



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar

MEMORIA PRESENTADA POR:

Isaac Copoví Cloquell

Tutor:

Marcos Pascual Molto

GRADO DE *Ingeniería Eléctrica*

Convocatoria de defensa: Marzo de 2019

RESUMEN

El presente Trabajo Final de Grado se basará en una instalación solar fotovoltaica conectada a red para una vivienda unifamiliar. Se tendrá en cuenta toda la legislación vigente para realizar dicha instalación. Visto esto, se hará un estudio sobre el consumo energético de la vivienda para así adaptar la instalación al presente consumo. Posteriormente se realizarán los cálculos necesarios para poder llevar a cabo toda la instalación fotovoltaica. Finalmente, se realizará un presupuesto de acuerdo con los datos técnicos obtenidos de la instalación y con esto, se efectuará un estudio económico para saber si la instalación es viable.

RESUM

El present Treball Final de Grau es basarà en una instal·lació solar fotovoltaica connectada a xarxa per a un habitatge unifamiliar. Es tindrà en compte tota la legislació vigent per a realitzar aquesta instal·lació. Vist això, es farà un estudi sobre el consum energètic de l'habitatge per així adaptar la instal·lació al present consum. Posteriorment es realitzaran els càlculs necessaris per a poder dur a terme tota la instal·lació fotovoltaica. Finalment, es realitzarà un pressupost d'acord amb les dades tècniques obtingudes de la instal·lació i amb això, s'efectuarà un estudi econòmic per a saber si la instal·lació és viable.

ABSTRACT

This Final Degree Project is based on a grid-connected solar photovoltaic installation for a single-family home. All current legislation will be taken into consideration. In order to adapt the installation to the current charges, a study will be carried out on the energy consumption of the dwelling. Next, the necessary calculations will be made to carry out all the photovoltaic installation. Finally, a budget will be made according to the technical data obtained from the installation and an economic study will be carried out to find out if the design is viable.



PALABRAS CLAVE

Instalación fotovoltaica, consumo energético, energía renovable

PARAULES CLAU

Instal·lació fotovoltaica, consumició d'energia, energia renovable

KEYWORDS

Photovoltaic installation, energy consumption, renewable energy

Contenido

1	Índice de gráficos, tablas e ilustraciones.....	7
1.1	Gráficos.....	7
1.2	Tablas.....	7
1.3	Ilustraciones.....	7
2	Aspectos generales sobre el consumo de electricidad en España.....	8
2.1	Normativa vigente.....	9
2.2	Objeto del trabajo.....	10
3	Consumo energético de la vivienda.....	11
4	Instalación solar fotovoltaica.....	12
4.1	Lugar geográfico.....	12
4.2	Orientación.....	14
4.3	Placas solares fotovoltaicas.....	16
4.4	Inversor.....	21
5	Cableado.....	22
5.1	Conexión de corriente continua.....	22
5.2	Conexión de corriente alterna.....	24
5.3	Conexión de toma de tierra.....	28
6	Protecciones.....	29
7	Planos.....	30
8	Estudio económico.....	33
8.1	Presupuesto.....	33
8.2	Rentabilidad.....	33
8.2.1	Valor Actual Neto.....	33
8.2.2	Tasa Interna de Rentabilidad.....	35
8.3	Conclusión.....	36
9	Pliego de condiciones técnicas.....	37
9.1	Antecedentes.....	37
9.2	Promotor.....	37
9.3	Objeto.....	37
9.4	Generalidades.....	37

9.5	Definiciones	38
9.6	Emplazamiento de la instalación	39
9.7	Características de la instalación.....	39
9.7.1	Generador fotovoltaico	39
9.7.2	Estructura de los paneles solares	39
9.7.3	Inversor	40
9.8	Características eléctricas de la instalación	40
9.8.1	Cableado	40
9.8.2	Protecciones	40
9.8.3	Puesta a tierra	41
9.9	Conexión a la red	41
9.10	Producción energética	41
9.11	Consideraciones finales	41

Anexo 1: Presupuesto

Anexo 2: Ficha características inversor

Anexo 3: Ficha características paneles fotovoltaicos.

1 Índice de gráficos, tablas e ilustraciones

1.1 Gráficos

Gráfico 1: Porcentajes de consumo de electricidad según el uso de aparatos eléctricos.	8
Gráfico 2: Estimación anual de irradiación proporcionado por PVGIS.	16

1.2 Tablas

Tabla 1: Consumo medio en España por zonas y tipo de vivienda.	8
Tabla 2: Consumo medio en España de electricidad por tipo de aparato eléctrico.	8
Tabla 3: Consumo eléctrico de la vivienda.	12
Tabla 4: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.	15
Tabla 5: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.	19
Tabla 6: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.	20
Tabla 7: Conductividad eléctrica en función de la temperatura.	22
Tabla 8: Caídas de tensión máximas y recomendadas.	23
Tabla 9: Grupos de conductores según sus especificaciones.	24
Tabla 10: Intensidades máximas admisibles.	25
Tabla 11: Balance económico de la instalación en el que se calcula el VAN.	34
Tabla 12: Balance económico de la instalación en el que se calcula el TIR.	35

1.3 Ilustraciones

Ilustración 1: Radiación media diaria de la península ibérica.	10
Ilustración 2: Localización de la instalación respecto la península ibérica.	13
Ilustración 3: Vivienda unifamiliar donde se va a realizar la instalación.	14

2 Aspectos generales sobre el consumo de electricidad en España

El consumo energético en España varía en función al tipo de vivienda, si es unifamiliar o si es un piso, y en función a la ubicación donde esté. Este consumo energético se puede observar en la siguiente tabla.

Tipo de vivienda	Zona mediterránea	Zona norte	Zona atlántica	España
Unifamiliares	14597 kWh	21455 kWh	21760 kWh	17021 kWh
Pisos	6378 kWh	10043 kWh	9987 kWh	7869 kWh

Tabla 1: Consumo medio en España por zonas y tipo de vivienda.

Se puede ver que el mayor consumo se realiza en las viviendas unifamiliares en general, y este dato es muy importante ya que este tipo de vivienda representa un tercio de las viviendas en España.

En base a estudios realizados se puede ver a continuación como se consume la energía en España, es decir, en que se utiliza esa energía eléctrica.

Aparatos eléctricos	Consumo medio de energía anual (kWh)
Calefacción	2.272
Electrodomésticos	1.524
ACS	990
Cocina	737
Iluminación	410
Aire acondicionado	170

Tabla 2: Consumo medio en España de electricidad por tipo de aparato eléctrico.

Si se hace un gráfico porcentual respecto de la anterior tabla se representaría de la siguiente manera y se puede ver que casi la mitad de la energía se gasta en calefacción.

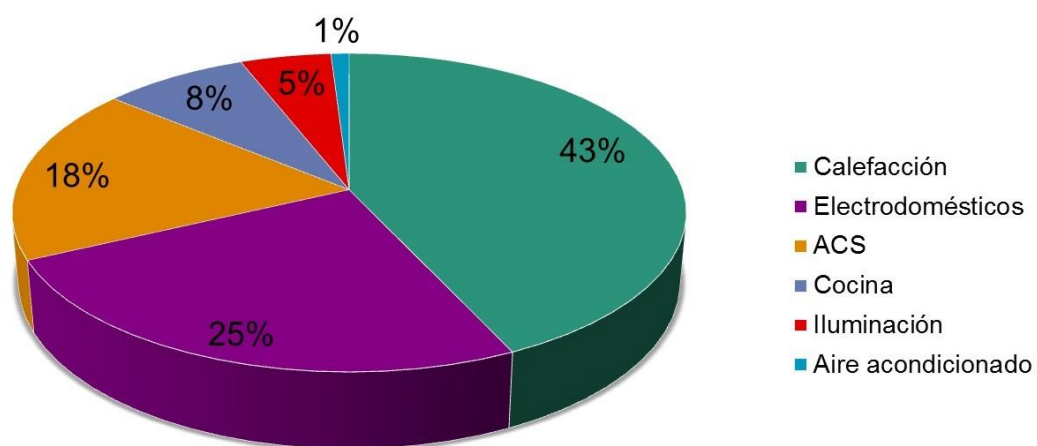


Gráfico 1: Porcentajes de consumo de electricidad según el uso de aparatos eléctricos.

2.1 Normativa vigente

Para hablar sobre la normativa vigente a día de hoy tenemos que saber cómo estaba la ley anteriormente, ya que la antigua normativa fue derogada el pasado 5 de octubre de 2018.

La antigua normativa se refería especialmente al llamado “impuesto al sol”, que fue creado en 2015. Este Real Decreto ley se trataba de que los propietarios deben de pagar un impuesto para el sostenimiento del sistema eléctrico.

En la ley 24/2013 ya se decidió poner un impuesto a las instalaciones de autoconsumo y esta ley nos decía que, “todos los consumidores sujetos a cualquier modalidad de autoconsumo tendrán la obligación de contribuir a los costes y servicios del sistema por la energía autoconsumida, cuando la instalación de generación o de consumo esté conectada total o parcialmente al sistema eléctrico”. Esto quiere decir que todo propietario de una instalación solar fotovoltaica está obligado a pagar los mismos peajes de acceso a las redes, cargos asociados a los costes del sistema y costes para la provisión de los servicios como un consumidor que no tiene una instalación de autoconsumo.

El pasado 5 de octubre de 2018 este Real Decreto de impuesto al sol quedó derogado e incluye la desaparición de cualquier tipo de peaje y cargo para el autoconsumo y establece la simplificación administrativa para la puesta en marcha de este tipo de instalaciones. Así, se verían los siguientes beneficios:

- Para las instalaciones eléctricas no superiores a 100kW no es necesario inscribirlas en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica.
- Se reconoce el derecho al autoconsumo compartido por parte de uno o varios consumidores, lo que permitirá aprovechar las economías de escala; así como a auto consumir energía eléctrica sin peajes ni cargos.
- Balance neto: resultado económico mensual obtenido al restar el coste económico del vertido horario de energía a la red, menos el coste económico en el punto frontera del consumo horario de energía desde la red. Esta cantidad económica, ya sea positiva o negativa, será la base de regulación de los pagos entre el consumidor-productor y la compañía eléctrica suministradora a través de la red tal y como se regula en el artículo 17.

Todo este desarrollo del autoconsumo garantiza a los consumidores una alternativa más económica y respetuosa con el planeta, contribuye a reducir las necesidades de la red eléctrica, genera mayor independencia energética, permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y crea empleo.

2.2 Objeto del trabajo

El objeto del presente trabajo es diseñar una instalación fotovoltaica para una vivienda de carácter unifamiliar para intentar depender lo más mínimo de la red eléctrica, además, a día de hoy, pudiéndose ver favorecido por el cambio del Real Decreto-Ley y poder estar más beneficiado todo el sector del autoconsumo de energías renovables.

Es un poco absurdo que en otros países como Alemania existe un mayor número de instalaciones fotovoltaicas que en España, sabiendo que en nuestro país existe un clima mucho más adecuado para este tipo de instalaciones debido a que hay una irradiación solar mucho más superior. Todos estos beneficios del sol hacen que se pueda apostar cada vez más por todos estos tipos de instalaciones.

En la siguiente figura se puede observar cómo afecta la irradiación solar en España y se ve claramente el beneficio que tendría apostar por todas estas energías de autoconsumo.

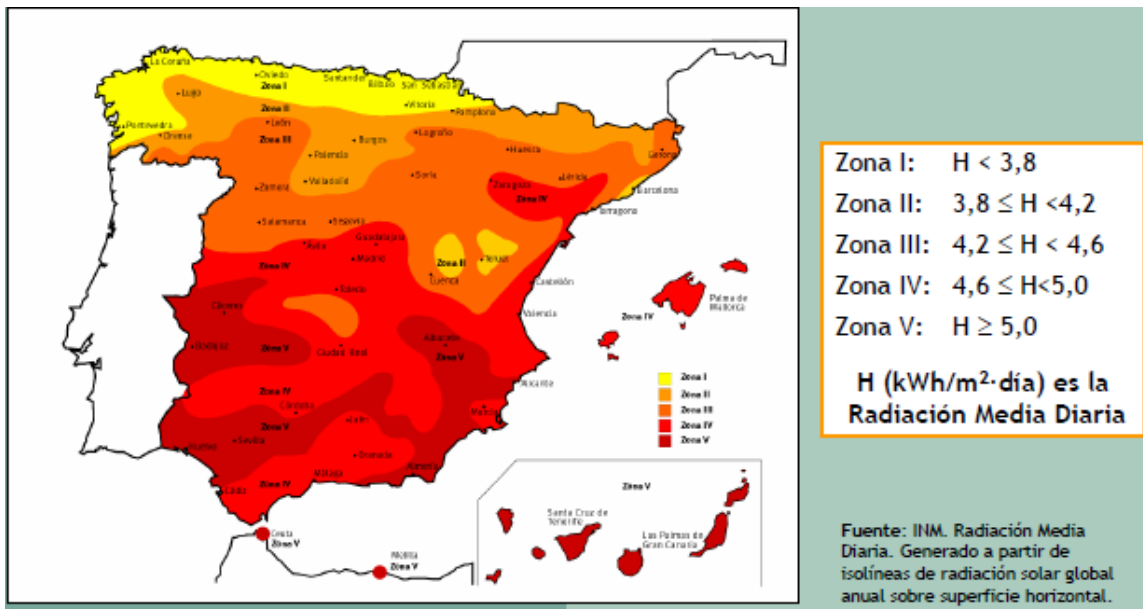


Ilustración 1: Radiación media diaria de la península ibérica.

Con todo esto, el objetivo del presente trabajo es conocer la viabilidad de esta instalación de autoconsumo con el nuevo Real Decreto-Ley y saber si es una buena opción apostar por este tipo de instalaciones.

3 Consumo energético de la vivienda

Para realizar un estudio del consumo eléctrico de la vivienda se tiene que saber en qué se está consumiendo toda la electricidad en la vivienda, tanto de los electrodomésticos como de las luminarias.

Para ello, se va a mostrar en la siguiente tabla todos los aparatos eléctricos que hay en la vivienda con su respectiva potencia, las horas de su utilización diaria y la consumición por día de dichos aparatos. Como todos los días no se consume la misma energía se va a hacer una estimación de las horas de consumo.

Dicho esto, hay que centrarse en los meses donde haya más consumo de energía para así hacer la instalación acorde con el mes más desfavorable. Con esto se conseguirá que la instalación sea suficiente en el mes más desfavorable y por lo tanto no debería existir ningún problema de aprovisionamiento en el resto de los meses del año.

Principalmente se centrará en los meses de invierno, diciembre, enero y febrero, ya que en estos las condiciones climatológicas son más perjudiciales, en el sentido energético, debido a la menor cantidad de luz solar y, por tanto, aumenta el consumo eléctrico.

A continuación, se muestra la tabla con todos los consumos eléctricos de la presente vivienda.

APARATOS ELÉCTRICOS	POTENCIA (W)	UDS	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS/DÍA	WH/DÍA
HABITACIÓN 1					
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	3	180	1.5	270
FLEXO	35	1	35	2	70
TV	48	1	48	2	96
ORDENADOR	350	1	350	3	1050
HABITACIÓN 2					
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	3	180	0.5	90
FLEXO	35	1	35	1	35
TV	60	1	60	3	180
HABITACIÓN 3					
TV	65	1	65	2	130
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	4	240	1	240
COCINA					
PLAFÓN BAJO CONSUMO	13	12	156	4	624
EXTRACTOR	65	1	65	1	65
MICROONDAS	1000	1	1000	0.05	50
HORNO	1200	1	1200	2	2400
LAVAVAJILLAS	950	1	950	2	1900
NEVERA	450	1	450	3	1350
COMEDOR					

LÁMPARA INCANDESCENTE	60	5	300	5	1500
TV	70	1	70	4	280
ROUTER	8	1	8	24	192
PASILLO					
BOMBILLA HALÓGENA	50	5	250	0.2	50
BAÑO 1					
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	3	180	1.5	270
BAÑO 2					
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	3	180	1.5	270
SECADOR	2200	1	2200	0.1	220
GARAJE					
CONGELADOR	150	1	150	3	450
FOCO HALÓGENO	250	1	250	0.5	125
PANTALLA FLUORESCENTE	36	8	288	1	288
TERRAZA					
LÁMPARA INCANDESCENTE	60	4	240	0.5	120
LAVADORA	400	1	400	0.6	240
SECADORA	350	1	350	0.6	210
				Total W/día	12765

Tabla 3: Consumo eléctrico de la vivienda.

Al final de la tabla se observa que se ha obtenido una estimación de un consumo total de 12,765 kW/día en el día más desfavorable que se puede tener. Esto quiere decir que mínimo hay que tener una instalación que genere esa potencia y así en el resto del año no se tendrá ningún problema.

4 Instalación solar fotovoltaica

Una vez que se ha calculado todo el consumo energético diario se va a proceder a ver dónde se tiene que poner la instalación y como orientarla para saber cuál es la opción óptima que pueda haber.

4.1 Lugar geográfico

La presente vivienda está situada en la costa mediterránea, en la provincia de Valencia. En la siguiente ilustración se puede ver el emplazamiento en el que se ocupa dentro de la península ibérica.



Ilustración 2: Localización de la instalación respecto la península ibérica.

Viendo que está en la parte este del país, se puede pensar que es un sitio óptimo para hacer este tipo de instalaciones debido a la cantidad de horas de luz solar que persiste en esta región.

En la siguiente imagen se puede ver concretamente la vivienda donde se va a hacer la instalación.



Ilustración 3: Vivienda unifamiliar donde se va a realizar la instalación.

Se ha optado por hacer una instalación solar fotovoltaica porque es una vivienda que tiene garaje y tres alturas, por lo tanto, en la ubicación donde esta se haya, es una vivienda muy alta. Debido a esto, se pueden poner las placas en el tejado y la luz solar puede ser aprovechada gran parte del día, ya que las demás viviendas no van a interrumpir la luz que da directamente a las placas.

4.2 Orientación

Para hacer la instalación, antes se debe saber cómo van a orientarse las placas para que reciban la máxima radiación posible. Aprovechando que la vivienda está orientada hacia el sur y todo el día recibe radiación, se van a orientar las placas solares hacia el sur, ya que es la mejor opción. El ángulo de las placas podrá oscilar entre 25 y 35 grados de inclinación.

Se ha optado por poner las placas en un ángulo de 30/35 grados porque se va a aprovechar la misma inclinación que tiene el tejado, con esto no hace falta montar una estructura metálica para conseguir el ángulo óptimo. Las pérdidas van a ser mínimas si el ángulo varía muy poco, lo importante es que las placas estén orientadas al sur para así recibir la mayor cantidad de luz posible.

Para saber la irradiación solar de nuestra zona se ha utilizado una plataforma online llamada PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System – European Commission, Joint Research Center), y en ella se pueden obtener los datos de radiación solar de incide en cualquier lugar geográfico. A continuación, se puede mostrar los datos obtenidos utilizando esta plataforma donde se va a realizar la instalación.

Estimaciones PVGIS de generación eléctrica solar:

Ubicación: 38 ° 51'53 "Norte, 0 ° 23'48" Oeste, Elevación: 299 m snm,

Base de datos de radiación solar utilizada: PVGIS-CMSAF

Potencia nominal del sistema fotovoltaico: 1,0 kW (silicio cristalino)

Pérdidas estimadas debido a la temperatura y baja irradiancia: 10,6% (utilizando la temperatura ambiente local)

Pérdida estimada debido a los efectos de reflectancia angular: 2,5%

Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14,0%

Pérdidas del sistema fotovoltaico combinadas: 25,0%

Sistema fijo: inclinación = 35 °, orientación = 0 °

Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
ene	3,22	99.9	4.08	126
feb	3.81	107	4.85	136
mar	4.51	140	5.89	183
abr	4,50	135	5.98	179
Mayo	4.73	147	6.39	198
jun	4.97	149	6.83	205
jul	5.10	158	7.14	221
ago	4.85	150	6.78	210
sep	4.36	131	5.98	179
oct	3.96	123	5.31	165
nov	3,22	96.6	4.16	125
dic	2,86	88.5	3.62	112
Promedio anual	4.18	127	5.59	170
Total por año		1520		2040

E_d : Producción diaria promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh)

E_m : Producción mensual promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh)

H_d : Suma diaria promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²)

H_m : Suma promedio de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²)

Tabla 4: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.

En la tabla anterior proporcionada por la plataforma online, se observa en la primera columna la producción diaria de electricidad y en la segunda la producción mensual. Toda esta producción es respecto a una potencia nominal de la instalación de 1 kW.

También, mediante esta plataforma se puede ver mediante un gráfico los kWh que hay en el presente lugar de instalación a lo largo de todo el año. A continuación, se muestra dicho gráfico.

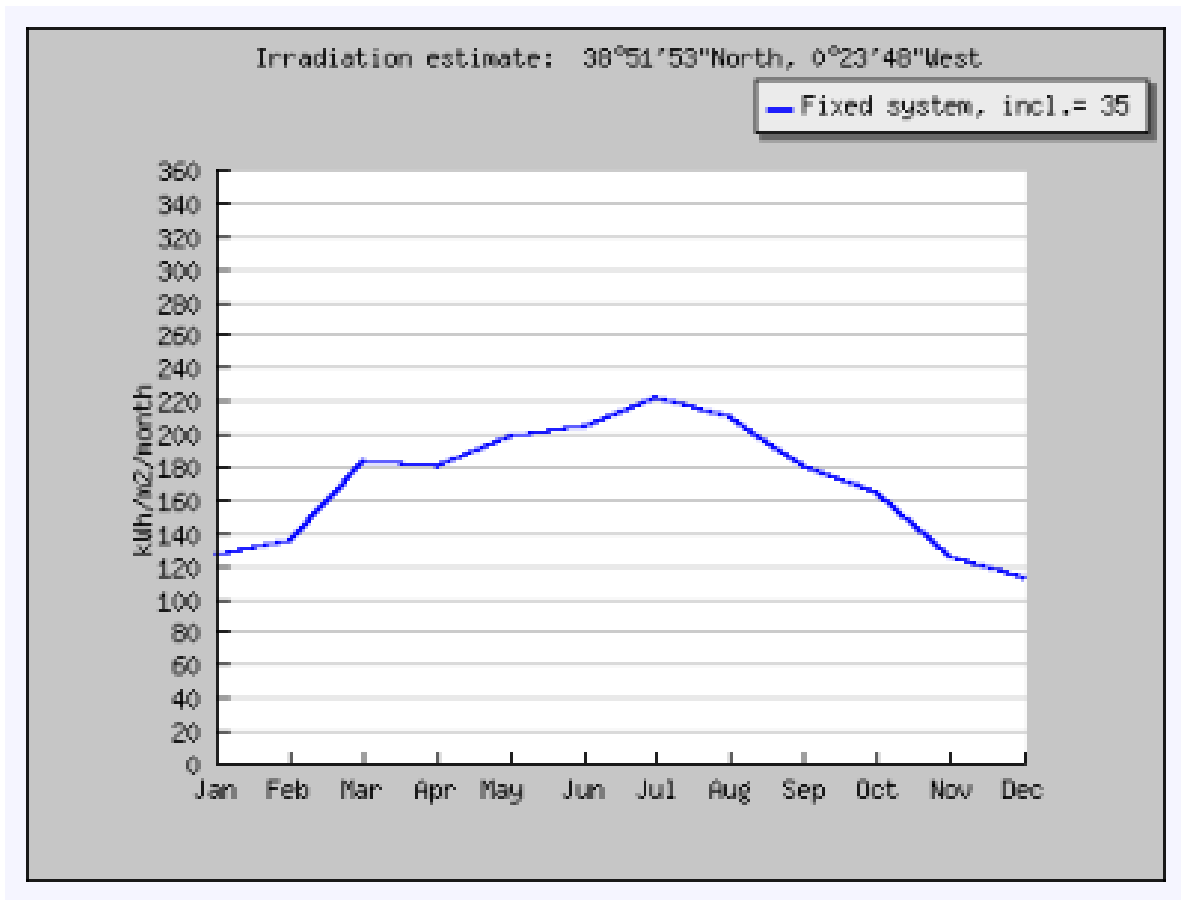


Gráfico 2: Estimación anual de irradiación proporcionado por PVGIS.

4.3 Placas solares fotovoltaicas

Una vez se han hecho todos los cálculos de consumo energético que tiene la vivienda se tiene que proceder a elegir unos paneles fotovoltaicos que puedan ser los óptimos para nuestra instalación.

Se va a optar por un panel policristalino porque, aunque resulte ligeramente menos eficiente que el monocristalino, este es más adecuado para las instalaciones en dicha zona. Es decir, depende de la zona, se va a utilizar unos paneles u otros. En climas fríos es mejor optar por hacer las instalaciones en placas de tipo monocristalino porque soportan menos el sobrecalentamiento y absorben con más facilidad la radiación, en cambio, en los climas cálidos, se opta por hacer las instalaciones en placas policristalinas ya que estas soportan bien el sobrecalentamiento. Además, las placas fotovoltaicas policristalinas son más económicas que las anteriores.

Es el momento de elegir las determinadas placas fotovoltaicas y con ello saber qué características van a tener. Valorando las distintas marcas y haciendo una relación

calidad/precio, se ha optado por escoger un panel solar policristalino de 280 W de la marca Amerisolar. El panel tiene las siguientes características:

- Dimensiones: 1640x992x40 mm
- Potencia nominal máxima (P_{MPP}): 285 W
- Tensión en circuito abierto: 38.7 V
- Corriente de cortocircuito (I_{SC}): 9.42 A
- Tensión nominal (V_{MP}): 31.7 V
- Corriente potencia nominal (I_{MP}): 9 A
- Eficiencia del módulo: 17.52%
- Temperatura de funcionamiento: -40 °C a +85 °C

Sabiendo ya las placas que se van a escoger se necesita saber cuántas placas harán falta para poder hacer frente a la potencia de la vivienda. Como la vivienda consume en sus días más desfavorables unos 12.765 kWh al día de potencia y, además, se escoge el mes más desfavorable en cuanto a radiación solar, es decir, diciembre, sale un total de paneles de:

$$\text{Número de módulos} = \frac{\text{ENERGIA NECESARIA}}{\text{HSP} \times \text{RENDIMIENTO DE TRABAJO} \times \text{POTENCIA PICO DEL MÓDULO}}$$

Sabiendo que HSP = radiación solar incidente en el mes más desfavorable, 3,62kWh/m², y el rendimiento de trabajo siempre está entre 0,7 y 0,8 debido a el posible ensuciamiento o el deterioro de los paneles,

$$\text{Número de módulos} = \frac{12765}{3,62 \times 0,8 \times 285} = 15,46 \text{ módulos.}$$

Como ha salido un total de 15,46 módulos, siempre se redondea al alza quedando la instalación en 16 paneles de 285 W de potencia.

También se puede calcular el número de paneles solares mediante los datos de estimación que nos proporciona la plataforma PVGIS. Es decir, en dicha tabla aparece una producción en el mes más desfavorable de 2,86 kWh por en una potencia nominal

del sistema fotovoltaico de 1 kW. Si por cada panel de 1 kW se obtiene 2.86 kWh de potencia, para abastecer una potencia de 12,765 kWh se necesitará:

$$1\text{kW de placa} \rightarrow 2,86 \text{ kWh}$$

$$X \text{ kWh de placa} \rightarrow 12,765 \text{ kWh}$$

$$X = \frac{12,765}{2,86} = 4,4632 \text{ kWh}$$

Se tiene que instalar una potencia de 4463,2 W con los paneles que se han escogido anteriormente, entonces dividiendo la potencia que se necesita de los paneles y sabiendo que los paneles tienen una potencia de 285 W, se tiene el número de paneles que harán falta.

$$4463,2/285 = 15,66 \text{ paneles}$$

Redondeando al alza, como anteriormente se ha hecho, quedan un total de 16 paneles fotovoltaicos.

El tejado donde se va a realizar dicha instalación cuenta con una superficie de 11 metros de ancho y 5,5 metros de largo, en la parte que está orientada hacia el sur, por lo que se tiene espacio suficiente para colocar los 16 módulos fotovoltaicos.

Con esta instalación de 16 paneles lo que se consigue es bastante excedente de electricidad, ya que se ha realizado la instalación teniendo en cuenta el mes más desfavorable. Si lo que se trata es hacer una estimación de acuerdo con el nuevo Real Decreto-Ley para que se aplique el balance neto en la instalación, lo que hay que conseguir es que a final de año salga ligeramente positivo el balance en cuanto a la electricidad que se ha inyectado en los meses más favorables y la que se ha consumido en los meses más desfavorables para así no tener ningún gasto.

En la siguiente tabla se puede ver la producción que hay cada día si la instalación se trata de 16 paneles de 285 W cada uno. Se puede observar también que hay una media de 19 kWh al día, por lo que se tiene un excedente de 6 kWh respecto con el consumo de la vivienda.

Estimaciones PVGIS de generación eléctrica solar:

Ubicación: 38 ° 51'53 "Norte, 0 ° 23'48" Oeste, Elevación: 299 m snm,

Base de datos de radiación solar utilizada: PVGIS-CMSAF

Potencia nominal del sistema fotovoltaico: 4,6 kW (silicio cristalino)
 Pérdidas estimadas debido a la temperatura y baja irradiancia: 10,6% (utilizando la temperatura ambiente local)
 Pérdida estimada debido a los efectos de reflectancia angular: 2,5%
 Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14,0%
 Pérdidas del sistema fotovoltaico combinadas: 25,0%

Sistema fijo: inclinación = 35 °, orientación = 0 °

Mes	E_d	E_m	H_d	H_m
ene	14.70	456	4.08	126
feb	17.40	486	4.85	136
mar	20.50	637	5.89	183
abr	20.50	615	5.98	179
Mayo	21.60	669	6.39	198
jun	22.70	680	6.83	205
jul	23.30	722	7.14	221
ago	22.10	686	6.78	210
sep	19.90	597	5.98	179
oct	18.10	560	5.31	165
nov	14.70	441	4.16	125
dic	13.00	404	3.62	112
Promedio anual	19.0	579	5.59	170
Total por año		6950		2040

E_d : Producción diaria promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh)

E_m : Producción mensual promedio de electricidad a partir del sistema dado (kWh)

H_d : Suma diaria promedio de irradianción global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²)

H_m : Suma promedio de la irradianción global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh / m²)

Tabla 5: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.

En la tabla se observa que se tiene un total por año producido de 6950 kWh, con lo cual:

$$12,765 \times 365 = 4659,22 \text{ kWh}$$

Esa cifra es una estimación en la que esta vivienda, en el peor de los casos, consumiría a lo largo del año, por lo que tendría mucho excedente.

Lo que se pretende es hacer una instalación en la que, aplicando el balance neto, salga ligeramente positivo, para así, poder disminuir el precio total de la instalación.

Viendo la tabla que aparece a continuación se ha conseguido sacar una estimación más adecuada en cuanto a la producción de electricidad. Mediante la siguiente regla de 3 se observa que:

Con 4,6 kW de potencia → Se obtiene una media anual de 19,0 kWh

Con X kW de potencia → Se obtiene una media anual de 12,765 kWh

Con lo que, para obtener una media anual de 12,765 kWh diaria, se necesita una potencia del sistema de 3,09 kW, siendo los paneles para instalar, un numero de módulos de:

$$3090 \text{ W}/285 \text{ W} = 10,84 \text{ módulos}$$

Es decir, con 11 paneles fotovoltaicos vendría la producción bastante justa para todo el año, con lo que la instalación se va a realizar de 12 módulos fotovoltaicos de 285 W de potencia cada uno, y con esto, quedaría una potencia total de la instalación de:

$$12 \text{ módulos fotovoltaicos} \times 285 \text{ W} = 3420 \text{ W}$$

En la tabla proporcionada por PVGIS que aparece a continuación, se observa que se obtiene una media diaria de 14,2 kWh, con lo que se puede ver que hay un excedente, pero no es tan elevado como en el caso anterior.

Esta sería la solución óptima para la instalación teniendo en cuenta el nuevo Real Decreto Ley.

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 38°51'53" North, 0°23'48" West, Elevation: 299 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 3.4 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.6% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.5%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 25.0%

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	11.00	340	4.08	126
Feb	12.90	362	4.85	136
Mar	15.30	475	5.89	183
Apr	15.30	459	5.98	179
May	16.10	499	6.39	198
Jun	16.90	507	6.83	205
Jul	17.40	538	7.14	221
Aug	16.50	511	6.78	210
Sep	14.80	445	5.98	179
Oct	13.50	417	5.31	165
Nov	10.90	328	4.16	125
Dec	9.71	301	3.62	112
Yearly average	14.2	432	5.59	170
Total for year		5180		2040

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Tabla 6: Irradiación solar proporcionada por PVGIS en la ubicación.

4.4 Inversor

Sabiendo todos los datos de los paneles fotovoltaicos, se procederá a la elección del inversor. Al igual que en la elección de los módulos fotovoltaicos, se va a escoger aquel que en relación calidad/precio, se ajuste más a dichas necesidades.

Como se ha calculado anteriormente, los paneles fotovoltaicos darán de potencia máxima 3420 W, entonces se debe escoger un inversor que tenga como mínimo esa potencia.

Finalmente, se ha optado por el inversor de conexión a red FRONIUS Primo 4.0-1 4 kW, el cual permite estar interconectado con la red sin necesidad de la colocación de baterías. Por este motivo, al no necesitar sistemas de almacenamiento, la instalación es mucho más económica. Además, dispone de una interfaz Meter que permite una gestión dinámica de la alimentación y la visualización del consumo.

5 Cableado

Para realizar toda la conexión de la instalación se debe de tener en cuenta la reglamentación existente, es decir, el Reglamento de Baja Tensión. Se realizarán dos partes diferentes de cableado, una desde los paneles solares hasta la entrada del inversor, y la otra desde la salida del inversor hasta el dispositivo de visualización de consumo, el Smart Meter.

5.1 Conexión de corriente continua

Para toda la parte de corriente continua se va a disponer de dos cables de las mismas especificaciones, uno para el polo positivo y el otro para el polo negativo. Para calcular correctamente la sección de los cables se debe tener en cuenta:

- L: Longitud del conductor
- C: Conductividad del conductor
- I_{cc} : Corriente de cortocircuito
- V_{MP} : Tensión máxima de los paneles fotovoltaicos
- Cdt: Caída de tensión de los conductores

De acuerdo con la siguiente tabla se debe de utilizar una conductividad.

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cobre	56	48	44
Aluminio	35	30	28
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 7: Conductividad eléctrica en función de la temperatura.

Como se va a utilizar siempre un conductor de cobre en la instalación, la conductividad será de $44 \text{ m}/\Omega \cdot \text{m}^2$, ya que tiene un aislamiento de tipo XLPE.

Para saber la longitud desde las placas solares hasta la entrada del inversor, se tendrá en cuenta el panel más desfavorable, es decir, el panel que está más alejado del inversor. Con esto, se tendrá una longitud total desde el último panel hasta el inversor de 14 metros.

Para saber la corriente de cortocircuito, aparece en las especificaciones técnicas de los paneles fotovoltaicos, y es de 9,42 A. A esta intensidad, de acuerdo con el estándar IEC 60364-7-712, en su temperatura de trabajo, el conductor debe soportar 1,25 veces más la intensidad de cortocircuito, por lo que será de 11,775 A.

La tensión máxima de los paneles fotovoltaicos también aparece en las especificaciones técnicas de ellos y se corresponde a 31,7 V.

Respecto a la caída de tensión, según el IDAE, debemos tomar en cuenta la siguiente tabla que aparece a continuación.

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles - Regulador	3%	1%
Regulador - Baterías	1%	0,5%
Baterías - Inversor	1%	1%

Tabla 8: Caídas de tensión máximas y recomendadas.

Como aparece en la tabla, la caída de tensión máxima tiene que ser de un 3% y la recomendada de un 1%, siempre entre la conexión paneles-regulador. Se escogerá una caída de tensión del 1%.

Dicho esto, la fórmula que se va a utilizar para calcular la sección de los conductores es la siguiente:

$$s = \frac{2L \times I_{cc}}{C \times Cdt \times V_{mp}}$$

Aplicada a la instalación:

$$s = \frac{2 \times 14 \times 11,775}{44 \times 0,01 \times 380,4} = 1,96 \text{ mm}^2$$

De acuerdo con el resultado obtenido, se tiene que elegir el conductor comercial inmediatamente superior al calculado, es decir, el de 2,5 mm², para que pueda soportar las intensidades máximas.

Como esta parte de la instalación esta por fuera de la vivienda, el conductor a elegir será un conductor de tipo PV ZZ-F, de cobre, está fabricado especialmente para instalaciones fotovoltaicas, además, tienen un doble aislamiento y tienen una gran resistencia a la intemperie.

5.2 Conexión de corriente alterna

Para esta parte de cableado, ya se realizará por el interior de la vivienda, concretamente desde la salida del inversor hasta el dispositivo de visualización de consumo, el Smart Meter. En esta parte de la instalación se debe de tener en cuenta estas tablas que aparecen a continuación.

A1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores unipolares aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes - Cables multiconductores empotrados directamente en paredes térmicamente aislantes. - Conductores unipolares aislados en molduras. - Conductores unipolares aislados en conductos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las puertas. - Conductores unipolares aislados en tubos o cables uni o multiconductores dentro de los marcos de las ventanas.
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes.
B1	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra - Conductores aislados o cable unipolar en tubo sobre pared de madera o mampostería separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Conductores unipolares aislados en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables unipolares o multiconductores en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos dentro de huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores unipolares aislados en conductos cerrados de sección no circular en huecos de obra de fábrica ^{*)} - Conductores aislados en conductos cerrados de sección no circular empotrados en obra de fábrica con una resistividad térmica no superior a 2K.m/W ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora empotrada en el suelo - Conductores aislados o cables unipolares en conductos perfilados empotrados - Cables uni o multiconductores en falsos techos o suelos técnicos ^{*)} - Conductores unipolares aislados o cables unipolares en canal protectora suspendida - Conductores aislados o cables unipolares en tubos en canalizaciones no ventiladas ^{*)} - Conductores unipolares aislados en tubos en canales de obra ventilados - Cables uni o multiconductores en canales de obra ventilados - Conductores unipolares aislados o cables unipolares dentro de zócalos acanalados (rodapiés ranurado)
B2	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores en tubos empotrados en obra - Cables multiconductores en tubos sobre pared de madera o separados a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo. - Cables multiconductores en canales o conductos cerrados de sección no circular sobre pared de madera - Cables multiconductores en canal protectora suspendida - Cables multiconductores dentro de zócalos acanalados(rodapiés ranurado) - Cables multiconductores en canal protectora empotrada en el suelo - Cables multiconductores en conductos perfilados empotrados
C	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores directamente bajo un techo de madera - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas no perforadas - Cables unipolares o multiconductores fijados en el techo o pared de madera o espaciados 0,3 veces el diámetro del cable - Cables uni o multiconductores empotrados directamente en paredes
E	<ul style="list-style-type: none"> - Cables multiconductores separados de la pared una distancia no inferior a 0,3 D ^{*)} - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla - Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de escalera - Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fijador
F	<ul style="list-style-type: none"> - Se aplica a los mismos sistemas de instalación que el tipo E, cuando la sección del conductor es superior a 25 mm² - Cables unipolares en contacto mutuo separados de la pared una distancia no inferior a D ^{*)}

Tabla 9: Grupos de conductores según sus especificaciones.

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A1		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	600	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
 A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Tabla 10: Intensidades máximas admisibles.

En las tablas mostradas anteriormente se tiene que ver a que grupo pertenece el conductor que se va a utilizar, es decir, si va a ir empotrado en la pared con aislamiento, si va a estar el conductor al aire libre, etc.

En la segunda de las tablas, una vez se sabe a qué grupo pertenece el conductor y el tipo de aislamiento que tiene, sabiendo la intensidad que va a circular por el conductor, se escoge la sección del conductor que pueda soportar dicha intensidad.

Estas dos tablas están reglamentadas por la norma UNE 20.460-5-523 de la guía ITC-BT 19.

Para saber la intensidad que tiene que soportar el conductor se debe de tener en cuenta la siguiente fórmula.

$$I_B = \frac{P}{V * \cos \phi}$$

Donde la P, es la potencia máxima que puede soportar el inversor, la V, es la tensión de la instalación, es decir, 230 V, y el coseno de ϕ es proporcionado en las especificaciones técnicas de las características del inversor, es decir, 0,85.

Como se sabe que la potencia máxima del inversor es de 4 kW, obtenemos una intensidad de:

$$I_B = \frac{4000}{230 * 0,85} = 20,46 \text{ A}$$

Como ha salido una intensidad de 20,46 A, se tiene que escoger una sección de un conductor que pueda soportar esta intensidad. Viendo la tabla que hay anteriormente, el conductor que se va a emplear pertenece al grupo B1, es decir, a conductores aislados en tubo en montaje superficial o empotrado en obra.

Según la tabla, con la sección de 2,5 mm², la intensidad máxima admisible por el conductor sería de 21 A.

Una vez se tiene la sección, se tiene que cumplir que la instalación del cableado desde la salida del inversor hasta las protecciones no tenga una caída de tensión superior al 1,5%.

Para saber que caída de tensión persiste, se determinará por la siguiente fórmula:

$$\%V = \frac{200 * P * L}{C * S * V^2}$$

Sabiendo que la P es la potencia máxima que tiene el inversor, L la longitud de la línea, C la conductividad del cobre, s la sección calculada anteriormente y V la tensión de la instalación:

$$\%V = \frac{200 \cdot 4000 \cdot 28}{56 \cdot 2,5 \cdot 230^2} = 3,02\%$$

Con los datos obtenidos, da una caída de tensión superior al 1,5%. Como no cumple la normativa, lo que se tiene que hacer es aumentar la sección para que la caída de tensión este por debajo del 1,5%. Haciendo la instalación con una sección de 6 mm², quedaría una caída de tensión de:

$$\%V = \frac{200 \cdot 4000 \cdot 28}{56 \cdot 6 \cdot 230^2} = 1,26\%$$

De esta forma, empleando una sección de 6 mm², cumpliría la normativa por la caída de tensión y, además, este conductor tiene una intensidad máxima admisible de I_z= 36 A, como se puede ver en la tabla.

5.3 Conexión de toma de tierra

De acuerdo con la normativa ITC-BT-18, toda la instalación fotovoltaica deberá estar conexionada a tierra. Esta conexión se establece con el objetivo de limitar la tensión que en un momento dado puedan presentar las masas metálicas, también para el correcto funcionamiento de las protecciones y para eliminar o minimizar el riesgo por si hay alguna avería en los materiales eléctricos.

Dicho esto, toda la estructura metálica que sujeta a los paneles solares, es decir, los bastidores, deberán estar conexionados a tierra, el inversor de la instalación tiene que estar conectado a tierra, en definitiva, toda parte metálica de la instalación deberá estar conexionada a tierra.

6 Protecciones

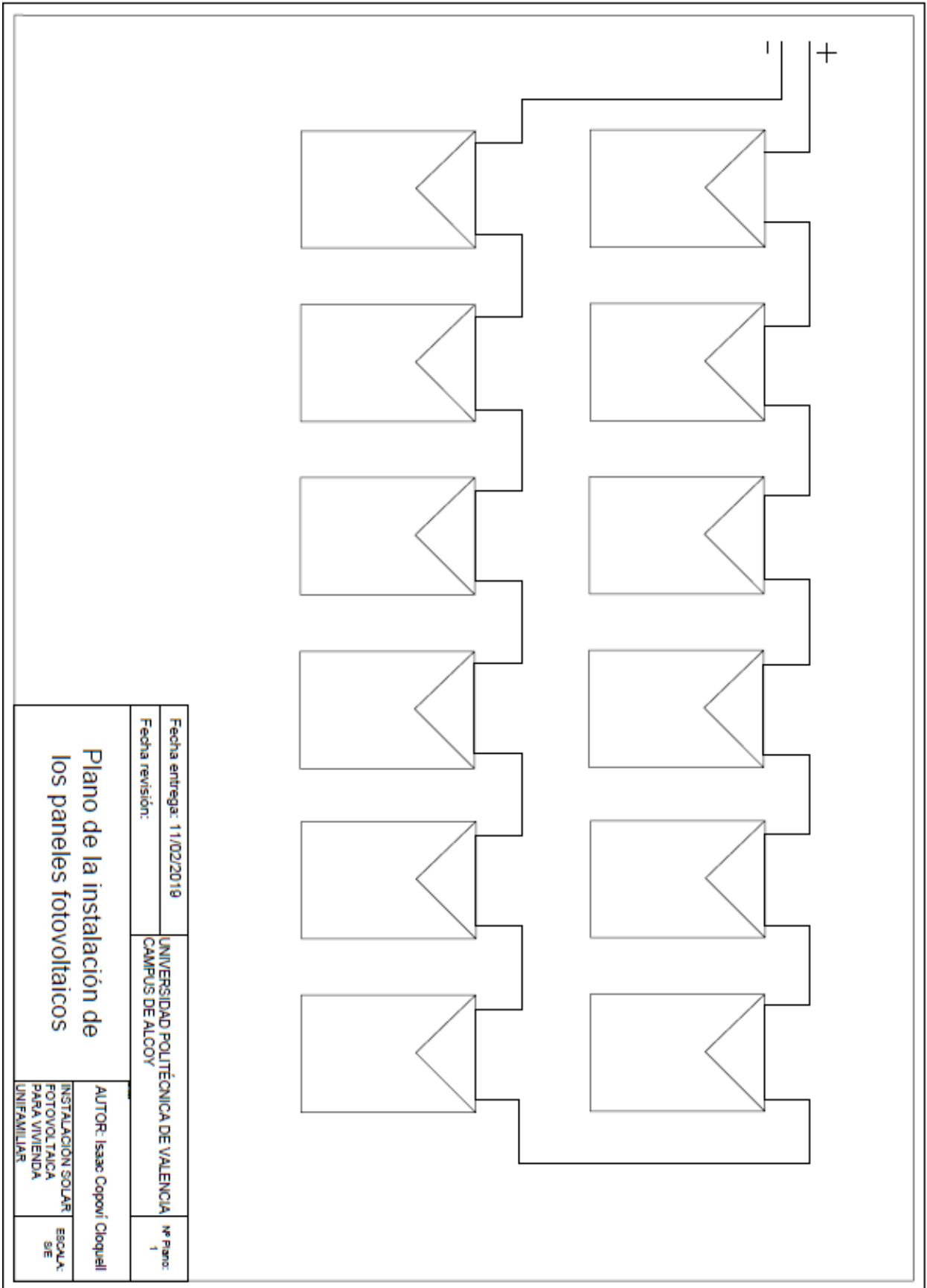
Respecto a las protecciones se tendrán que tener en cuenta dos partes claramente separadas, una parte las protecciones de continua, desde los paneles solares hasta la entrada del inversor, y la otra, las protecciones de alterna, desde la salida del inversor hasta el Smart Meter.

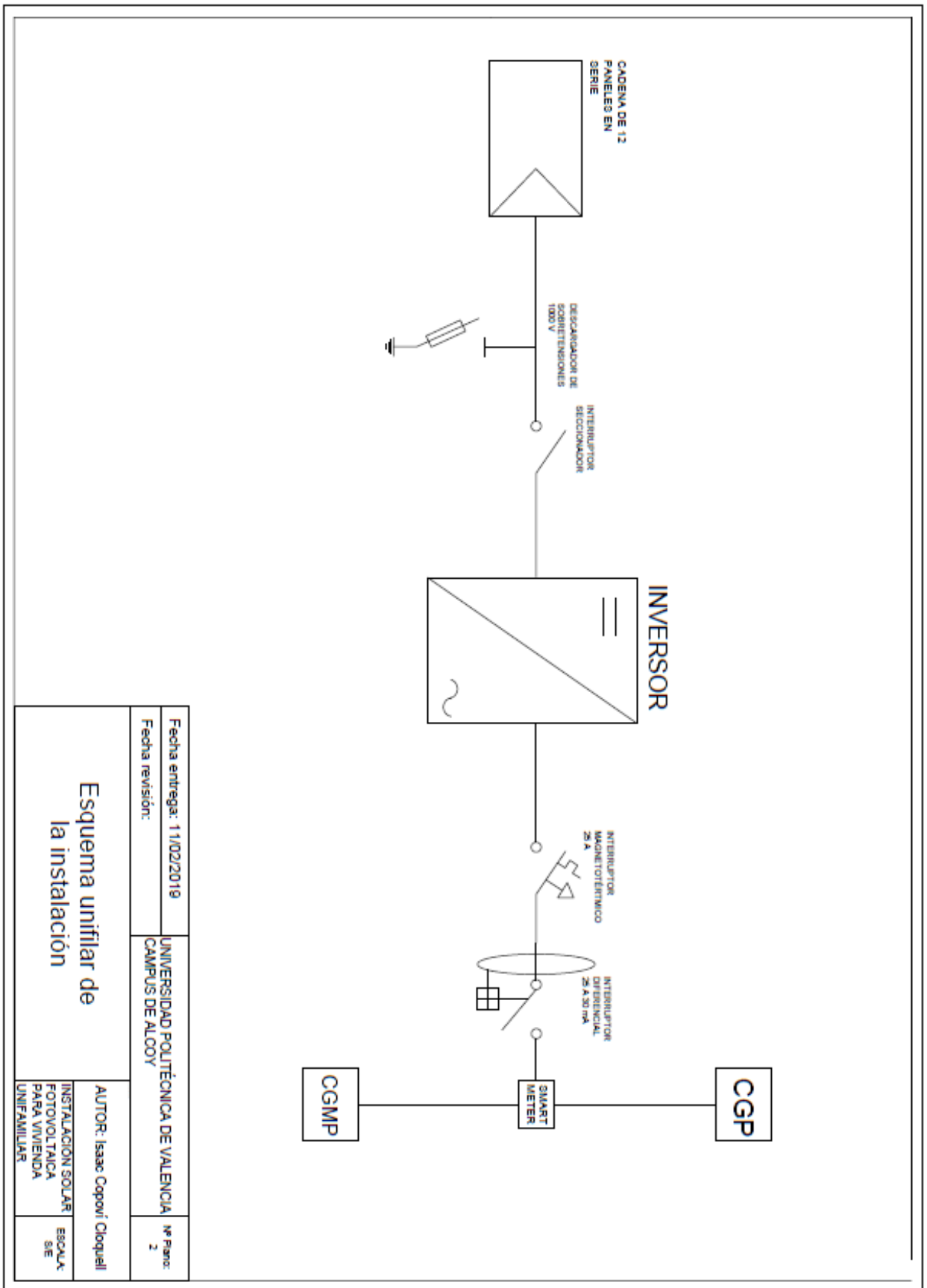
Para la parte de corriente continua se establecerá una protección contra sobretensiones de 1000 V, ya que es la máxima tensión admitida por el inversor, y un interruptor seccionador de 25 A 600V DC especial para corriente continua.

Para las protecciones de la parte de corriente alterna se empleará un interruptor diferencial bipolar de 25 A y 30 mA clase A, y un interruptor magnetotérmico de 25 A.

7 Planos

En este apartado se van a mostrar dos planos, el primero correspondiente a la instalación de los paneles solares en el tejado y en el segundo el esquema unifilar de la instalación.





8 Estudio económico

Este punto va a centrarse en hacer un estudio de viabilidad de la instalación. Para ello, el apoyo en el presupuesto que se ha realizado es fundamental, ya que sin un presupuesto no se podría hacer ningún estudio económico.

Se realizará un estudio de rentabilidad y amortización de dicha instalación a partir de los métodos VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Rentabilidad).

8.1 Presupuesto

Como se puede ver en el Anexo 1, en el presupuesto que se ha realizado, se ha calculado un coste total de la instalación de 6544,32€. Se debe saber antes de la realización de la instalación que el fabricante ofrece una garantía de 25 años de todos los componentes, ya que, al paso de los 25 años se tendrán que sustituir con gran probabilidad.

8.2 Rentabilidad

Como se ha dicho anteriormente, el estudio de rentabilidad se va a realizar con los métodos del VAN y el TIR.

8.2.1 Valor Actual Neto

El VAN es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o una inversión para conocer el beneficio o la pérdida de realizar dicha inversión.

Para ello, se ha aplicado este método a la presente inversión, y mediante una hoja de cálculo se ha determinado el resultado anual de la inversión. Se deberá tener en cuenta que a la hora de aplicar este método se ha escogido un tipo de interés de un 3%, ya que este es un interés de riesgo medio en las inversiones bancarias en la actualidad. También, se debe tener en cuenta la inversión inicial de la instalación y un período de 25 años, ya que es la garantía que ofrece el fabricante.

A continuación, se puede ver la ecuación teórica del VAN:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde en la fórmula anterior se puede observar que:

- I es la inversión inicial.
- Q_n es la rentabilidad anual.
- r es el tipo de interés.
- n es el número de años.

Como se ha citado anteriormente, para facilitar los cálculos, se ha realizado una hoja de cálculo con el método aplicado, se adjunta a continuación.

Año	Producción anual (kWh)	Precio kWh (€)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado	VAN
Inversión inicial					-6544.32	
1	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-5,896.09 €
2	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-5,266.74 €
3	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-4,655.72 €
4	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-4,062.50 €
5	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-3,486.56 €
6	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-2,927.39 €
7	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-2,384.51 €
8	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-1,857.44 €
9	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-1,345.72 €
10	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-848.91 €
11	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-366.56 €
12	5180	0.1482	767.676	100	667.676	101.73 €
13	5180	0.1482	767.676	100	667.676	556.38 €
14	5180	0.1482	767.676	100	667.676	997.80 €
15	5180	0.1482	767.676	100	667.676	1,426.35 €
16	5180	0.1482	767.676	100	667.676	1,842.43 €
17	5180	0.1482	767.676	100	667.676	2,246.38 €
18	5180	0.1482	767.676	100	667.676	2,638.57 €
19	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,019.34 €
20	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,389.01 €
21	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,747.92 €
22	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,096.38 €
23	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,434.68 €
24	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,763.14 €
25	5180	0.1482	767.676	100	667.676	5,082.02 €

Tabla 11: Balance económico de la instalación en el que se calcula el VAN.

Como se puede observar anteriormente, a partir del año 12 aparece un VAN positivo, esto quiere decir que desde el año 12 hasta el año 25, la instalación empezará a ser viable.

Como ha salido un VAN positivo, se va a calcular ahora cual es la Tasa Interna de Rentabilidad.

8.2.2 Tasa Interna de Rentabilidad

El TIR se define como la tasa de interés o tasa de rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tiene una inversión.

En este apartado, dado que ha salido un VAN positivo, se va a calcular el TIR. Al igual que anteriormente, con la ayuda de una hoja de cálculo se ha obtenido la siguiente tabla.

Año	Producción anual (kWh)	Precio kWh (€)	Ingresos anuales (€)	Mantenimiento (€)	Flujo de caja no actualizado	VAN	TIR
Inversión inicial					-6544.32		
1	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-5,896.09 €	-90%
2	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-5,266.74 €	-63%
3	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-4,655.72 €	-42%
4	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-4,062.50 €	-28%
5	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-3,486.56 €	-19%
6	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-2,927.39 €	-12%
7	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-2,384.51 €	-8%
8	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-1,857.44 €	-4%
9	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-1,345.72 €	-2%
10	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-848.91 €	0%
11	5180	0.1482	767.676	100	667.676	-366.56 €	2%
12	5180	0.1482	767.676	100	667.676	101.73 €	3%
13	5180	0.1482	767.676	100	667.676	556.38 €	4%
14	5180	0.1482	767.676	100	667.676	997.80 €	5%
15	5180	0.1482	767.676	100	667.676	1,426.35 €	6%
16	5180	0.1482	767.676	100	667.676	1,842.43 €	6%
17	5180	0.1482	767.676	100	667.676	2,246.38 €	7%
18	5180	0.1482	767.676	100	667.676	2,638.57 €	7%
19	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,019.34 €	8%
20	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,389.01 €	8%
21	5180	0.1482	767.676	100	667.676	3,747.92 €	8%
22	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,096.38 €	9%
23	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,434.68 €	9%
24	5180	0.1482	767.676	100	667.676	4,763.14 €	9%
25	5180	0.1482	767.676	100	667.676	5,082.02 €	9%

Tabla 12: Balance económico de la instalación en el que se calcula el TIR.

En la tabla anterior se puede observar la tabla completa con el VAN y el TIR y en ella aparece una Tasa Interna de Rentabilidad del 9% en el año 25, esto quiere decir que en el año 25 se ha obtenido una rentabilidad del 9%.

También, se puede observar que el año en que el VAN es positivo, es decir el año 12, el TIR aparece con una rentabilidad del 3%. Esto viene a cabo porque se ha escogido un tipo de interés del 3%, entonces a partir de dicho interés, aparecerá un VAN positivo.

8.3 Conclusión

Dado el estudio económico que se ha realizado, esta instalación fotovoltaica sí que será rentable a lo largo de los 25 años de su vida útil, más concretamente, en el año 12 desde su instalación.

También cabe decir que, dicha instalación es relativamente más económica ya que no se ha empleado el uso de baterías, este coste es el más elevado en las instalaciones de estas características, pudiendo llegar a duplicar el coste de la instalación.

A partir del año 25 el fabricante ya no ofrece ninguna garantía de los componentes de la instalación, esto conlleva que hay que sustituirlos con gran probabilidad, pero, asimismo, se va a rentabilizar la instalación obteniendo una rentabilidad del 9% al final de la vida útil de los componentes.

9 Pliego de condiciones técnicas

9.1 Antecedentes

Esta documentación es una revisión del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red y en ella acredita las normativas vigentes que hay a día de hoy en España.

Su finalidad es establecer las condiciones técnicas que deben tomarse en consideración en las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica de distribución.

9.2 Promotor

El promotor de la instalación fotovoltaica conectada a red sobre techado en una vivienda unifamiliar y que tiene una potencia máxima de 3,4 kW, será el mismo propietario de dicha vivienda con NIF 00000001Y y con domicilio fiscal en la misma vivienda.

9.3 Objeto

El objeto del presente pliego es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red que se realicen en el ámbito de actuación del IDAE (proyectos, líneas de apoyo, etc.). También valorará la calidad final de la instalación en cuanto a producción y rentabilidad.

9.4 Generalidades

Dicho pliego está considerado para todas aquellas instalaciones fotovoltaicas que estén conectadas a red, las instalaciones aisladas quedaran excluidas del mismo. Para ello, deberemos seguir la normativa para realizar la instalación.

En cualquier caso, será de aplicación toda la normativa con vigor referente a dichas instalaciones, que a la fecha del presente documento son las que siguen:

- **RD 738/2015**, de 31 de julio, por la que se regula la producción de energía eléctrica en instalaciones generadoras.
- **Circular 3/2014**, de 2 de julio, la presente referida por parte de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia, y en la que se establece la metodología de cálculos de los peajes pertinentes por la utilización de la red eléctrica.
- **RD 1699/2011**, de 18 de noviembre, en el que se regula las condiciones de

conexión a la red eléctrica para instalaciones de pequeña potencia.

- **RD 110/2007**, de 24 de agosto, por el que queda aprobado un reglamento unificador para los puntos de medición eléctrica.
- **RD 1955/2000**, de 1 de diciembre, en el que se regulan el transporte, la distribución, la comercialización y los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Nota informática IDAE**, en el que existen referencias al autoconsumo de energía eléctrica en la norma vigente.
- **RD 413/2014**, en el que se regula la actividad de producción eléctrica bajo fuentes renovables, cogeneración y residuos.
- **RD 9/2013**, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para asegurar la estabilidad financiera del sector eléctrico.
- **RD 1048/2013**, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología y forma de pago por los derechos que derivan de la utilización de la red eléctrica pública.
- **RD 13/2009**, de 30 de marzo, en el que se aclaran conceptos de mercados interiores en cuanto a la energía eléctrica.
- **RD 24/2013**, de 26 de diciembre, en el que se pretende garantizar un desarrollo de la actividad del autoconsumo y mantener una estabilidad eléctrica.
- **Normativa de la empresa distribuidora de la red eléctrica**, que en este caso será Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U.
- **Reglamento electrotécnico de Baja Tensión vigente**, además de las instrucciones técnicas correspondientes.
- **BOE no243**, de 10 de octubre de 2015, en el que se refleja toda la normativa aplicable con las últimas correcciones pertinentes.
- **BOE no302**, de 18 de diciembre de 2015, en el que se aclaran las últimas disposiciones para el cumplimiento de la nueva legislación referente a energía fotovoltaica.

9.5 Definiciones

- **Radiación solar:** Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.
- **Irradiación:** Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m², o bien en MJ/m².
- **Irradiancia:** Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m².
- **Instalaciones fotovoltaicas:** Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- **Generador fotovoltaico:** paneles solares fotovoltaicos.
- **Inversor:** elemento de conversión de energía eléctrica, con él se puede transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna utilizadas en la mayoría de las cargas.

9.6 Emplazamiento de la instalación

La presente instalación se va a implementar en la localidad del Rafol de Salem, ubicada al sur de la provincia de Valencia. Dicha vivienda tiene como dirección c/ El Salvador nº 7, Rafol de Salem (Valencia).

9.7 Características de la instalación

La presente instalación deberá incorporar todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del servicio eléctrico, tanto para el autoconsumo como para el vertido a la red. El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable. Tampoco su funcionamiento podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

9.7.1 Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico de la presente instalación se compone de una cadena de 12 paneles solares fotovoltaicos, y estas nos proporcionan una potencia máxima de 3,4 kW en las mejores situaciones.

Después de la generación de la electricidad a través de los paneles, esta llegará al inversor que se ha escogido, y luego pasará por el visualizador de consumo y por último ya se decidirá si la energía será toda para el autoconsumo o parte para el autoconsumo y la otra parte para verter a la red eléctrica.

9.7.2 Estructura de los paneles solares

Las estructuras de soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad. La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.

En nuestra instalación se realizará la colocación de la estructura metálica sobre el tejado de la misma vivienda.

9.7.3 Inversor

El inversor será del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles.

9.8 Características eléctricas de la instalación

9.8.1 Cableado

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

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

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.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

9.8.2 Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Nuestra instalación fotovoltaica estará protegida con un magnetotérmico a la salida del inversor para así proteger toda la instalación y todos sus elementos. Además, entre el generador fotovoltaico y el inversor también queda protegido por los diferenciales.

9.8.3 Puesta a tierra

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

9.9 Conexión a la red

Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

La presente instalación, como ya se ha dicho anteriormente, estará conectada a red, pero principalmente se hace la instalación para evitar el consumo de la red eléctrica.

9.10 Producción energética

Para saber la producción energética se ha hecho una estimación aproximada mediante el Sistema de información geográfica de fotovoltaica (PVGIS) respaldado por la Comisión Europea. Dicha estimación se prevé anualmente la producción de unos 5200 kWh.

9.11 Consideraciones finales

De acuerdo con la nueva ley, dicha instalación no será obligatoria darla de alta en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica.

Todos los elementos que componen la presente instalación deberán cumplir todas las especificaciones y todos los aspectos técnicos y físicos que estén en la normativa para que la instalación pueda estar legalizada. Además, se deberá garantizar que todos los



elementos que se instalen tengan un adecuado transporte, montaje y una adecuada manipulación para no causar daños a los mismos.

Con esto, toda documentación que sea necesaria se presentará para que cumpla todo lo anteriormente citado en el Pliego de Condiciones Técnicas.

Anexo 1: Presupuesto

	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar	Pág.: 1
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Instalación parte de corriente continua	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar			
01	Instalación parte de corriente continua			
01.01 01.01	Amerisolar 280W	12.00	211.54 €	2,538.48 €
01.02 BG31N300	m Conductor de cobre de designación UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV, con baja emisión de humos, resistente al fuego UNE-EN 50200, unipolar de sección 1x2,5 mm ²	40.00	1.10 €	44.00 €
01.03 01.03	Limitador de sobretensiones 1000V	1.00	171.25 €	171.25 €
01.04 01.04	Interruptor seccionador	1.00	22.79 €	22.79 €
01.05 01.05	Estructura metálica para paneles solares	12.00	87.64 €	1,051.68 €
01.06 01.06	Caja de protecciones cc	1.00	25.00 €	25.00 €
	Total Capítulo 01			3,853.20 €

	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar	Pág.: 2
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Instalación parte de corriente alterna	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
02	Instalación parte de corriente alterna			
02.01 BG31N500	m Conductor de cobre de designación UNE SZ1-K (AS+) 0,6/1 kV, con baja emisión de humos, resistente al fuego UNE-EN 50200, unipolar de sección 1x6 mm ²	80.00	2.01 €	160.80 €
02.02 02.02	Interruptor diferencial bipolar de 25 A y 30 mA	1.00	24.70 €	24.70 €
02.03 02.03	Interruptor magnetotérmico 25A	1.00	27.85 €	27.85 €
02.04 02.04	Tubo corrugado de PE, interior liso D=20, colocado	25.00	1.75 €	43.75 €
02.05 02.05	Armario protecciones CA	1.00	25.00 €	25.00 €
	Total Capítulo 02			282.10 €

	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar	Pág.: 3
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Inversor	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
03	Inversor			
03.01 03.01	Inversor Red FRONIUS Primo 4.0-1 4kW	1.00	1,398.28 €	1,398.28 €
	Total Capítulo 03	1,398.28 €

	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar	Pág.: 4
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Smart Meter	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
04	Smart Meter			
04.01 04.01	Fronius Smart Meter	1.00	146.91 €	146.91 €
04.02 04.02	Cable comunicacion CAT6a	1.50	0.80 €	1.20 €
04.03 04.03	Tubo corrugado de PE, interior liso D=16	1.50	1.75 €	2.63 €
	Total Capitulo 04			150.74 €

	Instalación solar fotovoltaica para vivienda unifamiliar	Pág.: 5
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Mano de obra	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
05	Mano de obra			
05.01 A013H000	h Ayudante electricista	20.00	19.50 €	390.00 €
05.02 A012H000	h Oficial 1a electricista	20.00	23.50 €	470.00 €
	Total Capítulo 05	860.00 €
	Total Presupuesto	6,544.32 €

Anexo 2: Ficha características inversor

FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Dentro de la gama SnapINverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)			12 A / 12 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)			18 A / 18 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			80 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			80 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)			710 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		200 - 800 V		210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			2 + 2		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	4,5 kW _{pico}	5,3 kW _{pico}	5,5 kW _{pico}	6,0 kW _{pico}	6,9 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	4.000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η _{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % P _{ac,r} ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % P _{ac,r} ²⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	88,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % P _{ac,r} ²⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % P _{ac,r} ²⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % P _{ac,r} ²⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % P _{ac,r} ²⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % P _{ac,r} ²⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % P _{ac,r} ²⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) ³⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ³⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo ³⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

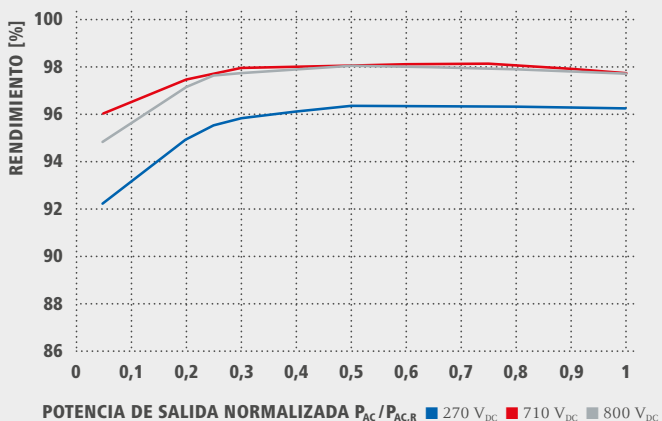
¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con Umpp mín. / Udc,r / Umpp máx.

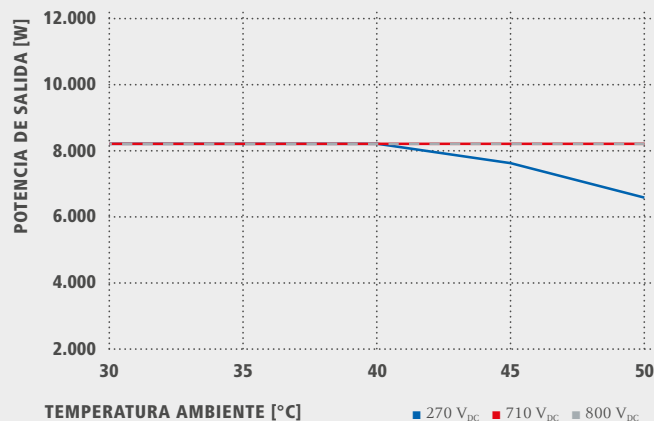
³⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 6.0-1, 8.2-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.1} / I_{dc\ máx.2}$)	12 A / 12 A		18 A / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP_1/MPP_2)	18 A / 18 A		27 A / 27 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		80 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio (U_{dc} arranque)		80 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		710 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		240 - 800 V	270 - 800 V
Número de seguidores MPP		2	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	7,5 kW _{pico}	9,0 kW _{pico}	12,3 kW _{pico}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 5 %	
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)		0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm	
Peso		21,5 kg	
Tipo de protección		IP 65	
Clase de protección		1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3	
Consumo nocturno		< 1 W	
Concepto de inversor		Sin transformador	
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada	
Instalación		Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente		-40 - +55 °C	
Humedad de aire admisible		0 - 100 %	
Máxima altitud		4.000 m	
Tecnología de conexión CC		Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,1 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,1 %	97,3 %	97,5 %
η con 5 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	84,6 / 86,5 / 86,0 %	85,5 / 89,6 / 88,5 %
η con 10 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	89,6 / 94,8 / 93,1 %	90,5 / 95,5 / 94,6 %	92,2 / 96,0 / 94,8 %
η con 20 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	93,4 / 97,2 / 96,2 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,9 / 97,4 / 97,2 %
η con 25 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,1 / 97,3 / 96,8 %	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,5 / 97,7 / 97,6 %
η con 30 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	94,7 / 97,4 / 97,0 %	95,1 / 97,6 / 97,3 %	95,8 / 97,9 / 97,7 %
η con 50 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	95,8 / 97,9 / 97,7 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %	96,3 / 98,0 / 98,0 %
η con 75 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,1 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 98,0 %	96,3 / 98,1 / 97,9 %
η con 100 % $P_{ac,r}$ ¹⁾	96,2 / 97,9 / 97,9 %	96,2 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,7 / 97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %	

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC		Sí	
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Sí	
Protección contra polaridad inversa		Sí	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net		
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

¹⁾ Y con Umpp mín. / Udc,r / Umpp máx.

²⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

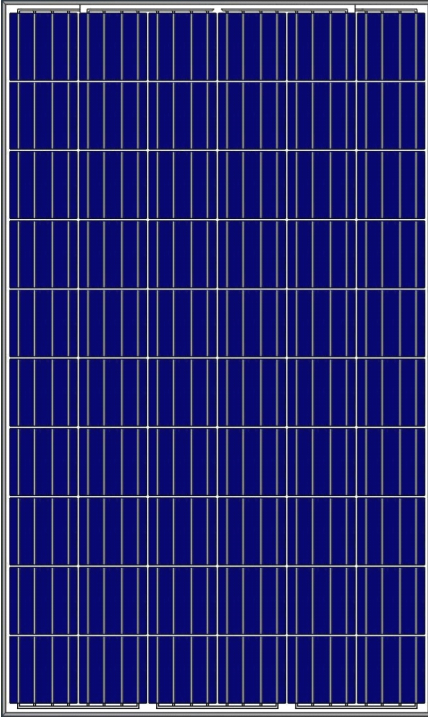
Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Anexo 3 : Ficha características paneles fotovoltaicos



AS-6P30

POLYCRYSTALLINE MODULE



ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 17.52% by using high efficient solar cells and advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

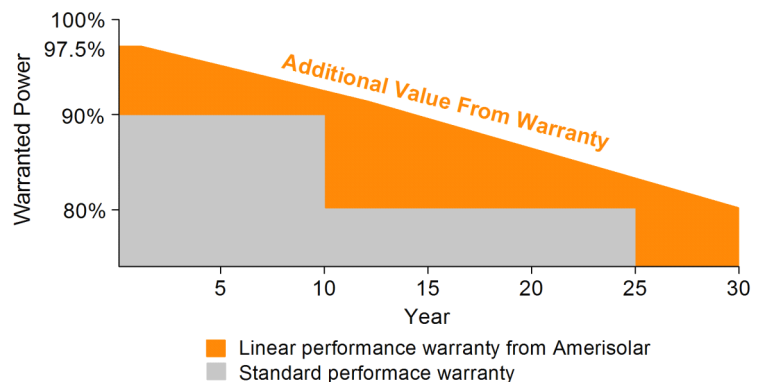
CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.

Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power (P_{max})	250W	255W	260W	265W	270W	275W	280W	285W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	38.0V	38.1V	38.2V	38.3V	38.4V	38.5V	38.6V	38.7V
Short Circuit Current (I_{sc})	8.75A	8.83A	8.90A	8.98A	9.09A	9.20A	9.31A	9.42A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	30.3V	30.5V	30.7V	30.9V	31.1V	31.3V	31.5V	31.7V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.26A	8.37A	8.47A	8.58A	8.69A	8.79A	8.89A	9.00A
Module Efficiency (%)	15.37	15.67	15.98	16.29	16.60	16.90	17.21	17.52
Operating Temperature	-40°C to +85°C							
Maximum System Voltage	1000V DC							
Fire Resistance Rating	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)							
Maximum Series Fuse Rating	15A							

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power (P_{max})	184W	188W	191W	195W	199W	202W	206W	210W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V	35.6V	35.7V
Short Circuit Current (I_{sc})	7.09A	7.15A	7.21A	7.27A	7.36A	7.45A	7.54A	7.63A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	27.6V	27.8V	27.9V	28.1V	28.3V	28.5V	28.7V	28.9V
Current at Nominal Power (I_{mp})	6.67A	6.77A	6.85A	6.94A	7.04A	7.09A	7.18A	7.27A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	60 (6x10)
Module dimensions	1640x992x35mm (64.57x39.06x1.38inches)
Weight	18kg (39.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), 900mm (35.43inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

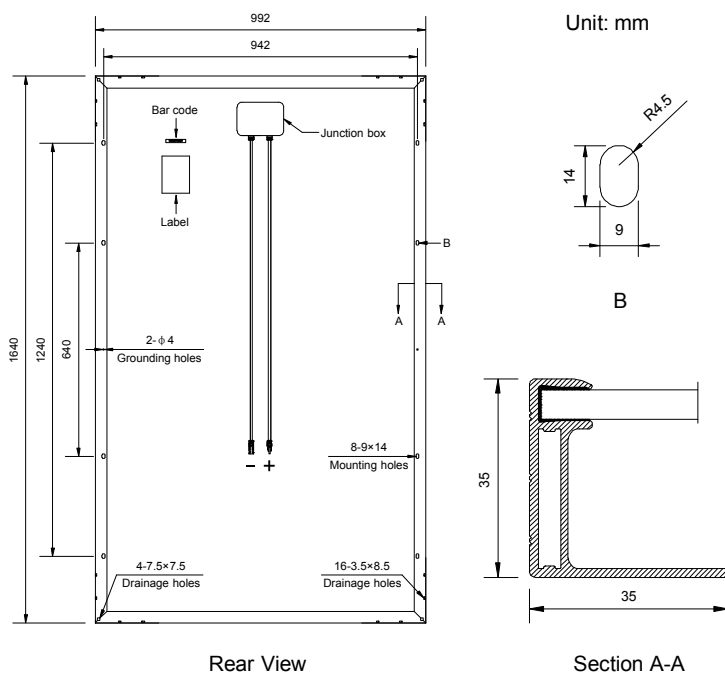
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.41%/°C
Temperature Coefficients of V_{oc}	-0.31%/°C
Temperature Coefficients of I_{sc}	0.05%/°C

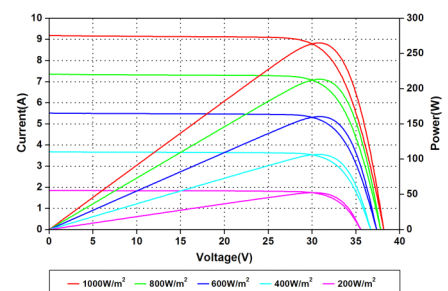
PACKAGING

Standard packaging	30pcs/pallet
Module quantity per 20' container	360pcs
Module quantity per 40' container	840pcs(GP)/896pcs(HQ)

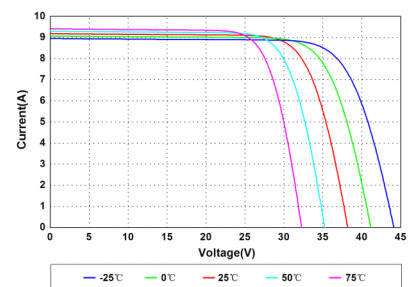
ENGINEERING DRAWINGS



IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.