



Estudio de una instalación solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar aislada.

MEMORIA PRESENTADA POR:

Alumna: Ester Hernández García

Tutores: Marcos Pascual Molto y María Antonia Liberos Mascarell

GRADO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Convocatoria de defensa: Noviembre de 2019



Resumen

El siguiente trabajo de final de grado trata de abordar el diseño de una instalación eléctrica mediante energía solar para el autoconsumo de una vivienda aislada. Para elaborar el diseño se estudian las diferentes alternativas posibles para las características requeridas por el usuario, procediendo posteriormente a la realización de los cálculos técnicos precisos y diseño de las distintas partes de la instalación para la ejecución de la misma. También se elaborará un exhaustivo presupuesto y un estudio de viabilidad para el diseño propuesto.

Para todo ello, se cuenta con la comprensión del funcionamiento de cada una de las partes que conforman la instalación solar fotovoltaica de autoabastecimiento así como de sus componentes, y se determinará todo aplicando la normativa vigente (BOE del 6 de abril de 2019).

Resum

El següent treball de final de grau tracta d'abordar el disseny d'una instal·lació elèctrica per mitjà d'energia solar per a l'autoconsum d'una vivenda aïllada. Per a elaborar el disseny s'estudien les diferents alternatives possibles per a les característiques requerides per l'usuari, procedint posteriorment a la realització dels càlculs tècnics precisos i disseny de les distintes parts de la instal·lació per a l'execució de la mateixa. També s'elaborarà un exhaustiu pressupost i un estudi de viabilitat per al disseny proposat.

Per a tot això, es compta amb la comprensió del funcionament de cada una de les parts que conformen la instal·lació solar fotovoltaica d'autoabastiment així com dels seus components, i es determinarà tot aplicant la normativa vigent (BOE del 6 d'abril de 2019).

Summary

The following final grade work tries to approach the design of an electrical installation by means of solar energy for the self-consumption of an isolated house. In order to elaborate the design the different possible alternatives for the characteristics required by the user are studied, proceeding later to the accomplishment of the precise technical calculations and design of the different parts of the installation for the execution of the same one. An exhaustive budget and a feasibility study for the proposed design will also be prepared.

For all this, we will have an understanding of the operation of each of the parts that make up the self-supplying solar photovoltaic installation as well as its components, and everything will be determined by applying the regulations in force (BOE of 6 April 2019).



Palabras clave

Placas solares, fotovoltaica, energías renovables, instalaciones solares, instalaciones fotovoltaicas, solar

Paraules clau

Plaques solars, fotovoltaica, energies renovables, instal·lacions solars, instal·lacions fotovoltaiques, solar

Keywords

Solar panels, photovoltaic, renewable energy, solar installations, photovoltaic installations, solar



TABLA DE CONTENIDO

1. MEMORIA	5
2. ESTUDIO ECONÓMICO	41
3. PLIEGO DE CONDICIONES	54
4. PLANOS	62



CAPÍTULO 1

MEMORIA





ÍNDICE

1. OBJETIVO	7
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	7
3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
3.1. Energía solar en España	7
3.2. Tipos de instalaciones fotovoltaicas	10
3.3. Componentes de la instalación	11
3.4. Contaminación	17
3.5. Definiciones	17
4. ANÁLISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE	18
4.1. Modalidades según el tipo de instalación	18
4.2. Legalización de la instalación	19
4.3. Subvenciones	20
5. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN	20
5.1. Ubicación de la vivienda	20
5.2. Disposición de la instalación	21
6. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	22
7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	23
7.1. Estudio del consumo energético de la vivienda	23
7.2. Orientación	25
7.3. Producción de energía	26
7.4. Cálculos y elección de los elementos	27
8. ANEXOS	40
9. BIBLIOGRAFÍA	40



1. OBJETIVO

Con el siguiente proyecto se pretende realizar el planteamiento y desarrollo de una instalación solar fotovoltaica de obra nueva. Con este fin se realizará un estudio sobre la rentabilidad económica que supondría implantar una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar.

El documento resultante justificará de manera matemática y medioambiental el diseño de la instalación, también se adoptará en todo momento la normativa vigente: El reglamento eléctrico de baja tensión (REBT) y el Nuevo Real Decreto 244/2019 (reune las condiciones técnicas, administrativas y económicas para el autoconsumo de energía eléctrica). Para ello se aplicaran los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo del grado para estudiar cual es el problema que se va a resolver y la forma más viable de solucionarlo.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La realización de este estudio viene regido principalmente por un factor económico, este tipo de instalaciones suponen una alta rentabilidad y ahorro a lo largo de la vida útil de la misma.

Al factor económico hay que incluir el factor medioambiental. El uso de este tipo de energías logra la reducción del uso de los recursos limitados que la Tierra ofrece, por ello es importante fomentar y concienciar a la población del uso de energías renovables.

3. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía proveniente del sol puede ser utilizada mediante transformación directa para obtener energía eléctrica para el consumo individual o para la conexión a las redes generales de distribución, también se usa para convertir térmicamente la temperatura de un fluido. Esta energía es recibida por el planeta en forma de radiación solar, dicha radiación puede ser: directa, difusa o de albedo (también llamada reflejada).

Esta manera de obtener energía es una de las alternativas más frecuentes en España al so de combustibles fósiles potencialmente contaminantes, ya que el consumo energético actual está estrechamente vinculado en gran parte a la generación de energía de estos carburantes nocivos. Esto es debido a que la explotación del recurso solar resulta inagotable además de ser inofensivo para el medio ambiente.

3.1. Energía solar en España

España debido a su localización es una de las zonas de Europa con más horas de sol al año, por ello, en 2008 fue uno de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada a nivel mundial. Esto, favorece a la autosuficiencia energética del país ya que se reduce la dependencia energética exterior.

Por ello, este país ha avanzado mucho en cuanto a sistema de desarrollo, instalación y aprovechamiento de la energía solar se refiere. Esto hizo destacar a España como uno de los países pioneros a nivel mundial en I+D+I en energía solar.

A pesar de ello, debido principalmente a las diferentes regulaciones a lo largo de los años lastraron el impulso de la energía solar fotovoltaica en este país. A continuación se observa el siguiente gráfico en la *Tabla 1: Potencia instalada (Sistema Eléctrico Nacional)*, donde se puede observar un ascenso considerable los años anteriores a 2008, a partir de dicha fecha, se observa un descenso agresivo debida a la legislación aprobada ese mismo año.

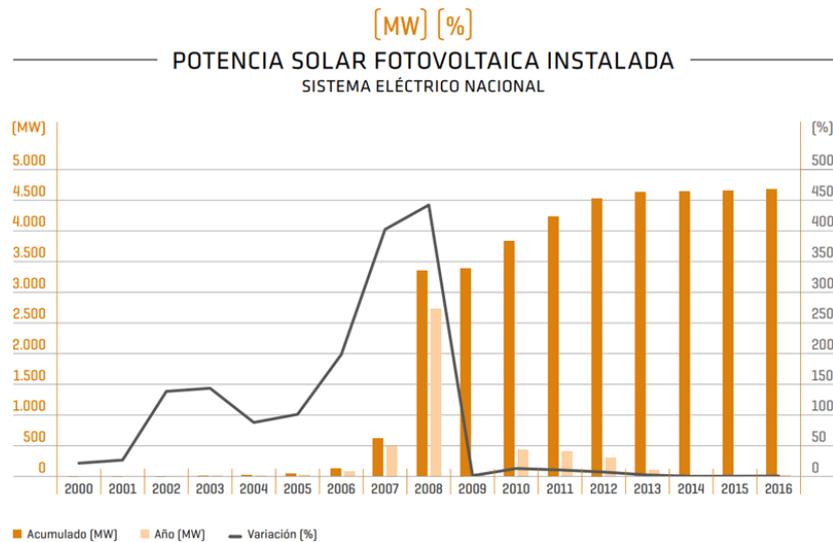


Tabla 1: Potencia instalada (Sistema Eléctrico Nacional)

Sin embargo, a pesar de presentar una buena localización y por tanto, una alta rentabilidad generar este tipo de energía, tal y como se puede observar en la *Ilustración 1: Energía Renovable sobre la producción total* no es España quien lidera el ranking en cuanto a países europeos con mayor potencia instalada.

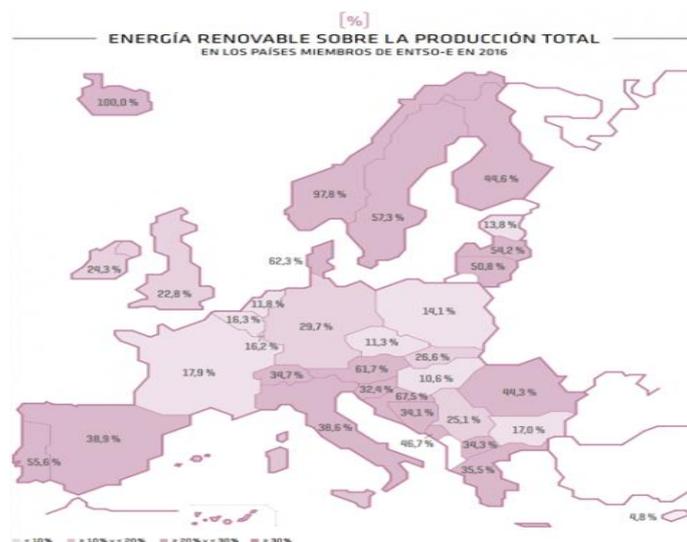


Ilustración 1: Energía Renovable sobre la producción total

En la actualidad, con la implantación de la nueva legislación de 2019 se pretende impulsar de nuevo el uso de esta fuente de energía renovable.

El CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) mediante el proyecto ADRASE facilita los datos de radiación solar a largo plazo en España. En la *Ilustración 2: Grafica radiación solar en España* se observa que la mayor radiación se concentra en las provincias de Huelva, Sevilla, Málaga y Almería, siendo también destacables la provincia de Alicante, Murcia y Albacete entre otras.



Ilustración 2: Grafica radiación solar en España

Por último, en la *Tabla 2: Autoconsumo por Comunidad autónoma y Potencia instalada* se observa la potencia instalada por comunidades autónomas del país y el número total de instalaciones registradas en cada una de ellas (estos datos son obtenidos a finales de 2017).

AÑO	Nº TOTAL	10 kwats.	20 Kwats.	125 Kwats.	TOTAL POTENCIA
	INSTALACIONES	60%	30%	10%	INSTALADA
2007	162	97	49	16	3.969
2008	104	62	31	10	2.548
2009	99	59	30	10	2.426
2010	100	60	30	10	2.450
2011	85	51	26	9	2.083
2012	70	42	21	7	1.715
2013	75	45	23	8	1.838
2014	83	50	25	8	2.034
2015	140	84	42	14	3.430
2016	143	86	43	14	3.504
TOTAL	1.061	637	318	106	25.995

Tabla 2: Autoconsumo por Comunidad autónoma y Potencia instalada

En España debido a su geolocalización, sus características demográficas y de radiación solar es un lugar idóneo para promover el uso de las energías renovables, y en particular la energía solar fotovoltaica.

3.2. Tipos de instalaciones fotovoltaicas

La energía solar pertenece a un sistema directo de conversión donde los fotones de la radiación solar interactúan directamente sobre los electrones de la célula solar en la superficie de ésta para dar lugar al efecto fotoeléctrico que da lugar a la corriente eléctrica.

Según la aplicación que se le quiera dar a la instalación eléctrica se podrá dimensionar para obtener energía de los modos DC, AC o ambos. Las aplicaciones principales son: Electrificación rural (viviendas fuera del alcance de las líneas eléctricas de distribución, de fin de semana, refugios de montaña...), aplicaciones agrícolas y ganaderas (iluminación de graneros o invernaderos, bombeo de agua, sistemas de riego, electrificación de cercas....), comunicaciones (alimentación de repetidores de radio, telefonicos y de TV, alimentación de sistemas telefonicos rurales...) y señalización (iluminación de vallas publicitarias, radiofaros, radiobalizas, señalización en autopistas, ...).

Este tipo de instalaciones están clasificadas principalmente en tres versiones según su estructura y utilización:

3.2.1. Instalaciones aisladas de la red

Son las que están destinadas a la obtención de la energía sin tener ningún punto de conexión con las redes públicas de distribución de energía para inyectar en ellas corriente. A su vez se dividen en dos clases que son: Instalaciones centralizadas e Instalaciones descentralizadas. La *Ilustración 3: Diagrama de bloques de una instalación aislada* muestra el diagrama de bloques de una instalación aislada.

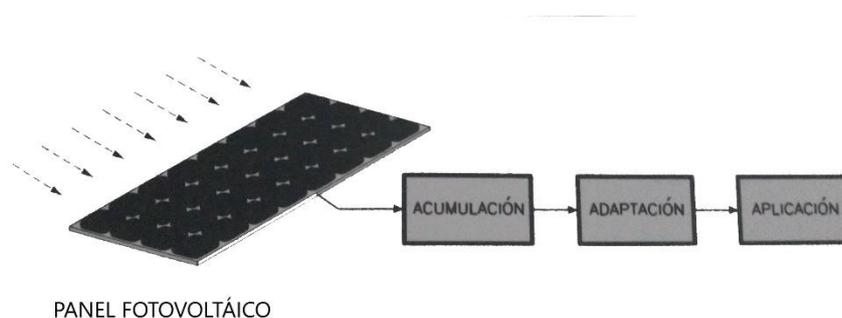


Ilustración 3: Diagrama de bloques de una instalación aislada

3.2.2. Instalaciones con conexión a red

A este tipo corresponden las instalaciones que están conectadas a la red pública de distribución para dos posibles finalidades: venta de la totalidad de energía generada o venta de la energía eléctrica sobrante con respecto a la necesidad del lugar de generación. La estructura es tal como se muestra en el *Ilustración 4: Diagrama de bloques de una instalación con conexión a red*.

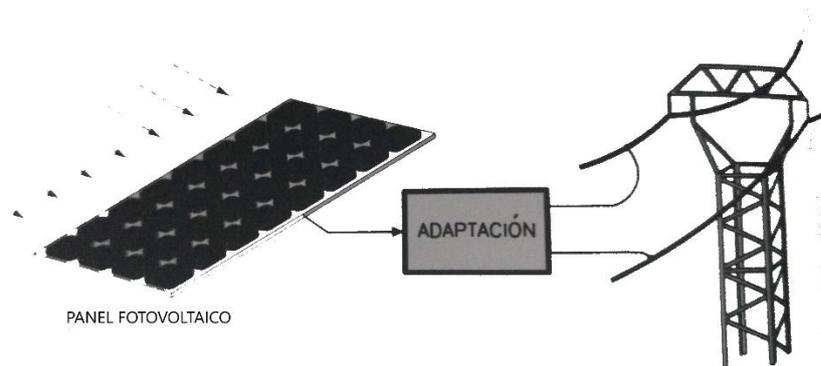


Ilustración 4: Diagrama de bloques de una instalación con conexión a red

3.2.3. Instalaciones híbridas

Se consideran híbridas a las instalaciones cuya finalidad es obtener electricidad para la misma aplicación mediante dos fuentes generadoras diferentes, en este caso eólica y solar, para reducir la dependencia de las condiciones atmosféricas y de franjas horarias del sol. El diagrama de bloques de este tipo de instalación quedaría tal y como se observa en la *Ilustración 5: Diagrama de bloques de una instalación híbrida*.

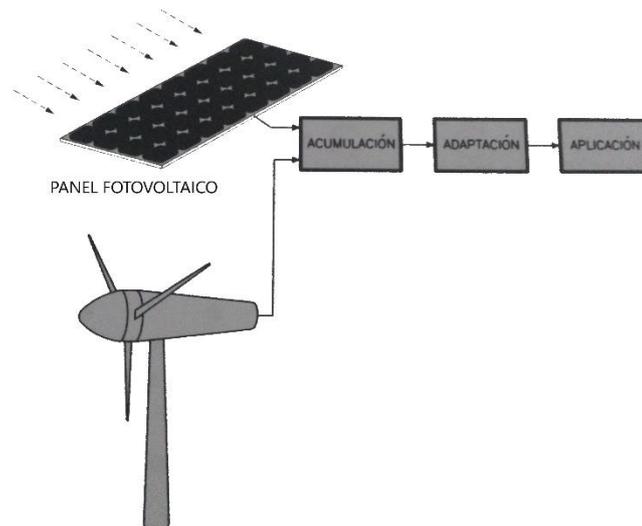


Ilustración 5: Diagrama de bloques de una instalación híbrida

3.3. Componentes de la instalación

Según las características y del papel que desempeña la instalación, ésta se puede componer de los siguientes elementos:

3.3.1. Paneles fotovoltaicos

Se denominan paneles solares (*Ilustración 6: Panel fotovoltaico*) a unos módulos compuestos por un conjunto de células capaces de transformar la energía proveniente de la radiación

solar (luz) en electricidad. Cada célula fotovoltaica está formada por dos semiconductos de silicio, de los cuales, uno consta de menos electrones de valencia que silicio llamada P y el otro semiconductor con mas electrones que átomos de silicio llamada N.



Ilustración 6: Panel fotovoltaico

El funcionamiento de estas celdas trata de a medida que impacta la energía recibida por la radiación solar produce una serie de cargas positivas y negativos generando un campo eléctrico con la capacidad suficiente para poder generar electricidad. Los fotones de la fuente luminosa inciden sobre la capa P e interactúan con el material, liberando electrones de los átomos de silicio. Éstos en movimiento atraviesan la capa del semiconductor, creando una diferencia de potencial entre las capas N y P, produciendo así electricidad. Dicha electricidad generada por los paneles se transforma en corriente continua (DC).

El rendimiento de estas placas esta directamente condicionado a la orientación y la inclinación de las placas con respecto al horizonte y el sol. Sin embargo, el montaje de estas placas suele ser sobre un soporte fijo ya que esto supone un ahorro relevante en cuanto a su mantenimiento.

Existen dos maneras de conectar las células y los paneles entre si según la tensión e intensidad que se requiera en el diseño de la instalación fotovoltaica. Estas formas son: en serie (*Ilustración 7: Conexión serie*) y en paralelo (*Ilustración 8: Conexión paralelo*).

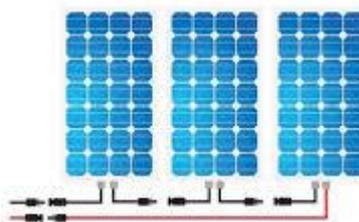


Ilustración 7: Conexión serie

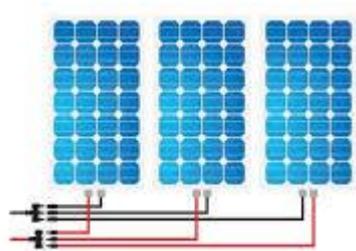


Ilustración 8: Conexión paralelo

Para la elección de los paneles disponemos de una amplia variedad ya que cada fabricante tiene una gama distinta de potencias. Dichas potencias pueden moverse desde los 50W de pico a los 310W de pico. El proveedor nos proporciona las características específicas de la placa indicando su funcionamiento mediante una curva I-V que recoge los posibles puntos de trabajo bajo unas condiciones de la radiación y la temperatura determinadas.

3.3.2. Inversor

La función del inversor (*Ilustración 9: Inversor*) es convertir la energía eléctrica en la corriente continua (DC) que los receptores solares suministran a la instalación eléctrica en corriente alterna (AC) para el consumo que realizarán los dispositivos incluidos en la instalación.



Ilustración 9: Inversor

Los valores de la tensión de entrada al inversor dependerán de la tensión de la instalación (normalmente serán: 12 V, 24V o 48V). Ésta siempre será corriente continua. Sin embargo, la tensión de salida serán 230V de corriente alterna.

A la hora de calcular la instalación hay que tener muy en cuenta el rendimiento del inversor, éste tiene que estar entre el 91% y el 95%.

Hay que tener especialmente en consideración la energía que se va a utilizar de manera simultánea en la instalación, para definir correctamente la potencia del inversor y que la instalación no se vea afectada.

3.3.3. Regulador

La función del regulador (*Ilustración 10: Regulador*) es controlar de manera ininterrumpida el estado de la carga de las baterías así como gestionar la intensidad de carga de las mismas. Con esto se pretende solucionar problemas como la sobrecarga cuando está al

máximo de su capacidad y evitat la descarga de las baterías hacia los modulos cuando la radiación que incide sobre las placas es nula o casi inexistente, asi como evitar superar la profundidad de descarga máxima de las mismas.



Ilustración 10: Regulador

La tensión de trabajo y la intensidad máxima son las características principales que definen el regulador. En cuanto a diseño se refiere, se tomará la tensión de la instalación como la tensión de trabajo, y dentro de la intensidad máxima que puede soportar la instalación se diferenciara entre la intensidad máxima de entrada (viene dada por la intensidad que proporcionan las placas solares) y la intensidad máxima de salida.

3.3.4. Estructura soporte

Los paneles solares pueden disponerse según se requiera en estructuras fijas o sobre seguidores solares. Por cuestiones económicas, ya que el mantenimiento es más económico, se elegirá la estructura fija para la disposición de los paneles.

La estructura que sujeta las placas solares (*Ilustración 11: Estructura soporte*) y cada uno de sus componentes del sistema de sujeción son tan importantes como el propio panel ya que un fallo o deterioro de estos elementos pone en peligro la instalación fotovoltaica.

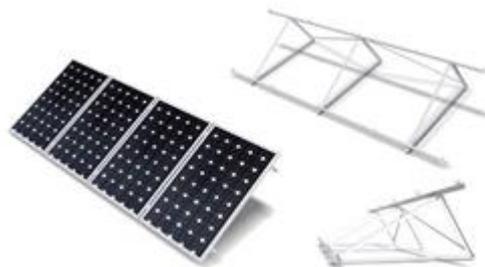


Ilustración 11: Estructura soporte



Disponemos de 4 posibilidades a la hora de colocar los paneles solares según su situación: suelo, poste, pared y tejado. En este caso será de tejado. También podemos distinguir diferentes tipos de material empleados para su construcción: Aluminio, Acero, Acero inoxidable y fibra de vidrio.

La estructura soporte generalmente se fija orientada al Sur y su inclinación corresponde a la de la latitud del lugar, pero también se tiene en cuenta la variación estacional que se produce en la zona, ya que, éste altera el rendimiento energético de los paneles. También hay que tener en cuenta la fuerza del viento, puesto que dependiendo de la zona puede llegar a ser bastante considerable e influir en la estabilidad de sujeción de la estructura soporte.

3.3.5. Baterías

La función de las baterías (*Ilustración 12: Baterías*) es almacenar la energía eléctrica generada para asegurar el suministro. Esto se puede realizar de dos maneras según las especificaciones requeridas en la instalación (siempre y cuando se requiera almacenaje):

- Por ciclo diario. Las baterías suministran la energía mientras no hay radiación solar o el ciclo está por debajo de la energía que la instalación es capaz de generar (por lo general su actividad sería nocturna).
- Por ciclo largo. La función de las baterías en este caso sería garantizar y suministrar energía durante varios días de manera ininterrumpida en los días que por cualquier condición meteorológica la radiación recibida en los paneles es muy baja o prácticamente nula.



Ilustración 12: Baterías

Las baterías se pueden conectar de dos formas: en serie (*Ilustración 13: Conexión de baterías en serie*) si lo que queremos aumentar es la tensión de trabajo, y en paralelo (*Ilustración 14: Conexión de baterías en paralelo*) para conseguir aumentar la capacidad de la batería para garantizar el autoabastecimiento. Dicha tensión de trabajo irá determinada por la potencia necesaria en la instalación. Sin embargo la capacidad de carga nos indica cual es el valor de energía que la batería puede almacenar, se mide en amperios/hora (Ah).

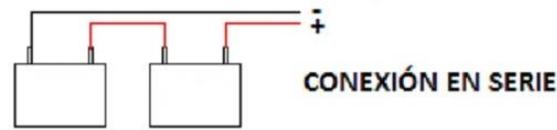


Ilustración 13: Conexión de baterías en serie



Ilustración 14: Conexión de baterías en paralelo

La capacidad de carga no es determinante a la hora de proporcionar energía puesto que también dependerá estrechamente de la velocidad de suministro.

A la hora de elegir la batería también tendremos muy en cuenta la profundidad de descarga, ya que ésta nos indicará el valor máximo de la energía que debemos usar para que no se vea deteriorado el funcionamiento de la propia batería. Para las baterías de plomo se utilizará alrededor del 70%. Y la fórmula empleada para el cálculo de la capacidad que podemos aprovechar quedaría tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad aprovechable} = \text{Capacidad total} \times \text{Profundidad de descarga.}$$

3.3.6. Cables eléctricos

Serán los encargados de conectar los distintos elementos que aparecen en la instalación. La elección de estos conductores vendrá determinada por las características específicas de la instalación, como por ejemplo donde estarán situados los distintos dispositivos que componen la instalación (esto determinaría la longitud de cable que se necesita). Una vez sabemos dichas características de la instalación se procede a elegir la conductividad mínima necesaria del cable, la sección, la intensidad máxima que puede conducir este cable y la longitud de cable necesaria.

También se tendrá muy en cuenta la zona de la instalación en la que se encuentre para una buena elección del cable para el diseño de ese tramo específico de la instalación fotovoltaica.

3.3.7. Cajas y protecciones eléctricas

En varios puntos de la instalación se colocarán una serie de cajas donde se alojarán las protecciones. Dichas protecciones vendrán definidas por el tipo de corriente que sea la instalación (AC o DC).

Para la parte de corriente continua (DC) distinguimos principalmente dos:

- Los bastidores que se situarán entre positivo-tierra y negativo-tierra para proteger al generador fotovoltaico contra sobrintensidades inducidas por descargas eléctricas.



- Un fusible su función consistirá en proteger a la instalación cuando exista una sobreintensidad.

En cuanto a las protecciones de corriente alterna (AC) tenemos:

- Un interruptor magnetotérmico. Este interruptor debe ser accesible en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual en un momento determinado. Su intensidad de cortocircuito debe ser un poco superior a la establecida en el punto de conexión, este dispositivo protegerá a la instalación AC frente a cortocircuitos y sobrecargas.
- Un interruptor automático diferencial. Su función principal será proteger a las personas en el caso de que por algún motivo exista en la instalación la derivación de algún elemento.

3.4. Contaminación

El aprovechamiento de las energías renovables no es nuevo, pero si es en los últimos años cuando se ha potenciado su desarrollo como consecuencia del constante aumento del precio del petróleo y otros combustibles fósiles, además de la incertidumbre de saber que cantidad queda de estos agentes no renovables. Todas éstas persiguen atenuar las emisiones nocivas a la atmósfera de agentes contaminantes y a su vez reducir la dependencia a combustibles fósiles como el petróleo.

Son cuatro principalmente los agentes contaminantes del efecto invernadero que se pretenden reducir: Dióxido de carbono (CO_2), Óxido nítrico (NO), Monóxido de carbono (CO) y Dióxido de Azufre (SO_2).

Así pues, las instalaciones fotovoltaicas producen energía limpia, sin embargo, su propia fabricación y transporte suponen un gasto energético elevado. En la actualidad con los nuevos procesos de fabricación hacen que el consume de energía para producir los paneles solares se haya reducido, además los materiales que se utilizan son mucho más efectivos para aprovechar la energía del sol.

Desde el comienzo de la utilización de dichas instalaciones se pueden observar una clara disminución de la huella ambiental con el tiempo.

3.5. Definiciones

Radiación directa:

Es la radiación recibida desde el Sol sin desviarse de su camino a través de la atmósfera. (Ilustración 15: Esquema de tipos de radiación)

Radiación difusa:

Es la radiación solar que sufre cambios en su dirección debidos principalmente a la reflexión y difusión en la atmósfera. (Ilustración 15: Esquema de tipos de radiación)

Radiación de albedo:



Es la radiación directa y difusa que refleja el suelo u otras superficies. (*Ilustración 15: Esquema de tipos de radiación*)

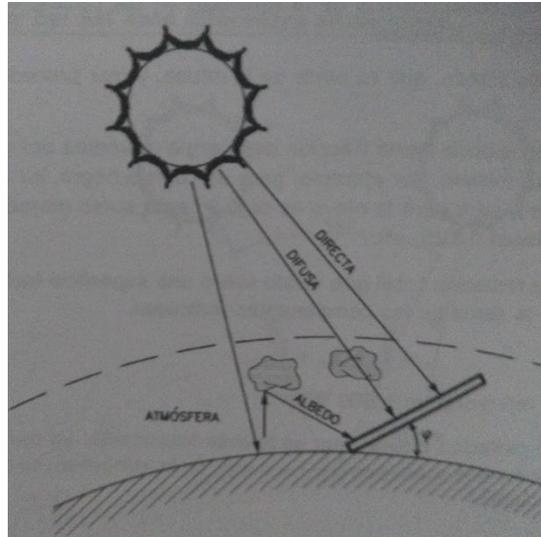


Ilustración 15: Esquema de tipos de radiación

Instalaciones centralizadas:

Son un tipo de instalación aislada que cubren la necesidad de un conjunto de viviendas cuya justificación es con motivos económicos y reducción del impacto ambiental.

Instalaciones descentralizadas:

Son las instalaciones aisladas de la red que cubren la necesidad de un solo usuario.

4. ANALISIS DE LA NORMATIVA VIGENTE

Toda la instalación debe ser adaptada a un marco legal. Éste es una norma jurídica que emana el gobierno y en virtud de las competencias de la constitución. A continuación se desarrolla una breve descripción de las modificaciones expuestas en el nuevo Real Decreto publicado el 6 de abril. Dichas modificaciones favorecen el uso de esta tecnología ya que facilita la posibilidad del autoconsumo y la venta de excedentes de energía.

El Real decreto 244/2019 regula las condiciones técnicas, administrativas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica para cada una de las diferentes modalidades de autoconsumo definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, del sector eléctrico.

En los siguientes apartados analizaremos el Real Decreto que regula la legalización de instalaciones fotovoltaicas para el consumo.

4.1. Modalidades según el tipo de instalación

Las instalaciones se clasificarán en las siguientes modalidades:

4.1.1. Modalidad autoconsumo fotovoltaico Tipo 1: Autoconsumo sin excedentes.



A esta modalidad pertenecen las instalaciones cuya potencia contratada por el consumidor será inferior a 100kW. Las instalaciones de generación de esta modalidad y el punto de suministro deben ajustarse al Real decreto por el que se regula la conexión a red de las instalaciones de producción eléctrica de pequeña potencia. Además la potencia instalada no superará la contratada por el usuario. Además pueden estar conectadas a la red de distribución o transporte que disponen de un sistema de antivertido para impedir la que el excedente de energía eléctrica se inyecte a la red de transporte o distribución.

4.1.2. Modalidad autoconsumo fotovoltaico tipo 2: Autoconsumo con excedentes.

Las instalaciones pertenecientes a esta modalidad las instalaciones de producción próximas o las asociadas a las de consumo (tanto en red interior como las que utilicen la red de distribución o transporte), y cumplir que la suma de las potencias de producción debe ser inferior o igual a la contratada. Si se trata de varias instalaciones de producción, el titular de todas deberá ser una única persona física o jurídica. Dichas instalaciones de generación deberán ajustarse a la normativa vigente del sector eléctrico. Dentro de esta modalidad podemos diferenciar entre:

- 4.1.2.1. Autoconsumo con excedente acogido a compensación
- 4.1.2.2. Autoconsumo con excedente no acogido a compensación

Siempre será necesario solicitar una nueva conexión eléctrica o modificar la existente. Las instalaciones Tipo 1 si no vierten el excedente a la red estarán exentas del pago de estudios de acceso y conexión a la red. El resto de instalaciones de autoconsumo se aplicará el procedimiento de conexión establecido en la legislación.

En cuanto a los equipos de medida, será obligatorio registrar la energía neta generada para la modalidad de tipo 1 por lo que será necesario instalar un medidor independiente del anterior en el punto de frontera. Sin embargo, para la modalidad de tipo 2 será necesario un equipo de medida bidireccional.

Cabe recordar que cualquier instalación para ser legalizada debe pertenecer a una de estas modalidades. El titular del punto de suministro (o en el caso de la modalidad de tipo 1 lo podría hacer la empresa suministradora) deberá inscribir su instalación en el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica.

Se aplicarán dos tipos de cargos en función de las características de la instalación:

1. **Cargo fijo:** no afecta a las instalaciones de placas solares de igual o menor potencia a 10kW, se aplica sobre la energía producida y autoconsumida (energía total).
2. **Cargo variable:** se aplicará únicamente a instalaciones con baterías de acumulación y para instalaciones con una potencia mayor a 100kW.

4.2. Legalización de la instalación

A continuación se explica el procedimiento que hay que seguir paso por paso para el desarrollo de una instalación de autoconsumo:

1. Realización de un estudio del caso particular y un análisis de viabilidad



2. Preparar una memoria técnica para instalaciones menores de 10kW y Proyecto para las superiores.
3. Solicitar la licencia de obra y autorización municipal.
4. Una vez conseguida la documentación anterior se procede a la ejecución de la instalación fotovoltaica
5. Se realiza el acta de puesta en servicio (Boletín de la instalación).
6. Realización de la solicitud de nueva conexión eléctrica a la empresa distribuidora.
7. Por último, se realiza el registro administrativo de la instalación.

4.3. Subvenciones

En España existen una serie de subvenciones y ayudas diferentes para cada Comunidad Autónoma que pretenden fomentar la energía fotovoltaica. Los Gobiernos son conscientes de la importancia de realizar este cambio, favoreciendo así las facetas del autoconsumo, la eficiencia energética y las energías renovables creando así un modelo responsable y sostenible.

En la Comunidad Valenciana por ejemplo el organismo que lleva a cabo la solicitud y concesión de dichas subvenciones es IVACE (Institut valencià de competitivitat empresarial). Las principales ayudas respecto a la instalación o utilización de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo son dos:

1. Deducción fiscal en el IRPF para Autoconsumo y Energías renovables
2. Financiación bonificada para proyectos de autoconsumo eléctrico en empresas e indentidades

5. ESPECIFICACIONES DE LA INSTALACIÓN

Uno de los factores más determinantes para conseguir generar la máxima energía eléctrica en relación a la potencia de los paneles es el emplazamiento de la instalación. Sabiendo que en este caso concreto, la localización esta en una zona con alta radiación solar. Esto favorece la instalación de este tipo de sistemas para la generación de energía.

Además a la hora de diseñar la instalación se tendrá muy en cuenta si la superficie donde va a ir situada la instalación tiene algún tipo de construcción, edificio o árbol que produzca sombra en algún momento del día.

5.1. Ubicación de la vivienda

La vivienda unifamiliar aislada para la cual se ha realizado el estudio se ubica en la Comunidad Valenciana, concretamente en el municipio de Villena provincia de Alicante. En la calle partida cascante número 189 y las coordenadas de la ubicación son las siguientes: 38.653508, -0.868061 (*Ilustración 16: Ubicación*).



Ilustración 16: Ubicación

Esta ubicación se encuentra dentro de la zona , que es una de las zonas de mayor irradiancia dentro del territorio español, con una irradiancia media diaria superior a ---- 5.1 kWh/m² tal y como se puede observar en la *Ilustración 17: Radiación en la ubicación*.

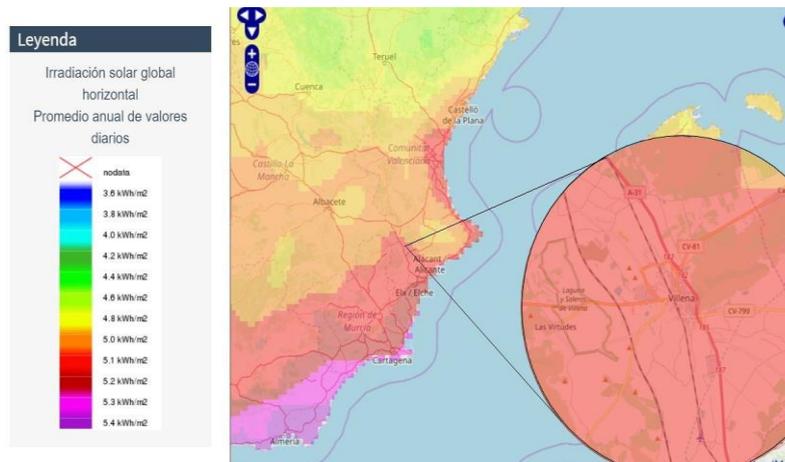


Ilustración 17: Radiación en la ubicación

5.2. Disposición de la instalación

La orientación óptima para maximizar la generación de energía de los paneles solares es en dirección Sur. El tejado presenta varios niveles de inclinación y también presenta aguas en varios lados del tejado, esto se debe tener muy presente cuando se realice la configuración de la orientación de los paneles solares ya que la ubicación de éstos será en el tejado.

Debido a que los arboles colindantes no están lo suficientemente cerca como para proyectar sombra en la zona donde van ubicadas las placas de nuestra instalación no será necesario



proponer ninguna medida para la adecuación de la misma (se puede observar en la *Ilustración 18: Vista alzada de la vivienda*).



Ilustración 18: Vista alzada de la vivienda

6. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En el presente proyecto, se estudiarán dos alternativas de diseño. Se comprobará cual de ellas es económicamente más rentable y se adecua mejor a las necesidades del inversor. Ambos diseños se adaptarán a la nueva normativa aplicable. Dichas alternativas serán:

- **Alternativa A: Instalación conectada a la red**
 - **A.1: Instalación conectada a red sin baterías**
 - **A.2: Instalación conectada a red con baterías**
- **Alternativa B: Instalación aislada de la red**

Una vez decidida la opción más óptima se decidirá si dicha instalación debe disponer o no de dispositivos de almacenamiento de energía.

En el caso de la instalación conectada a la red se estudiará si es viable con la nueva normativa el vertido de energía a la red, si esto no fuera rentable, se tratará de minimizar el excedente energético.

La orientación de los paneles irá estrechamente vinculada a obtener una generación eléctrica de cantidad similar durante todos los meses del año, por tanto, la inclinación vendrá optimizada para este fin.

En el siguiente apartado 7. Diseño de la instalación se detallarán los cálculos necesarios para la elección de todos los elementos necesarios que intervienen en la instalación a diseñar, se justificará la elección del dispositivo elegido en cada caso. También tendremos en cuenta que el elemento cumpla con unas prestaciones que no sean ni inferiores a lo que se requiera, ni que por el contrario, sean una prestaciones que sobrepasen de una manera excesiva las necesidades de la instalación.



7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

En el presente apartado se estudiarán y calcularán las características mínimas que debe poseer la instalación para su correcto funcionamiento. Dichas características irán condicionadas por los requisitos requeridos por el usuario, la ubicación de la instalación.

7.1. Estudio del consumo energético de la vivienda

Primero determinaremos el consumo eléctrico de la vivienda, para ello podemos optar por dos opciones.

La primera opción sería calcular el consumo de cada receptor eléctrico por día para cada mes del año (según la estación del año inciden diferentes condiciones climatológicas cada mes y las horas de luz solar varían). También se tendrán en cuenta factores tales como la rutina de los inquilinos de la vivienda así como el gasto de los periodos vacacionales del inquilino. Este cálculo se realizaría mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo Mensual} = \sum (P_n \times h_m) \times N_{dm}$$

Siendo:

P_n = Potencia nominal de cada elemento de la instalación

h_m = Número de horas medio diario de utilización de elementos receptores

N_{dm} = Número de días del mes

La segunda opción es recopilar los datos de consumo a partir de las facturas del año anterior (o varios años anteriores y hacer el promedio de cada mes).

En esta ocasión se ha seguido la segunda opción ya que el dueño de la vivienda nos ha facilitado las distintas facturas de todo un año, siendo la potencia total consumida por mes tal y como se observa en la *Tabla 3: Consumo de la vivienda* y *Ilustración 19: Gráfica de consumo anual* :

Mes	Consumo medio diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	
jun-18	12.33	370	
jul-18	11.35	352	
ago-18	11.71	363	
sep-18	9.93	298	
oct-18	10.77	334	
nov-18	22.53	676	
dic-18	31.77	985	
ene-19	38.63	1159	
feb-19	29.68	831	
mar-19	15.90	493	
abr-19	11.53	346	
may-19	10.13	314	
		6521	kWh anuales

Tabla 3: Consumo de la vivienda

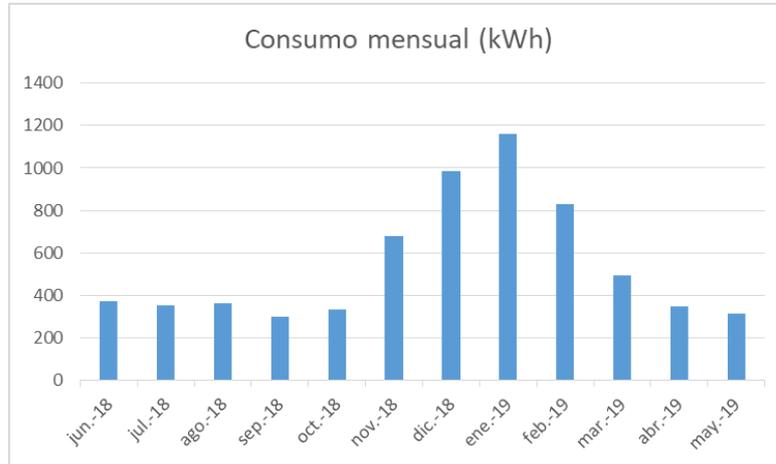


Ilustración 19: Gráfica de consumo anual

Teniendo un consumo total anual de: 6553 kWh .

Además la pagina online i-de de iberdrola nos facilita datos útiles para nuestro cálculo como la potencia contratada y la potencia máxima demandada (Ilustración 20: Gráfica de potencia demandada), o estadísticas del consumo diario para saber que franja horaria es en la que más potencia se consume (Ilustración 21: Gráfica horas de mayor consumo).



Ilustración 20: Gráfica de potencia demandada



Ilustración 21: Gráfica horas de mayor consumo

7.2. Orientación

Una vez está claro el valor del consumo de la vivienda, es necesario saber que radiación tenemos en el lugar geográfico donde se ubica la instalación. En este caso en específico la localización es Villena.

Se conoce previamente que el consumo no es constante durante todo el año y que la irradiación de la zona varía cada mes. Por lo que se adecuará el diseño para que la instalación sea lo más eficiente posible a la recepción de la radiación solar.

Para ello, el primer paso es saber que orientación sería la óptima para esta instalación, esto se consultará mediante el sistema de información fotovoltaico online PVGIS de la Comisión Europea, el cual es capaz de realizar estimaciones de producción de electricidad en diferentes zonas de la geografía a partir de bases de datos de radiación solar. Éste programa asume un coeficiente de pérdida predeterminado.

Como podemos observar en las imágenes *Ilustración 22: Gráfica radiación para un ángulo de 34º* y *Ilustración 23: Gráfica de la producción de energía para un ángulo de 34º* el ángulo óptimo de radiación y producción de energía será de 35º para obtener la mayor radiación.

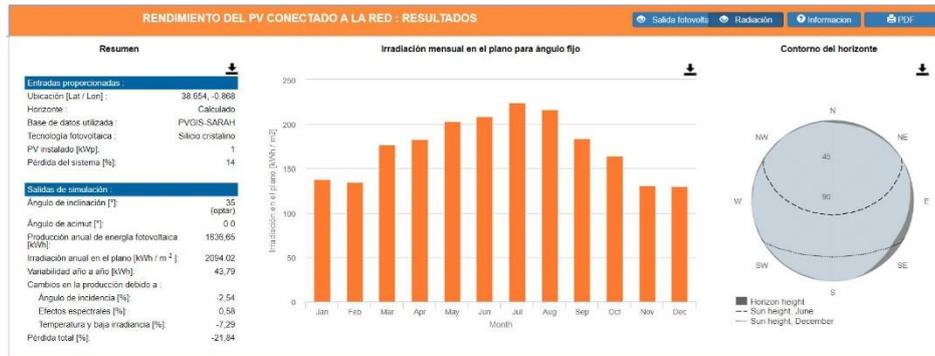


Ilustración 22: Gráfica radiación para un ángulo de 34º

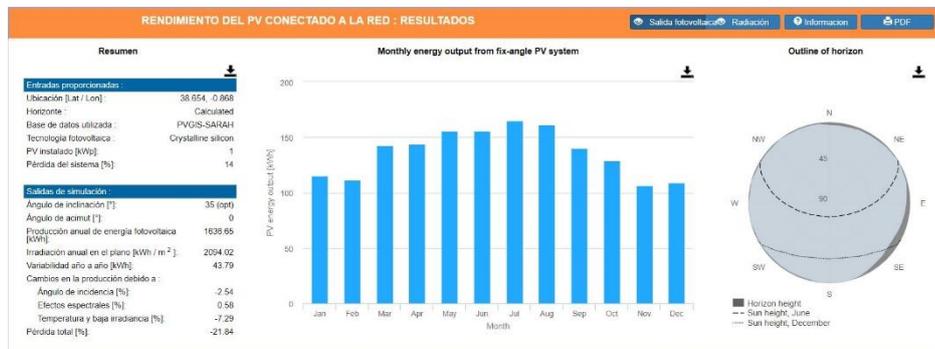


Ilustración 23: Gráfica de la producción de energía para un ángulo de 34º

7.3. Producción de energía

La energía que es capaz de suministrar los paneles fotovoltaicos dada la orientación indicada en el [apartado anterior](#) se obtendrá la energía por kW instalado que son capaces de suministrar dichos paneles.

Volvemos a utilizar la herramienta online PVGIS para mediante la introducción de ubicación y la orientación de las placas instaladas obtener la radiación que reciben los paneles solares con montaje fijo en el tejado de la vivienda.

Los resultados mostrados en la *Tabla 4: Energía y radiación para 1kWp* para una potencia de una instalación fotovoltaica de 1 kWp.



Mes	Em	Ed	hm	hd	SDm
Enero	115.3	3.7	138.2	4.5	17.3
Febrero	111.8	4.0	135.1	4.8	13.3
Marzo	142.7	4.6	177	5.7	13.9
Abril	143.9	4.8	182.8	6.1	12.6
Mayo	156	5.0	203	6.6	10.1
Junio	156.1	5.2	208.4	7.0	56.0
Julio	165.3	5.3	223.9	7.2	5.0
Agosto	161.4	5.2	216.8	7.0	4.6
Septiembre	140.1	4.7	183.8	6.1	11.3
Octubre	128.8	4.2	164.2	5.3	12.0
Noviembre	106.6	3.6	130.5	4.4	14.6
Diciembre	108.8	3.5	130.3	4.2	10.2

Tabla 4: Energía y radiación para 1kWp

Hay que tener siempre presente que tanto la radiación solar recibida como la temperatura de los paneles fotovoltaicos afectan directamente al rendimiento de los mismos y por tanto a su producción energética.

7.4. Cálculos y elección de los elementos

A continuación se procederá al cálculo de las características mínimas requeridas en la instalación y sus componentes para su correcto funcionamiento.

Previamente a la realización de cualquier cálculo y saber que tipo de panel solar debemos escoger, es necesario conocer cuál es el mes más desfavorable, para poder garantizar el correcto funcionamiento de la instalación en el mes que peores condiciones presenta (si la instalación funciona correctamente en el mes más desfavorable el resto de meses no presentarán ningún tipo de problema y aseguraremos una instalación fiable).

El mes más crítico dependerá de la relación de el consumo entre la radiación solar que reciban las placas, este valor nos relaciona las necesidades energéticas con la radiación solar disponible. La ecuación aplicada quedaría tal que:

$$C_{md} = \frac{\text{Consumo}}{\text{Radiación}}$$

Mes	Consumo mensual (kWh)	Radiación a 35° (kWh/m2)	C _{md}
jun-18	370.00	138.2	2.68
jul-18	352.00	135.1	2.61
ago-18	363.00	177	2.05
sep-18	298.00	182.8	1.63
oct-18	334.00	203	1.65
nov-18	676.00	208.4	3.24
dic-18	985.00	223.9	4.40
ene-19	1099.00	216.8	5.07
feb-19	831.00	183.8	4.52
mar-19	493.00	164.2	3.00
abr-19	346.00	130.5	2.65
may-19	314.00	130.3	2.41

Tabla 5: Tabla radiación



En la *Tabla 5:Tabla radiación* podemos observar que el mes más desfavorable es el mes de Enero. En dicho año la demanda media diaria es de 17.7 kWh.

7.4.1. Alternativa A.1

7.4.1.1. Inversor

Para la selección de este elemento elegiremos una marca que incorpore a sus inversores la tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracker), ya que esta tecnología busca un balance entre tensión y corriente en el que los paneles solares operan a su máxima potencia incrementado la producción de energía. En este caso concreto se ha elegido la serie de inversores Fronius Primo Series.

A continuación en la *Tabla 6 Inversor* se muestran la diferentes opciones elegidas dependiendo de la potencia total instalada. Hay que tener en cuenta que para que el controlador MPPT opere de manera correcta, la tensión generada por la cadena de paneles debe contenerse dentro del rango de tensiones del MPPT del inversor.

Inversor	Potencia nominal	Potencia máxima	Máx. voltage DC de	Rango MPPT de	Intensidad	Voltage de	Intensidad máx.
Inversor fronius primo series 4.0-1	4000	6000	1000	210-800	12	230	17.4
Inversor fronius primo series 5.0-1	5000	7500	1000	240-800	12	230	21.7
Inversor fronius primo series 6.0-1	6000	9000	1000	240-800	18	230	26.1
Inversor fronius primo series 8.2-1	8200	123000	1000	270-800	18	230	35.7

Tabla 6 Inversor

Todas las elecciones realizadas se han llevado a cabo teniendo siempre muy presente las especificaciones detalladas por el fabricante detalladas en el [anexo 6](#).

7.4.1.2. Paneles solares

En el momento de determinar el número de placas y las características mínimas que deben tener las placas fotovoltaicas se debe seleccionar una marca del mercado. En esta ocasión se ha seleccionado las placas de la línea ultra+ de Atersa del grupo elecnor cuyas características se encuentran en el [anexo 4](#).

Teniendo en cuenta los datos de consumo, las características de las placas, y, el número máximo y mínimo de paneles que se pueden colocar en serie en el rango MPPT, se procede a calcular el número de placas necesarias: *Tabla 7:Características de la placa*, *Tabla 8: Máximo número de placas*, *Tabla 9: mínimo número de placas*, *Tabla 10: Paneles necesarios* y *Tabla 11: Potencia generada*.

Modulo	Voc (V)	Isc (A)	Vm (V)	Im (A)	$\Delta V_{oc}/\Delta T$ (%/°C)	$\Delta V_m/\Delta T$ (%/°C)	NOCT (°C)
ATERSA Ultra+ A-320M	46.08	8.99	37.56	8.52	-0.32	-0.43	47
ATERSA Ultra+ A-325M	46.43	9.06	37.82	8.6	-0.32	-0.43	47
ATERSA Ultra+ A-330M	46.78	9.12	38.07	8.67	-0.32	-0.43	47

Tabla 7:Características de la placa



Modulo	Máx. voltage DC de entrada (V)	V _{oc} (máx)	Número máx. de paneles en serie	Redondeo
ATERSA Ultra+ A-320M	1000	52.72	18.96974553	18
ATERSA Ultra+ A-325M	1000	53.12	18.82674724	18
ATERSA Ultra+ A-330M	1000	53.52	18.68588872	18

Tabla 8: Máximo número de placas

	Rango MPPT de voltage de entrada (V)	V _m (min)	Número min. de paneles en serie	Redondeo	
A-320	210-800	28.878945	7.271733784	8	se pondran 8
	210-800	29.0788525	7.221743018	8	se pondran 8
	210-800	29.27107125	7.174318911	8	se pondran 8
A-325	240-800	28.878945	8.310552896	9	se pondran 9
	240-800	29.0788525	8.253420591	9	se pondran 9
	240-800	29.27107125	8.199221612	9	se pondran 9
A-330	270-800	28.878945	9.349372008	10	se pondran 10
	270-801	29.0788525	9.285098165	10	se pondran 10
	270-802	29.27107125	9.224124314	10	se pondran 10

Tabla 9: mínimo número de placas

Modelo	Cálculo número de paneles	Redondeo			
ATERSA Ultra+ A-320M	14.53074142	15	Se pondran:	16	
ATERSA Ultra+ A-325M	14.29660694	15	Se pondran:	18	(mínimo 9 paneles en serie)
ATERSA Ultra+ A-330M	14.08805306	15	Se pondran:	16	Solución imposible. Mínimo 10, máximo 18.

Tabla 10: Paneles necesarios

ATERSA Ultra+ A-320M	5.12 kW
ATERSA Ultra+ A-325M	5.85 kW

Tabla 11: Potencia generada

Las dimensiones de los paneles escogidos es $196.5 \times 99 \times 4$ cm por panel fotovoltaico. Donde se decide que ATERSA Ultra+ A-320M, se puede utilizar con dos cadenas de 8 módulos, y ATERSA Ultra+ A-325, se puede utilizar con dos cadenas de 9 módulos.

7.4.1.3. Soportes

Los soportes conforman la estructura que sujetan los paneles, un fallo de estos elementos conllevaría a poner en serio peligro el funcionamiento de la instalación procediendo a la inmediata paralización de la misma.

La estructura elegida será fabricada íntegramente en aluminio, mientras que la tornillería y accesorios son de acero inoxidable; o de aluminio anodizado, cuya ventaja sobre las estructuras de aluminio crudo es que su acabado es mejor y son más resistentes a la corrosión.

En esta ocasión se elegirán para la instalación unas estructuras de la marca ATERSA.

Antes de instalar los soportes hay que tener en cuenta la distancia entre un soporte y el anterior, así como la altura y el ángulo para evitar que se provoquen sombras entre las placas. Así se conseguirá una eficiencia energética al conseguir el máximo rendimiento de los recursos disponibles.

En la instalación a diseñar se puede diferenciar dos tramos de conductores: conductores de corriente continua (destinado a interconectar los paneles solares y el inversor) y



conductores de corriente alterna (cableado que conecta el inversor con la red interna de la vivienda).

7.4.1.4. Conductores

7.4.1.4.1. Conductores de corriente continua

Para minimizar el riesgo de cortocircuito y defecto a tierra los cables tendran que tener aislamiento de clase II, es decir, de aislamiento doble o reforzado.

Debido a que la disposición de los conductores de corriente continua es necesario que estos soporten las altas temperaturas (se conectará por la parte posterior de la cadena de paneles fotovoltaicos donde se puede llegar a alcanzar entorno a los 70°C) y la radiación ultravioleta.

Para conocer la sección del conductor que se refleja en la *Tabla 12: Cálculo sección cable CC* se debe saber la intensidad I_B que se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{2 \times L \times I}{56 \times \%}$$

Donde:

I_B = Corriente nominal

P = Potencia máxima

V = Tensión monofásica (230 V)

$\cos \varphi$ = Factor de desplazamiento de la instalación (0.8)

Pot. Cál. (W)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Longitud (m)	Factor de Correción	Iz (A)	Sección (mm2)
5120.18	17.04	231.03156	20.48	1	17.04	4
5854.54	17.2	232.63082	20.48	1	17.20	4

Tabla 12: Cálculo sección cable CC

Como se puede observar I_Z siempre es superior a la corriente de diseño I_B . La I_Z se obtiene de la tabla 1 para instalaciones receptoras según la norma UNE 20460-5-523.

Rigiendose por la ITC-BT-40 del reglamento de baja tendión los conductores deberan estar dimensionados para una intensidad superior al 125% de la máxima intensidad del generador. La caída de tensión entre generador y punto de interconexión a la Red de Distribución Publica o de la instalación interior, no superará el 2.5% de intensidad nominal tal como se muestra en la *Tabla 13: Características conductores CC* (para el cálculo de estas tablas se estima que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor. Se ha escogido la peor situación posible que, en este caso es cuando se tiene la mayor longitud posible).



Sección (mm ²)	Pot. Cál. (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Material Cond.	Tipo Aislam.	Temp. Amb. °C	Iz (A)	Conduct. 20°C	Temp. Max	%V parcial	%V acumulada
4	5120.18	20.48	231.03156	Cu	PVC	25	17.04	56	70	0.90	0.90
4	5854.54	20.48	232.63082	Cu	PVC	25	17.20	56	70	1.01	1.01

Tabla 13: Características conductores CC

7.4.1.4.2. Conductores de corriente alterna

La parte de corriente alterna se inicia en la salida del inversor, concluyendo finalmente en el cuadro general de la vivienda. La sección de los cables tendrá que soportar la máxima potencia que es capaz de suministrar el inversor. En la *Tabla 14: Cálculo sección cable CA*. Aplicaremos la siguiente ecuación para conocer la corriente máxima que circulará por el conductor:

$$I_B = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

Donde:

I_B = Corriente nominal

P = Potencia máxima

V = Tensión alterna (400V)

$\cos \varphi$ = Factor de desplazamiento de la instalación (0.8)

Pot. Cál. (W)	cos φ	Tensión (V)	Iz (Tabla UNE) (A)	Fac. Corr	Iz (A)	I _B (A)	Sección
5120.18	0.80	400	30	1	30.00	9.24	4
5854.54	0.80	400	30	1	30.00	10.56	4

Tabla 14: Cálculo sección cable CA

En la *Tabla 15: Características conductores CA* se muestran las intensidades que deben soportar los conductores para cada una de las alternativas de diseño.

Sección (mm ²)	Pot. Cál. (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Material Cond.	Tipo Aislam.	Temp. Amb. °C	Iz (A)	I _B (A)	Constante α	Conduct. 20°C	Temp. Max	Temp. Real °C	Conduc. Tem. Real	%V parcial	%V acumulada
4	5120.18	20.48	230	Cu	PVC	25	30.00	9.24	0.00392	56	70	29.27	54.04	1.83	1.83
4	5854.54	20.48	230	Cu	PVC	25	30.00	10.56	0.00392	56	70	30.58	53.77	2.11	2.11

Tabla 15: Características conductores CA

Para el cálculo de estas tablas se estima que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor. Se ha escogido la peor situación posible que, en este caso es cuando se tiene la mayor longitud posible. También se puede observar que no se superará el 2.5% de intensidad nominal.

7.4.1.5. Protecciones

7.4.1.5.1. Puesta a tierra

El esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán todas las masas de la instalación y receptores a la tierra independientemente de la del neutro de la Red de Distribución pública (expuesto en la ITC BT-40 en instalaciones generadoras).

El calibre del conductor de protección se obtiene de la tabla 2 de la ITC BT-18 del REBT.

Puesto que los conductores de la instalación serán inferiores a una sección de 16 mm^2 , los cables de protección tendrán la misma sección que los conductores de la instalación.

7.4.1.5.2. Protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos

Debido a que los conductores se han diseñado para soportar el 125% de la corriente nominal en el circuito de corriente continua, no será necesario disponer un dispositivo de protección contra sobrecorrientes pero sí a sobre tensiones. Sin embargo, en el tramo de corriente alterna será necesario proteger a la instalación tanto a sobre cargas como a cortocircuitos.

Para este fin se elegirá un interruptor magnetotérmico adecuado, teniendo en cuenta que la elección variará dependiendo de la potencia generada. Siempre tendremos presente el reglamento REBT para la elección del mismo.

En la *Tabla 16: Magnetotérmicos para tramo CC* se muestra las opciones para el tramo de corriente continua de nuestra instalación. En la *Tabla 17: Magnetotérmicos para tramo CA* se muestra las opciones del tramo de la instalación de corriente alterna.

Sección (mm ²)	IZ	IN	Iccmin	Iccmáx (A)	Irm (A)	Curva	Poder de corte (kA)	Constan. "K"	Icc Máx (A)	K ² · s ²	t max (s)
4	17.04	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.13	211600	0.05
4	17.20	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.13	211600	0.05

Tabla 16: Magnetotérmicos para tramo CC

Sección (mm ²)	IB	IZ	IN	Iccmin	Iccmáx (A)	Irm (A)	Curva	Poder de corte (kA)	Constan. "K"	Icc Máx (A)	K ² · s ²	t max (s)
4	9.24	30.00	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.00	211600	0.05
4	10.56	30.00	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.00	211600	0.05

Tabla 17: Magnetotérmicos para tramo CA

7.4.1.5.3. Protecciones frente contactos indirectos

Para proteger a las personas frente a contactos indirectos tanto en la zona de corriente continua como en la zona de corriente alterna dispondremos de un diferencial. En este caso en concreto el diferencial elegido será de 30 mA tal y como se muestra en la *Tabla 18: Diferenciales tramo CC* y la *Tabla 19: Diferenciales tramo CA*.

IZ	IN	Sensibilidad (mA)	Nº de polos	Clase	Tipo de disparo
17.04	25	30	2	CC	instantáneo
17.20	25	30	2	CC	instantáneo

Tabla 18: Diferenciales tramo CC



IZ	IB	IN	Sensibilidad (mA)	Nº de polos	Clase	Tipo de disparo
30.00	9.24	25	30	2	CC	instantáneo
30.00	10.56	25	30	2	CC	instantáneo

Tabla 19: Diferenciales tramo CA

7.4.2. Alternativa A.2

7.4.2.1. Baterías

Una de las cuestiones que presenta la instalación es si conviene o no la instalación de baterías. Para los cálculos realizados para saber el número de baterías que se necesitarán optamos por la marca HOPPECKE, concretamente en los modelos de baterías estacionarias tipo: 16 OPZS, 20 OPZS, 24 OPZS y 26 OPZS.

Teniendo en cuenta que las baterías se dispondrán en serie, las características particulares de las baterías adjuntas en el [anexo 7](#) y que la instalación tiene una tensión de 48 V se realiza la *Tabla 20: Baterías* donde se observa la relación entre días de autonomía y número de baterías necesario.

Días de autonomía (días sin sol)	Consumo (kWh/día)	Profundidad de descarga	Capacidad de batería necesaria (kWh)	Modelo y nº elegido de baterías
1	17.70136986	60%	29.50	Batería estacionaria 16 OPzS (48V 3000Ah)
2	35.40273973	60%	59.00	paralelo 20 OPZS (48V 2500Ah)

Tabla 20: Baterías

Para la realización de esta tabla se considera una profundidad de descarga de las baterías de un 60% y se requiere que en 5 días la batería se pueda recargar completamente. La demanda de energía por la parte de las cargas de nuestra instalación es la potencia media por día del mes más desfavorable.

7.4.2.2. Inversor

Para la selección de este elemento elegiremos una marca que incorpore a sus inversores la tecnología MPPT (Maximum Power Point Tracker), ya que esta tecnología busca un balance entre tensión y corriente en el que los paneles solares operan a su máxima potencia incrementando la producción de energía. En este caso concreto se ha elegido la serie de inversores Fronius Primo Series.

A continuación en la *Tabla 21: Inversor* se muestran las diferentes opciones elegidas dependiendo de la potencia total instalada. Hay que tener en cuenta que para que el controlador MPPT opere de manera correcta, la tensión generada por la cadena de paneles debe contenerse dentro del rango de tensiones del MPPT del inversor.



Inversor	Potencia nominal CA (W)	Potencia máxima (W)	Máx. voltage DC de entrada (V)	Rango MPPT de voltage de entrada (V)	Intensidad máx. de entrada (A)	Voltage de salida Vac (V)	Intensidad máx. de salida Iac (A)
Inversor fronius primo series 3.6-1	3680	5500	1000	200-800	12	230	16
Inversor fronius primo series 4.0-1	4000	6000	1000	210-800	12	230	17.4
Inversor fronius primo series 5.0-1	5000	7500	1000	240-800	12	230	21.7
Inversor fronius primo series 6.0-1	6000	9000	1000	240-800	18	230	26.1
Inversor fronius primo series 8.2-1	8200	123000	1000	270-800	18	230	35.7

Se utilizará el Inversor fronius primo series 6.0-1 para 1 día de autonomía por la máxima corriente de entrada.

Tabla 21: Inversor

Todas las elecciones realizadas se han llevado a cabo teniendo siempre muy presente las especificaciones detalladas por el fabricante detalladas en el [anexo 6](#).

7.4.2.3. Paneles solares

En el momento de determinar el número de placas y las características mínimas que deben tener las placas fotovoltaicas se debe seleccionar una marca del mercado. En esta ocasión se ha seleccionado las placas de la línea ultra+ de Atersa del grupo elecnor cuyas características se encuentran en el [anexo 4](#).

Teniendo en cuenta los datos de consumo, las características de las placas, y, el número máximo y mínimo de paneles que se pueden colocar en serie en el rango MPPT, se procede a calcular el número de placas necesarias: *Tabla 22: Características de las placas, Tabla 23: Máximo número de placas, Tabla 24: Mínimo número de placas, Tabla 25: Paneles necesarios y Tabla 26: Potencia generada.*

Modulo	Voc (V)	Isc (A)	Vm (V)	Im (A)	$\Delta V_{oc}/\Delta T$ (%/°C)	$\Delta V_m/\Delta T$ (%/°C)	NOCT (°C)
ATERSA Ultra+ A-320M	46.08	8.99	37.56	8.52	-0.32	-0.43	47
ATERSA Ultra+ A-325M	46.43	9.06	37.82	8.6	-0.32	-0.43	47
ATERSA Ultra+ A-330M	46.78	9.12	38.07	8.67	-0.32	-0.43	47

Tabla 22: Características de las placas

Modulo	Máx. voltage DC de entrada (V)	Voc (máx)	Número máx. de paneles en serie	Redondeo
ATERSA Ultra+ A-320M	1000	52.72	18.96974553	18
ATERSA Ultra+ A-325M	1000	53.12	18.82674724	18
ATERSA Ultra+ A-330M	1000	53.52	18.68588872	18

Tabla 23: Máximo número de placas

	Rango MPPT de voltage de entrada (V)	Vm(min)	Número min. de paneles en serie	Redondeo	
A-320	210-800	28.878945	7.271733784	8	se pondran 8
	210-800	29.0788525	7.221743018	8	se pondran 8
	210-800	29.27107125	7.174318911	8	se pondran 8
A-325	240-800	28.878945	8.310552896	9	se pondran 9
	240-800	29.0788525	8.253420591	9	se pondran 9
	240-800	29.27107125	8.199221612	9	se pondran 9
A-330	270-800	28.878945	9.349372008	10	se pondran 10
	270-801	29.0788525	9.285098165	10	se pondran 10
	270-802	29.27107125	9.224124314	10	se pondran 10

Tabla 24: Mínimo número de placas



Modelo	Días autonomía	Cálculo número de paneles	Redondeo						
ATERSA Ultra+ A-320M	1	20.11	21	Se pondran :	22	cadenas en paralelo:	2	modulos en serie:	11
	2	40.23	41	Se pondran :	42	cadenas en paralelo:	3	modulos en serie:	14
ATERSA Ultra+ A-325M	1	19.79	20	Se pondran :	20	cadenas en paralelo:	2	modulos en serie:	10
	2	39.58	40	Se pondran :	40	cadenas en paralelo:	4	modulos en serie:	10
ATERSA Ultra+ A-330M	1	19.50	20	Se pondran :	20	cadenas en paralelo:	2	modulos en serie:	10
	2	39.00	40	Se pondran :	40	cadenas en paralelo:	4	modulos en serie:	10

Tabla 25: Paneles necesarios

	1 día	2 día
ATERSA Ultra+ A-320M	7.040	13.440
ATERSA Ultra+ A-325M	6.505	13.010
ATERSA Ultra+ A-330M	6.601	13.203

Tabla 26: Potencia generada

Las dimensiones de los paneles escogidos es $196.5 \times 99 \times 4$ cm por panel fotovoltaico. Donde se decide que ATERS A Ultra+ A-320M, se puede utilizar con dos cadenas de 8 módulos, y ATERS A Ultra+ A-325, se puede utilizar con dos cadenas de 9 módulos.

7.4.2.4. Soportes

Los soportes conforman la estructura que sujetan los paneles, un fallo de estos elementos conllevaría a poner en serio peligro el funcionamiento de la instalación procediendo a la inmediata paralización de la misma.

La estructura elegida será fabricada íntegramente en aluminio, mientras que la tornillería y accesorios son de acero inoxidable; o de aluminio anodizado, cuya ventaja sobre las estructuras de aluminio crudo es que su acabado es mejor y son más resistentes a la corrosión.

En esta ocasión se elegirán para la instalación unas estructuras de la marca ATERS A.

Antes de instalar los soportes hay que tener en cuenta la distancia entre un soporte y el anterior, así como la altura y el ángulo para evitar que se provoquen sombras entre las placas. Así se conseguirá una eficiencia energética al conseguir el máximo rendimiento de los recursos disponibles.

En la instalación a diseñar se puede diferenciar dos tramos de conductores: conductores de corriente continua (destinado a interconectar los paneles solares y el inversor) y conductores de corriente alterna (cableado que conecta el inversor con la red interna de la vivienda).

7.4.2.5. Regulador

La correcta elección de este dispositivo tenemos que tener en cuenta la potencia del inversor, la potencia de salida y la potencia de carga de las baterías. Los cálculos que se han realizado para crear la *Tabla 27: Regulador* se han realizado teniendo en cuenta tanto las especificaciones del fabricante (VITRON ENERGY) como las características de la instalación. En ella podremos ver la selección realizada teniendo presente la ficha técnica adjunta en el [anexo 5](#).



Modelo regulador	Potencia máxima admitida de los módulos (W)	Corriente máxima de alimentación (A)
Vitron energy 48/5000/70-100/100	5000	100
Vitron energy 48/8000/110-100/100	8000	100
Vitron energy 48/10000/140-100/100	10000	100
Vitron energy 48/15000/200-100/101	15000	100
Se llega a la conclusión de que:		

Se usará siempre el Vitron energy 48/8000/110-100/100 para 1 día.

Tabla 27: Regulador

7.4.2.6. Conductores

7.4.2.6.1. Conductores de corriente continua

Para minimizar el riesgo de cortocircuito y defecto a tierra los cables tendran que tener aislamiento de clase II, es decir, de aislamiento doble o reforzado.

Debido a que la disposición de los conductores de corriente continua es necesario que estos soporten las altas temperaturas (se conectará por la parte posterior de la cadena de paneles fotovoltaicos donde se puede llegar a alcanzar entorno a los 70°C) y la radiación ultravioleta.

Para conocer la sección del conductor que se refleja en la *Tabla 28: Cálculo sección cable CC* se debe saber la intensidad I_B que se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{2 \times L \times I}{56 \times \%}$$

Donde:

I_B = Corriente nominal

P = Potencia máxima

V = Tensión monofásica (230 V)

$\cos \varphi$ = Factor de desplazamiento de la instalación (0.8)

Se realizará el cálculo unicamente de 1 día de autonomía porque las baterías encarecen mucho la instalación y como el consumo es elevado, no conviene el uso de baterías.

Pot. Cál. (W)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Longitud (m)	Factor de Corrección	I _Z (A)	Sección (mm ²)
7040.25	17.04	413.16	20.48	1	17.04	4
6505.04	17.2	375.6	20.48	1	17.20	4
6601.34	17.34	375.6	20.48	1	17.34	4

Tabla 28: Cálculo sección cable CC

Como se puede observar I_Z siempre es superior a la corriente de diseño I_B . La I_Z se obtiene de la tabla 1 para instalaciones receptoras según la norma UNE 20460-5-523.

Rigiendose por la ITC-BT-40 del reglamento de baja tendión los conductores deberan estar dimensionados para una intensidad superior al 125% de la máxima intensidad del generador. La caída de tensión entre generador y punto de interconexión a la Red de



Distribución Pública o de la instalación interior, no superará el 2.5% de intensidad nominal tal como se muestra en la *Tabla 29: Características conductores CC* (para el cálculo de estas tablas se estima que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor. Se ha escogido la peor situación posible que, en este caso es cuando se tiene la mayor longitud posible).

Sección (mm ²)	Pot. Cál. (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Material Cond.	Tipo Aislam.	Temp. Amb. °C	Iz (A)	Conduct. 20°C	Temp. Max	%V parcial	%V acumulada
4	7040.25	20.48	413.16	Cu	PVC	25	17.04	56	70	0.39	0.39
4	6505.04	20.48	375.6	Cu	PVC	25	17.20	56	70	0.43	0.43
4	6601.34	20.48	375.6	Cu	PVC	27	17.34	56	70	0.44	0.44

Tabla 29: Características conductores CC

7.4.2.6.2. Conductores de corriente alterna

La parte de corriente alterna se inicia en la salida del inversor, concluyendo finalmente en el cuadro general de la vivienda. La sección de los cables tendrá que soportar la máxima potencia que es capaz de suministrar el inversor. En la *Tabla 30: Cálculo sección cable CA*. Aplicaremos la siguiente ecuación para conocer la corriente máxima que circulará por el conductor:

$$I_B = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

Donde:

I_B = Corriente nominal

P = Potencia máxima

V = Tensión alterna (400V)

$\cos \varphi$ = Factor de desplazamiento de la instalación (0.8)

Pot. Cál. (W)	cos φ	Tensión (V)	Iz (Tabla UNE) (A)	Fac. Corr	Iz (A)	I_B (A)	Sección
7040.25	0.80	400	30	1	30.00	12.70	4
6505.04	0.80	400	30	1	30.00	11.74	4
6601.34	0.80	400	30	1	30.00	11.91	4

Tabla 30: Cálculo sección cable CA

En la *Tabla 31: Características conductores CA* se muestran las intensidades que deben soportar los conductores para cada una de las alternativas de diseño.

Sección (mm ²)	Pot. Cál. (W)	Longitud (m)	Tensión (V)	Material Cond.	Tipo Aislam.	Temp. Amb. °C	Iz (A)	I_B (A)	Constante α	Conduct. 20°C	Temp. Max	Temp. Real °C	Conduc. Tem. Real	%V parcial	%V acumulada
4	7040.25	20.48	230	Cu	PVC	25	30.00	12.70	0.00392	56	70	33.07	53.27	2.56	2.56
4	6505.04	20.48	230	Cu	PVC	25	30.00	11.74	0.00392	56	70	31.89	53.51	2.35	2.35
4	6601.34	20.48	230	Cu	PVC	27	30.00	11.91	0.00392	56	70	33.78	53.13	2.41	2.41

Tabla 31: Características conductores CA

Para el cálculo de estas tablas se estima que la longitud del conductor desde el panel más alejado hasta el inversor. Se ha escogido la peor situación posible que, en este caso es



cuando se tiene la mayor longitud posible. También se puede observar que no se superará el 2.5% de intensidad nominal.

7.4.3. Protecciones

7.4.3.1. Puesta a tierra

El esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán todas las masas de la instalación y receptores a la tierra independientemente de la del neutro de la Red de Distribución pública (expuesto en la ITC BT-40 en instalaciones generadoras).

El calibre del conductor de protección se obtiene de la tabla 2 de la ITC BT-18 del REBT.

Puesto que los conductores de la instalación serán inferiores a una sección de 16 mm^2 , los cables de protección tendrán la misma sección que los conductores de la instalación.

7.4.3.2. Protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos

Debido a que los conductores se han diseñado para soportar el 125% de la corriente nominal en el circuito de corriente continua, no será necesario disponer un dispositivo de protección contra sobrecorrientes pero sí a sobre tensiones. Sin embargo, en el tramo de corriente alterna será necesario proteger a la instalación tanto a sobre cargas como a cortocircuitos.

Para este fin se elegirá un interruptor magnetotérmico adecuado, teniendo en cuenta que la elección variará dependiendo de la potencia generada. Siempre tendremos presente el reglamento REBT para la elección del mismo.

En la *Tabla 32: Magnetotérmicos para tramo CC* se muestra las opciones para el tramo de corriente continua de nuestra instalación. En la *Tabla 33: Magnetotérmicos para tramo CA* se muestra las opciones del tramo de la instalación de corriente alterna.

Sección (mm ²)	I _Z	I _N	I _{ccmín}	I _{ccmáx} (A)	I _{rm} (A)	Curva	Poder de corte (kA)	Constan. "K"	I _{cc} Máx (A)	K ² * s ²	t max (s)
4	17.04	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.13	211600	0.05
4	17.20	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.13	211600	0.05
4	17.34	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.13	211600	0.05

Tabla 32: Magnetotérmicos para tramo CC

Sección (mm ²)	I _B	I _Z	I _N	I _{ccmín}	I _{ccmáx} (A)	I _{rm} (A)	Curva	Poder de corte (kA)	Constan. "K"	I _{cc} Máx (A)	K ² * s ²	t max (s)
4	12.70	30.00	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.00	211600	0.05
4	11.74	30.00	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.00	211600	0.05
4	11.91	30.00	20	616.00	1981.00	200	C	4.50	115	1981.00	211600	0.05

Tabla 33: Magnetotérmicos para tramo CA

7.4.3.3. Protecciones frente contactos indirectos

Para proteger a las personas frente a contactos indirectos tanto en la zona de corriente continua como en la zona de corriente alterna dispondremos de un diferencial. En este caso en concreto el diferencial elegido será de 30 mA tal y como se muestra en la *Tabla 34: Diferenciales tramo CC* y *Tabla 35: Diferenciales tramo CA*.



IZ	IN	Sensibilidad (mA)	Nº de polos	Clase	Tipo de disparo
17.04	25	30	2	CC	instantáneo
17.20	25	30	2	CC	instantáneo
17.34	25	30	2	CC	instantáneo

Tabla 34: Diferenciales tramo CC

IZ	IB	IN	Sensibilidad (mA)	Nº de polos	Clase	Tipo de disparo
30.00	12.70	25	30	2	CC	instantáneo
30.00	11.74	25	30	2	CC	instantáneo
30.00	11.91	25	30	2	CC	instantáneo

Tabla 35: Diferenciales tramo CA

7.4.4. Alternativa B

7.4.4.1. Baterías

Una de las cuestiones que presenta la instalación es si conviene o no la instalación de baterías. Para los cálculos realizados para saber el número de baterías que se necesitarán optamos por la marca HOPPECKE, concretamente en los modelos de baterías estacionarias tipo: 16 OPZS, 20 OPZS, 24 OPZS y 26 OPZS.

Teniendo en cuenta que las baterías se dispondrán en serie, las características particulares de las baterías adjuntas en el [anexo 7](#) y que la instalación tiene una tensión de 48 V se realiza la *Tabla 36: Baterías* donde se observa la relación entre días de autonomía y número de baterías necesario.

Días de autonomía (días sin sol)	Consumo (kWh/día)	Profundidad de descarga	Capacidad de batería necesaria (kWh)	Modelo y nº elegido de baterías
3	53.10410959	60%	88.51	3 Batería estacionaria en paralelo modelo 20 OPzS (48V 2500Ah)
4	70.80547945	60%	118.01	4 Batería estacionaria en paralelo modelo 20 OPzS (48V 2500Ah)
5	88.50684932	60%	147.51	4 Batería estacionaria en paralelo modelo 26 OPzS (48V 3250Ah)

Tabla 36: Baterías

Para la realización de esta tabla se considera una profundidad de descarga de las baterías de un 60% y se requiere que en 5 días la batería se pueda recargar completamente. La demanda de energía por la parte de las cargas de nuestra instalación es la potencia media por día del mes más desfavorable.

No se continua con los cálculos debido a que el número de baterías es demasiado elevado, y esto supondrá un sobre coste demasiado elevado de la instalación y por tanto no sería rentable.



8. ANEXOS

A continuación se muestra un índice con los documentos adjuntos anexos a este proyecto. Todos ellos han sido consultados o realizados en algún momento para la realización de este proyecto.

[ANEXO 1: BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO](#)

[ANEXO 2: GUIA DEL AUTOCONSUMO IDEA](#)

[ANEXO 3: REGLAMENTO DE BAJA TENSION \(RBT\)](#)

[ANEXO 4: Características placas Atersa](#)

[ANEXO 5: Características regulador](#)

[ANEXO 6: Características inversor](#)

[ANEXO 7: Características Baterías](#)

9. BIBLIOGRAFÍA

Libros:

León Blasco, María Asunción, et al. *Proyectos de instalaciones eléctricas de baja tensión: aplicación a edificios de viviendas*. Marcombo, 2013.

Perales Benito, Tomás. *Instalación de paneles solares térmicos : componentes, instalación*. 4ª ed., Creaciones Copyright, 2009.

Perelmuter, Viktor. *Sistemas de energía renovable: simulación con sistemas Simulink y SimPower*. CRC Press, 2017.

Alcor Cabrerizo, Enrique. *Instalaciones solares fotovoltaicas*. 4ª ed., Progensa, 2008.

Messenger, Roger A., and Jerry Ventre. *Photovoltaic Systems Engineering*. 3rd ed., CRC Press, 2010.

Perales, Tomás. *Guía del instalador de energías renovables*. 4ª ed., Creaciones Copyright, 2010.

Enlaces:

<http://www.adrase.com/acceso-a-los-mapas/mapa-zona-peninsula.html>

<https://www.nature.com/articles/ncomms13728>

http://www.ivace.es/index.php?option=com_remository&Itemid=100124&func=select&id=625&lang=es



CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ECONÓMICO





ÍNDICE

1.	PRESUPUESTOS	43
	1.1. Coste de los componentes	43
	1.2. Coste total	46
2.	VIABILIDAD	47
3.	RENTABILIDAD	48
4.	CONCLUSIÓN	53



1. PRESUPUESTOS

Una vez se ha diseñado la instalación fotovoltaica con el fin establecido anteriormente, se llevará a cabo el estudio de viabilidad según los aspectos económicos. A continuación se realizará el presupuesto para cada una de las alternativas, eligiendo posteriormente las más rentable. En dicho estudio, se tendrá en cuenta el precio de la energía, el precio de la venta de la energía por kWh inyectado a la red y los costes de mantenimiento. También tendremos en cuenta la capacidad de producción eléctrica de la planta y la capacidad de la vivienda de poder consumir dicha energía de producción de las placas fotovoltaicas.

Todos los presupuestos que se han calculado en el presente documento se han realizado incluyendo el IVA.

1.1. COSTES COMPONENTES

Ante de comenzar a calcular los componentes se ha realizado dos tablas (*Tabla 37: Precios y Tabla 38: Coste de la puesta a tierra*) para calcular un importe estimado de lo que podría costar el material necesario para la realización de la instalación.

COMPONENTE	MARCA	MODELO	PRECIO
BATERIAS	HOPPECKE	16 OPZS	16 640.00 €
		20 OPZS	20 640.00 €
		24 OPZS	24 640.00 €
		26 OPZS	26 240.00 €
PANEL FOTOVOLTAICO	ATERSA	ULTRA+ A-320P	193.60 €
		ULTRA+ A-325P	215.00 €
		ULTRA+ A-330P	235.00 €
INVERSOR	Fronius Primo Series	Fronius Primo 3.6.1	1 048.72 €
		Fronius Primo 4.0.1	1 069.70 €
		Fronius Primo 4.6.1	1 165.25 €
		Fronius Primo 5.0.1	1 202.95 €
		Fronius Primo 6.0.1	1 663.33 €
		Fronius Primo 8.2.1	2 084.61 €
REGULADOR	VICTRON ENERGY	48/5000/70	1 842.00 €
		48/8000/110	3 250.00 €
		48/10000/140	4 090.00 €
ESTRUCTURA	ATERSA	para 2 modulos	161.72 €
		para 3 modulos	210.08 €
		para 4 modulos	268.41 €
		para 5 modulos	321.42 €
		para 6 modulos	392.85 €
CONDUCTORES CC	TOP SOLAR	Unipolar 4mm2	52.75 €
		Unipolar 6mm2	44.75 €
		Unipolar 10mm2	58.00 €
CONDUCTORES CA	LEXMAN	H07V-K 4mm2	11.95 €
		H07V-K 6mm2	16.45 €
		H07V-K 10mm2	25.45 €
CAJA DE PROTECCIONES	AUTOSOLAR	CAJA PROTECCIONES ICP	6.66 €
MAGNETOTÉRMICO	ABB	Monofásico 16A	11.37 €
		Monofásico 20A	14.22 €
		Monofásico 25A	16.25 €
		Monofásico 32A	22.43 €
		Monofásico 40A	26.62 €
		Monofásico 50A	60.50 €
DIFERENCIAL	General elécctrics	Interruptor Diferencial 25A	12.05 €
		Interruptor Diferencial 40A	12.54 €
		Interruptor Diferencial 63A	105.24 €
CONTADOR BIDIRECCIONAL	ENDESA	Contador autoconsumo	269.00 €

Tabla 37: Precios



		UD.	PRECIO	IMPORTE
PUESTA A TIERRA	Arqueta de puesta a tierra	4	56.58 €	226.32 €
	Pica de puesta a tierra	4	58.68 €	234.72 €
	Línea principal de puesta a tierra, 35mm2 BAJO TUBO	15	6.12 €	91.80 €
				552.84 €

Tabla 38: Coste de la puesta a tierra

Para la alternativa A.1 (Instalación conectada a la red sin batería), existen dos opciones posibles después de hacer los cálculos: Opción A.1.1: Usar los paneles ATERSA Ultra+ A-320 (Tabla 39: Presupuesto material opción A.1.1) o la Opción A.1.2: Usar los paneles ATERSA Ultra+ A-325 (Tabla 40: Presupuesto material opción A.1.2). Hay que tener en cuenta que por normativa es necesario la instalación de un contador bidireccional cuando una instalación esta conectada a la red, éste debe estar homologado por la compañía distribuidora pertinente, en este caso, se ha elegido el contador de energía monofásico homologado por ENDESA, con sistemas PLC y PRIME, necesario para la legalización de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico según el RD900/2015.

	UD.	PRECIO UD.	IMPORTE
Baterías	0	- €	- €
Placas fotovoltaicas	16	193.60 €	3 097.60 €
Inversor	1	1 663.33 €	1 663.33 €
Regulador	0	- €	- €
Estructura (2 modulos)	2	161.72 €	323.44 €
Estructura (6 modulos)	2	392.85 €	785.70 €
Conductores CC	1	52.75 €	52.75 €
Conductores CA	1	11.95 €	11.95 €
Caja de protecciones	2	6.66 €	13.32 €
Magnetotermico CC	1	14.22 €	14.22 €
Magnetotermico CA	1	14.22 €	14.22 €
Diferencial CC	1	12.05 €	12.05 €
Diferencial CA	1	12.05 €	12.05 €
Contador bidireccional	1	269.00 €	269.00 €
Puesta a tierra	1	552.84 €	552.84 €
			6 822.47 €

Tabla 39: Presupuesto material opción A.1.1

	UD.	PRECIO UD.	IMPORTE
Baterías	0	- €	- €
Placas fotovoltaicas	18	215.00 €	3 870.00 €
Inversor	1	1 663.33 €	1 663.33 €
Regulador	0	- €	- €
Estructura (3 modulos)	6	210.08 €	1 260.48 €
Conductores CC	1	13.32 €	13.32 €
Conductores CA	1	12.05 €	12.05 €
Caja de protecciones	2	552.84 €	1 105.68 €
Magnetotermico CC	1	14.22 €	14.22 €
Magnetotermico CA	1	14.22 €	14.22 €
Diferencial CC	1	12.05 €	12.05 €
Diferencial CA	1	12.05 €	12.05 €
Contador bidireccional	1	269.00 €	269.00 €
Puesta a tierra	1	552.84 €	552.84 €
			8 799.24 €

Tabla 40: Presupuesto material opción A.1.2



Sin embargo para la alternativa A.1 (Instalación conectada a la red con baterías), existen dos opciones posibles: con 1 día de autonomía o con 2 días de autonomía. La opción de uso de baterías se descarta puesto que aumenta demasiado el precio el uso de baterías, lo que lo hace una opción inviable económicamente. Pese a esto se calcula el precio de las opciones para un día de autonomía para poder demostrar más tarde comparando con el resto de alternativas posibles que no es viable. Después de hacer los cálculos para día de autonomía tenemos 3 posibles posibilidades: Opción A.2.1: Usar los paneles ATERSA Ultra+ A-320 (Tabla 41: Presupuesto material opción A.2.1), la Opción A.2.2: Usar los paneles ATERSA Ultra+ A-325 (Tabla 42: Presupuesto material opción A.2.2) o la Opción A.2.3: Usar los paneles ATERSA Ultra+ A-330 (Tabla 43: Presupuesto material opción A.2.3).

	UD.	PRECIO UD.	IMPORTE
Baterías	1	16 640.00 €	16 640.00 €
Placas fotovoltaicas	22	193.60 €	4 259.20 €
Inversor	1	1 663.33 €	1 663.33 €
Regulador	1	3 250.00 €	3 250.00 €
Estructura (5 modulos)	2	321.42 €	642.84 €
Estructura (6 modulos)	2	392.85 €	785.70 €
Conductores CC	1	52.75 €	52.75 €
Conductores CA	1	11.95 €	11.95 €
Caja de protecciones	2	6.66 €	13.32 €
Magnetotermico CC	1	14.22 €	14.22 €
Magnetotermico CA	1	14.22 €	14.22 €
Diferencial CC	1	12.05 €	12.05 €
Diferencial CA	1	12.05 €	12.05 €
Contador bidireccional	1	269.00 €	269.00 €
Puesta a tierra	1	552.84 €	552.84 €
			11 553.47 €

Tabla 41: Presupuesto material opción A.2.1

	UD.	PRECIO UD.	IMPORTE
Baterías	1	16 640.00 €	16 640.00 €
Placas fotovoltaicas	20	215.00 €	4 300.00 €
Inversor	1	1 663.33 €	1 663.33 €
Regulador	1	3 250.00 €	3 250.00 €
Estructura (5 modulos)	4	321.42 €	1 285.68 €
Conductores CC	1	52.75 €	52.75 €
Conductores CA	1	11.95 €	11.95 €
Caja de protecciones	2	6.66 €	13.32 €
Magnetotermico CC	1	14.22 €	14.22 €
Magnetotermico CA	1	14.22 €	14.22 €
Diferencial CC	1	12.05 €	12.05 €
Diferencial CA	1	12.05 €	12.05 €
Contador bidireccional	1	269.00 €	269.00 €
Puesta a tierra	1	552.84 €	552.84 €
			11 451.41 €

Tabla 42: Presupuesto material opción A.2.2



	UD.	PRECIO UD.	IMPORTE
Baterías	1	16 640.00 €	16 640.00 €
Placas fotovoltaicas	20	235.00 €	4 700.00 €
Inversor	1	1 663.33 €	1 663.33 €
Regulador	1	3 250.00 €	3 250.00 €
Estructura (5 modulos)	4	321.42 €	1 285.68 €
Conductores CC	1	52.75 €	52.75 €
Conductores CA	1	11.95 €	11.95 €
Caja de protecciones	2	6.66 €	13.32 €
Magnetotermico CC	1	14.22 €	14.22 €
Magnetotermico CA	1	14.22 €	14.22 €
Diferencial CC	1	12.05 €	12.05 €
Diferencial CA	1	12.05 €	12.05 €
Contador bidireccional	1	269.00 €	269.00 €
Puesta a tierra	1	552.84 €	552.84 €
			11 851.41 €

Tabla 43: Presupuesto material opción A.2.3

Por último la alternativa B (Instalación aislada de la red), se descarta automáticamente por el elevado precio de las baterías y por tanto no se procede al calculo del material necesario.

1.2. COSTE TOTAL

Teniendo en cuenta que el coste de la mano de obra supondremos un 8% del coste total del material de la instalación, que el registro y legalización de la instalación son 675€, el certificado energético previo y posterior supone la cuantía de 300€ y que, el proyecto de instalación y legalización según RD 900/2015, certificado de dirección técnica para puesta en funcionamiento, certificado de instalación , inspección inicial por Organismo de Control Acreditado, trámites para la legalización ante la delegación correspondiente, trámites de conexión con Endesa Distribución, así como estudio de seguridad y salud supone unos 975€; se procederá a continuación al cálculo del importe total de la instalación siguiendo los mismo criterios del [apartado anterior](#).

Solo se procederá a calcular el presupuesto total para cada uno de los criterios establecidos, dando como resultado: *Tabla 44: Opción A.1.1 coste total, Tabla 45: Opción A.1.2 coste total, Tabla 46: Opción A.2.1 coste total, Tabla 47: Opción A.2.2 coste total y Tabla 48: Opción A.2.3 coste total.*

OPCION A.1.1	
	COSTE
MATERIAL	6 822.47 €
MANO DE OBRA	818.70 €
REGISTRO Y LEGALIZACIÓN	675.00 €
CERTIFICADO ENERGÉTICO	300.00 €
TRAMITES CONEXIÓN HIDROELECTRICA	975.00 €
	9 591.17 €

Tabla 44: Opción A.1.1 coste total



OPCION A.1.2	
	COSTE
MATERIAL	8 799.24 €
MANO DE OBRA	1 055.91 €
REGISTRO Y LEGALIZACIÓN	675.00 €
CERTIFICADO ENERGÉTICO	300.00 €
TRAMITES CONEXIÓN HIDROELECTRICA	975.00 €
	11 805.15 €

Tabla 45: Opción A.1.2 coste total

OPCION A.2.1	
	COSTE
MATERIAL	11 553.47 €
MANO DE OBRA	1 386.42 €
REGISTRO Y LEGALIZACIÓN	675.00 €
CERTIFICADO ENERGÉTICO	300.00 €
TRAMITES CONEXIÓN HIDROELECTRICA	975.00 €
	14 889.89 €

Tabla 46: Opción A.2.1 coste total

OPCION A.2.2	
	COSTE
MATERIAL	11 451.41 €
MANO DE OBRA	1 374.17 €
REGISTRO Y LEGALIZACIÓN	675.00 €
CERTIFICADO ENERGÉTICO	300.00 €
TRAMITES CONEXIÓN HIDROELECTRICA	975.00 €
	14 775.58 €

Tabla 47: Opción A.2.2 coste total

OPCION A.2.3	
	COSTE
MATERIAL	11 851.41 €
MANO DE OBRA	1 422.17 €
REGISTRO Y LEGALIZACIÓN	675.00 €
CERTIFICADO ENERGÉTICO	300.00 €
TRAMITES CONEXIÓN HIDROELECTRICA	975.00 €
	15 223.58 €

Tabla 48: Opción A.2.3 coste total

2. VIABILIDAD

Como se puede observar en el apartado [1.Presupuestos](#) la instalación más económica a la hora de instalar sería la opción A.1.1, ya que la implementación de baterías encarece en gran medida la instalación y es la más económica sin usar baterías.



En un primer instante parece que la opción A.1.1 es la opción más viable económicamente hablando (*Tabla 44: Opción A.1.1 coste total*). Pero dependerá de las necesidades y premisas requeridas por el usuario la elección de la misma, es decir, si el usuario quisiera ser completamente autónomo o tener algún recurso en caso de que por cuestiones climatológicas o de la compañía suministradora no pudiera tener suministro eléctrico de la red.

En caso de requerir baterías hay que tener en cuenta que cuantas más baterías se pongan en la instalación el precio de la instalación a implementar aumentará exponencialmente al respecto.

En el apartado siguiente ([3.Rentabilidad](#)) se realizará el estudio de rentabilidad para saber en cuanto tiempo aproximadamente se amortizará la instalación y cuál de las opciones es realmente la más rentable.

3.RENTABILIDAD

Para calcular la rentabilidad de las dos opciones más económicas se empleará el método del VAN (valor actual neto) y el TIR (Tasa Interna de Rentabilidad).

3.1. VAN (Valor actual neto)

Teniendo en cuenta que los componentes de la instalación tienen una durabilidad media de entre 25 a 40 años, los cálculos se realizarán hasta los 25 años. Se considerará que la producción de energía descende un 0.25% anualmente. También se empleará una tasa de interés del 2% anual para el cálculo de la rentabilidad económica.

Por otra parte se debe conocer el precio de compensación por *kWh* para calcular la rentabilidad anual de la instalación, se consultará el coste éste que proporciona la comercializadora (se consulta en la factura energética siendo, en esta ocasión de 0.204 €/kWh con IVA incluido), así también se consultará el saldo que recibiríamos por kWh inyectado a la red (en la web www.esios.ree.es se accede al precio de la energía excedentaria del autoconsumo para el mecanismo de compensación simplificada).

También se debe conocer el precio de compensación por kWh vertido a la red, se consulta y se obtiene que varía entre los 60€/MWh y los 40€/MWh. Para los cálculos se considerará que el precio es el más desfavorable (50€/MWh).

Aplicando el método del VAN, se consigue calcular la rentabilidad de cada una de las alternativas a medida que pasan los años de la instalación hasta el final de su vida útil. Para ello se resta la inversión inicial y teniendo en cuenta un tipo de interés al que se hubiera podido invertir el capital necesario.

A continuación se muestran las tablas de amortización: *Tabla 49: VAN opción A.1.1., Tabla 50: VAN opción A.1.2., Tabla 51: VAN opción A.2.1., Tabla 52: VAN opción A.2.2 y Tabla 53: VAN opción A.2.3.*



Año	ENERGÍA GENERADA	Ingresos autoconsum	Ingresos inyección a	Coste mantenimie	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja acumulado	Valor anual neto (VAN)
1	5120.18	455.00 €	235.09 €	50.00 €	- 9 591.17 €	- 8 951.08 €	- 9 351.39 €	-8 775.57 €
2	5112	455.00 €	231.25 €	50.00 €	636.25 €	- 8 314.83 €	620.34 €	-7 555.54 €
3	5105	455.00 €	227.42 €	50.00 €	632.42 €	- 7 682.41 €	616.60 €	-6 939.12 €
4	5097	455.00 €	223.59 €	50.00 €	628.59 €	- 7 053.83 €	612.87 €	-6 326.44 €
5	5090	455.00 €	219.76 €	50.00 €	624.76 €	- 6 429.06 €	609.14 €	-5 717.51 €
6	5082	455.00 €	215.95 €	50.00 €	620.95 €	- 5 808.12 €	605.42 €	-5 112.32 €
7	5074	455.00 €	212.14 €	50.00 €	617.14 €	- 5 190.98 €	601.71 €	-4 510.86 €
8	5067	455.00 €	208.33 €	50.00 €	613.33 €	- 4 577.65 €	598.00 €	-3 913.12 €
9	5059	455.00 €	204.53 €	50.00 €	609.53 €	- 3 968.12 €	594.29 €	-3 319.10 €
10	5051	455.00 €	200.74 €	50.00 €	605.74 €	- 3 362.39 €	590.59 €	-2 728.80 €
11	5044	455.00 €	196.95 €	50.00 €	601.95 €	- 2 760.44 €	586.90 €	-2 142.21 €
12	5036	455.00 €	193.16 €	50.00 €	598.16 €	- 2 162.28 €	583.21 €	-1 559.32 €
13	5029	455.00 €	189.39 €	50.00 €	594.39 €	- 1 567.89 €	579.53 €	-980.12 €
14	5021	455.00 €	185.61 €	50.00 €	590.61 €	- 977.28 €	575.85 €	-404.63 €
15	5014	455.00 €	181.85 €	50.00 €	586.85 €	- 390.43 €	572.18 €	167.19 €
16	5006	455.00 €	178.09 €	50.00 €	583.09 €	192.66 €	568.51 €	735.32 €
17	4999	455.00 €	174.33 €	50.00 €	579.33 €	771.99 €	564.85 €	1 299.77 €
18	4991	455.00 €	170.58 €	50.00 €	575.58 €	1 347.58 €	561.20 €	1 860.56 €
19	4984	455.00 €	166.84 €	50.00 €	571.84 €	1 919.42 €	557.55 €	2 417.68 €
20	4976	455.00 €	163.10 €	50.00 €	568.10 €	2 487.53 €	553.90 €	2 971.14 €
21	4969	455.00 €	159.37 €	50.00 €	564.37 €	3 051.90 €	550.26 €	3 520.95 €
22	4961	455.00 €	155.65 €	50.00 €	560.65 €	3 612.54 €	546.63 €	4 067.11 €
23	4954	455.00 €	151.92 €	50.00 €	556.92 €	4 169.47 €	543.00 €	4 609.63 €
24	4946	455.00 €	148.21 €	50.00 €	553.21 €	4 722.67 €	539.38 €	5 148.51 €
25	4939	455.00 €	144.50 €	50.00 €	549.50 €	5 272.17 €	535.76 €	5 683.75 €

Tabla 49: VAN opción A.1.1.

Año	ENERGÍA GENERADA	Ingresos autoconsum	Ingresos inyección a	Coste mantenimie	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja acumulado	Valor anual neto (VAN)
1	5854.54	455.00 €	602.27 €	50.00 €	- 11 805.15 €	-10 797.88 €	- 11 510.02 €	-10 586.16 €
2	5846	455.00 €	597.88 €	50.00 €	1 002.88 €	- 9 795.00 €	977.81 €	-8 663.11 €
3	5837	455.00 €	593.49 €	50.00 €	998.49 €	- 8 796.51 €	973.53 €	-7 688.30 €
4	5828	455.00 €	589.12 €	50.00 €	994.12 €	- 7 802.40 €	969.26 €	-6 717.78 €
5	5819	455.00 €	584.74 €	50.00 €	989.74 €	- 6 812.65 €	965.00 €	-5 751.54 €
6	5811	455.00 €	580.38 €	50.00 €	985.38 €	- 5 827.27 €	960.74 €	-4 789.57 €
7	5802	455.00 €	576.02 €	50.00 €	981.02 €	- 4 846.25 €	956.50 €	-3 831.87 €
8	5793	455.00 €	571.67 €	50.00 €	976.67 €	- 3 869.58 €	952.25 €	-2 878.43 €
9	5785	455.00 €	567.32 €	50.00 €	972.32 €	- 2 897.26 €	948.02 €	-1 929.24 €
10	5776	455.00 €	562.99 €	50.00 €	967.99 €	- 1 929.27 €	943.79 €	-984.30 €
11	5767	455.00 €	558.65 €	50.00 €	963.65 €	- 965.62 €	939.56 €	-43.60 €
12	5759	455.00 €	554.33 €	50.00 €	959.33 €	- 6.29 €	935.35 €	892.86 €
13	5750	455.00 €	550.01 €	50.00 €	955.01 €	948.72 €	931.13 €	1 825.10 €
14	5741	455.00 €	545.70 €	50.00 €	950.70 €	1 899.42 €	926.93 €	2 753.11 €
15	5733	455.00 €	541.39 €	50.00 €	946.39 €	2 845.81 €	922.73 €	3 676.91 €
16	5724	455.00 €	537.09 €	50.00 €	942.09 €	3 787.90 €	918.54 €	4 596.50 €
17	5716	455.00 €	532.80 €	50.00 €	937.80 €	4 725.70 €	914.35 €	5 511.89 €
18	5707	455.00 €	528.51 €	50.00 €	933.51 €	5 659.21 €	910.17 €	6 423.08 €
19	5698	455.00 €	524.23 €	50.00 €	929.23 €	6 588.44 €	906.00 €	7 330.08 €
20	5690	455.00 €	519.96 €	50.00 €	924.96 €	7 513.40 €	901.83 €	8 232.89 €
21	5681	455.00 €	515.69 €	50.00 €	920.69 €	8 434.09 €	897.67 €	9 131.53 €
22	5673	455.00 €	511.43 €	50.00 €	916.43 €	9 350.52 €	893.52 €	10 026.00 €
23	5664	455.00 €	507.17 €	50.00 €	912.17 €	10 262.69 €	889.37 €	10 916.30 €
24	5656	455.00 €	502.93 €	50.00 €	907.93 €	11 170.62 €	885.23 €	11 802.44 €
25	5647	455.00 €	498.68 €	50.00 €	903.68 €	12 074.31 €	881.09 €	12 684.43 €

Tabla 50: VAN opción A.1.2.



Año	ENERGÍA GENERADA	Ingresos autoconsum	Ingresos inyección a	Coste mantenimie	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja acumulado	Valor anual neto (VAN)
1	7040.2464	455.00 €	301.69 €	50.00 €	- 14 889.89 €	- 14 183.19 €	- 14 517.64 €	-13 905.09 €
2	7030	455.00 €	296.41 €	50.00 €	701.41 €	- 13 481.78 €	683.88 €	-12 560.11 €
3	7019	455.00 €	291.14 €	50.00 €	696.14 €	- 12 785.64 €	678.74 €	-11 882.56 €
4	7009	455.00 €	285.88 €	50.00 €	690.88 €	- 12 094.77 €	673.60 €	-11 210.17 €
5	6998	455.00 €	280.62 €	50.00 €	685.62 €	- 11 409.15 €	668.48 €	-10 542.92 €
6	6988	455.00 €	275.37 €	50.00 €	680.37 €	- 10 728.78 €	663.36 €	-9 880.81 €
7	6977	455.00 €	270.13 €	50.00 €	675.13 €	- 10 053.65 €	658.25 €	-9 223.83 €
8	6967	455.00 €	264.90 €	50.00 €	669.90 €	- 9 383.75 €	653.15 €	-8 571.97 €
9	6956	455.00 €	259.67 €	50.00 €	664.67 €	- 8 719.08 €	648.06 €	-7 925.23 €
10	6946	455.00 €	254.45 €	50.00 €	659.45 €	- 8 059.62 €	642.97 €	-7 283.59 €
11	6935	455.00 €	249.25 €	50.00 €	654.25 €	- 7 405.38 €	637.89 €	-6 647.06 €
12	6925	455.00 €	244.04 €	50.00 €	649.04 €	- 6 756.33 €	632.82 €	-6 015.61 €
13	6915	455.00 €	238.85 €	50.00 €	643.85 €	- 6 112.48 €	627.75 €	-5 389.25 €
14	6904	455.00 €	233.66 €	50.00 €	638.66 €	- 5 473.82 €	622.70 €	-4 767.97 €
15	6894	455.00 €	228.49 €	50.00 €	633.49 €	- 4 840.33 €	617.65 €	-4 151.76 €
16	6883	455.00 €	223.32 €	50.00 €	628.32 €	- 4 212.02 €	612.61 €	-3 540.61 €
17	6873	455.00 €	218.15 €	50.00 €	623.15 €	- 3 588.86 €	607.57 €	-2 934.51 €
18	6863	455.00 €	213.00 €	50.00 €	618.00 €	- 2 970.87 €	602.55 €	-2 333.46 €
19	6853	455.00 €	207.85 €	50.00 €	612.85 €	- 2 358.02 €	597.53 €	-1 737.45 €
20	6842	455.00 €	202.71 €	50.00 €	607.71 €	- 1 750.30 €	592.52 €	-1 146.47 €
21	6832	455.00 €	197.58 €	50.00 €	602.58 €	- 1 147.72 €	587.52 €	-560.52 €
22	6822	455.00 €	192.46 €	50.00 €	597.46 €	- 550.27 €	582.52 €	20.42 €
23	6812	455.00 €	187.34 €	50.00 €	592.34 €	42.07 €	577.53 €	596.35 €
24	6801	455.00 €	182.23 €	50.00 €	587.23 €	629.30 €	572.55 €	1 167.28 €
25	6791	455.00 €	177.13 €	50.00 €	582.13 €	1 211.43 €	567.58 €	1 733.22 €

Tabla 51: VAN opción A.2.1.



Año	ENERGÍA GENERADA	Ingresos autoconsum	Ingresos inyección a	Coste mantenimie	Flujo de caja no actualizado	Ganancias	Flujo de caja acumulado	Valor anual neto (VAN)
1	6505.04	455.00 €	34.09 €	50.00 €	- 14 775.58 €	-14 336.49 €	- 14 406.19 €	-14 055.38 €
2	6500	455.00 €	31.49 €	50.00 €	436.49 €	-13 900.00 €	425.57 €	-13 218.40 €
3	6490	455.00 €	26.61 €	50.00 €	431.61 €	-13 468.39 €	420.82 €	-12 799.82 €
4	6480	455.00 €	21.74 €	50.00 €	426.74 €	-13 041.65 €	416.08 €	-12 386.01 €
5	6471	455.00 €	16.88 €	50.00 €	421.88 €	-12 619.76 €	411.34 €	-11 976.95 €
6	6461	455.00 €	12.03 €	50.00 €	417.03 €	-12 202.73 €	406.61 €	-11 572.64 €
7	6451	455.00 €	7.19 €	50.00 €	412.19 €	-11 790.54 €	401.88 €	-11 173.08 €
8	6442	455.00 €	2.35 €	50.00 €	407.35 €	-11 383.20 €	397.16 €	-10 778.26 €
9	6432	455.00 €	- 2.48 €	50.00 €	402.52 €	-10 980.68 €	392.45 €	-10 388.16 €
10	6422	455.00 €	- 7.31 €	50.00 €	397.69 €	-10 582.99 €	387.75 €	-10 002.79 €
11	6413	455.00 €	- 12.12 €	50.00 €	392.88 €	-10 190.11 €	383.05 €	-9 622.13 €
12	6403	455.00 €	- 16.93 €	50.00 €	388.07 €	- 9 802.05 €	378.36 €	-9 246.18 €
13	6393	455.00 €	- 21.74 €	50.00 €	383.26 €	- 9 418.78 €	373.68 €	-8 874.93 €
14	6384	455.00 €	- 26.53 €	50.00 €	378.47 €	- 9 040.31 €	369.01 €	-8 508.38 €
15	6374	455.00 €	- 31.32 €	50.00 €	373.68 €	- 8 666.63 €	364.34 €	-8 146.51 €
16	6365	455.00 €	- 36.10 €	50.00 €	368.90 €	- 8 297.73 €	359.68 €	-7 789.32 €
17	6355	455.00 €	- 40.87 €	50.00 €	364.13 €	- 7 933.61 €	355.02 €	-7 436.81 €
18	6346	455.00 €	- 45.64 €	50.00 €	359.36 €	- 7 574.25 €	350.38 €	-7 088.96 €
19	6336	455.00 €	- 50.40 €	50.00 €	354.60 €	- 7 219.65 €	345.74 €	-6 745.77 €
20	6327	455.00 €	- 55.15 €	50.00 €	349.85 €	- 6 869.80 €	341.10 €	-6 407.24 €
21	6317	455.00 €	- 59.90 €	50.00 €	345.10 €	- 6 524.69 €	336.48 €	-6 073.35 €
22	6308	455.00 €	- 64.63 €	50.00 €	340.37 €	- 6 184.33 €	331.86 €	-5 744.09 €
23	6298	455.00 €	- 69.36 €	50.00 €	335.64 €	- 5 848.69 €	327.24 €	-5 419.47 €
24	6289	455.00 €	- 74.09 €	50.00 €	330.91 €	- 5 517.78 €	322.64 €	-5 099.47 €
25	6279	455.00 €	- 78.80 €	50.00 €	326.20 €	- 5 191.58 €	318.04 €	-4 784.09 €
26	6270	456.00 €	- 83.51 €	51.00 €	321.49 €	- 4 870.10 €	313.45 €	-4 473.33 €
27	6260	457.00 €	- 88.22 €	52.00 €	316.78 €	- 4 553.31 €	308.86 €	-4 167.16 €
28	6251	458.00 €	- 92.91 €	53.00 €	312.09 €	- 4 241.22 €	304.29 €	-3 865.59 €
29	6242	459.00 €	- 97.60 €	54.00 €	307.40 €	- 3 933.82 €	299.72 €	-3 568.61 €
30	6232	460.00 €	- 102.28 €	55.00 €	302.72 €	- 3 631.10 €	295.15 €	-3 276.22 €
31	6223	461.00 €	- 106.96 €	56.00 €	298.04 €	- 3 333.06 €	290.59 €	-2 988.40 €

Tabla 52: VAN opción A.2.2



Año	ENERGÍA GENERADA	Ingresos autoconsum	Ingresos inyección a	Coste mantenimie	Flujo de caja no	Ganancias	Flujo de caja acumulado	Valor anual neto (VAN)
1	6601.338	455.00 €	82.24 €	50.00 €	-15 223.58 €	- 14 736.34 €	- 14 842.99 €	-14 447.39 €
2	6591	455.00 €	77.29 €	50.00 €	482.29 €	- 14 254.05 €	470.23 €	-13 522.59 €
3	6582	455.00 €	72.34 €	50.00 €	477.34 €	- 13 776.71 €	465.41 €	-13 059.24 €
4	6572	455.00 €	67.41 €	50.00 €	472.41 €	- 13 304.30 €	460.60 €	-12 600.72 €
5	6562	455.00 €	62.48 €	50.00 €	467.48 €	- 12 836.82 €	455.79 €	-12 147.03 €
6	6552	455.00 €	57.56 €	50.00 €	462.56 €	- 12 374.27 €	450.99 €	-11 698.15 €
7	6542	455.00 €	52.64 €	50.00 €	457.64 €	- 11 916.62 €	446.20 €	-11 254.09 €
8	6532	455.00 €	47.74 €	50.00 €	452.74 €	- 11 463.89 €	441.42 €	-10 814.83 €
9	6523	455.00 €	42.84 €	50.00 €	447.84 €	- 11 016.05 €	436.64 €	-10 380.36 €
10	6513	455.00 €	37.95 €	50.00 €	442.95 €	- 10 573.10 €	431.87 €	-9 950.69 €
11	6503	455.00 €	33.06 €	50.00 €	438.06 €	- 10 135.04 €	427.11 €	-9 525.79 €
12	6493	455.00 €	28.18 €	50.00 €	433.18 €	- 9 701.86 €	422.35 €	-9 105.67 €
13	6483	455.00 €	23.31 €	50.00 €	428.31 €	- 9 273.55 €	417.61 €	-8 690.32 €
14	6474	455.00 €	18.45 €	50.00 €	423.45 €	- 8 850.09 €	412.86 €	-8 279.73 €
15	6464	455.00 €	13.60 €	50.00 €	418.60 €	- 8 431.50 €	408.13 €	-7 873.89 €
16	6454	455.00 €	8.75 €	50.00 €	413.75 €	- 8 017.75 €	403.40 €	-7 472.80 €
17	6445	455.00 €	3.91 €	50.00 €	408.91 €	- 7 608.84 €	398.68 €	-7 076.45 €
18	6435	455.00 €	- 0.93 €	50.00 €	404.07 €	- 7 204.77 €	393.97 €	-6 684.83 €
19	6425	455.00 €	- 5.75 €	50.00 €	399.25 €	- 6 805.52 €	389.27 €	-6 297.93 €
20	6416	455.00 €	- 10.57 €	50.00 €	394.43 €	- 6 411.10 €	384.57 €	-5 915.75 €
21	6406	455.00 €	- 15.38 €	50.00 €	389.62 €	- 6 021.48 €	379.88 €	-5 538.29 €
22	6396	455.00 €	- 20.19 €	50.00 €	384.81 €	- 5 636.67 €	375.19 €	-5 165.52 €
23	6387	455.00 €	- 24.99 €	50.00 €	380.01 €	- 5 256.65 €	370.51 €	-4 797.45 €
24	6377	455.00 €	- 29.78 €	50.00 €	375.22 €	- 4 881.43 €	365.84 €	-4 434.08 €
25	6368	455.00 €	- 34.56 €	50.00 €	370.44 €	- 4 510.99 €	361.18 €	-4 075.38 €
26	6358	456.00 €	- 39.33 €	51.00 €	365.67 €	- 4 145.32 €	356.52 €	-3 721.36 €
27	6349	457.00 €	- 44.10 €	52.00 €	360.90 €	- 3 784.42 €	351.87 €	-3 372.01 €
28	6339	458.00 €	- 48.86 €	53.00 €	356.14 €	- 3 428.29 €	347.23 €	-3 027.32 €
29	6330	459.00 €	- 53.62 €	54.00 €	351.38 €	- 3 076.91 €	342.60 €	-2 687.28 €
30	6320	460.00 €	- 58.37 €	55.00 €	346.63 €	- 2 730.27 €	337.97 €	-2 351.89 €
31	6311	461.00 €	- 63.11 €	56.00 €	341.89 €	- 2 388.38 €	333.35 €	-2 021.15 €

Tabla 53: VAN opción A.2.3

Como se puede observar la opción más rentable no es la A.1.1 sino la A.1.2, por lo que se eligió para la realización de la instalación la opción A.1.2.

3.2. TIR (Tasa de rentabilidad interna)

El TIR se define como tasa de interés equivalente de la inversión para obtener un VAN equilibrado de valor cero.

A continuación se muestra la tasa de rentabilidad interna de la opción A: *Tabla 54: TIR opción A.*

	TIR
Opción A.1.1	3.52%
Opción A.1.2	6.28%
Opción A.2.1	0.28%
Opción A.2.2	-0.20%
Opción A.2.3	0.28%

Tabla 54: TIR opción A



4. CONCLUSIÓN

En el estudio se han analizado las diferentes alternativas de diseño para la construcción de una instalación generadora fotovoltaica para una vivienda unifamiliar aislada.

Se puede observar que no todas las opciones son rentables dentro de la vida útil de la instalación, y las que lo son se trata de inversiones a muy largo plazo.

Entre las opciones desarrolladas, la elección más rentable económicamente en un principio era la opción A.1.1. ya que no era necesario aportar un capital inicial tan elevado, sin embargo con la opción A.1.2 se consigue tener una rentabilidad más alta (del 6.28%).



CAPÍTULO 3

PLIEGO DE CONDICIONES





ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	56
2. PROMOTOR	56
3. EPLAZAMIENTO	56
4. OBJETO DEL PROYECTO	56
5. CONDICIONES GENERALES	56
6. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	58
7. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN	59
8. MANTENIMIENTO	60
9. CONSIDERACIONES	61
10. SOLVENCIA	61



1. ANTECEDENTES

La finalidad de este documento es fijar los requerimientos y las condiciones mínimas que se deben cumplir para la correcta ejecución de dicho proyecto (*Estudio de una instalación solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar aislada*). Dicha instalación pertenece a la modalidad de autoconsumo según el Real Decreto 244/2019 y teniendo en cuenta todas las condiciones establecidas en la reglamentación actual.

Este pliego de condiciones técnicas abarca todos los sistemas electrónicos, mecánicos y eléctricos que componen dicha instalación. El cual, siempre respetará el cumplimiento de los requisitos técnicos contenidos en la normativa vigente en todo su ámbito de aplicación. En concreto los recogidos por el nuevo Real Decreto aprobado el día 5 de abril (Real Decreto 244/2019) y el Reglamento de Baja Tensión (RBT).

2. PROMOTOR

El promotor de la instalación fotovoltaica a realizar será D. Francisco Gallego Ruiz , con domicilio fiscal en la C/ Matrona Micaela Amorós nº13 (Villena, Alicante, 03400) con NIF 74345763H tratándose del propietario de la vivienda.

3. EMPLAZAMIENTO

La instalación se lleva a cabo en Villena, un municipio de la provincia de Alicante, concretamente en la dirección Partida Cascante número 189 (Villena, Alicante, 03400). Con localización: 38.653508, -0.868061.

4. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este documento es, desde un punto de vista legal y contractual, definir los requerimientos mínimos de materiales y aspectos técnicos que se necesitan para la correcta ejecución de la instalación y garantizar un correcto funcionamiento de la misma. Además se establecerá una línea para el mantenimiento de dicha instalación necesario para preservar la garantía de la misma.

En el pliego pretende servir de guía a instaladores y fabricantes de material, en él se redactan las características técnicas legales de los materiales y la normativa ejecutada, asegurando la calidad de la instalación, así como, la seguridad tanto para el instalador como para el usuario que disfrute de la misma. Cabe añadir que dicha instalación está comprometida a ser sostenible con el medio ambiente reduciendo las emisiones nocivas.

5. CONDICIONES GENERALES



La instalación esta destinada para autoconsumo eléctrico de la vivienda. Con la aprobación de la nueva normativa, la generación de excedentes energéticos que posteriormente se vierten a la red seran compensados.

De cualquier forma y sin restricciones se aplicará el nuevo reglamento vigente a dichas intalaciones, que a fecha de la redacción del presente documento seran:

- RD 244/2019, de 5 de abril.
- RD 1699/2011, de 18 de noviembre.
- RD 738/2015, de 31 de julio.
- RD 110/2007, de 24 de agosto.
- RD 1955/2000, de 1 de diciembre.
- RD 413/2014.
- RD 9/2013.
- RD 1048/2013, de 27 de diciembre.
- RD 13/2009, de 30 de marzo.
- RD 24/2013.
- Circular 3/2014, de 2 de julio.
- Normativa de la empresa distribuidora (en este caso Iberdrola)
- Reglamento eléctrico y electrónico de Baja Tensión vigente.
- BOE nº302, de 18 de diciembre de 2015.
- BOE nº243, de 10 de octubre de 2015.
- Real Decreto 39/1997, 17 de enero.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre.



6. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Además de toda la normativa a la que está sujeto el documento, se detallará también las especificaciones de los elementos que intervienen.

6.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

Potencia Nominal = 325 W

Corriente Punto de Máxima Potencia = 8.6 A

Tensión Punto de Máxima Potencia = 37.82 V

Corriente de circuito = 9.06 A

Tensión de circuito Abierto = 46.43 V

Dimensiones = 1965 × 990 × 40 mm

Nº de células en serie = 72 células

Material = Monocristalino

6.2. INVERSOR

Potencia máxima de salida del generador = 6000 W

Corriente máxima de entrada = 18 A

Corriente máxima de cortocircuito = 26.1 A

Rango de voltaje MPP = 240 – 800 V

Salida AC nominal = 9000 W

6.3. SOPORTES

Los materiales y ejecución para la estructura metálica que suponen los soportes de los paneles fotovoltaicos cumplirán con lo establecido en el código técnico de la edificación (DB SE), tanto los aspectos de ejecución como medición, valoración y criterios de mantenimiento.

6.4. CONTADOR BIDIRECCIONAL

Contador de energía monofásico homologado por la hidroeléctrica, con sistemas PLC y PRIME, necesario para la legalización de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico según el RD900/2015.

6.5. CONDUCTORES

Se adoptarán las condiciones relativas a la funcionalidad y calidad de materiales de control seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento. Esto estará establecido en las normativas: CTE DB HE y REBT.

6.5.1. Conductores corriente continua

Sección = 4 mm²



$I_{cc_min} = 585.83 A$
 $I_{cc_max} = 1981.13 A$
Tipo 2

6.5.2. Conductores corriente alterna

Sección = $4 mm^2$
 $I_{cc_min} = 585.83 A$
 $I_{cc_max} = 1981.13 A$
Tipo 2

6.6. PROTECCIONES

Se adoptarán las condiciones relativas a la funcionalidad y calidad de materiales de control seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento. Esto estará establecido en las normativas: CTE DB HE y REBT.

6.6.1. Magnetotérmico CC

$I_N = 20 A$
Poder de corte = $4.5 kA$
 $I_{rm} = 200 A$
Curva C

6.6.2. Magnetotérmico CA

$I_N = 20 A$
Poder de corte = $4.5 kA$
 $I_{rm} = 200 A$
Curva C

6.6.3. Diferencial

Clase = AC o CC
 $I_N = 25 A$
Sensibilidad = $30 mA$
 N° de polos = 2
Tipo de disparo = instantaneo

7. ***ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN***

Será preciso seguir los siguientes pasos a la hora de instalar los diferentes elementos que componen la instalación para poder garantizar el correcto funcionamiento de la instalación:

Antes de comenzar a ejecutar la instalación, se deberá tener presente en todo momento la normativa de seguridad durante la colocación de los distintos elementos. Después, una vez clara las normas, siguiendo siempre dicha normativa se procede a realizar el montaje de los soportes solares. Estos irán anclados al tejado, hay que asegurarse bien que todos y



cada uno de los elementos que componen esta estructura fija quedan bien adheridos a la superficie en la que tienen que ir situados.

En segundo lugar se procederá a la instalación de los paneles fotovoltaicos. Seguidamente se procederá al montaje de las baterías (solo en caso de que la instalación lo requiera), una vez instaladas se incorpora el regulador a la instalación y seguidamente se realizará la instalación del inversor, estos se encontrarán en un recinto con ventilación pero protegido de los agentes atmosféricos.

A continuación se procede a la incorporación de las cajas donde se instalarán posteriormente las protecciones de la instalación. Por último se cableará toda la instalación, usando el cable pertinente para cada parte.

Una vez finalizado todo este proceso se realizarán una serie de pruebas pertinentes para garantizar que la instalación no tiene ningún elemento defectuoso y funciona correctamente.

Al finalizar el testeo de la instalación, el responsable de obra confirmará que todo está en orden y firmará el parte de trabajo como que la instalación está correctamente funcionando.

OBRAS O INSTALACIONES NO ESPECIFICADAS

Si en el transcurso del proyecto fuera necesario ejecutar alguna clase de obra o acción no especificada ni regulada en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del Ingeniero Director quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular y se hará responsable de cualquier modificación que requiera la instalación u obra.

8. MANTENIMIENTO

Con el transcurso del tiempo, posteriormente a su instalación y puesta en marcha, será necesario realizar esporádicamente un mantenimiento preventivo con el fin de garantizar el buen funcionamiento y calidad de servicio de la instalación.

Anualmente, la empresa encargada del mantenimiento (normalmente será la misma que la instaladora) deberá realizar mediciones y verificaciones para certificar que las características de los elementos se encuentran dentro de los márgenes que nos garantiza el fabricante. En la actualidad, existe la posibilidad de añadir un controlador que mediante una aplicación en el móvil o en internet y el uso de unos sensores, tanto el usuario de la instalación como la empresa de mantenimiento, pueda ver el estado de algunos de los componentes de la instalación y realizar antes del año el mantenimiento en caso de ser preciso. Para que la empresa pueda ver dichos datos el usuario tendrá que aprobar la cesión de dichos datos previamente.

En caso de que algún componente no funcione dentro de los parámetros establecidos se reparará o en caso de no poder ser reparado se sustituirá de forma inmediata por el personal autorizado.



Por último, pasados los 15 y 30 años de uso será recomendable realizar un mantenimiento especial, el cual consistirá en cambiar baterías, inversores y reguladores en caso de no haber sido cambiados durante dicho periodo. Las instalaciones fotovoltaicas tienen una vida útil de unos 42 años aproximadamente en condiciones normales, por ello, se deberá volver a realizar la instalación completa así como realizar un nuevo estudio económico para poder seguir usando en la vivienda esta energía renovable. El estudio económico será obligatorio ya que tanto los precios, tanto de los materiales (los materiales pueden haber variado ya que un tipo de instalación que está en continuo estudio y desarrollo en la actualidad) como del kW/h habrá variado.

9. CONSIDERACIONES

Previamente al inicio de la tramitación necesaria para realizar una instalación de autoconsumo conviene asegurarse de que la instalación es viable y no existe ningún impedimento legal para su ejecución en el emplazamiento elegido. Por ello, lo primero que se deberá hacer es consultar en el Departamento de Urbanismo del Ayuntamiento al que pertenece el emplazamiento si existe alguna restricción o condición añadida para la ejecución de dicha instalación (como por ejemplo una ordenanza solar municipal).

Se debe garantizar la integridad de cada uno de los elementos que componen la instalación, tanto en el transporte, como durante la manipulación y montaje de cada uno de ellos. Por ello todos los materiales suministrados por proveedores deberán cumplir todos los aspectos técnicos y físicos mencionados en este documento, así como, la ley vigente.

Para asegurar esto, se debe presentar la documentación necesaria que acredite todo lo anteriormente citado.

10. SOLVENCIA

La empresa instaladora se compromete a cumplir con los plazos establecidos para el montaje de la instalación mientras las condiciones del contrato con el contratista se cumplan y no se modifiquen. Se mantendrá la garantía proporcionada por la empresa siempre y cuando las modificaciones que se realicen en la instalación original sea por personal autorizado y se cumpla el correcto mantenimiento de la instalación.

Dicho proyecto será solvente siempre y cuando se sigan al pie de la letra las especificaciones regidas en el presente documento, así como la correcta ejecución y mantenimiento detallados en el pliego de condiciones.



CAPÍTULO 4

PLANOS



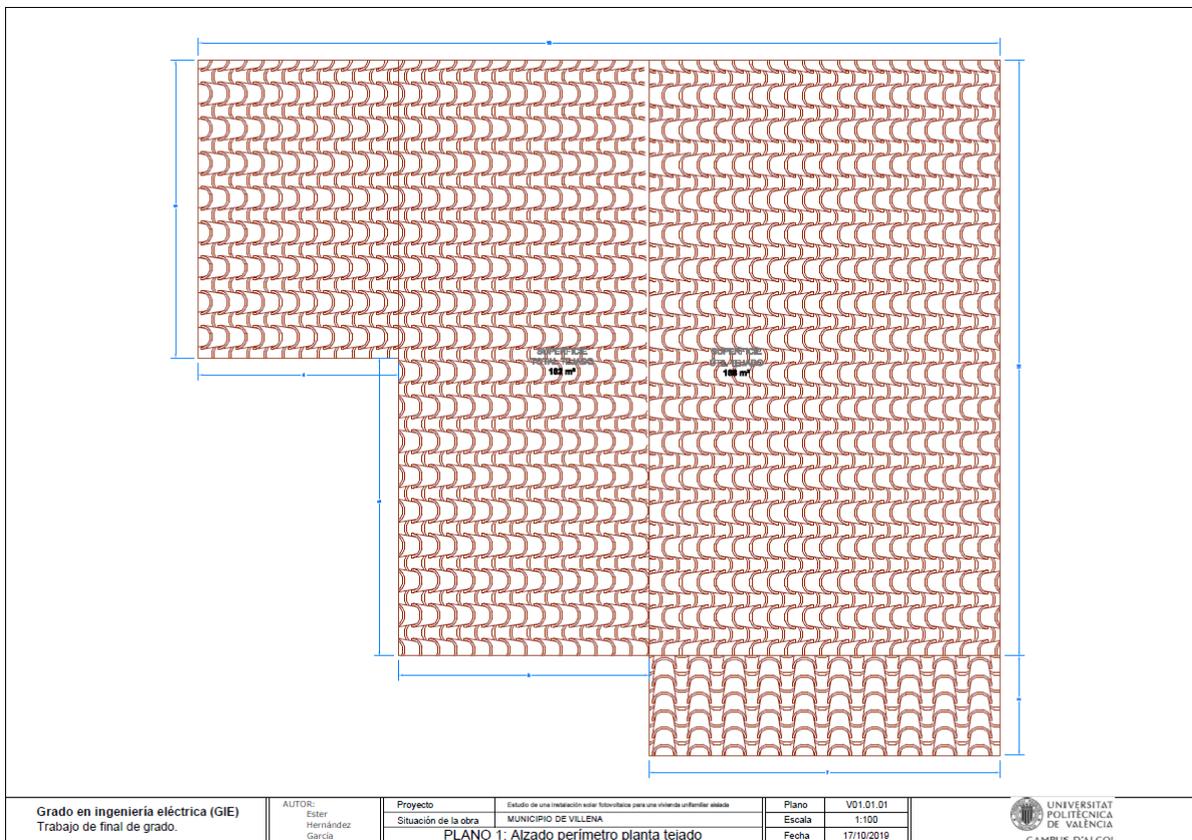


ÍNDICE

1. PLANO 1: Alzado perímetro planta tejado	64
2. PLANO 2: Alzado perímetro planta 1	65
3. PLANO 3: Alzado perímetro planta baja	66
4. PLANO 4: Instalación planta tejado	67
5. PLANO 5: Instalación planta 1	68
6. PLANO 6: Instalación planta baja	69
7. PLANO 7: Esquema conexión alternativa A.1	70
8. PLANO 8: Esquema conexión alternativa A.2	71
9. PLANO 9: Esquema conexión alternativa B	72

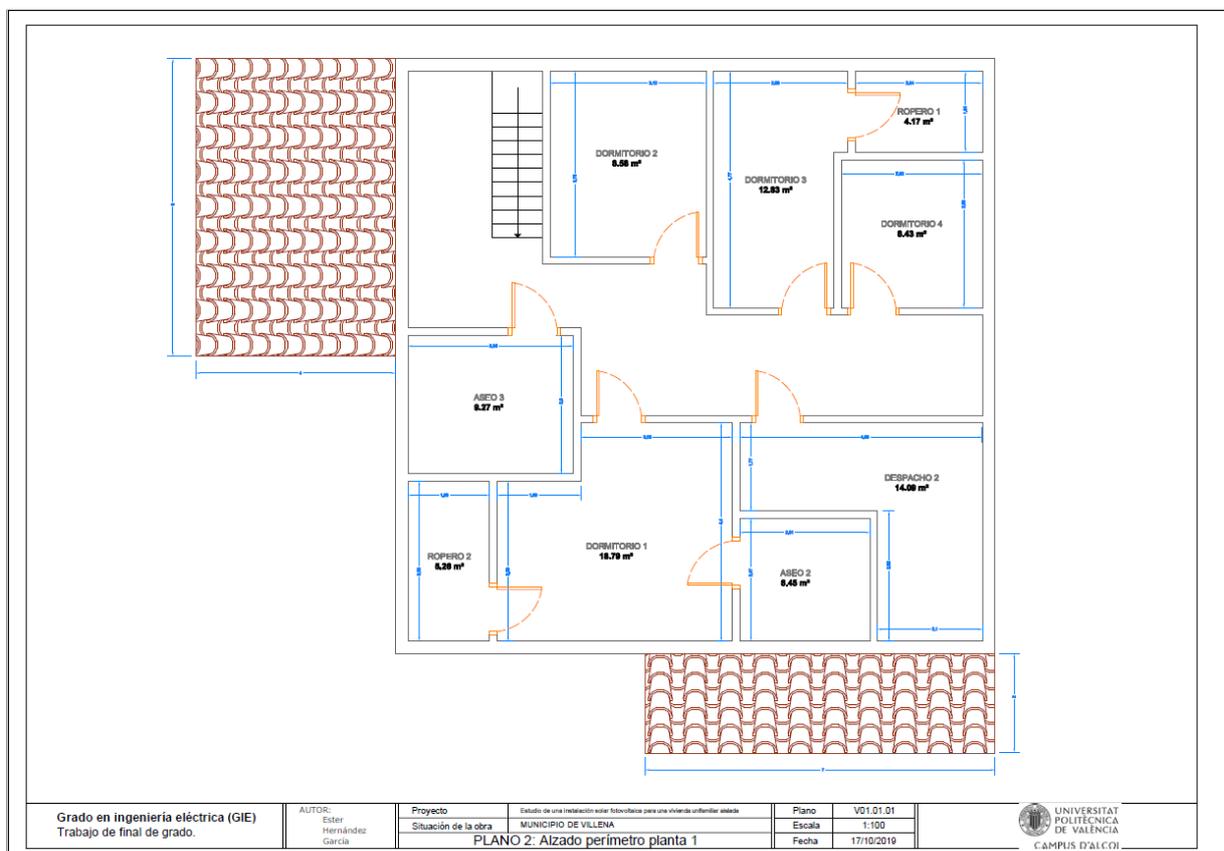


1. PLANO 1



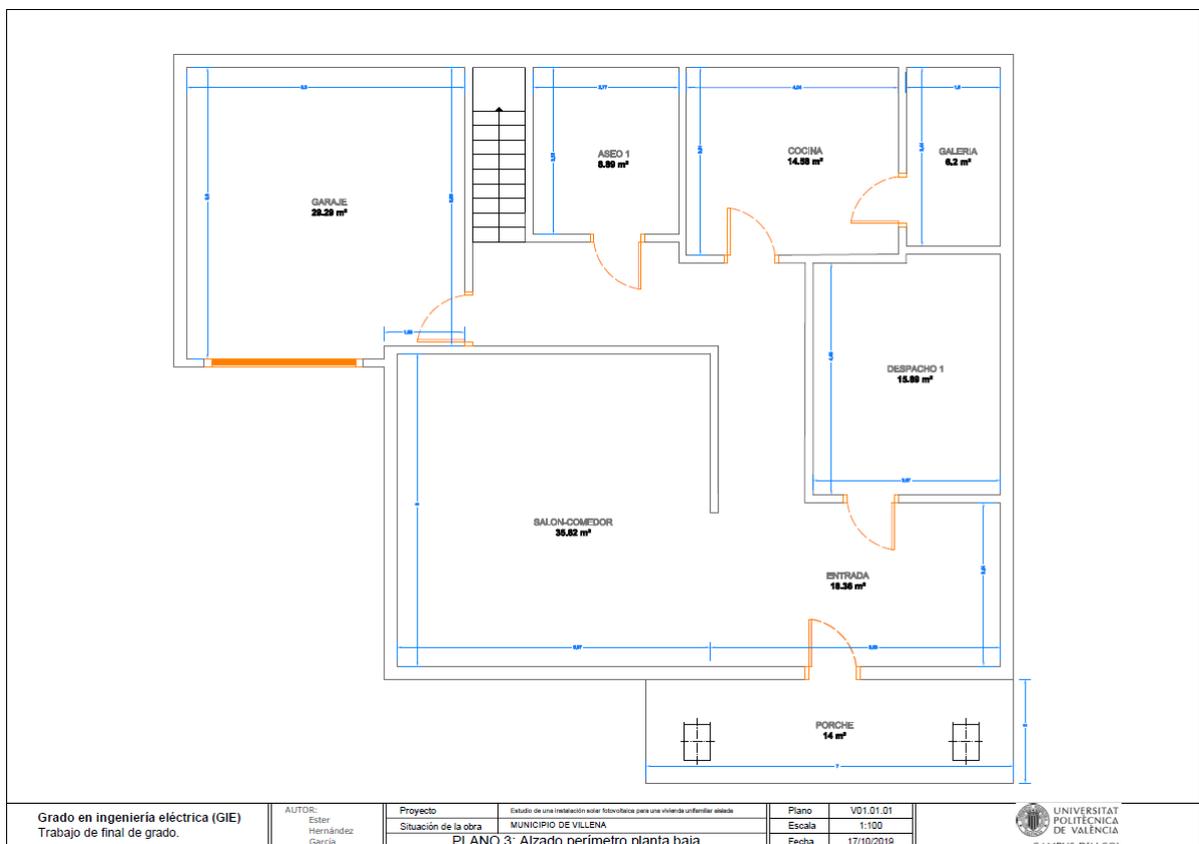


2. PLANO 2



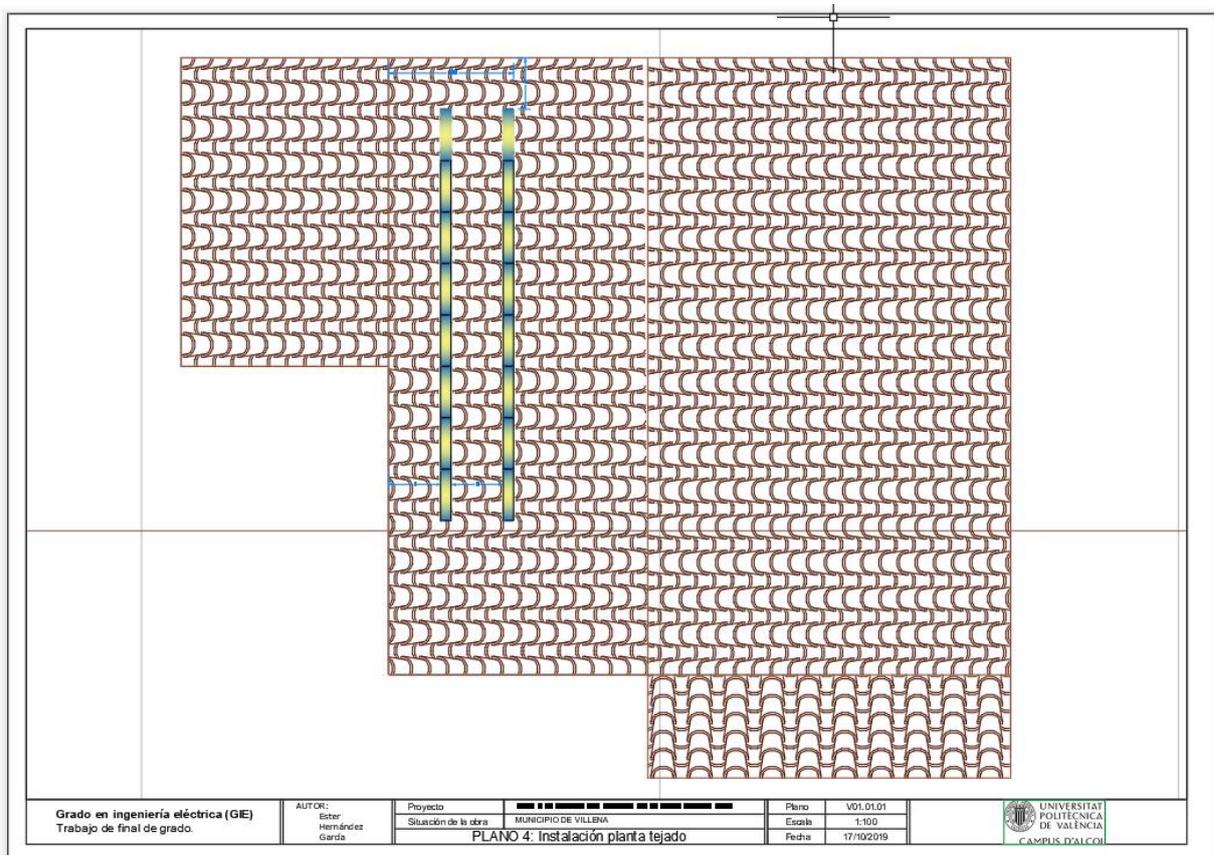


3. PLANO 3



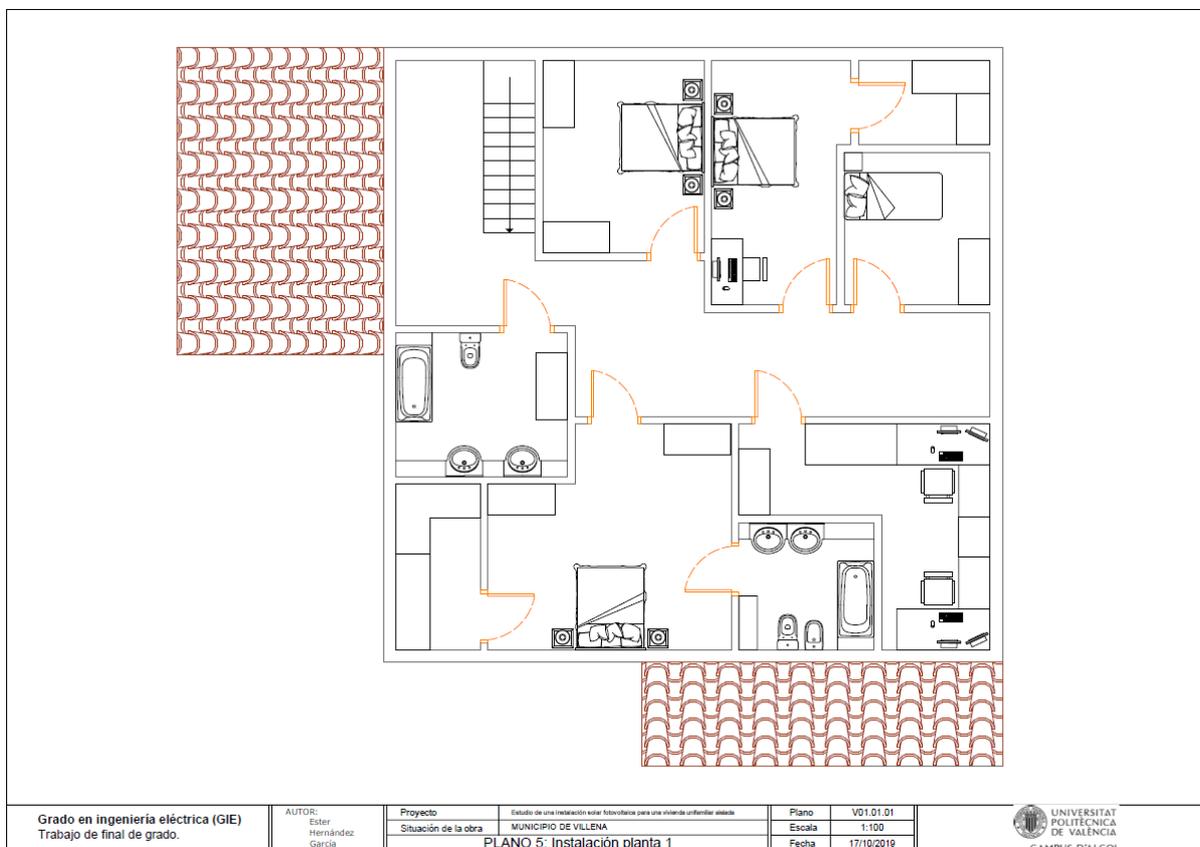


4. PLANO 4



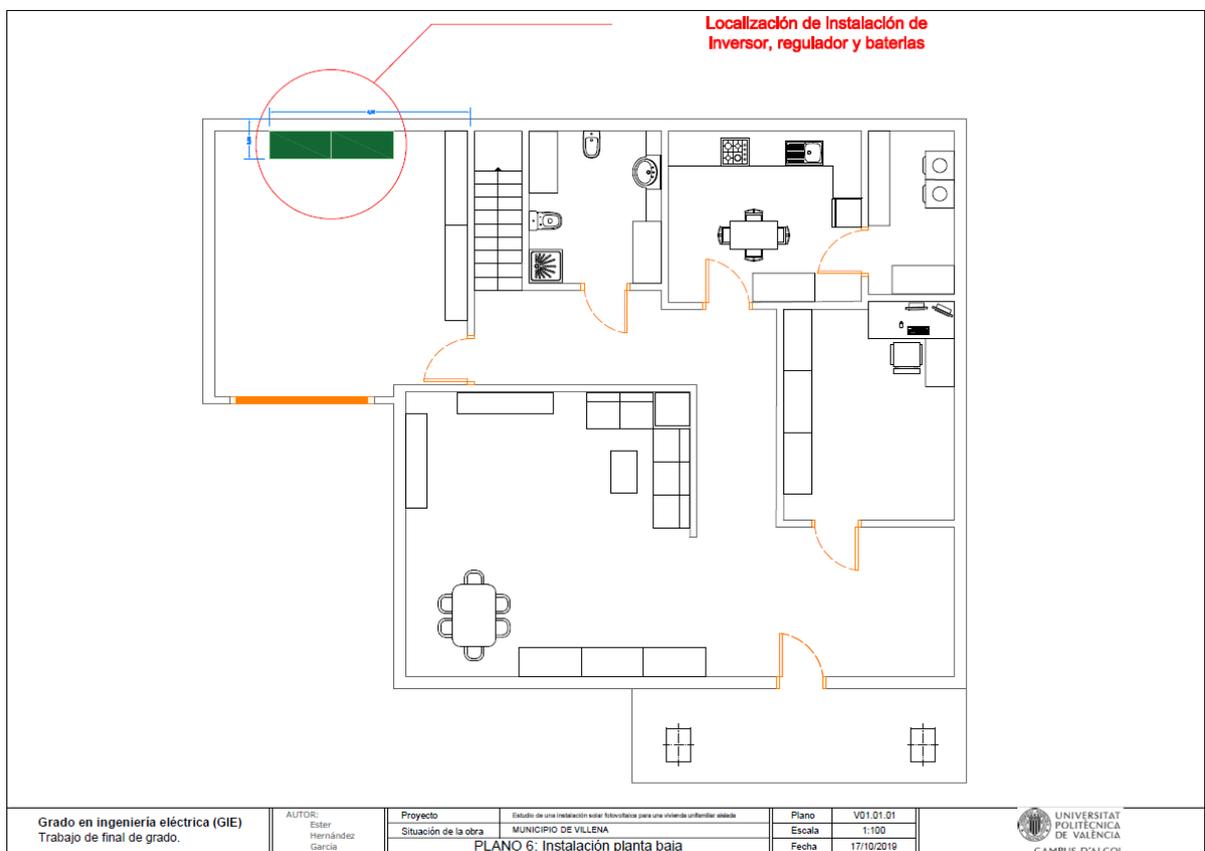


5. PLANO 5

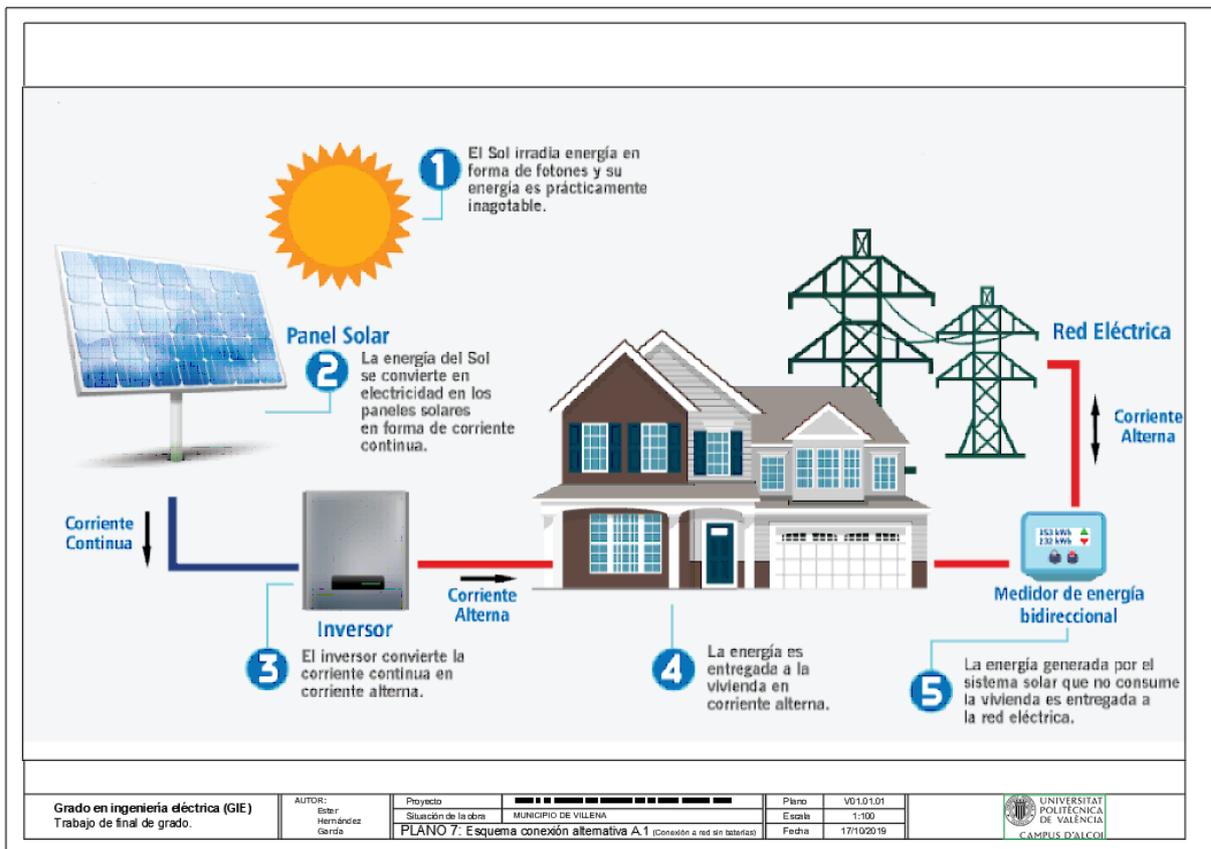




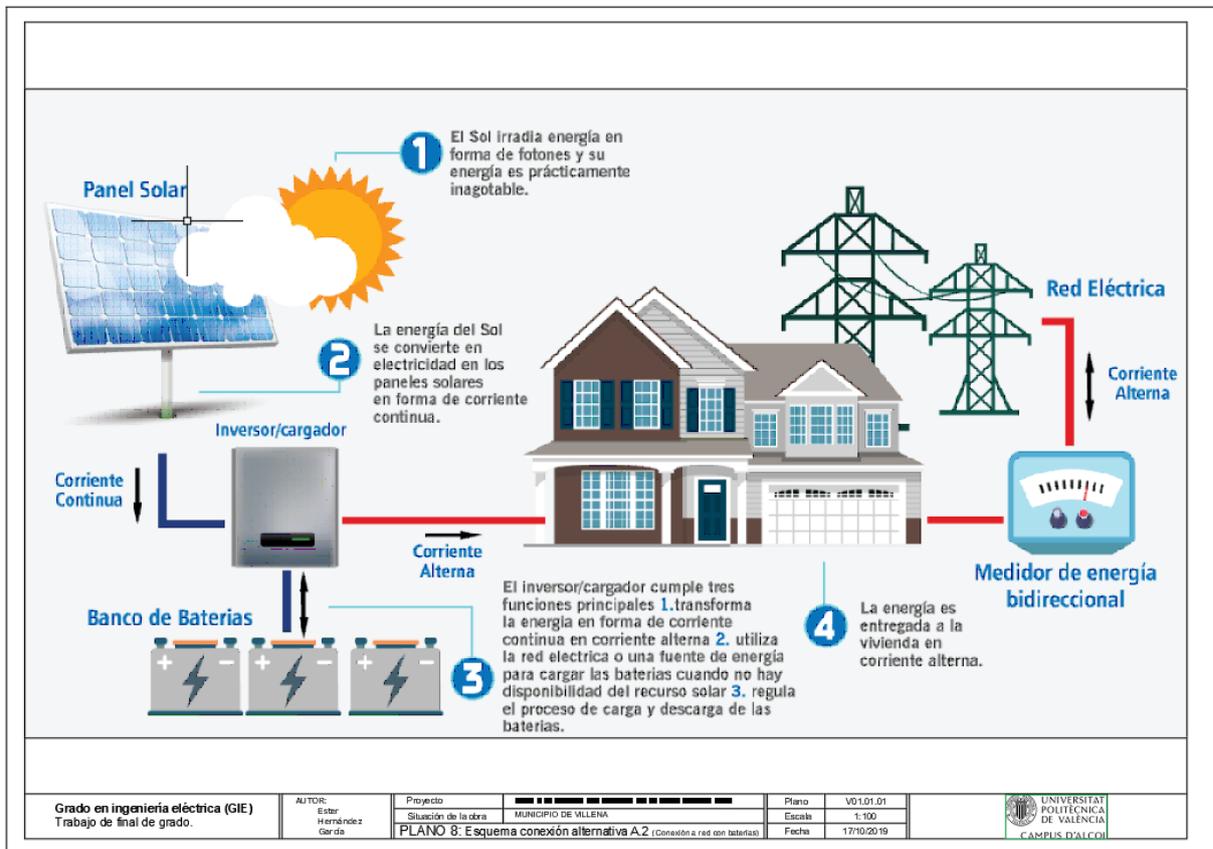
6. PLANO 6



7. PLANO 7



8. PLANO 8



Grado en ingeniería eléctrica (GIE) Trabajo de final de grado.	AUTOR: Ester Hernández García	Proyecto	Plano	V01.01.01	UNIVERSITAT POLITÀCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI
		Situación de la obra	Escala	1:100	
		PLANO 8: Esquema conexión alternativa A.2 (Conexión a red con baterías)	Fecha	17/10/2019	

9. PLANO 9

