



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



Master Universitario en  
Sistemas Inteligentes en Energía & Transporte

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

# **TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

## **INTEGRACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y ALMACENAMIENTO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: DISEÑO, CÁLCULO E IMPLEMENTACIÓN**

---

Máster en:

Sistemas Inteligentes en Energía & Transporte

---

Autor: Sergio Alfredo Borrero Espinosa

Tutor: Mariano Sidrach de Cardona

Málaga, marzo de 2025



## Resumen

El proyecto se centra en el diseño, instalación y cálculo de sistemas fotovoltaicos y baterías para estaciones de recarga de vehículos eléctricos, integrando energía renovable para optimizar la carga de los vehículos. En un contexto donde la sostenibilidad y la reducción de emisiones son prioridades globales, este proyecto pretende demostrar cómo las estaciones de recarga pueden operar de manera más eficiente y ecológica.

El primer objetivo del proyecto es evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación de paneles fotovoltaicos en estaciones de recarga. Esto incluye un análisis detallado de la irradiación solar, la orientación e inclinación óptimas de los paneles, y la selección de componentes eficientes y duraderos.

El segundo objetivo es el dimensionamiento y la integración de baterías de almacenamiento, las cuales permiten almacenar el excedente de energía solar generada durante el día para su uso nocturno o en momentos de baja irradiación. Se calculará la capacidad necesaria de las baterías para asegurar una operación continua y fiable de la estación de recarga.

Finalmente, el proyecto incluye un estudio de caso práctico, aplicando los cálculos y diseños a una estación de recarga específica. Se analizarán los costos de instalación y operación, el retorno de la inversión y los beneficios ambientales, comparando estos resultados con los de una estación de recarga convencional.

Este proyecto no solo contribuirá al avance de la movilidad eléctrica, sino que también promoverá el uso de energías renovables, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo la huella de carbono de las infraestructuras de transporte.

## Palabras clave

Energía fotovoltaica, estaciones de recarga de vehículos eléctricos, sostenibilidad, energías renovables, movilidad eléctrica, optimización energética, reducción de emisiones, integración de energía solar, huella de carbono, sistemas de almacenamiento de energía, infraestructura de recarga.



## Índice

<b>RESUMEN.....</b>	<b>2</b>
<b>PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
3.1 ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA MOVILIDAD ELÉCTRICA.....	6
3.1.1 PRINCIPIOS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA .....	6
3.1.2 APLICACIONES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN ESTACIONES DE RECARGA .....	6
3.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	6
3.2.1 TIPOS DE SISTEMAS ALMACENAMIENTO.....	6
3.2.2 INTEGRACIÓN DE BATERÍAS EN ESTACIONES DE RECARGA .....	6
3.3 REGULACIONES Y NORMATIVA.....	7
3.3.1 IMPACTO DE LA REGULACIÓN EN LA VIABILIDAD DEL PROYECTO ...	7
3.4 ESTUDIOS PRÁCTICOS Y CASOS DE ÉXITO .....	7
3.4.1 PROYECTOS DESTACADOS DE INTEGRACIÓN FV EN ESTACIONES DE RECARGA .....	7
3.4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	7
<b>4. ALCANCE DEL PROYECTO .....</b>	<b>7</b>
4.1 ANÁLISIS DE VIABILIDAD: .....	8
4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA: .....	8
4.3 SIMULACIÓN Y MODELADO: .....	8
4.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA: .....	8
4.5 IMPACTO AMBIENTAL Y REGULATORIO: .....	8
4.6 CASO DE ESTUDIO: .....	8
<b>5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>8</b>
<b>6. METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
6.1 SELECCIÓN DE DATOS DE IRRADIACIÓN SOLAR.....	9
6.2 DIMENSIONADO DEL SISTEMA FV .....	9
6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO Y CÁLCULOS DE RENDIMIENTO .....	10
6.3.1 FACTORES DE PÉRDIDA Y RENDIMIENTO .....	10
<b>7. MODELADO INICIAL. "CASO 0" .....</b>	<b>11</b>
7.1 UBICACIÓN, INCLINACIÓN, ORIENTACIÓN E IRRADIACIÓN.....	11
7.2 COMPONENTES.....	12
7.4 DIMENSIONES & COSTOS .....	15
7.5 DATOS Y CÁLCULOS INICIALES "CASO 0" .....	15
<b>8. INTEGRACIÓN DEL MODELO AL "CASO 1" .....</b>	<b>17</b>



8.1 COMPONENTES ADICIONALES PARA EL "CASO 1" .....	17
8.1.1 CARGADORES PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	17
8.2 DIAGRAMA E ILUSTRACION DE SISTEMA DE GENERACIÓN FV "CASO 1": .....	18
8.3 PRUEBAS DE CARGA EN VEHÍCULO ELÉCTRICO TESLA MODEL 3 .....	18
8.4 CÁLCULOS DE POTENCIA PICO ÓPTIMA .....	21
8.5 BALANCE ENERGÉTICO DEL MODELO .....	23
<b>9. INTEGRACIÓN DEL MODELO AL "CASO 2" .....</b>	<b>25</b>
9.1 COMPONENTES ADICIONALES "CASO 2" .....	25
9.1.1 ALMACENAMIENTO (BATERÍA) .....	25
9.2 ILUSTRACION DE SISTEMA DE GENERACIÓN FV "CASO 2": .....	26
9.3 CÁLCULO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL MODELO .....	27
9.4 RETORNO DE INVERSIÓN Y AMORTIZACIÓN DEL MODELO "CASO 2" .....	29
9.4.1 BALANCE ENERGÉTICO DEL MODELO CON BATERÍA .....	29
9.4.2 RETORNO DE INVERSIÓN .....	31
9.4.3 AMORTIZACIÓN .....	32
- AMORTIZACIÓN "MODELO DE NEGOCIO 1" .....	32
- AMORTIZACIÓN "MODELO DE NEGOCIO 2" .....	33
<b>10. IMPACTO AMBIENTAL Y REGULACIÓN .....</b>	<b>34</b>
10.1 IMPACTO AMBIENTAL .....	34
10.2 REGULACIÓN EN ESPAÑA Y LA UNIÓN EUROPEA .....	35
- UNIÓN EUROPEA .....	35
- ESPAÑA .....	35
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>36</b>
VIABILIDAD TÉCNICA: .....	36
VIABILIDAD ECONÓMICA: .....	37
IMPACTO AMBIENTAL: .....	37
REGULACIÓN Y FUTURO DEL PROYECTO: .....	37
LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN: .....	37
CONCLUSIÓN FINAL: .....	38
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>39</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>41</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 3 .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO 4 .....</b>	<b>50</b>



## 1. Introducción

En un planeta que cada vez depende más de las energías renovables para minimizar las emisiones de carbono y proteger el medio ambiente, la energía solar fotovoltaica y el almacenamiento de energía se convierten en piezas claves para cumplir con este objetivo. El análisis de diseño, instalación y cálculo de sistemas fotovoltaicos para estaciones de recarga de vehículos eléctricos, integrando energía renovable para optimizar la carga de los vehículos cobra gran importancia, en un contexto donde la sostenibilidad y la reducción de emisiones son prioridades globales, este proyecto pretende demostrar cómo las estaciones de recarga pueden operar de manera más eficiente y ecológica, logrando que no solo el vehículo eléctrico deje de generar emisiones, sino que también el proceso de carga del vehículo se realice con energías más limpias.

El principal objetivo del proyecto es evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación de paneles fotovoltaicos en estaciones de recarga. Esto incluye un análisis detallado de la irradiación solar, la orientación e inclinación óptimas de los paneles, y la selección de componentes eficientes y duraderos, así como el dimensionamiento y la integración de baterías de almacenamiento, las cuales permiten almacenar el excedente de energía solar generada durante el día para su uso nocturno o en momentos de baja irradiación. Se calculará la capacidad necesaria de las baterías para asegurar una operación continua y fiable de la estación de recarga.

## 2. Objetivos

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación de paneles fotovoltaicos en estaciones de recarga.
- Dimensionar e integrar baterías de almacenamiento.
- Calcular la capacidad necesaria de las baterías para asegurar una operación continua y fiable de la estación de recarga.
- Plantear un estudio de caso práctico, aplicando los cálculos y diseños a una estación de recarga específica.
- Analizar los costos de instalación y operación, el retorno de la inversión y los beneficios ambientales, comparando estos resultados con los de una estación de recarga convencional.

## 3. Marco teórico

Los avances en la movilidad eléctrica han generado una creciente demanda de infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos. Sin embargo, España todavía se encuentra muy por debajo de los objetivos propuestos por la comunidad europea, como podemos ver en el más reciente informe titulado Barómetro de la Electromovilidad de la ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones) (1). La integración de energía fotovoltaica (FV) con almacenamiento en estaciones de recarga se presenta como una solución sostenible para reducir la dependencia de la red eléctrica, reducir costos y minimizar la huella de carbono en el transporte. En este apartado



revisaremos el estado del arte en tecnología FV, almacenamiento de energía, regulaciones y experiencias previas en la materia.

### *3.1 Energía fotovoltaica en la movilidad eléctrica*

#### *3.1.1 Principios de la energía fotovoltaica*

La energía fotovoltaica se basa en la conversión directa de energía de la luz solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por módulos solares, inversores, sistemas de montaje y en algunos casos baterías de almacenamiento.

#### *3.1.2 Aplicaciones de la energía fotovoltaica en estaciones de recarga*

La utilización de paneles solares en estaciones de recarga para vehículos eléctricos permite generar energía limpia y reducir la dependencia de la red eléctrica. Sin embargo, existen varios desafíos técnicos como la variabilidad en la radiación solar y la necesidad de almacenamiento para garantizar una carga continua sin dependencia de la red.

### *3.2 Sistemas de almacenamiento de energía*

#### *3.2.1 Tipos de sistemas almacenamiento*

Para lograr optimizar el uso de la energía FV en estaciones de carga, es fundamental contar con sistemas de almacenamiento eficientes y baterías confiables. Existen diferentes tipos de baterías, acá los más comunes para nuestro proyecto:

- Baterías de Ion-litio: Alta eficiencia y densidad energética, aunque con un costo elevado. Las más usadas en la actualidad.
- Baterías de plomo ácido: Menor costo, pero menos vida útil y eficiencia. Poco o nulo uso en la actualidad.
- Baterías de flujo redox: Adecuadas para almacenamiento a gran escala, aunque con limitaciones de movilidad. En investigación para desarrollo de almacenamiento masivo de energías renovables.

#### *3.2.2 Integración de baterías en estaciones de recarga*

El almacenamiento permite gestionar la intermitencia de la generación de energía FV, permitiendo la disponibilidad de energía en periodos de baja o nula radiación. Su implementación debe considerar factores como la capacidad necesaria, la durabilidad, el espacio de ubicación y los costos de operación y mantenimiento.



### 3.3 Regulaciones y normativa

Sobre energía renovable y movilidad eléctrica existen en Europa y otras regiones, incentivos y regulaciones que fomentan y motivan la integración de energías renovables en estaciones de recarga. Algunas normativas incluyen:

- Directiva Europea de energía renovable (Red II): Fomenta la generación distribuida y el autoconsumo. (2)
- Regulaciones sobre infraestructura de carga para vehículos eléctricos: Normas técnicas para conexión y seguridad en estaciones de carga. (3)

#### *3.3.1 Impacto de la regulación en la viabilidad del proyecto*

El cumplimiento normativo y de las regulaciones influye en los costos y diseño de la infraestructura. La legislación sobre incentivos fiscales y tarifas de inyección de energía a la red puede mejorar la rentabilidad del proyecto.

### 3.4 Estudios prácticos y casos de éxito

#### *3.4.1 Proyectos destacados de integración FV en estaciones de recarga*

Se han desarrollado diversas iniciativas que combinan energía FV con almacenamiento para la movilidad eléctrica, algunas de ellas ya están en marcha y prueba y otras son proyectos a gran escala que se esperan desarrollar en los próximos años:

- Tesla superchargers con energía solar y almacenamiento: Red de estaciones de recarga con suministro de energía solar y baterías Megapak de 3,9 MWh por unidad. (4)
- Proyectos en Alemania y Países Bajos: Implementación de estaciones de carga con autoconsumo fotovoltaico. (5)
- BYD con estudios y proyectos en China: Diversas instalaciones de almacenamiento de prueba con mega baterías. (6)

#### *3.4.2 Análisis comparativo*

Los estudios y proyectos previos están demostrando que la integración de energía FV y almacenamiento reduce costos a largo plazo y mejora la sostenibilidad del transporte. No obstante, factores como los altos costos de la inversión inicial y la vida útil de algunos de los componentes siguen siendo desafíos claves a considerar en estos proyectos.

## **4. Alcance del proyecto**

Este proyecto se enmarca en el análisis, diseño y optimización de un sistema de generación fotovoltaica con almacenamiento energético en estaciones de recarga



para vehículos eléctricos. El estudio se enfocará en la evaluación técnica, económica y ambiental de la integración de estos sistemas, considerando un caso de aplicación real para validar los cálculos y las simulaciones desarrolladas.

El trabajo se centrará en:

#### 4.1 *Análisis de viabilidad:*

Evaluación de la factibilidad técnica y económica de implementar paneles fotovoltaicos en estaciones de recarga, teniendo en cuenta factores como la irradiación solar, espacio disponible y requerimientos energéticos.

#### 4.2 *Dimensionamiento del sistema:*

Cálculo de la capacidad óptima de generación solar y almacenamiento en baterías, con base en perfiles de consumo y condiciones climáticas.

#### 4.3 *Simulación y modelado:*

Implementación de modelos computacionales para estimar el rendimiento del sistema en diferentes escenarios de demanda y disponibilidad solar.

#### 4.4 *Evaluación económica:*

Análisis del costo de inversión, operación y mantenimiento, así como el cálculo de retorno de inversión (ROI) y el ahorro energético a largo plazo.

#### 4.5 *Impacto ambiental y regulatorio:*

Estimación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y revisión del marco normativo aplicable para la instalación de sistemas fotovoltaicos en estaciones de recarga.

#### 4.6 *Caso de estudio:*

Aplicación práctica en una estación de recarga ubicada en una zona específica, considerando una pequeña flotilla de vehículos que operan en la modalidad de VTC (Vehículos de transporte con conductor).

## **5. Limitaciones del estudio**

- El análisis se limitará a la integración de energía fotovoltaica sin tener en cuenta otras fuentes de energía renovables.
- Aunque se plantea la instalación física de la estación de recarga, el estudio se realizará basado en modelos teóricos.



- Se considerará una estación fija sin incluir sistemas de recarga ultrarrápidos o móviles.

## 6. Metodología

Los cálculos se realizan mediante diferentes tipos de procesadores de datos como: Excel, Matlab, entre otros. Mediante la obtención de los datos de irradiación solar, costo de la energía eléctrica proporcionada por la red y planteando un posible consumo de los cargadores eléctricos para coches, se encontrará la mejor opción costo-beneficio para el cálculo de número de paneles solares, inversor, cableado y baterías de almacenamiento. Mediante al estudio de un caso práctico se planteará una ubicación determinada donde se realizar los cálculos en base a datos reales obtenidos de diferentes fuentes.

### 6.1 Selección de datos de irradiación solar

La selección de datos de radiación solar es un aspecto clave en el diseño del sistema FV, ya que con ella podemos determinar la producción energética y el rendimiento del sistema. Para este estudio se han considerado fuentes de datos confiables como:

- *Bases de datos oficiales:* Se han empleado datos de la agencia estatal de meteorología (AEMET) y del software PVGIS de la comisión europea, los cuales nos proporcionan series temporales de radiación horizontal global y radiación directa normal.
- *Condiciones climáticas del sitio de estudio:* Se ha seleccionado un periodo representativo de 10 años con registros horarios para reflejar posibles variaciones estacionales.
- *Método de selección y validación:* Con los periodos indicados de los últimos 10 años en la ubicación seleccionada para el estudio, calculamos la media y escogemos el año que más se aproxime a esta media, con el año seleccionado, descargamos los datos con inclinaciones de 0 a 60 grados y escogemos la mejor inclinación y orientación de nuestros paneles.

### 6.2 Dimensionado del sistema FV

Mediante la herramienta de análisis y manejo de datos Excel prepararemos una hoja de cálculo con los siguientes datos en diferentes columnas:

- Datos de PVGIS:
  - Día y hora
  - Irradiancia global (W/m<sup>2</sup>)
  - Temperatura ambiente (°C)
  - Velocidad del viento (m/s)
- Datos a calcular en el modelo:
  - Temperatura de trabajo del módulo (°C)
  - Energía teórica producida por el generador (Wh)
  - Energía a la entrada del inversor (Wh)



- Energía a la salida del inversor (Wh)
- Energía en el punto de conexión (Wh)
- Datos de demanda:
  - Consumo horario (Wh)
- Datos calculados de balance energético:
  - Energía consumida directamente de FV (Wh)
  - Energía enviada a la red o excedentes (Wh)
  - Energía comprada a la red o déficit (Wh)

Para el dimensionado del sistema FV se realizará un balance energético para calcular los datos mencionados arriba. Luego mediante los parámetros de evaluación de autoconsumo y autosuficiencia calcularemos la potencia pico (kWp) y el almacenamiento (kWh) óptimos para nuestro sistema.

*Autoconsumo:* Es la relación entre la energía auto consumida respecto al total producido por el sistema FV en un periodo de tiempo. Lo que se puede aprovechar directamente del sistema FV para consumo propio, el resto se envía a la red

*Autosuficiencia:* Es la relación entre la energía auto consumida respecto al consumo total de la vivienda en un periodo de tiempo. Es el ahorro de energía en la factura eléctrica, el resto se debe comprar de la red.

### 6.3 Implementación del modelo y cálculos de rendimiento

Para el cálculo de la producción energética del sistema FV, se considerarán los siguientes parámetros fundamentales:

#### 6.3.1 Factores de pérdida y rendimiento

- *Performance Ratio (PR):* Indicador que mide la eficiencia global del sistema, considerando las pérdidas debido a temperatura, suciedad y conversiones eléctricas. Es decir, es el cociente entre la energía generada por el sistema y la que se produciría en condiciones ideales. Expresado como %.

$$PR = \frac{E_{AC}}{E_{Ideal}} \times 100 \quad [1]$$

$E_{AC}$ : Es la energía final generada en corriente alterna.

$E_{Ideal}$ : Es la energía incidente sobre los paneles solares.

- *Yield o productividad:* Relación entre la energía generada sobre la potencia nominal instalada. Sus unidades son kWh/kWp

$$YIELD = \frac{E_{AC}}{P_{Instalada}} \quad [2]$$

$P_{Instalada}$ : Potencia nominal del generador FV medida en condiciones estándar

Existe una manera más sencilla de calcular el PR a partir del YIELD la cual utilizaremos en nuestro estudio:



$$PR(\%) = \frac{YIELD}{Y_R} = \frac{YIELD}{G_{a,b}/1000} \times 100 \quad [3]$$

Donde  $Y_R$  es el YIELD de referencia y se define como el cociente de la radiación solar incidente en el plano del generador y la irradiancia en condiciones estándar (de media 1000 W/m<sup>2</sup>).

- *Rendimiento del generador ( $\eta_{gen}$ ):* Es la relación entre la energía generada a la salida del generador o entrada del inversor, y la energía solar recibida en el generador FV. Expresada en %

$$\eta_{gen} = \frac{E_{DC}}{E_{Solar}} \times 100 \quad [4]$$

- *Rendimiento del inversor ( $\eta_{inv}$ ):* Es la relación entre la energía a la salida del inversor  $E_{AC}$  y su energía a la entrada  $E_{DC}$ . Expresada en %

$$\eta_{inv} = \frac{E_{AC}}{E_{DC}} \times 100 \quad [5]$$

- *Rendimiento del sistema ( $\eta_{sistema}$ ):* Es la relación entre la energía de salida del inversor  $E_{AC}$  y la energía solar recibida por el sistema  $E_{solar}$ . Expresada en %

$$\eta_{sistema} = \frac{E_{AC}}{E_{Solar}} \times 100 \quad [6]$$

## 7. Modelado inicial. “Caso 0”

Para este primer modelo, llamado “Caso 0”, calcularemos la energía eléctrica que nos puede suministrar una instalación de paneles solares con potencia pico de 100 kWh, sin demanda específica, conectado a la red y sin baterías. Valoraremos su amortización únicamente teniendo en cuenta el precio del kWh como excedente a la red eléctrica. Es decir, todo lo que se produce se envía a la red eléctrica a precio de excedentes. Este caso solo se analizará como prueba inicial de nuestro proyecto y nos servirá para plantear los datos, cálculos iniciales y determinar su posible implementación para el resto del proyecto.

### 7.1 Ubicación, inclinación, orientación e irradiación

En este punto realizaremos los cálculos mediante el procesador de datos de Excel para encontrar la mejor inclinación y orientación de los paneles solares. Para esta labor se escogió una ubicación en la comunidad autónoma de Valencia, provincia de Castellón, municipio de Onda, donde se encuentra un estacionamiento público que cumple con las condiciones necesarias para el proyecto, como poca o nula sombra, fácil acceso y buena radiación solar.

Latitud: 39.970  
Longitud: -258



Elevación (m): 175  
Radiación database: PVGIS  
Área total: 553 m<sup>2</sup>  
Plazas: 48

Para tener un análisis lo más preciso posible, se descargan los datos de los últimos 10 años de radiación solar en las coordenadas escogidas, calculamos la media y escogemos el año que más se aproxime a esta media, con el año seleccionado, descargamos los datos con inclinaciones de 0 a 60 grados y podemos interpretar que la inclinación óptima es de 30° con orientación sur.

Habiendo seleccionado la inclinación (30°) y la orientación (sur), tomamos los datos del año que más se acerca a la media extraída de los últimos 10 años y descargamos la información por horas para ese año, de la base de datos de PVGIS (7) con la inclinación mencionada. Estos datos nos servirán de base para realizar todos los cálculos y diseño de nuestro proyecto.



Figura 1, Ubicación geográfica proyecto. Tomado Google maps

## 7.2 Componentes

Para la selección de los componentes, se realizó un análisis y búsqueda de varias marcas y modelos del mercado, tratando de encontrar la mejor eficiencia y relación costo - beneficio.



- *Paneles solares:* Por eficiencia, tamaño y potencia pico, seleccionamos el panel solar de 500W Deep Blue 3.0 JA Solar con células monocristalinas tipo PERC.

Electrical parameters AT STC	JAM66S30-500/MR
Rated maximum power (Pmax) [W]	500
Open circuit voltage (Voc) [V]	45.59
Maximum power voltage (Vmp) [V]	38.35
Short circuit current (Isc) [A]	13.93
Maximum power current (Imp) [A]	13.04
Module Efficiency [%]	21.1
Power tolerance	0~+5W
Temperature Coefficient of Isc ( $\alpha_{Isc}$ )	0.045% °C
Temperature Coefficient of Voc ( $\beta_{Voc}$ )	-0.275%/°C
Temperature Coefficient of Pmax ( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.350%/°C
STC	Irradiance 1000W/m2, cell temperature 25°C, AM 1.5G

Tabla 1, Parámetros eléctricos panel solar. Tomados de la ficha técnica del fabricante (8). Anexo 1

- *Inversor:* Para este componente escogimos el inversor trifásico de capacidad de 50 kWh de marca Fronius Tauro 50-3-D fabricado en Austria por eficiencia y rendimiento.

	Datos técnicos	Tauro 50-3-D
<b>Entrada</b>	Número de seguidores MPP	3
	Máxima corriente de entrada (Idc máx) [A]	134
	Máx. corriente de entrada por serie fotovoltaica opción 20 A (Idc máx, string) [A]	14.5
	Máx. corriente de entrada por serie fotovoltaica opción 30 A (Idc máx, string) [A]	22
	Máxima corriente de cortocircuito (Isc máx, inversor) [A]	240
	Rango de tensión de entrada CC (Udc mín - Udc máx) [V]	200 - 1000
	Tensión de puesta en servicio (Udc arranque) [V]	200
	Rango de tensión MPP (Umpp mín - Umpp máx) [V]	400 - 870
	Máxima potencia del generador FV (Pdc máx) [kWp]	75
<b>Salida</b>	Potencia nominal CA (Pac,r) [W]	50000
	Máxima corriente de salida [VA]	50000
	Corriente de salida CA (Iac máx) [A]	76

	Acoplamiento a la red (Uac,r) [V]	3~ NPE 400/230; 3~ NPE 380/220
	Frecuencia (rango de frecuencia fmín - fmáx) [Hz]	50 / 60 (45 - 65)
	Factor de potencia (cos φac,r)	0 - 1 ind. / cap.
<b>Rendimiento</b>	Máx. Rendimiento [%]	98.5
	Rendimiento europeo (ηEU) [%]	98.2
	Rendimiento de adaptación MPP [%]	>99.9

Tabla 2, Datos técnicos inversor. Tomados de la ficha técnica del fabricante (9). Anexo 2

- *Otros componentes:* Cableado, Medidor bidireccional, estructura paneles
- *Incluidos en el inversor:* Descargador, protecciones, diferencial, interruptores, fusibles y portafusibles.

### 7.3 Diagrama e ilustración de sistema de generación FV "Caso 0":

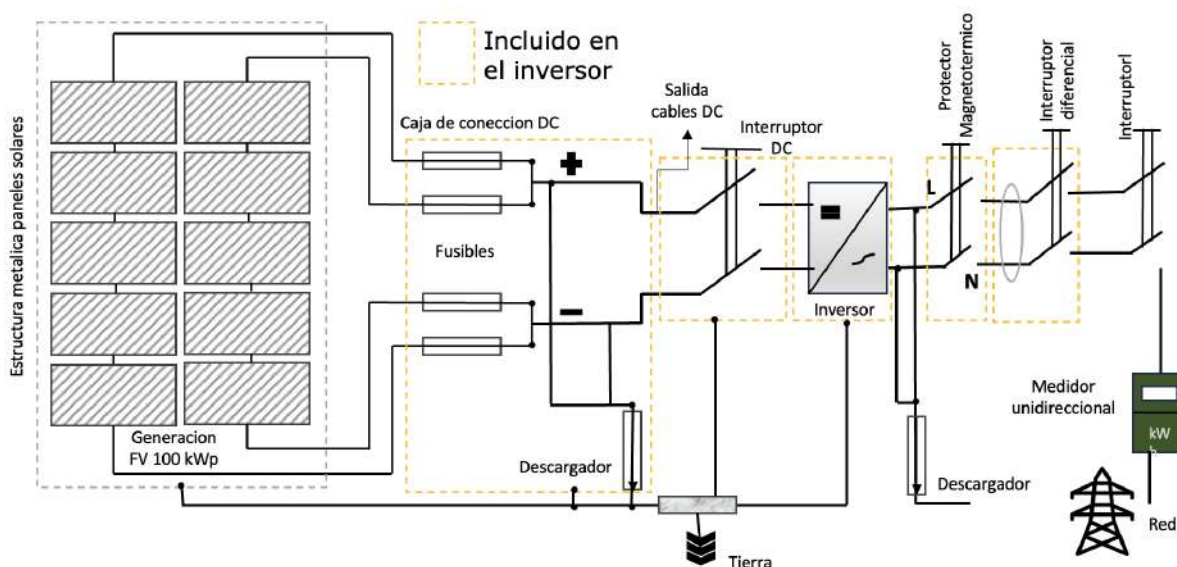


Figura 2, Diagrama unifilar "Caso 0"

En la figura 2 podemos apreciar el diagrama unifilar del modelo llamado "Caso 0", el cual solo utilizaremos como inicio para ir analizando todos los parámetros necesarios en la modelación y cálculo de nuestro sistema. Como podemos ver en este diagrama no contamos con consumo eléctrico y todo lo generado se vende a la red eléctrica. En la figura 3, vemos la ilustración gráfica de nuestro modelo "Caso 0" para un mejor entendimiento del sistema.



Figura 3, Ilustración "Caso 0"

#### 7.4 Dimensiones & Costos

Para iniciar con el modelo, como ya lo mencionamos, nos planteamos la generación pico de 100 kWh, por lo que necesitaremos 200 módulos de generación FV y dos inversores de los descritos arriba:

- Paneles solares:

Valor: 131,81€ X 200 = 26.232 €  
 Dimensiones: 2,3 m<sup>2</sup> X 200 = 460 m<sup>2</sup>

- Inversores:

Valor: 6.649,49€ X 2 = 11.293 €  
 Dimensiones: 755 × 1109 × 346 mm X 2

Área total del aparcamiento: = 553 m<sup>2</sup>

Para los costos del proyecto nos basaremos en el informe de la fundación renovables de 2024 (12) en el que estipula un costo aproximado de 2.300 €/kWp para la generación FV. Incluyendo marquesinas y cimentación en un aparcamiento para recarga de vehículos.

#### 7.5 Datos y cálculos iniciales "Caso 0"

Localidad	Datos
Latitude (decimal degrees):	39.970
Longitude (decimal degrees):	-258
Elevation (m):	175
Radiation database:	PVGIS-SARAH
Potencia pico generador (Wp)	100.000
Potencia pico del inversor (W)	100.000



Área del módulo (m2)	2.3
Área del total (m2)	460
Potencia módulo (Wp)	500
Eficiencia modulo	21,7%

Tabla 3, Datos de la instalación FV

Coeficientes de los modelos		Factores de pérdidas	Valor estimado	Factor
Gamma	-0.00350	Reflectancia angular y espectrales	0.03	0.97
m	-3.48	Cableado en CC	0.03	0.97
n	-0.115	Dispersión de parámetros en el generador	0.02	0.98
b0	0.01	Polvo y/o suciedad en los módulos	0.03	0.97
b1	0.002	Errores en el seguimiento del PMP	0.02	0.98
b2	0.02	Pérdidas en continua	0.12	0.88
		Pérdidas en alterna	0.01	0.99

Tabla 4, coeficientes y pérdidas de modelo

En la tabla 4 podemos apreciar los coeficientes de los modelos y factores de pérdidas para paneles monocristalinos medidos en el laboratorio de la Universidad de Málaga de manera experimental.

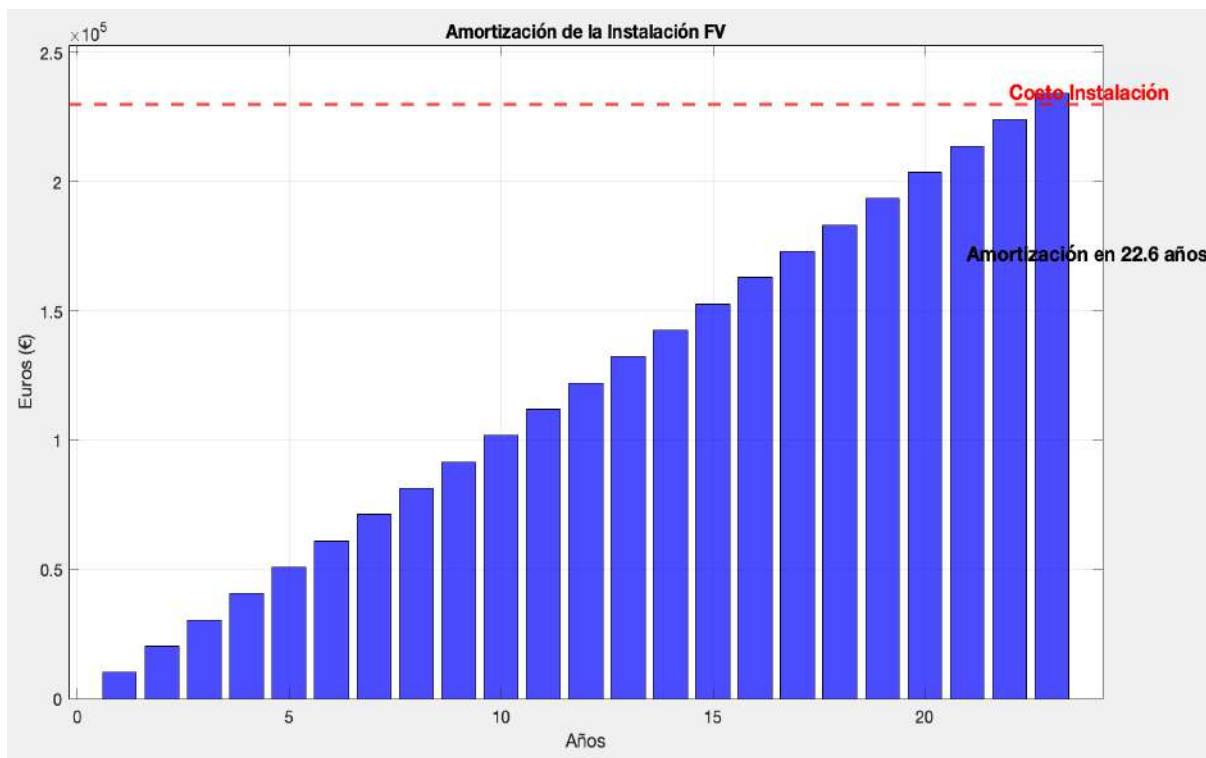


Figura 4, gráfica de amortización "Caso 0". Elaboración propia

Con los datos analizados y con la irradiación solar seleccionada nuestro modelo nos entrega una media de 465,3 kWh por día, 169.820 kWh al año, si lo vendiéramos a la red eléctrica al precio de excedentes: 0,06 € = 10.189 €. Teniendo el costo total aproximado de instalación con pérgolas, marquesinas, cimentación y todos los componentes de producción de energía FV para 100 kWh



en 230.000 € (12). Con este cálculo simple y aproximado del costo de instalación y vendiendo la energía FV producida solo a precio de excedente, vemos que el proyecto se amortizará en 22.5 años como se observa en la figura 4.

## 8. Integración del modelo al "Caso 1"

Para continuar con el análisis y poder calcular la viabilidad y amortización del proyecto debemos plantear un consumo de energía eléctrica (demanda), para lo cual utilizaremos un caso práctico llamado "Caso 1". En este caso analizaremos el sistema FV con consumo eléctrico, sin batería y conectado a la red con venta de excedentes. Calcularemos la potencia pico necesaria para la demanda planteada de acuerdo a lo siguiente:

Plantaremos una flota de 24 vehículos marca Tesla Model 3, con lo que estaremos cargando un vehículo cada hora del día para tener el cargador siempre ocupado. Los vehículos operarán en el servicio de VTC (Vehículo de transporte con conductor) y tendrán turnos de 7 horas más una hora de carga. Recorrido estimado por turno 100 a 120 km, consumo estimado por turno 14 a 20 kWh. Con esto estamos estimando que los vehículos regresarán a cargar entre un 65% y 70% de SOC. De acuerdo con lo anterior, realizamos algunas pruebas con vehículos para comprobar el tiempo de carga y la cantidad de kWh suministrados.

Flota de vehículos: 24  
Marca vehículos: Tesla Model 3  
Capacidad de batería: 55 kWh  
Consumo WLTP: 13.7 kWh/100km

### 8.1 Componentes adicionales para el "Caso 1"

Para este caso ("Caso 1"), tendremos en cuenta los datos ya suministrados en el "Caso 0" y adicionamos el consumo de los cargadores eléctricos para la flota de vehículos mencionada arriba.

#### 8.1.1 Cargadores para vehículos eléctricos

Para los cargadores hemos elegido la marca "STAR CHARGE" por su reconocida eficiencia y prestaciones. Seleccionamos el cargador en DC de 30 kWh. Costo cargador: 6.000 €, que incluye instalación y mantenimiento anual.

Venus DC 30 kWh	Parameters
Input Rating	400Vac±10%, 3 phases, 50/60Hz, L1+L2+L3+N+PE
Input Current Rating	AC 50A
Power Factor	≥0.98 @ Full Load
Efficiency	95%

Tabla 5, datos técnicos del cargador. Tomados de la ficha técnica del fabricante (11). Anexo 3

### 8.2 Diagrama e ilustración de sistema de generación FV "Caso 1":

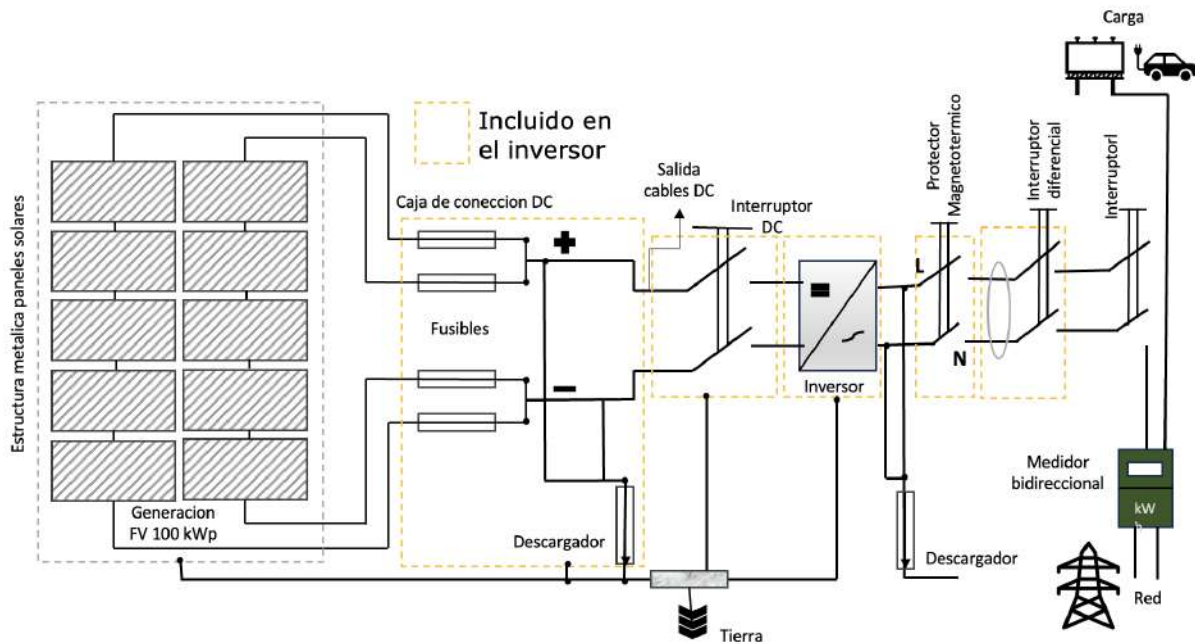


Figura 5, Diagrama unifilar "Caso 1"

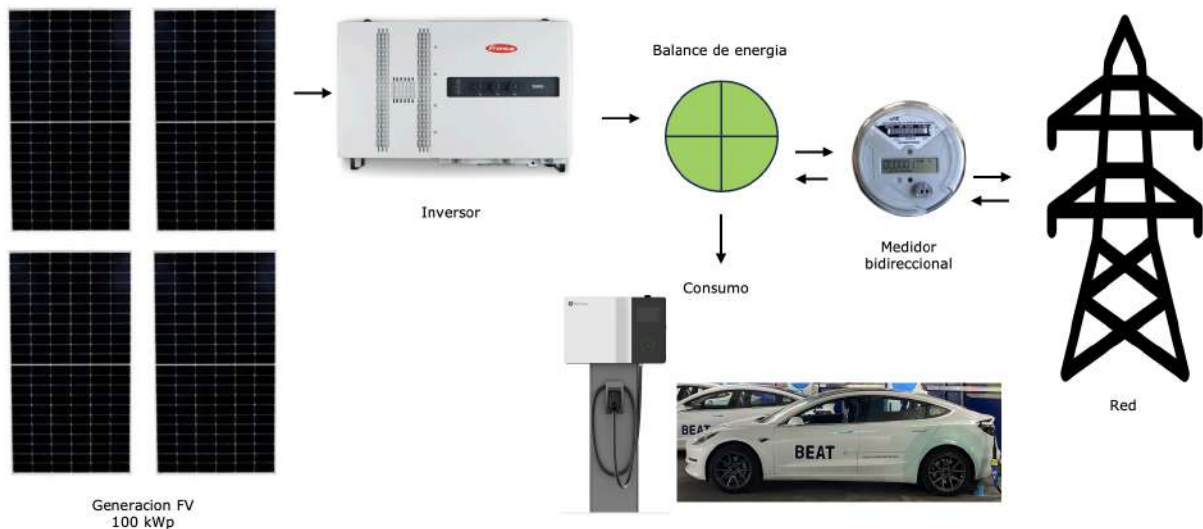


Figura 6, Ilustración "Caso 1"

### 8.3 Pruebas de carga en vehículo eléctrico Tesla Model 3

En este punto realizamos test de carga en los vehículos planteados para la flota, donde utilizamos cargadores de 30 kWh para comprobar los tiempos y curvas de carga en varios vehículos de la misma marca. Con esto pudimos determinar la posible demanda de consumo horario que tendremos en nuestro modelo ("Caso 1") para determinar la potencia pico FV necesaria a instalar para satisfacer dicha demanda.

En las figuras 7 y 8 se pueden observar algunos registros fotograficos de las pruebas de carga realizadas a los vehículos.



Figura 7, Tesla Model 3 conectado a cargador eléctrico. Imagen propia



Figura 8, Tesla Model 3 conectado a cargador eléctrico. Imagen propia



Las pruebas de carga se realizaron en Ciudad de México, con cargador de 30 kWh.

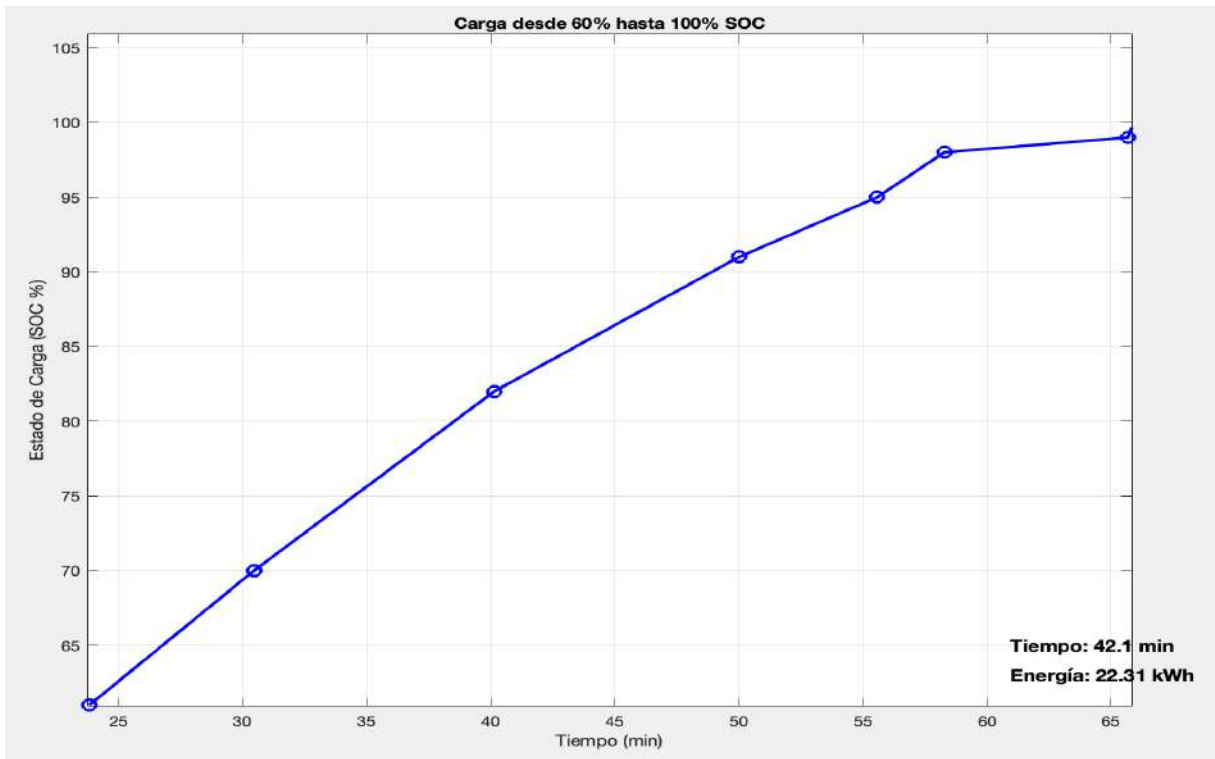


Figura 9, Gráfica del aumento del estado de carga contra el tiempo. Elaboración propia

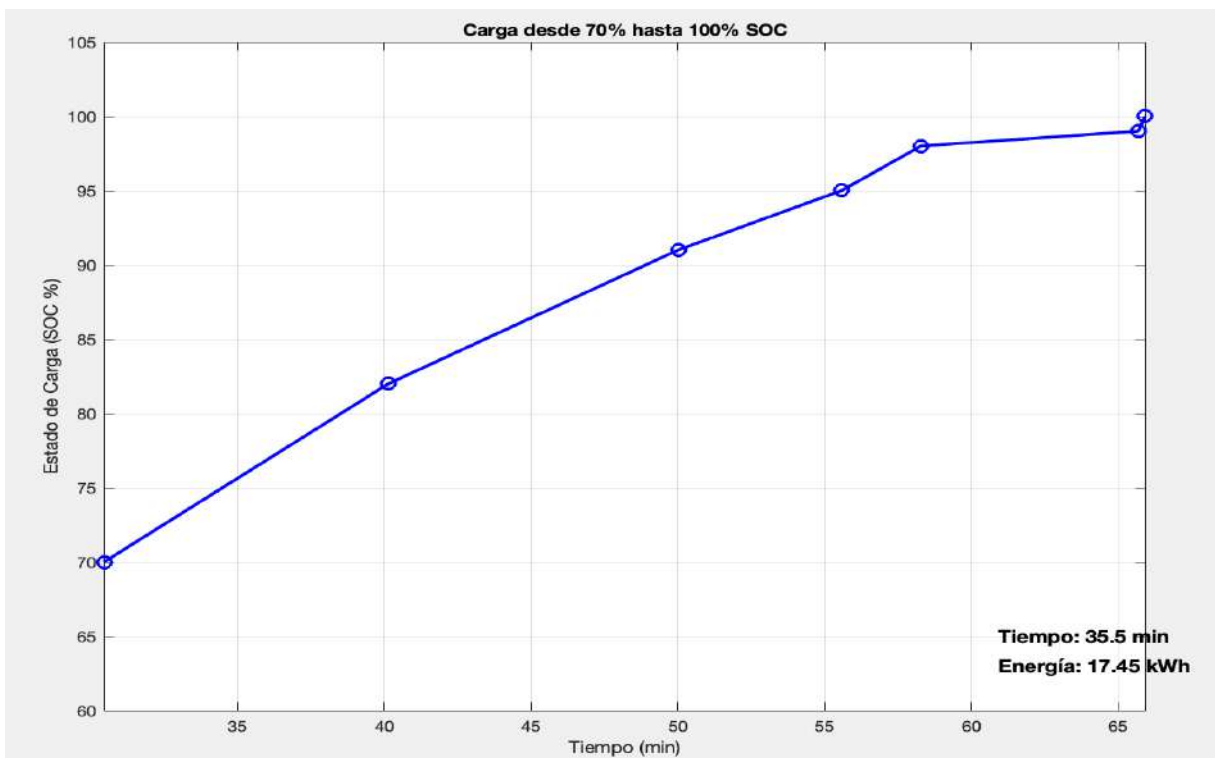


Figura 10, Gráfica del aumento del estado de carga contra el tiempo. Elaboración propia



En las figuras 9 y 10 se analizaron dos gráficos para identificar el consumo eléctrico del cargador por cada hora de carga partiendo desde un SOC de 60% y otro de 70%, con esto estimamos un consumo del cargador de 20 kWh por hora. De acuerdo a la ficha técnica del fabricante y diversas pruebas realizadas a este tipo de vehículo se determina un consumo entre un 30 y 40 % de SOC para un rango de 100 a 120 km de recorrido, Esto dependerá en gran medida del tipo de recorridos, subidas, bajadas, practicas de conduccion, estado del tráfico entre otros.

#### 8.4 Cálculos de potencia pico óptima

Para encontrar la potencia pico óptima a instalar, utilizamos la herramienta de análisis de datos Excel. Mediante los datos de irradiación solar descargados [6] para la zona estudiada y teniendo en cuenta los factores de pérdidas y los coeficientes del modelo descritos en las tablas 6 y 7, iniciamos con los cálculos de producción FV sin batería del "Caso 1".

Para calcular la capacidad de potencia FV pico, simularemos varios escenarios de producción FV para encontrar el balance óptimo de autoconsumo y autosuficiencia. Para el cálculo del autoconsumo y autosuficiencia del sistema utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$\text{Autoconsumo} = \frac{\text{Consumo desde FV}}{\text{Produccion total FV}} \times 100 \quad [7]$$

$$\text{Autosuficiencia} = \frac{\text{Consumo desde FV}}{\text{Consumo total}} \times 100 \quad [8]$$

Por ejemplo, para un sistema FV instalado de 100 kWp tenemos:

$$\text{Autoconsumo} = \frac{73.411 \text{ kWh}}{169.820 \text{ kWh}} \times 100 = 43\%$$

$$\text{Autosuficiencia} = \frac{73.411 \text{ kWh}}{175.200 \text{ kWh}} \times 100 = 42\%$$

Con base al consumo planteado del cargador de vehículos eléctricos, variando la potencia pico instalada, en la simulación encontramos:

<b>KWp instalados</b>	<b>Autoconsumo (%)</b>	<b>Autosuficiencia (%)</b>
10 kWp	100.0	9.7
20 kWp	100.0	19.4
30 kWp	99.3	28.9
40 kWp	88.1	34.2
50 kWp	76.1	36.9
60 kWp	66.2	38.5
70 kWp	58.5	39.7
80 kWp	52.5	40.7



90 kWp	47.5	41.4
100 kWp	43.2	41.9

Tabla 6, datos de acuerdo con la simulación de variación de potencia pico instalada

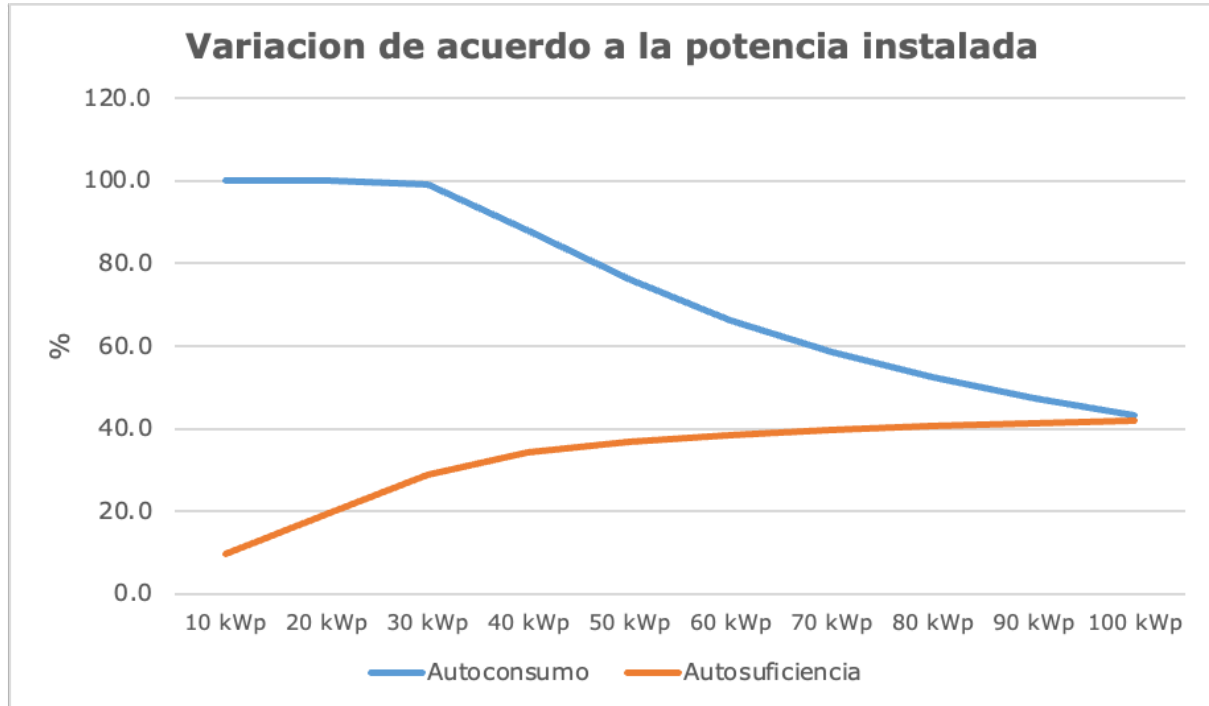


Figura 11, Variación de autosuficiencia y autoconsumo según la potencia FV instalada

En la tabla 6 encontramos los datos de la simulación realizada en la herramienta de análisis de datos Excel, para unas potencias pico instaladas desde 10 kWp hasta 100 kWp. Como es lógico, al tener menor potencia FV instalada el porcentaje de autoconsumo se incrementa notablemente hasta un 100%, y la autosuficiencia se reduce, mientras que si aumentamos la potencia FV la autosuficiencia incrementa y se reduce el autoconsumo. Lo ideal es encontrar un balance entre autosuficiencia y autoconsumo.

En la figura 11, graficamos los datos obtenidos en la tabla 6 y podemos observar cómo se van acercando las líneas de autoconsumo y autosuficiencia, indicándonos el punto óptimo de instalación FV cercano a los 100 kWp donde se unen las curvas de acuerdo a los datos analizados.

Planteados los cálculos para los 100 kWp y basados en la metodología propuesta, tenemos:

Energía Recibida (kWh/m2)	Energía generador FV (kWh)	Energía Inversor DC (kWh)	Energía Inversor AC (kWh)	Energía producida (kWh)
5.8	555.7	487.1	469.9	465.6

Tabla 7, Valores medios diarios anuales de generación FV, "Caso 1"



Rendimiento Generador (%)	Rendimiento Inversor (%)	Rendimiento Sistema (%)	YIELD (kWh/kWp)	PR (%)
20.5	96.5	17.2	4.7	81.2

Tabla 8, rendimientos del modelo. Media anual

En la tabla 8 podemos observar los resultados de acuerdo a los cálculos realizados con las ecuaciones [1, 2, 3, 4, 5 y 6] descritas en la metodología. Al tener un PR (Performance Ratio) por encima del 80%, podemos afirmar que nuestro sistema opera con pérdidas bajas y aprovecha muy bien la radiación solar obtenida. En cuanto al YIELD generado, podemos decir que es bueno ya que nuestro sistema genera en promedio 4.7 kWh por cada kWp instalado, esto nos indica que el sistema está bien diseñado y aprovecha eficientemente la radiación solar recibida.

### 8.5 Balance energético del modelo

En base en el consumo planteado para el cargador eléctrico realizamos el balance energético obteniendo:

Consumo Total (kWh)	Consumo FV (kWh)	Envía red (kWh)	Comprado red (kWh)	Autoconsumo (%)	Autosuficiencia (%)
480.0	201.1	264.1	278.9	43.3	41.9

Tabla 9, balance energético medio diario del modelo

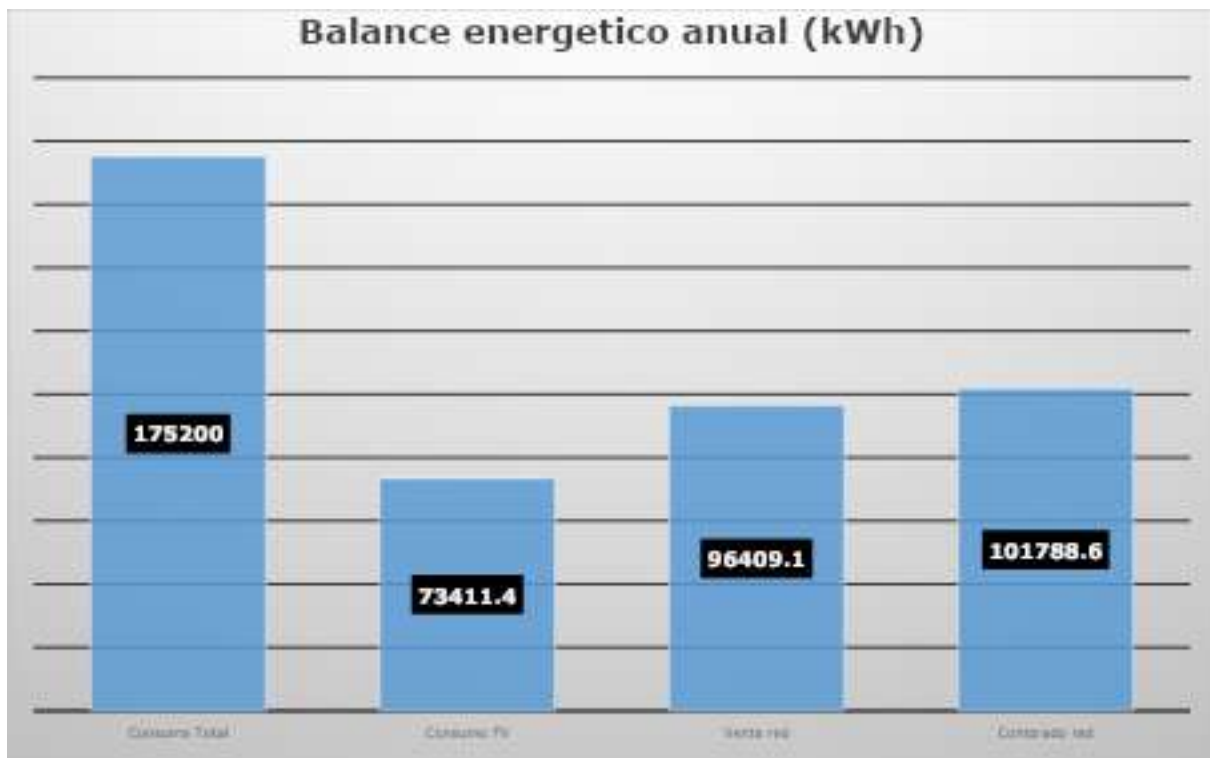


Figura 12, gráfica de balance energético anual. Elaboración propia

Según los valores tomados de la página web de la Red Eléctrica de España ESIOS (13), tenemos:

Valor energía comprada de la red eléctrica: 0.16 € / kWh



Valor energía vendida a la red eléctrica:

0.06 € / kWh

	kWh	Euros	Ahorro anual con FV (euros)
<b>Consumo Total</b>	175,200	28,032 €	17,530 €
<b>Consumo FV</b>	73,411.4		
<b>Venta red</b>	96,409.1	5,784.5 €	
<b>Comprado red</b>	101,788.6	16,286.2 €	

Tabla 10, datos de balance energético anual y económico del modelo

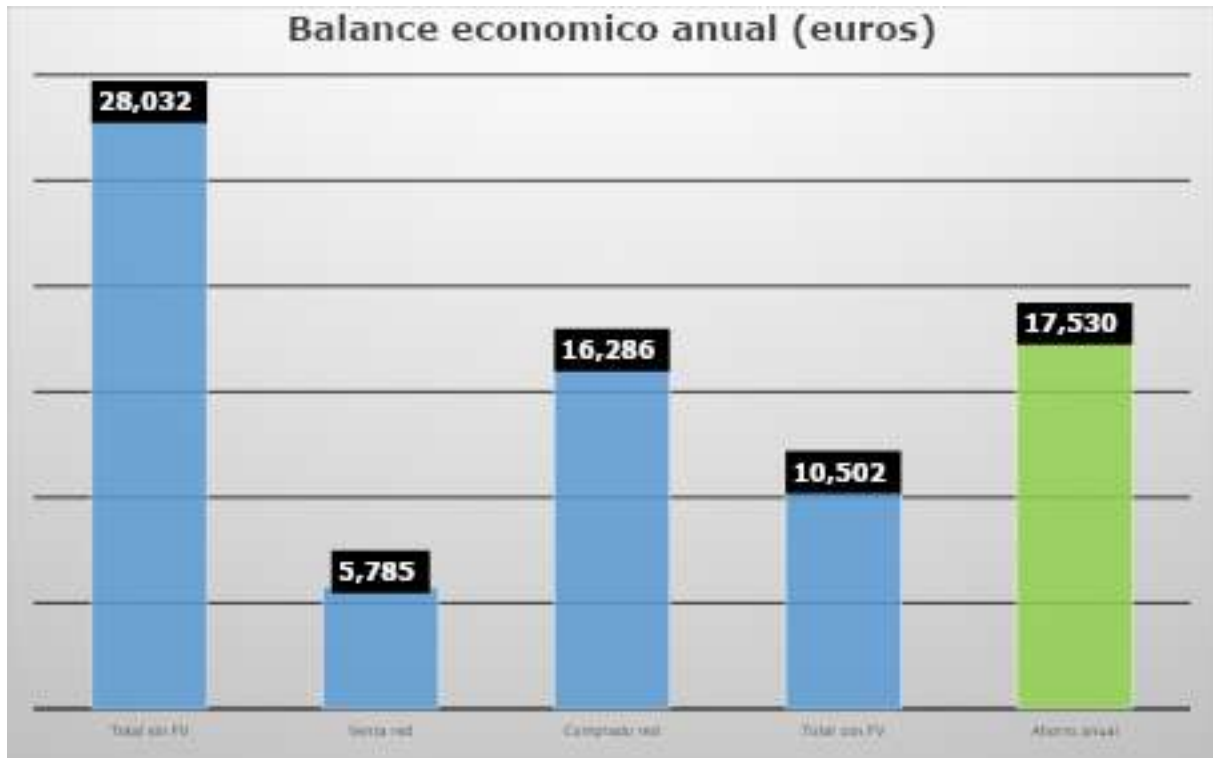


Figura 13, gráfica de balance económico anual. elaboración propia

En la figura 13 podemos observar un ahorro bastante significativo en costos de energía proveniente de la red, ya que al tener generación FV propia de alto pico, estamos produciendo una cantidad importante de energía para el consumo.

Costo total aproximado de instalación con pérgolas, marquesinas, cimentación y todos los componentes de producción de energía FV para 100 kWh (12) y un cargador eléctrico para EV de 30 kWh instalado = 236.000 €. Adicional debemos tener en cuenta el costo de mantenimiento anual de todo el sistema FV y el cargador instalado, el cual asumimos en 400 € anuales de acuerdo con el mismo informe de la Fundación Renovables (12). Con este cálculo simple y aproximado del costo de instalación, podemos observar (figura 14) que el proyecto es viable y se amortizará en 14 años.

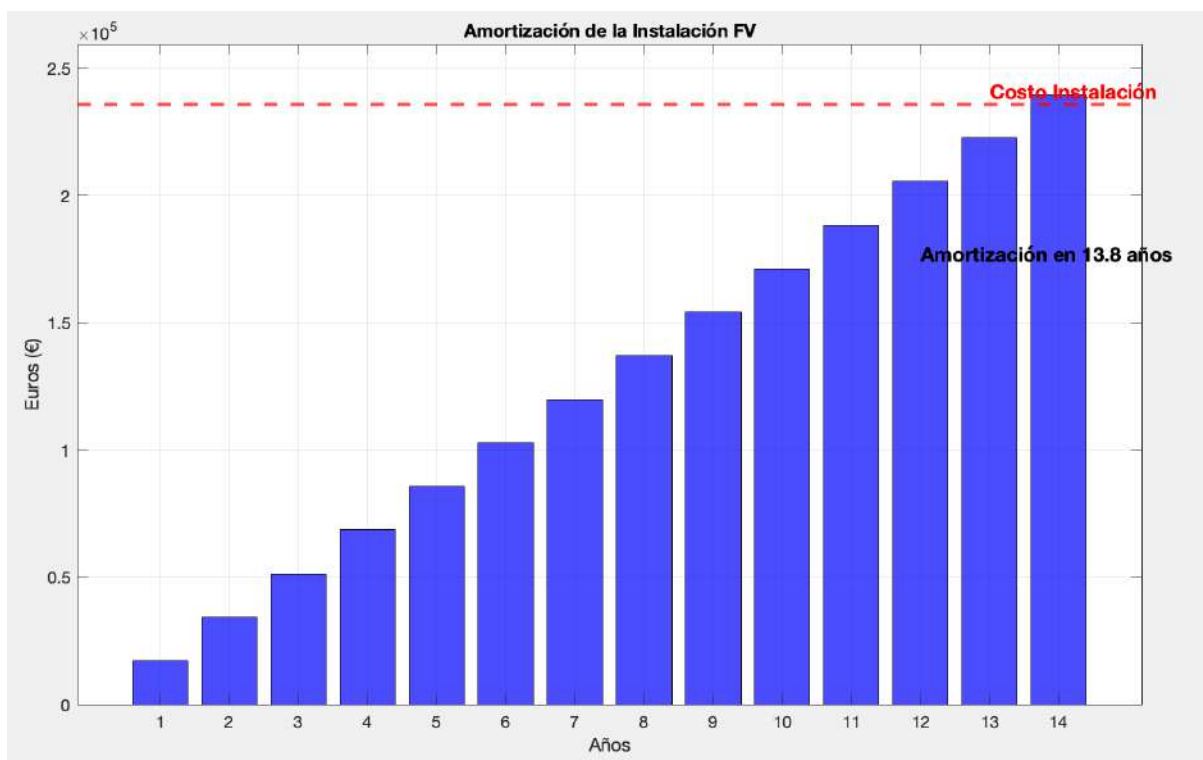


Figura 14, gráfica de amortización modelo 2. Elaboración propia

Con los cálculos y simulaciones realizadas mediante modelos matemáticos en la herramienta de datos Excel y el programa Matlab, podemos analizar que el modelo es viable para su instalación y comercialización (Figura 14). Sin embargo, en el balance energético (Figura 12) podemos ver que la mayor parte de la energía producida se va para venta a la red (a un bajo costo), por lo que nos sería bastante conveniente analizar y calcular el almacenamiento mediante baterías, el cual planteamos en el siguiente caso.

## 9. Integración del modelo al “Caso 2”

Partiendo de los datos analizados en los casos anteriores (0 y 1), ahora adicionamos el almacenamiento al modelo, calculando la capacidad óptima de almacenaje de energía (baterías) para tener el mejor balance entre autoconsumo y autosuficiencia. El caso 2 es un modelo de generación FV con autoconsumo, batería y conectado a red con venta de excedentes

### 9.1 Componentes adicionales “Caso 2”

#### 9.1.1 Almacenamiento (batería)

Para el almacenamiento, tenemos una batería de Ion-Litio de la marca china “JM POWER”, experta en la fabricación de baterías de almacenamiento de gran capacidad. La seleccionada es la batería 200 kWh Battery storage, con capacidad de almacenaje de 200 kWh. 8 años de garantía y más de 6.000 ciclos de vida.

Basic Technical Parameters	
Cell Chemistry	LiFePO4
Module Energy	5.12 kWh
Module Nominal Voltage	51.2V
Module Capacity	100Ah
Battery Module Qty	10*4
System Energy	204.8kWh
System Nominal Voltage	512V
Operating Voltage Range	456V~576V
Charge/Discharge Efficiency	Max.0.5C
Depth of Discharge	100%

Tabla 11, datos técnicos batería. Tomados de la ficha técnica del fabricante (10). Anexo 4

Costo de la batería: 25.000 €, incluyendo un costo aproximado de traslado a España, impuestos y aranceles.

Para poder calcular la amortización con el almacenamiento de energía incluido, debemos tomar nuevamente el consumo y el costo de la instalación de los cargadores para vehículos eléctricos.

### 9.2 Ilustración de sistema de generación FV "Caso 2":

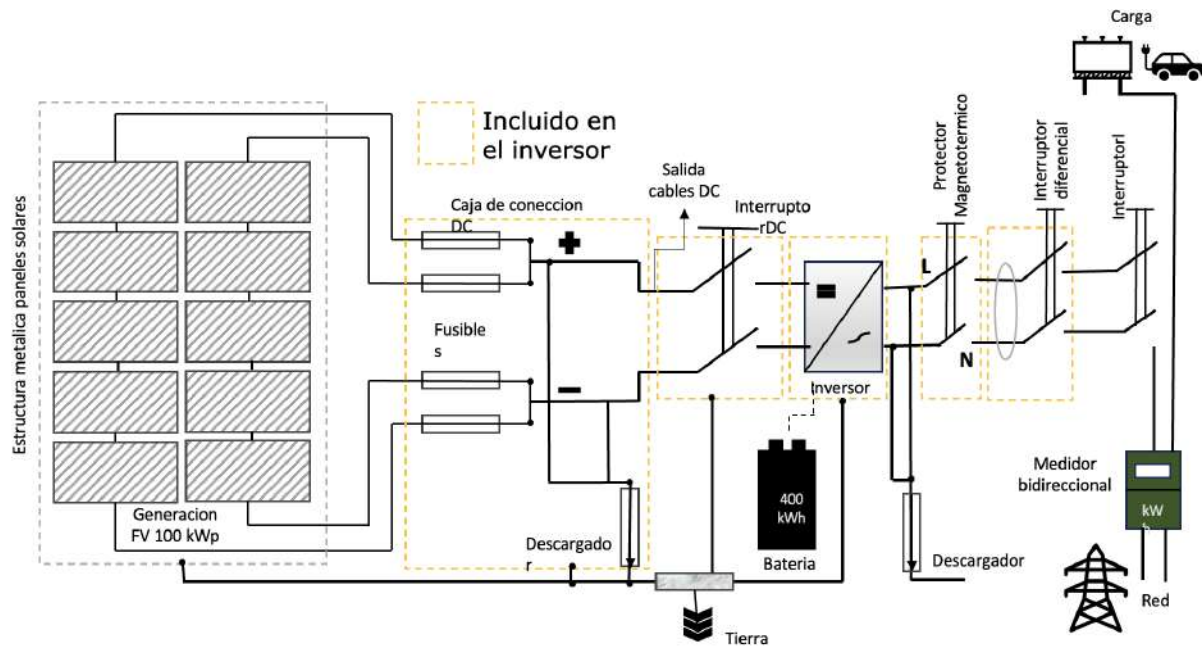


Figura 15, Diagrama unifilar "Caso 2"

En la figura 15 podemos observar el diagrama unifilar del modelo final llamado "Caso 2", donde se evidencia la inclusión del almacenamiento de energía al modelo para optimizar aún más el sistema. En la figura 16 vemos la ilustración del mismo modelo de una manera más gráfica.

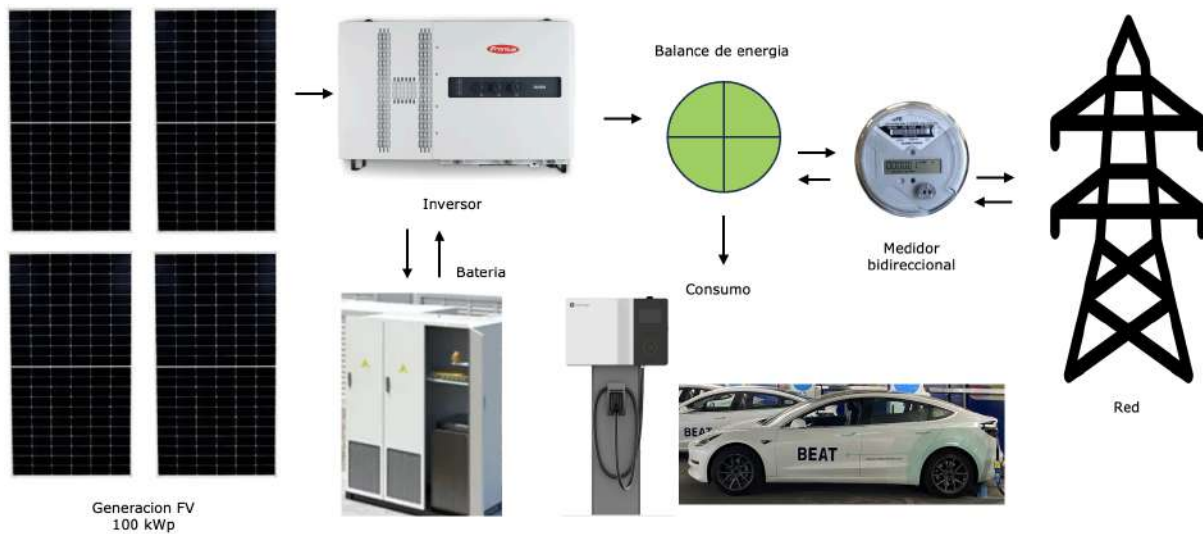


Figura 16, Ilustración "Caso 2"

### 9.3 Cálculo de almacenamiento de energía para el modelo

Para calcular la capacidad óptima de almacenamiento de energía, realizaremos los cálculos mediante la herramienta de datos Excel y simularemos nuevamente varios escenarios de baterías y producción FV para encontrar el balance óptimo entre autoconsumo y autosuficiencia. Para el cálculo del autoconsumo y autosuficiencia del sistema con almacenamiento incluido, utilizaremos las siguientes fórmulas: (En los cálculos omitimos el rendimiento carga - descarga de la batería)

$$\text{Autoconsumo} = \frac{\text{Consumo desde FV} + \text{Consumo desde batería}}{\text{Producción total FV}} \times 100 \quad [9]$$

$$\text{Autosuficiencia} = \frac{\text{Consumo desde FV} + \text{Consumo desde batería}}{\text{Consumo total}} \times 100 \quad [10]$$

Para un pico del sistema FV instalado de 100 kWp con batería de almacenamiento de 400 kWh tenemos:

$$\text{Autoconsumo} = \frac{73.411 \text{ kWh} + 89.574 \text{ kWh}}{169.820 \text{ kWh}} \times 100 = 96\%$$

$$\text{Autosuficiencia} = \frac{73.411 \text{ kWh} + 89.574 \text{ kWh}}{175.200 \text{ kWh}} \times 100 = 93\%$$

Según los datos analizados para la zona estudiada tenemos:

PP/CB	Autoconsumo (%)										
	0	100 kWh	200 kWh	300 kWh	400 kWh	500 kWh	600 kWh	700 kWh	800 kWh	900 kWh	1000 kWh
<b>10kWp</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>20kWp</b>	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>30kWp</b>	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>40kWp</b>	88.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



<b>50kWp</b>	76.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>60kWp</b>	66.2	93.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>70kWp</b>	58.5	83	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>80kWp</b>	52.5	74.1	93.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>90kWp</b>	47.5	66.6	85.4	98.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>100kWp</b>	43.2	60.5	77.6	92.5	96	96.1	96.2	96.3	96.4	96.5	96.6

Tabla 12, tabla de Autoconsumo con simulación de energía FV y almacenamiento

PP/CB	Autosuficiencia (%)										
	0	100 kWh	200 kWh	300 kWh	400 kWh	500 kWh	600 kWh	700 kWh	800 kWh	900 kWh	1000 kWh
<b>10kWp</b>	9.7	9.7	9.8	9.8	9.9	9.9	10	10	10.1	10.1	10.1
<b>20kWp</b>	19.4	19.4	19.5	19.5	19.6	19.6	19.7	19.7	19.8	19.8	19.8
<b>30kWp</b>	28.9	29.2	29.2	29.2	29.3	29.3	29.4	29.4	29.4	29.5	29.5
<b>40kWp</b>	34.2	38.8	38.9	38.9	39	39	39	39.1	39.1	39.2	39.2
<b>50kWp</b>	36.9	48.5	48.6	48.6	48.6	48.7	48.7	48.8	48.8	48.9	48.9
<b>60kWp</b>	38.5	54.3	58.2	58.3	58.3	58.4	58.4	58.5	58.5	58.6	58.6
<b>70kWp</b>	39.7	56.3	67.5	68	68	68.1	68.1	68.2	68.2	68.3	68.3
<b>80kWp</b>	40.7	57.4	72.4	77.7	77.7	77.8	77.8	77.9	77.9	78	78
<b>90kWp</b>	41.4	58.1	74.5	85.8	87.4	87.4	87.5	87.5	87.6	87.6	87.7
<b>100kWp</b>	41.9	58.6	75.3	89.7	93	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5	93.6

Tabla 13, tabla de Autosuficiencia con simulación de energía FV y almacenamiento

En las tablas 12 y 13, tenemos los datos obtenidos mediante las ecuaciones [9 y 10] para la simulación en cada escenario de potencia pico y capacidad de batería.

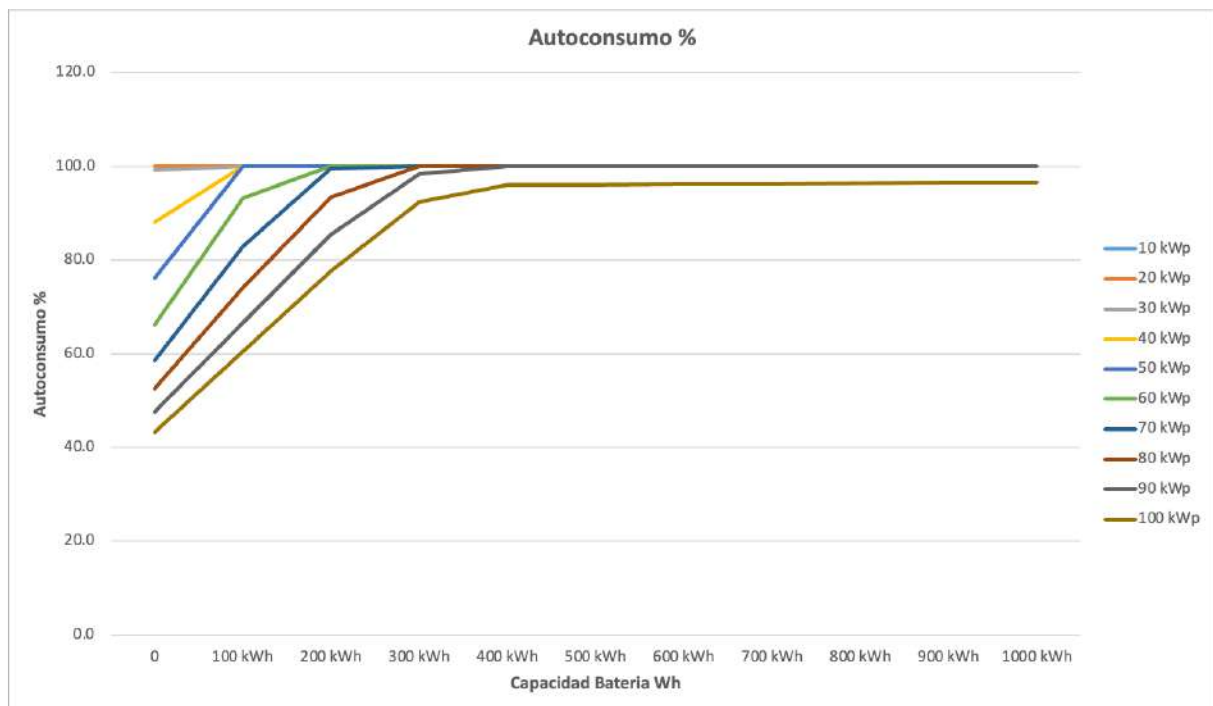


Figura 17, gráfica Autoconsumo simulando varios escenarios

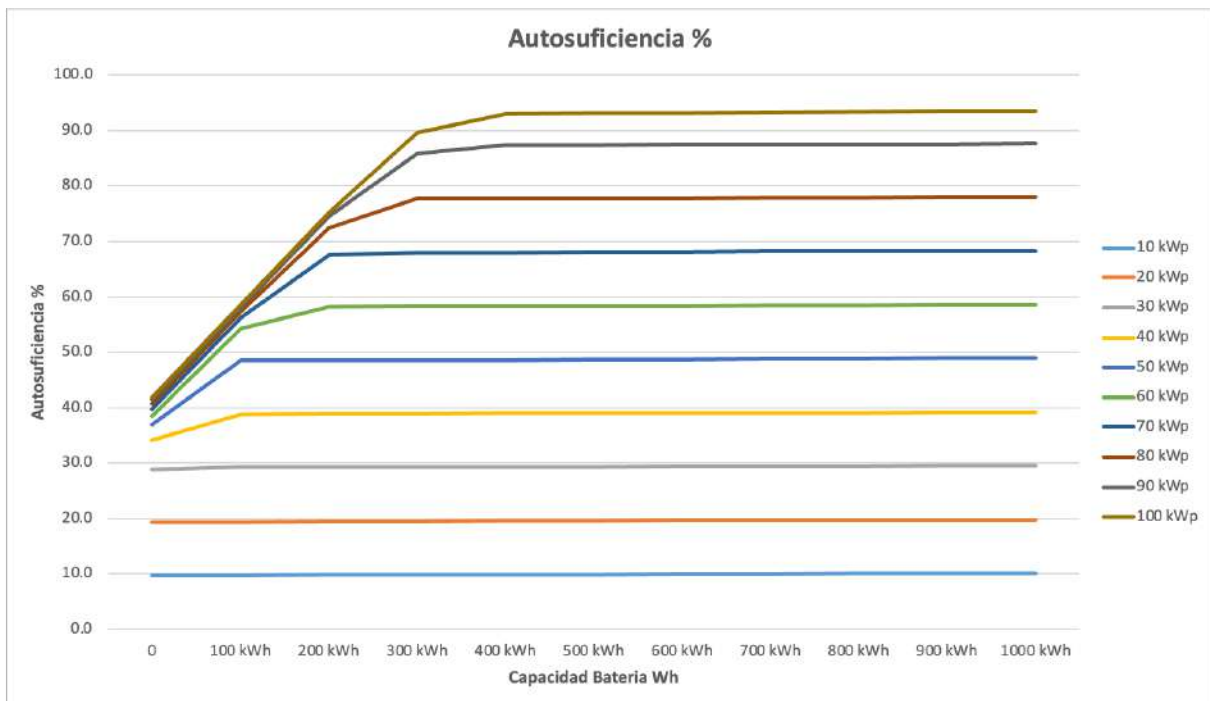


Figura 18, gráfica Autosuficiencia simulando varios escenarios

Con base en los datos obtenidos en la simulación, procedemos a graficarlos y observamos en la figura 17 el comportamiento con los diferentes escenarios planteados para medir el autoconsumo del modelo, de acuerdo con la gráfica podemos analizar que sobre los 400 kWh de capacidad de almacenamiento el autoconsumo tiende a ser el mismo. En ese punto tenemos 96% de autoconsumo. En la figura 18 vemos, como es lógico, que al aumentar la potencia pico de producción FV el porcentaje de autosuficiencia va incrementando y también podemos observar cómo alrededor de los 400 kWh de almacenamiento no se genera mayor incremento en el porcentaje.

De acuerdo con las simulaciones realizadas, los datos analizados y los resultados obtenidos, podemos concluir que, para nuestra demanda de energía eléctrica, el modelo óptimo está en 100 kWp y un almacenamiento de energía de 400 kWh.

#### 9.4 Retorno de inversión y amortización del modelo "Caso 2"

Para el modelo del "caso 2" nuevamente planteamos los datos a considerar,

Flota de vehículos:	24
Marca vehículos:	Tesla Model 3
Capacidad de batería:	55 kWh
Consumo WLTP:	13.7 kWh/100km

##### 9.4.1 Balance energético del modelo con batería

De acuerdo con los datos analizados hasta el momento de consumo y producción FV, teniendo en cuenta las pérdidas por temperatura y cableado:



Consumo Total (kWh)	Consumo desde batería (kWh)	Consumo desde FV (kWh)	Comprado a red (kWh)	Vendido a red (kWh)	Autoconsumo (%)	Autosuficiencia (%)
175200	89574	73411	12215	7130	96	93

Tabla 14, balance energético anual del modelo, "Caso 2"

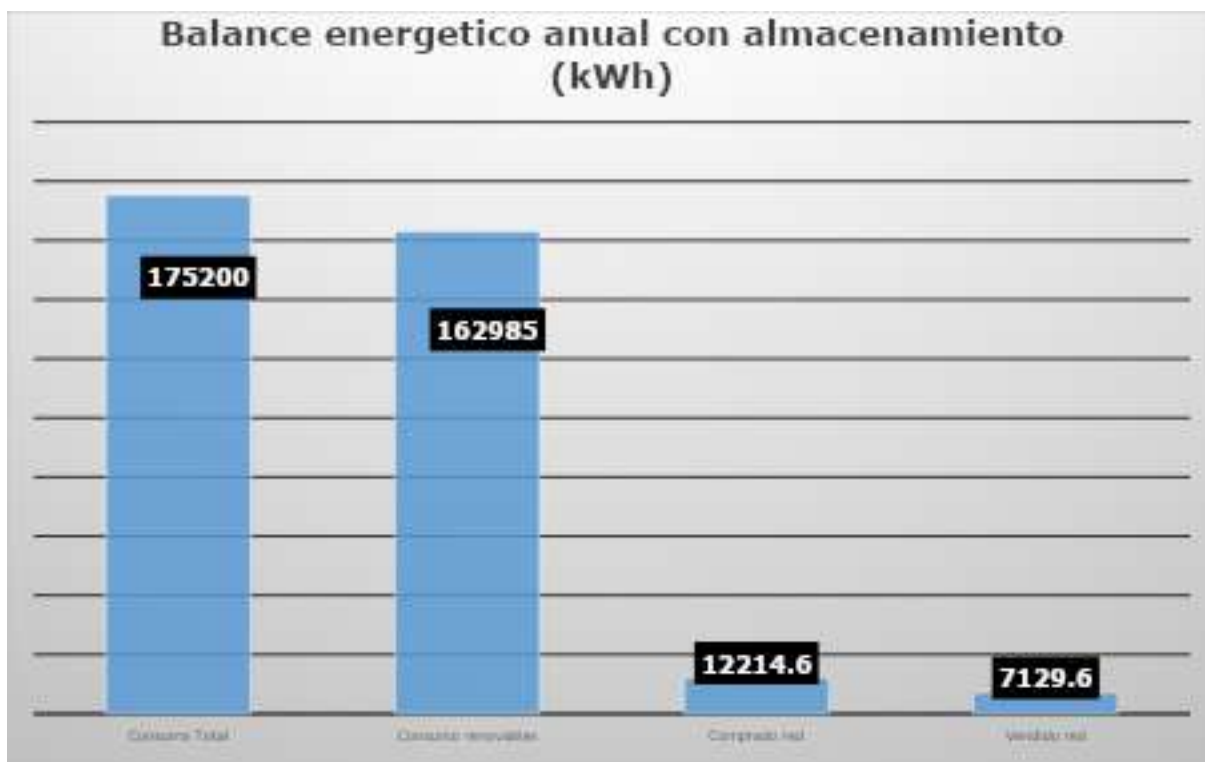


Figura 19, gráfica de balance energético anual con almacenamiento. elaboración propia

Según los valores tomados de la página web de la Red Eléctrica de España ESIOS (13), tenemos:

Valor energía comprada de la red eléctrica: 0.16 € / kWh  
 Valor energía vendida a la red eléctrica: 0.06 € / kWh

	kWh	Euros	Ahorro anual con FV y baterías (Euros)
<b>Consumo Total</b>	175200	28,032 €	26,505 €
<b>Consumo desde la batería</b>	89574		
<b>Consumo desde FV</b>	73411.4		
<b>Comprado red</b>	12214.6	1,954.3€	
<b>Vendido red</b>	7129.6	427.8 €	

Tabla 15, datos de balance económico del modelo con batería. "Caso 2"

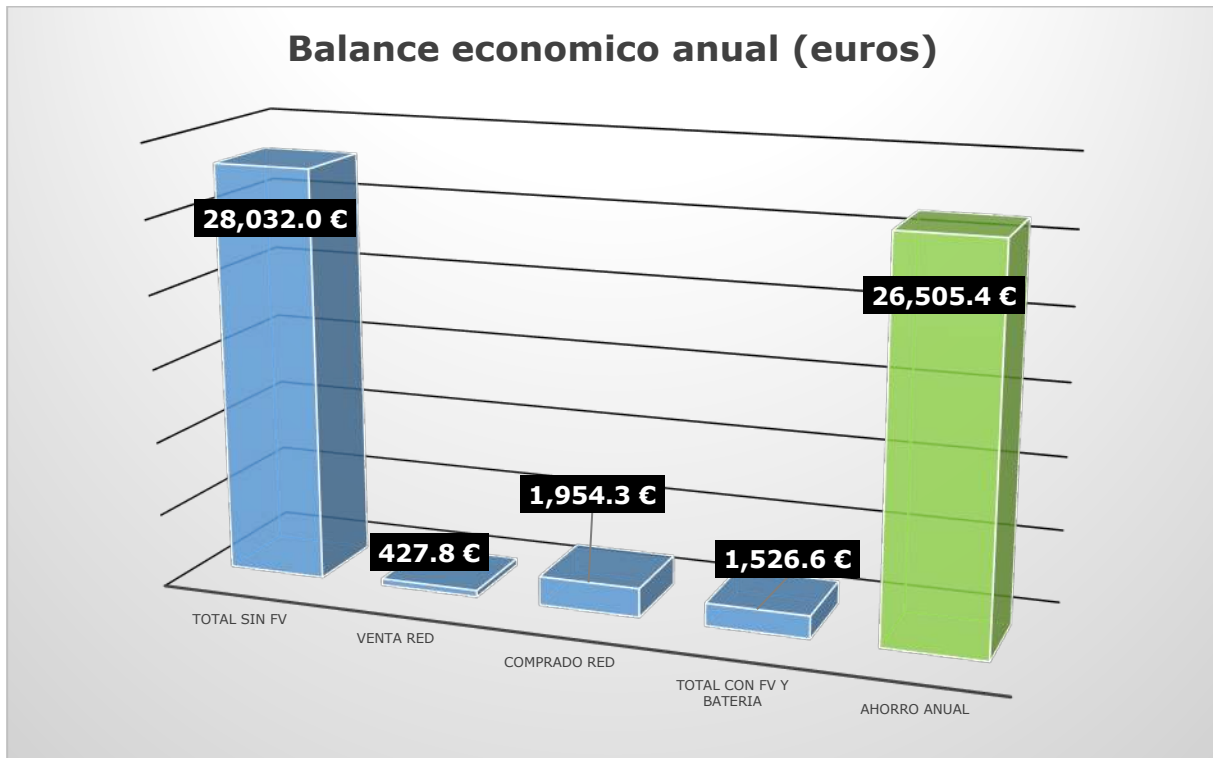


Figura 20, gráfica de balance económico anual con almacenamiento. elaboración propia

En las figuras 19 y 20 vemos la representación gráfica de nuestro balance energético y económico del "Caso 2" (con almacenamiento incluido) y podemos observar claramente cómo al incluir el almacenamiento de energía FV en baterías, aprovechamos mucho mejor nuestra generación FV, y además tenemos un ahorro económico bastante significativo en gasto energético anual disminuyendo en más de un 90% la compra de energía a la red.

En la tabla 15 podemos ver como el consumo total de energías renovables es de 162.985 kWh / año, muy cercano a la demanda total de 175.200 kWh / año, lo que nos demuestra una vez más que nuestro modelo no solo es viable económicamente, sino que también representa una reducción muy importante de emisiones de carbono al trabajar con un 93% con energías limpias.

#### 9.4.2 Retorno de inversión

Para realizar el cálculo de la amortización del modelo con almacenamiento, debemos tener en cuenta el costo de la batería seleccionada. En nuestro caso es la 200 kWh Battery Storage de la marca JMHPower con un costo de 25.000 € por unidad. Como cada unidad nos entrega 200 kWh de almacenamiento, necesitaremos dos baterías del mismo modelo para alcanzar el almacenamiento calculado y necesario para nuestro modelo de 400 kWh (ficha técnica en Anexo 4).

Con los cargadores de coches eléctricos, teniendo en cuenta nuestra demanda y contando con que la flota de vehículos esté operativa el 100 % del tiempo (menos en carga), utilizaremos dos cargadores de 30 kWh de la marca STAR CHARGE (ficha técnica en Anexo 3).



Costo dos baterías con capacidad de 400 kWh:	50.000 €
Costo dos cargadores de 30 kWh cada uno:	12.000 €
Costo de todo el modelo de producción de energía FV (12):	230.000 €

Costo total de la instalación, "Caso 2": **292.000 €**

### 9.4.3 Amortización

Para el cálculo de la amortización de nuestro "Caso 2", analizaremos dos modelos de negocio. El primero, llamado "Modelo de negocio 1" en el cual el mismo propietario de la flota de vehículos realiza su propia instalación de generación FV con cargadores y batería. Y el segundo llamado "Modelo de negocio 2" en el cual el propietario de la flota le compra la energía a un tercero que realiza el montaje de la generación FV con cargadores y batería.

#### - Amortización "Modelo de negocio 1"

En este caso como lo mencione arriba, analizaremos una flota de vehículos propia y el mismo propietario instalará toda su infraestructura para abastecer su flota eléctrica.

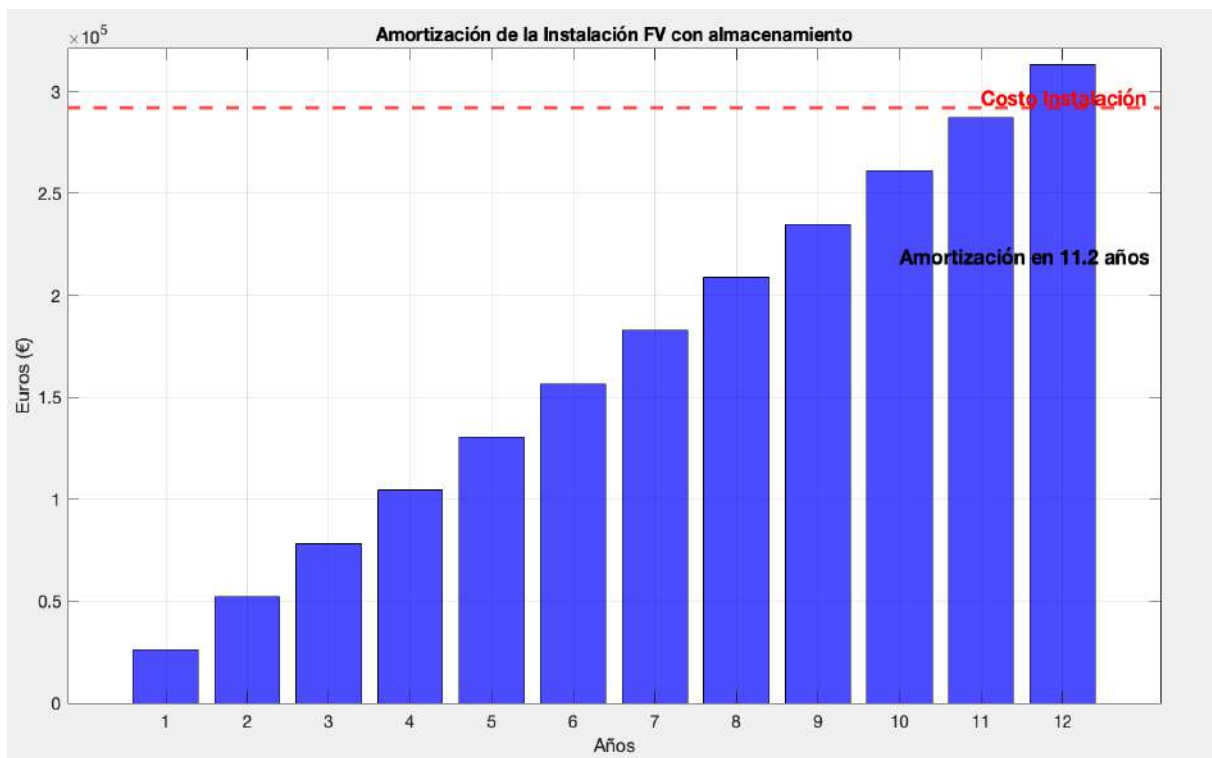


Figura 21, gráfica de amortización del "Modelo de negocio 1". Elaboración propia

En la gráfica de la figura 21, podemos observar la amortización del "Modelo de negocio 1", donde tenemos un ahorro de costos de energía eléctrica anual de 26,050 € (ver tabla 15), teniendo en cuenta el costo total de la instalación de 292,000 € y el gasto de mantenimiento anual de 400 € del sistema. Tenemos una amortización de toda la instalación FV para el "Caso 2" de 11 años.

- Amortización "Modelo de negocio 2"

En este caso analizaremos el mismo "caso 2", pero como se menciona arriba, siendo un tercero quien monta la infraestructura de carga para abastecer flotas de vehículos y les vende la energía de recarga. Para hacer esto tenemos que comprobar el precio de venta del kWh para carga de vehículo en cargadores públicos. De acuerdo con la asociación de usuarios de vehículos eléctricos AUVE, el precio de carga al público en cargadores de más de 22 kWh y hasta 150 kWh se encuentra entre 0.30 y 0.50 €/kWh (14). Con base a lo anterior para nuestro análisis, tomaremos el precio más bajo del kWh a 0.3 €/kWh

Numeros del modelo	Euro/kWh	total en Euros
Valor venta renovables	0.30 €	48,896 €
Valor de lo comprado a red	0.16 €	1,954 €
Valor de lo vendido a red	0.06 €	428 €
<b>Balance anual</b>		<b>47,369 €</b>

Tabla 16, datos de balance económico anual del "Modelo de negocio 2"

En la tabla 16 podemos ver como el consumo total de energías renovables es de 162.985 kWh / año, con un precio de venta para recarga de vehículos en 0,30 €, tendremos un ingreso anual de 47.369 €.

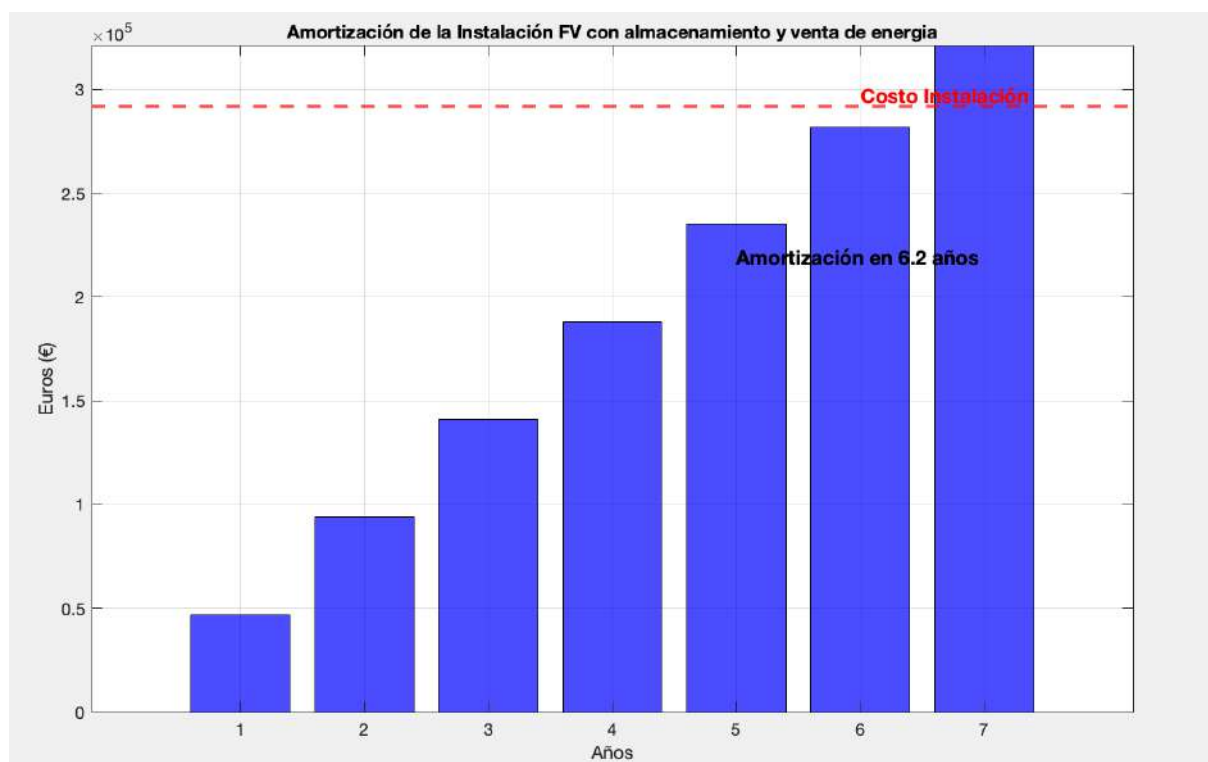


Figura 22, gráfica de amortización con venta de energía para carga de EV. Elaboración propia

Teniendo en cuenta el costo de toda la instalación de 292.000 € y el costo del mantenimiento anual estipulado en 400 €, procedemos con el cálculo de la amortización mediante la herramienta Matlab y podemos observar en la figura 22,



como la amortización del "Modelo de negocio 2" se reduce considerablemente al vender la energía eléctrica FV producida para la carga de vehículos eléctricos de una flota operativa, lo que hace que la demanda de energía sea alta y se vuelva muy viable económicamente su instalación y operación ya que se amortiza en solo 6 años.

## 10. Impacto ambiental y regulación

### 10.1 Impacto ambiental

El impacto ambiental y la huella de carbono son temas muy importantes para este proyecto, ya que no solo estamos aportando a un mejor ambiente, un aire más limpio y menor calentamiento global, sino que también con esto podremos a futuro, monetizarlo en bonos de carbono neutro y así recibir incentivos por la reducción de huella ambiental.

En nuestro caso, tenemos una flota de 24 vehículos con un recorrido diario por vehículo de 300 kms, lo cual sería al año 2.340.000 km recorridos por todos los vehículos.

Un vehículo híbrido a gasolina como el Toyota Corolla muy utilizado para servicio de VTC, tiene una emisión de CO2 aproximada entre 100 y 111 g/km.  $100 \times 2.340.000 = 234.000$  kg de CO2 por año emitidos al ambiente.

Si tenemos en cuenta que un 93% de esos kilómetros los estamos recorriendo con energías limpias no solo del vehículo, sino de la carga, podríamos afirmar que nuestros vehículos al ser cargados en su gran mayoría con energía solar la cual produce alrededor de 20 gCO2/kWh (15) y con un consumo calculado de 20 kWh/100 km de nuestros vehículos, tenemos:

Vehículo operativo VTC consumo:	20 kWh/100km
Emisiones de CO2 producción energía solar:	20 g/kWh
Emisiones por km recorrido serian:	4 gCO2/km
Km recorridos por toda la flota al año:	2.340.000 km
Km recorridos con energías solar (93%):	2.175.200 km
Emisiones de CO2 de la flota al año:	8.705 kg CO2

Con base a lo anterior podemos ver que el proyecto es completamente viable tanto financiera como ambientalmente ya que dejaremos de producir al año 225.295 Kg de CO2 al tener una flota de vehículos 100% eléctricos y realizar la carga de estos con energía solar FV con almacenamiento. Eso es un 97% menos de emisión de CO2 al año comparado con una flota de combustión interna.



## 10.2 Regulación en España y la unión europea

### - *Unión europea*

- En la directiva de la EU 2023/2413 se establece que para 2030, al menos el 42,5% que el consumo total de energía debe venir de energías renovables. (16)
- Reglamento de la EU 2023/851, establece que para 2035 todos los turismos y vehículos comerciales ligeros tendrán que ser 100% libres de emisiones. (17)
- Reglamento de la EU 2023/1804, fijó el objetivo de que cada vehículo eléctrico ligero matriculado debe tener acceso a una red de recarga pública con potencia de la menos 1,3 kW a partir de 2024 (18)
- La Directiva de la EU 2024/1275, enmarca objetivos en la instalación de puntos de recarga para edificios residenciales y no residenciales, nuevos y existentes. (19)

### - *España*

- Real decreto ley 29/2021, establece la obligación de despliegue de puntos de recarga en aparcamientos de edificios no residenciales con más de 20 plazas. (20)
- El Código técnico de la edificación (CTE) dispone las dotaciones mínimas, obligando a la preparación e instalación de puntos de recarga en algunos casos. Ejemplo: No residenciales un punto de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento. (21)
- El Plan integrado de energía y clima de 2023, establece que las renovables representan un 48% de la energía final y un 81% sobre la energía eléctrica. Tiene como objetivo conseguir 5.5 millones de vehículos eléctricos para 2030. (22)
- Estrategia de descarbonización a largo plazo, establece como objetivo disponer de un parque automovilístico totalmente eléctrico para 2050. (23)



## Conclusiones

Se analizaron tres casos específicos:

	<b>Amortización (años)</b>		<b>Observaciones</b>
<b>"Caso 0"</b>	22.6		Generación FV para venta a la red a precio de excedentes
<b>"Caso 1"</b>	14		Generación FV con demanda para autoconsumo
<b>"Caso 2"</b>	Modelo de negocio 1	11	Generación FV con demanda y baterías para autoconsumo propio
	Modelo de negocio 2	6	Generación FV con demanda y baterías para venta de energía

Tabla 17, casos analizados en el modelo

Con el análisis de los tres casos mencionados en la tabla 17 podemos afirmar que la integración de energía FV y almacenamiento en estaciones de recarga para vehículos eléctricos "Caso 2" representa una alternativa viable para reducir la dependencia de la red eléctrica, disminuir el impacto ambiental y optimizar los costos de energía eléctrica. Sin embargo, también podemos afirmar que el "Caso 0" y el "Caso 1" analizados en este proyecto se pueden convertir en una alternativa atractiva para inversión si se logran algunas mejoras en los precios de venta de excedentes y se optimiza aún más el sistema.

Este estudio demuestra como el almacenamiento de energías renovables con una alta demanda es en la actualidad una buena alternativa para el tipo de negocio que se plantea.

El trabajo ha permitido evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema de recarga basado en generación FV con almacenamiento, utilizando un estudio de caso real en la Comunidad Autónoma de Valencia. A partir de los datos y cálculos realizados se han obtenido los siguientes resultados clave:

### *Viabilidad técnica:*

Se determinó que una potencia pico instalada de 100 kWp con una capacidad de almacenamiento de energía de 400 kWh, permite alcanzar una Autosuficiencia energética del 93% y un autoconsumo del 96%, reduciendo considerablemente la dependencia a la red eléctrica.



### *Viabilidad económica:*

El costo total estimado de la instalación es de 292.000 €, incluyendo paneles solares, inversores, accesorios y protecciones, baterías de almacenamiento y cargadores.

Se compararon dos modelos de amortización:

- Modelo de negocio 1: Si la infraestructura y todo el sistema es del mismo propietario de la flota, se amortiza el modelo durante 11,2 años.
- Modelo de negocio 2: Si la infraestructura y todo el sistema le presta servicio a una flota eléctrica vendiéndole la energía de recarga para sus vehículos. La amortización se reduce a 6,2 años, lo que hace al modelo altamente rentable.

La venta de excedentes de energía a la red, aunque posible, no representa un ingreso significativo debido a las bajas tarifas de compensación.

### *Impacto ambiental:*

Pudimos analizar, que el proyecto nos permite reducir aproximadamente 225 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, en comparación con una flota de vehículos de combustión. Esto equivale a la absorción de CO<sub>2</sub> de 10.000 árboles adultos en un año (24), reforzando el impacto positivo del modelo en términos de sostenibilidad.

El modelo emite 97% menos de CO<sub>2</sub> al año comparado con una flota de combustión interna.

### *Regulación y futuro del proyecto:*

Las regulaciones de la Unión Europea, España y todo el mundo están impulsando la transición hacia la movilidad eléctrica y la integración de energías renovables a toda la cadena de suministro de energía. Normativas como la Directiva Europea 2023/2413 y el reglamento UE 2023/851, entre otras, fortalecen la obligatoriedad de estaciones de recarga con generación renovable. Así mismo, la tendencia indica que, en los próximos años, las estaciones de recarga con autoconsumo renovables se convertirán en un estándar de la infraestructura urbana.

### *Líneas futuras de investigación:*

Para complementar este estudio, sugerimos las siguientes líneas futuras de investigación:

- Optimización de almacenamiento: Con el pasar de los años las baterías irán reduciendo su valor y cada vez serán menos pesadas, con más vida útil y mucho más eficientes. También se podrá evaluar el uso de baterías de segunda vida de vehículos eléctricos para reducir costos.



- Sistemas de generación híbridos: Integrar energía eólica u otras fuentes para mejorar la estabilidad y dependencia del sistema.
- Simulación avanzada: Modelado en software de predicción energética para optimizar la distribución de carga en diferentes escenarios.
- Monetización de bonos de carbono en reducción de emisiones por kilómetro.
- Adición de incentivos gubernamentales por uso de energías limpias y descarbonización ambiental.

#### *Conclusión final:*

En conclusión, este estudio demuestra que la integración de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento en estaciones de recarga para vehículos eléctricos no solo es viable, sino que representa una solución clave para el desarrollo de una movilidad más sostenible, eficiente y rentable. Además, pudimos ver como al integrar el almacenamiento de energía para una alta demanda de recarga, aun con los altos costos de las baterías en la actualidad, el modelo es completamente viable económicamente y altamente eficiente.



## Bibliografía

1. **ANFAC. Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.** BARÓMETRO DE LA ELECTROMOVILIDAD. [En línea] 12 de 2024. file:///Users/sergioborrero/Downloads/Barometro-Electromovilidad-ANFAC-4T-2024.pdf.
2. **II), European Commission. Renewable Energy Directive (RED.** European Commission. [En línea] 2019. [https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules_en).
3. **UNE.** UNE Normalizacion Española. [En línea] Junio de 2020. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064113>.
4. **Fred Lambert, Electrck.** Electrek. [En línea] 23 de Octubre de 2024. [https://electrek.co/2024/10/23/tesla-unveils-oasis-supercharger-concept-solar-farm-megapacks/?utm\\_source=chatgpt.com](https://electrek.co/2024/10/23/tesla-unveils-oasis-supercharger-concept-solar-farm-megapacks/?utm_source=chatgpt.com).
5. **Fastned.** Fastned. [En línea] 2012. <https://www.fastnedcharging.com/es/sobre-nosotros>.
6. **BYD.** BYD Energy storage. [En línea] 2023. <http://www.bydenergy.com/projectCaseStudy>.
7. **PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM.** PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. [En línea] 2023. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/).
8. **AUTOSOLAR.** DEEP BLUE 3.0. [En línea] 2024. <https://cdn.autosolar.es/pdf/datasheet-deep-blue-480-505.pdf>.
9. **Fronius Tauro.** Inversor Red Trifásico 50kW Fronius Tauro ECO D. [En línea] <https://cdn.autosolar.es/pdf/ficha-tecnica-fronius-tauro-direct.pdf>.
10. **JMHPower.** JMH POWER. [En línea] 2024. [https://jmhpower.com/product/200-kwh-battery-storage-industrial-battery-systems/?utm\\_source=chatgpt.com](https://jmhpower.com/product/200-kwh-battery-storage-industrial-battery-systems/?utm_source=chatgpt.com).
11. **STAR CHARGE.** Venus DC CHARGER 30 kW. [En línea] 2024. <https://www.starcharge.com/wp-content/uploads/2024/10/venus-dc-charger-starcharge-leaflet.pdf>.
12. **Fundación renovables.** APARCAMIENTOS SOLARES CON PUNTOS DE RECARGA. [En línea] 2024. <https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2024/09/20240925-Aparcamientos-solares-con-puntos-de-recarga.pdf>.
13. **Red Eléctrica España.** ESIOS. [En línea] 2025. [https://www.esios.ree.es/es/analisis/10211?compare\\_indicators=811%2C1286%2C812%2C816%2C1368%2C10403%2C805%2C808%2C814%2C810%2C809%2C806%2C807%2C813%2C815&start\\_date=01-01-2023T00%3A00&geoids=&vis=4&end\\_date=31-12-2023T23%3A55&compare\\_start\\_date=31-12-2022](https://www.esios.ree.es/es/analisis/10211?compare_indicators=811%2C1286%2C812%2C816%2C1368%2C10403%2C805%2C808%2C814%2C810%2C809%2C806%2C807%2C813%2C815&start_date=01-01-2023T00%3A00&geoids=&vis=4&end_date=31-12-2023T23%3A55&compare_start_date=31-12-2022).
14. **Asociación de usuarios de vehículos eléctricos.** AUVE. [En línea] 2024. <https://www.auve.org/>.
15. **Low carbon Power.** LowCarbonPower. [En línea] 2022. [https://lowcarbonpower.org/es/blog/emissions?utm\\_source=chatgpt.com](https://lowcarbonpower.org/es/blog/emissions?utm_source=chatgpt.com).
16. **Parlamento EU.** Directiva (UE) 2023/2413. [En línea] 2023. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81530>.
17. —. REGLAMENTO (UE) 2023/851. [En línea] 2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0851>.



18. —. Reglamento (UE) 2023/1804. [En línea] 2023. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81310>.
19. **Palamento EU.** DIRECTIVA (UE) 2024/1275. [En línea] 2024. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202401275](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275).
20. **Gobierno de España.** Real Decreto-ley 29/2021. [En línea] 2021. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/12/22/pdfs/BOE-A-2021-21096.pdf>.
21. **Ministerio de transportes.** CTE. CTE. [En línea] 2022. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DcmHE.pdf>.
22. **Gobierno de España.** PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2023-2030. *PNIEC.* [En línea] 2023. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/\\_layouts/15/Borrador%20para%20la%20actualizaci%C3%B3n%20del%20PNI%202023-2030-64347.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/_layouts/15/Borrador%20para%20la%20actualizaci%C3%B3n%20del%20PNI%202023-2030-64347.pdf).
23. —. Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050. *Marco estratégico de energía y clima.* [En línea] 2020. [https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts\\_es\\_es.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_es_es.pdf).
24. **WWF Fundation.** WWF Fundation. [En línea] 2020. [https://www.wwf.org.py/?364240%2FPor-que-necesitamos-arboles-en-las-ciudades=&utm\\_source=chatgpt.com](https://www.wwf.org.py/?364240%2FPor-que-necesitamos-arboles-en-las-ciudades=&utm_source=chatgpt.com).

#### *Referencias adicionales*

- 25.State-of-the-Art Research on Wireless Charging of Electric Vehicles Using Solar Energy. Seyed Ali Kashani, Alireza Soleimani, Ali Khosravi and Mojtaba Mirsalim. 2022
- 26.Solar EV Chargers and Super Flow Batteries for an Efficient Electric Vehicle. Paarth Gupta, Shri Mata Vaishno Devi University. Article in International Journal of Research in Engineering and Technology. October 2020
- 27.Diseño y cálculo de instalación solar fotovoltaica para suministro energético a puntos de recarga de vehículos eléctricos. TFG, Universidad de Jaén, Manuel Jesús Ruiz García. 2022
- 28.The case for energy storage installations at high-rate EV chargers to enable solar energy integration in the UK – An optimised approach. Faculty of Engineering and Physical Sciences, University of Southampton, Southampton SO17 1BJ, United Kingdom, George Hiltona, Mahdi Kiaeea, Thomas Brydena, Andrew Crudena, Alan Mortimerb. 2019
29. Instalación de placas solares para recarga de vehículos eléctricos. ICAI – Universidad Pontificia Comillas, Juan Menéndez-Pidal Hernández-Ros. 2020
30. Instalación y optimización de un sistema de placas solares fotovoltaicas en una estación de carga de vehículos eléctricos. ICAI – Universidad Pontificia Comillas, Paula Ruiz Hernández. 2019



## Lista de Figuras

Figura 1, Ubicación geográfica proyecto. Tomado Google maps	12
Figura 2, Diagrama unifilar "Caso 0"	14
Figura 3, Ilustración "Caso 0"	15
Figura 4, gráfica de amortización modelo 1. Elaboración propia	16
Figura 5, Diagrama unifilar "Caso 1"	18
Figura 6, Ilustración "Caso 1"	18
Figura 7, Tesla Model 3 conectado a cargador eléctrico. Imagen propia	19
Figura 8, Tesla Model 3 conectado a cargador eléctrico. Imagen propia	19
Figura 9, estado de carga en función del tiempo. Elaboración propia	20
Figura 10, Gráfica del estado de carga contra el tiempo. Elaboración propia	20
Figura 11, Autosuficiencia y autoconsumo según la potencia FV instalada	22
Figura 12, gráfica de balance energético anual. Elaboración propia	23
Figura 13, gráfica de balance económico anual. elaboración propia	24
Figura 14, gráfica de amortización modelo 2. Elaboración propia	25
Figura 15, Diagrama unifilar "Caso 2"	26
Figura 16, Ilustración "Caso 2"	27
Figura 17, gráfica Autoconsumo simulando varios escenarios	28
Figura 18, gráfica Autosuficiencia simulando varios escenarios	29
Figura 19, gráfica de balance energético anual con almacenamiento	30
Figura 20, gráfica de balance económico anual con almacenamiento	31
Figura 21, gráfica de amortización del modelo con almacenamiento.	32
Figura 22, gráfica de amortización con venta de energía para carga de EV	33

## Lista de tablas

Tabla 1, Parámetros eléctricos panel solar. Tomados de la ficha técnica	13
Tabla 2, Datos técnicos inversor. Tomados de la ficha técnica	13
Tabla 3, Datos de la instalación FV	15
Tabla 4, coeficientes y pérdidas de modelo	16
Tabla 5, datos técnicos del cargador. Tomados de la ficha técnica	17
Tabla 6, datos de la simulación de variación de potencia pico instalada	22
Tabla 7, Valores medios diarios anuales <i>de generación FV, "Caso 1"</i>	22
Tabla 8, rendimientos del modelo, "Caso 1"	23
Tabla 9, balance energetico medio diario anual del modelo, "Caso 1"	23
Tabla 10, datos de balance energético y económico del modelo, "Caso 1"	24
Tabla 11, datos técnicos batería. Tomados de la ficha técnica	26
Tabla 12, Autoconsumo con simulación de energía FV y almacenamiento	27
Tabla 13, Autosuficiencia con simulación de energía FV y almacenamiento	28
Tabla 14, balance energético anual y económico del modelo con batería	30
Tabla 15, balance económico anual del "Caso 2"	30
Tabla 16, balance económico anual del "Modelo de negocio 2"	33
Tabla 17, tabla de casos analizados en el modelo	36



## Anexo 1

### Ficha tecnica panel solar



# Harvest the Sunshine

## DEEP BLUE 3.0

Mono

505W MBB Half-cell Module

JAM66S30 480-505/MR Series



**Introduction**

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

**Superior Warranty**

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

**Comprehensive Certificates**

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941:2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing





JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



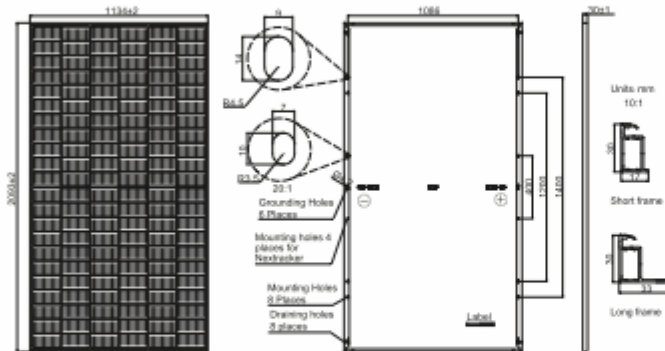
42

*Integración de Energía Fotovoltaica y Almacenamiento en Estaciones de Recarga de Vehículos Eléctricos: Diseño, Cálculo e Implementación*

**JA SOLAR**

**JAM66S30 480-505/MR** Series

**MECHANICAL DIAGRAMS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

**SPECIFICATIONS**

Cell	Mono
Weight	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) / 12 AWG(UL)
No. of cells	132(8×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.66	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	383	387	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

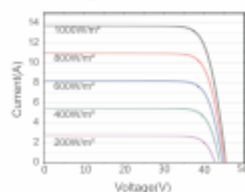
**OPERATING CONDITIONS**

Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load Front*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load Back*	2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

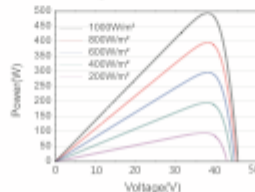
\*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

**CHARACTERISTICS**

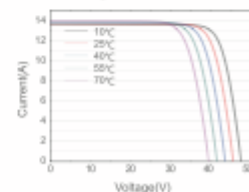
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20220808A

## Anexo 2

Ficha técnica inversor

**Fronius Tauro**  
**Modelo Direct**



# Designed to perform.

### Principales características

- 01 Resistencia y larga vida útil
- 02 Costes más bajos y servicio eficiente
- 03 Control inteligente y sistema abierto
- 04 Flexibilidad de diseño
- 05 Reparación y sostenibilidad

Máxima flexibilidad en el diseño del sistema con mínimos costes operativos: gracias al resistente inversor Fronius Tauro, las grandes instalaciones fotovoltaicas pueden resultar aún más rentables. Ya sea con radiación solar directa o en condiciones de calor extremo, su carcasa de doble capa y la ventilación activa ofrecen el máximo rendimiento incluso en las condiciones ambientales más adversas. Además, la instalación y el mantenimiento de este resistente inversor para proyectos se realizan de forma rápida y sencilla.  
**Fronius Tauro. Designed to perform.**

## La solución para grandes instalaciones fotovoltaicas



### 01 Resistencia y larga vida útil

Diseñado para soportar la radiación solar directa y el calor extremo: su carcasa de doble capa y la ventilación activa hacen del Fronius Tauro un inversor duradero y resistente que ofrece el máximo rendimiento.

### 02 Costes más bajos y servicio eficiente

Mínimos costes operativos: el Fronius Tauro es rápido de instalar y fácil de mantener. En caso de avería, basta con sustituir la etapa de potencia afectada en lugar de todo el inversor. Esto garantiza un funcionamiento seguro y permite realizar los trabajos de mantenimiento de forma rápida y rentable.

### 03 Control inteligente y sistema abierto

Al igual que el resto de productos Fronius, el Fronius Tauro se puede monitorizar, controlar y mantener cómodamente mediante un smartphone o un ordenador. Con Fronius Solarweb puedes supervisar tu instalación en todo momento. La arquitectura abierta del sistema permite integrar fácilmente componentes de terceros.

### 04 Flexibilidad de diseño

Centralizado, descentralizado, vertical u horizontal: la serie Fronius Tauro ofrece la máxima flexibilidad en el diseño e instalación de grandes instalaciones fotovoltaicas. La flexibilidad del Tauro y la rentabilidad del Tauro ECO se pueden combinar según las necesidades. La protección contra sobretensiones y la función AC Daisy Chaining integradas reducen la necesidad de componentes y cableado adicionales.

### 05 Reparación y sostenibilidad

El Fronius Tauro demuestra la importancia de la sostenibilidad en cada fase del ciclo del producto. Este inversor para proyectos está diseñado para tener una larga vida útil y se ha diseñado y producido en Austria con la menor cantidad posible de componentes intercambiables. Esto hace del Tauro un dispositivo particularmente resistente que, en caso de necesitar mantenimiento, basta con cambiar las piezas individuales in situ, consiguiendo un ahorro de tiempo y recursos.



El Fronius Tauro está disponible en dos versiones:

- Fronius Tauro | 50 kW | 3 seguidores MPP
- Fronius Tauro ECO | 50 y 100 kW | 1 seguidor MPP

Fronius Tauro. Designed to perform.

## Datos técnicos

		Tauro			Tauro ECO			
		50-3-D			100-3-D			
<b>Datos de entrada</b>	Número de seguidores MPP	3			1			
	Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx}$ )	134			87,5			
	Máx. corriente de entrada por serie fotovoltaica opción 20 A ( $I_{dc\ máx, string}$ )	14,5			14,5			
	Máx. corriente de entrada por serie fotovoltaica opción 30 A ( $I_{dc\ máx, string}$ )	22			22			
	Máxima corriente de cortocircuito ( $I_{sc\ máx, inversor}$ )	240			178			
	Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín} - U_{dc\ máx}$ )	200 - 1000			580 - 1000			
	Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200			650			
	Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín} - U_{mpp\ máx}$ )	400 - 870			580 - 930			
	Máxima potencia del generador FV ( $P_{dc\ máx}$ )	75			150			
			FV1	FV2	FV3	FV1	FV2	FV3
Máx. corriente de entrada del conjunto de series FV por canal ( $I_{dc\ máx, pv}$ )	A	36	36	72	75	75	75	
Máx. corriente de cortocircuito del conjunto de series FV por canal ( $I_{sc\ pv}$ ) <sup>1</sup>	A	72	72	126	126	126	126	
Número de entradas CC opción 20 A		4	3	7	7	7	8	
Número de entradas CC opción 30 A		4	5	5	4	5	5	
<b>Datos de salida</b>	Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	50.000			100.000			
	Máxima corriente de salida	50.000			100.000			
	Corriente de salida CA ( $I_{ac\ máx}$ )	76			152			
	Acoplamiento a la red ( $U_{ac,r}$ )	3- NPE 400/230; 3- NPE 380/220						
	Frecuencia (rango de frecuencia $f_{mín} - f_{máx}$ )	Hz			50 / 60 (45 - 65)			
	Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )				0 - 1 ind. / cap.			
<b>Datos generales</b>	Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	mm			755 x 1109 x 346 mm (sin montaje en pared)			
	Peso	kg			92      74      103			
	Tipo de protección				IP 65      IP 65      IP 65			
	Clase de protección				1      1      1			
	Consumo nocturno	W			< 16      < 16      < 16			
	Refrigeración				Tecnología de Ventilación Activa y sistema de doble carcasa			
	Instalación				Interior y exterior <sup>2</sup>			
	Rango de temperatura ambiente	°C			-40 a +65 °C <sup>3</sup>			
Certificados y cumplimiento de normas <sup>4</sup>				AS/NZS 4777.2:2020   IEC 62109-1/-2   VDE-AR-N 4105:2018   IEC 62116   EN 50549-1:2019 & EN 50549-2:2019   VDE-AR-N 4110:2018   CEI 0-18:2019   CEI 0-21:2019				
<b>Tecnología de conexión</b>	<b>CA</b>	Diámetro del cable	mm <sup>2</sup>			35 - 240      35 - 240      70 - 240		
		Material conductor				Al y Cu		
		Terminales de conexión				Terminal de cable o pinzas en V		
		Opción con un único núcleo (cable unipolar)				Prensaestopa: 5 x M40 (10 - 28 mm)		
	Opción con varios núcleos (cable multipolar)				Prensaestopa: 1 x conexión multipolar Ø 16 - 61,4 mm + 1 x M32			
	Opción de conexión en serie de la CA (cable unipolar)				Prensaestopa: 10 x M32 (10 - 25 mm)			
	<b>CC</b>	Diámetro del cable	mm <sup>2</sup>			4 - 6		
Material conductor					Cu			
Terminales de conexión					DC-Direktanschluss Stäubli Multi Contact MC4			
<b>Rendimiento</b>	Máx. rendimiento	%			98,5      98,5      98,5			
	Rendimiento europeo (ηEU)	%			98,3      98,2      98,2			
	Rendimiento de adaptación MPP	%			> 99,9      > 99,9      > 99,9			

<sup>1</sup>  $I_{sc\ pv} = I_{sc\ máx} \pm I_{sc\ (STC)} \times 1,25$ , de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

<sup>2</sup> Posibilidad de radiación solar directa

<sup>3</sup> Seccionador CA integrado en el inversor: desde -30 hasta +65 °C

<sup>4</sup> Certificados previstos. Para ver los certificados actuales, consulta [www.fronius.com/tauro-cert](http://www.fronius.com/tauro-cert)



		Tauro	Tauro ECO	
		50-3-D	50-3-D	100-3-D
<b>Equipamiento de seguridad</b>	Seccionador CC		Integrado	
	Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento al punto de trabajo, limitación de potencia	
	Protección contra polaridad inversa		Integrado	
	RCMU		Integrado	
	Medición de aislamiento CC		Integrado	
	Interrupción de circuito por fallo de arco (Fronius Arc Guard)		Opcional (Solo para opción 20 A)	
	Protección contra sobretensiones CC/CA		Tipo 1 + 2 integrados*, tipo 2 opcional	
	Fusible de serie fotovoltaica		Integrado, 20 A o 30 A	
<b>Interfaces</b>	WLAN		Fronius Solarweb, Modbus TCP Sunspec, Fronius Solar API (JSON)	
	Ethernet LAN RJ45†		10/100 Mbit; máx. 100 m	
	USB (tipo A)		Fronius Solarweb, Modbus TCP Sunspec, Fronius Solar API (JSON)	
	Desconexión por cable (WSD)		1 A @ 5 V máx.*	
	2 x RS485		Parada de emergencia	
	6 entradas digitales 6 salidas digitales		Modbus RTU SunSpec	
	6 entradas digitales 6 salidas digitales		Interfaz programable para el receptor de control de ondas, gestión de energía, control de carga	
	Datalogger y Servidor web†		Integrado	

\* Tipo 1 + 2: 1 Imp 5 kA

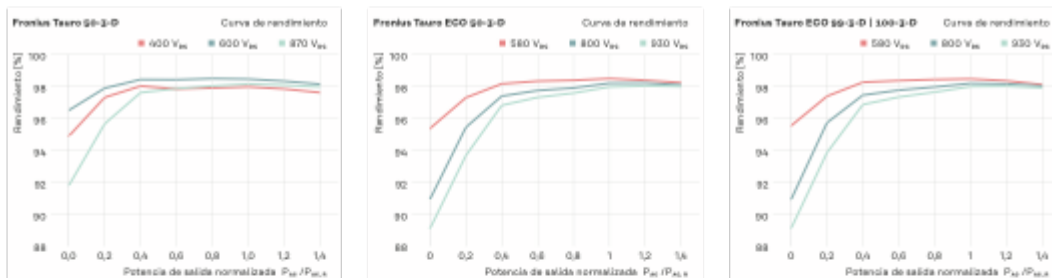
† Solo para suministro eléctrico

‡ Para la comunicación con varios inversores se utiliza una conexión Ethernet. Cada inversor se comunica de forma individual con la red/internet a través de su Datalogger integrado

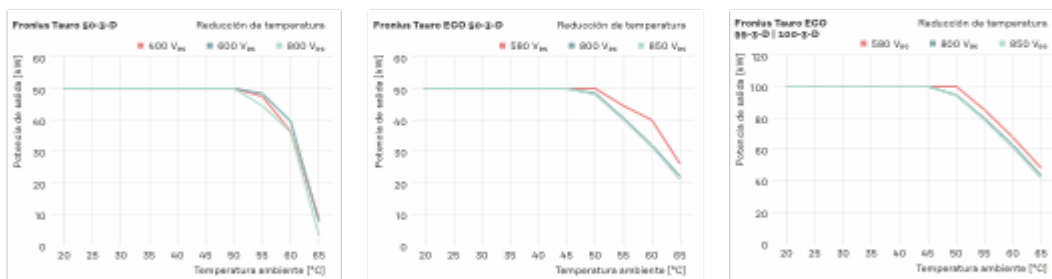
## Eficiencia demostrable

Su eficiencia habla por sí sola: el Fronius Tauro impresiona por ofrecer el máximo rendimiento de forma constante a temperaturas de hasta 50 °C.

### Rendimiento



### Reducción de potencia



Más información sobre el producto: [www.fronius.com/tauro](http://www.fronius.com/tauro)

**Fronius México S.A. de C.V.**  
 Carretera Monterrey-Saltillo 3279  
 Landus Business Park  
 Santa Catarina, NL 66367  
 México  
 pv-sales-mexico@fronius.com

**Fronius España S.L.U.**  
 Parque Empresarial La Carpetania  
 Calle Miguel Faraday 2  
 28906 Getafe, Madrid  
 España  
 pv-sales-spain@fronius.com

**Fronius International GmbH**  
 Froniusplatz 1  
 4600 Wels  
 Austria  
 pv-sales@fronius.com  
 www.fronius.com

ES 1002 Ene 2023

El texto y las ilustraciones corresponden al estado de la técnica en el momento de la impresión. Sujeto a cambios sin previo aviso. A pesar de la cuidadosa edición, toda la información se proporciona sin garantía. Fronius no asume ninguna responsabilidad a este respecto. Copyright © 2023 Fronius™. Todos los derechos reservados.



## Anexo 3

### Ficha técnica cargador de vehículo eléctrico

**Star Charge**

# Venus

**DC Charger 30 kW**

Workplace Fleet Public

CCS-2

**Venus** delivers high performance with 95% efficiency and an 80A output. Its user-friendly 7-inch touch screen allows easy monitoring of charging status. Multiple layers of electrical protection ensure safe operation. Its compact design and flexible wall/pole mounting options suit fleet, workplace, and space-sensitive sites. Venus is compatible with 99% of mainstream EVs.

**High Performance**  
95% power efficiency and an output current of 80A

**User-friendly**  
7-inch touch screen for easy status monitoring

**Safety Features**  
Multiple layers of electrical protection, including overvoltage, undervoltage, and overcurrent protection

**Flexible Integration to Backend**  
Fully supports the OCPP 1.6J, enabling seamless integration with StarCharge or third-party charging management systems

Venus

# Venus

High Performance and Safe Charging with Flexible Mounting Options for Efficient Operation Across Diverse Environments.



 POLE VERSION



 WALL VERSION

## Specifications

Specifications are subject to change without notice.

Input Rating	400V <sub>ac</sub> ±10%, 3 phases, 50/60Hz, L1+L2+L3+N+PE
Input Current Rating	AC 50A
Power Factor	≥0.98 @ Full Load
Efficiency	95%
Grid Type	TN-S, TN-C, TN-C-S, TT
Output Interface	1 x CCS2
Output Power	30kW max.
Output Voltage	200-1000Vdc
Output Current	100A max.
Protocol (EVSE&Backend)	OCPP 1.6j
Protocol (EVSE&EV)	DIN 70121, ISO 15118ax
IP Rating	IP55
IK Rating	IK10 (Screen is IK08)
Cooling	Forced Air
Charging Cable Length	5m
Dimensions (WxHxD)	680*440*280mm (Pole: 330*1272*200mm)
Weight	Approx. 35kg (excluding power modules)
Certification	CE-RED, CB, UKCA, RCM, WPC, NTC, NBTC, SDPP[ongoing], SIRIM[ongoing]

## Anexo 4

### Ficha técnica batería de almacenamiento



## 200 kWh Battery for Sale, Commercial Solar Batteries

200 kWh battery price, commercial battery storage costs, customized design according to electricity demand.

- Model: 200 kWh battery bank
- Storage Energy: 204.8kWh
- Nominal Voltage: 512V
- Max. Battery Quantity in Parallel: 5(in a BMS system)
- Cycle Life: > 6000 Times.
- Warranty: 8 Years
- Certifications: Cell: UL1642 /IEC62619 / CE / ROHS MSDS /UN38.3;  
Pack: CE / FCC / MSDS / UN38.3

Basic Technical Parameters	
Cell Chemistry	LiFePO4
Module Energy	5.12 kWh
Module Nominal Voltage	51.2V
Module Capacity	100Ah
Battery Module Qty	10*4
System Energy	204.8kWh
System Nominal Voltage	512V
Operating Voltage Range	456V~576V
Charge/Discharge Efficiency	Max.0.5C
Depth of Discharge	100%
Applicable Certification	IEC62619,UN38.3,IEC61000-6-2/4
General Parameters	
Dimension(W*D*H)	1100mm*1080mm*2380mm
Weight	1430KG
Protection Class	IP54
Anti-Corrosion Grade	C4
Operating Temperature Range	(-)25C ~ +50°C
RH Range	0%~95%,without condensation
Maximum Altitude	4000m (> 3000 derated)
Installation	Outdoor
Communication Port	Ethernet;CAN
Communication Protocol	CAN,MODBUS TCP/IP
Cooling Method	Air Conditioner



#### **Safety & Reliability**

- **Service lifespan:** Lithium iron phosphate battery is one of the longest service lifespan, best energy utilization, and most cost-effective batteries among the current mass-produced batteries. The design service life can reach as long as 15 years, and the battery has a low decay rate.
- **Monitoring system:** The battery is equipped with a complete battery safety monitoring system, including short-circuit intelligent detection, quick shutdown system, ignition source detection, salt spray alarm device, temperature detection, low power alarm, voltage and power overload monitoring. Real-time guard your battery safety.
- Dual fire protection system design for multiple protection.
- **Expandable design:** If you need a larger capacity battery system, you can connect multiple 200kWh battery systems in parallel to form 400kWh, 600kWh, 800kWh and 1MWh battery systems. The parallel battery systems can be managed in a unified way and work together.
- **Thickened battery cabinet base:** the base of the battery cabinet is made of thickened steel plate, which can protect the battery well as well as give the battery enough support and is also convenient for transportation.
- **Anti-theft door lock:** The battery cabinet is equipped with a door lock to avoid uninvolved people to open the battery cabinet easily and avoid safety accidents.
- **Anti-corrosion grade:** If your battery needs to be used in offshore oil platforms, islands, rainy places, we can customize the anti-corrosion grades of WF2, C3, C4 and CX for you to make sure that the battery can work safely even in the harsh environment.

**Fast charging and discharging:** With a discharge rate of 0.5C, the battery can be charged or discharged within 2 hours. If you need faster charging and discharging speed, we can also customize the design according to your needs.

#### **Simple & Friendly**

- Easy installation, pre-installed before delivery.
- Integrated BMS/EMS to adapt to various application scenarios.
- Simple operation & flexible capacity extension upon requirements.
- Backup time with 2-5 hours.
- **Low noise:** the noise of 200kWh battery system is within 60dB when working, and there is soundproof battery cabinet. So the noise generated is within the acceptable range and will not have a great impact on people's lives.

#### **Cost-Effective & High Efficiency**

- **100% DOD,** improve return on investment.
- High efficiency design to ensure safety & improve refrigerating efficiency.

**Battery cell brand:** The 200 kWh Li-ion battery uses EVE brand cells, which is the top 3 Chinese cell brands. In addition, you can also choose CATL, BYD brand battery cells. These three battery cell brands are the world's top 5 famous brands that we often cooperate with.

**Battery voltage can be customized:** If your battery is used for DC motors or need to customize a specific working voltage range, we are also able to provide custom design service according to your needs.

**Battery size can be customized:** If your battery cabinet is used in ships, short space, we will customize the design of the size of the battery cabinet according to the data you provide.

**Guaranteed after-sales service:** If the battery malfunctions during use, we will provide forever free remote inspection, fault diagnosis and free replacement parts during the warranty period and other services.