



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA AISLADA, CONECTADA A RED CON BATERÍA DE LITIO*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Nicolás Vidal Carbonell*

**TUTOR/A:**

*Marcos Pascual Moltó*

*María Antonia Liberos Mascarell*

**GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Convocatoria de defensa: Septiembre 2021

## Resumen

---

En este TFG se diseñará una instalación fotovoltaica en una vivienda situada en el campo con conexión a red, precisando que gran parte de la demanda energética proceda por autoconsumo. Por ello mismo, se decide instalar un generador fotovoltaico, batería de litio para almacenar la energía y se dispondrá de un cargador de vehículo eléctrico con tecnología bidireccional (V2G).

## Resum

---

En aquest TFG es dissenyarà una instal·lació fotovoltaica en un habitatge situat en el camp amb connexió a xarxa, precisant que gran part de la demanda energètica procedisca per autoconsum. Per això mateix, es decideix instal·lar un generador fotovoltaic, bateria de liti per a emmagatzemar l'energia i es disposarà d'un carregador de vehicle elèctric amb tecnologia bidireccional (V2G).

## Abstract

---

In this TFG a photovoltaic installation will be designed in a house located in the countryside with grid connection, specifying that a large part of the energy demand comes from self-consumption. For this reason, it was decided to install a photovoltaic generator, a lithium battery to store the energy and an electric vehicle charger with bidirectional (V2G) technology.

Palabras clave

---

Autoconsumo, batería de litio, cargador bidireccional.

Paraules clau

---

Autoconsum, liti, carregador bidireccional.

Key words

---

Self-consumption, lithium, bidirectional charger.

## ÍNDICE

1.	Memoria .....	10
1.1.	Objeto .....	10
1.2.	Tipología de la instalación .....	10
1.3.	Normativa aplicable .....	12
1.3.1.	Legislación de ambito nacional .....	12
1.4.	Dimensionamiento de la instalación .....	13
1.5.	Emplazamiento.....	13
1.6.	Climatología.....	15
1.6.1.	Temperatura.....	16
1.6.2.	Precipitación.....	17
1.6.3.	Irradiación solar.....	18
1.7.	Beneficios para el medio ambiente.....	21
1.8.	Principio de funcionamiento .....	22
1.9.	Ventajas y desventajas .....	22
2.	Diseño de la instalación .....	24
2.1.	Estudio de consumos .....	24
2.1.1.	Consumo por meses .....	24
2.1.2.	Consumo diario.....	26
2.2.	Necesidades de la vivienda .....	28
2.3.	Consumo de emergencia.....	29
2.4.	Ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie terrestre.....	30
2.5.	Inclinación de los paneles .....	31
2.6.	Descripción de la instalación .....	34
3.	Elementos principales .....	35
3.1.	Paneles fotovoltaicos.....	35
3.2.	Inversor .....	38

3.2.1.	Características de los inversores híbridos .....	38
3.3.	Batería.....	41
3.4.	Cargador de vehículos bidireccional v2g.....	42
3.5.	Estructura soporte de módulos.....	44
3.6.	Fronius smart meter.....	45
3.7.	Sistema de monitorización.....	47
3.8.	Puesta a tierra .....	49
3.8.1.	Puesta a tierra. Tierra del sistema.....	52
4.	Dimensionamiento de los elementos.....	54
4.1.	Generador fotovoltaico .....	54
4.2.1.	Comprobación por tensión.....	56
4.3.	Cableado.....	58
4.3.1.	Tramo 1: conexionado entre paneles solares .....	58
4.3.2.	Tramo 2: tramo de caja stream a inversor .....	61
4.3.3.	Tramo 3: tramo de inversor a batería .....	64
4.3.4.	Tramo 4. Tramo de inversor a vivienda.....	65
4.4.	Protecciones.....	68
4.2.1.	Protecciones dc .....	68
4.2.2.	Protecciones ac .....	69
5.	Presupuesto.....	71
6.	Estudio económico .....	73
7.	Planos .....	74
7.1.	Plano 01 – catastro .....	74
7.2.	Plano 02 – simulación de la instalación .....	74
7.3.	Plano 03 – esquema unifilar .....	74
7.4.	Plano 04 – detalle distribución de paneles.....	74
8.	Conclusiones.....	79
8.1.	Conclusiones prácticas.....	79

8.2. Conclusiones teóricas .....	79
9. Bibliografía.....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Temperaturas medias mensuales en Ontinyent .....	16
Tabla 3. Temperaturas máximas y mínimas anuales .....	17
Tabla 4. Precipitaciones mensuales en Ontinyent .....	17
Tabla 5. Irradiación mensual con un ángulo de 30º.....	18
Tabla 6. Irradiación mensual con un ángulo de 35º.....	19
Tabla 7. Irradiación mensual con un ángulo de 40º.....	19
Tabla 8. Irradiación mensual con un ángulo de 45º.....	20
Tabla 9: Irradiación mensual con un ángulo de 50º.....	20
Tabla 10: Consumos mensuales de la vivienda .....	25
Tabla 11: Consumo diario.....	27
Tabla 12: Consumos de emergencia .....	29
Tabla 13: Características del módulo solar .....	36
Tabla 14: Características del inversor .....	40
Tabla 15: Características del inversor .....	40
Tabla 16: Características de la batería .....	41
Tabla 17: Características del cargador bidireccional.....	43
Tabla 18: Características de Fronius Smart Meter .....	45
Tabla 19: Producción mensual de 1 kW de generador fotovoltaico .....	55
Tabla 20: Energía producida respecto a potencia instalada .....	56
Tabla 21: Potencia paneles - generador fotovoltaico .....	56
Tabla 22: Factores de corrección .....	59
Tabla 23: Factores de corrección .....	62
Tabla 24: Factores de corrección .....	64
Tabla 25: Factores de corrección .....	65
Tabla 26: Tabla resumen de las secciones de cada tramo presente en la instalación.....	67
Tabla 27: Presupuesto.....	71
Tabla 28: Estudio económico .....	74

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización de la instalación .....	14
Imagen 2. Acceso a la instalación desde la autovía A7 .....	15
Imagen 3. Incidencia de los rayos del sol .....	30
Imagen 4. Producción de energía mensual a 35º .....	31
Imagen 5. Producción de energía mensual a 40º .....	32
Imagen 6. Producción de energía mensual a 45º .....	32
Imagen 7. Producción de energía mensual a 50º.....	33
Imagen 8. Curvas del módulo solar a temperatura de 25ºC y con variación de niveles de irradiación.....	36
Imagen 9. Curvas del módulo solar con irradiación constante .....	37
Imagen 10. Inversor Fronius.....	39
Imagen 11. Cargador bidireccional WallBox Quasar .....	43
Imagen 12. Fronius Smart Meter .....	46
Imagen 13. Fronius Solar Web .....	48
Imagen 14. Conexión de la toma de tierra al panel .....	49
Imagen 15. Esquema del conexionado a tierra.....	51



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2. Temperaturas medias mensuales en Ontinyent .....	16
Gráfico 3. Irradiaciones a diferentes ángulos .....	21
Gráfico 4: Consumos mensuales de la vivienda .....	26
Gráfico 5: Representación gráfica del presupuesto .....	72

## 1. MEMORIA

### 1.1. OBJETO

La sociedad actual está cada vez mucho más concienciada con el estado del planeta, ya que durante muchos años se ha aprovechado de él sin ningún tipo de miedo a que se tuviera ninguna repercusión. El aprovechamiento durante tantos años ya ha dado su fruto y no son para nada buenos. Hoy en día se pueden observar varias problemáticas como pueden ser el agujero de la capa de ozono, la contaminación, la lluvia ácida, las emisiones de CO<sub>2</sub>, la subida de temperatura del planeta aumentando a un gran ritmo, entre otros.

Todas estas problemáticas y muchas otras relacionadas, han realizado un cambio en la forma de pensar de la sociedad y en consecuencia en una concienciación con el medio ambiente. Cada día las personas buscan que sus actos diarios sean un poco más sostenibles. Además, día a día se puede observar que los precios de la electricidad van subiendo sin tener un límite y como ya se sabe, España es uno de los países con más horas de sol al año. Gracias a la energía solar fotovoltaica se puede obtener una pequeña solución al gran problema mundial y de esa forma poder fomentar acciones que no lo lleven más allá.

Dada la concienciación actual sobre el cambio climático, el cliente sugiere que quiere aportar su granito de arena haciendo su casa mucho más sostenible de lo que es actualmente, haciendo uso de las actuales energías renovables. Requiere no realizar un desconexión total de la red eléctrica, pero sí que la gran parte de kWh consumidos en la casa se hayan generado mediante un generador fotovoltaico. Del mismo modo comenta que no le importa el precio total de la instalación ni la amortización a corto ni largo plazo.

### 1.2. TIPOLOGÍA DE LA INSTALACIÓN

Las instalaciones solares fotovoltaicas permiten aprovechar la energía generada por la radiación del sol para convertirla en energía eléctrica y de este modo poder hacer un uso de ella en nuestras labores cotidianas. Los paneles solares son los encargados de hacer la conversión de radiación solar a energía eléctrica continua y más tarde, dicha energía es conducida a un inversor, el cual se encargará de convertirla en energía eléctrica alterna para el consumo. Dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas se puede observar varias clases de instalaciones, que se deberán estudiar para poder decidir cuál será la más adecuada y acorde a nuestras necesidades.

En general, hay dos tipos de instalaciones solares fotovoltaicas, aislada de la red eléctrica y conectada a la red eléctrica.

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red tienen varias ramificaciones, como pueden ser, sin excedentes o con excedentes.

Real Decreto 244/2019

- Sin excedentes: cuando existen sistemas antivertido que impiden la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o distribución. Estas instalaciones están enfocadas a llevar instalada una batería, de este modo permite que se pueda gestionar mucho mejor los picos de demanda y a la vez reducir la presión a la que están sometidas las redes de distribución actualmente. En este particular caso solo existe un único tipo de sujeto, llamado consumidor.
- Con excedentes: cuando las instalaciones fotovoltaicas pueden suministrar energía para su consumo y a la vez inyectar la energía excedente a la red. En dicho caso existen dos tipos de sujetos llamados consumidor y productor.
- Con excedentes acogidas a compensación: en esta modalidad la energía que no se autoconsume de forma instantánea se vuelca a la red eléctrica de manera que al final del periodo de facturación de la compañía eléctrica esta se compensa en la factura del cliente. Este tipo de modalidad no está disponible para instalaciones individuales y colectivas conectadas en red y que cumplan las condiciones descritas en el Real Decreto.
- Con excedentes no acogidas a compensación: en esta modalidad la energía que no se consume en la instalación de forma instantánea se vuelca directamente a la red y se vende obteniendo por ella el precio del mercado eléctrico. Se puede observar que cualquiera de las modalidades de instalaciones de autoconsumo ofrece a los consumidores de energía ahorros en su factura eléctrica.

El proyecto a realizar consta de una vivienda conectada a la red eléctrica con instalación solar fotovoltaica y batería de litio. Cabe destacar que la instalación llevará instalado un cargador de vehículo eléctrico bidireccional V2G, para poder usar la batería del vehículo en caso de emergencia, si se diera la situación de no tener suministro de la red eléctrica y tener la batería de la vivienda descargada.

### 1.3. NORMATIVA APLICABLE

Las características de la instalación, así como los materiales, los cálculos justificativos y la forma de ejecutar la instalación se ha realizado dando cumplimiento a las siguientes disposiciones.

#### 1.3.1. LEGISLACIÓN DE AMBITO NACIONAL

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 27/2021, de 19 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónico. Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE núm. 310, de 27/12/2013) y sus modificaciones.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia (BOE núm. 295, de 08/12/2011) y sus modificaciones.
- Real Decreto 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (BOE nº 224, de 18/09/2002).
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE núm. 310, de 27 de diciembre de 2000; con corrección de errores en BOE núm. 62, de 13 de marzo de 2001) y sus modificaciones.
- Real Decreto 1627/1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Normativa UNE de aplicación.
- Pliego de Condiciones Técnicas para instalaciones destinadas a autoconsumo (IDAE).

#### 1.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Para el correcto dimensionado de la instalación es preceptivo estudiar la problemática desde todos los aspectos que intervienen en este proyecto. Por esta razón se realizan los siguientes análisis:

- Análisis de los consumos de la vivienda, para obtener la demanda energética y realizar un correcto dimensionamiento de la instalación
- Análisis de mercado y características de los elementos a instalar
- Dimensionamiento eléctrico
- Diseño geométrico de la instalación
- Simulaciones de rendimiento con distintos escenarios
- Análisis de costes
- Amortización

#### 1.5. EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica propuesta se llevará a cabo en el municipio de Ontinyent, en la provincia de Valencia (España). Ontinyent se encuentra 353 metros sobre el nivel del mar (imagen 1).

Las coordenadas geográficas de la parcela son:

- Longitud: 38°49'02.6"N
- Latitud: 0°35'12.1"W

La parcela se encuentra en el Camí Vell d'Agullent, concretamente en el polígono número 46, parcela 58.

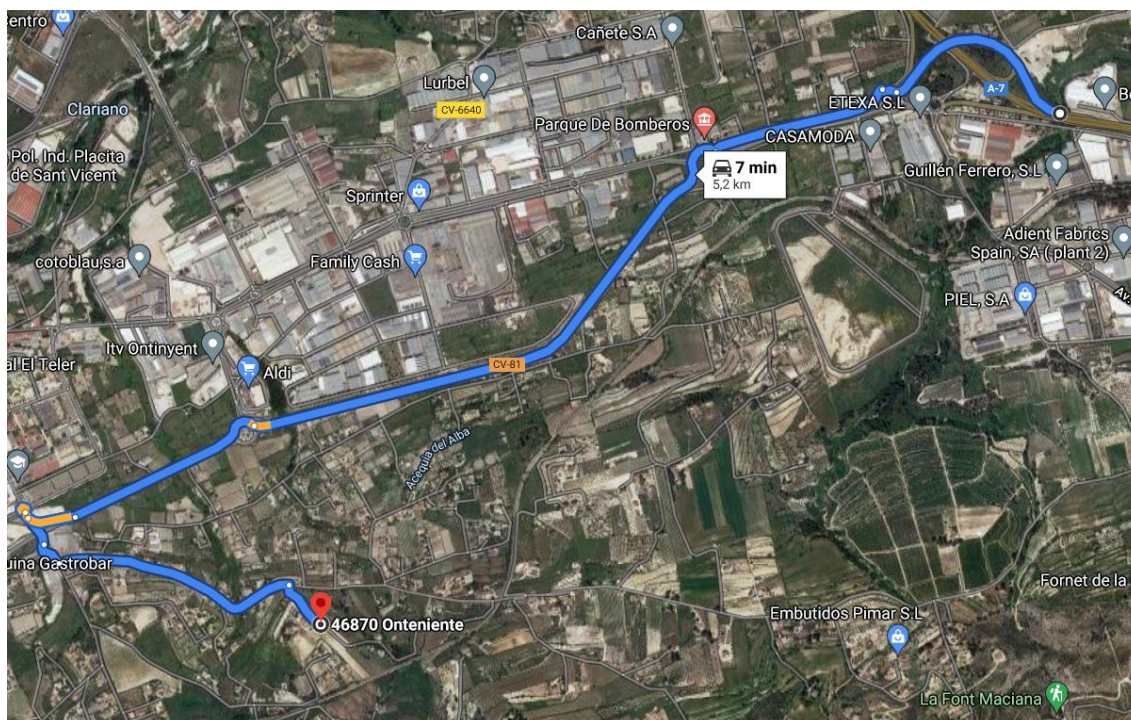
**Imagen 1.** Localización de la instalación



**Fuente:** Google Maps. 2021

El acceso al emplazamiento se muestra en la imagen 2. Accediendo desde la Autovía del Mediterráneo A7, se toma la salida 418, en la rotonda se debe tomar la primera salida, en la próxima rotonda se debe tomar la tercera salida hacia CV-81. Para abandonar la CV-81, se debe tomar la salida de “Centre Ciutat”. En la próxima rotonda se debe tomar la 4 salida y continuar por la vía. En la próxima rotonda se debe tomar la tercera salida dirección Camí de la Farola. Por último, seguir el camino hasta llegar al Ramal 8B.

**Imagen 2.** Acceso a la instalación desde la autovía A7



**Fuente:** Google Maps. 2021

## 1.6. CLIMATOLOGÍA

Primeramente, antes de realizar cálculos de potencia de la instalación para su posterior dimensionamiento, se debe obtener información sobre el clima de la zona, ya que esta nos afectará a la vida útil y rendimiento de cada uno de los elementos de la instalación fotovoltaica.

Ontinyent, se encuentra situado en la Comunidad Valenciana, concretamente en la comarca de la Vall d'Albaida, donde el clima es mediterráneo-continentalizado. Dicho clima es un clima de transición entre el continental y el mediterráneo típico, propio del interior de la península ibérica. Los inviernos son fríos, los veranos son más cálidos que en el clima mediterráneo típico con temperaturas máximas superiores a los 40 grados, y las precipitaciones son escasas, pero mejor distribuidas a lo largo del año, excepcionalmente en invierno pueden ser en forma de nieve.

### 1.6.1. TEMPERATURA

La temperatura media anual en la ciudad de Ontinyent se sitúa sobre los 15,53 °C. Las temperaturas son bastantes elevadas los meses de verano, pudiendo registrar puntualmente, algunas temperaturas extremas de 42 °C o 43 °C en los meses de julio y agosto, la media de las temperaturas en verano es de 31,45 °C.

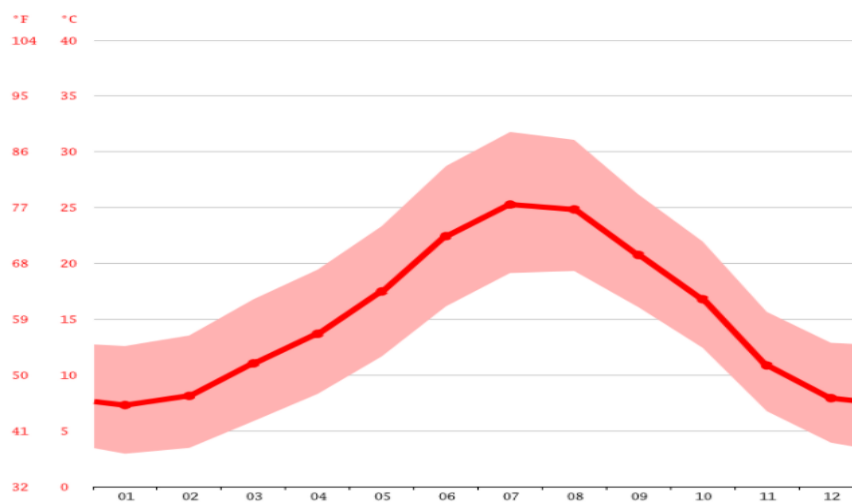
Los inviernos en la ciudad son bastantes suaves, las temperaturas más bajas se registran en los meses de diciembre y febrero, pudiendo llegar a valores entre 0 °C y -4 °C, excepcionalmente.

**Tabla 1.** Temperaturas medias mensuales en Ontinyent

Temp	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Max</b>	12.6	13.5	16.8	19.4	23.3	28.7	31.8	31.1	26.2	22	15.7	12.9
<b>Min</b>	2.9	3.5	5.9	8.3	11.7	16.2	19.1	19.3	16.1	12.4	6.8	3.9
<b>Med</b>	7.3	8.1	11	13.7	17.5	22.4	25.3	24.8	20.8	16.8	10.8	7.9

Fuente: Weather Spark. 2021.

**Gráfico 1.** Temperaturas medias mensuales en Ontinyent



Fuente: Weather Spark. 2021



**Tabla 2.** Temperaturas máximas y mínimas anuales

Temperatura	
<b>Media Máxima Anual</b>	21.16 °C
<b>Media Mínima Anual</b>	10.51 °C
<b>Media Anual</b>	15.53 °C

**Fuente:** Weather Spark. 2021.

No se tendrá ningún problema a nivel de temperatura, ya que no afectará negativamente en el rendimiento de los paneles solares. Los módulos fotovoltaicos reducen progresivamente su productividad a medida que aumenta la temperatura.

### 1.6.2. PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones en la ciudad de Ontinyent son bastantes variables durante la época del año. Los periodos más lluviosos son entre marzo - abril y septiembre - noviembre. La variación en las precipitaciones entre los meses más secos y húmedos es de 60mm. La precipitación anual total aproximada en la ciudad es de 520 mm, siendo bastante irregular en diferentes años, ya que hay años de bastante lluvia y otros años con poca cantidad de lluvia.

**Tabla 3.** Precipitaciones mensuales en Ontinyent

Precipitación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>mm</b>	42	40	48	60	48	23	9	24	69	62	51	44

**Fuente:** Climate Data. 2021

Generalmente, suele ser una zona con pocas lluvias durante un año. Esto quiere decir que es bastante complicado que se tengan varios días sin sol y, por lo tanto, con muy poca producción eléctrica.

En resumen, se podría afirmar que es una buena zona para la colocación de una instalación solar fotovoltaica, ya que la gran parte de los días se tendrá un clima soleado y con una buena irradiación durante todo el año.

Además, se va a recopilar la radiación incidente, este factor nos determinará la máxima energía que se podría aprovechar.

### 1.6.3. IRRADIACIÓN SOLAR

Se va a realizar un estudio de la irradiación anual mediante la página web PVGIS. La radiación va a determinar la cantidad de energía que va a producir la instalación fotovoltaica, es decir, cuando más radiación, más producción estará proporcionando el panel.

En dicho programa se puede calcular la radiación que incide sobre la superficie exacta donde se va a ubicar la instalación, mediante la configuración de la latitud y longitud del lugar. Se ha obtenido la radiación solar mes a mes variando el ángulo de los paneles solares, para poder observar la variación que hay entre los diferentes ángulos.

A continuación, se muestran las tablas con los diferentes tipos de ángulos y su radiación correspondiente.

**Tabla 4.** Irradiación mensual con un ángulo de 30°

MES	kWh/m <sup>2</sup>
<b>Enero</b>	116,5
<b>Febrero</b>	135,43
<b>Marzo</b>	177,33
<b>Abril</b>	172,22
<b>Mayo</b>	202,32
<b>Junio</b>	221,77
<b>Julio</b>	226,93
<b>Agosto</b>	226,39
<b>Septiembre</b>	196,14
<b>Octubre</b>	149,68
<b>Noviembre</b>	118,71
<b>Diciembre</b>	109,01
<b>SUMA</b>	<b>2 052,43</b>

Fuente: PVGIS. 2021

**Tabla 5.** Irradiación mensual con un ángulo de 35°

MES	kWh/m <sup>2</sup>
Enero	121,95
Febrero	139,93
Marzo	179,37
Abril	170,85
Mayo	197,85
Junio	215,13
Julio	220,63
Agosto	223,33
Septiembre	197,08
Octubre	152,93
Noviembre	123,29
Diciembre	114,51
<b>SUMA</b>	<b>2 056,85</b>

Fuente: PVGIS. 2021

**Tabla 6.** Irradiación mensual con un ángulo de 40°

MES	kWh/m <sup>2</sup>
Enero	126,58
Febrero	142,76
Marzo	180,32
Abril	168,51
Mayo	192,14
Junio	207,46
Julio	213,58
Agosto	219,04
Septiembre	196,8
Octubre	155,24
Noviembre	127,09
Diciembre	119,26
<b>SUMA</b>	<b>2 048,78</b>

Fuente: PVGIS. 2021

**Tabla 7.** Irradiación mensual con un ángulo de 45°

MES	kWh/m <sup>2</sup>
Enero	130,38
Febrero	145,07
Marzo	180,17
Abril	165,22
Mayo	185,32
Junio	198,79
Julio	205,42
Agosto	213,45
Septiembre	195,32
Octubre	156,58
Noviembre	130,08
Diciembre	123,24
<b>SUMA</b>	<b>2 029,04</b>

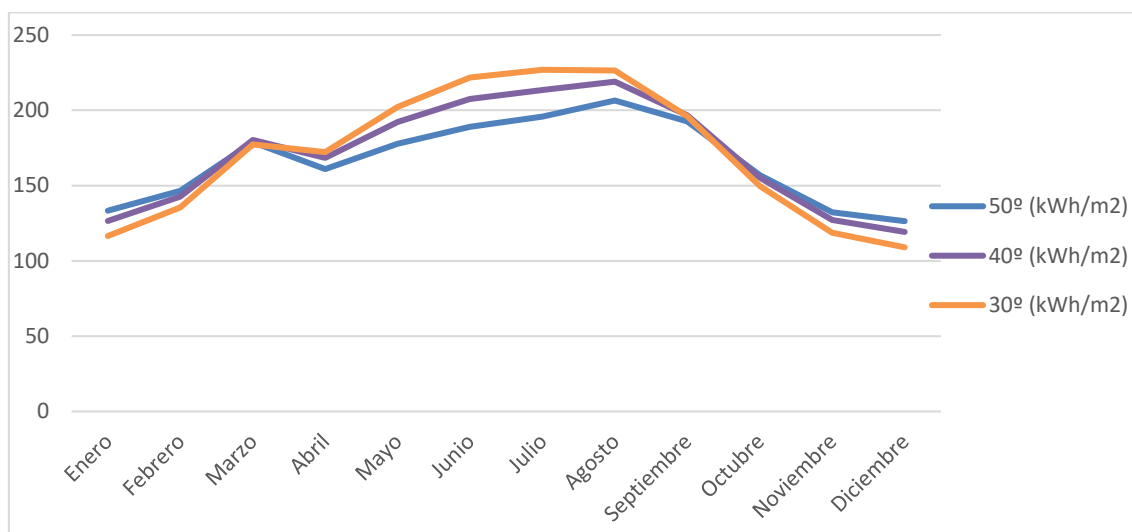
Fuente: PVGIS 2021

**Tabla 8:** Irradiación mensual con un ángulo de 50°

MES	kWh/m <sup>2</sup>
Enero	133,3
Febrero	146,45
Marzo	178,9
Abril	160,97
Mayo	177,7
Junio	189
Julio	195,94
Agosto	206,52
Septiembre	192,57
Octubre	156,94
Noviembre	132,22
Diciembre	126,4
<b>SUMA</b>	<b>1 996,91</b>

Fuente: PVGIS. 2021

**Gráfico 2. Irradiaciones a diferentes ángulos**



**Fuente:** PVGIS. 2021

### 1.7. BENEFICIOS PARA EL MEDIO AMBIENTE

Debido a la instalación del generador fotovoltaico, la vivienda podrá abastecerse de energía proveniente de una fuente inagotable y renovable como es el caso de la energía solar. Con dicha instalación se podrá evitar la emisión de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la instalación se va a instalar una batería de ion-litio, es una batería de última generación con numerosos beneficios. Comparando con las baterías convencionales de ácido plomo, las de litio tienen aproximadamente tres veces más densidad energética, lo que significa una mayor capacidad respecto a una de ácido plomo. Trabajan a un mayor voltaje, la celda de una batería de ácido plomo trabaja a 2 voltios y la de ion-litio llega a superar los 3,6 voltios. Respecto a la vida útil, las baterías de plomo-ácido con ciclo profundo, tienen unos 600 – 700 ciclos de descarga, mientras que las de litio pueden alcanzar más de 6 000 ciclos.

El mantenimiento es un punto clave en estos elementos, ya que, sin él, se podría reducir considerablemente la vida útil de las baterías. Las baterías de ácido – plomo, hay que revisarlas el nivel de electrolito. En cambio, las baterías de litio, al estar encapsuladas, no tienen ningún tipo de mantenimiento.

En visión al futuro y poder ampliar el banco de baterías, las baterías de ácido-plomo no son tan fáciles de ampliar como puedan ser las de litio, ya que las de ácido-plomo se tiene que dimensionar muy bien el bloque, mientras que las de litio son muy fáciles de ampliar, colocando tantos módulos compatibles como soporte la batería.

Por último, pero no menos importante, el factor que debe adaptarse al bolsillo de una gran parte de clientes es el precio. El precio más elevado es el de las baterías de litio.

El elemento más novedoso de la instalación en la casa puede ser el cargador bidireccional. Este puede, tanto cargar el vehículo eléctrico como proporcionarle energía a la vivienda proveniente de la batería del vehículo.

#### 1.8. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas es obtener energía eléctrica a través de la energía solar. Esta energía obtenida directamente a partir de la radiación solar se transforma en electricidad mediante una célula fotovoltaica. La célula fotovoltaica se encuentra integrada en módulos y dichos módulos forman los paneles solares. Las células son aquellas que captan la energía solar y la transforman directamente en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico.

La energía eléctrica generada por los paneles solares es en forma de corriente continua. Para el uso y disfrute de dicha energía es necesaria transformarla en corriente alterna para que tenga las mismas características de la energía de la red eléctrica y pueda abastecer a los equipos eléctricos y electrónicos conectados a la misma. La transformación se realiza mediante un inversor que se encarga de transformarla de continua a alterna y además de ajustar la frecuencia y el voltaje.

#### 1.9. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Cuando se estudia la gran familia de las energías renovables, la energía solar ha sido una de las más importantes, ya que ha adquirido una gran importancia y muchísima presencia en el día a día. Todo esto ha sido posible porque se trata de una energía renovable que la obtenemos de una fuente inagotable como es el sol. Unos de los sinónimos que tienen la energía solar es energía limpia y sostenible.

### **Ventajas de la energía solar:**

- La luz solar necesaria para los módulos fotovoltaicos es abundante y se puede encontrar disponible en cualquier punto de la Tierra
- La energía solar presenta un tipo de contaminación que es desarrollada en la fabricación de los paneles solares
- La energía solar sin ningún tipo de elemento que la transforme ya es una fuente de calor y también tiene la capacidad de calentar
- Cuando una instalación se abastece con energía solar, no depende de ningún intermediario

### **Desventajas de la energía solar:**

- Durante todo el proceso de fabricación de los módulos fotovoltaicos se producen muchos gases de efecto invernadero y desechos tóxicos
- Las condiciones climáticas pueden afectar y hacer perder rendimiento al panel solar cuando este se encuentre en ambientes con mucha humedad y calor o nubes y nieblas durante largos periodos de tiempo
- La contaminación existente en el medio puede afectar, como por ejemplo la polución que se encuentra en las grandes ciudades o polígonos industriales. Dicha polución reduce considerablemente el rendimiento del generador fotovoltaico.
- La energía solar no es nunca constante, ella varía durante todo el día y por la noche no está disponible.
- Los meses de invierno afectan negativamente a las instalaciones solares, ya que hay menos horas de luz que el resto de las estaciones del año
- La inversión a largo plazo en la gran mayoría de las instalaciones solares es rentable, pero necesitan un gran desembolso inicial
- Los paneles solares cuentan con un bajo rendimiento. El rendimiento de los paneles solares no es muy elevado

## 2. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Mientras la producción solar sea igual o superior a las necesidades de la vivienda, los consumos de la vivienda serán suministrados con energía procedente de los paneles solares. Si la producción de los paneles no pudiera abastecer la totalidad de los consumos, la energía necesaria para llegar a su totalidad se suministraría desde la batería, y en el caso de no poder abastecer los consumos desde los paneles y la batería se utilizará la red eléctrica. En el caso de tener un excedente de energía proveniente de los paneles solares, esa energía es almacenada en las baterías. Y para hacer el sistema lo más eficiente posible, nunca se cargarán las baterías desde la red eléctrica.

### 2.1. ESTUDIO DE CONSUMOS

Se realiza un estudio de los consumos y potencia máxima durante el año 2020 mediante la aplicación móvil I-DE de la distribuidora eléctrica Iberdrola. En la plataforma se puede obtener el consumo de la vivienda por horas y días y el pico de potencia máxima consumida.

#### 2.1.1. CONSUMO POR MESES

Como se observa en la siguiente tabla, se ve el consumo mensual de la vivienda durante el año 2020.

Se puede apreciar el elevado consumo durante los meses de invierno, sobre todo el mes de enero, debido a la iluminación exterior que está mucho más tiempo encendida y los elementos de climatización, entre otros. Pero en general, los meses entre noviembre y abril, son los que más consumen.

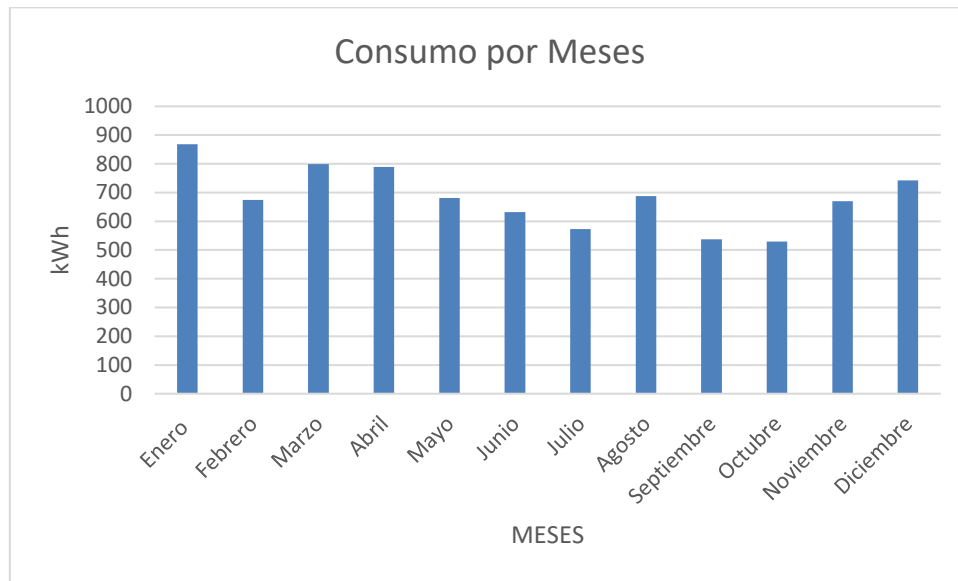


**Tabla 9:** Consumos mensuales de la vivienda

<b>CONSUMO VIVENDA 2020</b>	
<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
<b>Enero</b>	868
<b>Febrero</b>	674
<b>Marzo</b>	799
<b>Abril</b>	789
<b>Mayo</b>	681
<b>Junio</b>	632
<b>Julio</b>	573
<b>Agosto</b>	688
<b>Septiembre</b>	537
<b>Octubre</b>	529
<b>Noviembre</b>	670
<b>Diciembre</b>	742
<b>Consumo medio mes</b>	<b>681.8</b>

Fuente: Aplicación móvil i-DE

**Gráfico 3:** Consumos mensuales de la vivienda



**Fuente:** Aplicación móvil i-DE

### 2.1.2. CONSUMO DIARIO

En la siguiente tabla, se observa el consumo diario del mes más desfavorable: enero. Entre ellos hay una variación entre 18.55 kWh y 31.79 kWh, excepto un consumo excepcional de un día de 46.45 kWh.

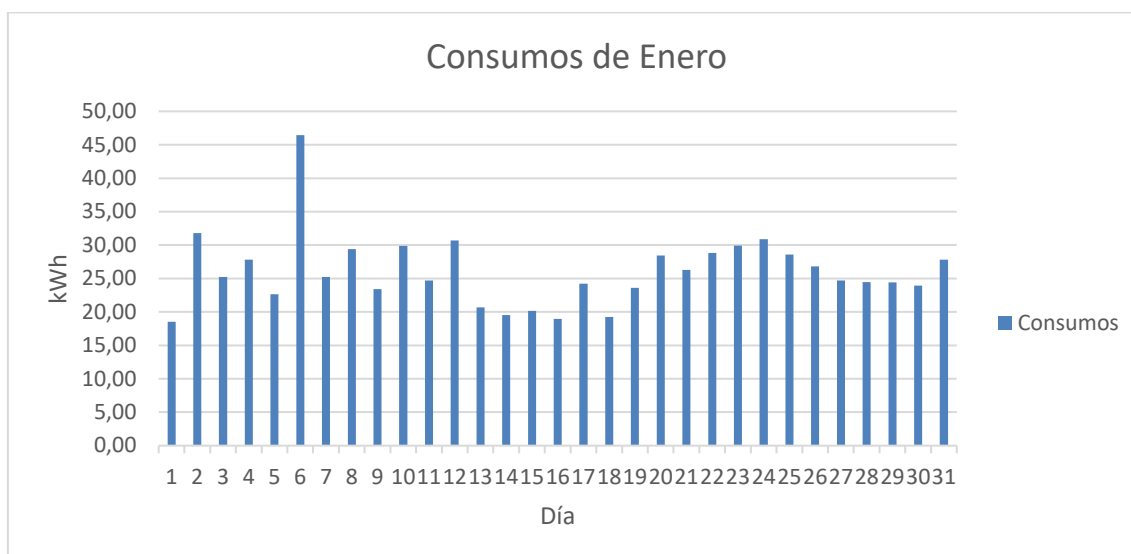
Para el dimensionamiento de la instalación se elige el promedio de consumo de 26.04 kWh.

**Tabla 10:** Consumo diario

Enero (mes más desfavorable)			
Día	Consumo (kWh)	Día	Consumo (kWh)
1	18.55	16	18.93
2	31.79	17	24.24
3	25.23	18	19.23
4	27.82	19	23.58
5	22.63	20	28.43
6	46.45	21	26.26
7	25.25	22	28.80
8	29.10	23	29.94
9	23.40	24	30.90
10	29.87	25	28.59
11	24.70	26	26.82
12	30.69	27	24.71
13	20.70	28	24.45
14	19.55	29	24.44
15	20.17	30	23.96
		31	27.81
<b>Promedio 26.04 kWh</b>			

Fuente: Aplicación móvil i-DE

**Gráfico 4. Consumos diarios**



**Fuente:** Aplicación móvil i-DE

## 2.2. NECESIDADES DE LA VIVIENDA

En el apartado anterior se ha calculado la necesidad estimada de energía necesaria para un día, que son 26.04 kWh.

Dicho consumo se ha calculado con todas las circunstancias más desfavorables. En el mes de enero, es cuando menos horas de luz hay durante el día y por lo consecuente más energía eléctrica se utiliza para la iluminación de la vivienda. Otro factor importante en invierno es el uso de la calefacción, aunque en dicho caso la calefacción no afecta a la instalación, ya que el cliente utiliza gasoil para calentar el agua dentro de la caldera, pero sí que afecta el uso de electrodomésticos auxiliares a ella para elevar la temperatura de las estancias en ciertos momentos. Además, la vivienda cuenta con un termo eléctrico de ACS, por lo consecuente en invierno se usa mucha más agua caliente que en las otras estaciones del año.

La instalación contará con un cargador de vehículo eléctrico bidireccional, ya que el cliente ha informado de la posesión de uno de estos. La recarga del vehículo eléctrico no se realizará habitualmente en la vivienda, solamente de manera esporádica, ya que el propietario realiza la recarga de su vehículo en su lugar de trabajo, que disponen de tres cargadores eléctricos. Por esta razón, no se va a tener en cuenta la carga del vehículo en el dimensionamiento de la instalación, ya que al estar conectados a red no se tendrá problema alguno. Además, la

petición del cliente es poder utilizar la batería del vehículo como suministro de energía eléctrica a la vivienda en caso de emergencia, es decir, que se realice un corte de suministro de la red eléctrica y que las baterías hayan agotado su autonomía.

La vivienda tiene consumos más elevados en los meses de invierno, por lo que interesa cubrir la demanda en los meses más fríos y en consecuencia en los meses más cálidos habrá una producción de energía eléctrica sobrante.

En este caso en particular, interesa la producción de energía eléctrica mes a mes, para cubrir la demanda mensual no interesa la energía anual producida.

### 2.3. CONSUMO DE EMERGENCIA

El cliente se pone en la peor de las situaciones, para intentar de ninguna manera quedarse sin suministro eléctrico. La vivienda se puede alimentar por tres vías: red eléctrica, baterías y batería del vehículo eléctrico. Descartando la última, ya que sería el último recurso y si tiene un corte de suministro eléctrico durante un día nublado de invierno, la vivienda reduce el consumo eléctrico considerablemente, solamente estarían consumiendo ciertos electrodomésticos necesarios para poder alimentarse, iluminar y tener agua caliente.

El cliente ha proporcionado la ficha técnica de los electrodomésticos esenciales, para poder calcular la energía que se va a utilizar en un día.

**Tabla 11:** Consumos de emergencia

CONSUMOS EMERGENCIA DURANTE UN DÍA		
<b>Termo Eléctrico</b>	4	kWh
<b>Vitroceraámica</b>	2.5	kWh
<b>Nevera A++</b>	0.78	kWh
<b>Congelador</b>	0.64	kWh
<b>Iluminación</b>	0.7	kWh
<b>Otros usos</b>	0.5	kWh
<b>TOTAL</b>	<b>9.12</b>	<b>kWh</b>
<b>TOTAL RENDIMIENTOS</b>	<b>9.89</b>	<b>kWh</b>

**Fuente:** Fichas técnicas de los electrodomésticos de la vivienda

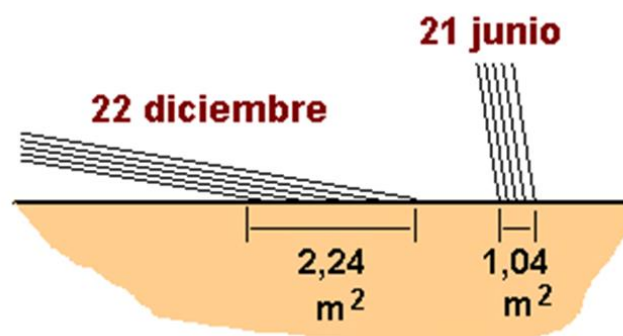
Como se puede observar, se puede aproximar a 10 kWh de energía consumida en un día, por lo que la batería podría suministrarlo sin ningún tipo de problema.

#### 2.4. ÁNGULO DE INCIDENCIA DE LOS RAYOS SOLARES SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE

La incidencia del sol respecto a la tierra va variando según la época del año. Cuando los rayos solares caen verticalmente sobre la superficie terrestre, la intensidad de la radiación es mayor que si lo hacen oblicuamente, ya que el mismo flujo de radiación se tiene que repartir en una superficie mayor. La irradiancia en el plano inclinado depende de la altura del sol.

La radiación solar calienta la superficie terrestre con mayor o menor efectividad en función de la altura del Sol sobre el horizonte. Cuando un haz de radiación solar, con una sección de  $1 \text{ m}^2$ , alcanza el suelo durante el Solsticio de Verano a una latitud de  $40^\circ \text{ N}$ , ésta se reparte sobre un área de  $1.04 \text{ m}^2$ , mientras que durante el Solsticio de Invierno lo hace sobre un área de  $2.24 \text{ m}^2$ . Durante el invierno,  $1 \text{ m}^2$  de superficie terrestre recibe menos de la mitad de la energía que recibe durante el verano, razón por la cual el ambiente resulta más frío.

**Imagen 1:** Incidencia de los rayos del sol



Fuente: AulaFacil

## 2.5. INCLINACIÓN DE LOS PANELES

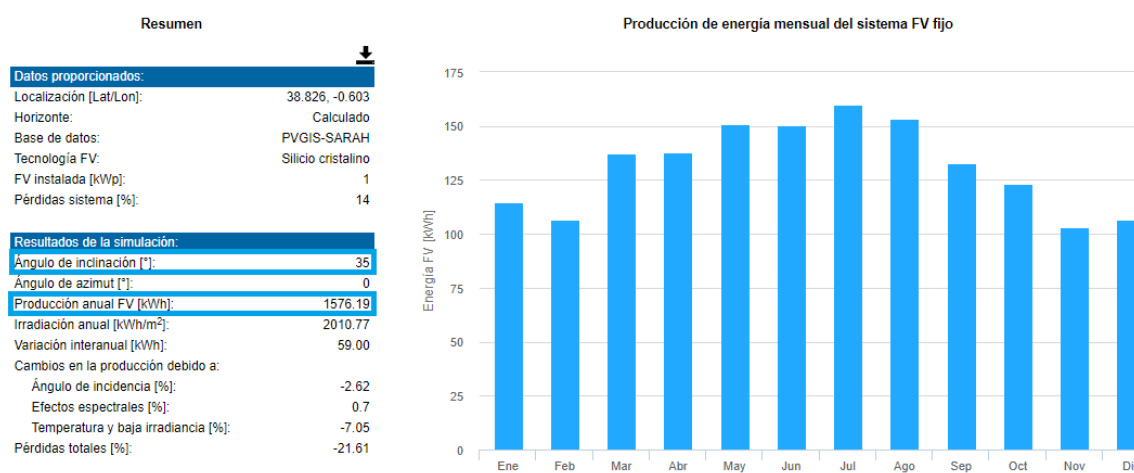
La inclinación de los paneles solares es uno de los factores más importantes a la hora de realizar la instalación, ya que de esta depende la producción de energía eléctrica.

El soporte de los paneles solares se realizará mediante una estructura metálica en el campo, por lo que se podrá instalar los paneles al ángulo que más interese, es decir, no se depende de ninguna inclinación de cubierta ya existente.

Con el programa PVGIS, se calcula la producción anual de 1 kW de generador fotovoltaico, para obtener la mejor inclinación según las necesidades.

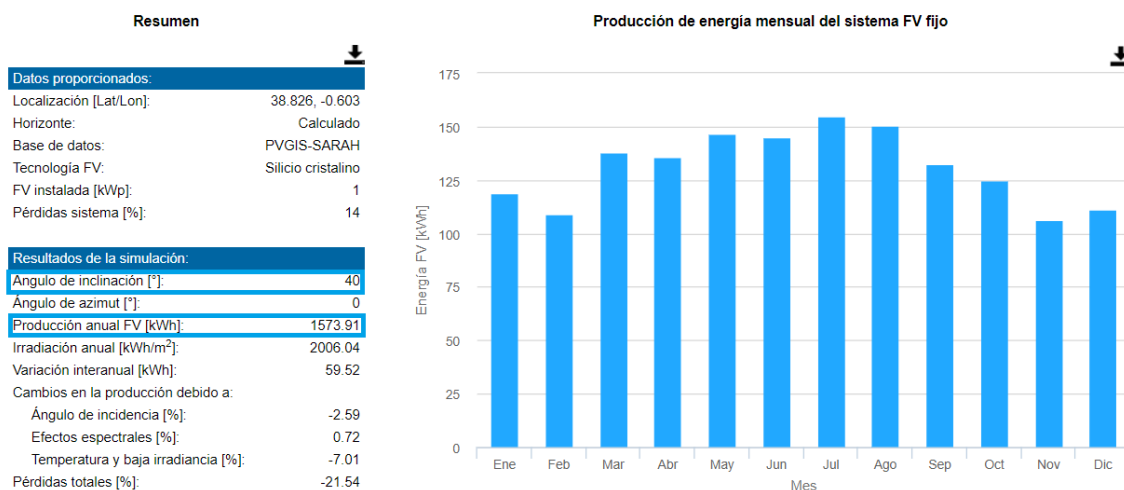
Con un ángulo de 35° se observa una producción anual de 1 576.19 kWh. En la gráfica sobre la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico, se observa que se tiene una producción muy irregular. En el mes de noviembre se obtienen 103.1 kWh y en julio se obtienen 159.99 kWh.

**Imagen 2:** Producción de energía mensual a 35°



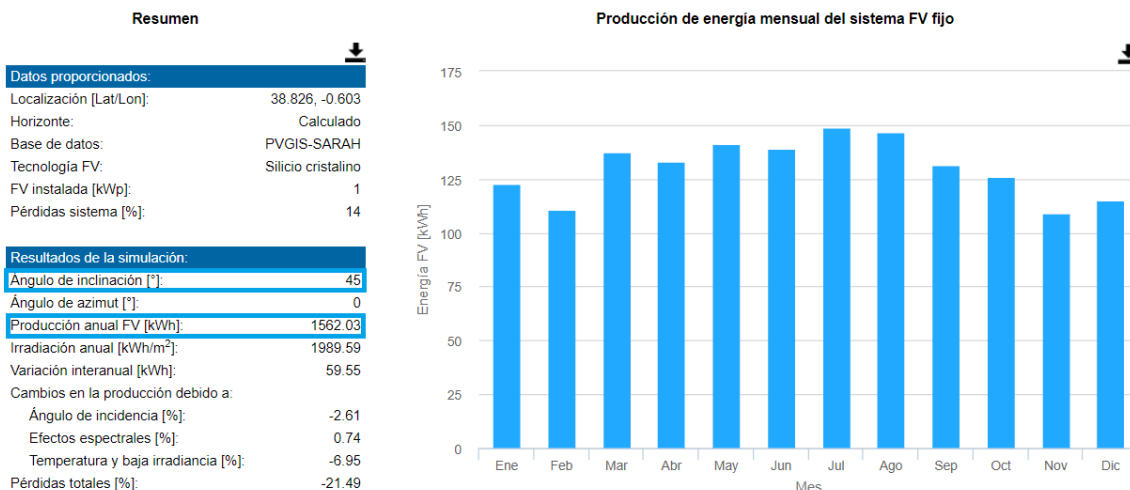
Fuente: PVGIS

Con un ángulo de 40° se observa una producción anual de 1 573.91 kWh. En la gráfica sobre la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico, se observa que tenemos una producción muy irregular. En el mes de noviembre se obtienen 106.43 kWh y en julio se obtienen 155.03kWh.

**Imagen 3: Producción de energía mensual a 40°**


Fuente: PVGIS

Con un ángulo de 45° se observa una producción anual de 1 562.03 kWh. En la gráfica sobre la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico, se observa que tenemos una producción muy irregular. En el mes de noviembre se obtienen 109.04 kWh y en julio se obtienen 148.99kWh.

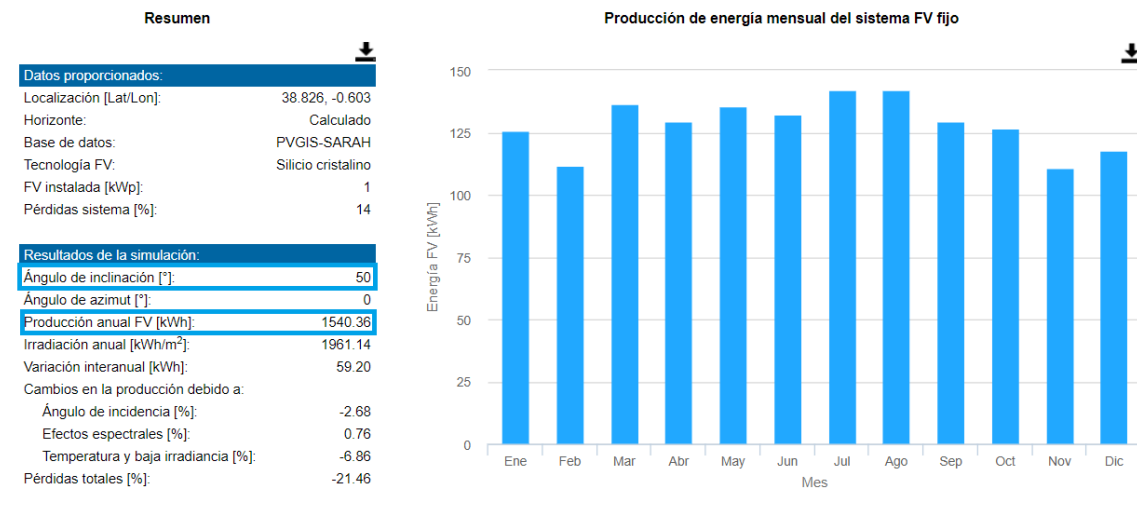
**Imagen 4: Producción de energía mensual a 45°**


Fuente: PVGIS



Con un ángulo de 50° se observa una producción anual de 1 540.36 kWh. En la gráfica sobre la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico, se observa que tenemos una producción bastante más regular. En el mes de noviembre se obtienen 110.95 kWh y en julio se obtienen 132.04 kWh.

**Imagen 5:** Producción de energía mensual a 50º



**Fuente:** PVGIS

Dicha inclinación se adapta a las necesidades de la instalación ya que se tiene una producción más regular. Los paneles se colocarán con una inclinación de 50°.

## 2.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación proyectada consta de un generador fotovoltaico formado por 20 módulos solares de la marca ERA SOLAR, modelo PERC Monocristalino, con una potencia cada uno de 400 W. El generador proporcionará energía eléctrica a la vivienda y a su vez los excedentes de la producción se destinarán a ser almacenados en la batería. Por lo tanto, la instalación constará de un generador fotovoltaico de 8 400 kW.

Los módulos fotovoltaicos se instalarán sobre una estructura de aluminio en un terreno llano cercano a la vivienda. Dicho terreno se encuentra libre de sombras producidas por edificios, árboles o cualquier otro elemento. Los paneles solares se instalarán sobre la estructura con un ángulo de 50°, adaptando la producción a los consumos de la vivienda, es decir, en la vivienda se consume bastante más luz en los meses de invierno, en consecuencia, se tiene que elevar los grados de los paneles. Los módulos solares se orientarán al sur.

La salida de los paneles canalizará por una zanja, hasta llegar a la caseta donde se encontrará el inversor y la batería.

El inversor será de la marca Fronius, concretamente el Primo Gen24 6.0 Plus.

La batería cuenta con una energía utilizable de 19.32 kWh. Es de la marca ByD, modelo B-Box HVM Premium. Dicha batería está formada por 7 módulos.

### 3. ELEMENTOS PRINCIPALES

#### 3.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles fotovoltaicos son los elementos encargados de transformar de manera directa la energía de la radiación solar en energía eléctrica.

El panel fotovoltaico elegido para la instalación es de la marca ERS Solar, con una potencia de 400 Watios pico.

Este panel ofrece un gran rendimiento dentro de un precio bastante asequible dentro de la familia de los módulos de 72 células gracias a sus células de silicio monocristalino de tipo PERC. La palabra PERC es un acrónimo en inglés derivado de *Passivated Emitter Rear Cell* lo que significa que una célula PERC dispone de una capa reflectante en su parte trasera dispuesta entre el silicio y el aluminio. Con ello se consigue que parte de la radiación no penetre en la capa de aluminio final y sea reflejada a la capa de silicio para que se pueda absorber su energía. Gracias a este proceso, la propia célula es capaz de absorber más energía y menos temperatura, con lo que se puede conseguir una temperatura de trabajo inferior frente a otras tecnologías de células fotovoltaicas.

Cuenta con las mismas dimensiones de un panel con una potencia de 330 W, en cambio este nos ofrece hasta 400 W de potencia. Esa ganancia de más de un 20 % no es únicamente en la potencia absoluta, sino que la captación de energía solar de una célula PERC es sensiblemente superior respecto a las células monocristalinas convencionales y muy por encima de las células policristalinas.

Con unas características de voltaje acordes a un panel de 72 células, se podrá utilizar este panel con reguladores PWM que admitan paneles de 24 V, aunque siempre se recomienda utilizar en la instalación solar reguladores de carga de tipo MPPT para el máximo aprovechamiento de la producción de estos paneles. Gracias a su composición de células de silicio monocristalino de tipo PERC, el módulo fotovoltaico ofrece un rendimiento incomparable en condiciones atmosféricas adversas, como baja irradiación, y no se ve tan afectado por elevada temperatura como sí ocurre con las células monocristalinas clásicas. Además, tiene una eficiencia de más de un 20 % en comparación a un panel de 330 W, por dicha razón se puede instalar más potencia en el mismo espacio disponible, ahorrando en costes de otros materiales, en tiempo y además obtener la mayor producción posible por metro cuadrado.

La última tecnología empleada en la fabricación del Panel Solar 400 W Perc Monocristalino ERA resulta en un alto índice de eficiencia, de más del 20 %, y conservando un precio muy atractivo para poder recuperar la inversión en el menor tiempo posible.

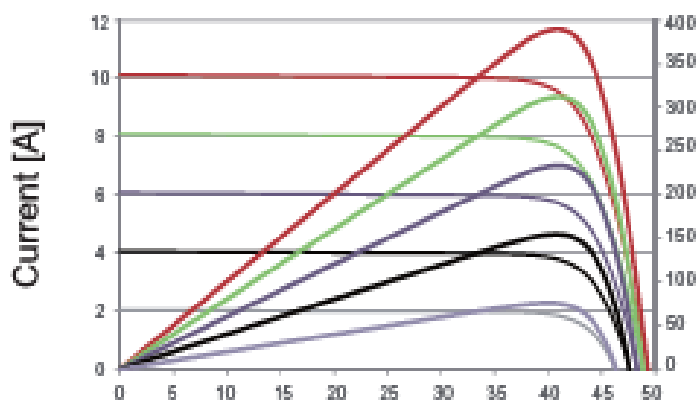
**Tabla 12:** Características del módulo solar

CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO ERA SOLAR ESPSC 400W	
Potencia Máxima	400 Wp
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	41.7V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.60A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	49.8V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	10.36A
Eficiencia del Módulo (%)	20.17%
Máxima Tensión del Sistema	1 000 V/DC
Dimensiones	1 979 x 1 002 x 40 mm
Peso	22.5 Kg

Fuente: ERA Solar

Las curvas del módulo fotovoltaico son las siguientes:

**Imagen 6:** Curvas del módulo solar a temperatura de 25°C y con variación de niveles de irradiancia.

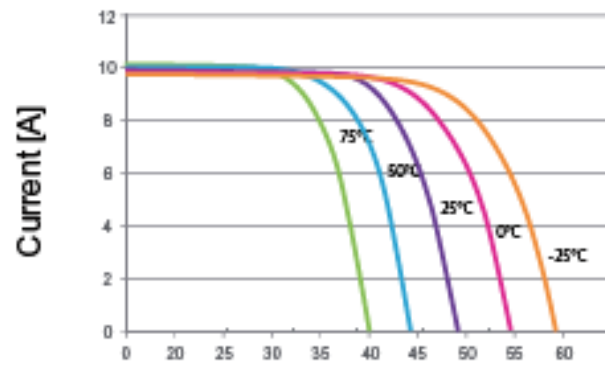


Voltage [V]

Module characteristics at constant  
module temperatures of 25°C and  
variable levels of irradiance

Fuente: ERAS Solar

**Imagen 7:** Curvas del módulo solar con irradiación constante



**Voltage [V]**

**Module characteristics at variable  
module temperatures and constant  
module irradiance of 1.000 W/m<sup>2</sup>**

**Fuente:** ERA Solar

## 3.2. INVERSOR

El inversor solar fotovoltaico tiene la función de convertir la corriente continua de los paneles en corriente alterna para su posterior uso. Esta transformación se realiza mediante dispositivos de electrónica de potencia, que consiguen transformar una corriente lineal en corriente sinusoidal, ya que esta es la que se usa habitualmente. La tensión es regulada a 230V y una frecuencia de 50 Hz.

En la instalación a realizar va a ser instalado un novedoso inversor fotovoltaico híbrido, para poder trabajar conectado a la red eléctrica y a la batería.

Los inversores híbridos son los inversores solares más completos, capaces de gestionar la energía procedente de: paneles solares, baterías, eólica, la red eléctrica, grupos electrógenos, etc. Los inversores híbridos más demandados son aquellos que son capaces de gestionar la energía solar de los paneles solares, la de las baterías y la red eléctrica. De esta forma se conseguirá un sistema totalmente eficiente. Estos, son aquellos que se usan en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo y su función principal reside en transformar la corriente continua en corriente alterna, al mismo tiempo que se encargan de almacenar y descargar la energía obtenida de los paneles solares en las baterías. Los inversores híbridos combinan la tecnología de la energía solar y la red eléctrica integrando de la mejor forma posible ambas fuentes de energía y dando prioridad a cada una según sus necesidades.

El inversor híbrido aprovecha al máximo todos los recursos disponibles e intenta que el excedente de energía en la red eléctrica sea el menor posible y se acumule en baterías para que su consumo sea mucho más eficiente.

### 3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS INVERSORES HÍBRIDOS

Los inversores híbridos han sido diseñados para trabajar con tensiones altas de baterías. En el mercado se pueden encontrar modelos de inversores híbridos con tensiones desde 48V a 500V en función de las características del inversor híbrido. Generalmente este tipo de inversores híbridos trabajan con baterías GEL o Ion-Litio. El inversor híbrido tienen distintos modos de funcionamiento:

- Modo aislado: solo consumirá de la red cuando las baterías no tengan carga y no haya producción de energía por parte de los paneles solares.

- Modo back-up: en este caso el inversor híbrido se conecta a la red cuando esta está presente, las baterías se mantienen cargadas, y serán utilizadas si la red cae. El inversor híbrido inyecta a la red la producción sobrante, los picos de potencia realizados por la red, son absorbidos y a la vez se puede reducir la potencia contrada.
- Modo autoconsumo: en este modo siempre tendrá prioridad el consumo directo de la energía solar que puede ser suministrado desde los paneles o también desde las baterías si estas están incluidas en la instalación. La producción de energía sobrante o excedente podría recargar las baterías o ser inyectada a la red. Algunas de estas instalaciones incorporan en el inversor un sistema anti vertido. Si se realiza el consumo en las horas de producción de energía y se acoge a una tarificación se pueden llegar a conseguir ahorros significativos.
- Modo soporte de red: el inversor híbrido adaptará la potencia de salida de la instalación fotovoltaica marcando un valor predeterminado, de esta forma se mantendrá constante o también es posible controlar una rampa de variación de la potencia suministrada. Para lograr esto necesitaremos un controlador externo.

En la instalación se va a instalar concretamente el inversor marca **Fronius**, modelo **Symo Gen24 Plus 6kW**.

**Imagen 8:** Inversor Fronius



**Fuente:** Fronius

**Tabla 13:** Características del inversor

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES FRONIUS SYMO GEN24 PLUS 6kW	
Entrada DC	
Número de seguidores MPPT	2
Máxima Corriente de Entrada (Idc máx MPPT1/ MPPT2)	22 A / 12 A
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPPT1/MPPT2)	33 A / 18 A
Rango de tensión de entrada CC (Udc mín - Udc máx)	65 V – 600 V
Tensión nominal de entrada (Udc,r)	400 V
Tensión de puesta en servicio (Udc arranque)	80 V
Rango de tensión MPP	65 V – 480 V
Número de entradas CC (MPPT1 / MPPT2)	2 / 2
Máx. salida del generador FV (Pdc máx)	9.0 kW pico

Fuente: Fronius

**Tabla 14:** Características del inversor

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES FRONIUS SYMO GEN24 PLUS 6kW	
Salida AC	
Potencia nominal CA (Pac,r)	6 000 W
Máxima potencia de salida	6 000 VA
Máx. corriente de salida CA (Iac máx)	27,50 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1~NPE 220 V / 230 V (+ 20 % / - 30 %)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 Hz – 65 Hz)
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2 %
Factor de potencia (cos $\phi$ ac,r)	0.8 - 1 ind. / cap
Energía de emergencia	1~NPE 220 V / 230 V

Fuente: Fronius



### 3.3. BATERÍA

La batería es el elemento encargado de almacenar los excedentes de producción de generador fotovoltaico en forma de energía eléctrica producida para que esté disponible cuando no haya suficiente luz solar.

Se va a instalar una batería de litio de 19.32 kWh. Las nuevas baterías de litio tienen unas buenas características técnicas, comparadas con cualquier otra batería del mercado, sobre todo las más habituales instaladas en instalaciones de autoconsumo, las de ácido plomo.

Las novedosas baterías de litio tienen una excelente vida útil y una capacidad de carga muy eficiente, además, respecto a la capacidad de descarga, estas se pueden descargar mucho más respecto a las de ácido plomo.

La batería a instalar es de la marca **BYD**, modelo **HVM Premium de 19.3 kWh**. Es un tipo de acumulador de litio de alto voltaje. Se pueden llegar a instalar hasta tres baterías en paralelo, aumentando la capacidad en 57.9 kWh.

**Tabla 15:** Características de la batería

PARÁMETROS TÉCNICOS	
Energía utilizable	19.32 kWh
Máxima corriente de salida	7
Voltaje nominal	358 V
Voltaje operativo	280 – 420 V
Corriente máxima de salida	50 A
Corriente de salida pico	75 A, 5 s
Peso	281 kg

Fuente: ByD

### 3.4. CARGADOR DE VEHÍCULOS BIDIRECCIONAL V2G

Estos cargadores, como su propio nombre indican, funcionan en dos sentidos. El primero, como punto de recarga convencional, transmitiendo la energía de la red eléctrica al vehículo, y el segundo modo, es el más novedoso, ya que se puede transferir la energía eléctrica de las baterías del vehículo a la vivienda. Se puede decir, que el vehículo eléctrico se puede convertir en un almacén de energía eléctrica de emergencia.

La marca seleccionada para el cargador es **WallBox**, concretamente el modelo **Quasar**. Quasar es el primer cargador con tecnología de carga bidireccional avanzada. Se carga y descarga a través del conector CHAdeMO del vehículo y está disponible con una potencia máxima de 7.4 kW.

Características del cargador más importantes:

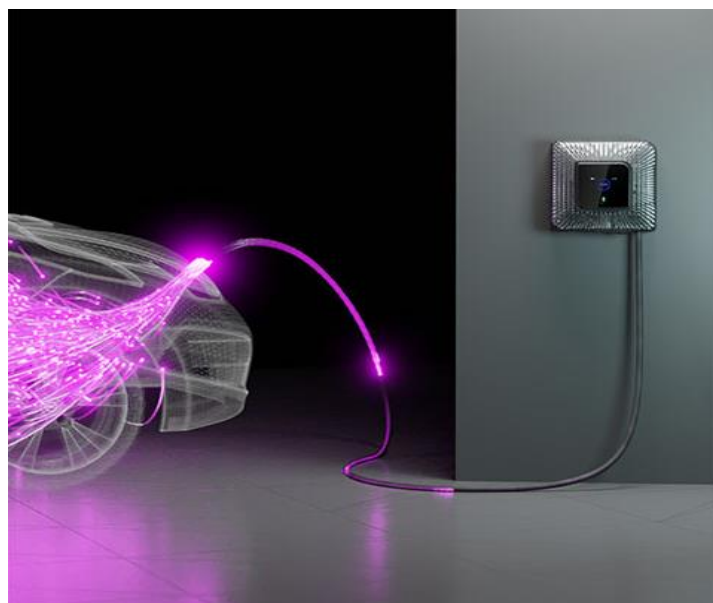
- Tecnología revolucionaria: La carga bidireccional puede ofrecer muchas posibilidades, puede convertir tu vehículo eléctrico en una fuente de energía de emergencia hasta conseguir llevar de vuelta la energía a la red eléctrica.
- Acceso fácil: Para poder acceder al cargador cuenta con una avanzada tecnología como puede ser el reconocimiento facial y control por gestos. Estos accesos te aseguran seguridad cuando tienes el cargador instalado en un parking comunitario. El cargador también se puede desbloquear desde el bluetooth del teléfono móvil.
- Diseño más ligero y pequeño: El cargador Quasar es diferente a cualquiera de los otros cargadores del mercado. Es el cargador más ligero y pequeño de su clase, con tecnología de carga bidireccional avanzada, especialmente diseñada para uso doméstico.
- Power boost: Con esta tecnología el cargador es capaz de medir la energía eléctrica consumida en la vivienda cada minuto y suministrarle la energía sobrante al vehículo. Se puede decir que el WallBox Quasar se adapta de forma automática a la energía disponible en cada momento.
- Conectividad móvil: El cargador puede comunicarse mediante una plataforma de gestión online de MyWallBox utilizando internet. Esta conexión permite tener los datos actualizados en la aplicación móvil del cliente.

**Tabla 16:** Características del cargador bidireccional

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Modelo	Quasar
Cargador	DC
Conector	CHAdeMO
Modo de Recarga	Modo 4
Dimensiones (sin conectar)	350 × 350 × 150 mm (sin cable)
Peso	22 kg (sin cable)
Longitud de cable:	5m
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Potencia Máxima	7.4 kW
Corriente Máxima	De 6 A - 32 A
INTERFAZ DE USUARIO	
Estado del Cargador	RGB LED / Color de la pantalla
Interfaz de usuario:	Wallbox App / Sensor de movimiento
Identificación de usuario:	Wallbox App / RFID / Reconocimiento facial
CONECTIVIDAD	
Conexión	Wi-Fi / Ethernet / Bluetooth 3G/4G Conexión

Fuente: WallBox

**Imagen 9:** Cargador bidireccional WallBox Quasar



Fuente: WallBox

### 3.5. ESTRUCTURA SOPORTE DE MÓDULOS

La estructura que soporte los paneles solares es uno de los elementos más importantes de la instalación, ya que es la encargada de soportar los módulos fotovoltaicos. Esta estructura debe perdurar durante muchos años y para eso es necesario que estén perfectamente diseñadas y fabricadas. Por esta razón, para la instalación a realizar se ha elegido una estructura para suelo con inclinación regulable de 30° a 50°.

La estructura está fabricada con aluminio de alta calidad y la tornillería y otros accesorios son de acero inoxidable.

El sistema de fijación de módulos fotovoltaicos a la estructura se realiza mediante grapas intermedias y finales, de manera que cada pieza omega sujetará como máximo dos paneles. La tornillería es desmontable, con sistema autoblocante mecánico y con arandela de presión.

- Modelo: 14.1V
- Capacidad: De 1 a 3 módulos fotovoltaicos dispuestos en 1 fila en vertical
- Inclinación del módulo: Regulable 30°– 50°
- Materiales: Aluminio – EN AW 6005A T6 Tornillería – Acero Inoxidable
- Kits para módulos de hasta 2 200×1 150 mm y de 30 a 45 mm de espesor.
- Instalaciones recomendadas: Cubiertas de hormigón o suelo

Por cada kit de soportes se pueden colocar 3 módulos fotovoltaicos, por esta razón en la instalación se colocarán 7 kits.

El cálculo estructural ha sido realizado mediante el modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 “PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO”.

La estructura puede llegar a soportar velocidades máximas de vientos de 150 km/h, según pruebas en túnel de viento en modelo computacional CFD. Por esta razón es perfecta para la instalación, ya que en Ontinyent no es habitual las rachas de vientos fuertes y tampoco que se lleguen a velocidades superiores a 150 km/h. Puede soportar una carga de nieve de 40 kg/m<sup>2</sup>.

### 3.6. FRONIUS SMART METER

Fronius Smart Meter TS es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo, controla los diferentes flujos de energía y registra la curva de consumo. Puede realizar mediciones de alta precisión y la rápida comunicación a través de la interface Modbus RTU, la limitación de potencia, cuando hay límites configurados, es más rápida y precisa que con el controlador.

Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía. En combinación con las soluciones de almacenamiento Fronius u otras marcas compatibles, este dispositivo garantiza una coordinación perfecta de diferentes flujos de energía, optimizando así la energía total. El Smart Meter TS es perfecto para su uso junto con los inversores GEN24 Plus.

**Tabla 17:** Características de Fronius Smart Meter

DATOS GENERALES	
<b>Dimensión / anchura</b>	35 mm
<b>Altura</b>	89 mm
<b>Profundidad</b>	65.6 mm
<b>Tensión nominal</b>	230 – 240 V
<b>Máxima corriente</b>	1 × 63A
<b>Sección de cable de alimentación</b>	1 – 16 mm <sup>2</sup>
<b>Sección de cable de comunicación y neutro</b>	0.05 – 4 mm <sup>2</sup>
<b>Consumo de energía</b>	1,5 W
<b>Intensidad de inicio</b>	40 Ma
<b>Clase de protección</b>	1
<b>Precisión de energía activa</b>	Clase B (EN50470)
<b>Precisión de energía reactiva</b>	Clase 2 (EN/EIC 62053-23)
<b>Sobrecorriente de corta duración</b>	30 × I <sub>max</sub> /10ms
<b>Instalación</b>	Montaje interior (carril DIN)
<b>Carcasa</b>	2 módulos DIN 43880
<b>Tipo de Protección</b>	IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)
<b>Display</b>	6 dígitos LCD
<b>Rango de temperaturas de operación</b>	-25 °C - +55 °C
<b>Interface con el inversor</b>	Modbus RTU (RS485)

Fuente: Fronius

**Imagen 10:** Fronius Smart Meter



**Fuente:** Fronius

### 3.7. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

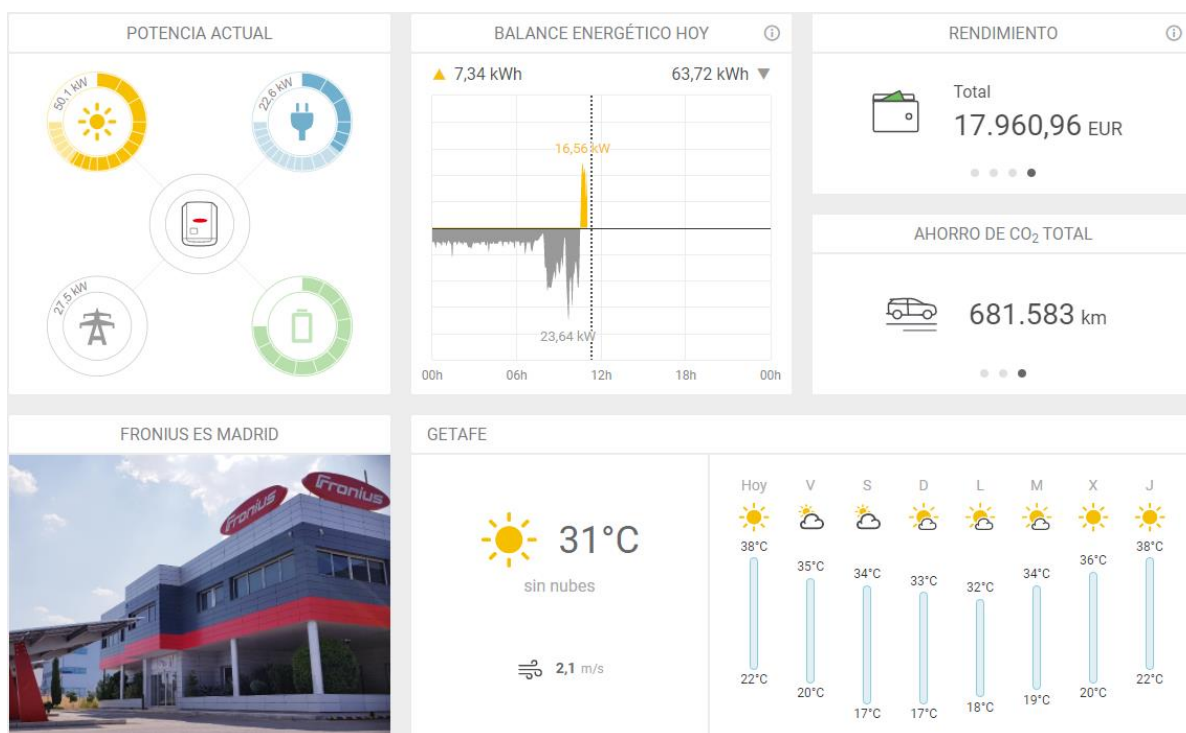
El sistema de monitorización de instalaciones con elementos Fronius ofrece grandes posibilidades de comunicación de datos para instalaciones fotovoltaicas, de esta manera se garantizando una monitorización segura y una sencilla integración con otros sistemas. El hardware se instala rápidamente y el software es muy intuitivo. Dicho proceso se puede llevar a cabo gracias al Fronius Smart Meter instalado en nuestra vivienda.

Para poder visualizar el sistema de monitorización previamente configurado para nuestra instalación, se debe entrar en el portal web [www.solarweb.com](http://www.solarweb.com) o la aplicación móvil “Solar.web”.

En la imagen que se puede observar en la parte inferior, se puede observar el Fronius Solar Web. En ella se pueden observar varios apartados:

- Potencia actual: se puede ver de forma fácil e intuitiva la producción de nuestro generador fotovoltaico al instante, así como los consumos que esté realizando la vivienda, la energía que va destinada a la batería o se está consumiendo de la misma y la energía que se consume de la red eléctrica en caso de ser necesaria.
- Balance energético hoy: se puede observar la energía consumida en la vivienda en cada momento, y si dicha energía proviene de la batería, del generador fotovoltaico o de la red eléctrica.
- Rendimiento: en dicho apartado nos indica el ahorro económico que hemos realizado durante todo el tiempo que la instalación está en funcionamiento, durante un mes o durante un día, previamente se ha establecido el precio por kWh de la tarifa contratada.
- Ahorro de CO<sub>2</sub>: emisiones que se han dejado de emitir a la atmósfera.

**Imagen 11: Fronius Solar Web**



**Fuente: Fronius**



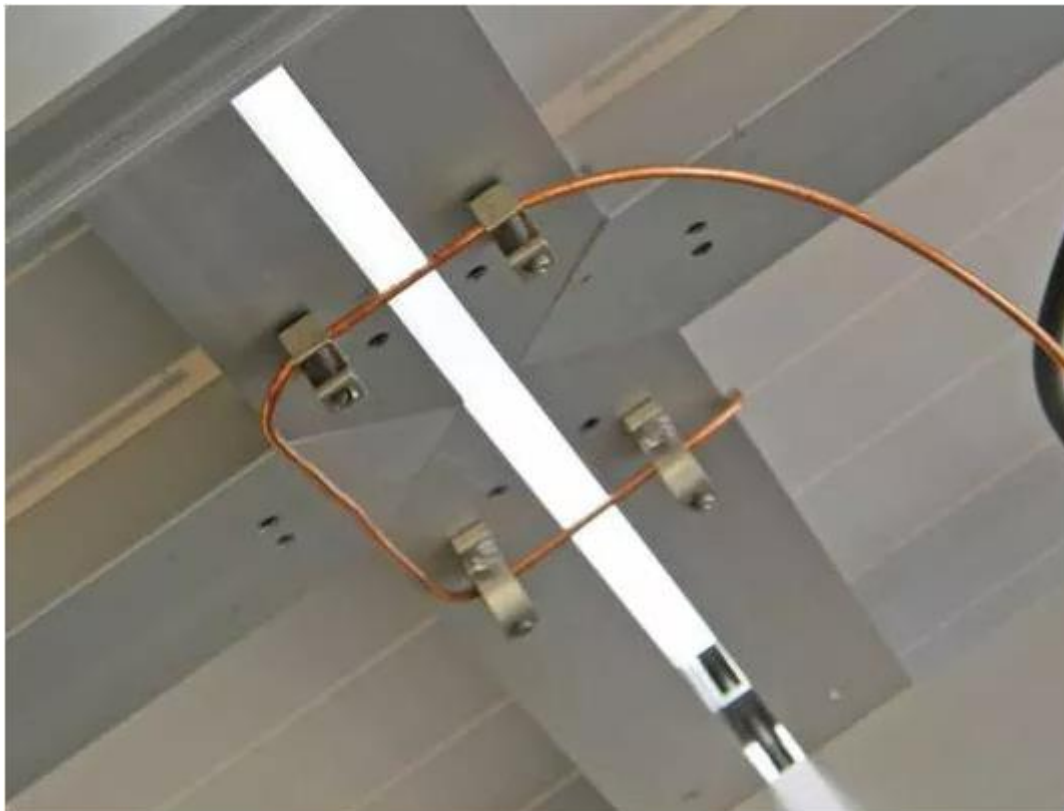
### 3.8. PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra de instalaciones con paneles solares es uno de los aspectos que provoca mayor controversia debido, generalmente, a la ausencia de una reglamentación técnica específica para este tipo de proyectos. La puesta a tierra comprende tanto la puesta a tierra de los equipos (tierra de protección) como la puesta a tierra de un conductor activo (tierra del sistema).

Cuando se decide poner a tierra las partes metálicas expuestas (como protección contra tormentas, contra contactos indirectos, etc.) hay ciertos aspectos importantes que el instalador debe tener bien presentes en instalaciones fotovoltaicas:

- Los módulos solares fotovoltaicos disponen en el marco de un orificio (taladro) específico para su puesta a tierra (generalmente señalado mediante el símbolo de tierra), como se puede ver en la imagen.

**Imagen 12:** Conexionado de la toma de tierra al panel



**Fuente:** SFE Solar

Como se dice, la toma de tierra se realiza por medio de esos orificios en el marco por qué, generalmente, los marcos son de aluminio anodizado, que es un tratamiento superficial que se aplica al marco de aluminio y que hace que se comporte como un aislante relativamente bueno.

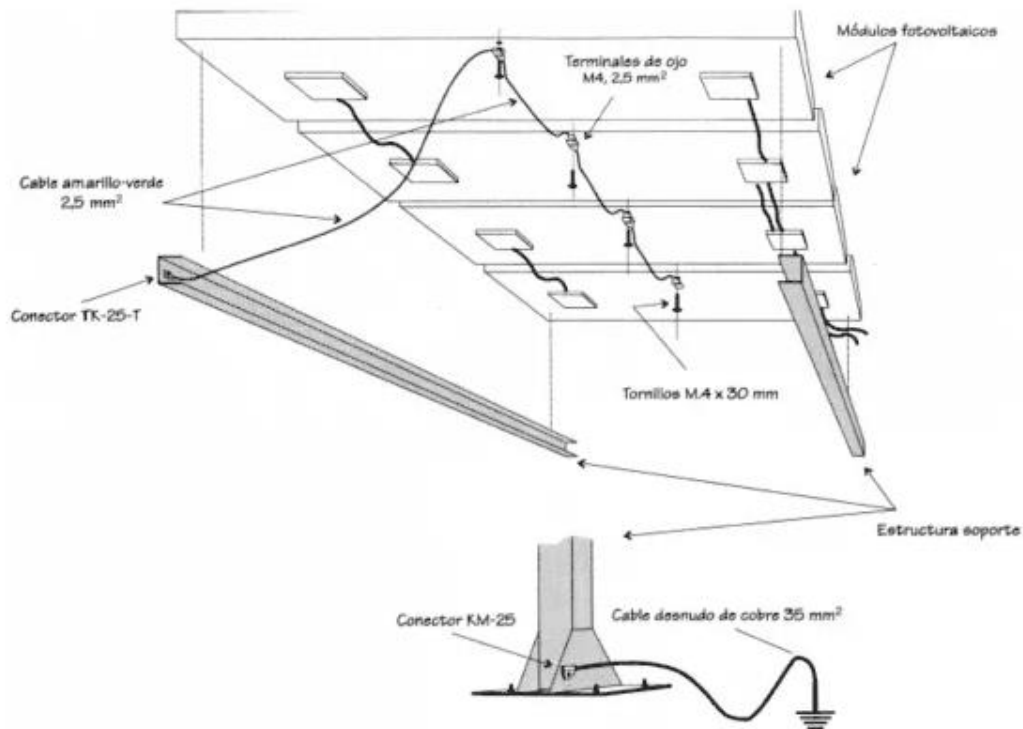
Por lo que la conexión del conductor de protección a tierra en otro orificio no sería lo recomendable, debe hacerse pues en el que está indicado con el símbolo eléctrico de tierra.

Además de esto, para asegurar un buen contacto eléctrico, se recomienda utilizar un terminal de conexión de acero inoxidable.

De todos modos, a efectos eléctricos, a pesar de lo dicho acerca del tratamiento superficial de aluminio, el marco de un panel solar se debe considerar como una parte metálica expuesta.

- Es recomendable que el conductor de protección a tierra no se atornille directamente al marco de los paneles, sino hacerlo por medio de un terminal auxiliar, de modo que se pueda quitar un módulo (por avería, mantenimiento, etc.) sin interrumpir la conexión a tierra del resto de la instalación.
- La simple conexión de los marcos de los módulos a una estructura anclada en el suelo no se considera como una puesta a tierra eficaz. Error muy habitual.
- El conductor de protección a tierra de los módulos solares es recomendable que se conecte también a un punto de los soportes solares.
- Los conductores de protección deben conectarse al punto de puesta a tierra de la instalación, que a su vez se conectará al electrodo principal de tierra (generalmente de tipo pica o jabalina) a través del conductor de enlace.
- Las secciones de los conductores de protección y de enlace, y las características de los electrodos de tierra (dimensiones, conexiones, etc.), cumplirán lo prescrito en los correspondientes reglamentos electrotécnicos de baja tensión RBT.
- El conductor de puesta a tierra del sistema fotovoltaico debe ser desnudo, o ir protegido bajo tubo.

**Imagen 13:** Esquema del conexionado a tierra



**Fuente:** SFE Solar

Se debe tener en consideración la importancia de una buena puesta tierra en una instalación fotovoltaica o kit solar con placas solares, pues en un sistema con las masas metálicas aisladas de tierra, un defecto como el contacto de un conductor activo con el marco de un módulo solar, pasa casi desapercibido.

Sin embargo, se ha comprobado que un defecto de este tipo conlleva la aparición de otro similar en un breve período de tiempo. Estos dos defectos pueden suponer el cortocircuito de varios paneles en serie (a través del conductor de protección, por ejemplo) y una reducción drástica en la tensión de toda la fila.

Por esta razón, en algunos países como Estados Unidos es obligatorio detectar esta situación de cortocircuito cuando la instalación fotovoltaica está situada sobre tejado, siendo el esquema de protección más empleado la puesta a tierra de las partes metálicas del campo, la puesta a tierra del negativo y la utilización de un detector de corrientes de defecto.

### 3.8.1. PUESTA A TIERRA. TIERRA DEL SISTEMA

Cuando se decida poner a tierra un conductor activo de corriente continua (para utilizar dispositivos de corte y protección unipolares, para el buen funcionamiento del inversor, para la detección de defectos, etc.), también hay ciertos aspectos importantes que el instalador debe tener en cuenta, como que el sistema debe ponerse a tierra en un único punto, llamado tierra del sistema. De no ser así, existe la posibilidad de que circule corriente por los conductores de protección, lo que provocaría que el funcionamiento de los reguladores de carga y de los inversores se volviese poco fiable. Además, estas corrientes podrían interferir en el funcionamiento de los dispositivos detectores de defectos y de protección contra sobrecorrientes.

Una solución práctica y sencilla consiste en unir eléctricamente los bornes de los conductores activos (o centrales) puestos a tierra, con bornes de conductores de protección (unido al electrodo de tierra a través del conductor principal de tierra). En resumen: unir todas las tierras.

En ocasiones se puede estar realizando una puesta tierra sin saberlo, algunos casos que podemos encontrarnos son:

- Conexión de un conductor activo del campo fotovoltaico al electrodo situado cerca de éste y conexión del mismo conductor activo al electrodo principal.
- Algunas cajas de conexiones metálicas tienen en su interior una regleta para el cableado de todos los conductores negativos. Esta regleta puede que esté unida eléctricamente a la caja, de modo que, al poner la caja a tierra (como medida de protección), también se pone a tierra el negativo.
- Algunos inversores solares y otros aparatos tienen el conductor negativo conectado al chasis, de modo que su puesta a tierra de protección conlleva la puesta a tierra del negativo. Como puede suceder por ejemplo, cuando sea necesario, con los Sunny Boy de SMA o Fronius Inversores.
- Algunos reguladores de carga tienen los dispositivos de control (transistores o relés) en la línea negativa. La puesta a tierra del negativo en sistemas que utilizan este tipo de reguladores provoca el mal funcionamiento de estos, además de que la línea de tierra se verá interrumpida eventualmente durante las operaciones de regulación.

Por último, hay que recordar que debe tenerse en cuenta que en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red, la puesta a tierra del sistema fotovoltaico debe ser independiente de la puesta a tierra del neutro.

#### 4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS

El procedimiento para el cálculo de la instalación fotovoltaica se realiza con el siguiente orden.

Primeramente, se debe realizar un estudio de consumos de la vivienda para poder determinar la cantidad de kWh utilizados durante un día, distribuir el consumo entre las horas en las que hay sol y las horas sin sol.

Una vez determinados los consumos, se puede elegir el tipo de inversor a colocar. En la instalación que se va a realizar se va a necesitar un inversor híbrido. Los inversores híbridos son aquellos que se usan en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo y su función principal reside en transformar la corriente continua en corriente alterna, al mismo tiempo que se encargan de almacenar y descargar la energía obtenida de sus placas solares en las baterías o directamente suministrarla a la red eléctrica de la vivienda sin pasar por las baterías. Para la elección del inversor se debe tener en cuenta la potencia que consume la vivienda simultáneamente.

Una vez se tiene elegido el inversor, se puede elegir la batería. Para la elección de la batería se va a utilizar el cálculo de la energía consumida en las horas en la que no hay sol, para poder suministrar a la vivienda la energía necesaria para el buen funcionamiento de esta.

##### 4.1. GENERADOR FOTOVOLTAICO

Una vez se obtienen los datos de las hojas de características técnicas procedentes de los módulos fotovoltaicos y del inversor, se procede al dimensionamiento y cálculo del máximo número de módulos que se pueden conectar.

Respecto a los datos meteorológicos necesarios para dicho apartado, se va a utilizar para la temperatura de las células, una temperatura mínima de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una temperatura máxima de  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Los paneles fotovoltaicos tienen una potencia pico de 400 W.

Para dimensionar correctamente la instalación y obtener el máximo rendimiento en los meses de mayor necesidad energética, hemos obtenido una tabla mediante PVGIS, en la que

podemos observar la producción de energía eléctrica de un generador fotovoltaico de 1kW con una inclinación de 50°.

**Tabla 18:** Producción mensual de 1 kW de generador fotovoltaico

PRODUCCIÓN MES A MES (50°)		
<b>ENERO</b>	125.54	kWh
<b>FEBRERO</b>	111.85	kWh
<b>MARZO</b>	136.6	kWh
<b>ABRIL</b>	129.63	kWh
<b>MAYO</b>	135.67	kWh
<b>JUNIO</b>	132.04	kWh
<b>JULIO</b>	141.95	kWh
<b>AGOSTO</b>	142.09	kWh
<b>SEPTIEMBRE</b>	129.62	kWh
<b>OCTUBRE</b>	126.54	kWh
<b>NOVIEMBRE</b>	111.70	kWh
<b>DICIEMBRE</b>	117.89	kWh

Fuente: PVGIS

Para obtener la producción diaria, se realiza el estudio en el mes más desfavorable, dicho mes es noviembre.

Para obtener la media diaria del mes de noviembre dividimos la producción mensual entre los 30 días del mes.

$$\frac{\text{Producción total noviembre (kWh)}}{30 \text{ días}} = \frac{111.7 \text{ kWh}}{30 \text{ días}} = 3.75 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Se puede observar la producción diaria de 1kW de generador fotovoltaico es de 3.70 kWh. La instalación necesita aproximadamente una media de 26.04 kWh diarios.

Se calcula que un generador fotovoltaico con una potencia de 8 kW puede producir una energía total diaria de 30 kWh.

**Tabla 19:** Energía producida respecto a potencia instalada

Potencia Generador Fotovoltaico	Energía producida
1 kW	3.75 kWh
8 kW	30 kWh

Fuente: PVGIS

Para el cálculo del número de paneles a instalar, lo primero a tener en cuenta es la potencia de cada panel, que en este caso es de 400 W.

**Tabla 20:** Potencia paneles - generador fotovoltaico

Paneles	Potencia
1 panel	400 W
20 paneles	8 000 W

Fuente: ERA Solar

El generador fotovoltaico contará con 20 paneles, que es lo mismo que decir que el generador fotovoltaico tiene que potencia de 8 kW.

#### 4.2.1. COMPROBACIÓN POR TENSIÓN

Se va a comprobar, si la tensión máxima y mínima generala por los paneles solares está dentro de los rangos del inversor.

Para dicho cálculo debemos obtener la temperatura mínima y máxima a la que se puede llegar a encontrar el módulo, en este caso se va a utilizar una temperatura mínima de -10°C y una temperatura máxima de 70°C.

$$V_{OC(max)} = V_{OC(25^{\circ}C)} \cdot (1 + (T_{min} - 25) \cdot \frac{\Delta V_{OC}}{\Delta T})$$

$$V_{OC(max)} = 49.8 \cdot (1 + (-10 - 25) \cdot \frac{-0.38}{100}) = 56.423 \text{ V}$$

La tensión máxima de funcionamiento del inversor son 600 V, por lo cual el número máximo de paneles colocados en serie será:

$$N_{mod-max} = \frac{V_{maxDC-inv}}{V_{OC(max)}} = \frac{600}{56.423} = 10.63 \approx 10 \text{ paneles}$$



$$V_{m(\min)} = V_{m(25^{\circ}\text{C})} \cdot \left(1 + (T_{\max} - 25) \cdot \frac{\Delta V_{\text{OC}}}{\Delta T}\right)$$

$$V_{m(\min)} = 41.7 \cdot \left(1 + (70 - 25) \cdot \frac{-0.38}{100}\right) = 34.569 \text{ V}$$

La tensión mínima de funcionamiento del inversor son 65 V, por lo cual el número mínimo de paneles colocados en serie será:

$$N_{\text{mod-min}} = \frac{V_{\text{min DC-inv}}}{V_{m(\min)}} = \frac{65}{34.569} = 1.88 \approx 2 \text{ paneles}$$

### 4.3. CABLEADO

#### 4.3.1. TRAMO 1: CONEXIONADO ENTRE PANELES SOLARES

Los cables que conectan los módulos se conectan por la parte posterior de los propios módulos, donde la temperatura puede alcanzar de 70 °C a 80 °C. Por esa razón, estos cables deben ser capaces de soportar temperaturas elevadas y rayos ultravioleta cuando se instalan a la vista. Por lo tanto, se utilizan cables especiales, por lo general cables unipolares con envoltura de goma y con aislamiento, tensión nominal de 0,6/1 kV, una temperatura máxima de funcionamiento no inferior a 90 °C y alta resistencia a la radiación UV.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

El conductor de dicho tramo de DC ya viene incluido en el mismo panel fotovoltaico, es decir, está proporcionado por el fabricante. La longitud de dicho conductor en el caso en cuestión es de 0,9 m y lleva incluido un conector del tipo MC4, para una conexión rápida de los paneles.

#### CRITERIO TÉRMICO

Se considera el 125 % de la intensidad máxima que va a transportar la línea de corriente continua, según lo indicado en la instrucción ITC-BT-40 en el apartado 5. Es decir, que los conductores se dimensionan para una corriente igual al 125 % de la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

$$I_{\max} = 1.25 \cdot I_{SC}$$

Donde:

- $I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)
- $I_{SC}$ : corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A)

Substituyendo valores:

$$I_{\max} = 1.25 \cdot 10.36 = 12.95 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, sin aplicar ningún factor de corrección, se verifica que:

$$I_{\max} < I_{\text{adm}}$$

Donde:

$I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)

$I_{\text{adm}}$  : Máxima intensidad admisible en el conductor (A)

Aplicando factores de corrección de Instalaciones al aire:

**Tabla 21:** Factores de corrección

Temperatura ambiente (°C)	45
Temperatura servicio 90 °C	0.95

**Fuente:** Apuntes de la asignatura Energías Renovables

$$I_{\max} < I_{\text{adm}} \cdot \text{Factor de corrección}$$

$$12.95 < 24 \cdot 0.95$$

$$12.95 < 22.8$$

Intensidad obtenida de la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde figuran las corrientes máximas admisibles para conductores no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40 °C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima que indica la tabla y cumple la condición es la de  $1,5 \text{ mm}^2$ . En este caso, se procede a elegir una sección superior por recomendación del fabricante de  $4 \text{ mm}^2$ , con una intensidad máxima admisible según tabla de 45 A. Cumpliendo así el criterio térmico.

#### CRITERIO CAIDA DE TENSIÓN

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot I_{SC} \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V_{MP}}$$

Donde:

- **L**: longitud del conductor (m)
- **I<sub>SC</sub>**: corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A)
- **γ**: conductividad del cobre
- **S**: sección del conductor (mm)

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot 10,36 \cdot 1}{44 \cdot 4 \cdot 41,7} = 0,28 \%$$

#### 4.3.2. TRAMO 2: TRAMO DE CAJA STREAM A INVERSOR

Es el tramo comprendido desde el final de la serie de los módulos fotovoltaicos hasta la entrada DC del inversor fotovoltaico, pasando por la caja de protecciones DC, que se encuentra al lado del inversor.

##### CRITERIO TÉRMICO

Se considera el 125 % de la intensidad máxima que va a transportar la línea de corriente continua, según lo indicado en la instrucción ITC-BT-40 en el apartado 5. Es decir, que los conductores se dimensionan para una corriente igual al 125 % de la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

$$I_{\max} = 1.25 \cdot I_{SC}$$

Donde:

- $I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)
- $I_{SC}$  : corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A)

Substituyendo valores:

$$I_{\max} = 1.25 \cdot 12.95 = 16.19 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, sin aplicar ningún factor de corrección, se verifica que:

$$I_{\max} < I_{adm}$$

Donde:

- $I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)
- $I_{adm}$  : Máxima intensidad admisible en el conductor (A)

Aplicando factores de corrección de instalaciones enterradas:

**Tabla 22:** Factores de corrección

<b>Profundidad de instalación (m)</b>	<b>0.5</b>
<b>Factor de corrección</b>	<b>1.02</b>
<b>Temperatura del terreno (°C)</b>	<b>25</b>
<b>Factor de corrección</b>	<b>1</b>

**Fuente:** Apuntes de la asignatura Energías Renovables

$$\text{Factor de corrección total} = 1.02 \cdot 1 = 1.02$$

$$I_{\max} < I_{\text{adm}} \cdot \text{Factor de corrección}$$

$$16.19 < 16.19 \cdot 1.02 \cdot 1$$

$$16.19 < 27.54$$

Intensidad obtenida de la Tabla 3 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde figuran las corrientes máximas admisibles para conductores enterrados y a temperatura del terreno 25 °C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima que indica la tabla y cumple la condición es la de 1,5 mm<sup>2</sup>.

#### CRITERIO CAIDA DE TENSIÓN

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot I_{\text{SC}} \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot n.^\circ \text{ módulos} \cdot V_{\text{MP}}}$$

Donde:

- **L:** longitud del conductor (m).
- **I<sub>SC</sub>:** corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico (A).
- **γ:** conductividad del cobre.
- **S:** sección del conductor (mm).
- **V<sub>MP</sub>:** *tensión de máxima potencia del módulo (V).*

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot 12,95 \cdot 47}{44 \cdot 4 \cdot 20 \cdot 41,7} = 0.82 \%$$

Las caídas de tensión en los tramos indicados anteriormente no supera el 1.5 %, por lo que la sección elegida es la correcta.

La sección de los conductores de corriente continua entre los módulos y el inversor se comprueba que la sección mínima a instalar es de  $4 \text{ mm}^2$ .

El inversor tiene dos entradas para el generador fotovoltaico, una de ella es de 22 amperios y la otra de 12 amperios. Debido a nuestra instalación, una de las entradas irá bastante holgada respecto a la de 12 amperios. Se va a realizar la conexión igualmente porque los 12 amperios sería si hubiera una irradiación muy elevada y eso es un fenómeno que ocurre muy pocas veces y la multiplicación por 1.25 es sobre todo para dimensionar el conductor, y en nuestro caso el conductor va bastante sobredimensionado.

Si alguna vez se produjera la situación de tener más de 12 amperios, el inversor no se rompería ya que solo limitaría la entrada de corriente y obtendría el punto de máxima potencia.

### 4.3.3. TRAMO 3: TRAMO DE INVERSOR A BATERÍA

La distancia entre el inversor y la batería es de 2 metros.

#### CRITERIO TÉRMICO

La máxima intensidad que puede proporcionar el inversor a la batería son 22 Amperios, mientras que a máxima intensidad de salida que tiene la batería es de 50 amperios, por tanto, la intensidad de referencia será la de 50 amperios.

$$I_{\max} = 50 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, sin aplicar ningún factor de corrección, se verifica que:

$$I_{\max} < I_{\text{adm}}$$

Donde:

- $I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)
- $I_{\text{adm}}$  : Máxima intensidad admisible en el conductor (A)
- 

Aplicando factores de corrección de instalaciones para cables al aire:

**Tabla 23:** Factores de corrección

<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	<b>25</b>
<b>Tª de servicio a 90 °C</b>	<b>1.14</b>

**Fuente:** Apuntes de la asignatura Energías Renovables

$$I_{\max} < I_{\text{adm}} \cdot \text{Factor de corrección}$$

$$50 < 65 \cdot 1.14$$

$$50 < 74.10$$

Intensidad obtenida de la Tabla 1 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde figuran las corrientes máximas admisibles para conductores no enterrados, instalados al aire libre y a temperatura ambiente 40 °C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima que indica la tabla y cumple la condición es la de 6 mm<sup>2</sup>.



#### 4.3.4. TRAMO 4. TRAMO DE INVERSOR A VIVIENDA

Es el tramo comprendido desde la salida AC del inversor pasando por la caja de protecciones AC, que se encuentra al lado del inversor.

El circuito de salida del inversor que conecta con la red corresponde a corriente alterna. El inversor seleccionado es monofásico.

##### CRITERIO TÉRMICO

La corriente que circula desde el inversor hasta la sala de contadores es el cociente dado por la potencia máxima que el inversor puede entregar a la red, que es de 2,5 kW y la tensión a la cual se realiza la conexión, 230 V, teniendo en cuenta el factor de potencia:

$$I_{\max} = 27.50 \text{ A}$$

Aplicando el criterio térmico de máxima intensidad admisible, sin aplicar ningún factor de corrección, se verifica que:

$$I < I_{\text{adm}}$$

Donde:

- $I_{\max}$  : Intensidad máxima de trabajo para la que se dimensionan los conductores (A)
- $I_{\text{adm}}$  : Máxima intensidad admisible en el conductor (A)

Aplicando factores de corrección de instalaciones para cables enterrados:

**Tabla 24:** Factores de corrección

<b>Profundidad de la instalación (m)</b>	<b>0.5</b>
<b>Factor de corrección</b>	<b>1.02</b>
<b>Temperatura del terreno (°C)</b>	<b>25</b>
<b>Factor de corrección</b>	<b>1</b>

**Fuente:** Apuntes de la asignatura Energías Renovables

$$\text{Factor de corrección total} = 1.02 \cdot 1 = 1.02$$

$$I < I_{\text{adm}} \cdot \text{Factor de corrección}$$

$$27,50 < 36 \cdot 1.02$$

$$27,50 < 36.72$$

Intensidad obtenida de la Tabla 3 de la ITC-BT-19 del REBT para la elección de las secciones de los conductores, donde figuran las corrientes máximas admisibles para conductores enterrados y a temperatura del terreno 25 °C.

Para dos cables con aislamiento XLPE, la sección mínima que indica la tabla y cumple la condición es la de 2,5 mm<sup>2</sup>.

#### CRITERIO CAIDA DE TENSIÓN

La distancia entre el inversor y la conexión a la red es de 21 metros enterrados.

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V^2}$$

Donde:

- **P**: Potencia de salida del inversor (W)
- **L**: longitud del conductor (m)
- **γ**: conductividad del cobre.
- **S**: sección del conductor (mm).
- **V<sup>2</sup>**: tensión de salida del inversor (V)

$$\Delta V(\%) = \frac{200 \cdot 6000 \cdot 21}{44 \cdot 6 \cdot 230^2} = 1.8 \%$$

Máximo 3 %.

La línea que alimentará el cuadro principal de la vivienda será de 6 mm<sup>2</sup>.

**Tabla 25:** Tabla resumen de las secciones de cada tramo presente en la instalación

TRAMOS	LONGITUD	SECCIÓN
Conexión paneles solares	1 m	4 mm <sup>2</sup>
Caja string a inversor	47 m	4 mm <sup>2</sup>
Inversor a batería	2 m	6 mm <sup>2</sup>
Inversor a vivienda	21 m	6 mm <sup>2</sup>

**Fuente:** Cálculos realizados en el TFG

#### 4.4. PROTECCIONES

Todas las protecciones de la instalación cumplen con las especificaciones en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y con toda la normativa vigente en energías renovables y autoconsumo:

- Real Decreto 413/2014
- Real Decreto 1699/2011
- Real Decreto 900/2015
- Real Decreto 15/2018
- Real Decreto 244/2019

##### 4.2.1. PROTECCIONES DC

Los dispositivos de protección contra sobreintensidades en la parte continua respetarán todo lo dispuesto al respecto en el REBT, en las normas UNE que les sean de aplicación y en el RD 1699/2011.

La intensidad nominal del dispositivo de protección será superior a la intensidad de cortocircuito en condiciones normales de medida de cada rama de paneles conectados en serie multiplicada por 1,25 para asegurar el correcto funcionamiento en condiciones de operación superiores al estándar de medida.

##### 4.2.1.1. PROTECCIONES FRENTE A CORTOCIRCUITOS Y SOBRECARGAS

Se instalará un fusible con su correspondiente portafusible tanto en el polo positivo como en el negativo. Estos dispositivos se ubican en portafusibles de las características adecuadas agrupadas en la caja string.

Un cortocircuito puede dañar el inversor, por esta misma razón se instalarán fusibles del tipo Gpv en cada conductor.

Respecto a las sobrecargas, el inversor obliga a trabajar al generador fotovoltaico fuera del punto de máxima potencia, si esta fuera desmesurada.

### Cálculo de los fusibles:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Donde:

- $I_B$ : Intensidad de cálculo del circuito (A)
- $I_N$ : Intensidad nominal o calibre del fusible (A)
- $I_Z$ : Intensidad máxima admisible del conductor (A)

$$12.95 \leq 16 \leq 57$$

$$I_F \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde:

- $I_F$ : Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A)
- $I_Z$ : Intensidad máxima admisible del conductor (A)

$$30.4 \leq 82.65$$

#### 4.2.1.2. PROTECCIONES FRENTE A SOBRETENSIONES

El inversor de la instalación incorpora tanto a la salida AC como a la entrada DC, protecciones frente sobretensiones inducidas tanto en la parte de CC como en la parte de CA.

#### 4.2.2. PROTECCIONES AC

##### 4.2.2.1. PROTECCIONES FRENTE A CORTOCIRCUITOS Y SOBRECARGAS

Según el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, es obligatorio incluir en la instalación un interruptor general manual, dicho interruptor magnetotérmico tendrá un poder de corte en carga para poder hacer maniobras de forma manual.

### **PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS**

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

Donde:

- $I_B$ : Intensidad de cálculo del circuito (A).
- $I_N$ : Intensidad nominal del magnetotérmico (A).
- $I_Z$ : Intensidad máxima admisible del conductor (A)

$$27.5 \leq 32 \leq 77$$

Se instalará un interruptor magnetotérmico:

- Calibre: 32 A
- Poder de corte: 6 kA

#### 4.2.2.2. PROTECCIONES CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Interrupto automático diferencial, frente a posibles derivaciones y contactos directos en la parte de la instalación de corriente alterna. El diferencial tendrá una sensibilidad de 30mA debido a su nivel de cargas y un retardo de 50 ms.

$$I_B \leq I_N$$

Donde:

- $I_B$ : Intensidad máxima del inversor (A)
- $I_N$ : Intensidad nominal del diferencial (A)

$$27.5 \leq 40$$

Se instalará un interruptor automático diferencial:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 30 mA
- Retardo: 50 ms

## 5. PRESUPUESTO

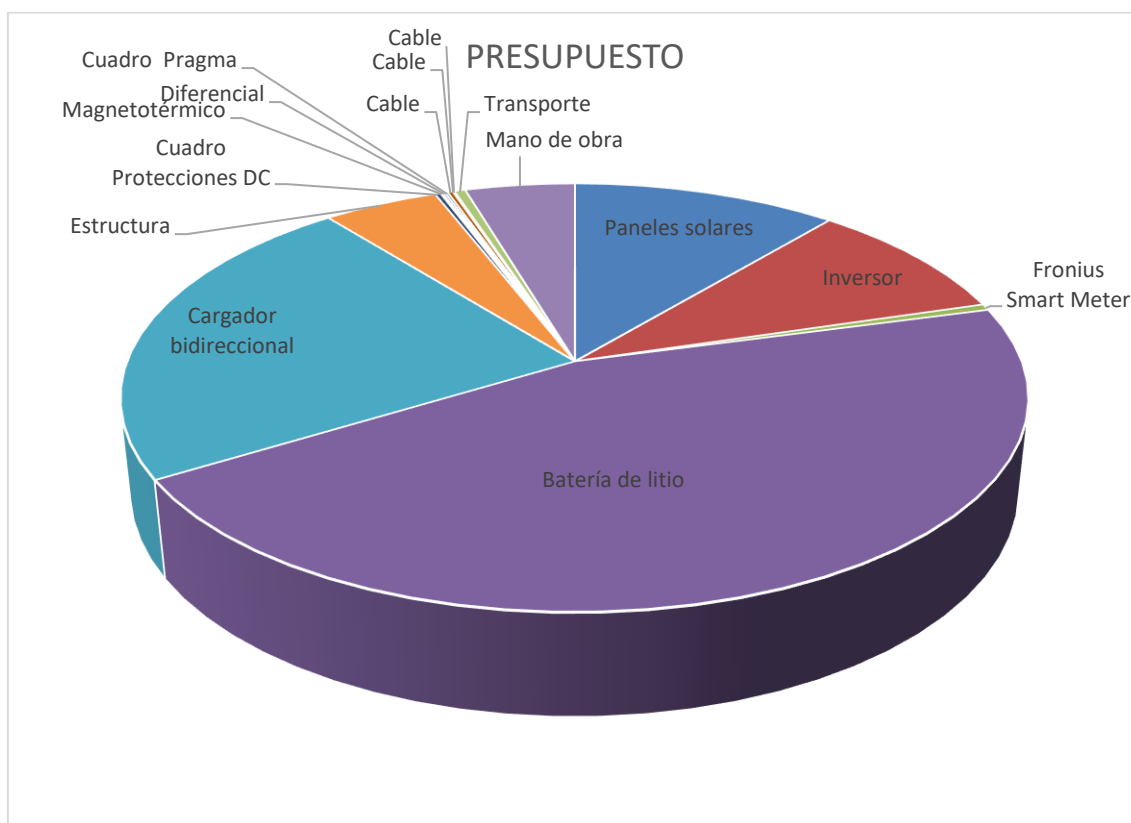
En el presente presupuesto representa el precio de cada elemento individualmente y en su conjunto el precio total de la instalación.

**Tabla 26:** Presupuesto

UD.	DESCRIPCIÓN	Precio UD.	TOTAL
<b>20</b>	Ud. Panel solar 72 células monocristalinas 400Wp Era Solar ESPSC.	114,51	2.290,20
<b>1</b>	Ud. Inversor Híbrido Fronius Symo GEN24 6,0 PLUS monofásico.	1.905,87	1.905,87
<b>1</b>	Ud. Fronius Smart Meter Monofásico TS 100A.	96,09	96,09
<b>1</b>	Ud. Batería Litio BYD B-Box HVM Premium 19.3kWh.	9.361,09	9.361,09
<b>1</b>	Ud. Cargador vehículo eléctrico bidireccional WallBox Quasar 7,4kW	4.732,10	4.732,10
<b>7</b>	Ud. De estructura de soporte de paneles fotovoltaicos a 50º. 3 módulos	142,20	995,40
<b>1</b>	Ud. Cuadro de protecciones DC para 2 Strings con bases y fusibles CC de 16A.	46,86	46,86
<b>1</b>	Ud. Cuadro de protecciones AC formado por:		
	- 1 Interruptor magnetotérmico 2P 32A	14,88	18,84
	- 1 Interruptor diferencial 2P 40A 30mA	17,68	22,38
	- 1 Cuadro Pragma IP30	19,20	24,30
<b>94</b>	Metros de cable RV-K 1X4mm2 Unipolar 1000V	0,47	43,80
<b>2,5</b>	Metros de cable RV-K 1X6mm2 Unipolar 1000V	0,67	1,68
<b>21</b>	Metros de cable RV-K 1X6mm2 Unipolar 1000V	0,67	14,10
<b>1</b>	Ud. Medios auxiliares de transporte.	94,80	94,80
<b>3</b>	Ud. Mano de obra, instalación, configuración y puesta en marcha, realizada por 2 oficiales durante 3 días	316,00	948,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>20.595,51</b>
		IVA 21%	4.325,06
		<b>TOTAL</b>	<b>24.920,57</b>
<b>OBSERVACIONES</b>			
<b>Se excluyen los posibles costes referentes a la obra civil.</b>			
<b>Se excluyen, en caso de ser necesarios, el suministro y el montaje de medidas colectivas para la seguridad de los trabajadores.</b>			

**Fuente:** Páginas Web y almacenes de venta de material eléctrico

**Gráfico 4:** Representación gráfica del presupuesto



**Fuente:** Datos obtenidos de la tabla 26

Como podemos observar en el gráfico anterior, el coste más elevado que ocupa casi el 50% del coste total de la instalación es la batería.



## 6. ESTUDIO ECONÓMICO

Para realizar el estudio económico se han tenido en cuenta los siguientes temas:

- No se recibirá ninguna subvención por realizar la instalación fotovoltaica.
- Se ha establecido un precio medio actual de la energía de 0,20 €/kWh.
- Se considera un precio total de la instalación de 24.920,57€.
- Se considera unos costes de mantenimiento de 480€ anuales y repartido durante los 25 años. Dichos costes son para poder tener en cuenta el cambio de batería a los 15 años y se ha calculado un precio aproximado de batería de 12.000€.
- Se considera que la vida útil de toda la instalación es de 25 años, excepto la batería. Esta consideración no dice que los paneles solares dejen de funcionar a los 25 años, sino que su rendimiento baja notablemente.
- Los costes de explotación se consideran un valor promedio del mantenimiento de la instalación como puede ser la limpieza y reposiciones de los elementos.
- Se considera un descenso de la producción del 0.5 % anual.
- Se considera una tasa de interés del 3 %, una tasa de inflación del 2.5 % y un coste del capital 0.5 %.

**Tabla 27:** Estudio económico

Año	Potencia producida (kWh)	Autoconsumo (€)	Costes de explotación (€)	Costes de mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado (€)	Ganancias (€)	Flujo de caja actualizado (€)	Valor actual neto (VAN)
1	12.322,90	1.636,40	50,00	480,00	- 23.814,17	-23.814,17	-23.695,69	-23.695,69
2	12.261,29	1.628,22	50,00	480,00	1.098,22	-22.715,95	1.087,32	-22.608,37
3	12.199,98	1.620,08	50,00	480,00	1.090,08	-21.625,87	1.073,89	-21.534,48
4	12.138,98	1.611,98	50,00	480,00	1.081,98	-20.543,89	1.060,60	-20.473,88
5	12.078,28	1.603,92	50,00	480,00	1.073,92	-19.469,98	1.047,47	-19.426,41
6	12.017,89	1.595,90	50,00	480,00	1.065,90	-18.404,08	1.034,47	-18.391,94
7	11.957,80	1.587,92	50,00	480,00	1.057,92	-17.346,16	1.021,62	-17.370,32
8	11.898,01	1.579,98	50,00	480,00	1.049,98	-16.296,19	1.008,91	-16.361,41
9	11.838,52	1.572,08	50,00	480,00	1.042,08	-15.254,11	996,34	-15.365,07
10	11.779,33	1.564,22	50,00	480,00	1.034,22	-14.219,89	983,90	-14.381,17
11	11.720,44	1.556,40	50,00	480,00	1.026,40	-13.193,49	971,60	-13.409,57
12	11.661,83	1.548,61	50,00	480,00	1.018,61	-12.174,88	959,44	-12.450,13
13	11.603,52	1.540,87	50,00	480,00	1.010,87	-11.164,01	947,41	-11.502,72
14	11.545,51	1.533,17	50,00	480,00	1.003,17	-10.160,84	935,51	-10.567,21
15	11.487,78	1.525,50	50,00	480,00	995,50	- 9.165,34	923,74	- 9.643,47
16	11.430,34	1.517,87	50,00	480,00	987,87	- 8.177,46	912,10	- 8.731,37
17	11.373,19	1.510,28	50,00	480,00	980,28	- 7.197,18	900,59	- 7.830,77
18	11.316,32	1.502,73	50,00	480,00	972,73	- 6.224,45	889,21	- 6.941,56
19	11.259,74	1.495,22	50,00	480,00	965,22	- 5.259,23	877,95	- 6.063,61
20	11.203,44	1.487,74	50,00	480,00	957,74	- 4.301,48	866,82	- 5.196,79
21	11.147,42	1.480,30	50,00	480,00	950,30	- 3.351,18	855,81	- 4.340,99
22	11.091,69	1.472,90	50,00	480,00	942,90	- 2.408,28	844,92	- 3.496,07
23	11.036,23	1.465,54	50,00	480,00	935,54	- 1.472,74	834,15	- 2.661,92
24	10.981,05	1.458,21	50,00	480,00	928,21	- 544,53	823,50	- 1.838,43
25	10.926,14	1.450,92	50,00	480,00	920,92	376,39	812,96	- 1.025,47

Fuente: Presupuesto

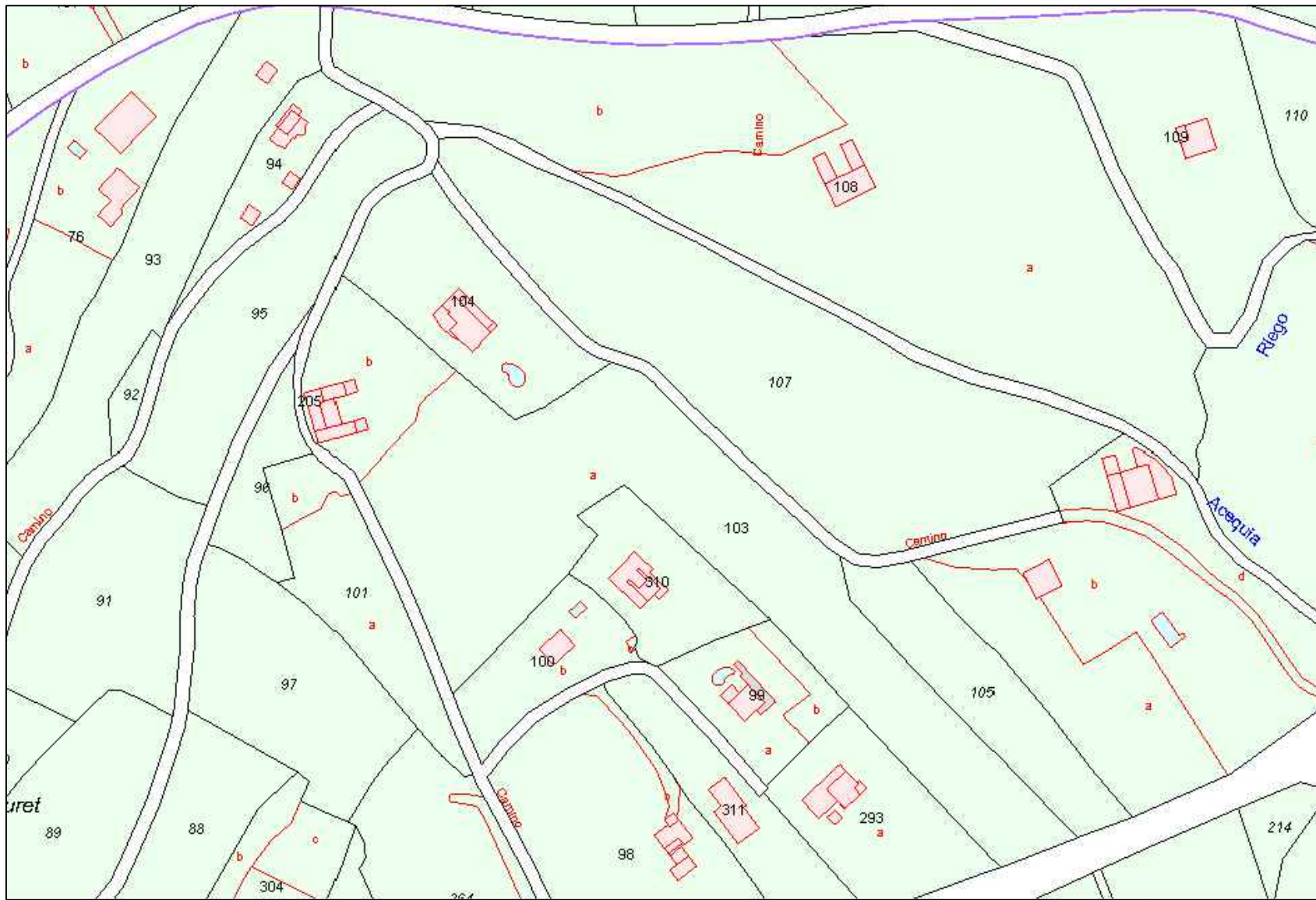
## 7. PLANOS


7.1. Plano 01 – Catastro

7.2. Plano 02 – Simulación de la instalación


7.3. Plano 03 – Esquema unifilar

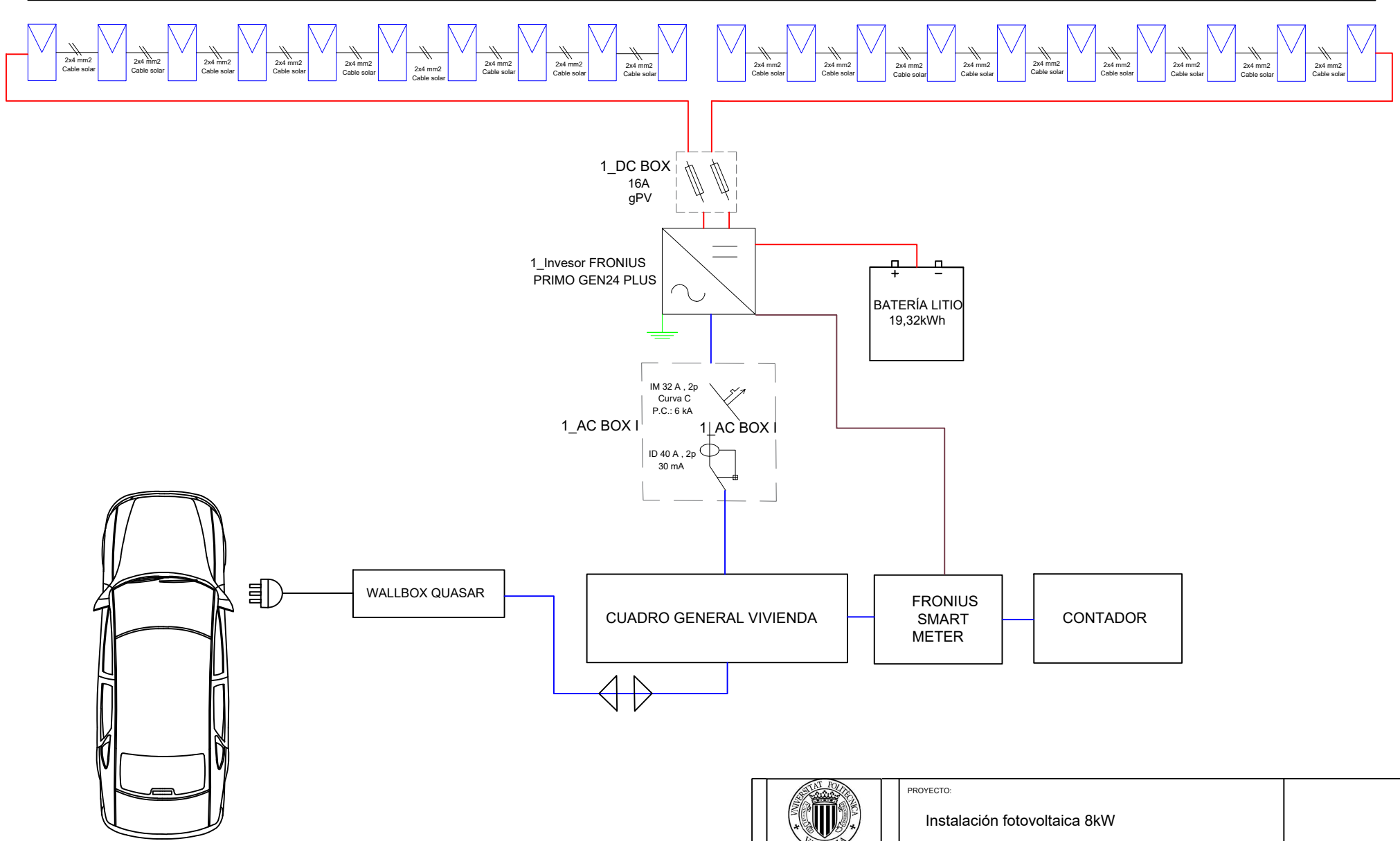
7.4. Plano 04 – Detalle distribución de paneles




	PROYECTO:	Instalación fotovoltaica 8kW	
	CLIENTE:	Nicolás Vidal	NÚMERO DEL PROYECTO: 01
SITUACION:		Ontinyent Valencia	
NOMBRE DEL PLANO:		Catastro	NÚMERO DE PLANO:
FECHA:	21/05/2020	ESCALA:	1 / 500
			01 / 04



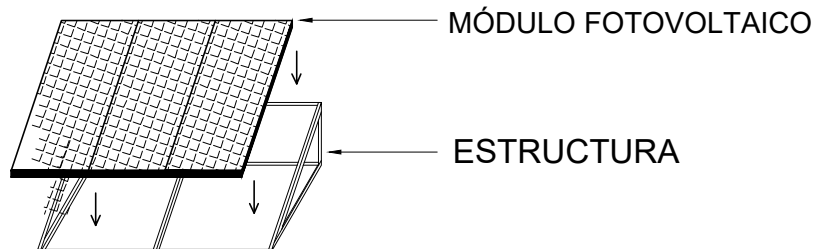
	PROYECTO: <b>Instalación fotovoltaica 8kW</b>	
CLIENTE:	<b>Nicolás Vidal</b>	NÚMERO DEL PROYECTO: <b>01</b>
SITUACION:	<b>Ontinyent Valencia</b>	
NOMBRE DEL PLANO:	<b>Simulación de la instalación</b>	NÚMERO DE PLANO:
FECHA:	<b>21/05/2020</b>	<b>02 / 04</b>
ESCALA:	<b>1 / 400</b>	




	PROYECTO: <b>Instalación fotovoltaica 8kW</b>	
	CLIENTE: <b>Nicolás Vidal</b>	NÚMERO DEL PROYECTO: <b>01</b>
SITUACION: <b>Ontinyent Valencia</b>		
NOMBRE DEL PLANO: <b>Esquema unifilar</b>	NÚMERO DE PLANO: <b>03 / 04</b>	
FECHA: <b>21/05/2020</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	

S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

DETALLE DEL MONTAJE



	PROYECTO: Instalación fotovoltaica 8kW	
	CLIENTE: Nicolás Vidal	NÚMERO DEL PROYECTO: 01
SITUACION: Ontinyent Valencia		
NOMBRE DEL PLANO: Detalle distribución paneles		NÚMERO DE PLANO: 04 / 04
FECHA: 21/05/2020	ESCALA: S/E	

## 8. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo final de carrera tiene conclusiones tanto a nivel práctico como a nivel académico.

### 8.1. Conclusiones prácticas

Los objetivos cumplidos de una manera satisfactoria son:

- Análisis y consumos energéticos de la vivienda
- Análisis del mercado para la instalación de los elementos óptimos
- Dimensionamiento geométrico de la instalación
- Simulaciones prácticas de rendimientos con distintos escenarios

### 8.2. Conclusiones teóricas

Se van a mencionar los aspectos donde se puede decir que se ha mejorado significativamente:

- Dimensionamiento eléctrico y fotovoltaico de las instalaciones.
- Redacción de un documento técnico, así como los formatos e información que debe contener
- Análisis de costes
- Amortización
- Manejo de software para la simulación de problemas ingenieriles.

Una vez explicadas las distintas clases de conclusiones que se han aprendido realizando este trabajo final de carrera, se va a hablar de las conclusiones de la instalación.

Las instalaciones solares van prosperando significativamente y en la mayoría de los casos son rentables tanto económicamente como para la salud del planeta. Concretamente, en la instalación sobre la que hemos hecho el trabajo no es rentable, como se puede ver en el estudio económico. Como ya se comentó al principio al cliente no le importaba la rentabilidad, solo quería aportar su granito de arena al planeta.

El elemento más caro de la instalación, como se ha podido observar es la batería, concretamente la batería de litio que es bastante novedosa. Seguramente el paso de los años



hará que el precio de la batería se reduzca significativamente, así como el precio de la energía se eleve, incrementando así el ahorro.

En conclusión, la gran mayoría de instalaciones fotovoltaicas son rentables. Las que no lo son, es por el precio de sus componentes, concretamente las baterías, que como se ha mencionado, en un futuro no muy lejano sí lo será.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. <https://www.solarmat.es/blog/baterias-litio-ventajas/>
2. <https://movilidadelectrica.com/cargadores-bidireccionales-todo-lo-que-necesitas-saber/>
3. <https://es.weatherspark.com/y/42464/Clima-promedio-en-Onteniente-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
4. <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/ontinyent-886107/>
5. <http://renovetec.com/1114>
6. <https://besunenergy.com/como-funciona-un-inversor-solar/#:~:text=El%20inversor%20fotovoltaico%20tiene%20la,corriente%20alterna%2C%20que%20podemos%20utilizar.>
7. <https://autosolar.es/inversores-hibridos/#:~:text=Los%20inversores%20h%C3%ADbridos%20son%20aquellos%20que%20se%20usan%20en%20instalaciones,placas%20solares%20en%20las%20bater%C3%A1Das.>
8. <https://autosolar.es/inversores-hibridos>
9. [https://wallbox.com/es\\_es/quasar-dc-charger?gclid=Cj0KCQjw5auGBhDEARIsAFyNm9E7wOOr6TxRQ6aCwEyjAMYhw1Z64Jmb2Jya\\_xgWYVv3ZB6B9FWTImaAiMKEALw\\_wcB](https://wallbox.com/es_es/quasar-dc-charger?gclid=Cj0KCQjw5auGBhDEARIsAFyNm9E7wOOr6TxRQ6aCwEyjAMYhw1Z64Jmb2Jya_xgWYVv3ZB6B9FWTImaAiMKEALw_wcB)
10. <https://movilidadelectrica.com/cargadores-bidireccionales-todo-lo-que-necesitas-saber/>
11. <https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar/instaladores-y-socios/resumen-de-datos-tecnicos>
12. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>
13. <https://www.electricidad.tienda/es/cable-unipolar-1000v/cable-rv-k-1x6-mm2-unipolar-1000v-927.html>
14. <https://www.teknosolar.com/estructura-soporte-placas-solares-para-suelo-regulable-30o-50o-141v/>