



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN UNA VIVIENDA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Autor: Alberto Pereira Sánchez
Director: Jose Abad López
Codirector: Juan Francisco González Martínez

Cartagena, septiembre 2022

AGRADECIMIENTOS

Mostrar mi agradecimiento a todos aquellos con los que he podido compartir momentos en la realización del máster desde compañeros hasta profesores que me han ayudado en esta segunda etapa educativa. Con el apoyo de mi familia y amigos que me han apoyado en iniciar esta nueva fase y afrontarla con ilusión y con ganas para tener un mejor futuro.

También nombrar a mi director del trabajo fin de máster José Abad López con el que he coincidido en mi carrera como ingeniero mecánico y también en el máster de energías renovables, por guiarme en la realización del trabajo fin de máster.

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ESTADO DEL ARTE	1
1.1.1. Contexto global	1
1.1.2. Importancia de la energía solar fotovoltaica	2
1.1.3. Evolución de potencia instalada	2
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO	4
1.3. OBJETIVOS	4
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	5
2.1. Introducción a la tecnología solar fotovoltaica	5
2.2. Modalidades de autoconsumo	6
2.2.1. Instalaciones en autoconsumo sin excedentes	6
2.2.2. Instalaciones en autoconsumo con excedentes	8
2.2.2.1. Instalaciones con excedentes acogidas a compensación	8
2.2.2.2. Instalaciones con excedentes no acogidas a compensación	9
2.3. Descripción de los componentes involucrados en una instalación genérica	10
2.3.1. Módulo fotovoltaico	10
2.3.2. Baterías y sistemas acumuladores solares	12
2.3.3. Regulador de carga	14
2.3.4. Inversor o convertidor DC/AC	154
2.3.5. Cableado	15
CAPÍTULO III: MEMORIA DESCRIPTIVA	17
3.1. ANTECEDENTES: PROMOTOR, TÉCNICO, OBJETO DEL ENCARGO	17
3.1.1. Promotor	17
3.1.2. Emplazamiento instalación	17
3.1.3. Técnico	17
3.1.4. Potencia instalación	17
3.1.5. Presupuesto total ejecución material	17
3.1.6. Objeto de esta memoria	18
3.1.7. Normativa aplicable	18
3.2. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA	19
3.2.1. Clasificación y calificación	19
3.2.2. Usos permitidos y previstos	19
3.2.3. Justificación de cumplimiento de Normas y Ordenanzas	19
3.2.4. Justificación de que la edificación a reformar no se encuentra en situación fuera de ordenación.	20
3.2.5. Justificación de la modificación en la envolvente y volumetría del inmueble.	21

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN ACTUAL.....	22
3.3.1. Situación y referencia catastral.....	22
3.3.2. Composición, Edad, Sistema constructivo, etc.....	22
3.3.3. Fotografías del estado actual.....	23
3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A EJECUTAR	25
3.4.1. Distribución, programa y usos.....	25
3.4.2. Superficies.....	25
3.4.3. Descripción de las soluciones constructivas.....	25
3.4.3.1. Descripción de las técnicas constructivas y materiales a emplear,por partidas.....	25
3.5. Descripción de las instalaciones y sus características técnicas.....	27
3.5.1. Descripción de los equipos	27
3.5.2. Instalación eléctrica.....	31
3.6. Producción anual estimada y cálculo de pérdidas	35
3.6.1. Consumo anual previsto	36
3.6.2. Pérdidas por orientación e inclinación (Loi)	36
3.6.3. Pérdidas por sombras (Lsomb).....	36
3.6.4. Pérdidas por temperatura (LTemp).....	36
3.6.5. Eficiencia del cableado (Lcab)	37
3.6.6. Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad (Lsuc)	37
3.6.7. Pérdidas por errores en el seguimiento del PMP (LPMP)	38
3.6.8. Rendimiento del inversor (Linv)	38
3.6.9. Otras pérdidas (Lot).....	38
3.7. Performance Ratio (PR).....	38
3.8. ANEXOS TÉCNICOS	39
3.8.1. Justificación de accesibilidad	39
3.8.2. Justificación de vías de evacuación y prevención de incendios.....	39
3.8.3. Estudio básico de seguridad y salud.....	40
3.8.4. Estudio de gestión de residuos	45
Capítulo IV: Viabilidad económica de la instalación.....	46
4.1. Estudio presupuesto de instalación.....	46
4.2. Amortización de diferentes escenarios	46
4.2.1. Escenario optimista	49
4.2.2. Escenario realista	50
4.2.3. Escenario pesimista.....	51
Conclusiones	52
Referencias bibliográficas	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución €/MWh en España. Fuente:REE.	1
Figura 2. Evolución de empleo de energías renovables.Fuente:REN21.	2
Figura3. Evolución potencia instalada mundialmente. Fuente: REN21.	3
Figura 4. Evolución de potencia solar fotovoltaica instalada en España.Fuente:REN21.....	3
Figura 5. Efecto de radiación sobre un panel solar fotovoltaico.....	5
Figura 6. Diagramas de autoconsumo sin excedentes.....	6
Figura 7. Resumen de los trámites sin excedentes.	7
Figura 8. Diagramas de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.....	9
Figura 9. Diagramas de autoconsumo con excedentes no acogidas a compensación.....	10
Figura 10. Resumen de los trámites con excedentes.....	10
Figura 12. Arquitectura del panel solar fotovoltaico.....	11
Figura 11. Panel solar fotovoltaico.....	11
Figura 13. Módulo Batería de litio Huawei Luna2000 5kWh.....	12
Figura 14. Distintas conexiones en una batería.....	13
Figura 15. Emplazamiento del regulador (B).....	14
Figura 16. Inversor Huawei SUN 2000-6KTL-L1.....	15
Figura 17. Clasificación del suelo.....	19
Figura 18. Clasificación del suelo vista aérea.....	20
Figura 19. Consulta catastral del inmueble.....	20
Figura 20. Localización aérea de la vivienda.....	22
Figura 21. Fachada de la vivienda.....	23
Figura 22. Cubierta plana sobre el que se dispone el string 2.....	24
Figura 23. Cubierta plana sobre el que se dispone el string 1.....	24
Figura 24. Estructura metálica sobre la que se disponen los paneles solares.	26
Figura 25. Ficha técnica panel solar JA Solar JAM72S20 460/MR.....	28
Figura 26. Ficha técnica inversor Huawei SUN 2000-6KTL-L1.....	30
Figura 27. Energía generada estimada por la instalación.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tensión de trabajo en batería dependiendo de potencia demandada.....	13
Tabla 2. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. Nº de conductores con carga y naturaleza de aislamiento.....	16
Tabla 3. Presupuesto de ejecución material.....	17
Tabla 4. Descripción de los strings.....	25
Tabla 5. Cálculos eléctricos de la instalación.....	34
Tabla 6. Características de dispositivo de protección.....	35
Tabla 7. Producción anual estimada.....	46
Tabla 8. Presupuesto total de la instalación.....	46
Tabla 9. Curva consumo energético 2020-2021 de vivienda.....	47
Tabla 10. Precios potencia y energía en tarifa 2.OTD.....	47

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. ESTADO DEL ARTE

1.1.1. Contexto global

En un contexto de inflación generada por la subida del precio del gas motivada por la guerra entre Rusia y Ucrania, junto a un aumento de la demanda de los consumidores por el crecimiento exponencial de población en el mundo el coste de las emisiones por CO₂ y la poca contribución de las energías renovables en el precio final provocan un alza del precio de la luz mundialmente.

Centrándonos en España contando con la base de datos de REE (Red Eléctrica Española) se observa (ver figura 1) un aumento progresivo en el precio de energía.[1]

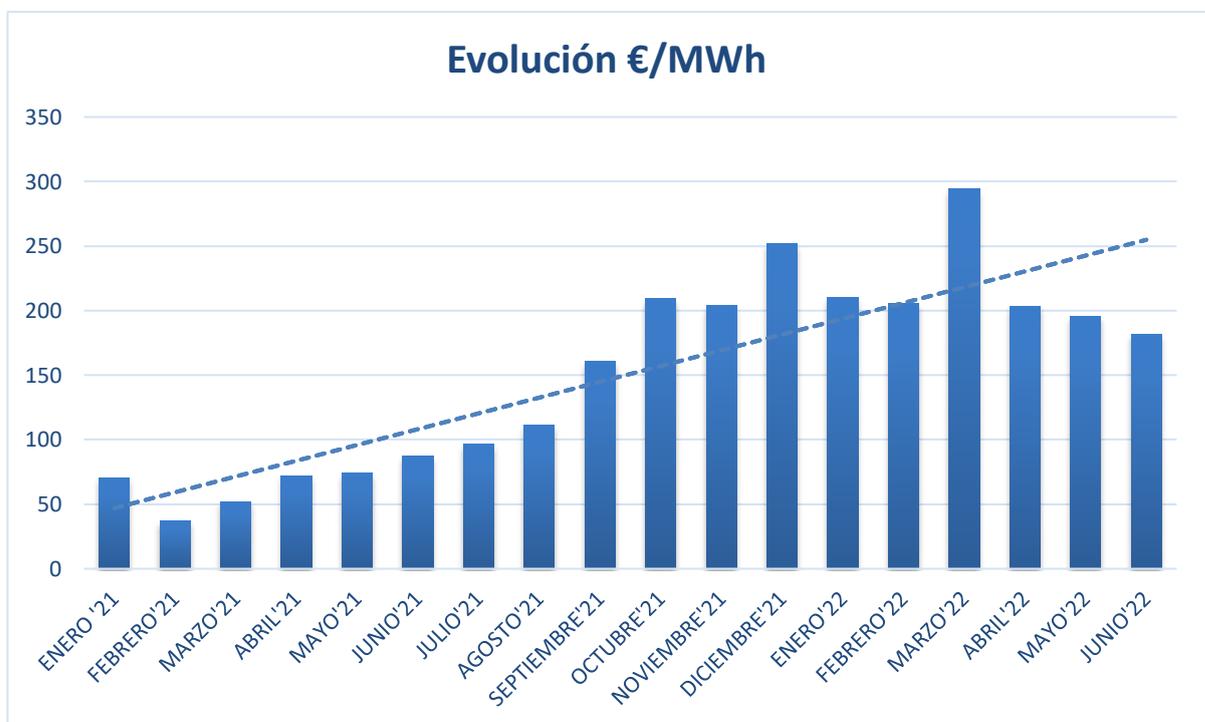


Figura 1. Evolución €/MWh en España. Fuente:REE.

Específicamente se muestra como punto álgido una creciente subida lineal de precios energéticos en Marzo justo con el conflicto de guerra y el crecimiento exponencial del precio del gas natural.

1.1.2. Importancia de la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica enmarcada como una energía limpia que no emite contaminantes y que aprovecha los recursos naturales (sol) de los cuales disponemos como fuente inagotable para producir electricidad para autoconsumo tanto en el sector residencial como en el industrial se muestra como solución prioritaria para conseguir una independencia energética como individuos que derivaría en un ahorro energético junto a una demanda menor de otras energías que emiten contaminantes.[2]

Una de las fortalezas de la energía solar fotovoltaica es combatir el cambio climático y con ello generar una riqueza que englobaría desde el productor, consumidor, promotor hasta un crecimiento de empleo generado por diversos grados de estudio entre los que se encuentran: grado medio/superior (instalador, administración), grado universitario (marketing, administración, ingeniería) todo ello repercute en un crecimiento de empleo (ver figura 2).[2]

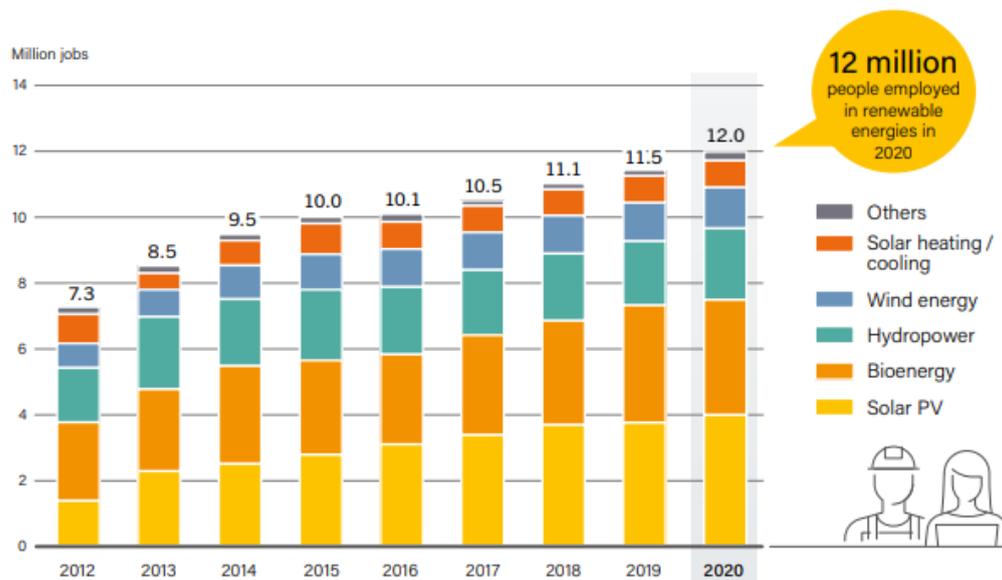


Figura 2. Evolución de empleo de energías renovables. Fuente:REN21.

1.1.3. Evolución de potencia instalada

A nivel mundial, se observa un crecimiento exponencial en cuanto a potencia instalada basada en la energía solar fotovoltaica (ver figura 3). Referente al año 2021, el último año del que se tienen datos, hubo un incremento de 36 GW con respecto al año anterior. Este hecho pone de manifiesto que en un futuro se aumentará la demanda creciente de esta tecnología a pesar de incrementos en el coste en la cadena de valor solar, como consecuencia del encarecimiento de las materias primas y el transporte.[2]

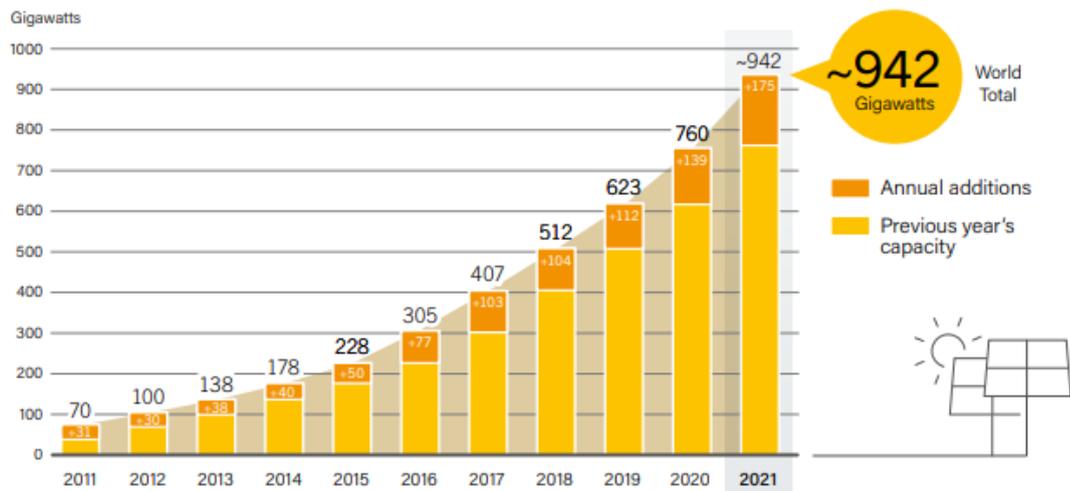


Figura3. Evolución potencia instalada mundialmente. Fuente: REN21.

Referente a España se sitúa en 2ª posición mundial en porcentaje de generación anual de energía (14,2 %) con respecto al total de energía generada. En el caso de potencia instalada también sigue la tendencia exponencial que se recoge mundialmente (ver figura 4). [2]

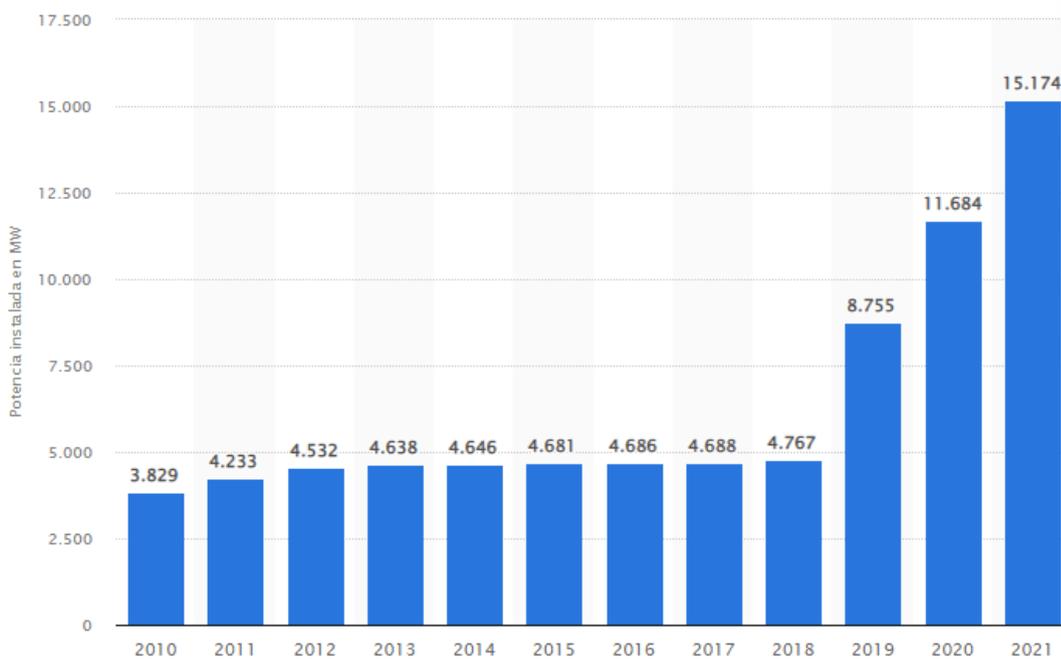


Figura 4. Evolución de potencia solar fotovoltaica instalada en España. Fuente: REN21.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

El propósito de este Trabajo Fin de Máster es el diseño de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo para vivienda teniendo en cuenta diferentes aspectos como la localización de la misma, tecnología solar fotovoltaica a emplear y la posibilidad de aislamiento de la vivienda de la red eléctrica o su conexión.

1.3. OBJETIVOS

- Analizar la demanda energética de la vivienda. Para la realización de una instalación primeramente nos basamos en el consumo energético anual que tiene la vivienda, debido a que cada vivienda tiene un perfil de consumo diferente. Para ello, a través de las facturas de la luz podremos definir un consumo exacto de la cantidad de energía que requerida para la instalación.
- Obtención de datos de irradiancia. A través de la plataforma de PVGIS obtenemos los datos de irradiancia acorde a la ubicación donde se quiere hacer la instalación, para generar las curvas de producción mensuales de nuestra instalación.
- Dimensionamiento de la instalación solar fotovoltaica necesaria para obtener la energía requerida. Conocido el perfil de consumo de la vivienda, irradiancia y ubicación se elige la configuración de instalación idónea acorde a conseguir la mejor amortización.
- Estudiar la viabilidad de la instalación. Se valorarán diferentes escenarios (ayudas estatales) acorde a un precio de €/MWh fijo para concluir el tiempo de amortización de la configuración elegida.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.1. Introducción a la tecnología solar fotovoltaica.

Para comprender la tecnología solar fotovoltaica hay que incidir en el concepto denominado principio fotoeléctrico, mediante el cual las radiaciones de la luz solar se transforman en energía eléctrica en las llamadas células fotoeléctricas, unidades básicas que componen los módulos o paneles fotovoltaicos.[3]

Cuando un módulo fotovoltaico recibe radiación solar, los fotones que componen dicha radiación inciden sobre las células fotovoltaicas del panel. Éstos pueden ser reflejados, absorbidos o pasar a través del panel, y sólo los fotones que quedan absorbidos por la célula fotovoltaica son los que, finalmente generan electricidad.[3]

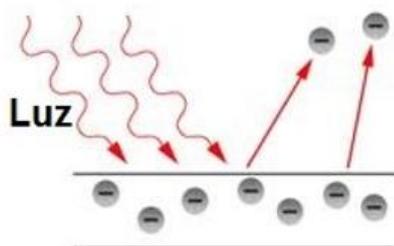


Figura 5. Efecto de radiación sobre un panel solar fotovoltaico

En efecto, cuando el fotón es absorbido por la célula, la energía que porta el fotón es transferida a los átomos que componen el material de la célula fotovoltaica. Con esta nueva energía transferida, los electrones que están situados en las capas más alejadas son capaces de saltar y abandonar su posición normal asociada al átomo y entrar a formar parte de un circuito eléctrico que se genera.[3]

Las células fotovoltaicas del panel están construidas de materiales semiconductores (aquellos que tienen una banda de energía prohibida relativamente pequeña entre 0,3 y 0,5 eV) como el germanio y el silicio. Estas sustancias cuando reciben los fotones de la luz producen una corriente de electrones (corriente eléctrica). A este efecto se le conoce como efecto fotovoltaico. Además, para mejorar sus prestaciones estos materiales semiconductores son tratados de forma que se crean dos capas diferentes dopadas (tipo P y tipo N), con el objetivo de formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra, de manera que cuando la luz solar incide sobre la célula para liberar electrones, éstos puedan ser atrapados por el campo eléctrico, y formar así una corriente eléctrica.[3]

2.2. Modalidades de autoconsumo.

Existen 2 posibles soluciones de instalación actualmente: instalaciones en autoconsumo sin excedentes e instalaciones en autoconsumo con excedentes.[4]

2.2.1. Instalaciones en autoconsumo sin excedentes

Se trata de instalaciones en autoconsumo que, aunque están conectadas en la red interior del consumidor que enlaza con la red de distribución o transporte, no ceden en ningún momento energía a la red (ver figura 6). El titular del punto de suministro (consumidor) será también el titular de las instalaciones de generación conectadas a su red, y será responsable de cualquier incumplimiento que pudiera tener consecuencias en la red.[4]

En un autoconsumo colectivo sin excedentes (solo conectado a red interior), la titularidad de la instalación de generación y del mecanismo anti-vertido será compartida por todos los consumidores asociados, que responderán solidariamente de cualquier fallo provocado en la red.[4]

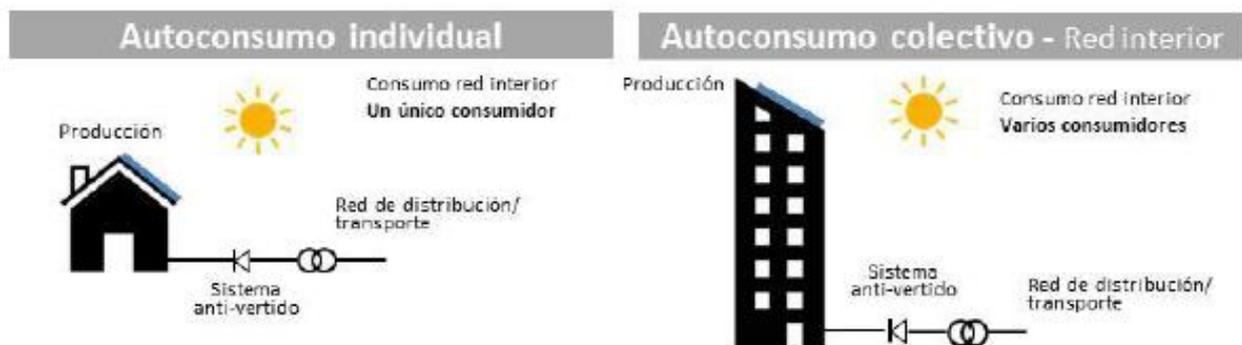


Figura 6. Diagramas de autoconsumo sin excedentes.

En el caso de instalaciones solares fotovoltaicas, a efectos del Real Decreto 244/2019, se considera que la potencia instalada será la potencia máxima del inversor, entendida a régimen permanente de funcionamiento, también denominada potencia nominal del inversor. A raíz de aquí existe un esquema en el cual se resumen los 17 pasos de carácter general que deben darse en la tramitación ante las distintas administraciones y con la compañía distribuidora, y contempla todas las posibilidades de conexión de las instalaciones sin excedentes de cualquier potencia. En función de su potencia, la instalación podría quedar exenta de realizar algunos pasos, como se indica en la figura 7.[4]

Instalaciones en autoconsumo SIN EXCEDENTES			
1. Diseño de la instalación			
BT – P≤10 kW Memoria técnica	BT – P>10 kW Proyecto técnico	AT Proyecto técnico	
			Distribuidora
Exentas del permiso. Necesario solicitar CAU			
2. Permisos de acceso y conexión / Auales o garantías			
			Admón. autonómica
3. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública			
BT – P≤100 kW Consultar CC.AA	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA	
			Admón. autonómica
4. Autorización administrativa previa y de construcción			
BT – P≤100 kW Exentas	BT – P>100 kW Consultar CC.AA.	AT Consultar CC.AA.	
			Admón. local
5. Licencia de obras			
Consultar la normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido			
6. Ejecución de la instalación			
			Admón. autonómica
7. Inspección inicial e inspecciones periódicas			
BT – P≤100 kW Consultar CC.AA	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA	
			Admón. autonómica
8. Certificados de instalación y/o certificados fin de obra			
BT – P≤10 kW Certificado instalación	BT – P>10 kW Certificado instalación Certificado fin de obra	AT Documentación puesta en servicio AT según el Reglamento AT	
			Admón. autonómica
9. Autorización explotación			
BT – P≤100 kW No necesita trámite Certificado instalación	BT – P>100 kW Consultar CC.AA	AT Consultar CC.AA	
			Distribuidora o Comercializadora
10. Contrato de acceso			
BT – P<100 kW Exentas – Comunicación modificación contrato a través de las CC.AA	BT – P≥100 kW Exentas – Comunicación cambio contrato	AT Exentas – Comunicación cambio contrato	
			Distribuidora o Comercializadora
11. Contrato de suministro de energía servicios auxiliares			
Exentas			
			Admón. local
12. Licencia de actividad			
Exentas. Consultar normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido			
13. Acuerdo de reparto y Contrato compensación excedentes			
Individual	No aplica		
Colectiva	No existe contrato. Notificación a la ED del acuerdo de reparto y compensación		
			Admón. autonómica
14. Inscripción en el Registro Autonómico de Autoconsumo			
BT – P<100 kW Trámite de oficio en las CC.AA. donde exista	BT – P≥100 kW Sí, si existe	AT Sí, si existe	
			Admón. autonómica
15. Inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo de energía eléctrica			
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT	
Trámite de oficio realizado a través de las CC.AA., que enviarán la información al Ministerio por vía telemática			
			Admón. autonómica
16. Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones Productoras de Energía Eléctrica (RAIPRE)			
No aplica			
			Comercializadora
17. Contrato de representación en mercado			
No aplica			

Figura 7. Resumen de los trámites sin excedentes.

2.2.2. Instalaciones en autoconsumo con excedentes.

Se trata de instalaciones en autoconsumo conectadas a la red de distribución o transporte, que pueden ceder energía a la red. En un autoconsumo con excedentes (tanto individual como colectivo), si la instalación de generación se conecta en red interior del consumidor o si comparte las infraestructuras de conexión a la red de distribución o transporte, el productor y los consumidores responderán solidariamente de cualquier incumplimiento. Es necesario aclarar que la conexión de las instalaciones puede realizarse de dos maneras:

- Con conexión a la red interior del consumidor o consumidores asociados. En este caso se denominan instalaciones próximas en red interior.
- Con conexión en un punto externo a la red interior, de manera que la instalación generadora se une a los consumidores asociados utilizando la red pública de distribución o transporte. En este caso se denominan instalaciones próximas a través de red.

Las conexiones a través de red deben satisfacer al menos uno de los siguientes criterios:

- La conexión se realiza a la red de BT que se deriva del mismo centro de transformación al que pertenece el consumidor.
- La conexión tanto de los consumos como de la generación se realiza en BT, y la distancia existente entre los contadores de generación y de consumo es menor de 500 m, medidos en proyección ortogonal en planta.
- La instalación generadora y los consumidores asociados se ubican en la misma referencia catastral, tomada como tal si coinciden los 14 primeros dígitos (con la excepción de las comunidades autónomas con normativa catastral propia).

En las instalaciones próximas a efectos de autoconsumo, cuando se produzca transferencia de energía a través de la red de distribución, los consumidores asociados deberán satisfacer una cuantía por el uso de la red, que será determinada por la CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia). Para cualquier tipo de conexión que se elija (en red interior o a través de red) el autoconsumo con excedentes podrá ser individual (dando servicio a un único consumidor) o colectivo (dando servicio a varios consumidores).

Del mismo modo, la instalación de producción asociada puede ser única o existir varias instalaciones asociadas al mismo autoconsumo, y de la misma o de distinta tecnología.[4]

2.2.2.1. Instalaciones con excedentes acogidas a compensación

Para cualquier tipo de instalación de autoconsumo con excedentes individual o colectivas conectadas a red interior es posible que, voluntariamente, el consumidor o consumidores se acojan al mecanismo de compensación de excedentes.

En este mecanismo de compensación, la energía procedente de la instalación de autoconsumo que no sea consumida instantáneamente o almacenada por los consumidores asociados se inyecta a la red; cuando los consumidores precisen más energía de la que les proporciona la instalación de autoconsumo, comprarán la energía a la red al precio estipulado en su contrato de suministro PVPC (Precio Voluntario

para el pequeño consumidor) o de mercado libre pactado con la comercializadora. Al final del periodo de facturación (que no podrá ser superior a un mes) se realiza la compensación entre el coste de la energía comprada de la red y el valor de la energía excedentaria inyectada a la red (valorada a precio medio horario de mercado menos el coste de los desvíos o al precio acordado entre las partes, según sea el contrato de suministro a PVPC o de mercado libre respectivamente). Todos los excedentes horarios de cada consumidor serán asignados a su empresa comercializadora por el Operador del Sistema (OS), a partir de la información que el encargado de la lectura comunique al OS. La comercializadora obtendrá el precio medio horario del mercado eléctrico para todos los excedentes que se le asignen, y compensará al consumidor según se establece en el RD 244/2019.

Sin embargo, el máximo importe que puede compensarse será el importe de la energía comprada a la red, puesto que en ningún momento el resultado de la compensación podrá ser negativo ni podrá compensar los pagos por peajes de acceso.[4]

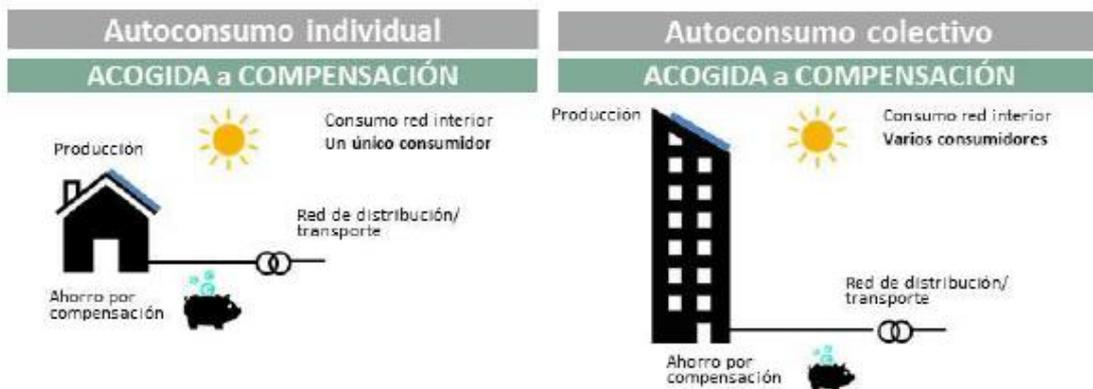


Figura 8. Diagramas de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.

En la figura se representan las posibles configuraciones para las instalaciones con excedentes acogidas a compensación que serán siempre conexiones en red interior. Los ahorros que se representan en estos diagramas reflejan las reducciones en las facturas que se obtienen gracias a la compensación de la energía vertida.[4]

2.2.2.2. Instalaciones con excedentes no acogidas a compensación

En los casos en que el consumidor no desee adherirse al mecanismo de compensación de excedentes, o no se cumpla alguna de las condiciones necesarias para acogerse a él, la instalación volcará a la red los excedentes de energía no autoconsumida instantáneamente ni almacenada (ver figura 9).

Esta energía excedentaria será vendida en el mercado eléctrico y recibirá el mismo tratamiento que el resto de energía producida por fuentes renovables, cogeneración y residuos, siendo aplicable el Impuesto sobre el Valor de la Producción de Energía Eléctrica (IVPEE) del 7%.[4]

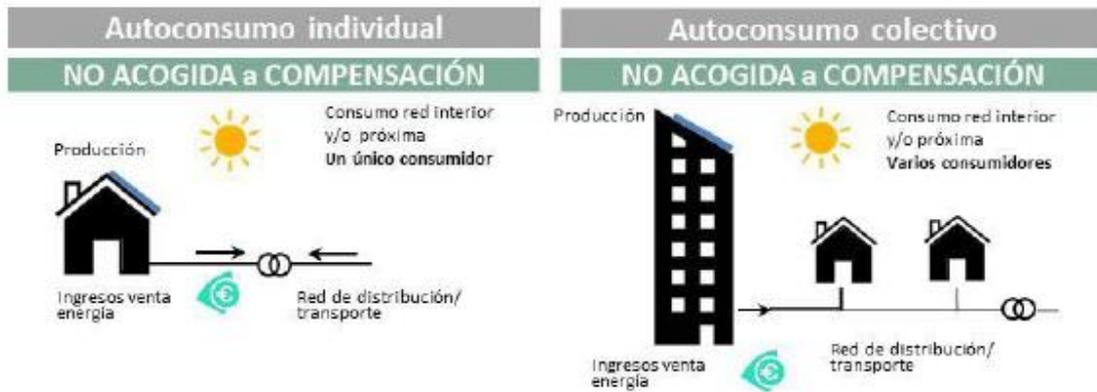


Figura 9. Diagramas de autoconsumo con excedentes no acogidos a compensación

El siguiente esquema (ver figura 10) resume los 17 pasos que deben darse en la tramitación y contempla todas las posibilidades de conexión de las instalaciones con excedentes de cualquier potencia, tanto si se acogen al mecanismo de compensación de excedentes como si realizan venta al mercado. En función de su potencia, la instalación podría quedar exenta de algunos pasos de la tramitación. [4]

Instalaciones en autoconsumo CON EXCEDENTES					
1. Diseño de la instalación					
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT			
Memoria técnica	Proyecto técnico	Proyecto técnico			
Distribuidora					
2. Permisos de acceso y conexión / Avalos o garantías					
Siempre debe solicitarse el CAU					
Suelo urbano con dotaciones y servicios requeridos por la legislación			Otra tipología de suelo		
Permiso de acceso y conexión					
BT – P≤15 kW	BT – P>15 kW	AT	BT	AT	
Exentas	Sí	Sí	Sí	Sí	
Avalos o garantías – 40 €/kW					
BT – P≤15 kW	BT – P>15 kW	AT	BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT
Exentas	Sí	Sí	Exentas	Sí	Sí
Tramitación de acceso y conexión para aquellas instalaciones que lo precisen					
BT – P≤15 kW	BT – 15 kW<P<100kW	AT			
RD 1699/2011	RD 1699/2011	RD 1955/2000 - RD 1699/2011			
Admón. autonómica					
3. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Consultar CC.AA	Consultar CC.AA	Consultar CC.AA			
Admón. autonómica					
4. Autorización administrativa previa y de construcción					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Exentas	Sí	Sí			
Admón. local					
5. Licencia de obras					
Consultar la normativa particular del Ayuntamiento del emplazamiento elegido					
6. Ejecución de la instalación					
7. Inspección inicial e inspecciones periódicas					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Consultar CC.AA	Consultar CC.AA	Consultar CC.AA			
Admón. autonómica					
8. Certificados de instalación y/o certificados fin de obra					
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT			
Certificado instalación	Certificado instalación Certificado fin de obra	Documentación puesta en servicio AT según el Reglamento AT			
Admón. autonómica					
9. Autorización explotación					
BT – P≤10 kW	BT – P>10 kW	AT			
No necesita trámite Certificado instalación	Sí Consultar CC.AA	Sí Consultar CC.AA			
Admón. autonómica					
10. Contrato de acceso					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Exentas – Comunicación modificación contrato a través de las CC.AA	Exentas – Comunicación cambio contrato	Exentas – Comunicación cambio contrato			
Distribuidora o Comercializadora					
11. Contrato de suministro de energía servicios auxiliares					
Obligatorio salvo los casos donde los servicios auxiliares se consideren despreciables. Se pueden unificar con el contrato de consumo en ciertos casos					
Admón. local					
12. Licencia de actividad					
Acogidas a COMPENSACIÓN Exentas. Consultar normativa Ayuntamiento					
No acogidas a COMPENSACIÓN Sí. Consultar normativa Ayuntamiento					
Distribuidora o Comercializadora					
13. Acuerdo de reparto y Contrato compensación excedentes					
Individuales	Acogidas a COMPENSACIÓN	Contrato de compensación de excedentes			
	No acogidas a COMPENSACIÓN	No aplica			
Colectivas	Acogidas a COMPENSACIÓN	Acuerdo de reparto + Contrato compensación			
	No acogidas a COMPENSACIÓN	Acuerdo de reparto			
Admón. autonómica					
14. Inscripción en el Registro Autonómico de Autoconsumo					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Trámite de oficio en las CC.AA. donde exista	Sí, si existe	Sí, si existe			
Admón. autonómica					
15. Inscripción en el Registro Administrativo de Autoconsumo de energía eléctrica					
BT – P≤100 kW	BT – P>100 kW	AT			
Trámite de oficio realizado a través de las CC.AA., que enviarán la información al Ministerio por vía telemática					
Admón. autonómica					
16. Inscripción en el Registro Administrativo de Instalaciones Productoras de Energía Eléctrica (RAIPRE)					
Acogidas a COMPENSACIÓN No aplica					
No acogidas a COMPENSACIÓN Sí. Para P≤100 kW trámite de oficio por el Ministerio					
17. Contrato de representación en mercado					
Acogidas a COMPENSACIÓN No aplica					
No acogidas a COMPENSACIÓN Sí.					
Comercializadora					

Figura 10. Resumen de los trámites con excedentes.

2.3. Descripción de los componentes involucrados en una instalación genérica

2.3.1. Módulo fotovoltaico

Los módulos o paneles fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares dispuestas en serie y/o en paralelo de manera que la tensión y corriente que finalmente proporcione el panel se ajusta al valor requerido. La potencia que pueda ofrecer un módulo dependerá del número de células que posea, estando diseñado para el suministro eléctrico en corriente continua (directa, DC), a un determinado voltaje (normalmente 12 ó 24 V).[3]

Por otro lado, al sistema completo formado por el conjunto de módulos o paneles fotovoltaicos dispuestos o conexionados en serie y/o en paralelo se le suele denominar generador fotovoltaico. Con el fin de poder ofrecer la potencia eléctrica deseada, así como de la tensión e intensidad de corriente a la salida del generador, los distintos módulos o paneles serán distribuidos en serie y/o en paralelo, según convenga. En las siguientes figuras (figuras 11 y 12) podemos visualizar tanto exteriormente como interiormente un panel solar fotovoltaico.[3]



Figura 11. Panel solar fotovoltaico

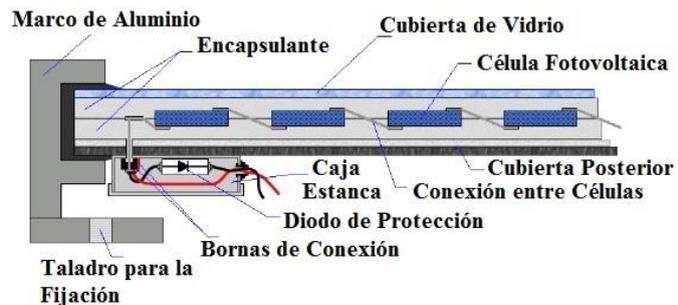


Figura 12. Arquitectura del panel solar fotovoltaico

Las prestaciones de los módulos que aparecen en la información técnica que proporciona cualquier fabricante están obtenidas sometiendo a los módulos a unas condiciones estándar (STC) «Standar Test Condition» son las siglas en inglés que hacen referencia a las condiciones bajo las cuales se deben ensayar los módulos para establecer sus parámetros básicos:

- G (Irradiancia Global) = 1Kw/m^2
- AM (Distribución espectral) = 1.5G
- T_m (temperatura del módulo) = 25°C
- V_v (velocidad del viento) < 1 m/s

También existe otro método para evaluar las pérdidas térmicas por temperatura respecto a la potencia nominal cuando el módulo no está en STC llamado temperatura nominal de operación de célula (NOCT) «Nominal Operating Cell Temperature» son las siglas en inglés. Con el parámetro NOCT se calcula la temperatura a la que se pone un módulo cuando trabaja en ciertas condiciones de irradiancia y temperatura

ambiente:

- G (Irradiancia Global) = 800 W/m²
- Ta (temperatura ambiente) = 20°C
- V_v (velocidad del viento) < 1 m/s

$$T_{\text{mod}} = T_{\text{amb}} + \frac{NOCT-20}{800} G$$

Con esta T_{mod} se pueden calcular las pérdidas en P,V,I (%/°C respecto STC)

$$\Delta (P,V,I) = (P,V,I)_{\text{STC}} \cdot (\gamma,\beta,\alpha) \cdot (T_{\text{mod}}-25)/100$$

El módulo elegido para nuestra instalación sería el JA Solar de 460 W. La elección se basa en que es una empresa de largo recorrido que viene operando desde el año 2005 en la que nos asegura una cierta fiabilidad de rendimiento durante unos 25 años y 12 años de garantía de producto, incorporan en los paneles la tecnología PERC (Passivated Emitter Rear Cell) por la que los módulos obtienen una mayor capacidad de producción en situaciones de irradiación solar baja. Sabiendo que nuestro consumo anual es de 4400 kWh que mensualmente sería 366,67 kWh suponemos que 1 Kw_p produzca 5 kWh al día y si instalamos 7 placas de 0,46 kW_p nos daría mensualmente 483 kWh por lo que produciríamos más de lo que consumimos, esta sería la justificación de elegir 7 placas.

También a destacar es un “Levelized Cost of Energy” pequeño, que indicaría los costes totales que genera un sistema fotovoltaico durante su vida útil y se divide por la energía producida en el mismo rango de tiempo.

2.3.2. Baterías y sistemas acumuladores solares

La función principal de la batería es almacenar la energía eléctrica generada por el sistema de generadores fotovoltaicos, con objeto de disponer de ella en periodos nocturnos o en aquellas horas del día que no luzca el sol. Otro tipo de funciones que desempeñan es que sirven para estabilizar el voltaje y la corriente de suministro, o para inyectar picos de corriente en determinados momentos, tales como en el arranque de motores. En la figura 13 tenemos un ejemplo de batería:



Figura 13. Módulo Batería de litio Huawei Luna2000 5kWh

Las baterías se componen básicamente de dos electrodos que se encuentran sumergidos en un medio electrolítico[3]. Los tipos de baterías más recomendadas para uso en instalaciones fotovoltaicas son las de ion-litio ya que proporcionan una durabilidad superior y no requiere de un mantenimiento junto a

otras características destacadas más abajo. La conexión en baterías en serie y en paralelo quedaría definido según la figura siguiente:

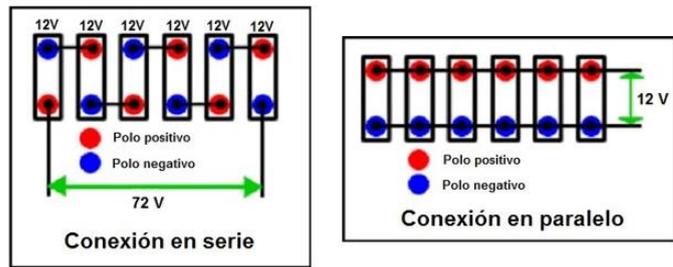


Figura 14. Distintas conexiones en una batería

Potencia demandada (en W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico
< 1500 W	12V
Entre 1500 W y 5000 W	24V o 48V
> 5000 W	120V o 300V

Tabla 1. Tensión de trabajo en batería dependiendo de potencia demandada

Entre las propiedades de una batería se encuentran:

- La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (Ah), unidad de carga eléctrica que indica la cantidad de carga eléctrica que pasa por los terminales de una batería. Indica la cantidad de electricidad que puede almacenar durante la carga la batería, para después devolverla durante su descarga. Si definimos la capacidad nominal, C_{20} (Ah) es la energía que se extrae en 20 horas a una temperatura de 20°C. Considerando que la tensión entre terminales llegue a 1,8 V/vaso.
- Factor de rendimiento de la batería. Parámetro que se define como el cociente entre el valor de los amperios-hora que realmente se puede descargar de la batería dividido por el valor de los amperios-hora empleados en su carga.
- Autodescarga. Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20 °C. En general, los valores de autodescarga de las baterías empleadas no excederán del 6% de su capacidad nominal.
- Profundidad de descarga máxima ($PD_{m\acute{a}x}$). Se define como el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes que se produzca la desconexión del regulador, con objeto de proteger la durabilidad de la misma. Las profundidades de descarga máximas que se suelen considerar para un ciclo diario (profundidad de descarga máxima diaria) están en torno al 15-25%. [3]

Tipos de baterías

Dependiendo de la inversión que se quiera realizar, junto a la capacidad nominal de la batería que se quiera que depende de la potencia nominal instalada y a su vez el perfil del consumo del cliente tenemos diferentes alternativas:

- Baterías de plomo ácido abierto. Suponen un bajo coste acorde a pequeñas instalaciones tienen

una baja durabilidad y requieren de un mantenimiento constante con una capacidad estimada entre 50-300 Ah

- Baterías AGM «Absorbed Glass Mat». Libre de mantenimiento, sin emisiones entre 7-300 Ah.
- Baterías de Gel. Baterías selladas sin emisiones ni ningún mantenimiento. Precio intermedio entre las baterías de plomo ácido abierto y baterías AGM.
- Baterías estacionarias. Se encuentran las de plomo ácido (OPzS) y de gel (OPzV) cuyas características ya están explicadas anteriormente y suponiendo vasos de 2V tienen un intervalo de capacidad 150-4500 Ah.
- Baterías de litio. Entre sus características destacan una mayor densidad energética, más ligeras y ocupan un espacio reducido ideales para instalar en el interior de viviendas, junto a una durabilidad superior y libre de mantenimiento. Uno de los rasgos a destacar es una profundidad de descarga de hasta el 90 % de su capacidad sin afectar al funcionamiento de la misma, lo que repercute en un mayor tiempo de utilización. Su capacidad varía entre 100-330Ah.

En nuestra instalación no se decide incluir batería puesto que escogiendo batería de litio Huawei Luna2000 5kWh por una alta compatibilidad con los inversores Huawei monofásicos (elegido para nuestra instalación) y trifásicos nos sale un precio estimado de 2504,47€ a través de consultar autosolar (página con un amplio catálogo de productos de instalación fotovoltaica) por lo que debido a su alto precio no se incluiría en la instalación.

2.3.3. Regulador de carga

Su función principal recae en el control y la regulación del paso de la corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicas hacia las baterías.

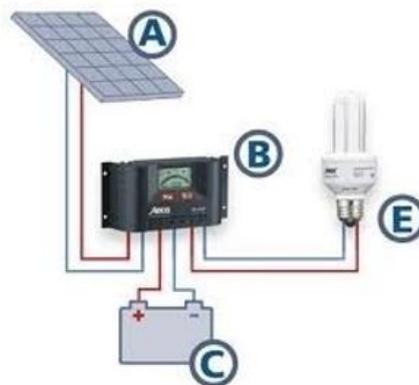


Figura 15. Emplazamiento del regulador (B)

Este dispositivo funciona como un cargador de baterías, evitando además que se produzcan sobrecargas y a la vez limitan la tensión de las baterías a unos valores adecuados para su funcionamiento. Junto a esto también interviene en el proceso de descarga destinado al consumo de electricidad en vivienda, evitando descargas excesivas que puedan dañar la vida de las baterías.

Conceptualmente, se concibe como un interruptor colocado en serie entre paneles y baterías, que está cerrado y conectado para el proceso de carga de las baterías, y abierto cuando las baterías están totalmente cargadas.

En la actualidad la mayoría de los reguladores de carga disponen de una función que permite maximizar la energía capturada por el generador fotovoltaico mediante el uso de una tecnología específica

de seguimiento y búsqueda del punto de máxima potencia de funcionamiento del generador (MPP, Maximum Power Point), también llamado MPP-tracking o MPPT (del inglés, track: seguir, rastrear). Finalmente tampoco se incluiría un regulador de carga ya que no se va a proceder a instalar la batería.[3]

2.3.4. Inversor o convertidor DC/AC

El convertidor de corriente DC/AC, también llamado inversor u ondulator, es un dispositivo electrónico de potencia encargado de convertir la corriente continua (DC) proveniente de los generadores fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para su consumo en la vivienda. Además sincroniza la frecuencia de la corriente inyectada con la de la red, adaptándola a las condiciones requeridas según el tipo de carga, garantizando así la calidad de la energía vertida en la instalación eléctrica de la vivienda.[3]



Figura 16. Inversor Huawei SUN 2000-6KTL-L1

En general los inversores en una instalación deben de cumplir una serie de exigencias, entre las que se encuentran:

- Una eficiencia que oscila entre el 90 % y el 97 % de relación entre la potencia activa de salida y de entrada. La potencia de entrada debe de ser lo más cercana o tratar de ser igual a la nominal de funcionamiento del inversor.
- Elementos que incorporen el rearme y desconexión automática del inversor.
- Poder admitir demandas instantáneas de potencia mayores de 150 % de su potencia máxima o nominal, para compensar los picos de arranque de los electrodomésticos.
- Ofrecer un bajo autoconsumo y baja distorsión armónica junto a un aislamiento galvánico con sistema de medida y monitorización.
- Incorporar controles manuales que permitan el encendido y apagado general de inversor y su conexión y desconexión a la interfaz AC de la instalación.
- Incluir protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, calentamiento excesivo, aislamiento y funcionamiento modo isla (desconexión del inversor en caso de valores anómalos de tensión y frecuencia de red)

La elección del inversor Huawei SUN2000-6KTL-L1 se basaría en el ajustado precio del mismo y por la amplia gama capaz de cubrir distintas necesidades. Con respecto a su instalación, se ofrece la posibilidad de instalarlo en el interior de la casa, integrando el inversor los elementos necesarios para su correcta conexión y un manual de instalación. Ofreciendo una garantía de producto durante unos 10 años.[3]

2.3.5. Cableado

Los sistemas fotovoltaicos, como toda instalación que queda permanente al aire libre, deben estar diseñadas para resistir las duras inclemencias meteorológicas (temperaturas ambientales extremas, radiación solar ultravioleta, humedad, resistencia a los impactos...) que condicionan la calidad de los materiales empleados.

El cable elegido puede elegirse según aislamiento XLPE o PVC en nuestro caso. El de protección de aislamiento XLPE presenta características eléctricas y térmicas mejoradas frente al PVC porque es un material termoestable, no cambia sus características cuando se somete a un cambio de temperatura y presión dieléctrica, bajo factor de pérdida y resistencia aumentada a la humedad.

Para la elección del cable para nuestra instalación nos hemos basado en el RD 842/2002 de Reglamento Electrotécnico de baja tensión a través de la tabla siguiente:

			3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR							
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁰				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre ¹¹ Distancia a la pared no inferior a 0,3D ¹⁰				3x PVC			2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹¹ Distancia a la pared no inferior a D ¹⁰					3x PVC				3x XLPE o EPR ¹¹		
G		Cables unipolares separados mínimo D ¹⁰								3x PVC ¹⁰		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	50	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	133	166
		35	77	86	96	104	110	119	131	144	154	182	206
		50	94	103	117	125	133	145	159	175	188	230	250
		70			140	160	171	185	202	224	244	321	321
		95			180	194	207	230	245	271	296	391	391
		120			208	225	240	267	284	314	348	455	455
		150			256	269	298	310	338	363	404	525	525
		185			268	297	317	354	386	415	464	601	601
		240			315	350	374	419	455	489	552	711	711
		300			360	404	423	484	524	565	640	821	821

Tabla 2. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. Nº de conductores con carga y naturaleza de aislamiento.

Elijiendo sección de 4 mm² para el cableado de las placas hasta el inversor y cable de 6 mm² y eligiendo la configuración B (cables aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra) nos saldría de intensidad admisible 38 y 49 A respectivamente. En el apartado 3.5.2. están el resto de cálculos.

CAPÍTULO III: MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1. ANTECEDENTES: PROMOTOR, TÉCNICO, OBJETO DEL ENCARGO

3.1.1. Promotor

Razón social: Salvador Pereira González
Domicilio social: Plza de la Libertad , 14, Llano del beal 30381, Cartagena
Término municipal: Cartagena
CP: 30381
Provincia: Murcia

3.1.2. Emplazamiento instalación

Plaza de la libertad , 14, 30381 Llano del beal, Cartagena (Murcia)

3.1.3. Técnico

El técnico redactor de la presente Memoria Técnica es el ingeniero mecánico Alberto Pereira Sánchez

Los datos identificativos del técnico son los siguientes:

Nombre completo: Alberto Pereira Sánchez
NIF: 17468615T
Titulación: Ingeniero Mecánico

Para la realización de la memoria técnica es requisito indispensable estar colegiado por el COITIRM (Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Industriales de la Región de Murcia)

3.1.4. Potencia instalación

La potencia pico de la instalación es de: 3,22 kWp

3.1.5. Presupuesto total ejecución material

Descripción	Cantidad	Precio Unidad	Total
Panel monocristalino JA Solar 460W (MC4)	7	175,32	1227,24
Huawei SUN 2000-6KTL-L1	1	1111,16	1111,16
Estructura a 30º	7	78,54	549,78
Bloques de hormigón	7	17,76	124,32
Dispositivo de monitorización Huawei Smart Power Sensor M	1	125,23	125,23
Cable solar 1x4 (negro y rojo)	30	2,15	64,5
Cable Unipolar Monofásico 6 (FNT)	3	3,25	9,75
Cuadro AC Monofásico(Dif.40A Tipo A, IGA, Trans)	1	156,38	156,38
Canalización hasta 40 m	1	140,36	140,36

Tabla 3. Presupuesto de ejecución material

El presupuesto asciende a la cantidad de: 3.508,72 € sin incluir IVA.

3.1.6. Objeto de esta memoria

El objeto de este proyecto es describir las principales características técnicas y de funcionamiento de la instalación de energía solar fotovoltaica de autoconsumo, asociada a un suministro de baja tensión existente, sirviendo de base para la ejecución de esta, contando para ello, y dando cumplimiento a la legislación vigente. Y así mismo solicitar a la Administración, la autorización legal necesaria para proceder a su instalación y puesta en marcha.

3.1.7. Normativa aplicable

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (texto consolidado).
- Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal (texto consolidado).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (texto consolidado).
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (texto consolidado).
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (texto consolidado).

- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto Legislativo 2/2004 de 5 de marzo por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales.
- Ley 2/2020, de 27 de julio, de mitigación del impacto socioeconómico del COVID-19 en el área de vivienda e infraestructuras.
- Real Decreto 853/2021, de 5 de Octubre, por el que se regulan los programas de ayuda en materia de rehabilitación residencial y vivienda social del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

3.2. JUSTIFICACIÓN URBANÍSTICA

3.2.1. Clasificación y calificación

La edificación se encuentra en un suelo urbano según el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de 1987 de Cartagena.

3.2.2. Usos permitidos y previstos.

Vivienda unifamiliar.

3.2.3. Justificación de cumplimiento de Normas y Ordenanzas.

La instalación solar fotovoltaica de autoconsumo que se pretende efectuar cumple con lo establecido en la normativa urbanística del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) de 1987 de Cartagena.

Clasificación	
Clase de suelo	Suelo urbano
Ámbito de suelo	LL :: El Llano 
Origen del ámbito	Plan General Municipal de Ordenación de 1987 
Ordenación del ámbito	Plan General Municipal de Ordenación de 1987 
Planeamiento no previsto	
Planeamiento especial	
Estudio de detalle	
Ordenación	
Manzana	Manzana R0-PGMO-0805 
Norma	Vu1
Ejecución	
Unidad de actuación	
Sistemas Generales	
Sistema y subsistema	
Elemento de sistema	
Origen de los datos	
Datos obtenidos de la base de datos del planeamiento que se ha construido a partir de la digitalización manual del mismo o de la información vectorial suministrada por sus redactores.	

Figura 17. Clasificación del suelo

3.2.5. Justificación de la modificación en la envolvente y volumetría del inmueble.

Los paneles se colocarán de forma inclinada a la cubierta de teja inclinada de la vivienda, por lo que la modificación en la envolvente del inmueble consiste en añadir 7,80 m² en una disposición como se indica en el plano adjunto Plano 4: Alzado. La superficie de la vivienda es de 73 m².

La volumetría del inmueble se ve modificada al añadir un total de 7,15 m³. Siendo el volumen total de la vivienda de 438 m³, por tanto, la instalación solar fotovoltaica representa un incremento del volumen de +1,63%.

Módulos fotovoltaicos

Respecto a la composición general exterior de la vivienda en esta obra:

- No se produce una alteración de la configuración arquitectónica de la vivienda.
- No se genera una modificación del conjunto del sistema estructural del edificio ni se modifica su uso.

Respecto a la volumetría de la vivienda en esta obra:

- No se produce una variación del sistema estructural del inmueble sobre el que se localiza.

En cuanto al resto de componentes de la instalación, se acogen a la Ley 2/2020, de 27 de julio, de mitigación del impacto socioeconómico del COVID-19 en el área de vivienda e infraestructuras, artículo 4, apartado 25, punto g) Instalaciones de redes energéticas y de comunicaciones.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN ACTUAL

3.3.1. Situación y referencia catastral.

La Vivienda unifamiliar se sitúa en Plaza de la libertad, 14, 30381 Llano del beal, Cartagena (Murcia). Su referencia catastral es: 1166805XG9616N0001QL.



Figura 20. Localización aérea de la vivienda

Coordenadas UTM de la parcela: X=691.030 Y=4.166.410

Coordenadas GNSS: X= 37.624974625071154 Y=-0.8353844010904642.

3.3.2. Composición, Edad, Sistema constructivo, etc.

La Vivienda unifamiliar se construyó en el año 1958.

3.3.3. *Fotografías del estado actual.*



Figura 21. Fachada de la vivienda



Figura 22. Cubierta plana sobre el que se dispone el string 2



Figura 23. Cubierta plana sobre el que se dispone el string 1

3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS A EJECUTAR

3.4.1. Distribución, programa y usos.

El objetivo de este proyecto es la obtención de energía mediante formas de producción ecológicas, duraderas, deslocalizadas y rentables.

Según el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. En su artículo 4. Clasificación de modalidades de autoconsumo, la instalación fotovoltaica pertenece a: Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes, acogida a compensación:

Pertenecerán a esta modalidad, aquellos casos de suministro con autoconsumo con excedentes en los que voluntariamente el consumidor y el productor opten por acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes.

Se pretende realizar la instalación de un generador fotovoltaico de 4,6 kWp, mediante un inversor de 6 kW, con conexión Monofásico, conectada a la red interior del suministro asociado.

3.4.2. Superficies.

Los módulos fotovoltaicos ocuparán una superficie concreta en función de la distribución de los paneles en cada string, así:

String 1 Generador Fovovoltaico	
Módulo: JA SOLAR JAM72S20-460/MR	Acimut (α): 2°
Número de módulos en serie: 4	Inclinación (β): 30°
Numero de módulos: 4	Número de ramales en paralelo: 1
Área del Generador (m ²): 8,92	Potencia del generador (kW _p): 1,84

String 2 Generador Fovovoltaico	
Módulo: JA SOLAR JAM72S20-460/MR	Acimut (α): 2°
Número de módulos en serie: 3	Inclinación (β): 30°
Numero de módulos: 3	Número de ramales en paralelo: 1
Área del Generador (m ²): 6,69	Potencia del generador (kW _p): 1,38

Tabla 4. Descripción de los strings

3.4.3. Descripción de las soluciones constructivas.

3.4.3.1. Descripción de las técnicas constructivas y materiales a emplear, por partidas.

Los módulos fotovoltaicos se atornillarán a la cubierta mediante una perfilera de aluminio galvanizado, la sobrecarga que puede producir este conjunto sobre la cubierta es soportada por la estructura principal y secundaria del edificio, no afectando negativamente a la estabilidad de la estructura.

La estructura tendrá que soportar las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con DB SE-AE: Acciones en la edificación.

El diseño y la construcción de la estructura y fijaciones de los módulos permiten las dilataciones térmicas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

Los puntos de sujeción de las placas son suficientes en número, de manera que no se producen flexiones superiores a las permitidas por el fabricante.

La estructura se realiza para la orientación y el ángulo de inclinación según cálculos, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, así como la posibilidad de sustitución de elementos.

La perfilería soporte está fabricada en aluminio, consiguiendo una resistencia estructural y largavida a la intemperie. También, se emplea tortillería de acero inoxidable para la sujeción de los módulos.

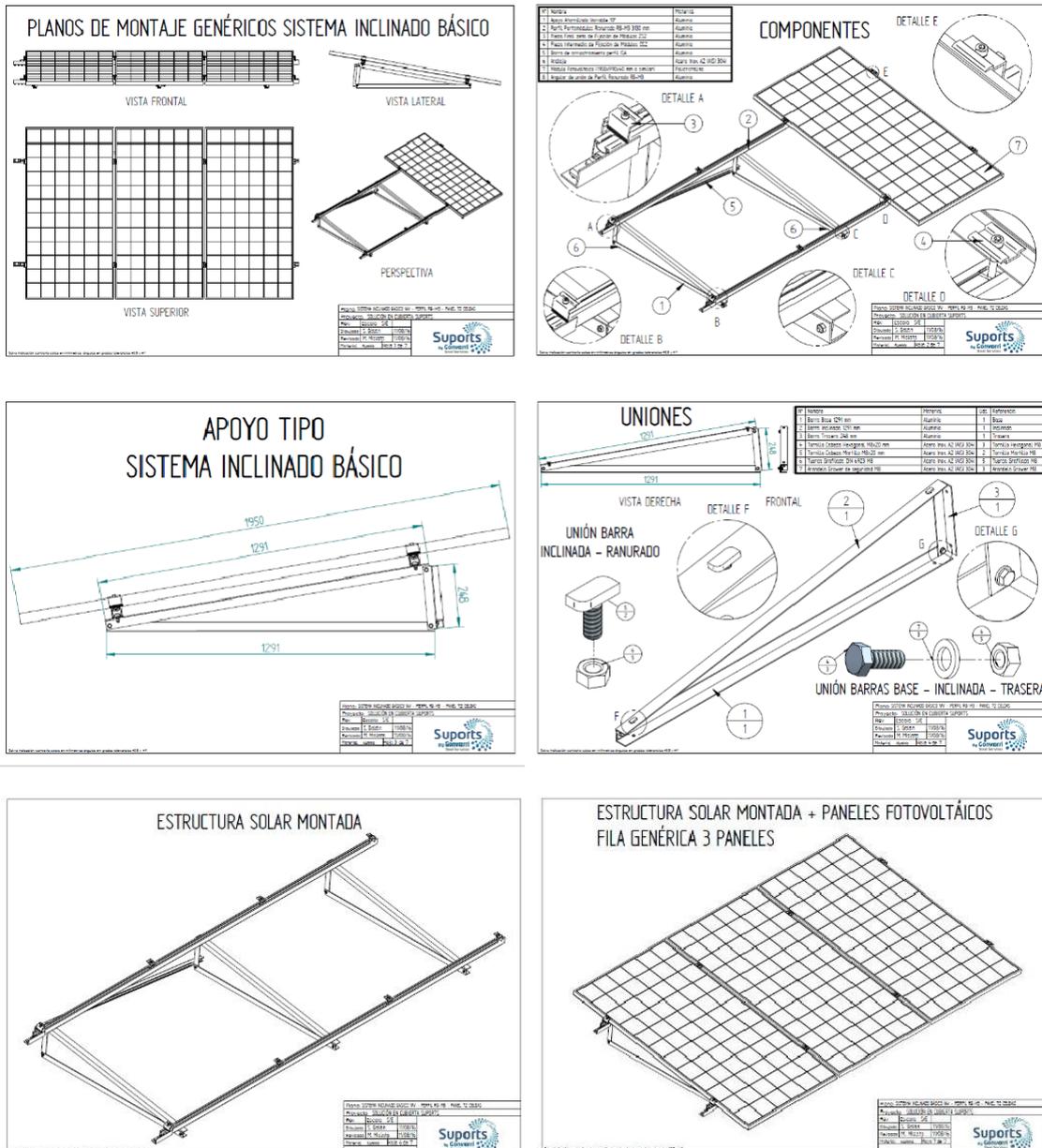


Figura 24. Estructura metálica sobre la que se disponen los paneles solares.

3.5. Descripción de las instalaciones y sus características técnicas.

3.5.1. Descripción de los equipos

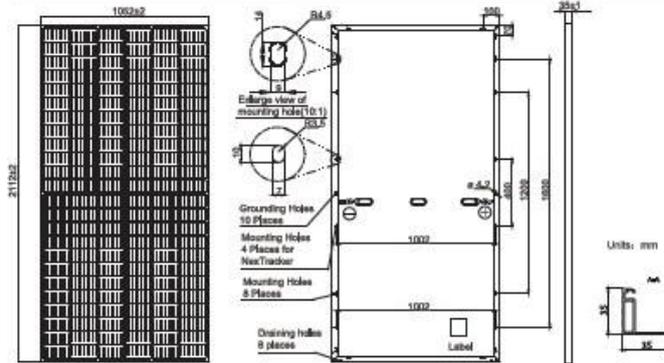
- *Módulos fotovoltaicos*

Los módulos fotovoltaicos que se pretenden instalar en el presente proyecto deberán de cumplir los siguientes requisitos básicos:

- Han de estar diseñados y contruidos de forma que cumplan toda la normativa vigente aplicable y estar debidamente homologados. Se procurará que la relación €/Wp sobre el precio de la instalación, sea lo más baja posible.
- Características eléctricas adecuadas: La tensión de máxima potencia, tensión de circuito abierto, corriente de cortocircuito, potencia máxima y potencia pico sean lo más similar posible, procurando que se cumpla una tolerancia de estos parámetros de unos $\pm 3\%$ para grandes instalaciones y un $\pm 5\%$ para pequeñas.
- Diferencia entre STC y TONC lo más baja posible.
- Facilidad de interconexión de los módulos.
- Facilidad de fijación del módulo a la estructura soporte.

Los módulos a instalar son 7 paneles JA SOLAR JAM72S20-460/MR, cuyas características vienen recogidas en la ficha técnica a continuación:

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	24,7kg±3%
Dimensions	2112±2mm×1052±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144 (6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4,10(1000V) QC 4,10-3S(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/pallet 662pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	445	450	455	460	465	470
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	49,56	49,70	49,85	50,01	50,15	50,31
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	41,21	41,52	41,82	42,13	42,43	42,69
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	11,32	11,36	11,41	11,45	11,49	11,53
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	10,80	10,84	10,88	10,92	10,96	11,01
Module Efficiency [%]	20,0	20,3	20,5	20,7	20,9	21,2
Power Tolerance	0→±5W					
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0,044%/°C					
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0,272%/°C					
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0,350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1,5G					

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

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

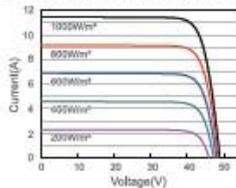
TYPE	JAM72S20 -445/MR	JAM72S20 -450/MR	JAM72S20 -455/MR	JAM72S20 -460/MR	JAM72S20 -465/MR	JAM72S20 -470/MR
Rated Max Power(P _{max}) [W]	336	340	344	348	352	355
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	46,65	46,90	47,15	47,38	47,61	47,84
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	38,95	39,19	39,44	39,68	39,90	40,10
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	9,20	9,25	9,29	9,33	9,38	9,42
Max Power Current(I _{mp}) [A]	8,64	8,68	8,72	8,76	8,81	8,86
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1,5G					
	*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa.					

OPERATING CONDITIONS

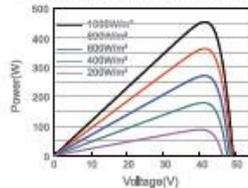
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse Rating	20A
Maximum Static Load, Front*	5400Pa(112 lb/ft ²)
Maximum Static Load, Back*	2400Pa(50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Power-Voltage Curve JAM72S20-455/MR



Current-Voltage Curve JAM72S20-455/MR

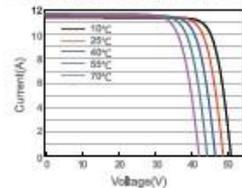


Figura 25. Ficha técnica panel solar JA Solar JAM72S20 460/MR

- *Inversor*

El funcionamiento de los inversores es el siguiente: trabajan conectados por su lado CC a un generador fotovoltaico, y por su lado CA a un transformador que adapta la tensión de salida del inversor a la red. Este transformador permite además el aislamiento galvánico entre la parte CC y la CA.

El inversor que se pretende instalar en presente proyecto deberán de cumplir los siguientes requisitos básicos:

- Ha de estar diseñado y construido de forma que cumpla toda la normativa vigente y estar debidamente homologado.
- Permitir la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, evitando el funcionamiento en modo isla, con lo que se garantiza la seguridad de los operarios de la compañía distribuidora.
- Deberá actuar como controlador permanente de aislamiento para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de resistencia de aislamiento.

Se pretende instalar un inversor SUN2000-6KTL-L1 cuyas características aparecen en la ficha técnica a continuación:

SUN2000-2/3/3.68/4/4.6/5/6KTL-L1
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 ¹⁾
Efficiency							
Max. efficiency	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
European weighted efficiency	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
Input (PV)							
Recommended max. PV power ²⁾	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Max. input voltage	600 V ³⁾						
Start-up voltage	100 V						
MPPT operating voltage range	90 V – 560 V ⁴⁾						
Rated input voltage	360 V						
Max. input current per MPPT	12.5 A						
Max. short-circuit current	18 A						
Number of MPPT trackers	2						
Max. number of inputs	2						
Input (DC Battery)							
Compatible Battery	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Operating voltage range	350 – 450 Vdc						
Max operating current	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Max charge power	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Max discharge Power @7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Max discharge Power @10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Compatible Battery	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh – 30kWh ¹⁾						
Operating voltage range	350 – 560 Vdc						
Max operating current	15 A						
Max charge Power	5,000 W ⁴⁾						
Max discharge Power	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Output							
Grid connection	Single phase						
Rated output power	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁵⁾	6,000 W
Max. apparent power	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	4,600 VA ⁶⁾	5,000 VA ⁷⁾	6,000 VA
Rated output voltage	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz						
Max. output current	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁸⁾	25 A ⁸⁾	27.3 A
Adjustable power factor	0.8 leading – 0.8 lagging						
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %						
Backup power output	Yes (via Backup Box-5000 ¹⁾)						
Protection & Feature							
Anti-islanding protection	Yes						
DC reverse polarity protection	Yes						
Insulation monitoring	Yes						
DC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11						
AC surge protection	Yes, compatible with TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11						
Residual current monitoring	Yes						
AC overcurrent protection	Yes						
AC short-circuit protection	Yes						
AC overvoltage protection	Yes						
Over-heat protection	Yes						
Arc fault protection	Yes						
Battery reverse charging from grid	Yes						
General Data							
Operating temperature range	-25 – +60 °C. (Derating above 45°C @ Rated output power)						
Relative operating humidity	0 %RH ~100 %RH						
Operating altitude	0 ~ 4,000 m (Derating above 2,000 m)						
Cooling	Natural convection						
Display	LED Indicators; Integrated WLAN + FusionSolar APP						
Communication	RS485, WLAN via Inverter built-in WLAN module						
Weight (incl. mounting bracket)	12.0 kg (26.5 lb)						
Dimension (incl. mounting bracket)	365mm * 365mm * 156 mm (14.4 x 14.4 x 6.1 inch)						
Degree of protection	IP65						
Optimizer Compatibility							
DC MBUS compatible optimizer	SUN2000-450W-P						
Standard Compliance (more available upon request)							
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Grid connection standards	G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, LITE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116						

¹⁾ Available in 2020 Q3.

²⁾ Inverter max input PV power is 10,000 Wp when long strings are designed and fully connected with SUN2000-450W-P power optimizers.

³⁾ The maximum input voltage and operating voltage upper limit will be reduced to 485 V when inverter connects and works with LG battery.

⁴⁾ 2,500 W @ 560V; HUAWEI ESS battery

⁵⁾ AS4777.2: 4000W; ⁶⁾ VDE-AR-N-4105: 4000VA; ⁷⁾ AS4777.2: 4000VA; ⁸⁾ AS4777.2: 21.7A.

Figura 26. Ficha técnica inversor Huawei SUN 2000-6KTL-L1

3.5.2. Instalación eléctrica

Teoría para el cálculo

Para determinar la sección de los cables se emplearán tres métodos de cálculo distintos:

- Calentamiento.
- Limitación de la caída de tensión en la instalación (momentos eléctricos).
- Limitación de la caída de tensión en cada tramo.

Se adoptará la sección nominal más desfavorable de las tres resultantes, tomando como valores mínimos 1,50 mm² para alumbrado y 2,50 mm² para fuerza.

CÁLCULO DE LA SECCIÓN POR CALENTAMIENTO.

Se aplicará para el cálculo por calentamiento lo expuesto en la norma UNE 20.460-94/5-523. La intensidad máxima que debe circular por un cable para que éste no se deteriore viene marcada por las tablas 52-C1 a 52-C12. En función del método de instalación adoptado de la tabla 52-B2, se determinará el método de referencia según 52-B1, que indicará la tabla de intensidades máximas que se ha de utilizar en función del tipo de cable.

La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores, como son: la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc. que, generalmente, reducen su valor. Se hallará el factor de corrección por temperatura ambiente a partir de las tablas 52-D1 y 52-D2. El factor de corrección por agrupamiento se obtiene de las tablas 52-E1, 52-E2, 52-E3 A y 52-E3 B. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, se aplicará directamente un factor de corrección de 0,9.

Para determinar la intensidad máxima admisible del cable, se buscará en las tablas correspondientes la intensidad para la sección adoptada y se multiplicará por los factores correctores.

Las intensidades de cálculo serán:

Para instalaciones en corriente continua:

$$I = P/V$$

Para instalaciones en corriente alterna monofásica:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

Para instalaciones en corriente alterna trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red del IDAE, El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100% de la potencia nominal. Por lo tanto, se tomará $\cos \varphi = 1$.

MÉTODO DE LOS MOMENTOS ELÉCTRICOS

Este método permitirá limitar la caída de tensión en toda la instalación a 4,50% para alumbrado y 6,50% para fuerza. Para ejecutarlo, se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Distribución monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot \lambda}{K \cdot e \cdot U_n}; \quad \lambda = \sum(L_i \cdot P_i)$$

Siendo:

S	=	Sección del cable (mm ²)
λ	=	Longitud virtual (m·W).
e	=	Caída de tensión (V)
K	=	Conductividad (m/Ω·mm ²).
L_i	=	Longitud desde el tramo hasta el receptor (m)
P_i	=	Potencia consumida por el receptor (W)
U_n	=	Tensión de fase (V)

- Distribución trifásica:

$$S = \frac{\lambda}{K \cdot e \cdot U_n}; \quad \lambda = \sum(L_i \cdot P_i)$$

Siendo:

U_n	=	Tensión de línea (V)
-------	---	----------------------

CAÍDA DE TENSIÓN

El REBT establece que, para instalaciones interiores o receptoras, no deberán superarse en ningún caso los siguientes valores de caída de tensión: 3% de la tensión nominal para receptores de alumbrado y 5% para receptores de fuerza motriz (todo aquello que no es alumbrado). En este caso, los valores de caídas de tensión se han definido en apartados anteriores. Para instalaciones generadoras en baja tensión se establece un límite del 1,5%.

La caída de tensión será diferente si la corriente es continua o alterna y dentro de la alterna si es monofásica o trifásica. Por todo ello las fórmulas para el cálculo de las caídas de tensión quedan de la siguiente manera:

Para instalaciones en corriente continua o en corriente alterna monofásica:

$$U = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot V^2 \cdot S} \cdot 100$$

Para instalaciones en corriente alterna trifásica:

$$U = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot V^2 \cdot S} \cdot 100$$

Donde:

U	=	Caída de tensión producida (%).
P	=	Potencia consumida (W).
L	=	Longitud de la línea (m).
γ	=	Conductividad del material, Cu o Al (m/Ω·mm ²).
V	=	Tensión nominal de la línea (V).
S	=	Sección de la línea (mm ²).

Cálculos justificativos de la caída de tensión.							
Tramo	Distancia (m)	Tensión (V)	Intensidad (A)	125% Intensidad (A)	Potencia (kW)	Sección (mm ²)	Caída de tensión (%)
A-B	8	500,1	11,45	14,31	1,84	4	0,313%
A'-B	10	500,1	11,45	14,31	1,38	4	0,521%
B-C	4	230	26,09	32,61	6	6	0,257%
C-D	4	230	26,09	32,61	6	6	0,257%
							0,738%

Cálculos justificativos por calentamiento del cable. ITC-BT-19. Tabla 1.1										
Tramo	Sección (mm ²)	Material conductor	Tipo de instalación	Aislamiento	Intensidad admisible (A)	Temperatura (°C)	Factor de corrección por temperatura	Número de cables	Factor de corrección por agrupamiento	Intensidad (A)
A-B	4	COBRE	F	XLPE	45	40	1	5	0,6	27
A'-B	4	COBRE	F	XLPE	45	40	1	5	0,6	27
B-C	6	COBRE	B	XLPE	49	40	1	3	0,8	39,2
C-D	6	COBRE	B	XLPE	49	40	1	3	0,8	39,2

Comparación de la intensidad por caída de tensión y por calentamiento.			Protecciones.		
Tramo	Caída de tensión	Calentamiento del cable	Magnetotérmicos	Diferenciales	Sobretensiones
A-B	14,31	27	Integradas en el inversor. 25 A	Integradas en el inversor. 40 A / 30 mA	Integradas en el inversor. 15 kA
B-C	32,61	39,2			
C-D	32,61	39,2			

Tabla 5. Cálculos eléctricos de la instalación

Se puede observar que la intensidad que soportaría el cable por calentamiento es mayor a la que soportaría para cumplir la condición de caída de tensión inferior a 1,5%, por tanto, cumple las condiciones especificadas por la ITC-BT-19 Tabla 1. La sección del neutro será igual a la de las fases y la de la toma de tierra será igual a la del neutro para secciones inferiores a 16 mm², como es el caso, tal como indica la ITC-BT-18.

Contadores y protecciones

- Contador: Según estipula el RD244/2019 en la instalación actualmente expuesta no se precisa de la instalación de un contador adicional.
- Protecciones.
 - Interruptor automático diferencial tipo A: Con las características adecuadas para proteger a las personas en el caso de derivación. Recomendación de utilizar diferenciales superinmunizados para evitar disparos intempestivos.
 - PIAS: pequeños interruptores automáticos para proteger las líneas.
 - Protector de sobretensiones transitorias.
 - Puesta a tierra: La puesta de tierra de la instalación comprenderá a los módulos, la estructura de módulos, los inversores y las bandejas metálicas, creando una única red equipotencial.

Dispositivo	polos	U _n	I _n (A)
Diferencial	2	230	40
PIAs	2	230	25

Tabla 6. Características de dispositivo de protección

Los cuadros de protecciones que se van a montar serán estancos y tendrán protección IP-65.

Sobretensiones

Se colocará una protección para sobretensiones permanentes y transitorias según lo establece el REBT en la ITC-BT-40.

Cálculo del sistema de protección contra contactos indirectos

Serán conductores aislados y adoptando los medios adecuados para que las partes bajo tensión sean inaccesibles.

La protección contra contactos indirectos se realizará conectando a tierra todas las masas metálicas de la instalación e instalando, además, interruptores automáticos diferenciales.

3.6. Producción anual estimada y cálculo de pérdidas

Para la estimación de la energía producida anualmente, se procederá según el método establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Conexión a Red del IDAE.

PRODUCCIÓN ESPERADA: **5503,30 kWh/año**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Producción (kWh)	365,66	372,18	474,32	503,35	547,34	558,53	572,33	548,47	469,57	418,67	338,84	334,24	5503,30

Tabla 7. Producción anual estimada

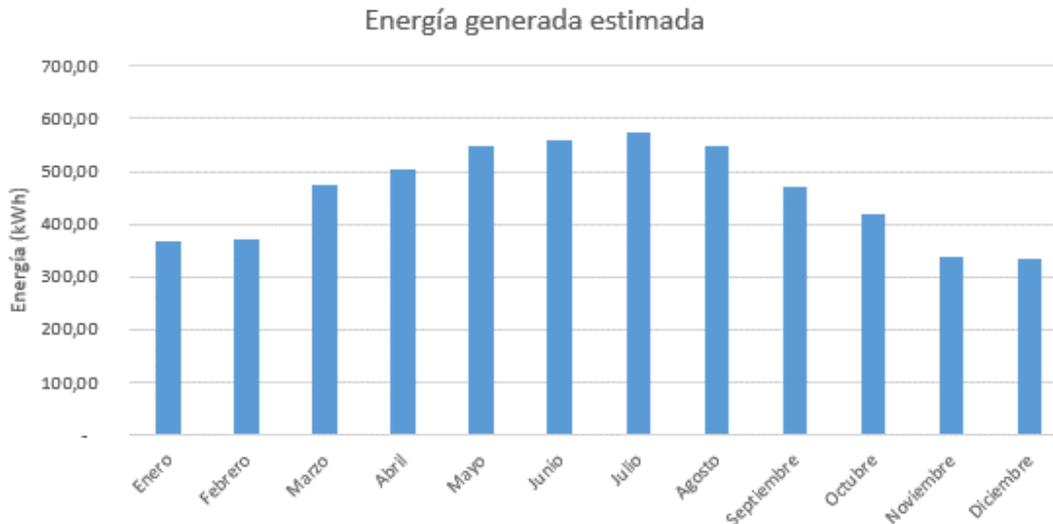


Figura 27. Energía generada estimada por la instalación.

3.6.1. Consumo anual previsto

Siempre que se desee llevar a cabo una instalación de autoconsumo se ha de conocer el consumo del interesado para poder ofrecer el diseño más exacto. Se calcula un consumo anual de 4,4 MWh.

3.6.2. Pérdidas por orientación e inclinación (L_{oi})

El campo fotovoltaico tiene una única orientación. El string 1 y 2 posee una orientación de 2° hacia el sureste dispuesto sobre una estructura inclinada a 30° sobre una cubierta plana.

Las pérdidas por orientación e inclinación son 2,68%.

3.6.3. Pérdidas por sombras (L_{somb})

No existe ningún elemento que produzca sombras en la instalación.

3.6.4. Pérdidas por temperatura (L_{Temp})

Siguiendo el Pliego de Condiciones Técnicas de Conexión a Red del IDAE, para determinar la temperatura de célula utilizaremos la fórmula:

$$T_c = T_{amb} + I_{inc} \cdot \frac{(T_{ONC} - 20)}{800}$$

$$L_{Temp} = (T_c - 25) \cdot \frac{\Delta_{y\%}}{^{\circ}\text{C}} = (\%)$$

Donde:

L_{Temp} : Pérdidas por temperatura

T_c : Temperatura de la célula

T_{amb} : Temperatura ambiente

I_{inc} (W/m^2): Irradiancia

T_{ONC} : Temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de $800 W/m^2$, temperatura ambiente de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, velocidad del viento 1 m/s . Para este módulo es $45 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$

$\Delta\eta\%$: Incremento de las pérdidas por unidad de temperatura, dato del fabricante

La temperatura afecta principalmente a los valores de tensión de la característica I-V, y tiene sumayor influencia en la tensión de circuito abierto, aunque también modifica los valores del punto de máxima potencia y el valor de I_{cc} .

Tomando los datos de temperatura en la provincia por meses de acuerdo con el Instituto Nacional de Meteorología de España, obtenemos unas pérdidas por temperatura de valor $7,84\%$.

3.6.5. Eficiencia del cableado (L_{cab})

Para el cálculo de las pérdidas en los cables utilizaremos las siguientes fórmulas, de acuerdo conel Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

$$L_{cab} = RI^2$$
$$R = 0,000002 \cdot \frac{L}{S}$$

Donde:

R: valor de la resistencia eléctrica de los cables, en ohmios.

L: longitud de todos los cables (sumando la ida y el retorno), en cm.

S: sección de cada cable, en cm^2 .

I: intensidad que circula por el cable.

En este caso las pérdidas asociadas al cableado corresponden al $0,3\%$.

3.6.6. Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad (L_{suc})

Las pérdidas por polvo se pueden encontrar entre el 0% y el 8% cuando los módulos presentan niveles de suciedad moderados. Dado que la instalación no se encuentra próxima a caminos u otras fuentes de polvo similares, imponemos la hipótesis de unas pérdidas del 3% .

La potencia de todos los módulos fotovoltaicos no es exactamente idéntica, y aunque dos módulos tengan la misma potencia, lo más normal es que sus puntos de máxima potencia no sean iguales. Esto trae consigo que, al ponerlos en serie, se produzca una pérdida de potencia estimada entorno al 2% .

3.6.7. Pérdidas por errores en el seguimiento del PMP (L_{PMP})

Una de las funciones más importantes de los inversores de conexión a la red es hacer trabajar al campo fotovoltaico en el Punto de Máxima Potencia, sin embargo, se considera que se producen unos errores de aproximadamente un 1%.

3.6.8. Rendimiento del inversor (L_{inv})

El rendimiento del inversor en operación definida conforme a las características de tensión y frecuencia de salida de alterna del inversor, reguladas por el punto 4 del artículo 11 del R.D. 1663/2000 se encuentra en el 97,9%. Siendo las pérdidas del valor de 2,1%.

3.6.9. Otras pérdidas (L_{ot})

Bajo este concepto vamos a incluir pérdidas en los equipos de protección, bornes, equipos de medida, etc. Todo ello se estima en un 2% de pérdidas.

3.7. Performance Ratio (PR)

$$PR = 1 - (L_{oi} + L_{somb} + L_{Temp} + L_{cab} + L_{suc} + L_{PMP} + L_{inv} + L_{ot}) \approx 83\%$$

3.8. ANEXOS TÉCNICOS

3.8.1. Justificación de accesibilidad

La instalación de los paneles fotovoltaicos se realizará sobre una cubierta no transitable.

Se realizará la implementación de la instalación de acuerdo con:

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995. Artículo 20. Medidas de Emergencia.
- Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997).
- R.D. 486/97 de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 773/1997 de 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D 2177/2004 de 12 de noviembre por el que se modifica el RD 1215/97 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores y equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.

El personal cualificado accederá a la cubierta por medio de plataformas elevadoras estables y certificadas. Los trabajos se efectuarán con un mínimo de 2 personas.

Cuando las condiciones climatológicas lo desaconsejen, se suspenderán los trabajos. En caso de lluvia o si la velocidad del viento es igual o superior a los 40 km/h se suspenderán los trabajos y se retirarán los materiales de la cubierta.

3.8.2. Justificación de vías de evacuación y prevención de incendios

Se seguirán los planes de evacuación del emplazamiento. Como medida de prevención de incendios se dispondrá de un extintor especial para fuegos eléctricos.

3.8.3. Estudio básico de seguridad y salud

A continuación, se muestra un estudio de identificación de riesgos y prevención de estos:

- **En cimentación y estructuras:**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel
- Caídas de operarios al vacío.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, alcances y vuelco de camiones.
- Lesiones y/o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Ruidos y contaminación acústica.
- Vibraciones.
- Ambiente pulvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto de hormigón.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Inhalación de vapores.
- Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de entibaciones.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Contagios por lugares insalubres.
- Explosiones e incendios.
- Derivados de medios auxiliares y usados.
- Radiaciones y derivados de la soldadura.
- Quemaduras en soldadura oxicorte.
- Derivados acceso al lugar de trabajo.

Medidas preventivas:

- Marquesinas rígidas.
- Pasos a pasarelas.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasa resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- Arnéses.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Distancia de seguridad a las líneas eléctricas.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Cinturón antivibratorio.
- Ropa de trabajo.
- Traje de agua (impermeable).

● **Albañilería y cerramientos:**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Caída Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos, aplastamientos en medios de elevación y transporte.
- Lesiones y/o cortes en pies.
- Sobreesfuerzos.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Vibraciones.
- Ambiente pluvígeno.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Dermatitis por contacto de cemento y cal.
- Contactos eléctricos directos.
- Contactos eléctricos indirectos.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.

Medidas preventivas:

- Marquesinas Rígidas.
- Mallazos.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Andamios adecuados.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.

- Botas o calzado de seguridad.
 - Guantes de lona y piel.
 - Guantes impermeables.
 - Gafas de seguridad.
 - Protectores auditivos.
 - Cinturón de seguridad.
 - Ropa de trabajo.
- **Instalaciones (eléctricas):**
 - Riesgos más frecuentes:
 - Caídas de operarios al mismo nivel.
 - Caídas de operarios a distinto nivel.
 - Caída de operarios al vacío.
 - Caídas de objetos sobre operarios.
 - Choques o golpes contra objetos.
 - Atrapamientos y aplastamientos.
 - Lesiones y/o cortes en manos.
 - Lesiones y/o cortes en pies.
 - Sobreesfuerzos.
 - Ruido, contaminación acústica.
 - Cuerpos extraños en los ojos.
 - Afecciones en la piel.
 - Contactos eléctricos directos.
 - Contactos eléctricos indirectos.
 - Ambientes pobres en oxígeno.
 - Inhalación de vapores y gases.
 - Trabajos en zonas húmedas o mojadas.
 - Explosiones e incendios.
 - Derivados de medios auxiliares usados.
 - Radiaciones y derivados de soldadura.
 - Quemaduras.
 - Derivados de medios auxiliares usados.
 - Derivados del almacenamiento inadecuado de productos combustibles.
 - Medidas preventivas:
 - Mallazos.
 - Tableros o planchas en huecos horizontales.
 - Escaleras auxiliares adecuadas.
 - Escalera de acceso peldañeada y protegida.
 - Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
 - Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
 - Plataformas de descarga de material.
 - Evacuación de escombros.
 - Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
 - Andamios adecuados.
 - Cinturones de seguridad y cables de longitud y resistencia adecuada para limpiadores de ventanas.

- Cinturones de seguridad y resistencia adecuada para reparar tejados y cubiertas inclinadas.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.

Botiquín:

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curvas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa instaladora.

Trabajos posteriores:

En el apartado 3 del artículo 6 del real Decreto 1627/1997 establece que en el Estudio básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

- **Reparación, conservación y mantenimiento.**

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel en suelos
- Caídas de altura por huecos horizontales
- Caídas por resbalones
- Reacciones químicas por productos de limpieza y líquidos de maquinaria
- Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterioro de sistemas eléctricos
- Explosión de combustibles mal almacenados
- Fuego por combustibles, modificación de elementos de instalación eléctrica o por acumulación de desechos peligrosos
- Impacto de elementos de la maquinaria, por desprendimientos de elementos constructivos, por deslizamiento de objetos, por roturas debidas a la presión del viento, por roturas por exceso de carga
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Toxicidad de productos empleados en la reparación o almacenados en el edificio
- Vibraciones de origen interno y externo
- Contaminación por ruido

Medidas preventivas:

- Anclajes de cinturones fijados a la pared para a limpieza de ventanas no accesibles
- Anclajes de cinturones para reparación de tejados y cubiertas.

Medidas preventivas:

- Casco de seguridad
- Ropa de trabajo
- Cinturones de seguridad y cables de longitud y resistencia adecuada para limpiadores de ventanas
- Cinturones de seguridad y resistencia adecuada para reparar tejados y cubiertas inclinadas.

Coordinador en materia de seguridad y salud:

La designación del Coordinador en la fase de proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona. El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y el personal actúen y aplique de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

3.8.4. Estudio de gestión de residuos

Al no realizar ninguna labor de albañilería, sino simplemente una canalización eléctrica superficial en la pared, no se generan residuos de construcción, demolición o reforma.

Para los residuos generados (embalajes de cartón de los equipos, plásticos protectores de las canaletas y cableado cortado sobrante) se dispondrá de bolsas de plástico que posteriormente se reciclarán en sus respectivos contenedores.

La instalación realizada cumple con lo dispuesto en el *REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*. Ya que, atendiendo al *Artículo 3. Ámbito de aplicación*:

1. *Este real decreto será de aplicación a los **residuos de construcción y demolición definidos en el artículo 2.***

En el *Artículo 2. Definiciones*, se define *Residuo de construcción y demolición*:

*Cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “Residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genere en una **obra de construcción o demolición.***

En ese mismo artículo, se define como *Obra de construcción o demolición*:

La actividad consistente en:

1. *La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.*
2. *La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que les sea de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos en industrias extractivas.*

Dado que para la instalación propuesta no se realiza ninguna de las actividades consideradas como *Obra de construcción o demolición*, este Real Decreto no resulta de aplicación.

Capítulo IV: Viabilidad económica de la instalación

4.1. Estudio presupuesto de instalación

Teniendo en cuenta el presupuesto de ejecución material del capítulo 3 incluyendo mano de obra, visados, redacción de memoria técnica, etc.. aplicando el 21 % de I.V.A. (Impuesto de Valor Añadido) y sin incluir el I.V.A. respecto a tasas del ayuntamiento e ICIO nos daría un presupuesto total de instalación indicado en la figura siguiente:

Descripción	Cantidad	Precio Unidad	Subtotal
Panel monocristalino JA Solar 460W (MC4)	7	175,32	1227,24
Huawei SUN 2000-6KTL-L1	1	1111,16	1111,16
Estructura a 30º	7	78,54	549,78
Bloques de hormigón	7	17,76	124,32
Dispositivo de monitorización Huawei Smart Power Sensor M	1	125,23	125,23
Cable solar 1x4 (negro y rojo)	30	2,15	64,5
Cable Unipolar Monofásico 6 (FNT)	3	3,25	9,75
Cuadro AC Monofásico(Dif.40A Tipo A, IGA, Trans)	1	156,38	156,38
Canalización hasta 40 m	1	140,36	140,36
Mano de obra	1	650	650
Visados,redacción de memoria,industria,certificado energético,presentación subvención	1	560	560
Tasas ayuntamiento e ICIO	1	240	240
		Total	5949,65

Tabla 8. Presupuesto total de la instalación

4.2. Amortización de diferentes escenarios

Partimos de la base del perfil de consumo. En este caso se ha elegido las facturas de la luz del periodo 2020-2021 puesto que era el año más próximo con mayor número de datos de registro de energía por día con tarifa 2.0 TD. Para la recopilación de datos se ha accedido a la base de datos de i-de (Iberdrola) en el cual nos sale el registro por hora anualmente, a partir del cual se ha llegado a la curva de consumo energético que se muestra en la figura siguiente:

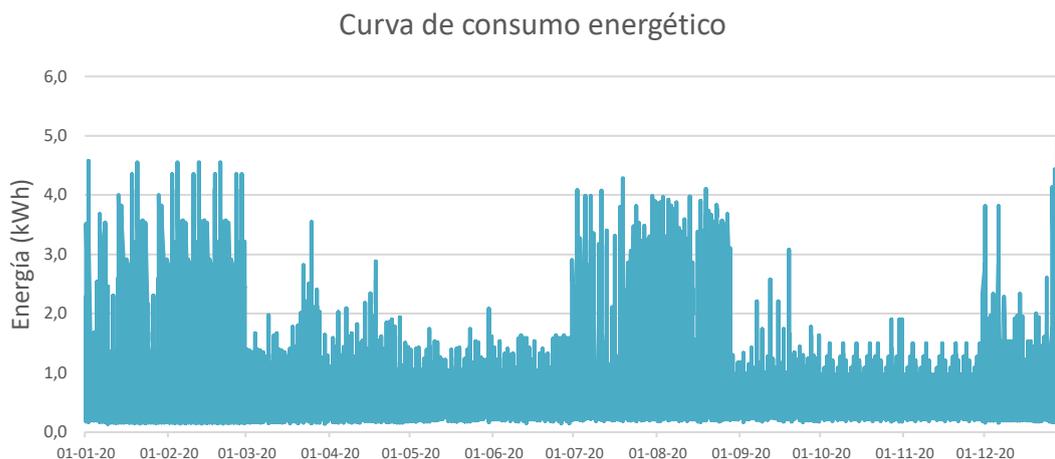


Tabla 9. Curva consumo energético 2020-2021 de vivienda

Considerando las facturas de luz precios/tarifas correspondientes del periodo 2020-2021 quedaría la potencia y energía en distintos periodos definidas en la siguiente tabla:

		Precios/tarifa 2.0TD	
Potencia (€/kW día)	P1	0,0926 €	
	P2	0,0124 €	
Energía (€/kWh)	P1	0,3143 €	
	P2	0,2664 €	
	P3	0,2326 €	

Tabla 10. Precios potencia y energía en tarifa 2.0TD

A partir de aquí, se quiere evaluar diferentes alternativas contrastando el consumo con el precio del excedente de nuestra instalación. El precio del excedente para autoconsumo por el mecanismo de compensación simplificada varía según día/mes/año ya que va variando el precio de la energía, en la siguiente gráfica queda reflejado:

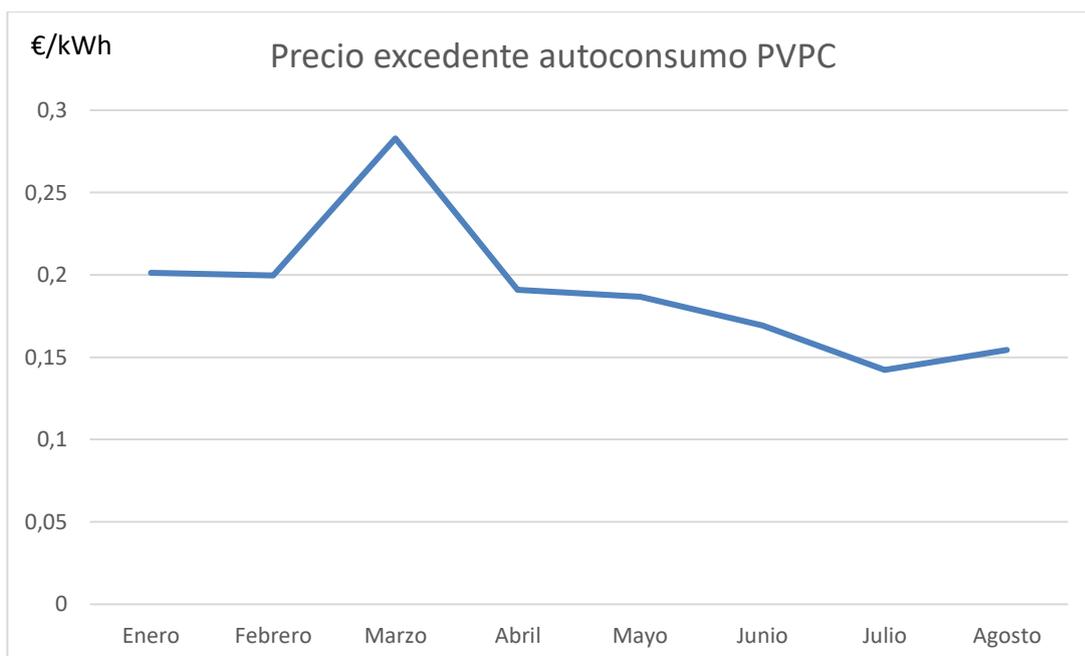


Tabla 11. Precio autoconsumo PVPC del excedente energético en el año 2022. Fuente: REE

Para evaluar la amortización de la instalación hemos valorado el precio (€/kWh) en el año 2022 correspondiente a los meses comprendidos entre Abril y Julio en los que se muestra un precio más estable que los meses anteriores. Se valorarán diferentes escenarios en los que se escogerán los meses de Abril, Junio y Julio junto a esto se tendrá en cuenta el total de las ayudas que al proyecto en cuestión le correspondería.

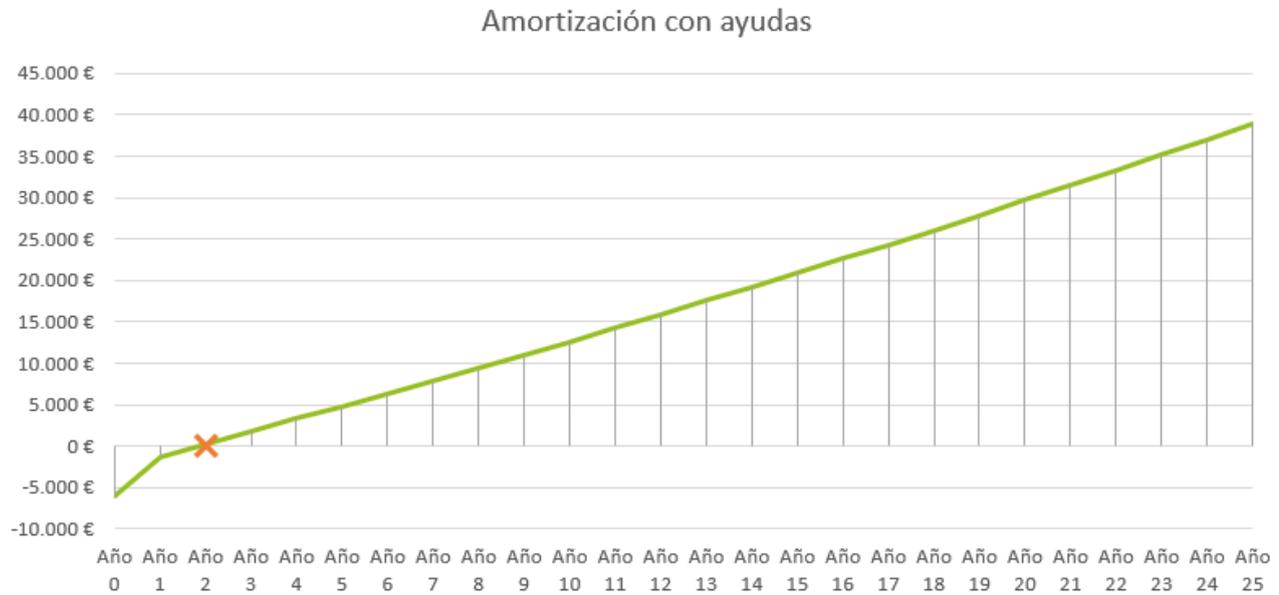
En el caso de la comunidad autónoma de la Región de Murcia existe el Real Decreto 853/2021, de 5 de Octubre por el que se regulan los programas de ayuda en materia de rehabilitación residencial y vivienda social del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia mediante el cual si se consigue una reducción del 30 % en el consumo de energía primaria en la vivienda se tendría acceso a una subvención del 40 % del precio total de la instalación solar fotovoltaica.

En el caso del ayuntamiento de Cartagena al que pertenecería la vivienda sobre la que se quiere realizar la instalación, tendríamos acceso a una bonificación del IBI (Impuesto de Bienes e Inmuebles) del 50 % durante 3 años. También existe una bonificación del ICIO (impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras) del 2 % con respecto al presupuesto de ejecución material.

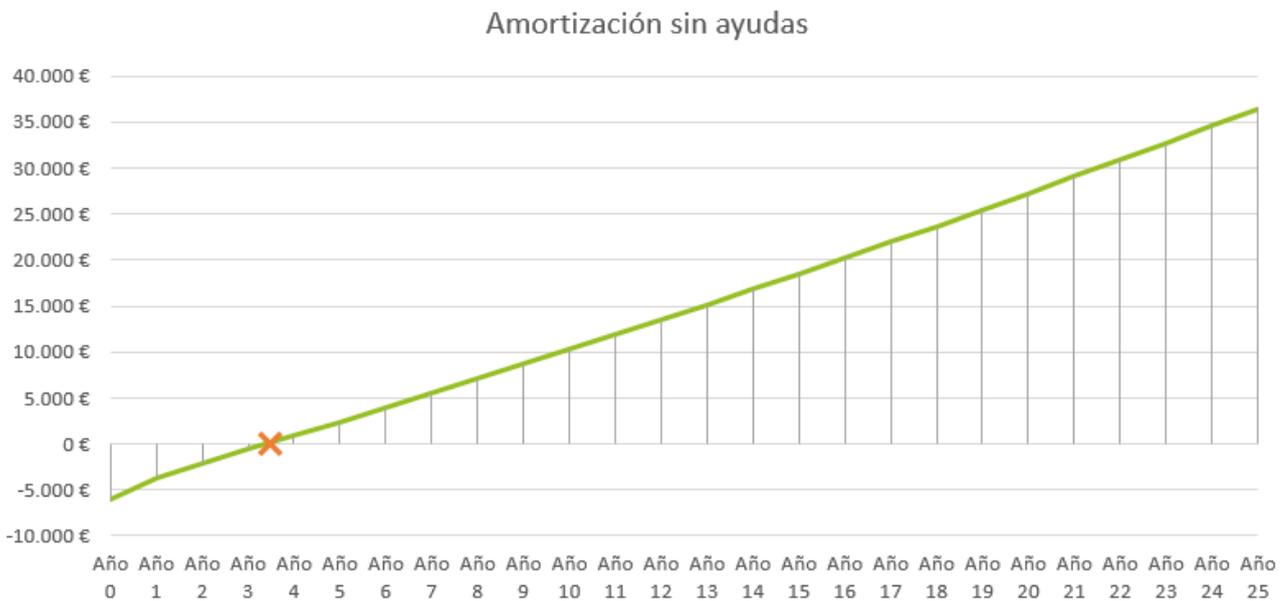
Junto a esto existe una deducción de un 10 % al hacer la declaración de la renta si nos sale a devolver con respecto a la inversión total del proyecto de instalación de recursos energéticos procedentes de fuentes de energías renovables (energía solar fotovoltaica). Como límite máximo tenemos 10000 euros en el presupuesto total de la instalación, por lo que como máximo se desgravaría 1000 euros por año.

4.2.1. Escenario optimista

Consideramos el mes de Abril con un precio de excedente de autoconsumo de 0,1911 (€/kWh) el más alto de los meses comprendidos entre Abril y Agosto.



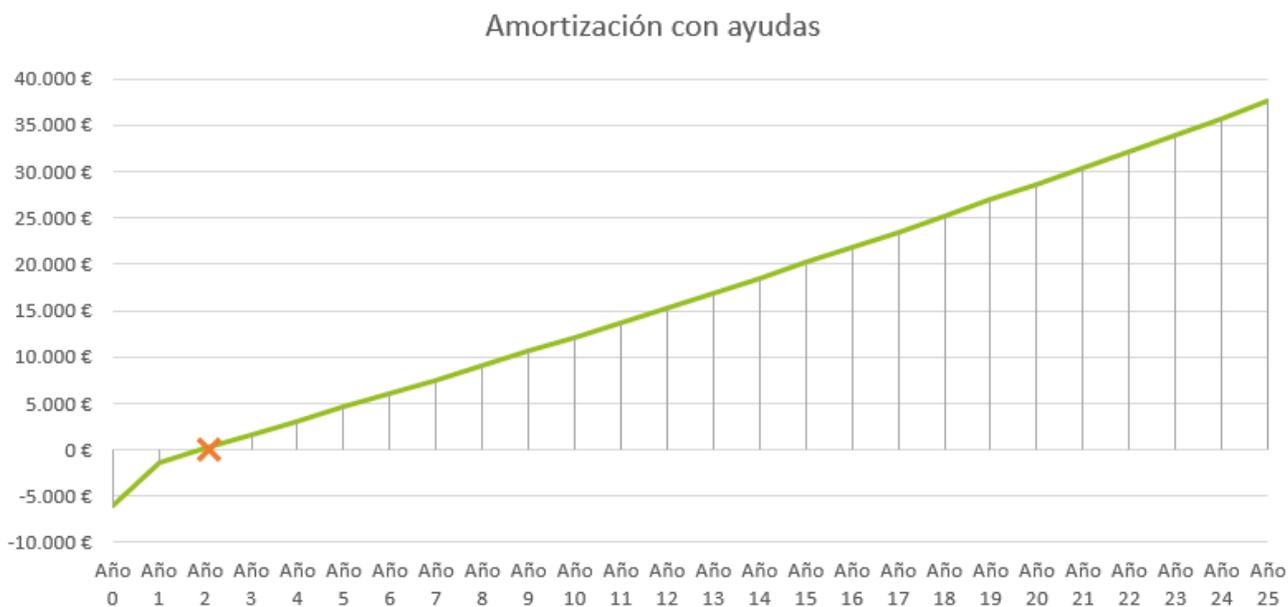
En 2 años la instalación estaría totalmente amortizada con las ayudas que hemos mencionado antes.



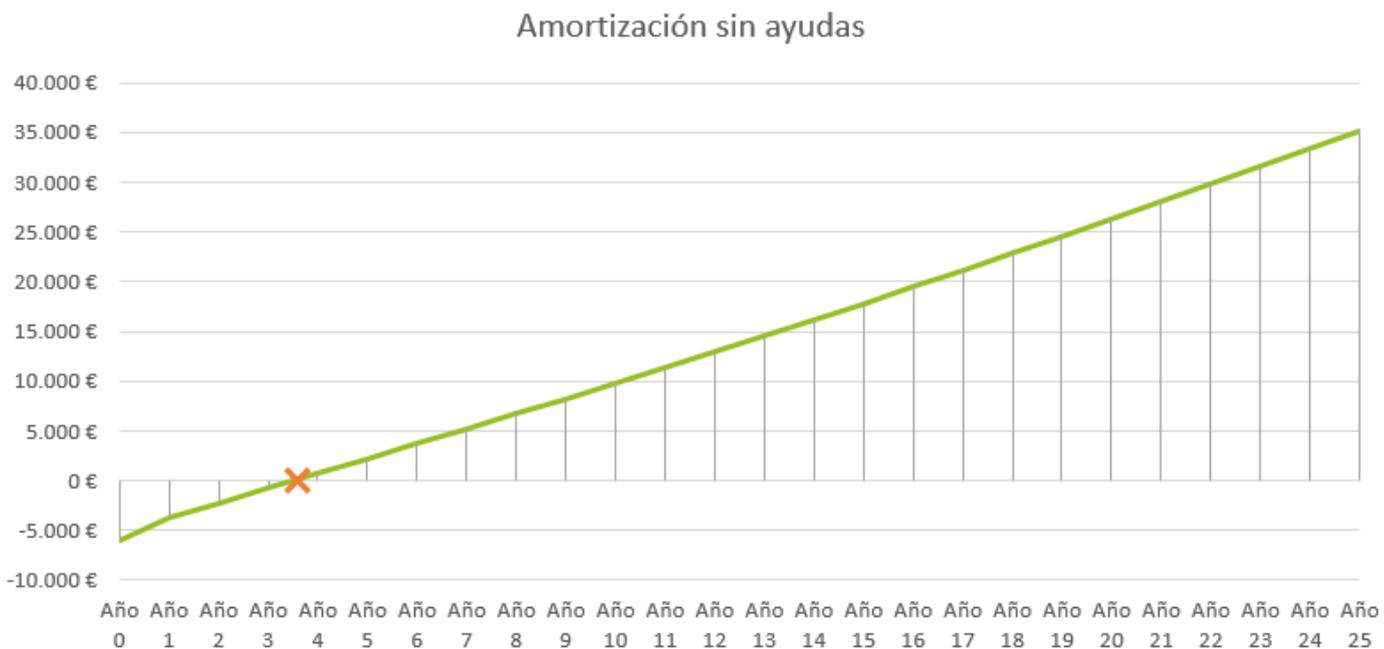
En 3 años y 6 meses sin tener en cuenta las ayudas, estaría amortizada la instalación.

4.2.2. Escenario realista

Se toma como referencia el mes de Junio con un precio de excedente de autoconsumo de 0,1692 (€/kWh).



En 2 años y 1 mes, se amortizaría la instalación con ayudas.



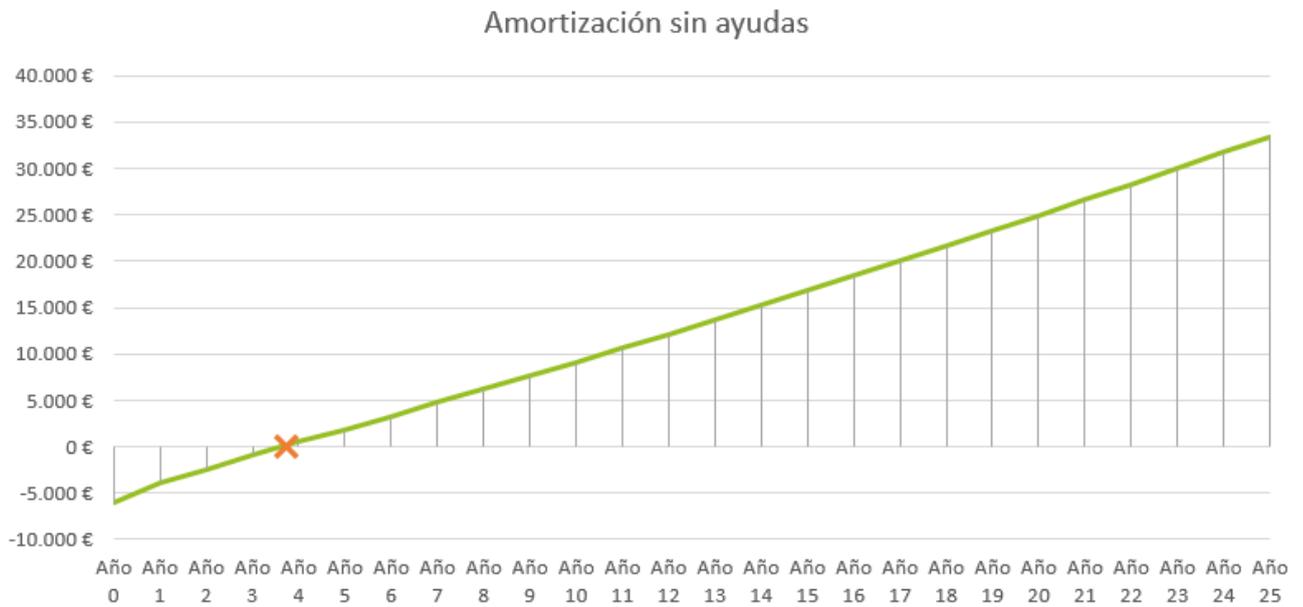
En 3 años y 7 meses, se amortizaría la instalación sin ayudas.

4.2.3. Escenario pesimista

Eligiendo el mes de Julio con un precio de excedente de autoconsumo de 0,1423 €/kWh que sería el precio más bajo del año 2022.



Con la concesión de las ayudas en 2 años y 2 meses estaría la instalación amortizada.



En 3 años y 9 meses se amortizaría la instalación en el escenario más pesimista sin la concesión de ayudas

Conclusiones

Como se ha comentado se ha llevado a cabo la instalación de un sistema de autoconsumo con vertido de excedente a la red eléctrica de 7 paneles solares JA Solar de 460 W de potencia total 3,22 Kw_p con inclinación 30° con inversor Huawei SUN 2000-6 KTL-L1 de potencia nominal de 6 kW sobre la cubierta plana de la vivienda para compensar un autoconsumo de 4400 kWh/año a través de 5503,30 kWh/año de generación.

Para la viabilidad de la instalación se han considerado diferentes escenarios a fin de valorar las posibilidades de su amortización, escogiéndose diferentes precios de excedentes de autoconsumo (€/kWh) entre los meses de Abril (mes optimista) y Julio (mes pesimista)

A la vista de la amortización de la instalación teniendo en cuenta diferentes precios de autoconsumo. Solamente habría una diferencia de 2 meses (2 años vs 2 años y 2 meses) teniendo en cuenta ayudas y una diferencia de 3 meses (3 años y 6 meses vs 3 años y 9 meses) sin tener en cuenta ayudas del escenario optimista contra el realista.

Por lo que amortizar una instalación que roza los 6000 euros en menos de 4 años considerando precios actuales de autoconsumo y perfil de consumo de hace 2 años solo llega a la conclusión de que el proyecto es viable y más aún podría ser con la inflación en términos generales que estamos sufriendo actualmente en el año 2022, ya que un precio de la luz más caro repercute en que con nuestra instalación solar fotovoltaica ahorremos más.

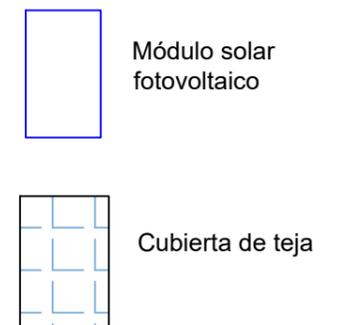
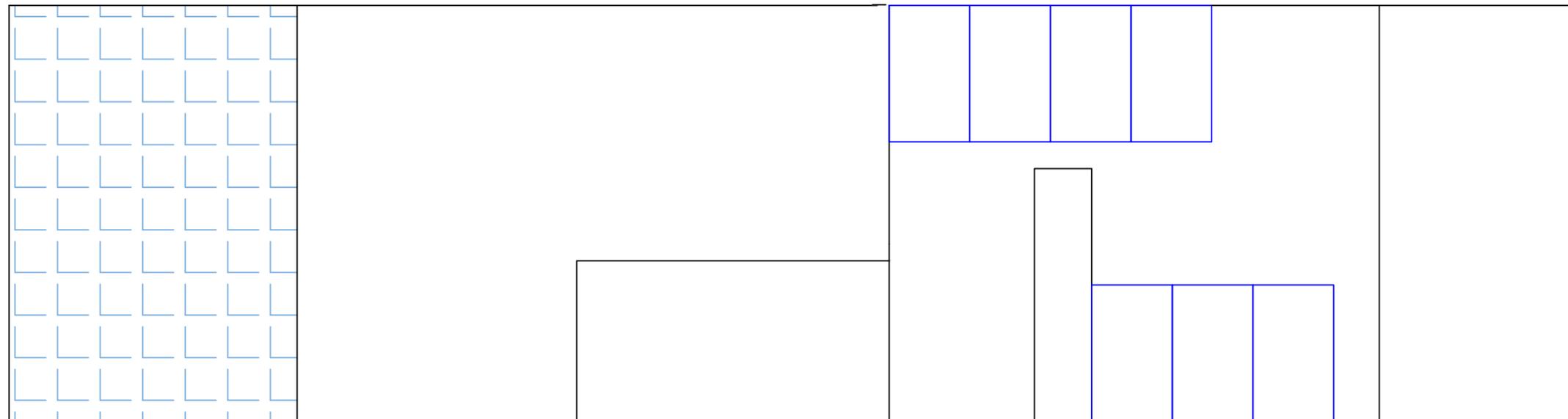
Referencias bibliográficas

[1] Red Eléctrica de España (2022). Precio Voluntario para el pequeño consumidor (PVPC). <https://www.esios.ree.es/>

[2] REN 21 (2022).Renewables 2022 Global Status Report.

[3] Rodríguez, Galbarro Hermenegildo. Instalación solar fotovoltaica para vivienda. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

[4] Departamento solar del IDAE y grupo de trabajo de autoconsumo de ENERAGEN (2020). Guía IDEA 021:Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo (edición v 3.0).



01

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO: [Situación paneles](#)

ESTUDIO-PROYECTO: *STUDYING-PROYECT*: [Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo](#)

DIBUJADO: [Alberto Pereira Sánchez](#)

REVISADO: [José Abad López](#)

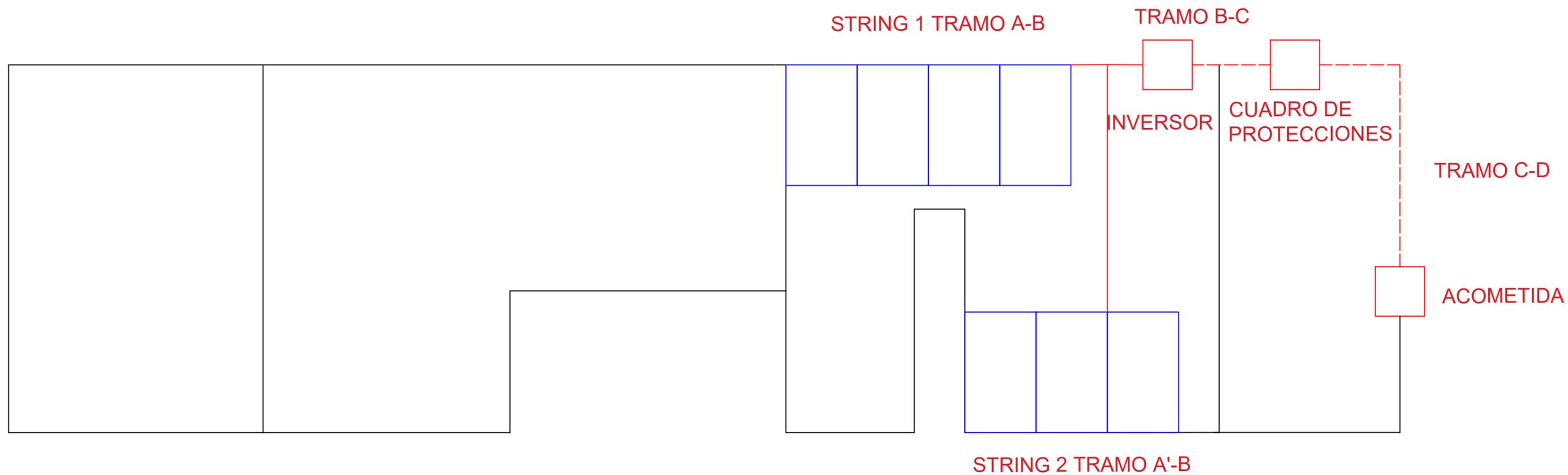
REF.: [20220610](#)

FECHA: [10/06/2022](#)

FECHA: [10/06/2022](#)

ESCALA: S/E
COTAS EN mm





02

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO: [Conexiones](#)

ESTUDIO-PROYECTO: *STUDYING-PROYECT*: [Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo](#)

DIBUJADO: [Alberto Pereira Sánchez](#)

REVISADO: [José Abad López](#)

REF.: [20220610](#)

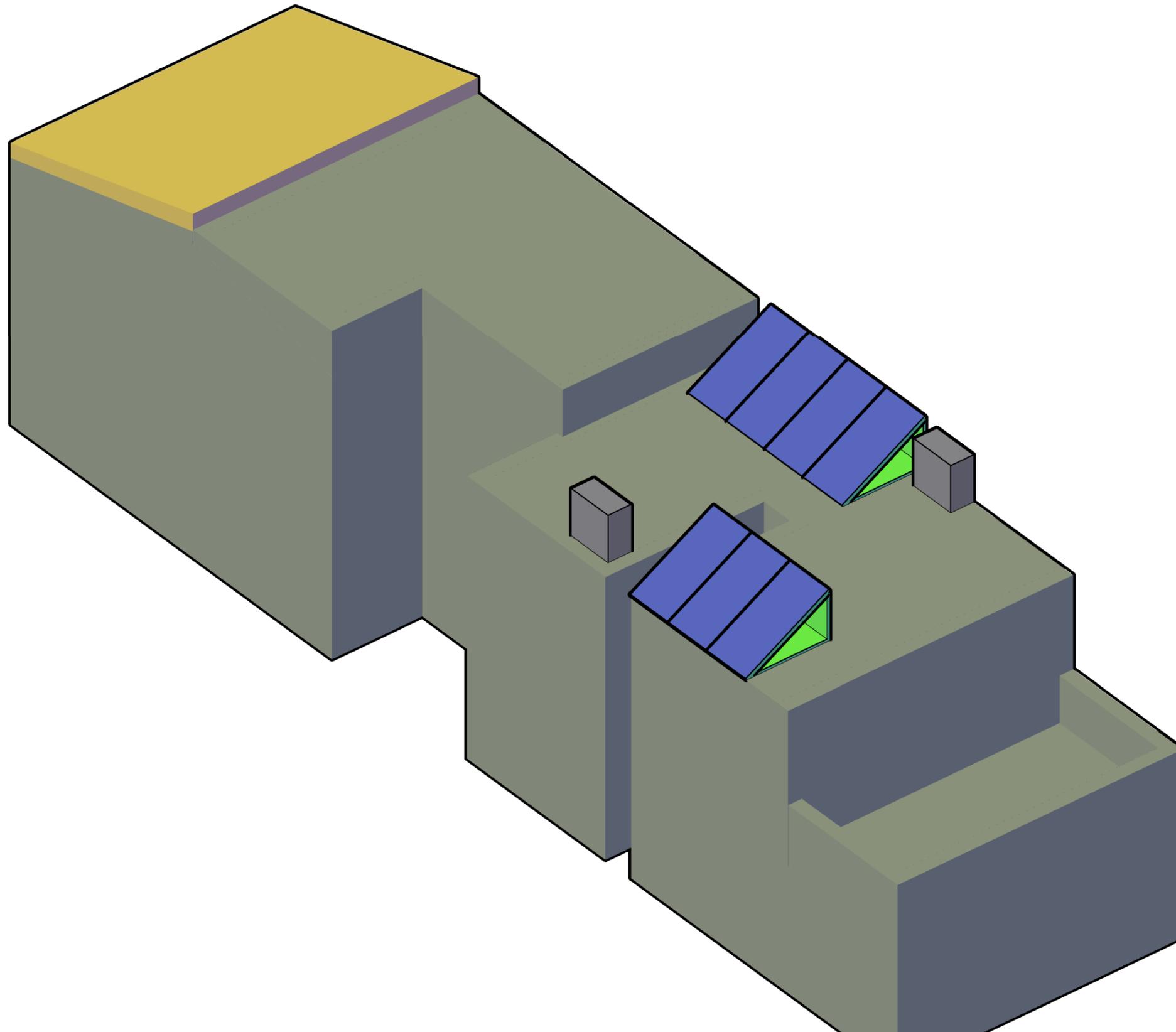
FECHA: [10/06/2022](#)

FECHA: [10/06/2022](#)

ESCALA: S/E
COTAS EN mm



industriales
etsii UPCT



03

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO: [Volumetría](#)

ESTUDIO-PROYECTO: *STUDYING-PROYECT*: [Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo](#)

DIBUJADO: [Alberto Pereira Sánchez](#)

REVISADO: [José Abad López](#)

REF.: [20220610](#)

FECHA: [10/06/2022](#)

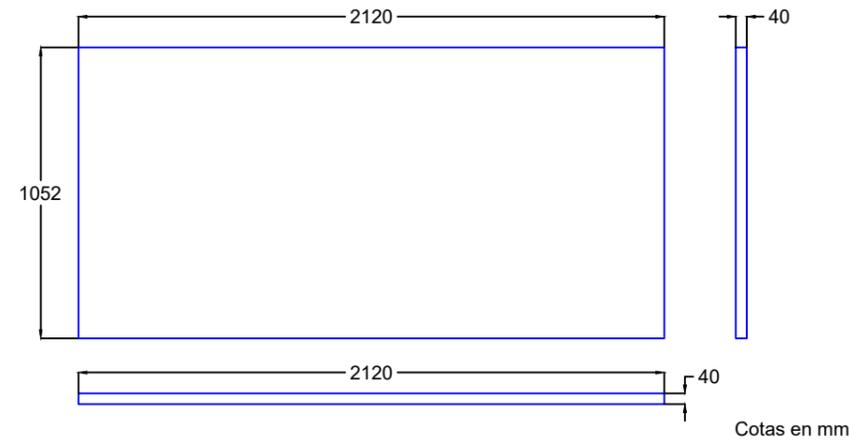
FECHA: [10/06/2022](#)

ESCALA: S/E
COTAS EN mm

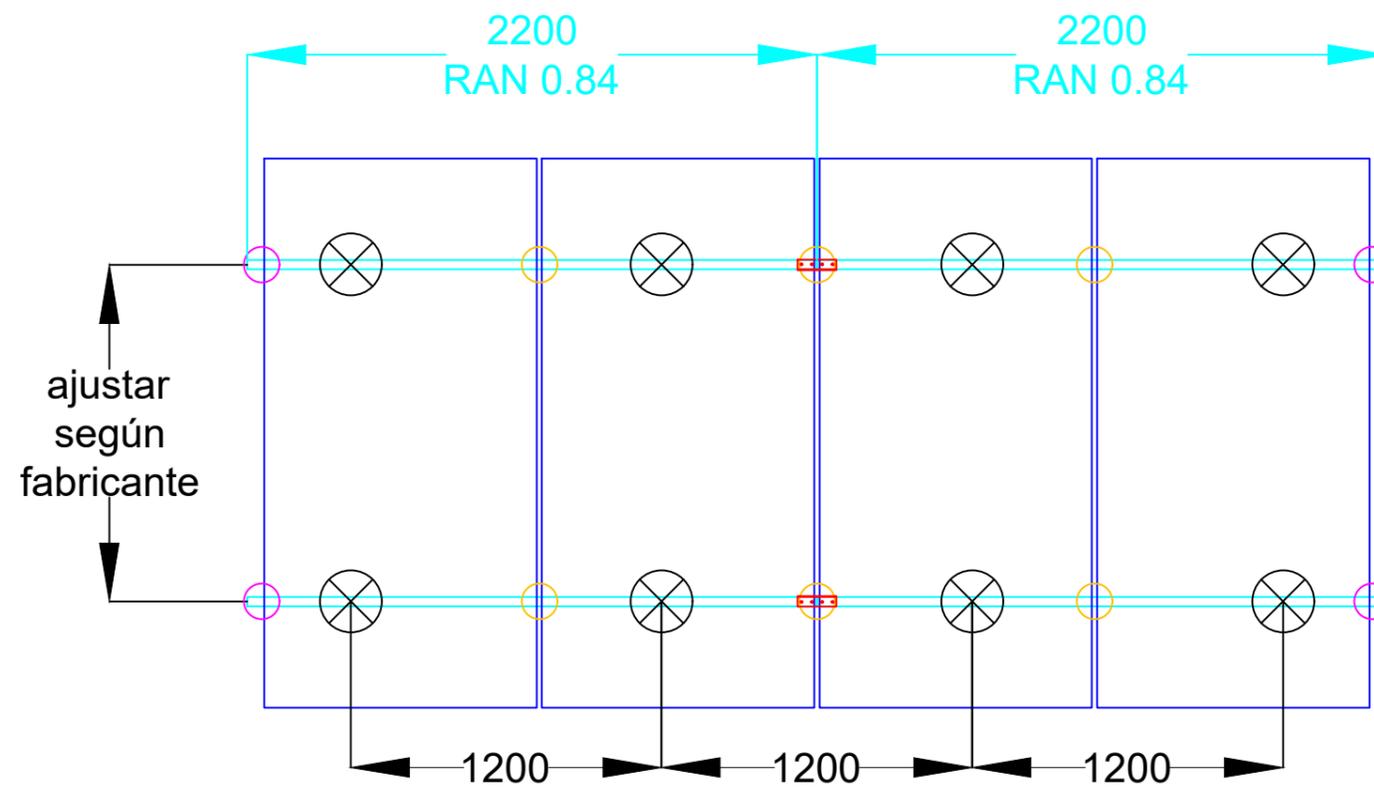




04	TRABAJO FIN DE MÁSTER	DIBUJADO: Alberto Pereira Sánchez	FECHA: 10/06/2022	 industriales <small>etsii UPCT</small>
	PLANO: Alzado	REVISADO: José Abad López	FECHA: 10/06/2022	
	ESTUDIO-PROYECTO: <i>STUDYING-PROYECT:</i> Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo	REF.: 20220610	ESCALA: S/E COTAS EN mm	



Panel
Fotovoltaico



4 módulos
x 1 fila
3 módulos
x 1 fila

05

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO: Montaje

ESTUDIO-PROYECTO: *STUDYING-PROYECT*: Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo

DIBUJADO: Alberto Pereira Sánchez

REVISADO: José Abad López

REF.: 20220610

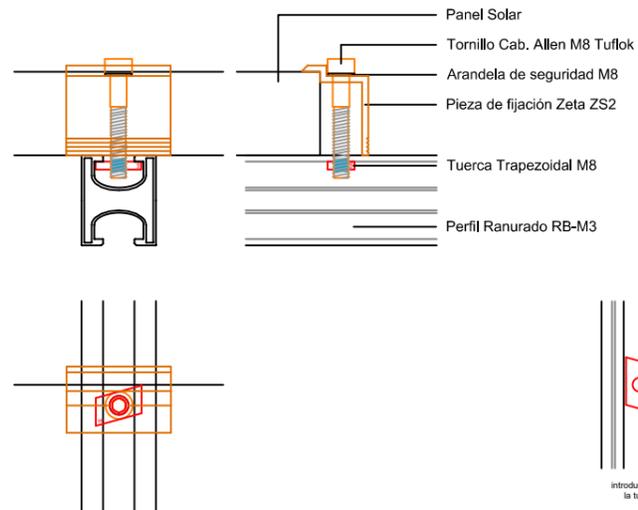
FECHA: 10/06/2022

FECHA: 10/06/2022

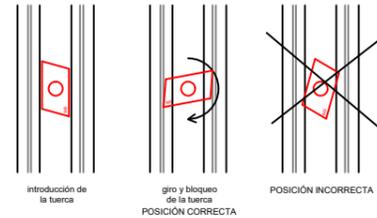
ESCALA: S/E
COTAS EN mm



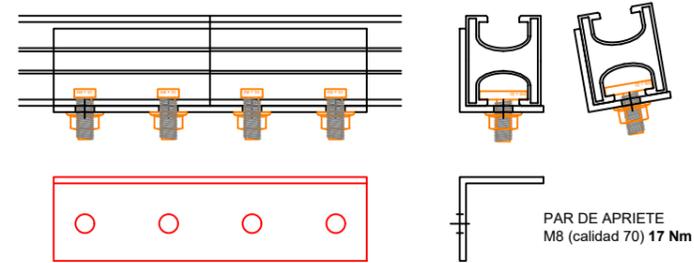
DETALLE GENÉRICO DE UNIÓN FIJACIONES DE PANELES LATERAL - RANURADO



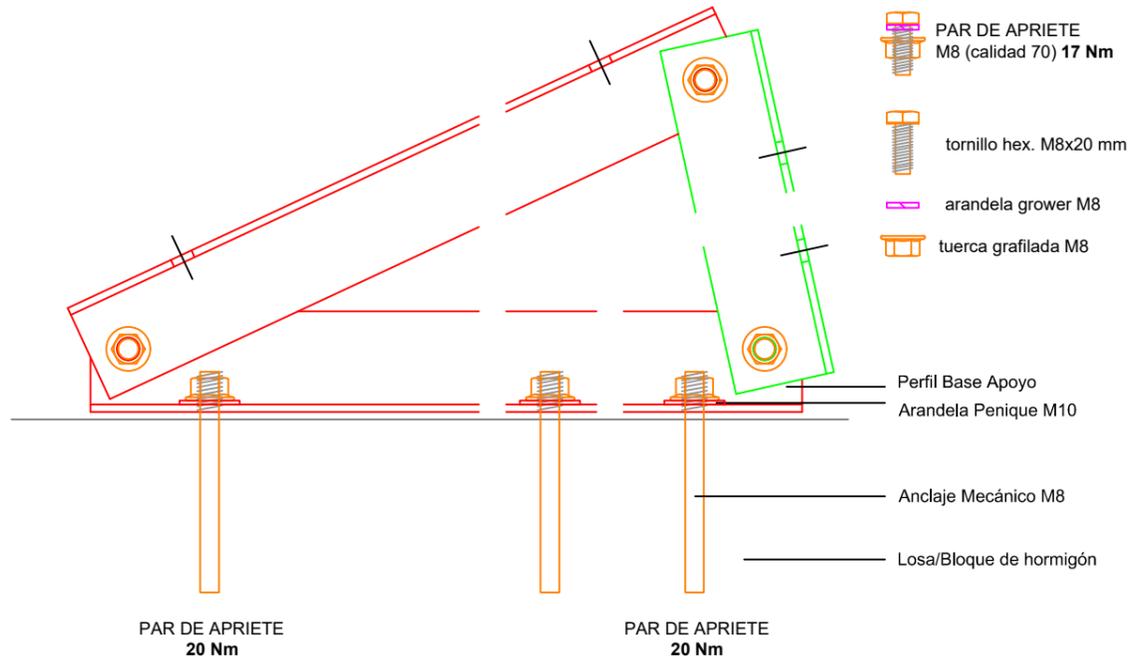
PAR DE APRIETE M8 (calidad 70)
debido a la disparidad de calibrado que se puede presentar en la herramienta de atornillado, recomendable entre:
10-12 Nm
Nunca superar los 15 Nm reales
muy importante: si se observa deformación visual de las fijaciones zeta y omega de aluminio con el par de apriete aplicado, reducir el par a 8-9 o par donde no se aprecien deformaciones.



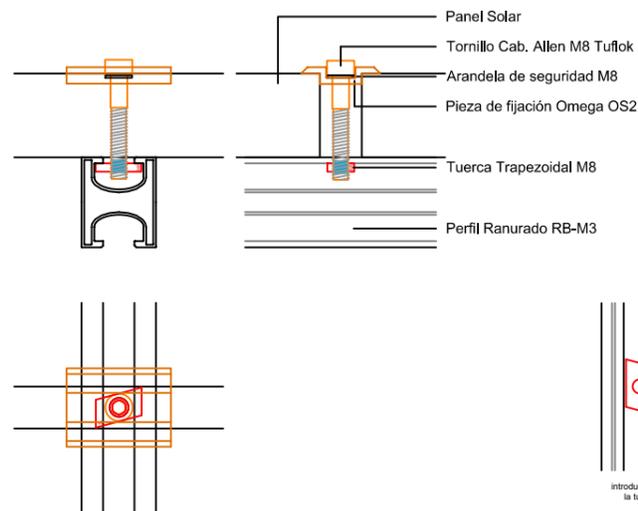
DETALLE GENÉRICO DE UNIÓN RANURADO - RANURADO



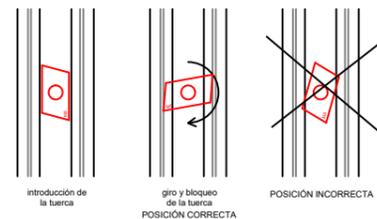
DETALLE GENÉRICO DE UNIÓN DE BARRAS FIJACIÓN DE ANCLAJES A ESTRUCTURA



DETALLE GENÉRICO DE UNIÓN FIJACIONES DE PANELES INTERMEDIA - RANURADO



PAR DE APRIETE M8 (calidad 70)
debido a la disparidad de calibrado que se puede presentar en la herramienta de atornillado, recomendable entre:
10-12 Nm
Nunca superar los 15 Nm reales
muy importante: si se observa deformación visual de las fijaciones zeta y omega de aluminio con el par de apriete aplicado, reducir el par a 8-9 o par donde no se aprecien deformaciones.



06

TRABAJO FIN DE MÁSTER

PLANO: Detalles de estructura

ESTUDIO-PROYECTO: *STUDYING-PROYECT*: Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo

DIBUJADO: Alberto Pereira Sánchez

REVISADO: José Abad López

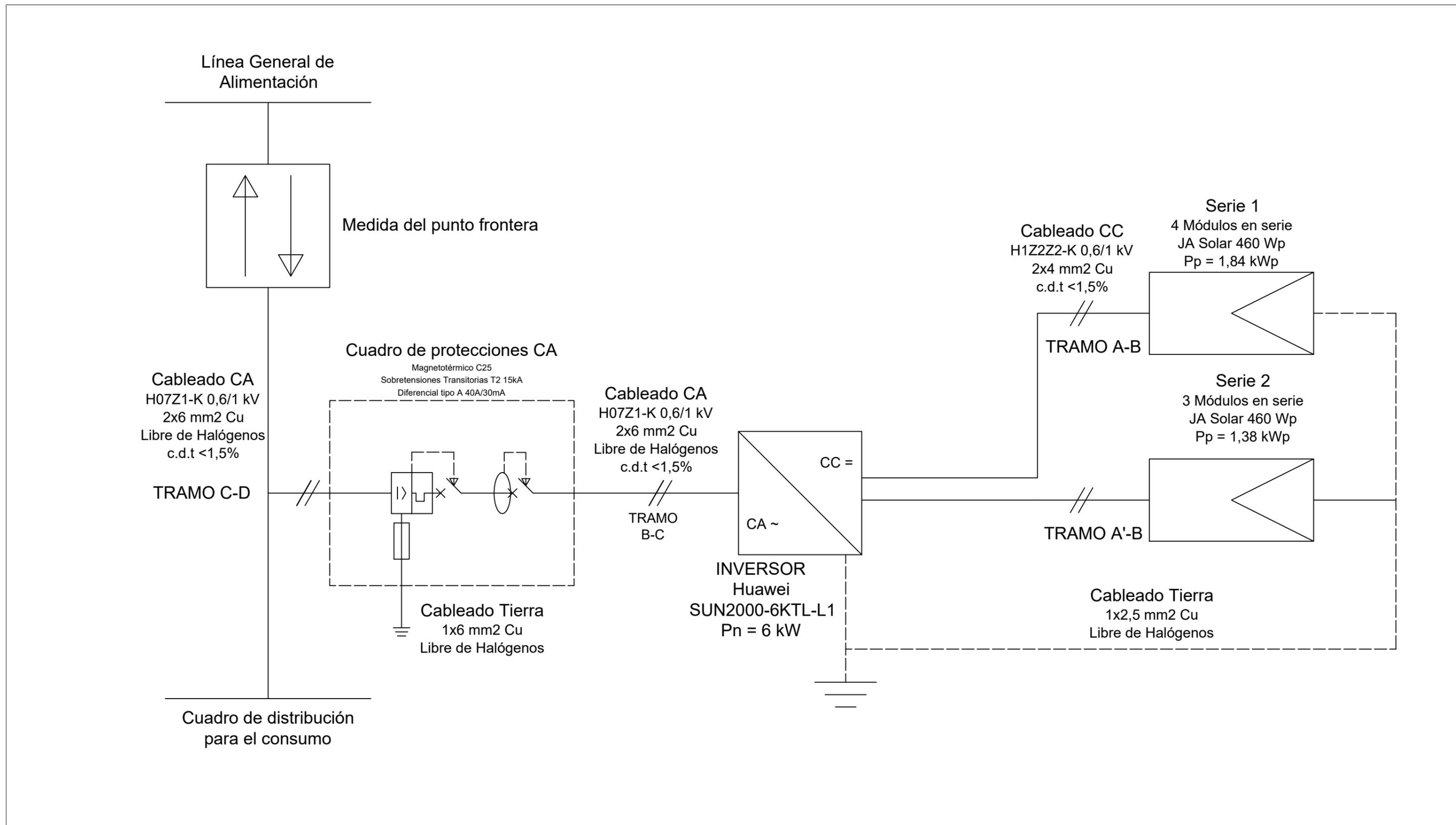
REF.: 20220610

FECHA: 10/06/2022

FECHA: 10/06/2022

ESCALA: S/E
COTAS EN mm





07	TRABAJO FIN DE MÁSTER	DIBUJADO: Alberto Pereira Sánchez	FECHA: 10/06/2022	
	PLANO: Diagrama Unifilar	REVISADO: José Abad López	FECHA: 10/06/2022	
	ESTUDIO-PROYECTO: STUDYING-PROYECT: Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo	REF.: 20220610	ESCALA: S/E COTAS EN mm	