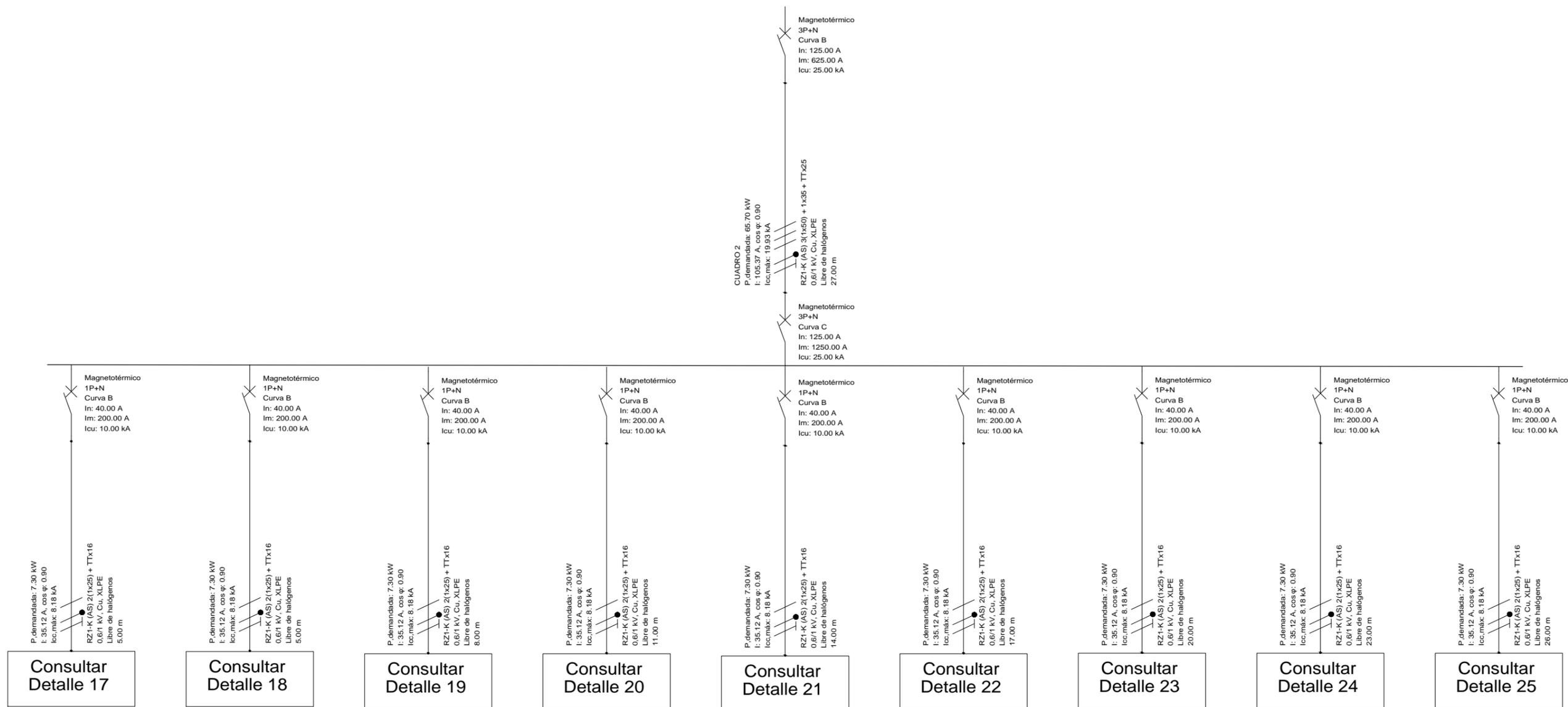
PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 6. Esquema unifilar 2	ESCALA -	
	PLANO 6 / 18	

# Detalle 2: Línea (CUADRO 1)



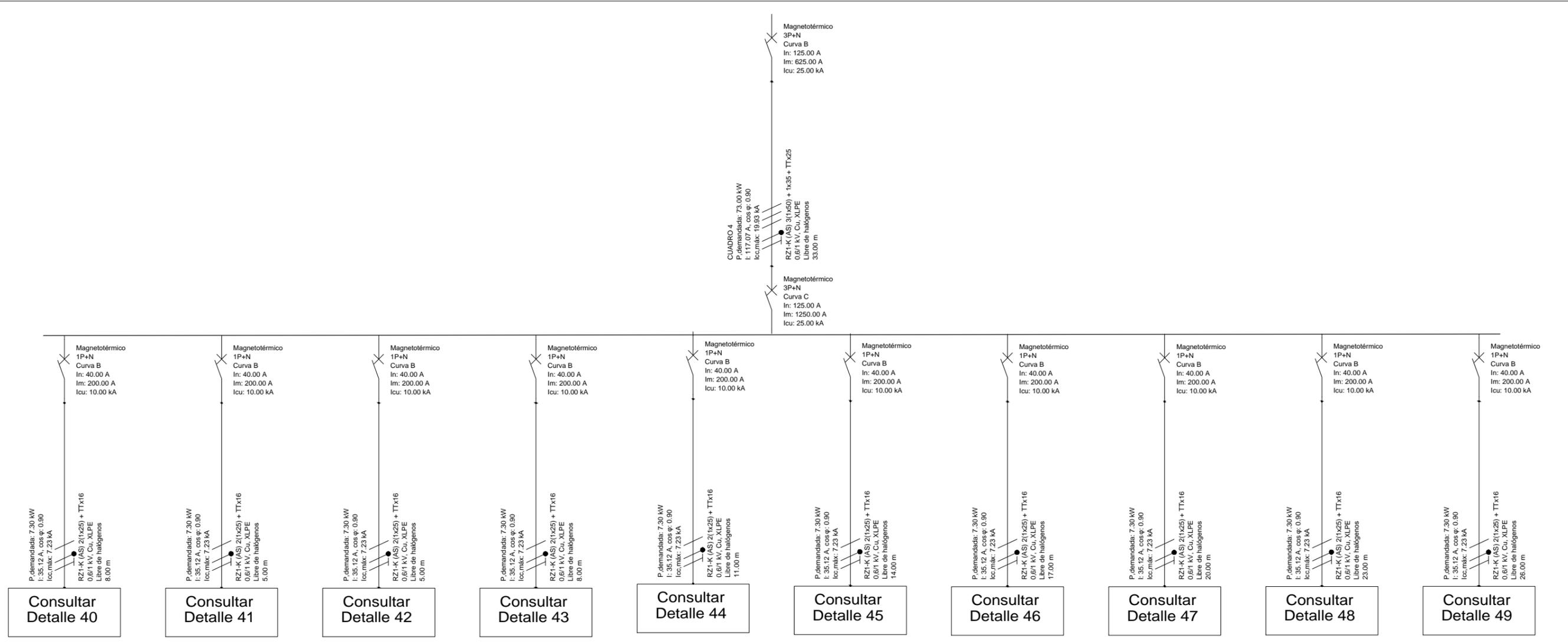
PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA 
DENOMINACIÓN 7. Esquema unifilar 3	ESCALA -	PLANO 7 / 18 Daniel Fons Sánchez

Detalle 16: Línea (CUADRO 2)



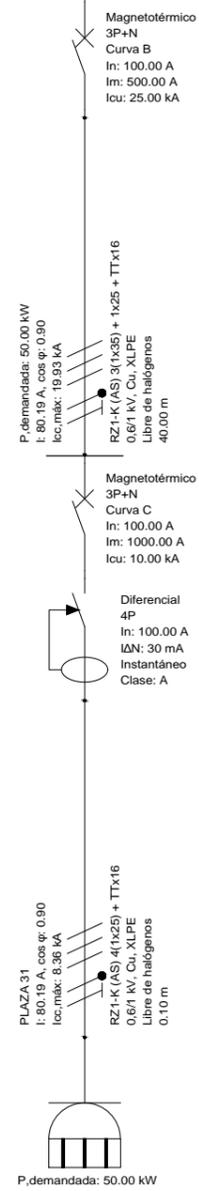
PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 8. Esquema unifilar 4	ESCALA 1:500	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 8/18	

Detalle 39: Línea (CUADRO 4)

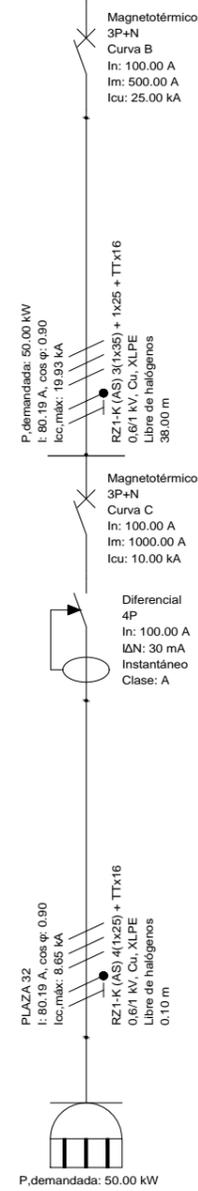


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 9. Esquema unifilar 5	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 9/18	

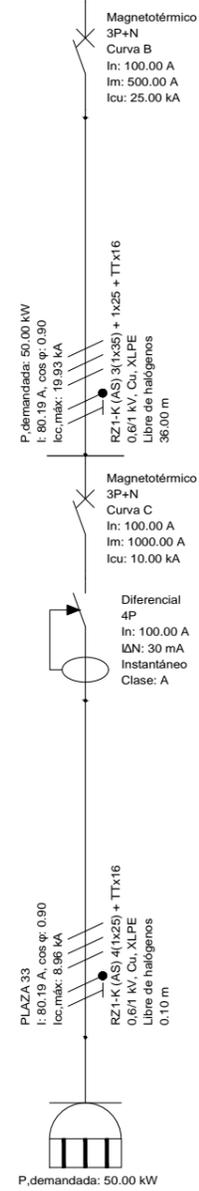
Detalle 12: Línea



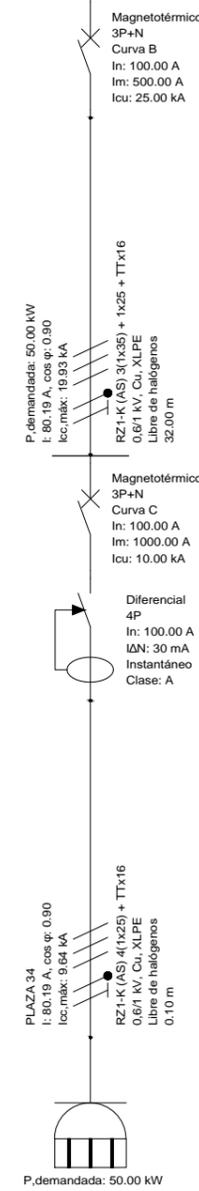
Detalle 13: Línea



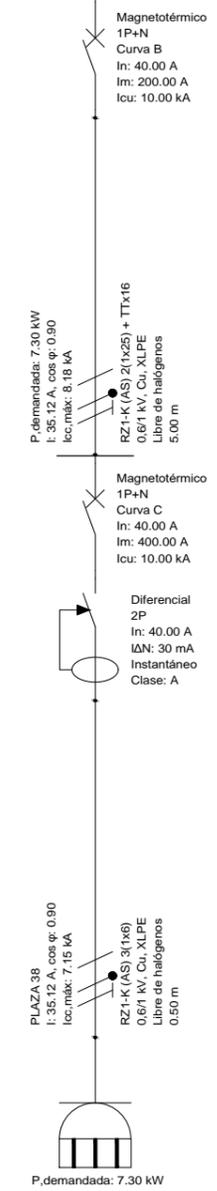
Detalle 14: Línea



Detalle 15: Línea

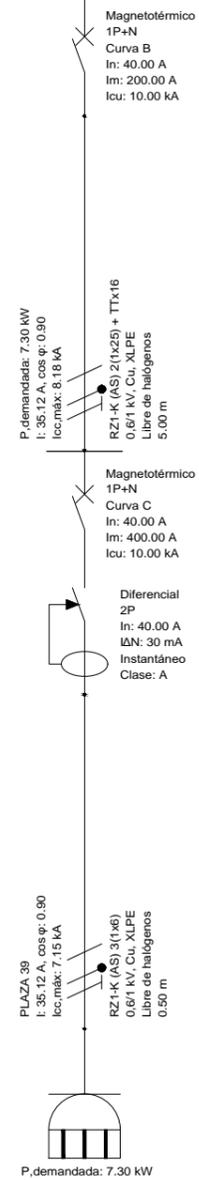


Detalle 17: Línea

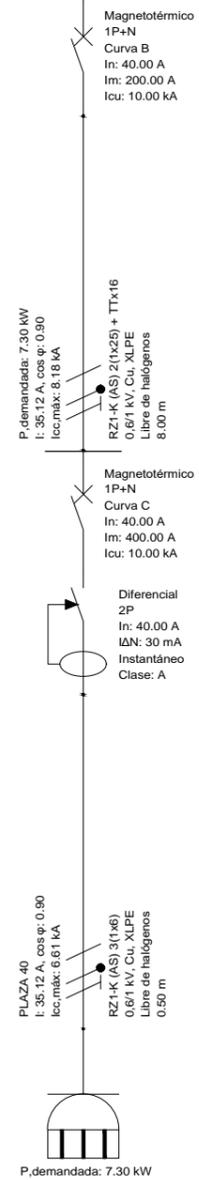


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 10. Esquema unifilar 6	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 10/18	

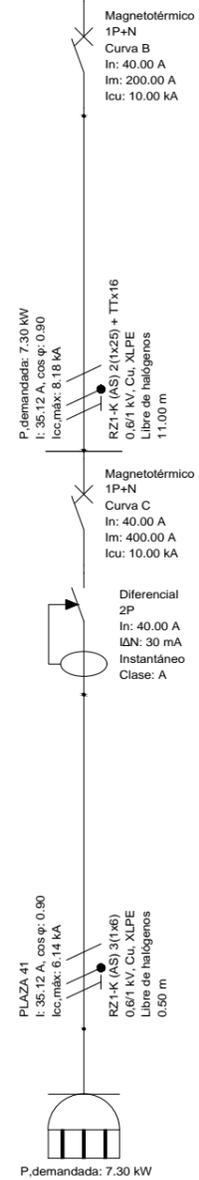
Detalle 18: Línea



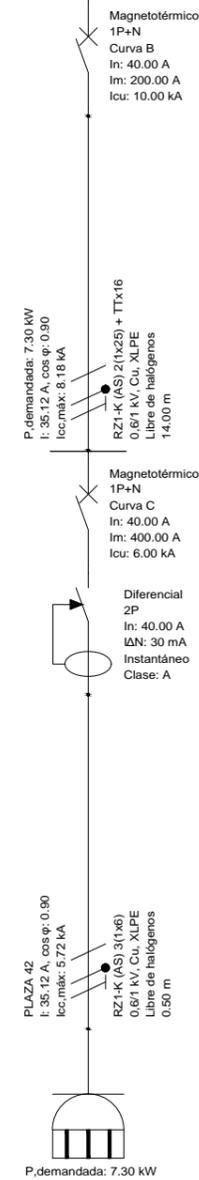
Detalle 19: Línea



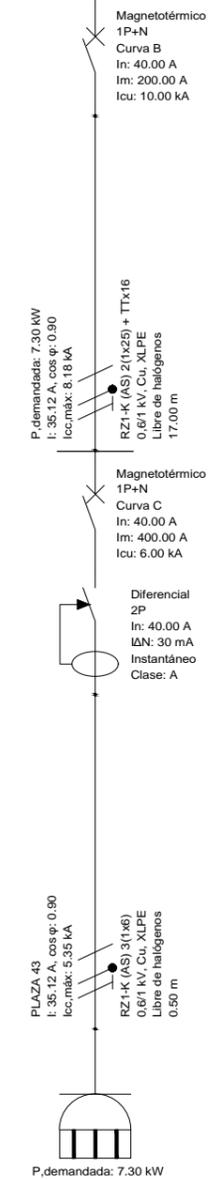
Detalle 20: Línea



Detalle 21: Línea

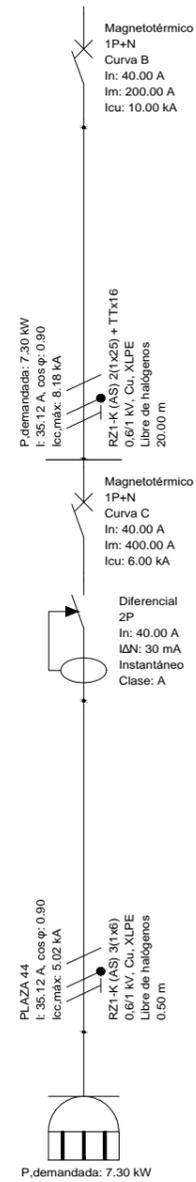


Detalle 22: Línea

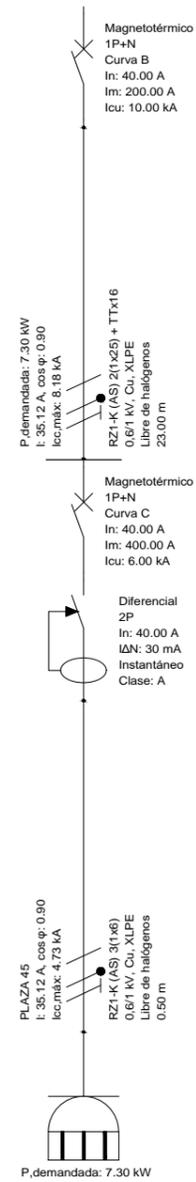


PROYECTO Adecuación de un parquín público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 11. Esquema unifilar 7	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 11/18	

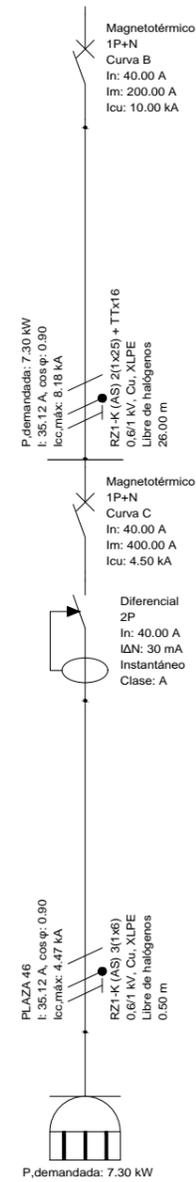
Detalle 23: Línea



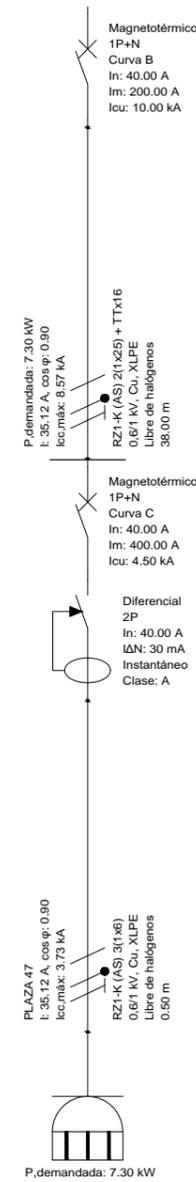
Detalle 24: Línea



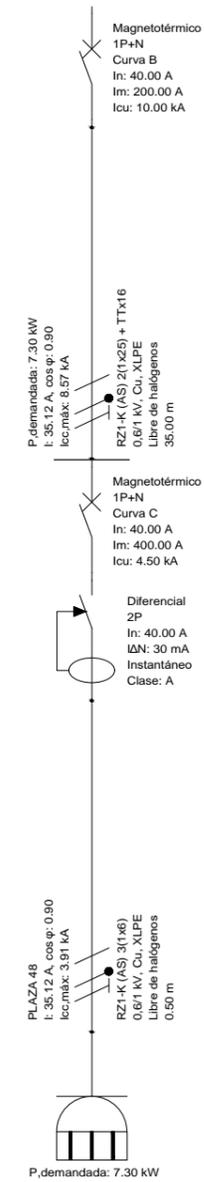
Detalle 25: Línea



Detalle 27: Línea

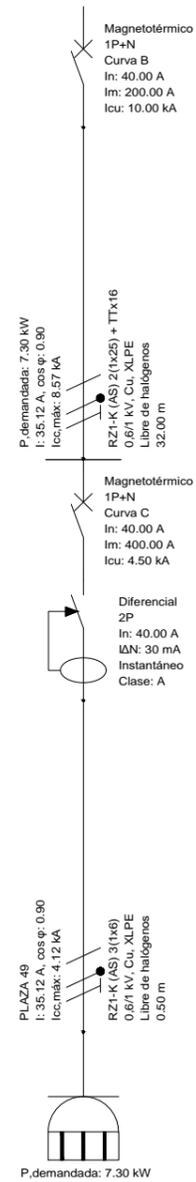


Detalle 28: Línea

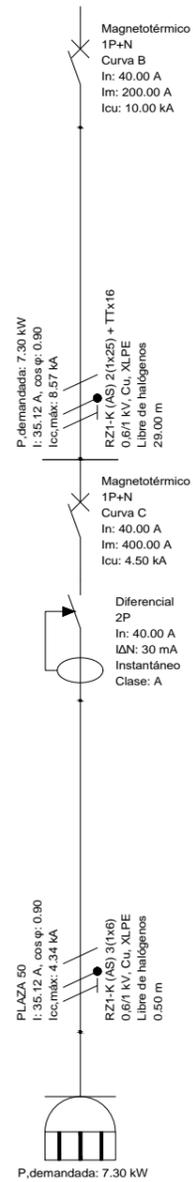


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 12. Esquema unifilar 8	ESCALA -	
	PLANO 12/18	

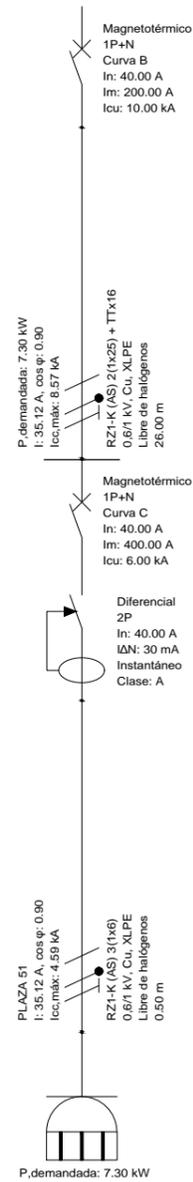
Detalle 29: Línea



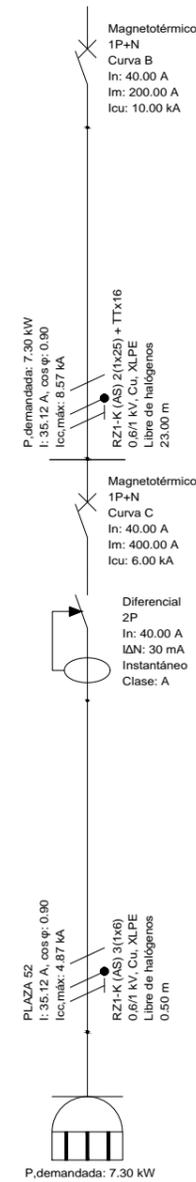
Detalle 30: Línea



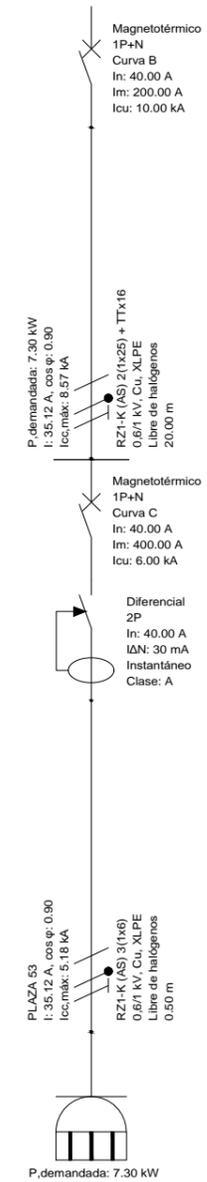
Detalle 31: Línea



Detalle 32: Línea

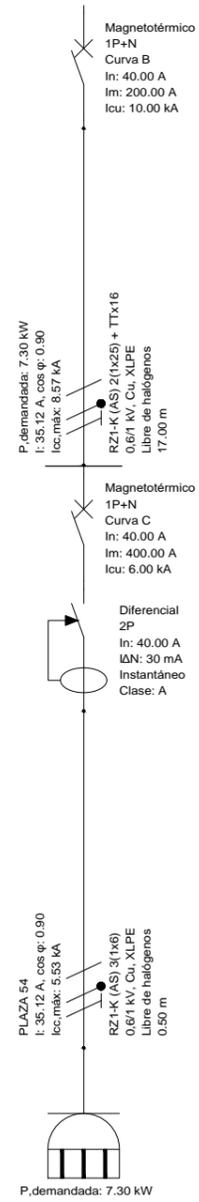


Detalle 33: Línea

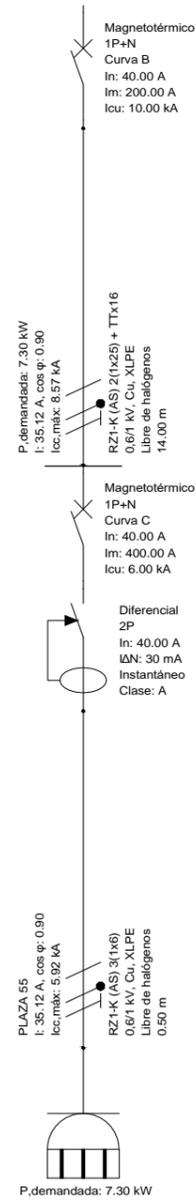


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 13. Esquema unifilar 9	ESCALA -	
	PLANO 13/18	

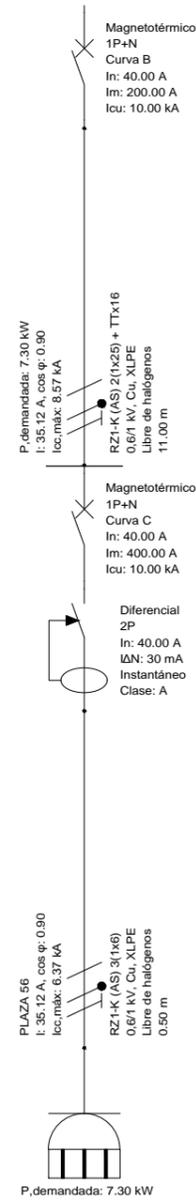
Detalle 34: Línea



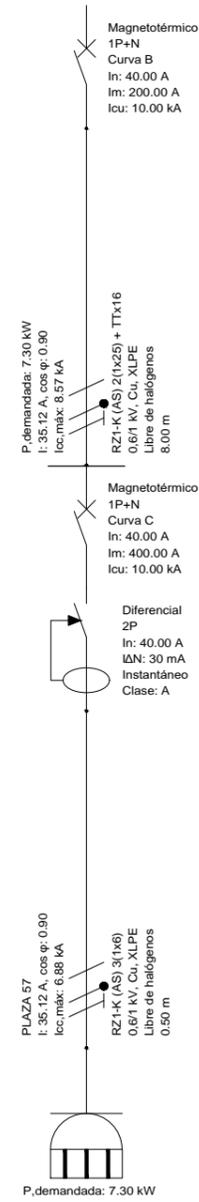
Detalle 35: Línea



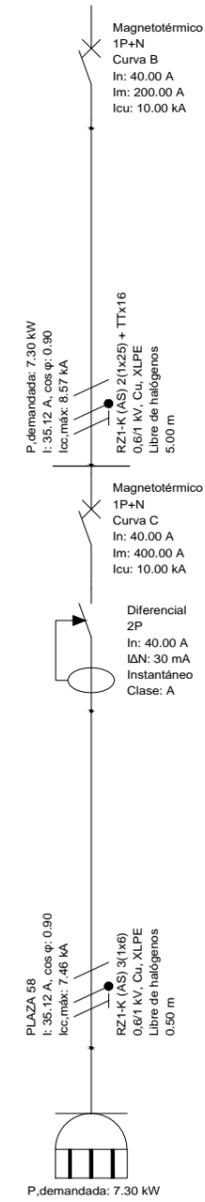
Detalle 36: Línea



Detalle 37: Línea

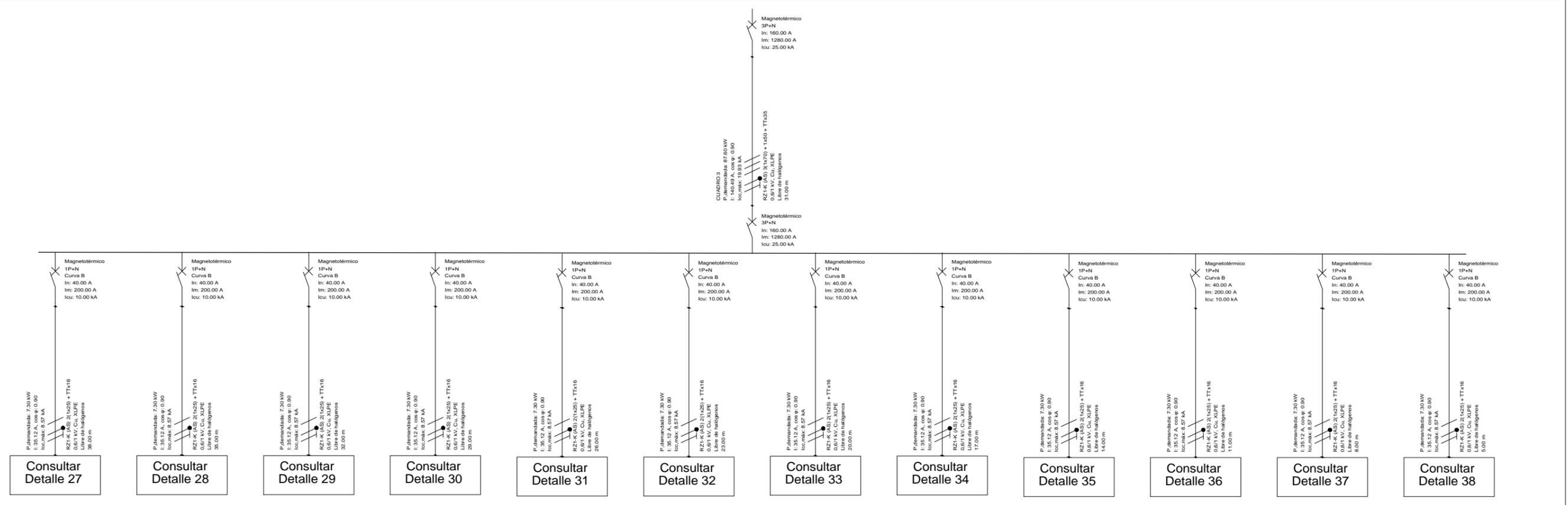


Detalle 38: Línea



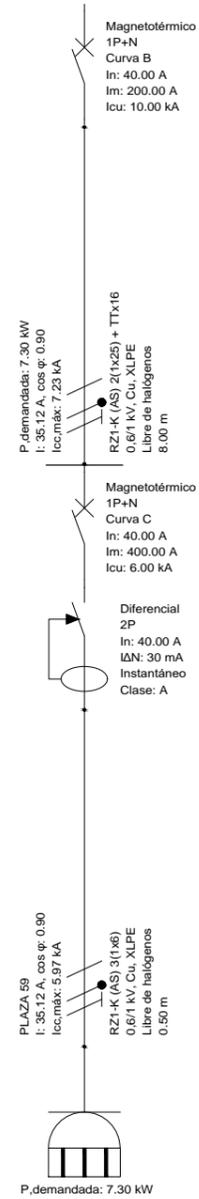
PROYECTO Adecuación de un parquín público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 14. Esquema unifilar 10	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 14/18	

Detalle 26: Línea (CUADRO 3)

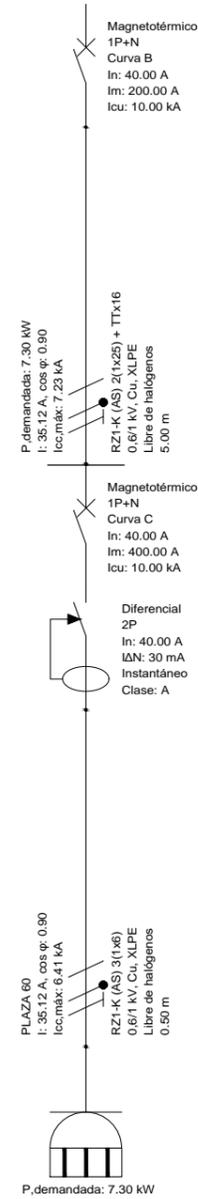


PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	  
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 15. Esquema unifilar 11	ESCALA -	 Daniel Fons Sánchez
	PLANO 15/18	

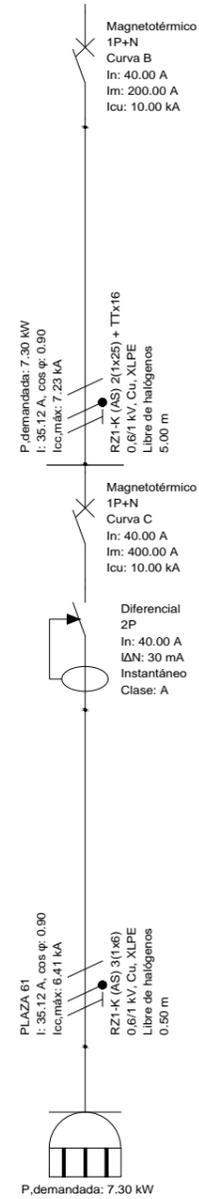
Detalle 40: Línea



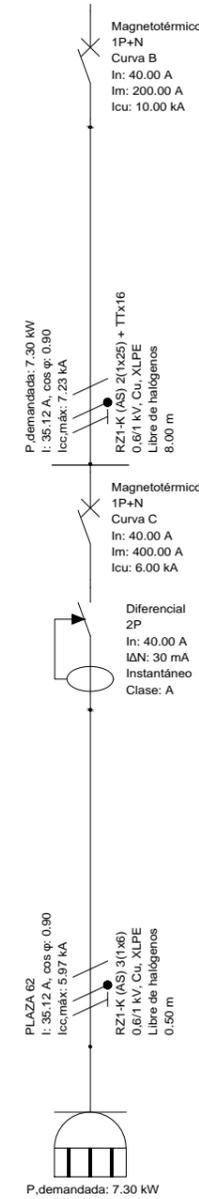
Detalle 41: Línea



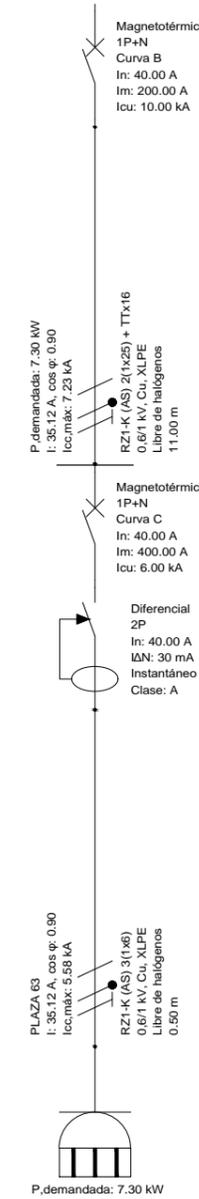
Detalle 42: Línea



Detalle 43: Línea

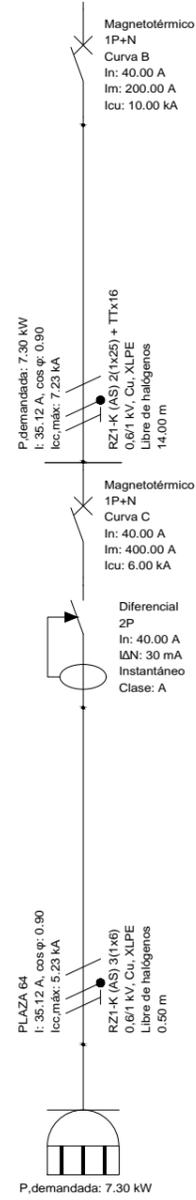


Detalle 44: Línea

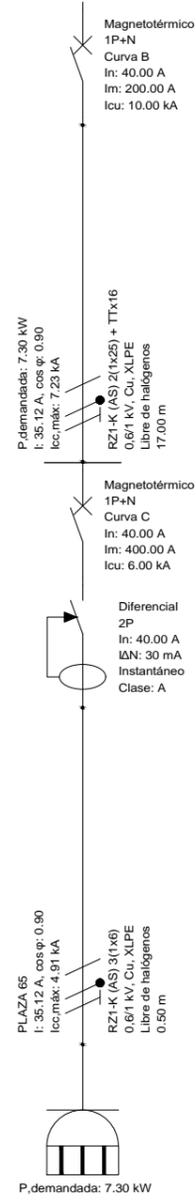


PROYECTO Adecuación de un parquin público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO 0001/17	
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA 06 - 2017	
CLIENTE Consell Insular de Formentera	FORMATO A3	PROYECTISTA
DENOMINACIÓN 16. Esquema unifila16	ESCALA -	
	PLANO 16/18	

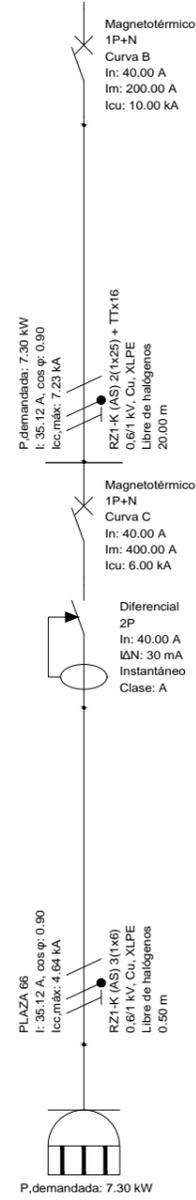
Detalle 45: Línea



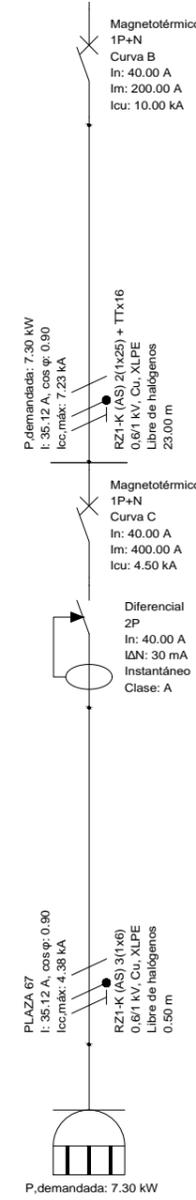
Detalle 46: Línea



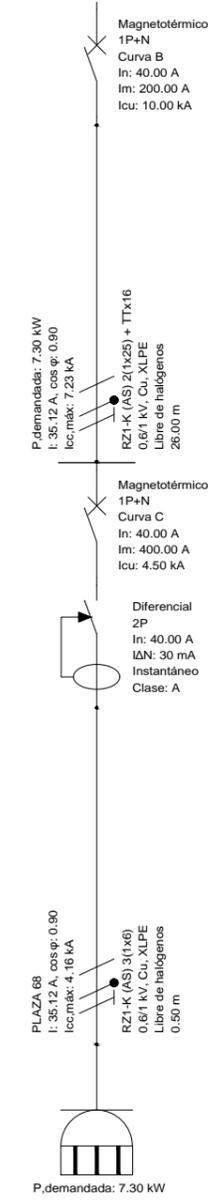
Detalle 47: Línea



Detalle 48: Línea

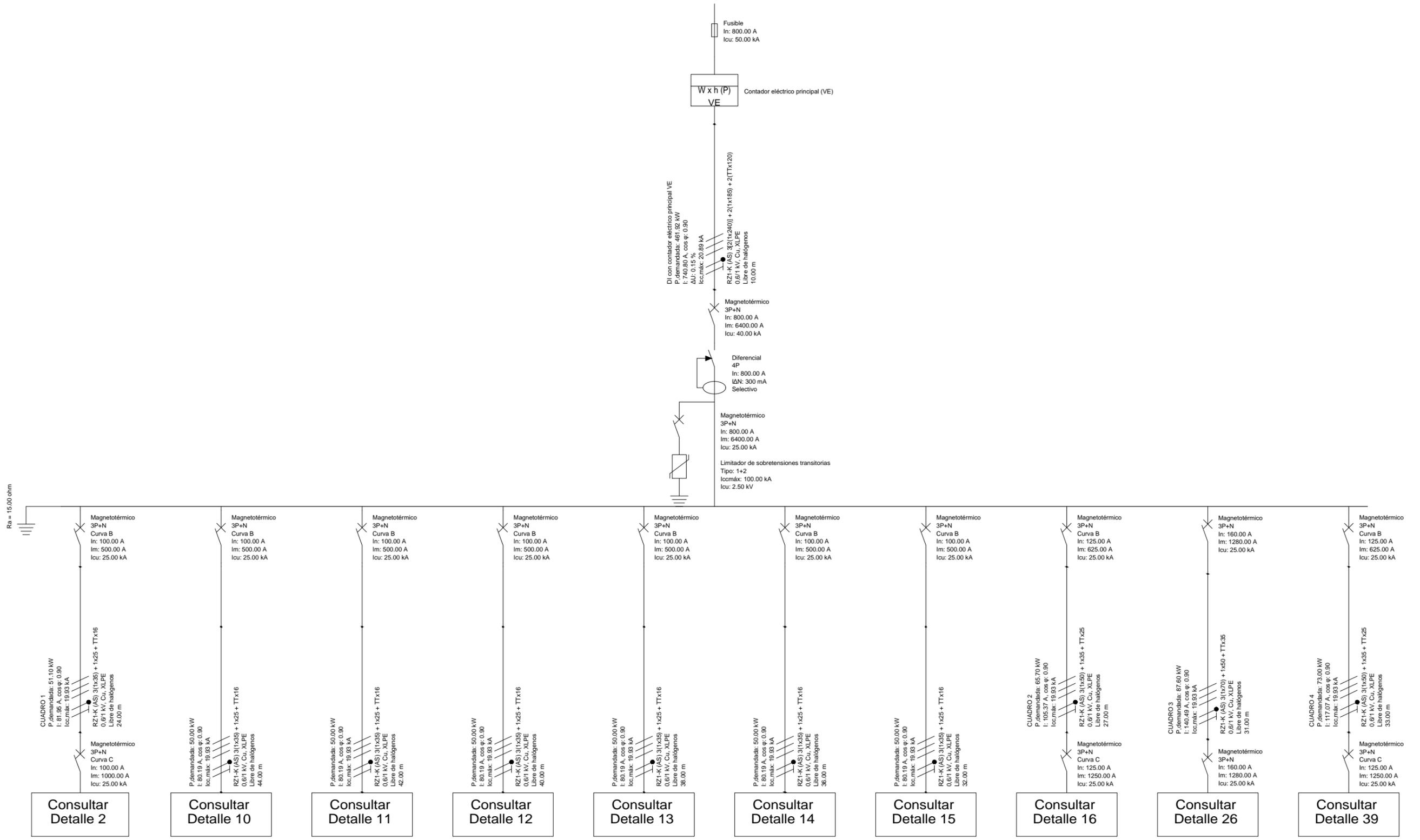


Detalle 49: Línea



PROYECTO Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO <b>0001/17</b>	
EMPLAZAMIENTO C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA <b>06 - 2017</b>	
CLIENTE <b>Consell Insular de Formentera</b>	FORMATO <b>A3</b>	PROYECTISTA 
DENOMINACIÓN <b>17. Esquema unifilar 13</b>	ESCALA -	PLANO <b>17/18</b> Daniel Fons Sánchez

Detalle 1: Línea (DI con contador eléctrico principal VE)



PROYECTO	Adecuación de un parque público para el vehículo eléctrico con gestión de control de carga y plazas disponibles	Nº PROYECTO	0001/17
EMPLAZAMIENTO	C/ Roca Plana nº27 - Plaça d'Europa 07871, Es Pujols (Formentera)	FECHA	06 - 2017
CLIENTE	Consell Insular de Formentera	FORMATO	A3
DENOMINACIÓN	18. Esquema unifilar 14	ESCALA	-
		PLANO	18/18





PROYECTISTA



Daniel Fons Sánchez