



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Grado en Ingeniería de la Energía**

**VIABILIDAD TÉCNICO/ECONÓMICA DE LA IMPLANTACIÓN  
DE GENERACIÓN RENOVABLE PARA LA RECARGA DE  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE UNA EMPRESA DEL SECTOR  
SERVICIOS**



**Autor:** Alejandro Vas Corrales  
**Director:** José López López  
**Convocatoria:** Mayo 2017



## Resumen

En este trabajo de fin de grado se ha realizado un análisis energético de la empresa en la que trabajo actualmente, para el mismo, se ha llevado a cabo un inventariado de las instalaciones y recogido toda la información relativa a los consumos energéticos; en este caso eléctricos, derivados del uso del edificio, y de combustible, derivados del uso de la flota de vehículos.

Una vez obtenido el mapa energético, se han desarrollado tres propuestas de mejora y ahorro energético: sustitución de la iluminación a LED, incorporación de vehículos eléctricos a la flota y diseño de su infraestructura de recarga y, finalmente, se ha desarrollado una instalación de generación de energía solar fotovoltaica de autoconsumo.

El desarrollo completo se finaliza con el análisis económico de dichas propuestas, analizando la viabilidad desde un punto de vista financiero, energético y de responsabilidad ética.

## Resum

En aquest treball de fi de grau s'ha realitzat un anàlisi energètic de l'empresa on treballa actualment, per fer-ho, s'ha portat a terme un inventariat de les instal·lacions i recollit tota la informació relativa als consums energètics; en aquest cas elèctrics, derivats de l'ús de l'edifici, i de combustible, derivats de l'ús de la flota de vehicles.

Un cop obtingut un mapa energètic, s'han desenvolupat tres propostes de millora i estalvi energètic: substitució de la il·luminació a LED, incorporació de vehicles elèctrics a la flota i disseny de la seva infraestructura de recàrrega i, finalment, s'ha desenvolupat una instal·lació de generació d'energia solar fotovoltaica d'autoconsum.

El desenvolupament complet finalitza amb l'anàlisi econòmic de les propostes realitzades, analitzant la viabilitat des d'un punt de vista financer, energètic i de responsabilitat ètica amb el medi ambient.

## **Abstract**

In this final degree project, an energy analysis of the company in which I'm currently working has been carried out, for that purpose, has been carried out an inventory of the facilities and collected all information on energy consumption; in this case, electrical consumption, derived from the use of the building and fuel consumption, derived from the use of the vehicle fleet.

Once the energy map has been obtained, three proposals for improvement and energy saving have been developed: replacement of current lighting to LED, incorporation of electric vehicles in the fleet and design its charging station, and finally, a photovoltaic power generation facility for self-consumption.

The complete development is completed with the economic analysis of these proposals, analysing the feasibility from a financial, energy and ethical responsibility point of view.



## **Agradecimientos**

A todos mis amigos, familiares y compañeros. En especial a mi madre, no has podido ver finalizar esta etapa, pero me lo has dado todo.







# Índice

<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>RESUM</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>V</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1. Objetivos del trabajo.....	9
1.2. Alcance del trabajo .....	9
<b>2. AUDITORÍA ENERGÉTICA</b>	<b>11</b>
2.1. Objeto de la auditoría .....	11
2.2. Datos de partida y ubicación .....	12
2.3. Período de estudio .....	13
2.4. Datos climatológicos de referencia .....	13
2.5. Principales usos energéticos.....	14
2.6. Ocupación y funcionamiento.....	15
2.7. Inventario de las instalaciones y equipos consumidores.....	15
2.7.1. Instalación de climatización .....	15
2.7.2. Instalación de iluminación.....	18
2.7.3. Otros equipos consumidores .....	20
2.8. Consumos de referencia .....	20
2.8.1. Consumo eléctrico.....	20
2.8.2. Consumo de combustible.....	23
2.9. Valoración de la auditoría energética. Puntos fuertes y débiles .....	26
<b>3. PROPUESTAS DE MEJORA ENERGÉTICA</b>	<b>27</b>
3.1. Propuesta 1. Sustitución de iluminación por tecnología LED .....	27
3.1.1. Ventajas de la iluminación LED .....	27
3.1.2. Estado actual y solución LED .....	28
3.1.3. Condicionantes de cálculo.....	29
3.1.4. Valoración de la propuesta .....	29
3.2. Propuesta 2. Incorporación de vehículos eléctricos a la flota actual.....	30
3.2.1. Ventajas del vehículo eléctrico.....	31
3.2.2. Uso y recarga del vehículo eléctrico.....	33

3.2.3.	Propuesta de actuación .....	34
3.2.4.	Dimensionado de la instalación de recarga.....	36
3.2.5.	Valoración de la propuesta.....	39
3.3.	Propuesta 3. Instalación de generación de energía fotovoltaica .....	41
3.3.1.	Dimensionado de la instalación fotovoltaica .....	42
3.3.2.	Previsión de la producción solar.....	53
3.3.3.	Valoración de la propuesta.....	54
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	<b>57</b>
4.1.	Emisiones de CO <sub>2</sub> de referencia .....	57
4.2.	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas .....	57
4.2.1.	Propuesta 1. Sustitución de iluminación por tecnología LED.....	57
4.2.2.	Propuesta 2. Incorporación de vehículos eléctricos a la flota.....	58
4.2.3.	Propuesta 3. Instalación de generación fotovoltaica .....	58
4.2.4.	Emisiones totales evitadas.....	58
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>59</b>
	<b>PRESUPUESTO Y ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	<b>61</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>71</b>
	Referencias bibliográficas.....	71

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos del trabajo

El objetivo de este trabajo de fin de grado es, en primer lugar, ser capaz de llevar a cabo la auditoría energética del centro de trabajo de manera eficaz y todo lo veraz posible, obteniendo así una visión global y realista del mapa energético. La auditoría está enfocada a encontrar puntos débiles en cuanto a consumo energético a partir de los cuales se desarrollen propuestas de mejora.

El segundo objetivo es ser capaz de desarrollar en su plenitud las propuestas de mejora energética, una ligada a la incorporación del vehículo eléctrico y otra a la generación de energía renovable.

## 1.2. Alcance del trabajo

En cuanto a la auditoría energética, no se pretende desarrollarla al detalle, sino más bien encontrar un mapa global, que muestre el camino hacia el desarrollo de las propuestas de mejora, que sí que tendrán un desarrollo más completo, desde su parte de dimensionado hasta su análisis económico.



## 2. Auditoría Energética

### 2.1. Objeto de la auditoría

El objeto del presente capítulo es la realización de una auditoría energética interna en la sede central de una empresa de servicios, cuyo negocio principal es el mantenimiento de instalaciones por todo el territorio español. Debido al volumen de trabajadores e ingresos de la empresa, el carácter de la auditoría es obligatorio debido a la aprobación del reciente Real Decreto 56/2016.

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Identificar los puntos donde se produce un consumo de energía y realizar un mapa energético de la situación.
- Detectar y evaluar las posibilidades de mejorar las instalaciones para introducir medidas de ahorro energético, valorando tanto actuaciones de gestión del uso energético como actuaciones con inversión para incrementar la eficiencia.

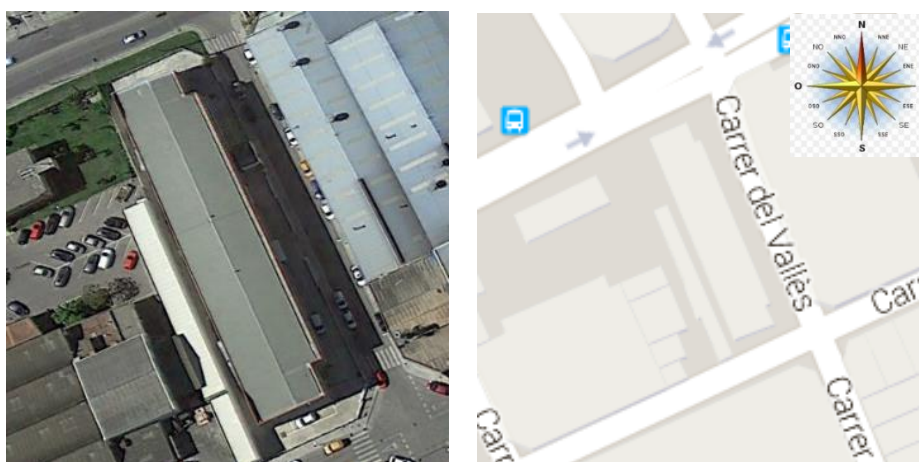
La metodología a seguir para la realización de la auditoría normalmente consiste en contactar con una persona que hará de enlace entre la propiedad y los auditores, en este caso, la auditoría es interna y toda la recogida de información se realizará contactando con la persona responsable de la misma directamente, sin intermediarios.

En este caso la auditoría no presentará el resumen ejecutivo inicial puesto que existirá un capítulo de valoración de la auditoría y un capítulo de valoración económica para cada propuesta de ahorro realizada. No es intención de la misma desgranar los consumos energéticos al detalle sino obtener un mapa energético general y una base de datos que permita desarrollar las propuestas de ahorro de manera completa.

## 2.2. Datos de partida y ubicación

La actividad de la empresa se lleva a cabo a nivel nacional separando la misma por delegaciones en todo el territorio, este estudio únicamente contempla el consumo de la delegación de Barcelona, que se trata de la sede principal.

El centro objeto de estudio se encuentra situado en la localidad de Cornellà de Llobregat, 08940, provincia de Barcelona. La nave que ocupa la empresa dispone de una superficie útil de 2.812,02 m<sup>2</sup> distribuidos en un recinto rectangular de unos 77x18 metros.



*Figura 1. Ubicación de la nave (Fuente: Google Maps)*

La fachada principal tiene orientación Norte – Noroeste, es la única fachada distinta, construida con plafones de vidrio laminado y perfilaría metálica. Las fachadas restantes son de muros prefabricados de cemento con aislamiento interior.

La cubierta es de sándwich de chapa de acero con aislamiento de lana de roca de 10 cm a dos aguas por todo lo largo de la nave.



*Figura 2. Fachada principal de la empresa auditada. (Fuente: Catálogo comercial empresa)*

La nave consta de 3 plantas, con la siguiente distribución:

- La planta baja, sobre rasante, donde se encuentra la recepción, salas de visitas y de reuniones, oficinas, servicios, almacén y parking.
- La 1ª planta, de dimensiones más reducidas, destinada a oficinas, servicios, vestuarios y rack de comunicaciones.
- La 2ª planta, bajo cubierta, destinada a oficinas, servicios, archivos y comedor.

Se adjunta a continuación un resumen donde se indica la superficie útil de cada planta y las dependencias que la forman:

Planta	Superficie	Comentarios
Planta Baja	1.227,88 m <sup>2</sup>	Recepción, Administración, Sala Formación, Salas Reuniones, Aparcamiento y Almacén
Planta Primera	352,86 m <sup>2</sup>	Vestuario, Sala Reuniones, Informática, RRHH y Prevención de Riesgos
Planta Segunda	1.231,28 m <sup>2</sup>	Dirección, Comercial, Operaciones, Oficina Técnica, Actividades Especiales, Compras, Salas de Reuniones y Producción Barcelona.

*Tabla 1. Distribución de superficies de la nave. (Fuente: Elaboración propia)*

En el Anexo A1 se encuentra la distribución completa de todos los espacios con sus superficies. Los planos de las diferentes plantas se adjuntan en el volumen de planos.

### 2.3. Período de estudio

Los datos de consumo energético estudiados corresponden a un ejercicio anual completo, con referencia en el **año 2016**, siendo este el más actual y representando por lo tanto el perfil de funcionamiento más certero. Se tienen en cuenta los diferentes suministros energéticos, así como sus costes asociados, en el mismo periodo de estudio.

### 2.4. Datos climatológicos de referencia

La localidad de Cornellà pertenece a la provincia de Barcelona y, por tanto, a la zona climática C2 según el Código Técnico de la Edificación. Por su proximidad al aeropuerto del Prat de Llobregat se utiliza como referencia su estación meteorológica **LEBL** ya que permite disponer de los datos más contrastados y un gran registro histórico.

## 2.5. Principales usos energéticos

Se detalla a continuación los valores de los principales consumos energéticos del centro, con el correspondiente coste e impacto ambiental en emisiones de CO<sub>2</sub>:

Fuente Energética	Consumo (kWh)	Consumo (litros)	Coste (€)	Ratio CO <sub>2</sub> <sup>1</sup> (kg CO <sub>2</sub> /kWh)	Emisiones (t CO <sub>2</sub> )
Electricidad	264.323	-	37.499,18 €	0,34	89,9
Gasóleo	3.205.403 <sup>2</sup>	302.339	327.645,04 €	0,27	865,5
<b>TOTAL</b>	<b>3.469.726</b>	<b>302.339</b>	<b>365.144,22 €</b>	-	<b>955,3</b>

*Tabla 2. Consumos energéticos de referencia año 2016. (Fuente: Elaboración propia)*

En cuanto al consumo eléctrico, la nave tiene contratado el suministro eléctrico con Endesa mediante tarifa 3.0A, con 80kW de potencia contratada en los tres períodos tarifarios, en el Anexo A2 se incorpora un estudio de la facturación completo del mismo se puede concluir que la contratación de la potencia es óptima y se obtiene el indicador de referencia del coste del kWh con impuesto eléctrico incluido, que servirá para contabilizar el ahorro que generen las propuestas de mejora:

Tarifa 3.0A	Coste kWh
Período 1 - Punta	0,1311 €
Período 2 - Llano	0,1047 €
Período 3 - Valle	0,0750 €
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,1041 €</b>

*Tabla 3. Coste promedio del kWh (Fuente: Elaboración propia. Datos: Facturas eléctricas)*

A pesar de definir el precio promedio del kWh, se puede utilizar otro criterio según el uso temporal.

Respecto al consumo de combustible, pertenece en su totalidad al consumo de la flota de vehículos que posee la empresa en su delegación de Barcelona.

<sup>1</sup> Ratios obtenidas de la guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero de la Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC) [1]

<sup>2</sup> PCI Gasoil C: 11,87 kWh/kg – Densidad Gasoil C: 900kg/m<sup>3</sup>



## 2.6. Ocupación y funcionamiento

La nave permanece abierta de lunes a viernes laborables desde las 7:00h hasta las 20:00h. La jornada laboral de la mayor parte del personal de oficina es de 8:00h a 18:00h, con descanso entre las 14:00h y las 15:30h.

El almacén presenta un horario diferente pues también permanece abierto los fines de semana y festivos debido a los servicios de urgencias que proporciona la empresa.

La ocupación de trabajadores de la nave ha ido aumentando progresivamente durante todo el 2016, comenzando el año con 85 puestos fijos y acabando con 96. El número de trabajadores sin puesto en la oficina también ha aumentado considerablemente, en su mayor parte operarios, a pesar de no suponer un aumento en el consumo eléctrico de la nave, muchos de ellos han propiciado que se observe un aumento en el consumo del combustible de la flota de vehículos.

## 2.7. Inventario de las instalaciones y equipos consumidores

### 2.7.1. Instalación de climatización

Con tal de climatizar la nave, se utiliza en la mayor parte de dependencias un sistema de bombas de calor con expansión directa y sistema VRV (Volumen de refrigerante variable) que permite tanto la refrigeración como la calefacción según las necesidades de confort.

Existen 5 unidades de producción con su correspondiente unidad exterior que garantizan el uso independiente de las diferentes zonas de la nave. Las unidades interiores son de conductos en el vestíbulo principal y tipo cassette en zonas comunes y despachos.



Figura 3. Unidades exteriores de producción. (Fuente: Oficina técnica empresa)

El sistema incorpora 5 recuperadores de calor con intercambiador de placas y doble ventilador que ceden el calor o frío residual de la red de aire limpio.

Existen unidades independientes tipo Split en la sala de informática, el CPD (Centro de Procesamiento de Datos), los vestuarios y la sala de comité.

Las siguientes tablas muestran las características técnicas de los equipos de clima existentes y su consumo anual estimado:

Unidades exteriores de producción – Bombas de calor inverter VRV:

	Unidades	Potencia térmica (kW)		Potencia eléctrica (kW)	Uso anual (h)	Consumo Anual (kWh)
		Frío	Calor			
Mitsubishi Electric P350YHM-A	2	40,7	45	12,09	2.000	48.360
Mitsubishi Electric P400YHM-A	1	46,5	50	13,47	2.000	26.940
Mitsubishi Electric P250YHM-A	1	29,1	31,5	7,83	2.000	15.660
Mitsubishi Electric P300YHM-A	1	34,8	37,5	9,39	2.000	18.780
<b>TOTAL</b>						<b>109.740</b>

*Tabla 4. Unidades de producción, bombas de calor inverter. (Fuente: Elaboración propia)*

Unidades interiores – Tipo cassette y conductos:

	Unidades	Potencia térmica (kW)		Potencia eléctrica (kW)	Uso anual (h)	Consumo Anual (kWh)
		Frío	Calor			
Mitsubishi Electric PLFY-P40	27	4,5	5	0,05	2.000	2.700
Mitsubishi Electric PLFY-P32	13	3,6	4	0,05	2.000	1.300
Mitsubishi Electric PLFY-P25	4	2,8	3,2	0,05	2.000	400
Mitsubishi Electric PLFY-P20	9	2,2	2,5	0,05	2.000	900
Mitsubishi Electric PEFY-P80	1	9	10	0,14	2.000	280
Mitsubishi Electric PEFY-P50	1	5,6	6,3	0,11	2.000	220
<b>TOTAL</b>						<b>5.800</b>

*Tabla 5. Unidades interiores – Tipo cassette y conductos. (Fuente: Elaboración propia)*

Recuperadores de calor:

	Unidades	Potencia térmica (kW)		Potencia eléctrica (kW)	Uso anual (h)	Consumo Anual (kWh)
		Frío	Calor			
Recuperador ATC GTDI-E1900	5	-	-	0,75	2.000	7.500
<b>TOTAL</b>						<b>7.500</b>

Tabla 6. Recuperadores de calor. (Fuente: Elaboración propia)

Cajas de ventilación:

	Unidades	Potencia térmica (kW)		Potencia eléctrica (kW)	Uso anual (h)	Consumo Anual (kWh)
		Frío	Calor			
Cajas ventilación BD 19/19	4	-	-	0,12	2.000	960
<b>TOTAL</b>						<b>960</b>

Tabla 7. Cajas de ventilación. (Fuente: Elaboración propia)

Bombas de calor tipo Split:

	Unidades	Potencia térmica (kW)		Potencia eléctrica (kW)	Uso anual (h)	Consumo Anual (kWh)
		Frío	Calor			
Airwell PNX 12DCI	7	3,5	4,3	1,12	2.000	15.680
<b>TOTAL</b>						<b>15.680</b>

Tabla 8. Splits de pared. (Fuente: Elaboración propia)

El consumo total estimado para climatización es de **142.771 kWh anuales**.

## 2.7.2. Instalación de iluminación

En cuanto a la instalación de iluminación, a lo largo de la nave se encuentran diversos tipos de luminarias separadas según la zona a la que dan servicio con un régimen de funcionamiento diverso. En general, todas las luminarias funcionan de lunes a viernes excepto festivos por lo que se suponen unos 250 días de uso al año, no es así en el caso de la iluminación del almacén y el exterior de la nave puesto que se usan todo el año.

Las distintas luminarias existentes, las estancias generales que iluminan y el régimen de funcionamiento es el siguiente:

- En las zonas de oficina la iluminación se lleva a cabo mediante pantallas de 4 tubos fluorescentes de 18W con reactancias electrónicas, en este caso existe control mediante detectores de presencia, la media de uso es de 8 horas los días laborables.



*Figura 4. Pantalla empotrable fluorescente 4x18W – zona de oficinas. (Fuente: [www.iluminaonline.com](http://www.iluminaonline.com))*

- Se utilizan downlights con bombillas compactas con diferentes configuraciones según el servicio al que van destinadas, generalmente:
  - Downlights 2x26W para despachos y sala de formación – 6 horas diarias.
  - Downlights 2x18W para salas de reuniones – 4 horas diarias.
  - Downlights 1x18W para zonas diáfanas, pasillos y lavabos – 8 horas diarias.



*Figura 5. Downlight empotrable con bombillas compactas 2x26W. (Fuente: [www.iluminacionalboran.com](http://www.iluminacionalboran.com))*

- En el vestíbulo, iluminado alrededor de 12 horas diarias, se utilizan campanas con bombillas de vapor de sodio de alta presión de 250W; las escaleras contiguas están iluminadas el mismo tiempo con 3 luminarias de 2 fluorescentes de 58W cada una.

- La zona de almacén también se ilumina mediante campanas industriales con bombillas de vapor de sodio de alta presión, en este caso de 400W, 12 horas todos los días del año.



Figura 6. Campana industrial con bombilla de VSAP 400W. (Fuente: [www.cifralux.es](http://www.cifralux.es))

- Las zonas exteriores se iluminan mediante proyectores de halogenuros metálicos de 70W y 150W alrededor de unas 10 horas diarias todos los días del año (su uso varía según las horas de sol existentes, se considera un promedio).



Figura 7. Proyector halogenuro metálico 70/150W. (Fuente: [www.conalux.com](http://www.conalux.com))

En el Anexo A3 aparece un resumen de las luminarias existentes en cada estancia y la potencia total de consumo, en la siguiente tabla se realiza un resumen de la cantidad total, su potencia y el tiempo de uso estimado:

Luminarias	Ud.	Potencia (W)		Tiempo Uso (h)	
		Nominal	Real	Diario	Anual
P. Fluorescentes 4x18W	212	72	90	8	2.000
P. Fluorescentes 2x58W	31	116	145	6	1.500
Downlight 2x26W	58	52	65	6	1.500
Downlight 2x18W	52	36	45	4	1.000
Downlight 1x18W	105	18	22,5	8	2.000
Campana VSAP 250W	9	250	268,8	12	3.000
Campana VSAP 400W	8	400	430,1	12	4.380
Proy. Halogenuro 70W	12	70	87,5	10	3.650
Proy. Halogenuro 150W	15	150	187,5	10	3.650

Tabla 9. Resumen luminarias existentes y uso. (Fuente: Elaboración propia)

### 2.7.3. Otros equipos consumidores

Además de las instalaciones de climatización e iluminación, existen otros equipos consumidores de energía, en su mayoría equipos de ofimática. En la siguiente tabla se puede observar la relación de equipos existentes y una estimación de su consumo anual:

Equipo	Unidades	Potencia Ud. (kW)	Uso anual (h)	Consumo estimado (kWh/año)
Ordenadores (PC + Monitor)	85	0,1	2.000	17.000,0
Fotocopiadora	4	0,75	750	2.250,0
Fax	2	0,15	250	75,0
Impresora	6	0,7	750	3.150,0
Plotter	1	0,8	250	200,0
Nevera	2	0,35	3.285	2.299,5
Microondas	3	1	250	750,0
Dispensador agua	4	0,05	2.500	500,0
Ascensor	1	4,5	500	2.250,0
Central alarma	1	0,2	8.760	1.752,0
Montacargas	1	4,5	375	1.687,5
Máquina vending	8	0,26	3.240	6.739,2
Secador manos	8	1,02	125	1.020,0
Rack comunicaciones	1	0,75	8.760	6.570,0
Termo Eléctrico	1	2,4	150	360,0
<b>TOTAL</b>				<b>46.603,2</b>

*Tabla 10. Otros equipos consumidores y estimación de consumo. (Fuente: Elaboración propia)*

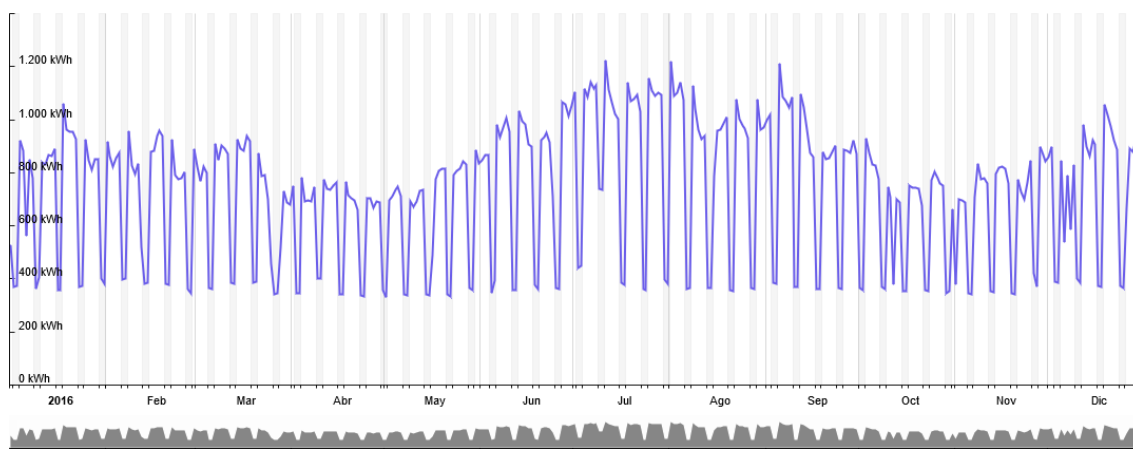
## 2.8. Consumos de referencia

### 2.8.1. Consumo eléctrico

La delegación de Barcelona tiene implementado un sistema de gestión energética que, además de proporcionar unas pautas de actuación respecto al comportamiento del uso energético, hizo que se llevase a cabo una instalación de monitorización del consumo eléctrico general, permitiendo leer, entre otros datos, la potencia y consumo eléctricos de manera cuarto horaria, además de guardar registros históricos en una plataforma de gestión energética desde que se implantó.

Para disponer de unos datos representativos del consumo real hasta la fecha, se toma como referencia el consumo realizado en el ejercicio completo anterior, el año 2016.

El consumo registrado del ejercicio anterior completo, desde el día 1 de enero hasta el 31 de diciembre de 2016 es el siguiente:



*Figura 8. Consumo eléctrico diario de la nave correspondiente al año 2016. (Fuente: Plataforma de gestión DEXCell EM)*

	<b>TOTAL</b>	<b>Media</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Electricidad General</b>	265.203,97 kWh	724,60 kWh	1.224,37 kWh	332,06 kWh

*Tabla 11. Datos representativos año 2016. (Fuente: Elaboración propia. Datos: DEXCell EM)*

En el gráfico anterior se pueden distinguir tres claros periodos de consumo: los meses desde finales de noviembre a finales de marzo presentan un consumo intermedio moderado correspondiente al período más frío; en abril, mayo y de la segunda mitad de septiembre a octubre se observa un consumo reducido, es un período de temperaturas agradables; finalmente, se observa el período de mayor consumo coincidiendo con la época de mayor temperatura.

Esta variación es típica en la tipología de edificio en cuestión, donde el uso mayoritario es uso de oficinas. La energía necesaria para climatizar la nave es la que define el consumo variable de la nave.

El promedio de energía consumida diaria para cada mes, con fines de semana y festivos incluidos, que se fijará como consumo de referencia, es el siguiente:

Mes	Consumo (kWh)	
	Prom. diario	TOTAL
Enero	700,69	21.721
Febrero	720,05	20.881
Marzo	689,72	21.381
Abril	611,05	18.332
Mayo	636,60	19.735
Junio	792,85	23.785
Julio	894,42	27.727
Agosto	844,69	26.185
Septiembre	804,20	24.126
Octubre	619,83	19.215
Noviembre	654,12	19.624
Diciembre	725,53	22.491
<b>Promedio</b>	<b>724,48</b>	<b>22.100</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>265.204</b>

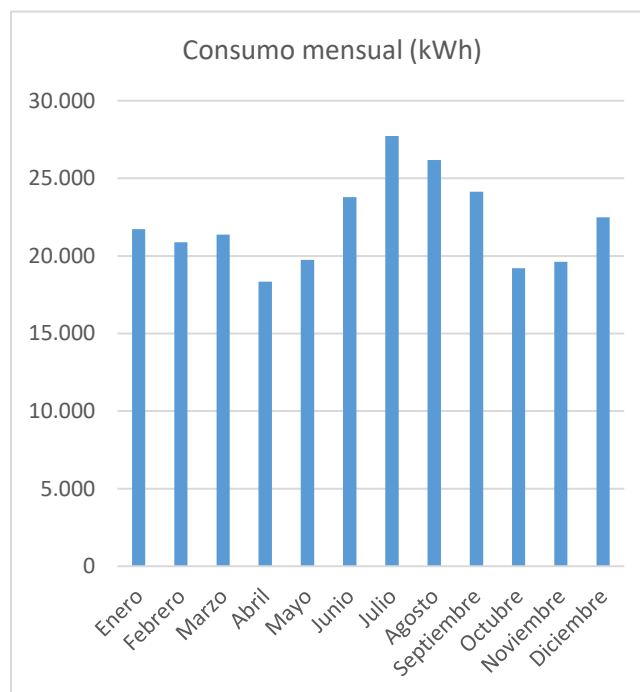


Figura 9. Promedio diario y consumo total mensual. (Fuente: Elaboración propia. Datos: DEXCell EM)

A continuación, se muestra el perfil de consumo para dos días escogidos arbitrariamente, correspondientes a un día típico de invierno y de verano:

➤ 15 de enero de 2016:

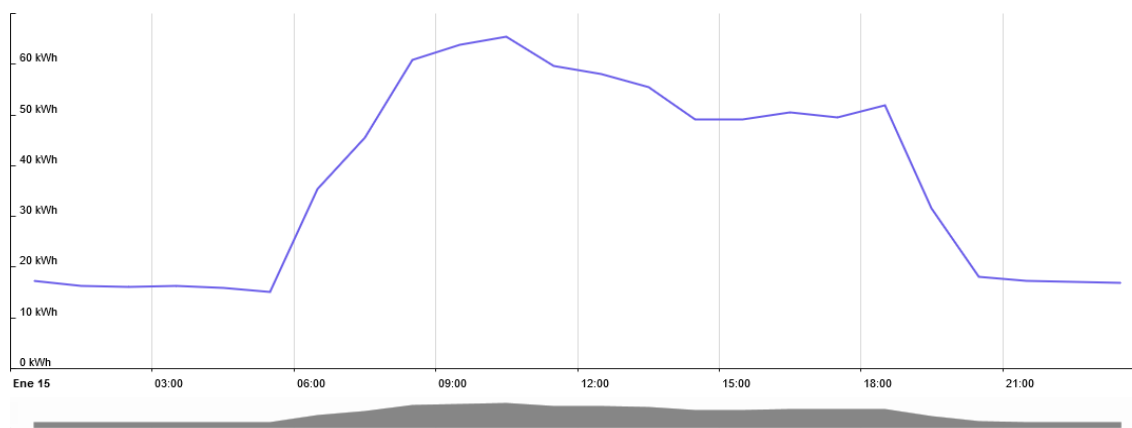


Figura 10. Perfil de carga 15 de enero de 2016. (Fuente: DEXCell EM)



➤ 20 de julio de 2016:

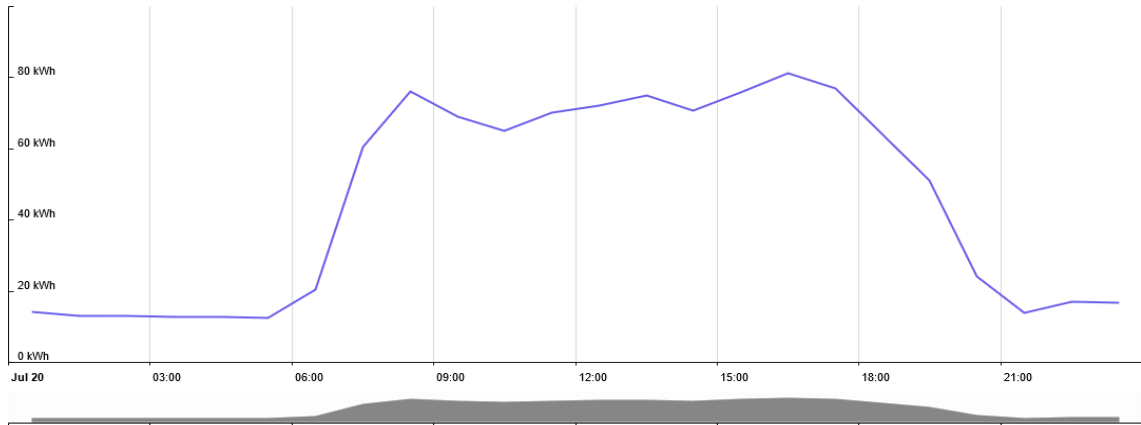


Figura 11. Perfil de carga 20 de julio 2016. (Fuente: DEXCell EM)

## 2.8.2. Consumo de combustible

Como se ha visto en el apartado de usos energéticos, el consumo de combustible representa la mayor parte del consumo energético, siendo este consumo exclusivo de la flota de vehículos.

La flota sigue una política muy marcada por el grupo corporativo, la gran mayoría de vehículos siguen un contrato de renting mediante un acuerdo con la marca Renault, en líneas generales los vehículos utilizados son: Renault Kangoo para operarios y Renault Clio para técnicos y responsables de departamento.

La flota actual se compone de alrededor de 200 vehículos, un 75% lo componen las furgonetas Kangoo y un 10% los Clio, el resto son vehículos que cumplen funciones específicas y sobre todo furgonetas que paulatinamente irán renovándose en Kangoo, aumentando el peso de la misma sobre el total.

En el estudio se escoge como representativos los datos de uso y consumo del Clio y la Kangoo ya que ambos representan más el 85% del total de vehículos, valor que se verá incrementado si continúa la tendencia de crecimiento de la empresa.



Figura 12. Renault CLIO (izquierda) y Renault KANGOO (derecha). (Fuente: [www.renault.es](http://www.renault.es))

Para gestionar el uso y consumo de la flota de vehículos, cada conductor posee una tarjeta en la que carga todos los conceptos relativos al uso del vehículo, ya sea repostando combustible o pagando peajes. Todos los conceptos y la información relativa se guardan en una base de datos histórica, para llevar el control de la distancia recorrida, se exige informar del marcador del cuentakilómetros en el momento de repostar.

Mediante los históricos disponibles de todo el año 2016, se ha obtenido la siguiente información relativa al uso y consumo del Renault KANGOO y el Renault CLIO:

- **RENAULT KANGOO**

El promedio obtenido por vehículo es el siguiente:

	Litros repostados (l)	Distancia recorrida (km)	Consumo /100km
Enero	106,89	1.185,46	6,5
Febrero	109,51	1.320,00	6,5
Marzo	121,02	1.343,47	6,8
Abril	121,4	1.252,74	6,8
Mayo	100,56	1.149,17	6,6
Junio	115,75	1.331,39	6,6
Julio	108,8	1.415,10	6,5
Agosto	123,24	1.403,77	6,7
Septiembre	113,48	1.180,92	6,8
Octubre	121,21	1.635,53	6,7
Noviembre	118,26	1.572,04	6,8
Diciembre	104	1.431,12	7
<b>PROMEDIO</b>	<b>113,68</b>	<b>1.351,73</b>	<b>6,69</b>

Tabla 12. Parámetros de consumo Renault Kangoo. (Fuente: Elaboración propia. Datos: SOLRED compañía)

La distancia diaria promedio por cada vehículo estaría alrededor de los 70 kilómetros, pero el uso real varía según la función que tenga asignada el vehículo. Hay furgonetas que tienen asignada una obra fija y únicamente realizan el trayecto de ida y vuelta al puesto de trabajo por lo que normalmente recorren distancias moderadas, otras deben realizar rutas planificadas a diferentes obras diariamente por lo que realizan trayectos de mayor distancia.

- **RENAULT CLIO**

El promedio por obtenido por vehículo es el siguiente:

	Litros repostados (l)	Distancia recorrida (km)	Consumo /100km
Enero	61,79	1.025,43	5,6
Febrero	63,1	1.256,43	5,2
Marzo	88,56	1.603,43	5,3
Abril	54,87	954,29	5,2
Mayo	61,02	787,29	6,3
Junio	78,17	1.471,56	5,4
Julio	82,92	1.554,43	5
Agosto	74,18	1.468,60	5,4
Septiembre	81,81	1.370,45	5,2
Octubre	82,37	1.153,46	5,3
Noviembre	92,27	1.540,09	5,5
Diciembre	68,72	1.315,80	5,2
<b>PROMEDIO</b>	<b>74,15</b>	<b>1.291,77</b>	<b>5,38</b>

*Tabla 13. Parámetros de consumo Renault Clio. (Fuente: Elaboración propia. Datos: SOLRED compañía)*

La distancia diaria promedio por cada vehículo está alrededor de 65 kilómetros, variando según el conductor. El Renault Clio en este caso es utilizado por técnicos que, generalmente, pasan la mayor parte del tiempo en la oficina, su trayecto habitual es el de desplazamiento desde su residencia al centro de trabajo, regularmente se realizan visitas a las distintas obras gestionadas o a reuniones con los clientes por lo que la distancia recorrida varía mucho en función de la carga de salidas realizadas.

## 2.9. Valoración de la auditoría energética. Puntos fuertes y débiles

Una vez realizada la auditoría, se tiene una visión amplia del mapa energético de la empresa. Existen dos consumos diferenciados, el eléctrico, debido a todas las instalaciones consumidoras de la nave: climatización, iluminación, ofimática, etc. y el consumo de combustible, que representa la mayor parte del consumo total, debido únicamente a la flota de vehículos.

Como puntos fuertes de la instalación eléctrica se encuentra sobre todo la instalación de climatización, instalada en 2010, presenta unos equipos eficientes y una gestión de su uso en el que existe poco potencial de mejora.

Como punto débil, se encuentra la instalación de iluminación, actualmente la tecnología eficiente de referencia es la tecnología LED, que propicia unos ahorros entorno al 60% respecto a las tecnologías convencionales. Otro punto a comentar es la total dependencia de suministro eléctrico, cuyo mercado tiende al alza por lo que se entiende como potencial de mejora la incorporación de generación eléctrica propia.

En cuanto al consumo de combustible, la compañía ha realizado acciones a valorar positivamente, realizando un acuerdo con la marca Renault para que suministre todos los vehículos con un contrato de renting muy favorable económicamente que además trae consigo un ahorro energético ya que los vehículos montan motores Eco2, con un consumo muy reducido. Aun así, el coste económico y energético de la flota es muy elevado y supone una partida fija muy importante para la empresa por lo que se valora positivamente cualquier actuación que permita un ahorro en la misma.

En los siguientes apartados se propondrán actuaciones de mejora energética intentando dar solución, sobre todo, a los puntos débiles observados.

### 3. Propuestas de mejora energética

En este capítulo, una vez valorada la auditoría energética y teniendo en cuenta los puntos fuertes y débiles respecto al consumo de referencia y el estado de las instalaciones, que se ha comentado en el apartado anterior, se describen y desarrollan tres propuestas de mejora enfocadas al ahorro energético y de emisiones contaminantes, valorando su viabilidad técnica y económica.

Las propuestas de mejora son las siguientes:

- **PROPUESTA 1.** Sustitución de iluminación por tecnología LED.
- **PROPUESTA 2.** Incorporación de vehículos eléctricos a la flota actual.
- **PROPUESTA 3.** Instalación de generación de energía fotovoltaica.

#### 3.1. Propuesta 1. Sustitución de iluminación por tecnología LED

Esta medida de ahorro forma parte habitual de las propuestas de mejora de cualquier auditoría energética donde la iluminación no incorpore aún esta tecnología, puesto que se trata de actuaciones cuya inversión y rentabilidad resultan muy atractivas, reduciendo de forma considerable el consumo energético de centros de trabajo donde la iluminación es parte esencial como en la mayoría de oficinas.

Actualmente, los LED presentan ventajas en casi todos los ámbitos comparables con la iluminación convencional, su mayor desventaja es el precio de adquisición de los equipos, que supera notablemente el coste de su equipo equivalente con tecnología convencional, aun así, en la mayoría de proyectos el ahorro generado justifica la inversión.

##### 3.1.1. Ventajas de la iluminación LED

A continuación, se recogen una serie de ventajas que puede aportar la tecnología LED:

- **Alta Eficiencia Energética.** La tecnología LED aporta un ahorro energético promedio del 60% en comparación con luminarias de similares características lumínicas.
- **Mayor ciclo de vida.** La iluminación LED presenta un ciclo de vida de entre 30.000 y 50.000 horas, otras tecnologías, como la fluorescente, en el mejor de los casos pueden alcanzar las 15.000 – 20.000 horas.

- **Encendido automático.** El encendido y apagado de la iluminación LED es automático y no requiere de ningún equipo externo para ello, en cambio, las tecnologías fluorescente o halógena requieren de equipos de encendido que aumentan considerablemente el consumo de la luminaria y hacen que su encendido no sea automático (parpadeo típico).
- **Calidad de luz emitida.** El ICR (Índice cromático de color) de una luminaria LED presenta valores superiores en comparación con las tecnologías convencionales, esto permite apreciar mejor los matices de la luz.
- **Sostenibilidad.** Depende del material en el que estén fabricados, pero una luminaria LED fabricada con materiales sostenibles puede servir como agente reductor de la contaminación y es que la iluminación convencional contiene en muchos casos materiales tóxicos como el mercurio.

### 3.1.2. Estado actual y solución LED

Para realizar el estudio de la propuesta se parte del inventario de iluminación realizado en la auditoria, donde se han determinado las unidades y el tiempo de uso para cada tipo de luminaria y se escogen los modelos equivalentes de cada luminaria en tecnología LED.

Las luminarias LED escogidas, equivalentes a cada una de las actuales, y el ahorro energético que generan, es el siguiente:

Equipo Actual	Pot. Ud. (W)	Equipo Propuesto	Pot. Ud. (W)	Ahorro Energético
P. Fluorescentes 4x18W	90	Panel LED 60x60 42W	42	53%
P. Fluorescentes 2x58W	145	Tubo LED 1500mm 22W	44	70%
Downlight 2x26W	65	Downlight LED 20W	20	69%
Downlight 2x18W	45	Downlight LED 12W	12	73%
Downlight 1x18W	22,5	Downlight LED 6W	6	73%
Campana VSAP 250W	268,8	Lámpara LED 80W	80	70%
Campana VSAP 400W	430,1	Campana LED 150W	150	65%
Proy. Halogenuro 70W	87,5	Proyector LED 30W	30	60%
Proy. Halogenuro 150W	187,5	Proyector LED 50W	50	69%

*Tabla 14. Equivalencias LED y ahorro energético. (Fuente: Elaboración propia)*

### 3.1.3. Condicionantes de cálculo

En este apartado se definen los condicionantes y valores de referencia a usar:

- Para valorar esta propuesta se toma un precio por kWh ligeramente mayor que el promedio de referencia mostrado en el apartado de principales usos energéticos ya que el consumo de iluminación se lleva a cabo mayoritariamente en los períodos P1 y P2, por lo tanto:
  - *Coste energía Propuesta 1 = 0,11 €/kWh*
- Para el cálculo del ahorro que genera la disminución de la potencia contratada se tiene en cuenta el valor de término de potencia fijado por la Orden IET/107/2014 que regula los peajes de acceso, en este caso para una tarifa 3.0A el precio para cada periodo es:
  - $P1 = 40,72889 \text{ €/kW} \cdot \text{año}$
  - $P1 = 24,43733 \text{ €/kW} \cdot \text{año}$
  - $P1 = 16,29156 \text{ €/kW} \cdot \text{año}$
- El estudio se realiza de forma independiente para cada planta y exterior con el objetivo de valorar el aporte energético asociado a cada una, esto permite que en se pueda optar por desarrollar la mejora en diferentes fases sin rehacer el estudio.

### 3.1.4. Valoración de la propuesta

El estudio completo de cada dependencia estudiada y las fichas técnicas de las luminarias utilizadas se encuentra en el ANEXO B1, el resumen de los resultados obtenidos y su valoración económica es el siguiente:

Dependencia	Consumo (kWh)		Ahorro anual		
	Actual	LED	(kWh)	(%)	(€)
Planta Baja	35.139,03	11.784,00	23.355,03	66,5%	2.569,05 €
Planta 1	8.160,00	3.360,00	4.800,00	58,8%	528,00 €
Planta 2	36.652,50	15.750,00	20.902,50	57,0%	2.299,28 €
Exterior	14.098,13	4.051,50	10.046,63	71,3%	1.155,36 €
<b>TOTAL</b>	<b>94.049,66</b>	<b>34.945,50</b>	<b>59.104,16</b>	<b>62,8%</b>	<b>6.551,69 €</b>

Tabla 15. Resumen de los resultados de la propuesta 1. (Fuente: Elaboración propia)

El ahorro económico anual que se genera directamente del ahorro energético es de **6.551,69€**, a este ahorro habría que añadirle el que genera la reducción de potencia contratada asociada, se obtienen los siguientes valores:

Dependencia	Ahorro reducción Pc	
	(kW)	(€)
Planta Baja	9,35	800,25 €
Planta 1	2,59	222,15 €
Planta 2	11,37	973,10 €
Exterior	2,75	235,68 €
<b>TOTAL</b>	<b>26,06</b>	<b>2.231,17 €</b>
<b>EFFECTIVO</b>	<b>15,00</b>	<b>1.284,34 €</b>

*Tabla 16. Ahorro en potencia contratada. (Fuente: elaboración propia)*

A pesar de haber reducido la potencia instalada en iluminación un total de 26 kW, la reducción de potencia contratada realmente efectuada será de 15 kW, se toma esta medida como margen de seguridad, una vez se haya observado el comportamiento real tras la actuación, se podrá realizar una reducción mayor. El ahorro anual que genera la reducción de 15 kW es de **1.284,34€**.

En el apartado correspondiente de presupuestos y análisis económico se realiza un estudio de rentabilidad de la medida.

### 3.2. Propuesta 2. Incorporación de vehículos eléctricos a la flota actual

Como se ha visto en los principales usos energéticos de la auditoría, el consumo de la flota de vehículos representa la mayor parte del consumo energético de la empresa. Este coste ha ido creciendo con el crecimiento de la empresa y se han tomado decisiones importantes en materia de eficiencia siguiendo una política de renting de vehículos con motores más eficientes (eco2).

Aun así, se sigue queriendo aportar esfuerzos por parte de la compañía, no solo para continuar reduciendo costes, sino también para reducir el impacto ambiental que lleva implícito el uso de combustibles fósiles. Por tanto, aprovechando la voluntad de la compañía y la evolución que ha tenido el vehículo eléctrico, se plantea incorporar varios vehículos eléctricos a la flota actual.

Las ventajas que presenta el vehículo eléctrico respecto al convencional son fácilmente cuantificables en cuanto a ahorro energético y de emisiones contaminantes, pero también existen otras ventajas estratégicas a tener en cuenta para su incorporación.



### 3.2.1. Ventajas del vehículo eléctrico

➤ **Eficiencia Energética.**

El vehículo eléctrico es más eficiente que el vehículo de combustión y su evolución tecnológica tiene mucho potencial de mejora. Si bien es cierto que se ha tendido a exagerar su eficiencia comparando indicadores que desvirtúan la realidad y es que efectivamente, la eficiencia desde el tanque de combustible hasta las ruedas de un vehículo de combustión es mucho menor en comparación a la eficiencia de baterías a ruedas en un vehículo eléctrico (33% para combustión, 83% para eléctricos), pero para poder comparar la realidad se debe analizar el proceso desde la creación de la fuente de energía, donde la eficiencia de ambos no difiere demasiado, siendo más eficiente el vehículo eléctrico con un 35% respecto al 27% del vehículo de combustión, según datos de la guía del IDAE: El vehículo eléctrico para flotas [2].

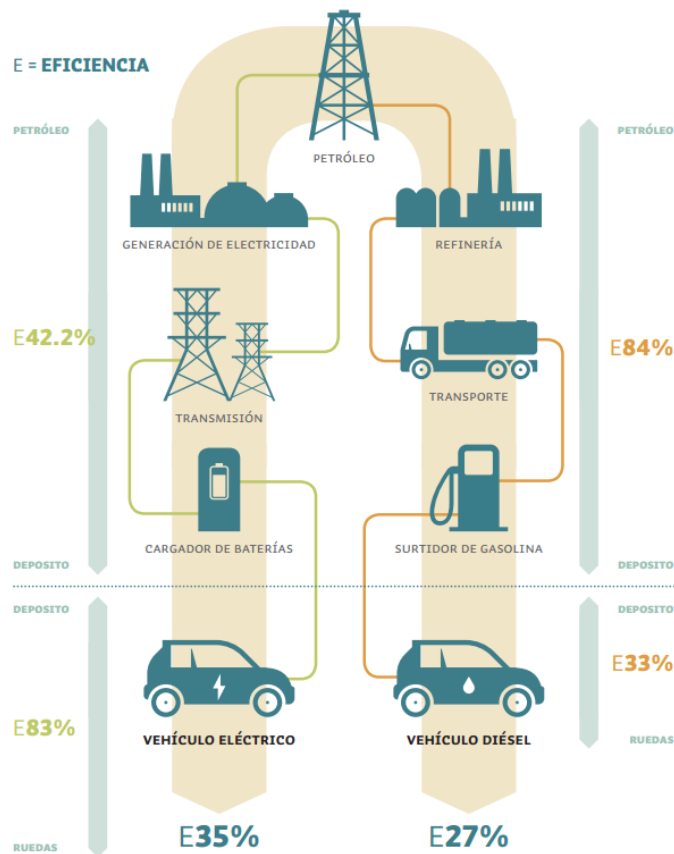


Figura 13. Comparativa eficiencia vehículo eléctrico vs. vehículo combustión. (Fuente: El vehículo eléctrico para flotas, IDAE)

➤ **Impacto Medioambiental.**

Teniendo en cuenta de nuevo el sistema tanque-ruedas, el vehículo eléctrico no emite ningún tipo de contaminante a la atmosfera, pero teniendo en cuenta el sistema desde su generación, se pueden fijar unas emisiones de 308 g CO<sub>2</sub>/kWh para el mix de generación peninsular según la OCCC.

Aun así, se estima que el vehículo eléctrico puede ahorrar entre 10 y 30 toneladas de CO<sub>2</sub> respecto a un vehículo convencional durante su vida útil.

➤ **Contaminación Acústica.**

El vehículo eléctrico apenas emite sonido alguno más que el de la propia rodadura, efecto que permitiría una calma impensable en una gran ciudad hoy día. Es cierto que resulta chocante para un conductor acostumbrado al ruido del motor de combustión, pero generalmente acaba siendo valorado muy positivamente.

Es cierto que la ausencia de ruido no es habitual y existe preocupación por cómo puede afectar a la seguridad de peatones u otros conductores. Algunas soluciones consisten en incorporar sonidos característicos a velocidades correspondientes a conducción urbana.

➤ **Ahorro Económico.**

Es cierto que el coste de adquisición del vehículo eléctrico es considerablemente mayor que el del vehículo convencional, en gran parte debido al precio de las baterías, pero la tecnología sigue en constante evolución, favoreciendo a la reducción de su coste y permitiendo que ya existan casos en los que la inversión resulta rentable.

Esto es así debido al bajo coste operativo del vehículo eléctrico (factor determinante para las empresas) y es que la recarga del vehículo eléctrico es mucho más barata que la del vehículo de combustión (Alrededor de 8 veces más) y su coste de mantenimiento, debido a la menor cantidad de piezas mecánicas del vehículo eléctrico, también es menor.

Además, cabe mencionar que existen ventajas promovidas por los distintos gobiernos para incentivar la compra de estos vehículos como la eliminación de peajes, la reducción en el impuesto de circulación, eliminación del pago por aparcamiento en zonas de tarificación especial (zona azul), entre otras.

➤ **Ventajas competitivas y responsabilidad social corporativa.**

Hay que tener en cuenta también las ventajas no cuantitativas, por un lado, la administración está llevando a cabo acciones en cuestión de eficiencia energética y medio ambiente y una de las consecuencias es que están aumentando los casos en los que los requisitos para dar un servicio a la administración es que se dispongan de vehículos eléctricos entre la flota. Por otro lado, como imagen corporativa es un punto a favor que puede marcar la diferencia frente a la competencia.

➤ **Puntos en contra**

Frente a las ventajas, existen dos hándicaps que son los que bloquean la introducción completa del vehículo eléctrico en el parque automovilístico, la primera ya se ha comentado y es su elevado precio de adquisición en comparación con modelos equivalentes de combustión, la segunda tiene que ver con la recarga de dichos vehículos, que se explica en detalle en el siguiente apartado.

La autonomía actualmente no es un problema real, puesto que los modelos actuales permiten una autonomía de hasta 300 km, suficiente para un tipo de vehículo pensado para un uso mayoritariamente urbano.

### **3.2.2. Uso y recarga del vehículo eléctrico**

En un vehículo de combustión, el momento de repostar es indiferente puesto que con una carga completa realizada en 5 minutos y en cualquier lugar (gasolineras hay por todas partes), se pueden recorrer cientos de kilómetros sin ningún problema, volviendo a repetir la operación si es necesario, en cambio, el vehículo eléctrico cambia el paradigma de uso ya que necesita un tiempo variable y una infraestructura que actualmente no se encuentra en todas partes.

Los modos de recarga se dividen según la norma IEC - 61851-1 según lo indicado en la figura de la página siguiente.

## Modos de carga (IEC - 61851-1)

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

Figura 14. Modos de recarga según la norma IEC – 61851-1. (Fuente: CIRCUTOR)

Con tal de fomentar la adquisición de vehículos eléctricos, se han aprobado ayudas que subvencionan la instalación de recarga.

### 3.2.3. Propuesta de actuación

Lo propuesta de mejora en este caso, consiste en incluir en la flota 10 vehículos eléctricos, 5 Renault ZOE para los técnicos y responsables y 5 Renault Kangoo ZE para operarios, en todos los casos con contratos de renting. Estos vehículos son equivalentes a los modelos que se utilizan actualmente (Renault Clio y Kangoo) por lo que cumplirán con los requisitos en cuanto a potencia y autonomía en la mayoría de casos, obviamente los conductores potenciales de estos vehículos serán aquellos que mejor se adapten al uso que requiere el vehículo eléctrico.



Figura 15. Renault ZOE (izquierda) y Renault KANGOO ZE (derecha). (Fuente: [www.renault.es](http://www.renault.es))

Es cierto que el estudio contempla una pequeña parte de la flota global, pero hay que tener en cuenta que es una apuesta de la que se tendrían que valorar resultados a largo plazo, además no todos los vehículos, debido a sus trayectos, serían sustituibles.

Para valorar la propuesta y dimensionar la infraestructura de recarga se define el uso que tendrían dichos vehículos:

➤ **Renault ZOE.**

Los ZOE son los vehículos que utilizarán los técnicos, generalmente pasan la mayor parte de la jornada laboral en las oficinas, el vehículo se utiliza para realizar la ida y vuelta hacia las oficinas y para realizar visitas periódicas durante la semana, se fija una distancia de 80 km diarios para el uso del ZOE, lo que permite pasar entre 2 y 3 días con una carga completa de las baterías (la autonomía máxima real es de unos 200 km) y su carga se realizará durante la jornada laboral, generalmente a baja potencia. Se habilitará la recarga a mayor potencia para casos puntuales de necesidad.

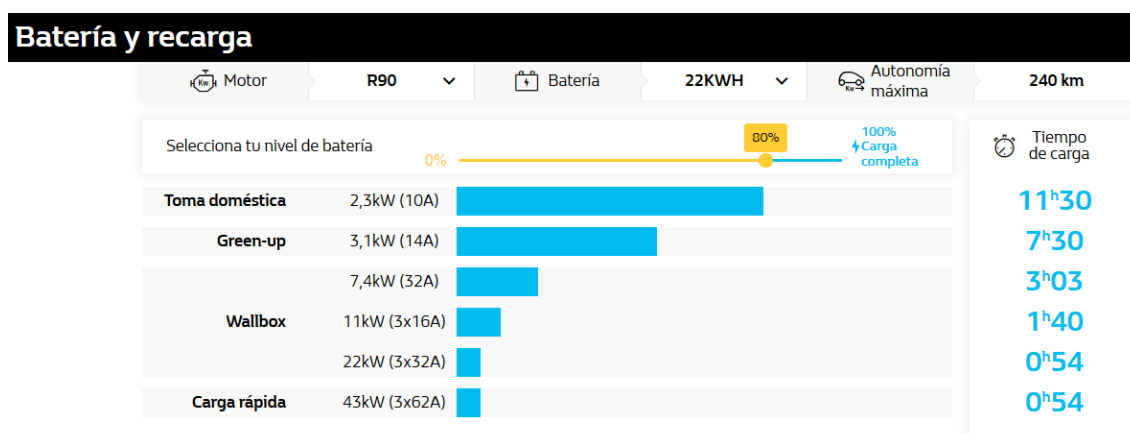


Figura 16. Tiempo de recarga según la potencia de la toma para el Renault ZOE. (Fuente: Renault)

Los operarios con furgoneta realizan sus trayectos durante el día y puesto que existe gran variedad en el uso que se da a las furgonetas, los conductores de la KANGOO ZE serán los que optimicen su uso, realizando trayectos diarios de alrededor de un 90km (Su autonomía real está entre los 100 y los 150km dependiendo del tipo de conducción y la carga que transporte). Las KANGOO ZE se dejarán preparadas en los puntos de carga y se gestionará automáticamente su carga en el periodo valle, de menor coste, siendo suficiente completar cada noche sus baterías con la potencia mínima.

Para realizar la recarga se habilitarán 5 puntos de recarga de tipo pared de la marca WallboxOK con selección de intensidad variable, los equipos permitirán regular la corriente de carga y con ello la certeza de disponer de autonomía suficiente. Los puntos de carga elegidos para la instalación se

conectarán en corriente alterna trifásica y permiten una selección de corriente desde los 6A a los 32A, se incluye ficha técnica del mismo en el Anexo B2:



Figura 17. Cargador tipo wallbox seleccionado para la instalación de recarga. (Fuente: [www.lugenergy.com](http://www.lugenergy.com))

A pesar de que la selección de corriente pueda llegar a los 32A, se decide fijar su corriente máxima en 16A, entregando por tanto un máximo de 11 kW. Se entiende esta potencia como suficiente para cualquier situación dada, además de permitir reducir la inversión puesto que la sección del cableado disminuirá.

No es necesario dimensionar ninguna toma que entregue el máximo de 22kW puesto que muy próxima a la nave hay instalada una estación de recarga rápida que posibilitaría una recarga todavía mayor en caso de urgencia.

#### 3.2.4. Dimensionado de la instalación de recarga

La instalación seguirá en general toda la normativa aplicable del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en particular la instrucción técnica ITC BT 52 relativa a la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico.

Se escoge la configuración del esquema 4b de la instrucción técnica para llevar a cabo la instalación:

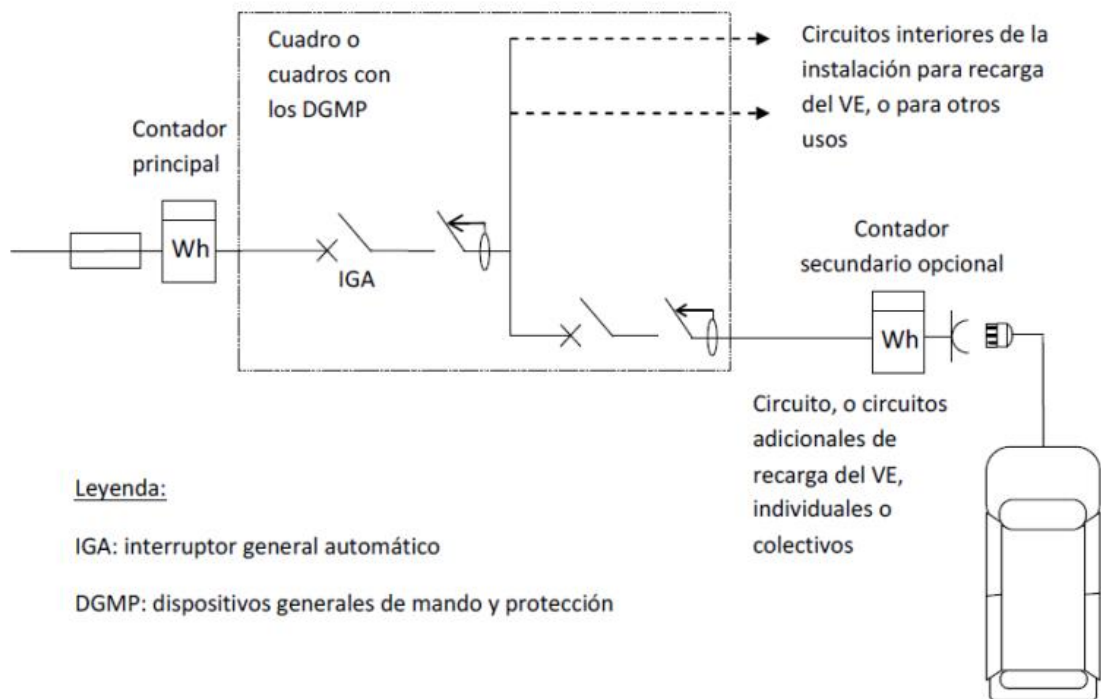


Figura 18. Configuración de la instalación de recarga. Esquema 4b de la ITC BT 52. (Fuente: Real Decreto 1053/2014)

Los puntos de recarga estarán conectados en corriente alterna trifásica y estarán limitados a 16A, pero además solo se permitirá trabajar a máxima potencia a 2 puntos simultáneos mientras los restantes trabajan a máxima potencia, por lo que la potencia y corriente máximas que absorberá la infraestructura de recarga serán:

$$P_{max} = 11 \text{ kW} \cdot 2 + 4,1 \text{ kW} \cdot 3 = \mathbf{34,3 \text{ kW}}$$

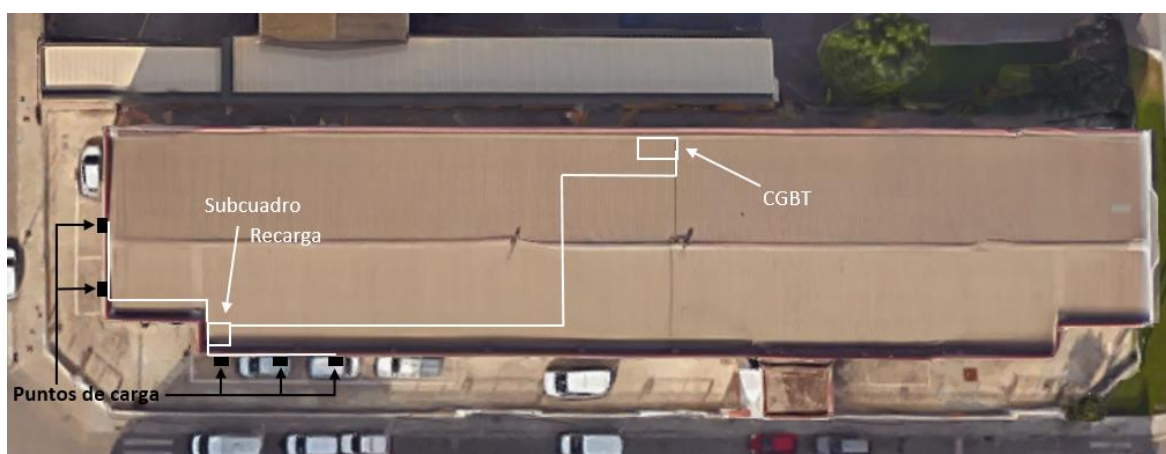
$$I_{max} = 16 \text{ A} \cdot 2 + 6 \text{ A} \cdot 3 = \mathbf{50 \text{ A}}$$

La instalación se dimensionará en base a esta condición, se solicitará un aumento de la potencia contratada para los períodos punta y llano (P1 y P2); no se aumentará la potencia contratada de la misma forma en el período valle (P3) puesto que la potencia máxima será la suma de todos los puntos de recarga a mínima potencia, por tanto, la potencia a aumentar en el período P3 será:

$$P_{P3} = 4,1 \text{ kW} \cdot 5 = \mathbf{20,5 \text{ kW}}$$

Los 5 puntos de recarga tendrán su propio cuadro de protecciones ubicado junto al acceso de la parte trasera, lo más cercano posible a los puntos de recarga, este cuadro irá conectado al cuadro general de baja tensión, ubicado en el cuarto de paso de instalaciones del parking interior, aprovechando las bandejas perforadas existentes de la parte superior del almacén. Las longitudes de dichos tramos serán:

- Tramo 1: QGBT a Subcuadro recarga:  $l_1 = 70 \text{ m}$
- Tramo 2: Subcuadro recarga a puntos de recarga:  $l_2 = 20 \text{ m}$



*Figura 19. Ubicación de los cuadros eléctricos y tramos de cableado. (Fuente: Elaboración propia)*

La caída de tensión máxima será del 3% para el primer tramo y del 2% para cada circuito de recarga, cumpliendo así con el 5% máximo fijado por la ITC BT 52.

Las intensidades máximas para cada tramo, según lo dispuesto respecto a la utilización de los puntos de recarga, serán:

- Tramo 1: QGBT a Subcuadro recarga:  $I_{max1} = 50 \text{ A}$
- Tramo 2: Subcuadro recarga a punto de recarga:  $I_{max2} = 16 \text{ A}$

La sección normalizada de cada línea según el criterio de caída de tensión es la siguiente:

- Tramo 1: QGBT a Subcuadro recarga:

$$S_1 = \frac{2 \cdot l_1 \cdot I_1}{\Delta V_{\%1} \cdot U \cdot \sigma_{90^\circ C}} = \frac{2 \cdot 70 \cdot 50}{3\% \cdot 400 \cdot 45} = 12,96 \text{ mm}^2 = 16 \text{ mm}^2$$



- Tramo 2 – Subcuadro recarga a punto de recarga:

$$S_2 = \frac{2 \cdot I_2 \cdot I_2}{\Delta V_{\%2} \cdot U \cdot \sigma_{90^\circ C}} = \frac{2 \cdot 25 \cdot 16}{3\% \cdot 400 \cdot 45} = 2,22 \text{ mm}^2 = 2,5 \text{ mm}^2$$

El cableado se instalará según el método E por ir en su gran mayoría sobre bandejas perforadas y se usará aislamiento termoestable XLPE, las intensidades máximas admisibles según las tablas del Anexo B3 para este cableado se corresponde con una sección para cada tramo de:

- Tramo 1: QGBT a Subcuadro recarga:  $S_1 = 10 \text{ mm}^2$
- Tramo 2: Subcuadro recarga a punto de recarga:  $S_2 = 1,50 \text{ mm}^2$

La sección finalmente instalada será la que cumpla ambas condiciones, en este caso para ambos casos lo hace la sección según el criterio de caída de tensión: **sección de 16 mm<sup>2</sup> para la línea del CGBT hacia el nuevo Subcuadro y de 2,5 mm<sup>2</sup> para cada circuito hacia el punto de recarga.**

El detalle del dimensionado del cableado se encuentra en el Anexo B4.

En cuanto a las protecciones a instalar, antes de la salida del cuadro general de baja tensión se instalarán un diferencial de 4 polos de 63A con sensibilidad de 30mA y clase A y un interruptor magnetotérmico de 4 polos de 50A de curva C (Corte omnipolar).

En el subcuadro de recarga se instalará una protección diferencial y magnetotérmica para cada circuito de recarga, en este caso el diferencial será de 4 polos de 25A con sensibilidad de 30mA y clase A y un magnetotérmico de 16A de curva C (Corte omnipolar).

### 3.2.5. Valoración de la propuesta

La propuesta consiste tanto en la incorporación de los vehículos eléctricos como en la instalación de su infraestructura de recarga, el análisis económico completo con estudio de rentabilidad aparece en su apartado correspondiente.

Para valorar la propuesta se realiza una comparación entre consumos y costes del vehículo eléctrico respecto el convencional de combustión, en el análisis del Anexo B5 se encuentra la comparativa completa realizada, se tiene en cuenta un período comparativo de 5 años, siendo el periodo habitual de renting, el resumen es el siguiente:

## 1. Renault KANGOO ZE

	KANGOO ZE		KANGOO	
	Unitario	Total (x5)	Unitario	Total (x5)
Coste Anual Renting	4.800,00 €	24.000,00 €	3.600,00 €	18.000,00 €
Coste Consumo	313,88 €	1.569,38 €	1.658,25 €	8.291,25 €
Peajes	- €	- €	225,00 €	1.125,00 €
Aparcamiento	- €	- €	47,00 €	235,00 €
TOTAL ANUAL	5.113,88 €	25.569,38 €	5.530,25 €	27.651,25 €
<b>Ahorro Anual</b>	<b>2.081,88 €</b>			
Coste kilómetro	0,23 €		0,25 €	
Emissiones Anuales	1,19 t CO <sub>2</sub>	5,93 t CO <sub>2</sub>	3,24 t CO <sub>2</sub>	16,20 t CO <sub>2</sub>

Tabla 17. Comparativa KANGOO ZE vs. KANGOO. (Fuente: Elaboración propia)

Como se puede ver, en el caso de la introducción de las furgonetas KANGOO ZE, se conseguiría un ahorro anual de **2.081,88€** respecto al coste de la KANGOO convencional.

## 2. Renault ZOE

	ZOE		CLIO	
	Unitario	Total (x5)	Unitario	Total (x5)
Coste Anual Renting	3.960,00 €	19.800,00 €	2.700,00 €	13.500,00 €
Coste Consumo	345,80 €	1.729,00 €	1.188,00 €	5.940,00 €
Peajes	- €	- €	225,00 €	1.125,00 €
Aparcamiento	- €	- €	47,00 €	235,00 €
TOTAL ANUAL	4.305,80 €	21.529,00 €	4.160,00 €	20.800,00 €
<b>Ahorro Anual</b>	<b>-729,00 €</b>			
Coste kilómetro	0,22 €		0,21 €	
Emissiones Anuales	0,9 t CO <sub>2</sub>	4,52 t CO <sub>2</sub>	2,7 t CO <sub>2</sub>	13,5 t CO <sub>2</sub>

Tabla 18. Comparativa ZOE vs. CLIO. (Fuente: Elaboración propia)

El balance en el caso del Renault ZOE es negativo y se debe a varios factores, en primer lugar, el Renault CLIO es un vehículo cuyo coste en renting lo hace muy asequible y presenta un consumo muy reducido. Además, la recarga del ZOE está prevista en horario diurno con lo que el coste del kWh es mayor que en el período nocturno. Aun así, el coste por kilómetro recorrido es de 0,22€ para el ZOE y de 0,21€ para el CLIO.

Cabe mencionar que a pesar de que en el caso del Renault ZOE el coste sea mayor que el del vehículo convencional, no es el único factor a tener en cuenta para valorar su adquisición, como se ha mencionado anteriormente, el vehículo eléctrico presenta otras ventajas, cuantificables como el

ahorro en emisiones contaminantes (no sólo de CO<sub>2</sub>) o incluso como las posibles ganancias no obtenidas al no poder participar en un concurso público que pide como requisito disponer de vehículos eléctricos en la flota (cada vez más usual en la administración pública). Otros factores son de posicionamiento y responsabilidad social y difícilmente cuantificables pero el hecho de ser una empresa pionera en la implantación de este tipo de vehículos es una fuerte ventaja respecto a la competencia.

### 3.3. Propuesta 3. Instalación de generación de energía fotovoltaica

Se valora esta propuesta por las condiciones idóneas que se presentan: la nave, ubicada en Cornellà de Llobregat tiene más de 1.200 metros cuadrados de cubierta libre de obstáculos y de proyección de sombras por edificios o naves próximas, por lo que presenta un potencial bastante alto de aprovechamiento de radiación solar, además, el mayor consumo tiene lugar en las horas centrales del día, coincidiendo con las de mayor producción.

Para este caso, la propuesta se basa en una instalación de autoconsumo instantáneo con inyección cero de energía, la instalación no estará dimensionada para tener excedentes de energía y por tanto se ha de asegurar su no inyección para ahorrar trámites de legalización innecesarios.

Para realizar esta tipología de instalación se decide apostar por una solución de CIRCUTOR, que propone un kit fotovoltaico completo con controlador dinámico de potencia (CDP) que regula la producción de energía asegurando la inyección cero.

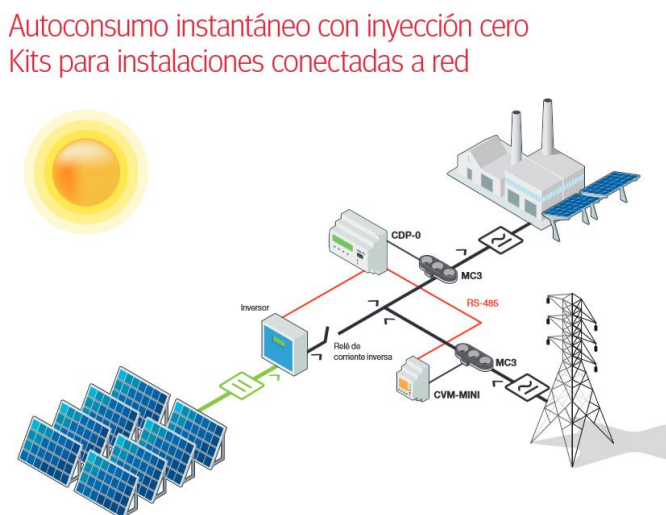


Figura 20. Esquema de instalación de los elementos que componen el kit de CIRCUTOR. (Fuente: CIRCUTOR)

### 3.3.1. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

#### 3.3.1.1. Elección de los módulos, el ángulo de inclinación y la disposición en cubierta

la instalación se diseña para aprovechar la máxima energía disponible en la cubierta de la nave y la máxima producción energética parte de la distribución que tengan los módulos sobre la misma.

El módulo montado en cubierta será el modelo A-260P GSE de ATERSA, las características son las siguientes (se adjunta ficha técnica en Anexo B6):

<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>	
Potencia Máxima (Pmax)	260 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30,60 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	8,50 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37,90 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,98 A
Eficiencia del Módulo (%)	16,20%
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5
Máxima Serie de Fusibles (A)	15
Máxima Tensión del Sistema (TUV/UL)	DC 1000V
Temperatura de Func. Normal de la Célula (°C)	45±2
<b>CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y MECÁNICAS:</b>	
Dimensiones	1640x992x40 mm
Peso	18,5 kg
Células / tipo	60 células(6x10)/policrist.

Tabla 19. Características módulo fotovoltaico A-260P GSE Atersa. (Fuente: ATERSA)

Para escoger el ángulo de inclinación se sigue el **criterio de máxima captación energética anual** puesto que la instalación abastecerá a la nave en su totalidad, siendo siempre menor la energía producida que el consumo.

Los datos de radiación solar se extraen de la herramienta web PVGIS<sup>1</sup>, creada por la comisión europea, en ella únicamente se han de ingresar las coordenadas geográficas de la ubicación en cuestión y marcar aquellos datos que se desea obtener, la aplicación muestra la radiación sobre superficie horizontal, sobre cualquier ángulo escogido y sobre el ángulo óptimo que maximiza el aprovechamiento anual.

Se muestra a continuación la radiación solar para un ángulo de 37°, ángulo óptimo que maximiza la captación anual de energía de la instalación y un gráfico con la radiación para ángulos cercanos a 37°:

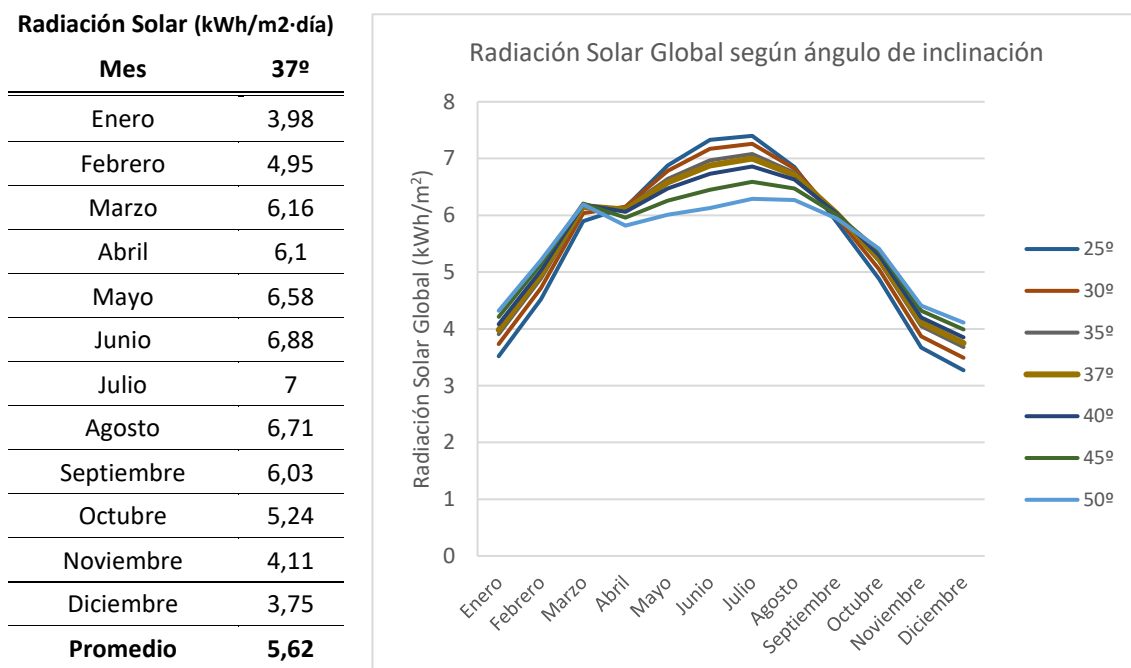


Figura 21. Radiación solar en el ángulo óptimo, 37° (izquierda) y comparación según ángulo (derecha). (Fuente: Elaboración propia. Datos: PVGIS)

Fijado el ángulo de inclinación y el modelo de placas que se utilizaran, se realiza la distribución en el espacio disponible para conocer la superficie máxima de captación, que determinará la energía finalmente producida por el campo.

<sup>1</sup> <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>

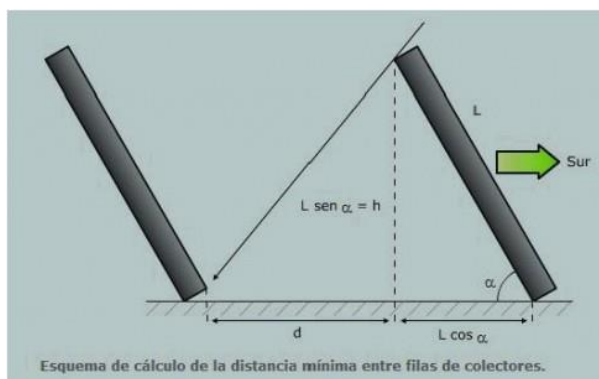
Se calcula la distancia mínima de separación entre filas que, según el pliego de condiciones técnicas para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE [3], se determina de la siguiente manera:

$$d = h \cdot k$$

$$h = L \cdot \sin \alpha = 0,992 \cdot \sin 37^\circ = 0,597m$$

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - lat)} = \frac{1}{\tan(20^\circ)} = 2,801$$

$$d = 0,597m \cdot 2,801 = 1,672m$$



**Figura 22.** Método de cálculo de la distancia mínima entre módulos. (Fuente: Pliego de condiciones técnicas para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE)

donde:

- d: Distancia de separación entre módulos
- h: Altura perpendicular al suelo
- k: Factor adimensional que varía con la latitud
- L: Altura del módulo (992 mm)
- α: Ángulo de inclinación (37°)
- Lat: Latitud de la ubicación (Cornellà: 41°)

Calculada la distancia entre módulos, se ubican haciendo un total de 264 módulos, la distribución se puede ver en el Plano nº4. La potencia fotovoltaica instalada será, por tanto:

$$P_{total} = W_p \cdot n_{mod} = 260W \cdot 264 = 68,6 kW_p$$

Cabe mencionar que esta es únicamente la distribución física de los módulos, la distribución del conexionado dependerá de la tensión nominal de funcionamiento, que a su vez se definirá una vez elegido el o los inversores.

### 3.3.1.2. Elección del inversor y asignación de la tensión nominal

Una instalación de energía fotovoltaica genera energía en corriente continua, puesto que la energía se va a verter a la red de la nave, de corriente alterna, se tiene que convertir esa energía mediante el uso de inversores.

Para ello, se parte de la potencia fotovoltaica instalada, en este caso de 68,6 kW y se escoge uno o varios inversores que soporten dicha potencia, las características de los inversores elegidos marcarán el rango de tensión de entrada y la intensidad nominal y máxima de trabajo, con lo que se podrá definir la distribución del conexionado de los módulos.

Para la instalación, se utilizan los inversores de la gama CirPower-TR que forman parte del kit fotovoltaico de Circutor, concretamente se instalarán 3 unidades del modelo CirPower 20TR con una potencia nominal de 20 kWp cada uno. Disponen de dos entradas de corriente continua para permitir la búsqueda del punto de máxima potencia (MPPT). Las características son las siguientes (Ficha técnica completa en el Anexo B7):

<b>Inversor CirPower 20TR</b>		
	kWp nominal	20
	kWp máx.	25,3
Entrada C.C	Rango trabajo tensión (V)	330-760
	Módulos máx. (A)	64
	Nº entradas C.C	1
	Nº entradas MPPT	1
	Pot. nom. Activa (kW)	20
	Conexión	Trifásica
Salida C.A.	Tensión nominal (V)	400
	Intensidad nominal (A)	24,1
	Eficiencia máx. (%)	94,2



Figura 23. Características técnicas inversor CirPower 20TR de Circutor. (Fuente: CIRCUTOR)

El rango de tensión es de 330V a 760V, cualquier distribución de paneles en serie que entrase en ese rango podría conectarse, en este caso se asigna una tensión de funcionamiento de 660V para lograr la mejor distribución, los paneles en serie serán, por tanto:

$$n_{ps} = \frac{V_{nom}}{V_{mp}} = \frac{660 V}{30,6 V} = 21,57 \text{ paneles} \sim \mathbf{22 \text{ paneles en serie}}$$

El campo está formado por 264 módulos que enviarán la energía producida a 3 los inversores, se puede interpretar como que existen 3 campos independientes de 88 módulos cada uno, divididos en ramas de 22 módulos en serie, las ramas que entrarán en cada inversor serán:

$$n_{pp-inv} = \frac{n_{p-inv}}{n_{ps}} = \frac{88 \text{ paneles/inversor}}{22 \text{ paneles/rama}} = \mathbf{4 \text{ ramas paralelo/inversor}}$$

### 3.3.1.3. Dimensionado del cableado

Una vez definidos y dimensionados todos los elementos que componen la instalación fotovoltaica se ha de dimensionar el cableado necesario.

Las condiciones que debe cumplir el cableado de cualquier instalación eléctrica son las siguientes:

1. **Máxima caída de tensión.** La caída de tensión que genera la circulación de corriente debe ser inferior al máximo fijado por el REBT para garantizar el correcto funcionamiento de los receptores.
2. **Calentamiento del conductor a la intensidad máxima admisible.** La temperatura máxima alcanzada por efecto Joule no debe ser mayor a la máxima admisible por el material aislante (70°C para termoplásticos y 90°C para termoestables).
3. **Intensidad de cortocircuito.** La temperatura que puedan alcanzar los conductores debido a un cortocircuito o sobreintensidad duradera no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible en las normas particulares de los cables.

Generalmente un sistema debe cumplir las tres condiciones simultáneamente, pero en el caso de generadores fotovoltaicos es suficiente con las dos primeras puesto que los módulos autolimitan su intensidad máxima al valor de cortocircuito del generador ( $I_{sc}$ ) que es la corriente que se usará como dato para cumplir la 2ª condición.

En el volumen de planos se añade detalle del esquema eléctrico de la instalación fotovoltaica completa.

#### Tramos considerados

Para la instalación se consideran los 3 tramos característicos siguientes:

- Tramo 1: Conexión de cada rama de módulos en serie a la caja de conexiones correspondiente. Habrá una caja de conexión por cada inversor por lo que entraran cuatro ramas en cada caja.
- Tramo 2: Conexión de las cajas de conexión a los inversores. Las cajas de conexión tienen dos salidas en corriente continua para cada inversor.
- Tramo 3: Conexión de los inversores al cuadro combiner box. La salida de los inversores, ya en corriente alterna trifásica se conecta a su entrada correspondiente del cuadro de fotovoltaica.



- Tramo 4: Conexión del cuadro de fotovoltaica a el cuadro general de baja tensión.

Para determinar el valor de las corrientes de cada tramo y su caída de tensión máxima se ha de seguir la ITC BT 40 que regula las instalaciones generadoras de baja tensión en la misma se dice que “los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5% para la intensidad nominal”.

#### Datos de partida de cada tramo

- Tramo 1:

- Corriente a considerar:  $I_1 = I_{SC} \cdot 1,25 = 8,98A \cdot 1,25 = \mathbf{11,23 A}$
- Tensión nominal:  $V_{nom1} = n_{ps} \cdot V_{mp} = 22 \cdot 30,6V = \mathbf{673,2 V}$
- Longitud tramo:  $l_1 = \mathbf{40 metros}$

Se escoge la longitud correspondiente a la rama más alejada de la caja de conexión, el resto de ramas, menos restrictivas, montarán la misma sección.

- Tramo 2:

- Corriente a considerar:  $I_2 = 2 \cdot I_{SC} \cdot 1,25 = 2 \cdot 8,98A \cdot 1,25 = \mathbf{22,45 A}$
- Tensión nominal:  $V_{nom2} = n_{ps} \cdot V_{mp} = 22 \cdot 30,6V = \mathbf{673,2 V}$
- Longitud tramo:  $l_2 = \mathbf{20 metros}$

- Tramo 3:

- Corriente a considerar:  $I_3 = 1,25 \cdot I_{invmax} = 1,25 \cdot 26,8 = \mathbf{33,50 A}$
- Tensión nominal:  $V_{nom3} = \mathbf{400 V}$
- Longitud tramo:  $l_3 = \mathbf{3 metros}$

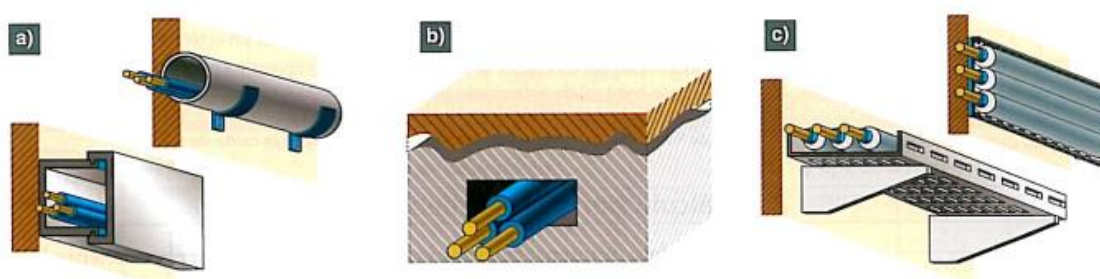
- Tramo 4:

- Corriente a considerar:  $I_4 = 1,25 \cdot I_{invmax} \cdot 3 = 1,25 \cdot 26,8 \cdot 3 = \mathbf{100,50 A}$
- Tensión nominal:  $V_{nom4} = \mathbf{400 V}$
- Longitud tramo:  $l_3 = \mathbf{3 metros}$

## Tipos de Instalación y Cable

Los tipos de instalación que se utilizarán para cada tramo, siguiendo la norma UNE 20460-5-523, son los siguientes:

- Tramo 1, conexionado de módulos a la caja de conexiones y de la caja de conexiones al inversor: se utiliza cable al aire en bandeja perforada (método de instalación E).
- Tramos 2, 3 y 4, conexionado desde las cajas de conexión hasta el cuadro general de baja tensión: se usa cable en interior de tubo (método de instalación B1).



**Figura 24.** Tipos de instalación de cable según UNE 20460-5-523. (Fuente: *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Agustín Castejón Oliva, Germán Santamaria Herranz, EDITEX)

Los tipos de cable en todos los tramos serán de conductores flexibles, con aislamiento y cubierta de materiales termoestables no propagadores del incendio. Para ello se utilizará cableado de aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de poliolefina RZ1-K(AS), resistente a la intemperie y a temperaturas extremas.

### Cálculo por caída de tensión.

Se aplican las siguientes fórmulas para las líneas de corriente continua, alterna monofásica o alterna trifásica:

$$\text{Monofásica y c.c.: } S = \frac{2 \cdot l \cdot P}{\Delta V_{\%} \cdot U \cdot \sigma_{\theta}} \quad S = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta V_{\%} \cdot U \cdot \sigma_{\theta}}$$

$$\text{Trifásica: } S = \frac{l \cdot P}{\Delta V_{\%} \cdot U \cdot \sigma_{\theta}} \quad S = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\Delta V_{\%} \cdot U \cdot \sigma_{\theta}}$$

donde:

- S: sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_{\theta}$ : conductividad a la temperatura de servicio prevista (m/Ω·mm<sup>2</sup>)<sup>1</sup>
- l: Longitud de la línea (m)
- $\Delta V_{\%}$ : caída de tensión máxima permitida en porcentaje de la tensión (%)
- P: potencia activa transportada por la línea (W)
- U: tensión de la línea (400V en trifásica, 230V en monofásica y tensión de la cadena (V)
- I: intensidad prevista en la línea (A)
- $\cos \varphi^2$ : Factor de potencia de la carga al final de la línea

La caída de tensión máxima (c.d.t.) de 1,5% fijada por el REBT, se reparte entre todos los tramos equilibradamente, por lo que se considera una c.d.t de: 0,5% para tramo 1, 0,60% para tramo 2, 0,25% para tramo 3 y el 0,15% restante para tramo 4. Las secciones obtenidas siguiendo este criterio son:

➤ Tramo 1:

$$S_1 = \frac{2 \cdot l_1 \cdot I_1}{\Delta V_{\%1} \cdot U \cdot \sigma_{90^{\circ}C}} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 11,23}{0,50\% \cdot 673,2 \cdot 45} = 5,93 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{6 \text{ mm}^2}$$

➤ Tramo 2:

$$S_2 = \frac{2 \cdot l_2 \cdot I_2}{\Delta V_{\%2} \cdot U \cdot \sigma_{90^{\circ}C}} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 22,45}{0,60\% \cdot 673,2 \cdot 45} = 4,94 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{6 \text{ mm}^2}$$

➤ Tramo 3:

$$S_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot l_3 \cdot I_3 \cdot \cos \varphi}{\Delta V_{\%3} \cdot U \cdot \sigma_{90^{\circ}C}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3 \cdot 33,5 \cdot 0,99}{0,25\% \cdot 400 \cdot 45} = 4,42 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{6 \text{ mm}^2}$$

---

<sup>1</sup> La temperatura de servicio habitual del aislamiento termoestable es de 90°C por lo que  $\sigma_{90} = 45 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

<sup>2</sup> En corriente continua no se utiliza el término  $\cos \varphi$

- Tramo 4:

$$S_4 = \frac{\sqrt{3} \cdot l_4 \cdot I_4 \cdot \cos \varphi}{\Delta V_{\%4} \cdot U \cdot \sigma_{90^\circ C}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3 \cdot 100,5 \cdot 0,99}{0,15\% \cdot 400 \cdot 45} = 22,11 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{25 \text{ mm}^2}$$

### Cálculo por calentamiento.

Para el cálculo se utilizan las corrientes consideradas para cada tramo aplicando un factor de corrección si:

- La temperatura ambiente es diferente de 40°C en tramos de instalación al aire o 25°C en tramos enterrados. Los factores de corrección a aplicar aparecen en las tablas del ANEXO B3
- Hay más de un circuito en la misma canalización. Los factores de corrección aparecen en las tablas del ANEXO B3
- La línea está expuesta a radiación solar. Se aplica un factor de corrección de 0,9.

Los factores de corrección aplicados son los siguientes:

- Tramo 1:

La temperatura ambiente se considera de 50°C con lo que se aplica un **factor de 0,89**.

Se agrupan hasta 4 circuitos sobre bandeja al aire, el **factor de corrección es de 0,70**.

Está expuesto a radiación solar por lo que se le aplica un **factor de corrección de 0,9**.

$$I_1 = 11,23 \text{ A}; I'_1 = \frac{11,23}{0,89 \cdot 0,70 \cdot 0,9} = \mathbf{20,02 \text{ A}}$$

- Tramo 2:

Se agrupan 2 circuitos dentro de un mismo tubo, el **factor de corrección es de 0,80**

$$I_2 = 22,45 \text{ A}; I'_2 = \frac{22,45}{0,8} = \mathbf{28,06 \text{ A}}$$

- Tramos 3 y 4:

No se les aplica ningún factor de corrección.

Habiendo fijado el tipo de instalación, tipo de cableado y calculada la intensidad anterior, se determinan las secciones mediante las tablas del Anexo B3 para cumplir la condición de calentamiento:

- Tramo 1:  $I'_1 = 20,02 A \rightarrow S_1 = 1,50 mm^2$
- Tramo 2:  $I'_2 = 22,45 A \rightarrow S_1 = 2,50 mm^2$
- Tramo 3:  $I'_3 = 100,50 A \rightarrow S_1 = 35 mm^2$

Una vez obtenidas las secciones mediante ambos métodos, se comparan y se escoge como definitiva la mayor:

Circuito	Método		Sección Definitiva mm2
	Caída de Tensión	Calentamiento	
Tramo 1	6	1,5	6
Tramo 2	6	4	6
Tramo 3	6	6	6
Tramo 4	25	35	35

Tabla 20. Sección final para cada tramo de la instalación fotovoltaica. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3.1.4. Aparatos de maniobra y protección

En el caso de los aparatos de maniobra y protección, el kit fotovoltaico incorpora las cajas de conexión necesarias para distribuir las ramas del campo solar con todas las protecciones necesarias y un cuadro eléctrico que centraliza tanto los elementos de control como el resto de protecciones.

Se instalarán tres cajas de conexión “String Box”, una para cada inversor, y a ellas irán conectadas 4 ramas de módulos en paralelo. Las cajas cuentan con las siguientes características:

Modelo: CDP SB 4-2-2	
Nº Strings entrada CC	4
$I_{max}$ Entrada CC	4x10 A
Nº salidas CC a inversor	2
Protección sobretensiones CC (Ucc max = 1000V)	2
Fusibles seccionadores (Tipo gR, 10 A)	8

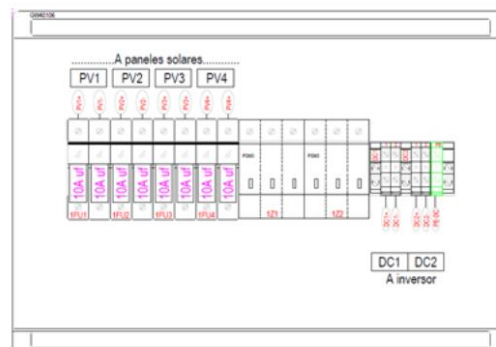


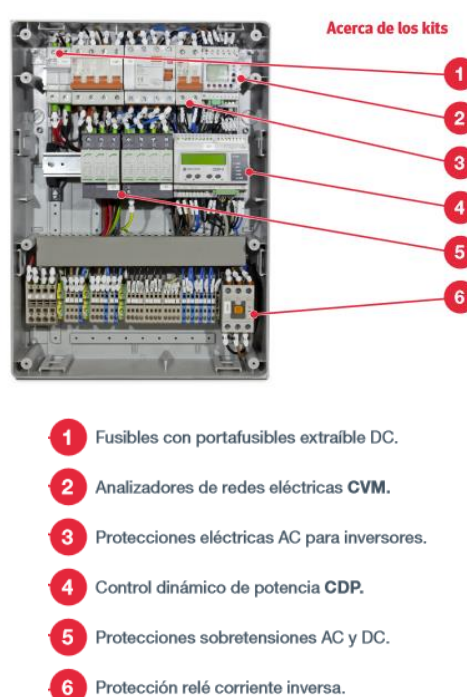
Figura 25. Características caja de conexiones “String Box”, modelo CDP SB 4-2-2 de Circutor. (Fuente: CIRCUTOR)

Los cuadros “Combiner Box” están pensados para centralizar toda la instalación conectando tanto la parte de CC como la de CA. En el cuadro están incorporadas todas las actuaciones y protecciones necesarias para la instalación y, además, incluye el **controlador dinámico de potencia (CDP)**, que será el cerebro de la instalación, controlando a tiempo real el consumo de la nave y regulando la potencia que entregan los inversores para asegurar que no se vierta energía excedente a la red de distribución, el equipo que medirá el consumo será el **CVM-Mini**, un analizador de redes también incluido en el cuadro.

El cuadro dispone de los siguientes elementos y características:

**Modelo: CDP CB T-0-0-2-40-300**

Instalación	Trifásica
Tipo Inversor	Trifásico
Nº inversores	3
Nº Strings Entrada CC	-
I <sub>max</sub> Entrada CC	-
Salida CC a inversor	-
Protección sobretensiones CC (U <sub>cc max</sub> = 1000V)	-
Protección sobretensiones CA (I <sub>max</sub> = 40 kA)	1
Entradas CA a inversor	3
I <sub>max</sub> CA por inversor	2 x 4 p 40 A
Protección diferencial ultrainmunizada	300 mA
Analizador de Redes	Sí
Contactor relé de corriente inversa	40 A



**Figura 26.** Características Combiner Box modelo CDP CB T-0-0-2-40-300 de Circutor (izquierda) y ejemplo de Combiner Box (derecha). (Fuente: CIRCUTOR)

Las fichas técnicas de las cajas de conexión y el cuadro se encuentran en el Anexo D.

### 3.3.2. Previsión de la producción solar

Para realizar una estimación de la producción solar, se tienen en cuenta los siguientes datos:

- Valor medio mensual de la radiación solar diaria (kWh/m<sup>2</sup>·día) u hora solar pico (HSP) sobre la superficie de captación con la orientación y ángulo de inclinación determinados para la instalación, en este caso orientación sur y 37º de inclinación.
- Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR, que refleja la eficiencia de la instalación, en este caso se tienen en cuenta las siguientes pérdidas:
  - Dispersión de los parámetros de los módulos fotovoltaicos: 3%
  - Pérdidas por polvo, suciedad y angulares y espectrales: 4%
  - Pérdidas por temperatura: 5%
  - Pérdidas en el cableado: 1,5%
  - Pérdidas en el inversor: 5,8%
  - Pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT): 4%
  - Otras pérdidas (paradas, averías, mantenimiento, etc.): 2%

El performance ratio global resultante es: **PR = 74,7%**

La energía diaria inyectada a red se calculará según la siguiente expresión:

$$E_{mod} = HSP(\alpha) \cdot PR \cdot Wp$$

donde:

- E<sub>mod</sub>: Energía diaria inyectada a red (kWh/día)
- HSP(α): Hora solar pico para la inclinación del captador (horas)
- PR: Performance ratio de la instalación – 74,7 %
- W<sub>p</sub>: Potencia pico del módulo instalado (W) – 260W

En la tabla de la siguiente página se muestra el resumen de energía total producida, teniendo en cuenta los 264 módulos instalados:

Mes	Días	HSP (37º)	E <sub>mod</sub> (Wh/día)	E <sub>diaria</sub> (kWh/día)	E <sub>mes</sub> (kWh/mes)
Enero	31	3,98	773	204,07	6.326,20
Febrero	28	4,95	961,39	253,81	7.106,59
Marzo	31	6,16	1.196,40	315,85	9.791,30
Abril	30	6,1	1.184,74	312,77	9.383,16
Mayo	31	6,58	1.277,97	337,38	10.458,89
Junio	30	6,88	1.336,23	352,77	10.582,97
Julio	31	7	1.359,54	358,92	11.126,48
Agosto	31	6,71	1.303,22	344,05	10.665,52
Septiembre	30	6,03	1.171,15	309,18	9.275,48
Octubre	31	5,24	1.017,71	268,68	8.328,96
Noviembre	30	4,11	798,24	210,74	6.322,09
Diciembre	31	3,75	728,33	192,28	5.960,61
<b>Promedio Anual (kWh):</b>					<b>8.777,35</b>

Tabla 21. Resumen de energía inyectada a red por la instalación. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3.3. Valoración de la propuesta

En la siguiente figura se puede comparar la energía consumida con la inyectada:

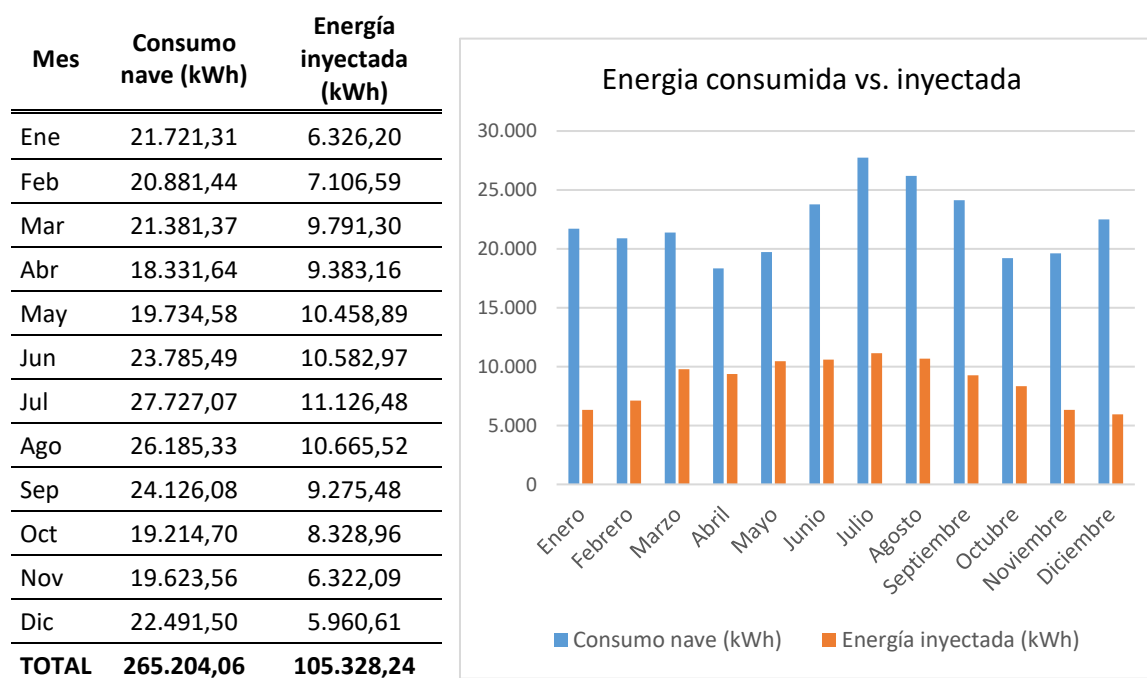


Figura 27. Energía consumida vs. Energía inyectada por la instalación fotovoltaica. (Fuente: Elaboración propia)



Respecto los 265.204 kWh consumidos durante el año 2016, la generación estimada es de 105.328 kWh, lo que supone un **ahorro energético del 39,7%**.

Puesto que el ahorro es toda la energía producida, el ahorro en emisiones se puede calcular de forma directa con la ratio de emisiones según el mix eléctrico de Endesa, esta ratio es de 0,34 kgCO<sub>2</sub>/kWh (Según OCCO) por lo que las emisiones evitadas son:

$$\text{Emisiones evitadas} = 105.328,24 \text{ kWh} \cdot 0,34 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} = \mathbf{35,811 \text{ t CO}_2}$$

Por último, para valorar el ahorro económico, se ha de tener en cuenta que la producción solar siempre se llevará a cabo en periodos P1 y P2 de la tarifa eléctrica puesto que son los periodos diurnos, después de realizar un análisis de la facturación eléctrica, se tiene que el coste promedio para estos dos periodos es de 0,135 €/kWh, el ahorro anual directo es, por tanto:

$$\text{Ahorro económico} = 105.328,24 \text{ kWh} \cdot 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \mathbf{11.586,11\text{€}}$$



## 4. Análisis del impacto ambiental

Para el cálculo de las emisiones de efecto invernadero se utiliza la metodología descrita en la guía de la Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC) comentada en capítulos anteriores.

Las ratios a utilizar son:

- Electricidad:  $0,34 \text{ kg } CO_2/kWh_{elec}$ , se utiliza el mix de Endesa como referencia.
- Gasoil:  $0,27 \text{ kg } CO_2/kWh_{gasoil}$ , se utiliza el factor de emisión dado por la OCCC.

### 4.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> de referencia

En el capítulo 3.5 Principales Usos Energéticos se define la situación energética actual de la empresa y se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de su actividad. Estas emisiones de referencia son:

Fuente Energética	Emisiones (t CO <sub>2</sub> )
Electricidad	89,9
Gasóleo	865,5
<b>TOTAL</b>	<b>955,3 t CO<sub>2</sub></b>

### 4.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas

#### 4.2.1. Propuesta 1. Sustitución de iluminación por tecnología LED

El ahorro energético derivada de la implantación de la propuesta es de 59.104 kWh anuales por lo que las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas serán:

$$\text{Emisiones evitadas P1} = 59.104 \text{ kWh} \cdot 0,34 \text{ kg} \frac{CO_2}{kWh_{elec}} = \mathbf{20,1 \text{ t } CO_2}$$

#### 4.2.2. Propuesta 2. Incorporación de vehículos eléctricos a la flota

Las emisiones evitadas por el vehículo eléctrico serán las que emitían los vehículos convencionales menos las emitidas derivadas de su consumo eléctrico:

	KANGOO ZE	KANGOO
Emisiones CO2	52,7 g/km	144 g/km
Emisiones año	1185,75 kg CO <sub>2</sub>	3240 kg CO <sub>2</sub>
<b>Emisiones evitadas</b>	<b>10,271 kg CO<sub>2</sub></b>	

Tabla 22. Emisiones evitadas por Renault KANGOO ZE. (Fuente: Elaboración propia)

	Renault ZOE	Renault CLIO
Emisiones CO2	45,22 g/km	135 g/km
Emisiones año	904,4 kg CO <sub>2</sub>	2700 kg CO <sub>2</sub>
<b>Emisiones evitadas</b>	<b>8,978 t CO<sub>2</sub></b>	

Tabla 23. Emisiones evitadas por Renault ZOE. (Fuente: Elaboración propia)

Las emisiones totales evitadas por la incorporación de los 10 vehículos son:

$$\text{Emisiones evitadas P2} = 10,271 + 8,978 = \mathbf{19,249 t CO_2}$$

#### 4.2.3. Propuesta 3. Instalación de generación fotovoltaica

Las emisiones evitadas ya se habían calculado en la valoración de la propuesta y son las siguientes

$$\text{Emisiones evitadas P3} = 105.328,24 \text{ kWh} \cdot 0,34 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} = \mathbf{35,811 t CO_2}$$

#### 4.2.4. Emisiones totales evitadas

Las emisiones totales evitadas serán la suma de las evitadas por las tres propuestas:

$$\text{Emisiones totales evitadas} = 20,1 + 19,249 + 35,811 = \mathbf{75,16 t CO_2}$$

Lo que significa un 7,87% de emisiones evitadas respecto al total de referencia.

## Conclusiones

Al iniciar el trabajo, se planteaban como objetivos desarrollar de forma eficaz y realista la auditoría energética buscando los puntos hacia los que encaminar las propuestas de mejora y, una vez desarrollado el mapa energético global, desarrollar de la forma más extensa posible las propuestas de mejora.

En cuanto a la auditoría, se ha de introducir como una herramienta más de trabajo que permite valorar hacia donde tienen que ir los esfuerzos de una compañía en materia de ahorro, tanto energético como económico. Todos los indicadores que puede aportar apoyan a que el desarrollo de las propuestas de mejora sea más realista.

En cuanto a la valoración de las mejoras, después de realizar el análisis económico, se tiene claro que una de las apuestas firmes tras una auditoría debe ser la implantación del LED, implantar esta medida aportará unos beneficios en muy poco tiempo que puede ser usados para implantar medidas de mayor inversión. En cuanto a la generación de energía fotovoltaica, es una realidad que el coste por kW instalado ha disminuido y esa conclusión se puede sacar de una propuesta cuya tasa de retorno hace muy atractiva su inversión.

Finalmente, sobre los resultados del vehículo eléctrico comentar que en cuanto a rentabilidad, no se trata de una solución en el presente, pero aporta muchas otras ventajas que no se pueden valorar económicamente.



## Presupuesto y Análisis Económico

### PRESUPUESTO AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

PROYECTO AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES					
<b>1. Capítulo AUDITORÍA ENERGÈTICA</b>					<b>3.077,53 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
1.1	Pa	Servicio de Auditoría Energética en empresa de servicios, para dar cumplimiento al RD56/2016, siguiendo la norma UNE-EN 16.247	1	3.077,53 €	3.077,53 €
<b>SEG Capítulo PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b>					<b>92,33 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>SEG</i>	
SEG	Pa	Plan de Seguridad y Salud	1	92,33 €	
<b>RESUMEN DEL PROYECTO</b>					
CAP	1.	AUDITORÍA ENERGÈTICA			3.077,53 €
	PEM	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL			<b>3.077,53 €</b>
	GG	GASTOS GENERALES	13%		400,08 €
	BI	BENEFICIO INDUSTRIAL	6%		184,65 €
SEG		PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD			92,33 €
	PE	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN			<b>3.754,58 €</b>
	IVA	IMPUESTO SOBRE EL VALOR AÑADIDO	21%		788,46 €
		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN, IVA INCLUIDO</b>			<b>4.543,05 €</b>

## PRESUPUESTO SUSTITUCIÓN ILUMINACIÓN A LED.

## PROYECTO SUSTITUCIÓN ILUMINACIÓN A LED

<b>1. Capítulo EQUIPOS LED</b>	<b>8.793,22 €</b>
--------------------------------	-------------------

ID	ud	Concepto	ud	pem/ud	pem
1.1	ud	Panel LED 60x60 42W	212	22,31 €	4.729,72 €
1.2	ud	Tubos LED 1500mm 22W	31	6,60 €	204,60 €
1.3	ud	Downlight LED 20W	58	8,79 €	509,82 €
1.4	ud	Downlight LED 12W	52	6,08 €	316,16 €
1.5	ud	Downlight LED 6W	105	3,34 €	350,70 €
1.6	ud	Campana LED 80W	9	78,49 €	706,41 €
1.7	ud	Campana LED 150W	8	133,85 €	1.070,80 €
1.8	ud	Proyector LED 30W	12	21,98 €	263,76 €
1.9	ud	Proyector LED 50W	15	42,75 €	641,25 €

<b>2. Capítulo MANO DE OBRA</b>	<b>10.604,88 €</b>
---------------------------------	--------------------

ID	ud	Concepto	ud	pem/ud	pem
2.1	h	Montaje paneles LED 60x60 42W	212	21,50 €	4.558,00 €
2.2	h	Montaje tubos LED 1500mm 22W	7,75	21,50 €	166,63 €
2.3	h	Montaje downlight LED 20W	58	21,50 €	1.247,00 €
2.4	h	Montaje downlight LED 12W	52	21,50 €	1.118,00 €
2.5	h	Montaje downlight LED 6W	105	21,50 €	2.257,50 €
2.6	h	Montaje campana LED 80W	13,5	21,50 €	290,25 €
2.7	h	Montaje campana LED 150W	12	21,50 €	258,00 €
2.8	h	Montaje proyector LED 30W	18	21,50 €	387,00 €
2.9	h	Montaje proyector LED 50W	15	21,50 €	322,50 €

<b>3. Capítulo PEQUEÑO MATERIAL</b>	<b>439,66 €</b>
-------------------------------------	-----------------

ID	ud	Concepto	ud	pem/ud	pem
3.1	Pa	Pequeño material instalación luminarias	1	439,66 €	439,66 €

<b>4. Capítulo PROYECTO</b>	<b>860,00 €</b>
-----------------------------	-----------------

ID	ud	Concepto	ud	pem/ud	pem
4.1	Pa	Proyecto sustitución iluminación a LED	1	860,00 €	860,00 €

<b>SEG Capítulo PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>620,93 €</b>
---	-----------------

ID	ud	Concepto	ud	SEG
SEG	Pa	Plan de Seguridad y Salud	1	620,93 €

## RESUMEN DEL PROYECTO

CAP	1.	EQUIPOS LED		8.793,22 €
CAP	2.	MANO DE OBRA		10.604,88 €
CAP	3.	PEQUEÑO MATERIAL		439,66 €
CAP	4.	PROYECTO		860,00 €
<b>PEM</b>		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>20.697,76 €</b>
GG		GASTOS GENERALES	13%	2.690,71 €
BI		BENEFICIO INDUSTRIAL	6%	1.241,87 €
SEG		PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD		620,93 €
<b>PE</b>		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN</b>		<b>25.251,26 €</b>
IVA		IMPUESTO SOBRE EL VALOR AÑADIDO	21%	5.302,77 €
		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN, IVA INCLUIDO</b>		<b>30.554,03 €</b>



**PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

<b>PROYECTO INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE RECARGA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS</b>					
<b>1. Capítulo ESTACIONES DE RECARGA</b>					<b>2.975,05 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
1.1	ud	Suministro estación de recarga tipo wallbox, modelo UP Wallbox Tipo 2 32 Amp de la marca WallboxOK.	5	595,01 €	2.975,05 €
<b>2. Capítulo INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>					<b>3.247,99 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
2.1	ud	Suministro de Envolvente metálica, tipo Schneider Prima G o similar, IP55, puerta plena y tejado. Envolvente completa, con carril DIN, cerradura y borneros.	1	585,50 €	585,50 €
2.2	ud	Interruptor Automático Magnetotérmico, Schneider Acti 9, IK60N, Curva C, 4P, 50 A	1	226,24 €	226,24 €
2.3	ud	Interruptor Diferencial, Schneider Acti 9, ID-K, 4P, 63A, 30mA	1	464,68 €	464,68 €
2.4	ud	Interruptor Automático Magnetotérmico, Schneider Acti 9, IK60N, Curva C, 4P, 16 A	5	80,21 €	401,05 €
2.5	ud	Interruptor Diferencial, Schneider Acti 9, ID-K, 4P, 63A, 25mA	5	206,03 €	1.030,15 €
2.6	ml	Cableado tramo de CGBT a subcuadro de 70 metros, cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 16mm <sup>2</sup> (5 hilos: 3 fases, neutro y tierra), tendido por bandeja existente	70	6,74 €	471,87 €
2.7	ml	Cableado tramo de subcuadro a puntos de recarga de 50 metros total para las 5 líneas, cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 2,5mm <sup>2</sup> (5 hilos: 3 fases, neutro y tierra), tendido por bandeja de distribución existente en la nave	50	1,37 €	68,50 €
<b>3. Capítulo MANO DE OBRA</b>					<b>1.310,00 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
3.1	h	Mano de obra instalación eléctrica	40	21,50 €	860,00 €
3.2	Pa	Partida Alzada para la realización de trabajos de obra civil de pasamuros desde nave a pared exterior donde se ubicarán los puntos de recarga	1	450,00 €	450,00 €
<b>4. Capítulo PROYECTO</b>					<b>564,98 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
4.1	Pa	Proyecto instalación recarga vehículos eléctricos	1	564,98 €	564,98 €
<b>SEG Capítulo PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b>					<b>242,94 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>SEG</i>	
SEG	Pa	Plan de Seguridad y Salud	1	242,94 €	

**RESUMEN DEL PROYECTO**

CAP	1.	ESTACIONES DE RECARGA		2.975,05 €
CAP	2.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA		3.247,99 €
CAP	3.	MANO DE OBRA		1.310,00 €
CAP	4.	PROYECTO		564,98 €
<b>PEM</b>		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>8.098,02 €</b>
GG		GASTOS GENERALES	13%	1.052,74 €
BI		BENEFICIO INDUSTRIAL	6%	485,88 €
SEG		PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD		242,94 €
<b>PE</b>		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN</b>		<b>9.879,58 €</b>
IVA		IMPUESTO SOBRE EL VALOR AÑADIDO	21%	2.074,71 €
		<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN, IVA INCLUIDO</b>		<b>11.954,29 €</b>

**PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO.**

<b>PROYECTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO</b>					
<b>1. Capítulo KIT FOTOVOLTAICO CIRCUTOR</b>					<b>61.626,39 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
1.1	ud	Suministro de Kit para autoconsumo instantáneo, modelo EFM-CDP 60-M-PRO de la marca CIRCUTOR, compuesto por: - Controlador dinámico de potencia, inyección cero, mod. CDP-0. - Analizador de redes, mod. CVM-MINI-MC. - 2 uds transformadores de corriente MC3 125A - 3 x Inversor trifásico 20 kW, 400V - 264 módulos fotovoltaicos de 260 Wp. - Elementos de soportación sobre cubierta. - Uniones entre módulos.	1	59.182,14 €	59.182,14 €
1.2	ud	Suministro cuadro eléctrico y caja de conexiones, incluye: Cuadro eléctrico modelo CDP CB T-0-0-3-40-300 3x Caja conexiones modelo CDP SB 4-2-2 Protecciones eléctricas instalación completa	1	2.444,25 €	2.444,25 €
<b>2. Capítulo CABLEADO</b>					<b>6.977,33 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
2.1	ml	Tramo de módulos a cajas de conexión (12 circuitos CC). Cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 6mm2 (positivo y negativo)	700	0,53 €	369,60 €
2.2	ml	Tramo de cajas de conexión a inversores (2 circuitos CC de cada caja a cada inversor). Cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 6mm2 (positivo y negativo)	240	0,53 €	126,72 €
2.3	ml	Tramo de inversores a cuadro fotovoltaica CB (1 circuito trifasico por inversor). Cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 6mm2 (trifasco)	9	2,52 €	22,69 €
2.4	ml	Tramo de cuadro fotovoltaica a CGBT. Cable de cobre con tensión asignada 0,6/1kV de aislamiento XLPE y denominación generica RZ1-K (AS) de sección 35 mm2 (trifasco)	3	2,64 €	7,92 €
2.5	ml	Suministro de Bandeja de 300 x 105mm. Tipo PEMSABAND RX, Galvanizado en Caliente según UNE-EN ISO 1461, con tapa y Garantía de Continuidad Eléctrica según UNE-EN 61537, lo que asegura la conexión equipotencial. Incluye parte proporcional uniones, fijaciones y accesorios de montaje.	100	45,68 €	4.568,00 €
2.6	ml	Suministro de Bandeja de 100 x 100mm. Tipo PEMSABAND RX, Galvanizado en Caliente según UNE-EN ISO 1461, con tapa y Garantía de Continuidad Eléctrica según UNE-EN 61537, lo que asegura la conexión equipotencial. Incluye parte proporcional uniones, fijaciones y accesorios de montaje.	65	28,96 €	1.882,40 €
<b>3. Capítulo MANO DE OBRA</b>					<b>15.475,00 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
3.1	h	Mano de obra instalación eléctrica. Kit Fotovoltaico	450	21,50 €	9.675,00 €
3.2	h	Mano de obra instalación eléctrica. Cableado	200	21,50 €	4.300,00 €
3.3	Pa	Partida Alzada para la realización de trabajos de obra civil de apertura de pasos.	1	1.500,00 €	1.500,00 €
<b>4. Capítulo PROYECTO Y LEGALIZACIÓN</b>					<b>6.703,94 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>pem/ud</i>	<i>pem</i>
4.1	Pa	Legalización y tasas instalación fotovoltaica autoconsumo	1	2.500,00 €	2.500,00 €
4.2	Pa	Elaboración de Proyecto técnico e ingeniería	1	4.203,94 €	4.203,94 €
<b>SEG Capítulo PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD</b>					<b>2.723,48 €</b>
<i>ID</i>	<i>ud</i>	<i>Concepto</i>	<i>ud</i>	<i>SEG</i>	
SEG	Pa	Plan de Seguridad y Salud	1	2.723,48 €	

<b>RESUMEN DEL PROYECTO</b>			
CAP	1.	KIT FOTOVOLTAICO CIRCUTOR	61.626,39 €
CAP	2.	CABLEADO	6.977,33 €
CAP	3.	MANO DE OBRA	15.475,00 €
CAP	4.	PROYECTO Y LEGALIZACIÓN	6.703,94 €
<b>PEM</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>90.782,65 €</b>
GG		GASTOS GENERALES	13%
			11.801,75 €
BI		BENEFICIO INDUSTRIAL	6%
			5.446,96 €
SEG		PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	2.723,48 €
<b>PE</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN</b>		<b>110.754,84 €</b>
IVA		IMPUESTO SOBRE EL VALOR AÑADIDO	21%
			23.258,52 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN, IVA INCLUIDO</b>			<b>134.013,36 €</b>

### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA 1.

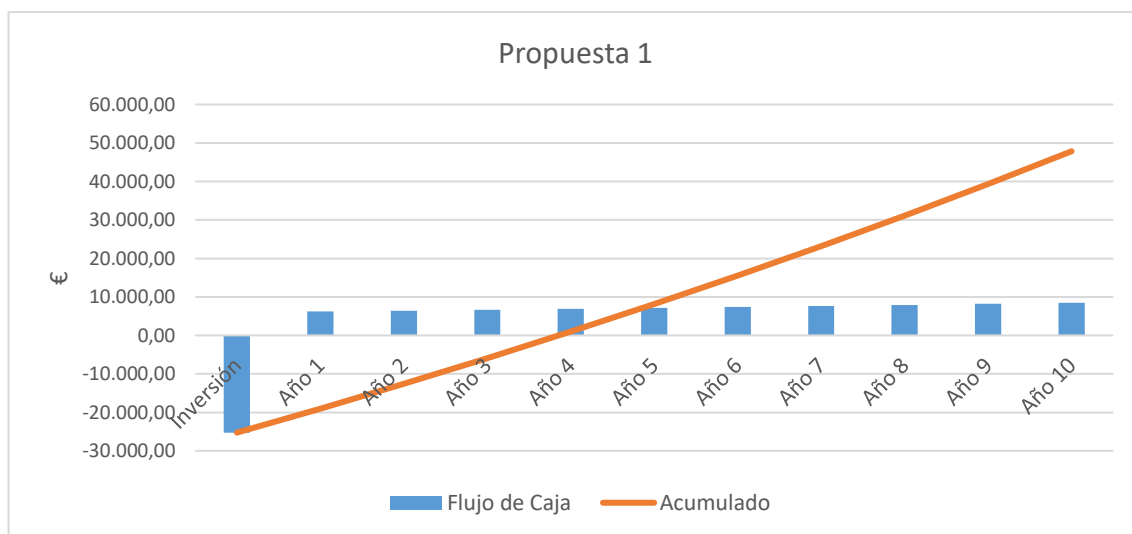
El análisis económico realizado teniendo en cuenta como costes la implantación de la propuesta de mejora y el mantenimiento anual y como ahorro económico el generado directamente por el ahorro en el consumo y el derivado de la reducción de potencia contratada, presenta el siguiente resumen:

#### Datos Energéticos y económicos

Ahorro energético	59.104 kWh	8.393,00 €
Ahorro ajuste Pc		1.284,00 €
<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>59.104</b>	<b>9.677,00 €</b>
<b>Costes del Proyecto</b>		
Implantación de la Propuesta de Mejora		25.251,26 €
Mantenimiento Anual		3.456,00 €
Coste financiero		- €
<b>Período de estudio</b>		<b>10 años</b>
<b>TIR</b>		<b>24,17%</b>
<b>VAN</b>		<b>30.409,93 €</b>

Como se puede observar, se trata de un proyecto con una rentabilidad muy elevada, en general, se considera que un proyecto con una TIR (Tasa Interna de Retorno) superior al 10% es rentable económicamente.

En el siguiente gráfico se detalla el flujo de caja anual y el acumulado, como se puede ver, en el año 4 se habrá amortizado la inversión:



## ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA 2.

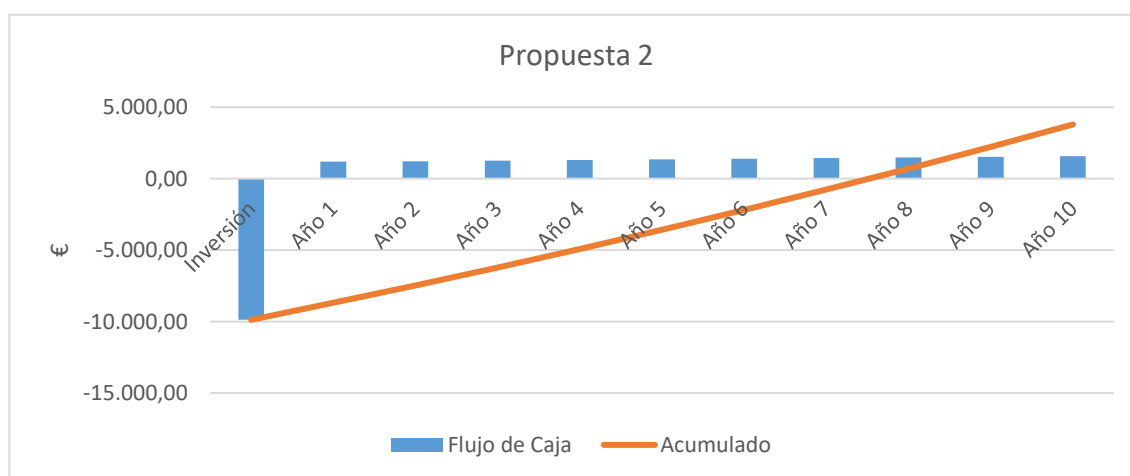
En este caso los costes vuelven a ser los de implantación del proyecto, en este caso la instalación de la infraestructura de recarga, y el mantenimiento anual, el ahorro en este caso tiene la componente positiva que aporta la furgoneta Kangoo ZE y la componente negativa que aporta el ZOE. El resumen del análisis económico es el siguiente:

### Datos Energéticos y económicos

Ahorro Económico Furgoneta (5ud's)	2.081,88 €
Ahorro Económico Vehículo (5ud's)	- 729,00 €
<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>- 1.352,88 €</b>
<b>Costes del Proyecto</b>	
Implantación de la Propuesta de Mejora	9.879,58 €
Mantenimiento Anual	168,00 €
Coste financiero	- €
<b>Período de estudio</b>	<b>10 años</b>
<b>TIR</b>	<b>6,07%</b>
<b>VAN</b>	<b>545,66 €</b>

Se puede ver como se asegura un VAN positivo, pero la TIR no asegura la viabilidad del proyecto. En este caso hay que tener en cuenta que a pesar de que el estudio se plantea a 10 años, el contrato de renting solo es de 5, por lo que se puede suponer que después de esos 5 años las condiciones económicas serán más favorables para el vehículo eléctrico (disminución del precio de renting) y más desfavorables para el vehículo convencional (aumento del precio del gasoil).

En el siguiente gráfico se detalla el flujo de caja anual y el acumulado, como se puede ver, entre el año 7 y 8 se habrá amortizado la inversión:



### ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA 3.

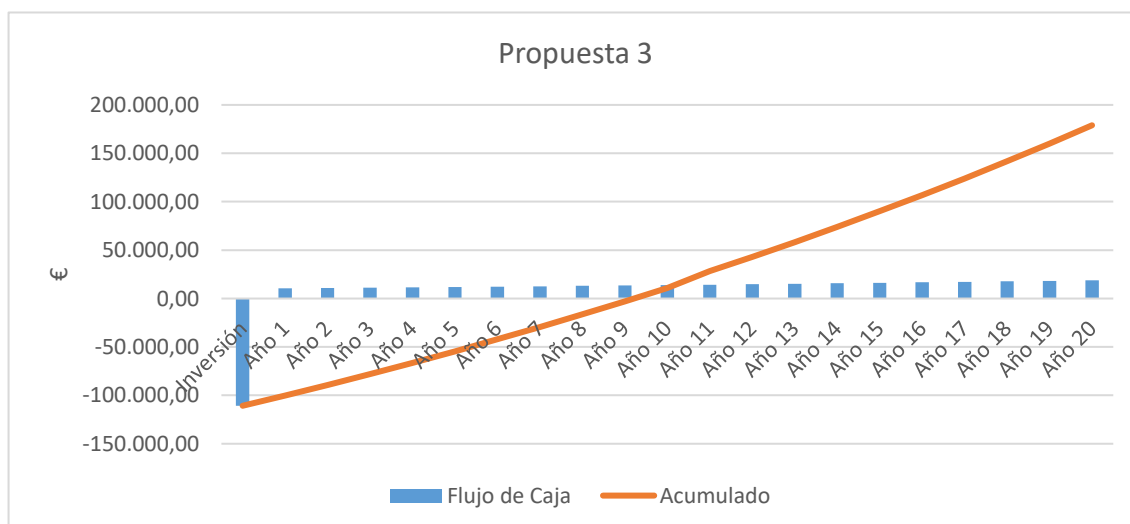
Los costes a tener en cuenta para esta propuesta son la implantación de la propuesta de mejora y el coste de mantenimiento y el ahorro es el producido por la inyección de la energía generada en la red. El resumen del análisis económico es el siguiente:

#### Datos Energéticos y económicos

Producción FV	105.328 kWh	11.586,11 €
<b>AHORRO ANUAL</b>	<b>105.328</b>	<b>11.586,11 €</b>
<b>Costes del Proyecto</b>		
Implantación de la Propuesta de Mejora		110.754,84 €
Mantenimiento Anual		1.008,00 €
Coste financiero		- €
<b>Período de estudio</b>		<b>20 años</b>
<b>TIR</b>		<b>10,06%</b>
<b>VAN</b>		<b>59.432,17 €</b>

En este caso, el periodo de estudio es de 20 años y se obtiene una TIR del 10%, haciendo muy aconsejable la inversión.

En el siguiente gráfico se detalla el flujo de caja anual y el acumulado, como se puede ver, entre el año 9 y 10 se amortizará la inversión:







## Bibliografía

### Referencias bibliográficas

- [1] OCCC, Oficina Catalana del Canvi Climatic, Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte hivernacle, Versió de març de 2017
- [2] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, El vehículo eléctrico para flotas 003.
- [3] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, revisión julio 2011.