

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

ESTUDIO DE INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR
APLICANDO EL REAL DECRETO 244/2019 DE 5 DE
ABRIL

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Eléctrica

Autor: Jorge Chapi Chafer
Tutor: Marcos Pascual Moltó
Curso: 2019-20

Resumen

Este trabajo aborda el estudio para realizar una instalación solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica para autoconsumo de una vivienda unifamiliar. Se realizará un análisis previo al nuevo BOE del 6 de abril de 2019 en el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Se realizarán cálculos técnicos necesarios para la ejecución de la instalación fotovoltaica además de realizarse un presupuesto.

Resum

Aquest treball aborda l'estudi per a realitzar una instal·lació solar fotovoltaica connectada a la xarxa elèctrica per a autoconsum d'un habitatge unifamiliar. Es realitzarà una anàlisi prèvia al nou BOE del 6 d'abril de 2019 en el qual es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica. Es realitzaran càlculs tècnics necessaris per a l'execució de la instal·lació fotovoltaica a més de realitzar-se un pressupost.

Abstract

This work deals with the study to carry out a solar photovoltaic installation connected to the electricity network for self-consumption of a single-family home. An analysis will be carried out prior to the new BOE of 6 April 2019, which regulates the administrative, technical and economic conditions for the self-consumption of electrical energy. Technical calculations will be carried out for the execution of the photovoltaic installation as well as an estimate.

Palabras clave

Instalación solar fotovoltaica; conexión a red; Real Decreto 244/2019

Paraules clau

Instal·lació solar fotovoltaica; connexió a xarxa; Reial decret 244/2019

Key words

Photovoltaic solar installation; grid connection; Royal Decree 244/2019

1 Índice de contenido

1	OBJETIVOS.....	1
2	ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA	2
2.1	Historia de la energía fotovoltaica en España.....	3
2.2	Distribución geográfica de la energía solar en España	5
3	ANÁLISIS DE LA NORMATIVA.....	7
3.1	Normativa no vigente.....	7
3.2	Análisis de la normativa actual	9
3.2.1	Modalidades autoconsumo	10
3.2.2	Requisitos técnicos	11
3.2.3	Aspectos económicos, trámites y condiciones.....	15
3.3	CONCLUSIONES	21
4	EMPLAZAMIENTO	23
5	UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	26
6	ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO.....	29
7	CRITERIOS PARA EL DISEÑO.....	32
7.1	Tecnología solar.....	32
7.1.1	Energía solar térmica	32
7.1.2	Energía solar fotovoltaica	33
7.2	Componentes	35
7.2.1	Generador fotovoltaico	35
7.2.2	Acumuladores o Baterías	39
7.2.3	Regulador de carga	41
7.2.4	Inversor	42
7.3	Estrategia según modelo de producción	43
8	DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN	45

8.1	Producción de energía.....	45
8.2	Cálculo PVGIS	45
9	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	47
9.1	Paneles fotovoltaicos	47
9.2	Inversor	49
9.3	Conductores eléctricos	50
9.3.1	Conductores eléctricos de corriente continua	50
9.3.2	Conductores eléctricos de corriente alterna	52
9.4	Protecciones eléctricas	54
9.4.1	Protección contra sobretensiones	54
9.4.2	Protección contra sobreintensidades	54
9.4.3	Protección frente a defectos de tierra.....	55
10	ESTUDIO ECONÓMICO	56
10.1	Presupuesto.....	56
10.2	Ingresos esperados.....	57
10.3	Métodos para el estudio de la rentabilidad.....	58
10.3.1	PAY BACK	58
10.3.2	VAN Valor Actualizado Neto.....	59
10.3.3	TIR Tasa Interna de Retorno.....	60
11	REFERENCIAS	63
12	ANEXO 1: PRESUPUESTO	66
13	ANEXO 2: HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	67
14	ANEXO 3: FACTURA TIPO	79
15	ANEXO 4: PREVISIÓN PVGIS.....	83

2 Índice de ilustraciones, gráficos y tablas

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Distribución energía solar España.....	6
Ilustración 2: Irradiación solar mundial.....	24
Ilustración 3 Irradiación solar España	24
Ilustración 4: Ubicación.....	26
Ilustración 5: Cálculo PV-Gis.....	28
Ilustración 6: Energía solar Térmica	33
Ilustración 7: Silicio PN	34
Ilustración 8: Esquema componentes instalacion solar	35
Ilustración 9: Generador fotovoltaico.....	35
Ilustración 10: Panel solar	36
Ilustración 11: Panel Monocristalino Policristalino	38
Ilustración 12: Tipos de baterías.....	40
Ilustración 13: Regulador de carga.....	41
Ilustración 14: Inversores	42

Índice de gráficos

Gráfico 1:Relación Potencia Instalada y Generada.....	3
Gráfico 2: Evolución Energía Solar en España	5
Gráfico 3: Producción energía solar por comunidades.....	6
Gráfico: 4 Consumo total	30
Gráfico 5: TIR	61

Índice de tablas

Tabla 1: Potencia solar Europa.....	3
Tabla 2: Consumos vivienda	30
Tabla 3: Características eléctricas placa solar fotovoltaica	38
Tabla 4: Característica eléctricas de un inversor	43
Tabla 5: Simulación PVGIS	46



Tabla 6: Características ATERSA A-370 GS.....	47
Tabla 7: Valores Tension Panel Solar	48
Tabla 8; Precio monetario.....	57
Tabla 9: VAN	60

1 OBJETIVOS

El cometido principal del presente estudio es dilucidar con la máxima claridad posible la viabilidad tanto económica como técnica de una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar.

Se intentarán abordar distintos tipos de conexionado y tecnologías, para una vez obtenidos datos de ellos poder elegir la mejor opción posible. Después de esto se desarrollará la solución que se considere más viable. Además de factores técnicos, se tendrán en cuenta factores económicos buscando con ello que la instalación sea rentable antes de finalizar su vida útil, buscando más aun la posibilidad de tener beneficios de ella hasta el cese de su explotación.

Para dicho propósito se tendrán en cuenta las directrices del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regula la situación actual del autoconsumo de energía eléctrica en España.

2 ENERGÍA SOLAR EN ESPAÑA

España es uno de los países mejor situados en Europa para el aprovechamiento de la energía solar. Esto junto a las políticas impulsadas desde el marco europeo, las cuales siempre han beneficiado de manera extraordinaria a aquel que decidiera apostar por energías renovables, ponen a España en un marco especialmente favorable para poder incluso lograr (junto con otras fuentes de energía) la independencia energética.

	Potencia solar (MW)	Potencia solar sobre potencia total (%)	Gen eración solar (GWh)	Gen eración solar sobre generación total (%)
Albania	0	0,0	0	0,0
Alemania	43.922	20,4	41.1	6,9
Austria	1.193	4,7	0	0,0
Bélgica	3.581	15,8	3.48	5,0
Bosnia- Herzegovina	0	0,0	9	0,0
Bulgaria	1.052	9,2	0	0,0
Chipre	0	0,0	1.38	1
Croacia	52	1,1	0	3,3
Dinamarca	1.000	6,2	67	0,6
Eslovaquia	531	6,9	959	3,3
Eslovenia	290	7,3	571	2,3
España	7.018	6,7	12.1	4,7
Estonia	9	0,3	17	0,2
Finlandia	113	0,7	162	0,2
Francia	8.526	6,4	10.2	1,9
Gran Bretaña	13.100	14,5	16	4,1
Grecia	2.448	14,9	11.8	7,8
Holanda	3.937	12,9	03	2,9
Hungría	336	4,0	3.53	0,9
Irlanda	0	0,0	7	0,0
Islandia	0	0,0	3.11	0,0
Italia	20.120	15,4	7	0,0
Letonia	0	0,0	22.8	0,0
Lituania	83	2,3	90	2,5
Luxemburgo	128	7,3	81	3,1
Macedonia	17	0,9	61	0,4
Montenegro	0	0,0	23	0,0
Noruega	45	0,1	0	0,0
Polonia	399	1,0	0	0,2
Portugal	558	2,8	277	1,5
República Checa	2.049	9,8	820	2,8
Rumania	1.262	6,4	2.29	2,9
Serbia	0	0,0	8	0,0

Suecia	0	0,0	0	0,0
Suiza	1.664	9,3	1.21	1,8

Fuente: ENTSO-E Data Portal 20/05/2019. Gran Bretaña incluye los datos correspondientes a Irlanda del Norte.

Tabla 1: Potencia solar Europa

Todo y las claras ventajas que supondrían y que más adelante se enumeraran, el impulso de la energía solar en España ha tenido altibajos desde el inicio de su modo operativo.

En la tabla anterior se puede observar que todo y que España reúne mejores condiciones para aprovechar la energía del sol, tiene una menor incidencia porcentual en cuanto a potencia instalada que otros países con menos ventajas como Alemania, Francia o Reino Unido. Esto se observa de una forma más visual en la siguiente gráfica:

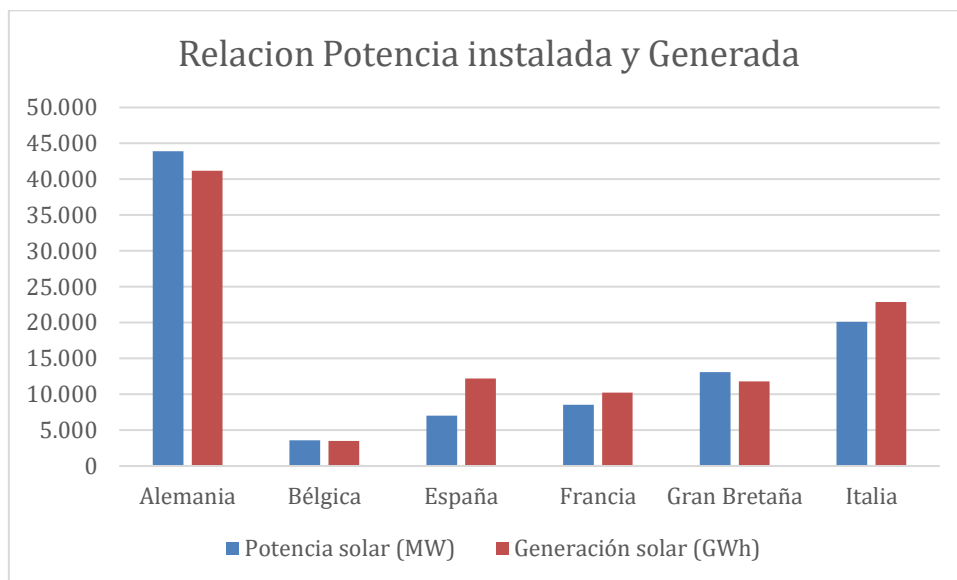


Gráfico 1: Relación Potencia Instalada y Generada

Todo y tener menor potencia solar instalada, España es uno de los países que más capacidad de producción tienen (respecto a su potencia instalada) a la hora de generar energía procedente del sol, lo cual solo hace que reafirmar que con una correcta gestión se conseguirían resultados excepcionales.

2.1 Historia de la energía fotovoltaica en España

La primera instalación fotovoltaica en sistema eléctrico español fue edificada en 1984 por Iberdrola. Tardaron casi 10 años en empezar a proliferar más centrales como la

misma. En los años consecutivos el ritmo de crecimiento empezó a subir de modo que en 1995 la potencia total instalada sumaba en torno a 1,6MW. Todo y esto no existía regulación activa por parte del estado, por lo que la tecnología permaneció en el ámbito de la investigación.

En el año 1998 se publicó el RD 2818/1998, el cual es considerado el punto de inicio para la energía solar fotovoltaica en España. Poco después se establecieron condiciones técnicas y administrativas en el RD 1663/2000, lo cual propició el uso de esta energía a un nivel más extendido.

Todo y los cambios legislativos previos, esta energía no acababa de despegar a nivel nacional. Esto provocó que en 2004 se trazara un plan para aumentar desde el 6,5% del consumo en energía solar hasta un 12%.

Para dicho objetivo la legislación cambió constantemente en un periodo de tiempo reducido. Hasta que en 2007 se adoptaron primas y tarifas reguladas fijas. Este cambio hizo que las instalaciones fotovoltaicas se volvieran rentables, atrayendo de este modo a una gran cantidad de inversores. Esto provocó un aumento exponencial de la misma hasta cotas en aquel entonces inesperadas.

Para aquellas instalaciones de hasta 100kW se daba una retribución de hasta el 575% durante los primeros años, pasando a un 80% después de estos.

Este cambio propició que la energía solar en España pasara de un segundo plano apenas notorio, a ser uno de los principales motores en cuando a energías renovables en el territorio español.

En 2008, después del auge de esta tecnología, la crisis paró de golpe la producción de la misma, todo y eso durante este periodo nunca dejó de ser rentable. En este punto las trabas a nivel legal impuestas por el Estado frenaron de manera notoria el avance de esta tecnología.

Todas estas trabas están reflejadas en el RD 900/2015 también conocido de manera popular como “el impuesto al sol”, el cual obligaba a contribuir a la financiación de los costes y servicios de sistema en la misma cuantía que el resto de consumidores. Por lo cual el estado pretendía pasar de subvencionar la energía vertida a la red a cobrar

por verterla. Este impuesto hizo disminuir la construcción de nuevas instalaciones prácticamente a cero, desaprovechando el potencial español para la producción de energías renovables.

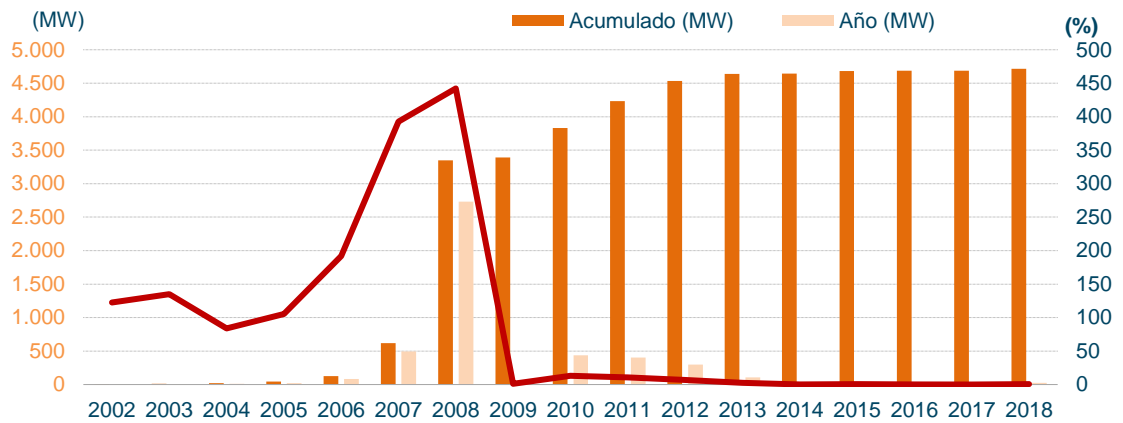


Gráfico 2: Evolución Energía Solar en España

En la gráfica se puede observar cómo en cada cambio de normativa existe una variación muy notoria bien sea a favor o en contra del crecimiento de la potencia solar instalada en España.

2.2 Distribución geográfica de la energía solar en España

Dentro del territorio español, la generación de energía proveniente de fuentes solares está determinada por las restricciones y facilidades a nivel legislativo por comunidades. Todo y esto se observa fácilmente que las comunidades autónomas con más incidencia solar tienden a tener mayor peso proporcional que las que no tienen dichas condiciones.

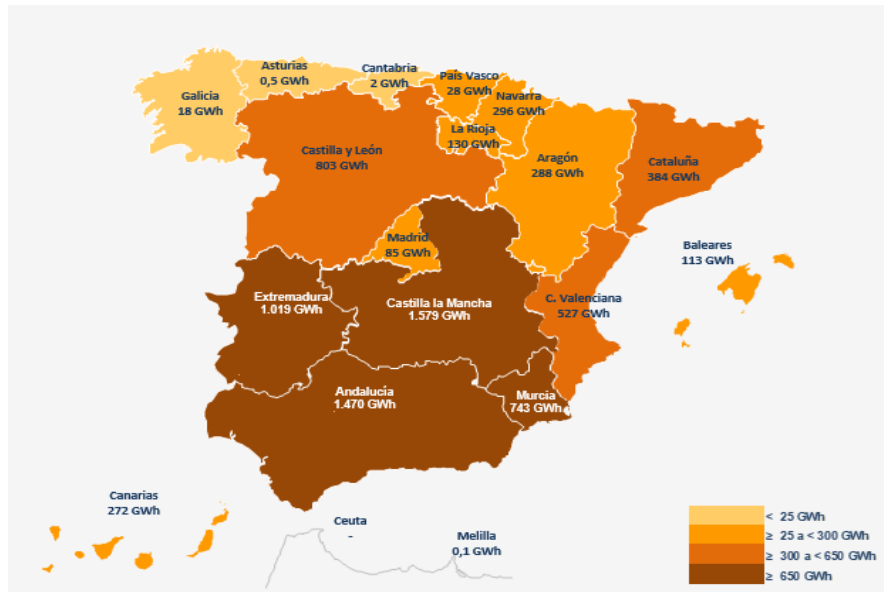


Ilustración 1: Distribución energía solar España

Además de la propia incidencia solar, cabe tener en cuenta que a la hora de abordar este tipo de instalaciones el espacio físico es un factor determinante.

Por ello se puede observar cómo en comunidades como Madrid se tiene mucha menos capacidad de producción solar que en otras como Castilla la Mancha, todo y que la primera es muy superior a nivel poblacional.

Algunas comunidades han tenido más apoyo a nivel legislativo y, todo a tener un tamaño reducido respecto a otras comunidades, tienen una capacidad de producción superior, como es el caso de Murcia.

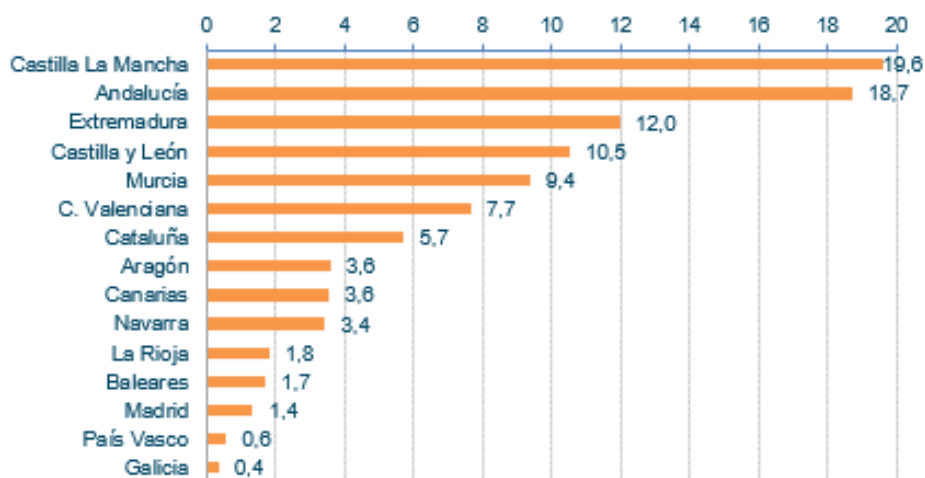


Gráfico 3: Producción energía solar por comunidades

3 ANÁLISIS DE LA NORMATIVA

3.1 Normativa no vigente

Como es indicado en el apartado precedente, la normativa es un pilar fundamental a la hora de impulsar o propiciar el desuso de cualquier tecnología emergente. En el caso de la energía solar fotovoltaica, en España, la normativa ha sufrido muchos cambios, en muchas ocasiones demasiado rápidos. Esto ocasiona la pérdida de confianza por parte tanto del inversor como de la opinión pública general, afectando drásticamente al desarrollo favorable de la propagación de esta fuente de energía.

En este apartado se reflejarán los principales cambios en la reglamentación y su efecto en la evolución de la energía solar fotovoltaica en España.

Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

Es la primera toma de contacto, en él se establece un pago por la energía vertida. Además, toda aquella instalación no inscrita en el mercado de producción recibe una retribución en función de la energía aportada. Se regulan además las primas y su actualización periódica en función de parámetros técnicos, los cuales debían ser revisados cada 4 años.

Real Decreto 436/2004 de 12 de marzo, por el que se establece el régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Con este decreto se judicializa la revisión de tarifas e incentivos. Además de derogar el anterior real decreto para dar paso a una política de retribución, siendo esta de un 575% de la tarifa media durante los 2 primeros años y luego un 80% durante la totalidad de la vida de la instalación. Todo esto aplicable a instalaciones de menos de 100kW.

Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

Gracias a este decreto España se puso en las primeras posiciones en cuanto a países con una mayor potencia instalada por año. En el decreto se garantizaba la remuneración por la energía sobrante, pudiendo el titular de la instalación elegir entre una tarifa fija o una adaptación al mercado diario. Se fijaron tarifas fijas para Potencias instaladas inferiores a 100kW de 44,0381 céntimos por kWh, para los primeros 25 años.

Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

Este artículo detallaba la tipología de las instalaciones, agrupándolas en dos tipos:

“a) Tipo I. Instalaciones que estén ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario. O bien, instalaciones que estén ubicadas sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto un uso de cubierta de aparcamiento o de sombreado, en ambos casos de áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores, y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana.”

Además, en el decreto se hicieron necesarios diferentes requerimientos a nivel de trámites, documentación y documentación técnica. Todo esto fueron grandes trabas para las instalaciones de autoconsumo de tamaño reducido, lo cual desincentivó notoriamente a la instalación de las mismas.

Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

En este decreto se eliminan las tarifas reguladas anteriormente de las energías renovables y obliga a registrar las instalaciones dedicadas al autoconsumo. Se legisla nuevamente con el propósito de igualar las condiciones con el resto de productoras de energía haciendo que la rentabilidad de las solares cayera en picado. Esto eliminaba las subvenciones y las bonificaciones obtenidas en anteriores decretos, derrocándolos y empezando la caída en picado del uso esta tecnología.

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.

También conocido como el impuesto al sol. En él se establecen una cantidad de requisitos que a nivel técnico eran difíciles de procesar por la mayoría de los usuarios. Todos estos requisitos se recogían en el artículo 5 del mismo.

Al mismo tiempo que se dificultó la parte burocrática de las instalaciones, no solo se pasó de incentivar el uso de la energía solar, sino que se penalizó por usarla. Esto se materializó en otros cargos a este tipo de instalaciones, como el cargo asociado a la potencia instalada, o el cargo a la potencia que uno mismo consumía.

Este conjunto de factores incrementó el coste de las instalaciones y de su mantenimiento, reduciendo las nuevas instalaciones en el periodo de duración de este decreto a números más bajos que en 2007. En otras palabras, se perdió todo lo avanzado en la materia.

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores

Esta norma establece que las prácticas instaladas en el decreto anterior son abusivas y que hacían prácticamente imposible en avance del autoconsumo en España. En ella se establece que es de vital importancia volver a incentivar esta tecnología y se basa en argumentos como el de que, si el autoconsumo aumenta, los precios de la energía eléctrica a nivel nacional disminuirán y se volverán más competitivos. Además, hace hincapié en la innegable contribución al medio ambiente que sería reducir la dependencia a según qué energías no renovables.

Para hacer constatar lo anterior, la ley deroga las principales trabas impuestas en la anterior legislación. Simplificando los trámites y permitiendo el autoconsumo libre de cargos (siempre y cuando esta provenga de fuentes renovables). Además de lo anteriormente citado, en el decreto se especifican muchos más detalles, los cuales no son modificados en el siguiente, por lo cual se analizarán más en profundidad en el próximo apartado.

3.2 Análisis de la normativa actual

A lo largo de los siguientes párrafos se analizarán los principales puntos de la normativa vigente. Como bien se describe en el apartado anterior, este Decreto recoge el testigo del anterior, llegando a aportar medidas mucho más concretas.

Los puntos abordados serán los siguientes:

- Modalidades de autoconsumo.
- Requisitos técnicos.
- Aspectos económicos, trámites y condiciones

3.2.1 Modalidades autoconsumo

Las modalidades de autoconsumo vienen especificadas en el “Artículo 4. Clasificación de modalidades de autoconsumo”:

- Autoconsumo sin excedentes: Es aquel en el que no estará permitido el vertido de la energía excedente a la red.

“a) Modalidad de suministro con autoconsumo sin excedentes. Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.a) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades se deberá instalar un mecanismo antivertido que impida la inyección de energía excedentaria a la red de transporte o de distribución. En este caso existirá un único tipo de sujeto de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que será el sujeto consumidor.”

- Autoconsumo con excedentes: La energía sobrante será vertida en la red de transporte y distribución, pudiendo ser entes diferentes el consumidor y el productor.

“b) Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes. Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo podrán, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos existirán dos tipos de sujetos de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que serán el sujeto consumidor y el productor.”

Dentro de esta categoría habrá dos subdivisiones: las acogidas a compensación y las no acogidas a compensación.

“a) Modalidad con excedentes acogida a compensación: Pertenece 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. Esta opción solo será posible en aquellos casos en los que se cumpla con todas las condiciones que seguidamente se recogen:

- i. La fuente de energía primaria sea de origen renovable.

ii. La potencia total de las instalaciones de producción asociadas no sea superior a 100kW.

iii. Si resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el consumidor haya suscrito un único contrato de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares de producción con una empresa comercializadora, según lo dispuesto en el artículo 9.2 del presente real decreto.

iv. El consumidor y productor asociado hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo definido en el artículo 14 del presente real decreto.

v. La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.

b) Modalidad con excedentes no acogida a compensación: Pertenece a esta modalidad, todos aquellos casos de autoconsumo con excedentes que no cumplan con alguno de los requisitos para pertenecer a la modalidad con excedentes acogida a compensación o que voluntariamente opten por no acogerse a dicha modalidad.”

Dentro de las anteriores clasificaciones se podrán englobar dos tipos de autoconsumidores: individual y colectivo.

“3. Adicionalmente a las modalidades de autoconsumo señaladas, el autoconsumo podrá clasificarse en individual o colectivo en función de si se trata de uno o varios consumidores los que estén asociados a las instalaciones de generación. En el caso de autoconsumo colectivo, todos los consumidores participantes que se encuentren asociados a la misma instalación de generación deberán pertenecer a la misma modalidad de autoconsumo y deberán comunicar de forma individual a la empresa distribuidora como encargado de la lectura, directamente o a través de la empresa comercializadora, un mismo acuerdo firmado por todos los participantes que recoja los criterios de reparto, en virtud de lo recogido en el anexo I.”

3.2.2 Requisitos técnicos

En el capítulo III se contemplan los requisitos para acogerse a las modalidades de autoconsumo:

Teniendo en el Artículo 5 los Requisitos generales para acogerse a una modalidad de autoconsumo son los siguientes:

“1. Las instalaciones de generación asociadas y los puntos de suministro deberán cumplir los requisitos técnicos, de operación y de intercambio de información contenidos en la normativa del sector eléctrico y en la reglamentación de calidad y seguridad industrial, nacional y europea que le resulte de aplicación.

La empresa distribuidora, o en su caso la empresa transportista, no tendrá ninguna obligación legal sobre las instalaciones de conexión a la red que no sean de su titularidad.

2. En cualquier modalidad de autoconsumo, con independencia de la titularidad de las instalaciones de consumo y de generación, el consumidor y el propietario de la instalación de generación podrán ser personas físicas o jurídicas diferentes.

3. En la modalidad de autoconsumo sin excedentes, el titular del punto de suministro será el consumidor, el cual también será el titular de las instalaciones de generación conectadas a su red. En el caso del autoconsumo sin excedentes colectivo, la titularidad de dicha instalación de generación y del mecanismo antivertido será compartida solidariamente por todos los consumidores asociados a dicha instalación de generación.

En estos casos, sin perjuicio de los acuerdos firmados entre las partes, el consumidor, o en su caso los consumidores, serán los responsables por el incumplimiento de los preceptos recogidos en este real decreto aceptando las consecuencias que la desconexión del citado punto, en aplicación de la normativa vigente, pudiera conllevar para cualquiera de las partes. En el caso del autoconsumo sin excedentes colectivo, los consumidores asociados a la instalación de generación deberán responder solidariamente ante el sistema eléctrico por dicha instalación de generación.

4. En las modalidades de suministro con autoconsumo con excedentes, cuando las instalaciones de producción próximas y asociadas al consumo compartan infraestructuras de conexión a la red de transporte o distribución o se conecten en la red interior de un consumidor, los consumidores y productores responderán solidariamente por el incumplimiento de los preceptos recogidos en este real decreto aceptando las consecuencias que la desconexión del citado punto, en aplicación de la normativa vigente, pudiera conllevar para cualquiera de las partes, entre ellas, la imposibilidad del productor de venta de energía y la percepción de la retribución que le hubiera correspondido o la imposibilidad del consumidor de adquirir energía. El contrato de acceso que el consumidor, y en su caso el productor, directamente o a través de la empresa comercializadora, suscriba con la empresa distribuidora, recogerá la previsión recogida en este apartado.

5. En las modalidades de suministro con autoconsumo con excedentes, serán considerados consumidores los titulares de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a las mismas exclusivamente por los consumos de sus servicios auxiliares de producción.

6. Cuando por incumplimiento de requisitos técnicos existan instalaciones peligrosas o cuando se haya manipulado el equipo de medida o el mecanismo antivertido, la empresa distribuidora, o en su caso la empresa transportista, podrá proceder a la interrupción de suministro, conforme a lo previsto en el artículo 87 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.

7. Podrán instalarse elementos de almacenamiento en las instalaciones de autoconsumo reguladas en este real decreto, cuando dispongan de las protecciones establecidas en la normativa de seguridad y calidad industrial que les sea de aplicación.

Los elementos de almacenamiento se encontrarán instalados de tal forma que compartan equipo de medida que registre la generación neta, equipo de medida en el punto frontera o equipo de medida del consumidor asociado.”

Despendiendo de las condiciones de la instalación, esta tendrá que solicitar permisos para el acceso y la conexión:

“1. En relación con los permisos de acceso y conexión, para acogerse a cualquiera de las modalidades de autoconsumo los sujetos acogidos a ellas deberán:

a) En relación con las instalaciones de consumo, tanto en las modalidades de autoconsumo sin excedentes, como en las modalidades de autoconsumo con excedentes, los consumidores deberán disponer de permisos de acceso y conexión por sus instalaciones de consumo, si procede.

b) En relación con las instalaciones de generación, de acuerdo con lo previsto en la disposición adicional segunda del Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores:

i. Las instalaciones de generación de los consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes, estarán exentas de obtener permisos de acceso y conexión.

ii. En las modalidades de autoconsumo con excedentes, las instalaciones de producción de potencia igual o inferior a 15 kW que se ubiquen en suelo urbanizado que cuente con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística, estarán exentas de obtener permisos de acceso y conexión.

iii. En las modalidades de autoconsumo con excedentes, los sujetos productores a los que no les sea de aplicación lo dispuesto en el apartado ii. anterior, deberán disponer de sus correspondientes permisos de acceso y conexión por cada una de las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo de las que sean titulares.

2. A efectos de contratación del suministro de energía eléctrica resultará de aplicación la normativa específica del sector eléctrico en esta materia.”

Para las instalaciones de autoconsumo con potencias inferiores a 100kW, la distribuidora estará obligada a realizar el contrato de acceso, con lo cual se facilita ampliamente la documentación a aportar por el usuario.

“Artículo 8. Contratos de acceso en las modalidades de autoconsumo.



1. Con carácter general, para acogerse a cualquiera de las modalidades de autoconsumo, o en caso de estar ya acogido a una modalidad de autoconsumo regulada, cuando se modifique la potencia instalada de la instalación de generación, cada uno los consumidores que dispongan de contrato de acceso para sus instalaciones de consumo, deberá comunicar dicha circunstancia a la empresa distribuidora, o en su caso empresa transportista, directamente o a través de la empresa comercializadora. La empresa distribuidora, o en su caso la empresa transportista, dispondrá de un plazo de diez días desde la recepción de dicha comunicación para modificar el correspondiente contrato de acceso existente, de acuerdo con la normativa de aplicación, para reflejar este hecho y para su remisión al consumidor. El consumidor dispondrá de un plazo de diez días desde su recepción para notificar a la empresa transportista o distribuidora cualquier disconformidad. En caso de no hacerse dicha notificación se entenderán tácitamente aceptadas las condiciones recogidas en dicho contrato.

Sin perjuicio de lo anterior, para aquellos sujetos consumidores conectados a baja tensión, en los que la instalación generadora sea de baja tensión y la potencia instalada de generación sea menor de 100 kW que realicen autoconsumo, la modificación del contrato de acceso será realizada por la empresa distribuidora a partir de la documentación remitida por las Comunidades Autónomas y Ciudades de Ceuta y Melilla a dicha empresa como consecuencia de las obligaciones contenidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Las Comunidades Autónomas y Ciudades de Ceuta y Melilla deberán remitir dicha información a las empresas distribuidoras en el plazo no superior a diez días desde su recepción. Dicha modificación del contrato será remitida por la empresa distribuidora a las empresas comercializadoras y a los consumidores correspondientes en el plazo de cinco días a contar desde la recepción de la documentación remitida por la comunidad o ciudad autónoma. El consumidor dispondrá de un plazo de diez días desde su recepción para notificar a la empresa transportista o distribuidora cualquier disconformidad. En caso de no hacerse se entenderán tácitamente aceptadas las condiciones recogidas en dicho contrato.

2. Para acogerse a cualquiera de las modalidades de autoconsumo, los consumidores que no dispongan de contrato de acceso para sus instalaciones de consumo deberán suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora directamente o a través de la empresa comercializadora, reflejando esta circunstancia.

3. Adicionalmente, en las modalidades de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación a las que resultase necesario realizar un contrato de suministro para servicios auxiliares de producción, el titular de cada instalación de producción próxima y asociada a las de consumo deberá suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora para sus servicios auxiliares de producción directamente o a través de la empresa comercializadora, o modificar el existente, de acuerdo con la normativa de aplicación, para reflejar esta circunstancia.

La fecha de alta o modificación del contrato de acceso del consumidor y, en su caso, de los servicios auxiliares de producción deberá ser la misma.

4. No obstante lo anterior, los sujetos podrán formalizar un único contrato de acceso conjunto para los servicios auxiliares de producción y para el consumo asociado, si cumplen los siguientes requisitos:

a) Las instalaciones de producción estén conectadas en la red interior del consumidor.

b) El consumidor y los titulares de las instalaciones de producción sean la misma persona física o jurídica.

5. El tiempo de permanencia en la modalidad de autoconsumo elegida será como mínimo de un año desde la fecha de alta o modificación del contrato o contratos de acceso celebrados de acuerdo con lo previsto en los apartados anteriores, prorrogable automáticamente.”

3.2.3 Aspectos económicos, trámites y condiciones

En él se estipulan las principales cláusulas económicas, además de que se simplifica en gran medida el acceso a las retribuciones por autoconsumo, haciéndolo mucho más atractivo e incentivando su uso. Estas medidas están recogidas en los artículos 13, 14 y 15:

“Artículo 13. Régimen económico de la energía excedentaria y consumida.

1. La energía adquirida por el consumidor asociado será la energía horaria consumida de la red en los siguientes casos:

i. Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes.

ii. Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.

iii. Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación que dispongan de un único contrato de suministro según lo dispuesto en el artículo 9.2.

2. El consumidor asociado acogido a la modalidad de autoconsumo con excedentes que no se encuentre en los casos recogidos en el apartado 1.ii y 1.iii del presente artículo deberá adquirir la energía correspondiente a la energía horaria consumida de la red no destinada al consumo de los servicios auxiliares de producción.

En estos casos, adicionalmente, el titular de la instalación de producción acogido a la modalidad de autoconsumo con excedentes deberá adquirir la energía horaria consumida por los servicios auxiliares de producción.

3. Al sujeto acogido a cualquier modalidad de autoconsumo le resultarán de aplicación los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución y cargos del sistema eléctrico conforme establece el capítulo VI del presente real decreto.

4. El productor acogido a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, percibirá por la energía horaria excedentaria vertida las contraprestaciones económicas correspondientes, de acuerdo a la normativa en vigor. En

el caso de instalaciones con régimen retributivo específico que estén acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación se aplicará este, en su caso, sobre dicha energía horaria excedentaria vertida.

5. La regulación del factor de potencia se realizará, con carácter general, en el punto frontera, haciendo uso del equipo de medida ubicado en el punto frontera que registra la energía horaria consumida de la red y, en su caso, del equipo de medida de la generación neta.

6. No obstante, en el caso de que el titular del punto de suministro acogido a una modalidad de autoconsumo, transitoriamente, no disponga de un contrato de suministro en vigor con un comercializador en mercado libre y no sea consumidor directo en mercado, pasará a ser suministrado por el comercializador de referencia a la tarifa de último recurso que corresponda por la energía horaria consumida de la red, de acuerdo con lo previsto en el artículo 15.1.b) del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo. En estos casos, si existe energía horaria excedentaria de la instalación de generación asociada esta pasará a ser cedida al sistema eléctrico sin ningún tipo de contraprestación económica vinculada a dicha cesión.

7. A la gestión y venta de energía procedente las instalaciones de producción próxima a las de consumo y asociadas a las mismas en los casos de suministro con autoconsumo con excedentes realizado con tecnologías de generación renovable, no les serán de aplicación las limitaciones previstas en los artículos 53.5 y 53.6 del Real Decreto 413/2014, de 6 de junio.

Artículo 14. Mecanismo de compensación simplificada.

1. De acuerdo con lo previsto en el artículo 9.5 y con el artículo 24.4 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, se define el contrato de compensación de excedentes como aquel suscrito entre el productor y el consumidor asociado acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación, para el establecimiento de un mecanismo de compensación simplificada entre los déficits de sus consumos y la totalidad de los excedentes de sus instalaciones de generación asociadas. En virtud de lo previsto en el artículo 25.4 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, esta modalidad de contrato estará excluida del sistema de ofertas.

El contrato de compensación de excedentes de los sujetos que realicen autoconsumo colectivo, utilizará los criterios de reparto, en su caso coincidentes con los comunicados a la empresa distribuidora, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.3.

2. También podrán acogerse voluntariamente a un mecanismo de compensación simplificada los consumidores que realicen autoconsumo colectivo sin excedentes. En este caso no será necesaria la existencia de contrato de compensación de excedentes, al no existir productor, y bastará con un acuerdo entre todos los sujetos consumidores utilizando los criterios de reparto, en su caso coincidentes con los comunicados a la empresa distribuidora, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4.3.

3. El mecanismo de compensación simplificada consistirá en un saldo en términos económicos de la energía consumida en el periodo de facturación con las siguientes características:

i. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro con una comercializadora libre:

a. La energía horaria consumida de la red será valorada al precio horario acordado entre las partes.

b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio horario acordado entre las partes.

ii. En el caso de que se disponga de un contrato de suministro al precio voluntario para el pequeño consumidor con una comercializadora de referencia:

a. La energía horaria consumida de la red será valorada al coste horario de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor en cada hora, TCUh, definido en el artículo 7 del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

b. La energía horaria excedentaria, será valorada al precio medio horario, Pmh; obtenido a partir de los resultados del mercado diario e intradiario en la hora h, menos el coste de los desvíos CDSVh, definidos en los artículos 10 y 11 respectivamente del Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

En ningún caso, el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de la energía horaria consumida de la red en el periodo de facturación, el cual no podrá ser superior a un mes. Asimismo, en el caso de que los consumidores y productores asociados opten por acogerse a este mecanismo de compensación, el productor no podrá participar de otro mecanismo de venta de energía.

4. La energía horaria excedentaria de los consumidores acogidos al mecanismo de compensación simplificada, no tendrá consideración de energía incorporada al sistema eléctrico de energía eléctrica y, en consecuencia, estará exenta de satisfacer los peajes de acceso establecidos en el Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica, si bien el comercializador será el responsable de balance de dicha energía.

5. Para la aplicación del mecanismo de compensación simplificada, los consumidores acogidos a dicho mecanismo, deberán remitir directamente a la empresa distribuidora, o a través de su comercializadora, el mismo contrato, o en su caso acuerdo, de compensación de excedentes entre todos los sujetos participantes, solicitando la aplicación del mismo, según lo dispuesto en el apartado 1. En el caso de autoconsumo colectivo sin excedentes, se deberá remitir un mismo acuerdo entre todos los consumidores afectados, según lo dispuesto en el apartado 2.

6. En aquellos casos de consumidores que se acojan al mecanismo de compensación simplificada y sean suministrados por un comercializador de referencia, este deberá realizar la facturación de acuerdo con los siguientes términos:

i. Deberá efectuar la facturación en los términos previstos en el Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo.

ii. Sobre las cantidades a facturar antes de impuestos, deberá descontarse el término de la energía horaria excedentaria, valorada de acuerdo con lo previsto en el apartado 2.ii.b del presente artículo. De acuerdo con lo previsto en dicho apartado, la cuantía a descontar será tal que en ningún caso el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de horaria consumida de la red en el periodo de facturación.

iii. A los consumidores vulnerables acogidos al bono social, a la diferencia entre las dos cantidades anteriores se le aplicará lo previsto en el artículo 6.3 del Real Decreto 897/2017, de 6 de octubre, por el que se regula la figura del consumidor vulnerable, el bono social y otras medidas de protección para los consumidores domésticos de energía eléctrica.

iv. Una vez obtenida la cuantía final, se le aplicarán los correspondientes impuestos.

Artículo 15. Liquidación y facturación en la modalidad de autoconsumo.

1. Los sujetos acogidos a cualquier modalidad de autoconsumo que adquieran la energía horaria consumida de la red directamente en el mercado de producción liquidarán su energía de acuerdo con lo dispuesto en la normativa de liquidaciones del mercado de producción.

Los sujetos que adquieran la energía horaria consumida de la red a través de una empresa comercializadora liquidarán su energía conforme a lo pactado entre las partes mensualmente con base en lecturas reales de resolución horaria y su normativa de aplicación, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 14.

2. Corresponderá a la empresa distribuidora realizar la facturación de los peajes de acceso a las redes y los cargos del sistema eléctrico que le correspondan, en aplicación de lo establecido en el artículo 9.5 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre.

En el caso de que el consumidor tenga contratado el acceso a las redes a través de una comercializadora, la empresa comercializadora realizará al consumidor la facturación por el peaje de acceso a las redes y cargos del sistema eléctrico correspondientes, desglosando estos conceptos en la factura. La empresa comercializadora dará a las cuantías recaudadas el destino previsto en la normativa.

En el caso de consumidores directos en mercado, dichos consumidores asumirán los cargos que, en su caso, les correspondan de acuerdo con la normativa de aplicación.

3. Para la liquidación de la energía horaria excedentaria vertida por las instalaciones de producción acogidas a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, se aplicará la normativa general de la actividad de producción.

Artículo 16. Peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de aplicación a los productores de energía eléctrica.

En la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, los titulares de las instalaciones de producción, deberán satisfacer los peajes de acceso,

establecidos en el Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por la energía horaria excedentaria vertida.

Artículo 17. Peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de aplicación a los consumos en las modalidades de autoconsumo.

1. De acuerdo con lo previsto en el artículo 9.5 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, la energía autoconsumida de origen renovable, cogeneración o residuos estará exenta de todo tipo peajes.

Las condiciones de contratación del acceso a las redes y las condiciones de aplicación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución serán las que resulten de aplicación de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, sin perjuicio de las particularidades establecidas en este artículo.

2. Para determinar los componentes de la facturación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución a los sujetos acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes, acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación y de aquellos acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación que dispongan de un único contrato de suministro según lo dispuesto en el artículo 9.2, se aplicarán los siguientes criterios:

a) Para la determinación del término de facturación de potencia de los peajes de acceso a las redes, el control de la potencia se realizará utilizando el equipo de medida ubicado en el punto frontera.

b) Para la determinación del término de facturación de energía activa, la energía a considerar será la energía horaria consumida de la red.

c) Para la determinación, en su caso, del término de facturación de energía reactiva se realizará utilizando el equipo medida ubicado en el punto frontera, y en su caso, el equipo de medida de generación neta.

3. Para determinar los componentes de la facturación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución a los sujetos acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación que no dispongan de un único contrato de suministro según lo dispuesto en el artículo 9.2 y al productor asociado por sus servicios auxiliares de producción, se aplicarán los siguientes criterios:

a) Para la determinación del término de facturación de potencia de los peajes de acceso, el control de la potencia se realizará considerando lo siguiente:

1.º Cuando la energía horaria consumida por los servicios auxiliares de producción sea mayor que cero:

i. Para el control de la potencia del consumidor asociado:

a. Si la instalación dispone de la configuración prevista en los artículos 10.2 y 10.3, se utilizará el equipo de medida ubicado en el punto frontera.

b. Si la instalación dispone de la configuración de medida recogida en el apartado 10.4, se utilizará el equipo de medida del consumidor asociado.

ii. El control de la potencia de los consumos de los servicios auxiliares de producción se realizará, utilizando a estos efectos el equipo que registre la energía horaria neta generada.

2.º Cuando la energía horaria neta generada sea mayor que cero, para el control de la potencia del consumidor asociado:

a. Si la instalación dispone de la configuración prevista en los artículos 10.2 y 10.3, se utilizará el equipo de medida ubicado en el punto frontera

b. Si la instalación dispone de la configuración de medida recogida en el apartado 10.4, se utilizará el equipo de medida del consumidor asociado.

b) Para la determinación del término de facturación de energía activa la energía a considerar será:

1.º Cuando la energía horaria consumida por los servicios auxiliares de producción sea mayor que cero:

i. La facturación de la energía activa del consumidor asociado:

a. Si la instalación dispone de la configuración prevista en los artículos 10.2 y 10.3, se realizará por la energía correspondiente a la energía horaria consumida de la red menos la energía horaria consumida por los servicios auxiliares de producción correspondientes.

b. Si la instalación dispone de la configuración de medida recogida en el apartado 10.4, se realizará por la energía horaria consumida por el consumidor asociado.

ii. La facturación de la energía activa por los consumos de los servicios auxiliares de producción, se realizará por la energía horaria consumida por los servicios auxiliares de producción, utilizando a estos efectos, el equipo que registre la energía horaria neta generada.

2.º Cuando la energía horaria neta generada sea mayor que cero, la facturación de la energía activa del consumidor asociado se realizará por:

a. Si la instalación dispone de la configuración prevista en los artículos 10.2 y 10.3, se facturará la energía horaria consumida de la red.

b. Si la instalación dispone de la configuración de medida recogida en el apartado 10.4, se calculará como la diferencia entre la energía horaria consumida por el consumidor asociado y la energía horaria autoconsumida, utilizando a tal efecto los equipos de medida del consumidor asociado y el equipo que registra la energía horaria neta generada.

c) Para la determinación, en su caso, del término de facturación energía reactiva se utilizará:

i. La facturación del consumidor asociado, se realizará:

a. Si la instalación dispone de la configuración prevista en los artículos 10.2 y 10.3, se realizará utilizando el equipo de medida ubicado en el punto frontera.

b. Si la instalación dispone de la configuración de medida recogida en el apartado 10.4, se realizará utilizando el equipo de medida del consumidor asociado.

ii. La facturación de la energía reactiva de los consumos de los servicios auxiliares de producción, se realizará utilizando el equipo que registre la energía horaria neta generada.

4. Para determinar los componentes de la facturación de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución al sujeto acogido a la modalidad de autoconsumo colectivo y al sujeto cuyas instalaciones de generación asociadas son instalaciones próximas a través de la red, se aplicará lo establecido en los apartados anteriores con las siguientes particularidades:

a) El control de la potencia de cada consumidor se realizará sobre la potencia de cada uno de los consumidores, utilizando a estos efectos el equipo de medida ubicado en cada punto frontera.

b) Para la determinación del término de facturación de energía activa, la energía a considerar será la energía horaria consumida de la red individualizada.

c) Para la determinación, en su caso, del término de facturación energía reactiva del consumidor asociado se utilizará el equipo de medida ubicado en cada punto frontera.

5. De acuerdo con lo previsto en el artículo 9.5 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, en el caso en que se produzca transferencia de energía a través de la red de distribución en instalaciones próximas a efectos de autoconsumo, adicionalmente, los consumidores asociados deberán satisfacer una cuantía por la utilización de dicha red. Esta cuantía será determinada por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia.”

Con la compensación simplificada se aplicarán precios acordados por las dos partes, tanto por la energía que se pueda consumir como por la energía que llegue a exceder.

3.3 CONCLUSIONES

Este Real Decreto propicia el autoconsumo en España. En el propio Decreto se expone la idea que el impulsar el autoconsumo será beneficioso tanto para la economía general del país como para el sistema eléctrico y energético.

Además, en el Decreto se especifican nuevas fórmulas de autoconsumo abriendo la puerta a una modalidad colectiva, la cual puede ser de gran utilidad tanto a nivel urbano, en comunidades de propietarios, como a nivel industrial para polígonos industriales o empresas. Se permite la instalación de un sistema fotovoltaico en una propiedad próxima a la que vaya a nutrirse de sus efectos. Esto puede propiciar el uso de viviendas mejor situadas de cara a la generación, siempre y cuando las partes estén de acuerdo.

Asimismo, se simplifica la compensación por excedentes, ya que, hasta el momento, si el usuario quería recibir alguna gratificación por la energía vertida en la red

debía constituirse como productor de energía, lo cual a nivel de trámites era, además de muy tedioso, poco rentable. Mediante la nueva legislación la compensación se simplifica simplemente aplicando un bono en la factura mensual con un máximo del 100% de la energía consumida por el usuario.

Para los pequeños productores todas las gestiones que antes eran necesarias se reducen a una única: notificar la instalación a una planta de producción eléctrica situada en su comunidad autónoma.

Por todo lo anteriormente citado, con el nuevo decreto se favorece la rentabilidad de una instalación solar fotovoltaica, lo cual será analizado en apartados próximos.

4 EMPLAZAMIENTO

Donde se ubica la instalación fotovoltaica es determinante para conocer si habrá una producción de electricidad rentable. Todo y que, en el caso concreto estudiado, el emplazamiento está decidido en primera instancia, es conveniente analizar cómo influye la radiación solar en la situación exacta del proyecto.

La energía producida por el sol es debida a procesos de fusión nuclear. Todo y la distancia entre la Tierra y el Sol, la energía solar que llega a la superficie terrestre en una hora equivale a aproximadamente el total de la energía consumida por toda la humanidad durante un año

Se puede definir como radiación la transferencia de energía mediante ondas electromagnéticas, producidas directamente desde la fuente hacia todas las direcciones. En el caso del Sol, las ondas no necesitan un medio material para transmitirse, pudiendo atravesar el vacío en el espacio hasta llegar a nuestra superficie. Estas ondas llegan a la capa más alejada de la tierra en la atmósfera con una irradiancia media de alrededor de 1.367W/m^2 . A este valor se le llama constante solar y puede variar dependiendo de la distancia en el momento puntual entre la Tierra y el Sol y de la actividad solar en ese mismo momento. Al cruzar la atmósfera, la radiación solar es atenuada por los fenómenos de reflexión, refracción, absorción y difusión. Por ello, a la corteza terrestre llega aproximadamente la mitad de la radiación solar sin alteraciones.

Cuando se quiere determinar la radiación sobre una superficie no horizontal, como pueden ser las placas solares, se tiene que tener en cuenta que está compuesta por diferentes radiaciones: la radiación directa, la radiación difusa y la radiación reflejada por superficies próximas. Se denomina irradiancia solar a la intensidad de la radiación electromagnética incidente sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

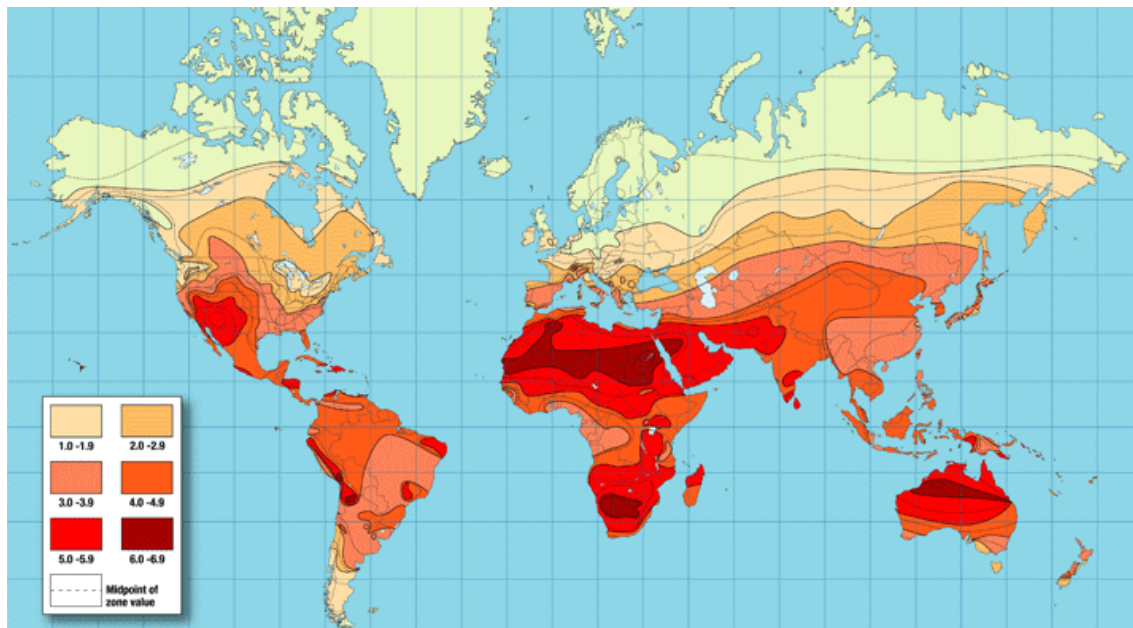


Ilustración 2: Irradiación solar mundial

En el mapa observamos que el territorio español está bien posicionado para el aprovechamiento de la irradiación solar a nivel mundial.

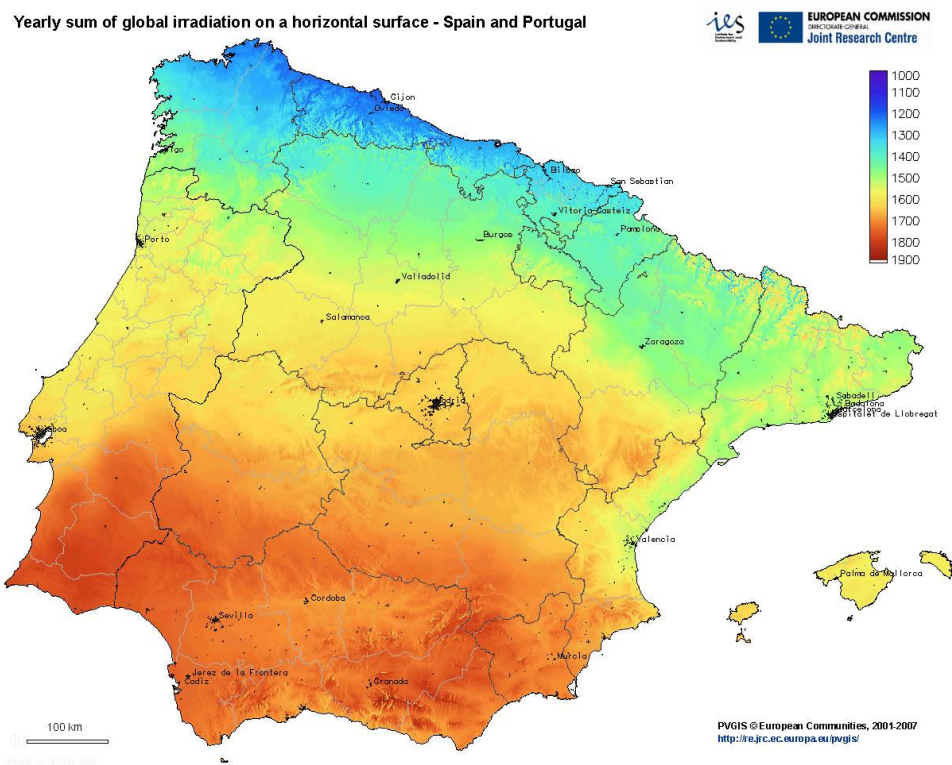


Ilustración 3 Irradiación solar España

En la imagen se puede ver que la zona que donde se emplazará la instalación, todo y no ser la idónea dentro del territorio español, sigue reclutando buenas condiciones para aprovechar la radiación solar.

Con las coordenadas exactas de la instalación se podrá estimar la producción energética de la instalación con relativa facilidad, apoyándose en los datos proporcionados por entidades oficiales.

5 UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

En el caso estudiado la vivienda contará con una superficie de 380m², de ellos disponibles para colocar placas solares en torno a 100m². Todos estos se encuentran en posición horizontal, con apenas inclinación, pudiendo orientar las placas hacia el sur sin problema alguno.

Se puede obtener el ángulo de inclinación óptimo mediante diferentes métodos, existen métodos aproximativos poco precisos y métodos matemáticos complejos para determinar la inclinación que maximizará el rendimiento de una instalación para una ubicación determinada. En la actualidad hay programas de dominio público, los cuales son de gran utilidad a la hora de abordar este propósito. En este estudio se trabajará con PV-GIS, todo y esto se realizará el cálculo de manera manual para conseguir una perspectiva más amplia.

Para encontrar el ángulo de inclinación óptimo, la inclinación de las placas tiene que ser la justa para que durante el solsticio de verano (punto donde el sol alcanza el punto más alto sobre su trayectoria) los rayos incidan de manera perpendicular sobre los paneles fotovoltaicos a mediodía.



Ilustración 4: Ubicación

La máxima eficiencia de los paneles solares se obtendría si el ángulo de incidencia de los rayos solares fuera siempre de 90°. Esto en la práctica es imposible de conseguir sin sistemas motorizados para reorientar constantemente las placas y, por norma general,

la implantación de dichas estructuras no sale rentable, dado que la inversión que lleva ponerlos y mantenerlos es demasiado elevada, dificultando mucho su amortización.

La incidencia solar varía en función de la latitud y la declinación solar, siendo variable todo el año.

Teniendo en cuenta que el eje de rotación de la tierra esté inclinado entorno $23,45^\circ$ respecto a la órbita terrestre sobre el sol y que la incidencia sobre la tierra será de 90° respecto a la superficie en el ecuador los días de equinoccio y en los trópicos los días de solsticio, en nuestra posición el punto más alto se alcanzará en el solsticio de verano.

Para tener los paneles inclinados de la manera más eficiente (recibiendo de manera perpendicular los rayos solares a mediodía) es necesario conocer la altura máxima del sol sobre el horizonte durante el mediodía del día más largo del año. Esto se puede obtener mediante la siguiente fórmula;

$$\alpha = 90^\circ - \text{latitud} + \delta$$

Necesitando la latitud en grados y teniendo en cuenta δ como el ángulo de inclinación del sol ($23,45^\circ$).

Obteniendo en nuestro caso particular con una latitud de $39,0861110$.

$$\alpha = 90^\circ - 39,0861110^\circ + 23,45 = 74,36^\circ$$

Con el ángulo complementario del anterior se puede obtener el ángulo de al cual deben inclinarse los receptores respecto al plano horizontal para que los rayos solares sean perpendiculares con los paneles.

$$\beta = 90 - \alpha = 90^\circ - 74,36^\circ = 15,64^\circ$$

Este ángulo no goza de una precisión alta, dado que solo tiene en cuenta el día con mejores condiciones teóricas del año (solsticio de verano).

Para conseguir el modelo más exacto habría que recurrir a programas informáticos o a modelos numéricos muy complejos. En el presente estudio se recurrirá al programa PV-GIS, el cual cuenta con una función con la que conocer el ángulo de máxima producción para una coordenada concreta. Tras realizar la simulación con PVGIS se obtiene un valor de 37° de inclinación, el cual dista mucho del estimado anteriormente.

Teniendo en cuenta que PVGIS es una herramienta de gran prestigio abalada por muchos profesionales y con bases de datos muy fiables y actualizadas se tendrá en cuenta el valor calculado por el programa.

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	39.081, -0.594
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	3.27
Pérdidas sistema [%]:	14
Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	37 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual FV [kWh]:	5194.64
Irradiación anual [kWh/m ²]:	2056.95
Variación interanual [kWh]:	154.08
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.55
Efectos espectrales [%]:	0.63
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-8.43
Pérdidas totales [%]:	-22.77

Ilustración 5: Cálculo PV-Gis

El ángulo óptimo según el cálculo de PV-GIS es de 37°, el cual dista mucho del calculado de manera manual. Se tomará este ángulo como correcto a la hora del diseño de la instalación, ya que la manera de obtenerlo está considerada mucho más fiable.

6 ANÁLISIS DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN LA VIVIENDA OBJETO DE ESTUDIO

Para determinar el consumo de la vivienda, se utilizarán a los datos que aporta la compañía eléctrica mensualmente a través de las facturas. En este caso se dispone de todo un año de facturación, con lo cual se pueden hacer estimaciones bastante precisas de cuál será el consumo medio, además de cuál será el mes con un pico de consumo más elevado.

Durante el periodo analizado en la residencia vivían 3 personas, las cuales hacían un uso normal de los electrodomésticos. Teniendo en cuenta que la cocina funciona a gas butano y que además se dispone de un sistema de calefacción por leña, es de esperar que el consumo sea muy superior durante los meses más calurosos del año debido al uso del aire acondicionado.

Recopilando los datos recogidos en las facturas eléctricas es sencillo el proceso de estimación de futuros consumos energéticos, además de poder escoger una potencia generada adecuada para estas placas.

Debido a las grandes variaciones entre los meses de invierno y de verano, es probable que, en caso de querer instalar un sistema de almacenamiento de baterías, hubiese que sobredimensionarlas, quedando en desuso la mayor parte del año, pero esto se abordará más adelante en el documento.

Se puede predecir que se optará por un sistema de compensación en la factura mensual en caso de excedente de energía en lugar de almacenarla en baterías. Por lo que el método de cuantificación de la energía, dado a que está ligado a la facturación, parece el más fiable.

En caso de no conocer los consumos anteriores se habría procedido a una estimación de cargas, multiplicando la potencia de las mismas por las horas de empleo. No obstante, este método resultaría mucho menos preciso.

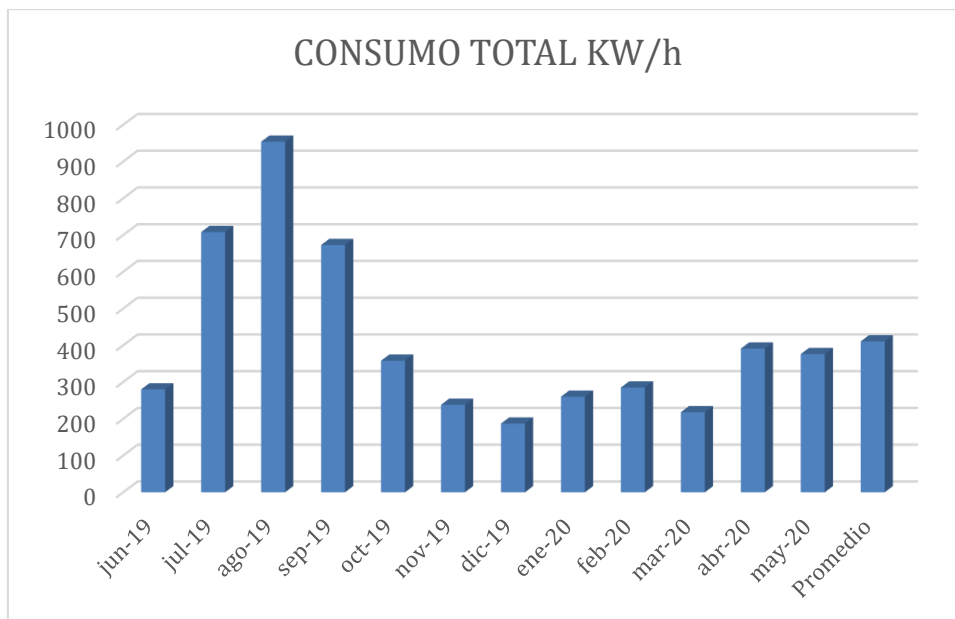


Gráfico: 4 Consumo total

Como se observa en el grafico 4 “consumo total” y tal y como se había previsto los consumos son mucho más elevados durante los meses de verano, llegando estos a doblar el valor promedio.

Además, es notorio que la vivienda tiene un consumo muy por encima de la media (situada en 270 kW/h por REE). Esto sin duda encarecerá el proceso, en caso de que la casa quiera acercarse a lograr la independencia energética.

MES	CONSUMO TOTAL KW/h
jun-19	280
jul-19	708
ago-19	954
sep-19	673
oct-19	358
nov-19	238
dic-19	187
ene-20	260
feb-20	285
mar-20	218
abr-20	391
may-20	376
Promedio	410

Tabla 2: Consumos vivienda

Como se puede ver en la tabla 2, los consumos en ocasiones son superiores a los que se puede considerar una vivienda promedio. Antes de realizar la instalación fotovoltaica sería conveniente identificar las causas de estos consumos e intentar reducirlos, para así no tener que sobredimensionar innecesariamente la instalación.

Se tomará como referencia el valor promedio de 410kWh para el dimensionado de esta instalación concreta.

7 CRITERIOS PARA EL DISEÑO

En los siguientes apartados se estudiarán las diferentes alternativas a nivel técnico. Intentando escoger la que más se ajuste a este proyecto concreto, para lo cual se tendrán en cuenta aspectos económicos, técnicos, logísticos...

7.1 Tecnología solar

Existen distintos tipos de tecnologías que intentan redireccionar la energía del sol para convertirla en otros tipos de energías más rentables para el ser humano. La tecnología solar se desarrolla en múltiples vertientes desde hace más de 150 años. Todo y que empezó a estudiarse con intención de abordar una falta de combustibles fósiles, con el tiempo ha pasado a tener eficiencias y rentabilidades similares, o incluso superiores a la de fuentes como el carbón, haciendo que el crecimiento de esta tecnología sea exponencial.

De entre la multitud de tecnologías solares desarrolladas hasta hoy, hay dos que son de especial utilidad para este proyecto: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

7.1.1 Energía solar térmica

Esta energía consiste en aprovechar la energía solar para generar calor, el cual se puede aprovechar para la calefacción del agua o para producir energía mecánica mediante procesos de combustión para posteriormente convertirla en energía eléctrica.

Esta tecnología a nivel urbano se suele emplear principalmente para la generación de agua caliente para usos sanitarios. Para ello se puede recurrir a circuitos abiertos, en los cuales el agua pasa directamente por las partes calentadas por el sol, con este sistema se ahorra en inversión económica además de que hay poca pérdida de energía dado al uso inmediato. Por otra parte, genera una fuerte dependencia a la potencia solar momentánea. También existen los de circuito cerrado, en los cuales el calor se transmite hasta un depósito y en este se fuerza el agua mediante bombeo cuando se es requerida. Con este sistema se pierde eficiencia, pero se tiene mayor disposición del agua caliente.

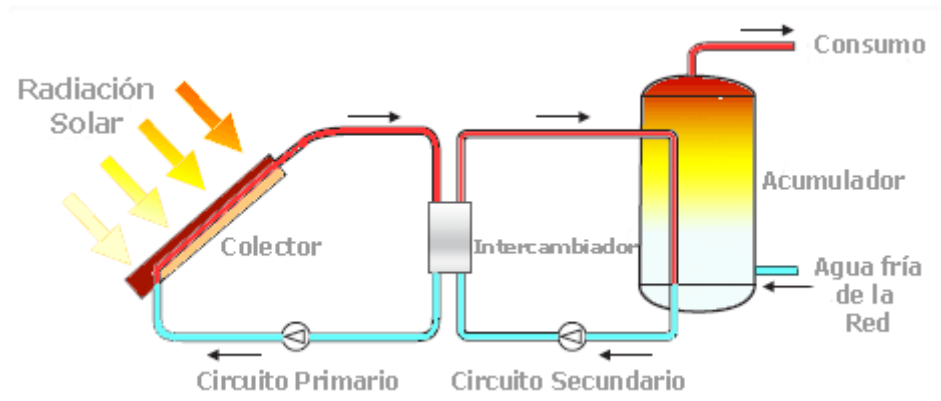


Ilustración 6: Energía solar Térmica

Por otra parte, se podría emplear el agua calentada por el sol para forzar una turbina de vapor transformando el movimiento de esta en energía eléctrica.

Todas estas opciones son viables, y en casas de nueva construcción el uso de paneles para calentar el agua sanitaria es obligatorio. No obstante, mediante esta tecnología sería imposible cubrir más allá de un 40% de las necesidades de potencia de la instalación objeto de estudio. Por lo cual, todo y que la inversión sería muy inferior a la que se debería realizar en caso de la energía fotovoltaica, se descarta esta opción.

7.1.2 Energía solar fotovoltaica

Una célula fotovoltaica proporciona corriente y tensión continua directamente proporcional a la radiación luminosa que recibe y es capaz de asimilar. Esto es debido al efecto fotovoltaico, el cual fue descubierto por Heinrich Hertz en 1887. Con esto se puede ver que, todo y ser una tecnología con más de 100 años de antigüedad, no ha sido hasta hace menos de tres décadas que ha empezado a explotarse eficientemente.

El efecto fotovoltaico se basa en el hecho de que una unión PN es capaz de generar energía cuando incide luz sobre ella. Cuando los fotones de la luz inciden sobre los electrones de un material, estos se desprenden de sus átomos. Al desprenderse se produce un desplazamiento de electrones, lo cual genera energía eléctrica. Cuando un electrón se desplaza siempre deja un hueco o espacio, el cual debe ser ocupado por otro electrón intentando buscar la estabilidad del átomo, con este movimiento de cargas se consiguen las cargas eléctricas.

En las células solares, como se ha comentado antes, se busca una polarización PN, cargando negativamente una parte del material y evidentemente la otra parte será cargada con carga positiva. De este modo, cuando una carga queda libre por la energía del fotón, esta tiende a moverse por el material, lo cual se puede aprovechar conduciendo esta energía.

Se entiende como fotón a una partícula de luz radiante, y la energía del propio se transmite a la última orbita de un átomo. Si esta energía es mayor que la de atracción del núcleo del mismo, uno de los electrones saldrá de su órbita, liberándose del átomo y pudiendo desplazarse por el material.

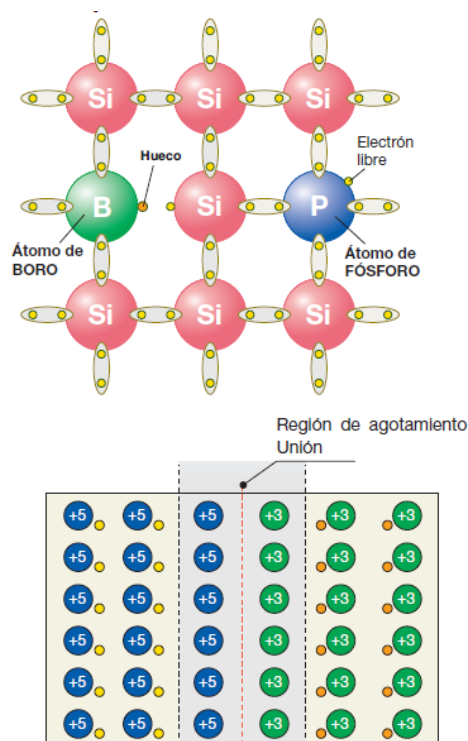


Ilustración 7: Silicio PN

Materiales como el silicio y otros semiconductores son ideales, ya que tienen distintos comportamientos delante de la electricidad, los cuales son dependientes de la excitación o no del material.

Dado que, con el avance de esta tecnología sobre todo en estas últimas décadas, se pueden conseguir cantidades de energía suficientes para alimentar una casa de una manera eficiente en cuanto a espacio y precio, se escogerá este tipo de tecnología para el diseño de esta instalación.

7.2 Componentes

Toda instalación fotovoltaica se compone principalmente de unos componentes concretos. Estos son las células fotovoltaicas, las baterías el controlador y el inversor, además de cableado y otros elementos.

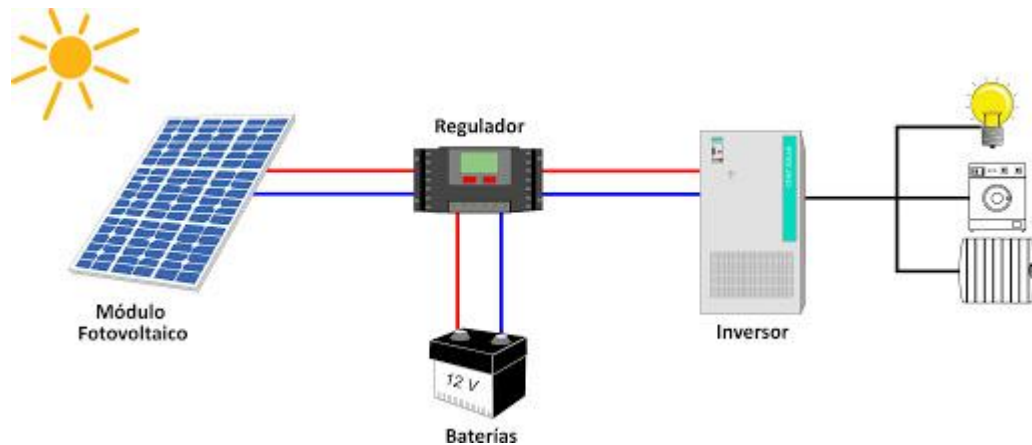


Ilustración 8: Esquema componentes instalacion solar

En el dibujo se ve una versión simplificada de lo que sería una instalación fotovoltaica.

7.2.1 Generador fotovoltaico

Es el elemento principal de una instalación solar fotovoltaica. Suele venir en forma de placa y está formado por cumulo de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente entre ellas. Es el encargado de aprovecharse del efecto fotoeléctrico antes nombrado, y suele colocarse sobre estructuras, las cuales pueden ser fijas o móviles.



Ilustración 9: Generador fotovoltaico

Como norma general está formado por capas de silicio, cargadas positiva y negativamente.

Estas no son capaces de absorber toda la energía que les llega del sol, siendo las pérdidas de esta, ya sean por reflexión, por incapacidad de captar una onda con longitudes inadecuadas o por las propias resistencias de los materiales, muy superiores a la energía realmente utilizable, la cual ronda a un 15%.

En un marco normalizado de $1\text{kW}/\text{m}^2$ y a $25\text{ }^\circ\text{C}$, una célula normal puede producir intensidades superiores a los 3A y voltajes que rondarán los 0,5V, lo cual deja con potencias pico de en torno a 1,5Wp. Esta potencia dependerá en la mayor medida a la cantidad de irradiación que actúe sobre los módulos.

A la hora de materializar la compra de un generador fotovoltaico lo más habitual es hacerlo en forma de placas, las cuales tienden a identificarse como módulos fotovoltaicos y como norma general se agrupan en 36 células conectadas en serie en un espacio raramente superior al $1,2\text{m}^2$. Conectando varios módulos entre sí se forma un panel.

Las células se construyen junto con una estructura que las aísla eléctricamente del exterior, además de proporcionar protección contra cambios de temperatura, impactos, etc. También tiene la función de disipar el calor ocasionado por el módulo, evitando así el sobrecalentamiento.

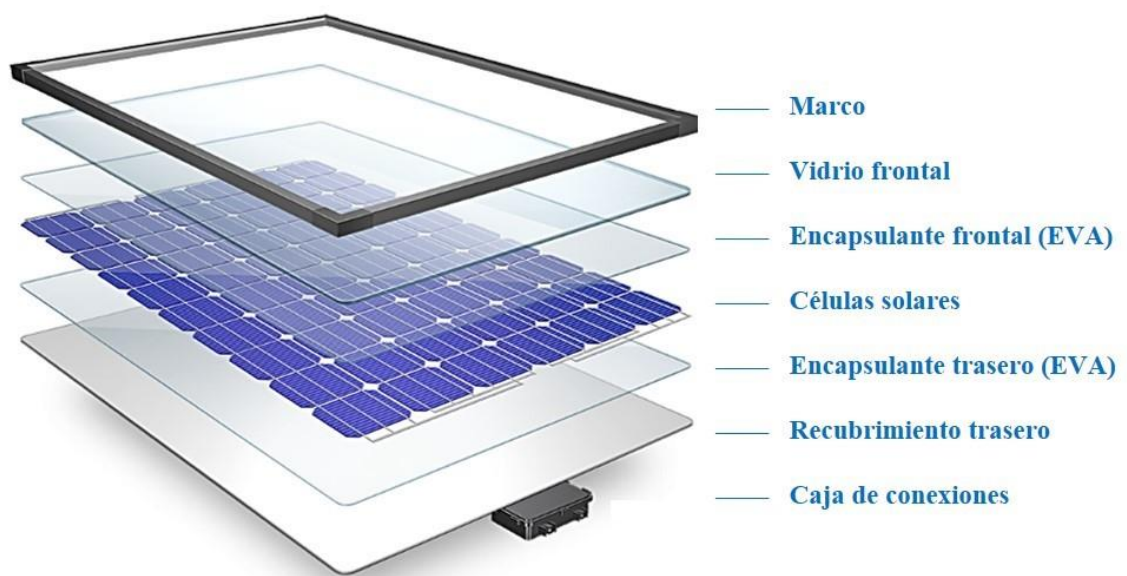


Ilustración 10: Panel solar

Las principales características técnicas a tener en cuenta de un panel solar (entendido como el conjunto de células) son las siguientes:

- Intensidad de cortocircuito (I_{cc}, I_{sc}): Es la que se mide directamente en los bornes cuando la tensión es nula.
- Tensión en circuito abierto (V_{ca}, V_{oc}): Tensión máxima alcanzable por el panel cuando no tiene cargas conectadas.
- Potencia Máxima (P_{max}): Se obtiene de multiplicar la I_{cc} y la V_{oc} en condiciones estándares de medida.
- Corriente en el punto máximo de medida (I_{mp}): Corriente producida a máxima potencia en condiciones estándares de medida.
- Voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mp}): Es la Tensión que se produce a máxima potencia en condiciones estándares de medida.
- Eficiencia (η): Se expresa en porcentaje y es la cantidad de energía eléctrica producida a partir de la irradiación incidente sobre el panel

$$\text{Rendimiento o eficiencia} = W_p / W_r$$

Donde W_r es la potencia de radiación incidente sobre el panel solar.

- Tolerancia: Expresada en porcentaje o en valor absoluto, es el rango en el cual los fabricantes aseguran que se encuentran sus productos respecto al valor nominal fijo.
- TONC ($^{\circ}\text{C}$): Temperatura nominal de operación de la célula. Es la temperatura de la célula en unas condiciones determinadas.

Además de estos parámetros, en las placas de características suelen venir también datos mecánicos como dimensiones o peso, datos de rangos de funcionamiento y otros detalles.

Características Eléctricas	
Potencia nominal (Pmax)	330W
Voltaje de circuito abierto (VOC)	45.9V
Corriente de cortocircuito (ISC)	9.26A
Voltaje a la potencia nominal (Vmp)	37.3V
Corriente en Poder Nominal (Imp)	8.85A
Modulo de Eficiencia (%)	17.01
Temperatura funcionamiento	-40°C to +85°C
Máximo sistema Voltaje	1000V DC
Posición de Resistencia de Fuego	Type 1(in accordance with UL1703)/Class C(IEC61730)
Posición de Fusible de Serie Máxima	15A
STC: Irradiance 1000W/m ² , temperatura de Célula 25°C, AM1.5	

Tabla 3: Características eléctricas placa solar fotovoltaica

En la imagen se aprecian las distintas características enumeradas, y son estas mismas las que se tendrán en consideración a la hora de escoger paneles para esta instalación.

Existen bastantes modelos de placas solares, pero a día de hoy los más extendidos son los policristalinos y los monocristalinos.



Ilustración 11: Panel Monocristalino Policristalino

A efectos prácticos existe poca diferencia entre ellos: los paneles monocristalinos presentan mejor eficiencia, pero históricamente esta diferencia, siempre y cuando se

dispusiera de espacio para instalar algún panel adicional, era poco rentable debido a que los policristalinos tendían a ser más económicos.

Todo y esto, en los últimos años la diferencia de precios entre los paneles monocristalinos y policristalinos se ha ido reduciendo, hasta el punto en que prácticamente no existe diferencia. Por esto a la hora de elegir un tipo de panel u otro en este caso particular se optará por el monocristalino

7.2.2 Acumuladores o Baterías

La energía solar, todo y que se idealiza su llegada a la hora de hacer cálculos, no es constante y los módulos fotovoltaicos generan energías muy dispares dependiendo de las condiciones externas, como pueden ser las sobras, las estaciones del año o la propia noche.

Por esto puede ser interesante implementar algún sistema que almacene energía para poder disponer en los momentos de menor producción de los sobrantes generados en los momentos de máxima producción. Para este propósito se dispone de las baterías. Una batería tiene la capacidad de transformar la energía química por eléctrica. Como norma general, las baterías se cargan con la electricidad que se produce en los paneles de manera directa, utilizando un regulador de carga, con objetivo de poder disponer de la energía almacenada en cualquier momento.

Las baterías tienen varias características y conceptos a tener en cuenta:

- **Capacidad:** Es la cuantía de electricidad que puedes obtener de un acumulador cuando este está al máximo de su capacidad. Se mide en amperios por hora y es el resultado del producto de la intensidad de descarga del acumulador a través del tiempo.
- **Eficiencia de carga:** Es la relación que hay entre la energía necesaria para llegar al estado máximo de carga y la energía que la batería suministrara después. Como es lógico cuanto más alto sea este valor, mejor. Se mide en porcentaje
- **Autodescarga:** Es la resistencia a descargarse sin estar en un uso explícito.
- **Profundidad de descarga:** Es la cantidad de energía que se obtiene de una batería respecto su total (expresada en tanto por cien). Como norma general en

ciclos de descargas cortos la vida útil de la batería suele ser más larga que en los largos.

Además de estas características existen otros factores más relacionados con la parte menos eléctrica que también son dignos de mención, como pueden ser el mantenimiento, las dimensiones o el peso.

Existen varios tipos de baterías y cada uno de ellos presentan una serie de características diferentes, que según las necesidades de la instalación objeto de estudio pueden interesar más o menos.



Ilustración 12: Tipos de baterías

En el mundo de las instalaciones solares las más utilizadas son las baterías de plomo-ácido, entre las cuales también hay subclases, las cuales tienen sus propias variaciones. Esto es debido a que presentan mejores condiciones de autodescarga, además de que son mucho más económicas que los otros tipos.

Las baterías por norma general son de gran tamaño y peso, además, son un elemento que tiende a encarecer mucho las instalaciones. En el caso de estudio a nivel económico las baterías se convertirían en un gran lastre dilapidando las posibilidades de conseguir rentabilidad a corto plazo. Además de esto, por su tamaño y peso y debido a que el único lugar donde podrían emplazarse sería en la azotea, sobrecargando la estructura, se llega a la conclusión de que no serán parte de la instalación.

7.2.3 Regulador de carga

El regulador de carga es el dispositivo que se encarga de “desconectar” las fuentes de generación fotovoltaicas cuando las baterías están a su máximo nivel de carga. Además de esto, mantiene las baterías cargada y conmutar la energía utilizada cuando las baterías tienen poca carga.

En el supuesto de que se dispusiera de baterías en una instalación es imprescindible disponer de un regulador de carga. Tienden a ser ajustables para poder ajustarlos a las condiciones propias de cada instalación. Dado que la tensión nominal de los paneles tiende a ser superior a la de las baterías, si no se dispusiera de este elemento, se podrían producir sobrecargas.



Ilustración 13: Regulador de carga

Se puede dimensionar la instalación escogiendo el peor momento de irradiación solar, para de este modo asegurar suministro durante todo el año. Esto provoca que cuando la irradiación está en puntos muy superiores al punto más desfavorable, el electrolito de las baterías llegue literalmente a hervir, esto es lo que hace imprescindible el regulador de carga.

Normalmente el fabricante proporciona valores en los cuales el regulador tiene que trabajar en su hoja de características, entre los cuales además se encuentran las características físicas, las eléctricas y normas de seguridad.

En el caso estudiado, dado que no se dispondrá un sistema de almacenamiento, no será tampoco necesario un regulador de carga.

7.2.4 Inversor

El inversor es el encargado de transformar la corriente continua generada por las células fotovoltaicas en corriente alterna que se pueden utilizar en una red eléctrica convencional, en nuestro caso a 220V y 50Hz



Ilustración 14: Inversores

El inversor es imprescindible si se quiere que esta instalación se conecte a red. En algunos casos los inversores también tienen la función de regulador, pero estos son mucho menos económicos.

Es muy conveniente que la onda generada por el generador sea senoidal. Para este propósito se utilizan filtros L-C. Un generador tiene la misión de adaptarse a la carga para así optimizar el punto de trabajo maximizando la potencia suministrada.

Los inversores tienen comportamientos diferentes según estén conectados a red o no, en este caso y para maximizar el aprovechamiento de la última normativa, se usará conectado a red. Los inversores, además de transformar la corriente a alterna, deben sincronizar la onda resultante con la de la red a la que se dirige la energía.

Como en todos los elementos, el inversor tiene una serie de características a tener en cuenta:

Factor de Potencia:	1
Tensión Máxima Entrada:	500 Vdc
Rango de Tensión MPPT:	120~450 Vdc
Salida:	230VAC ± 5%
Frecuencia:	50-60 Hz
Dimensiones:	115x300x440 mm
Peso:	9Kg
Uso:	Interior
Requiere Montaje:	Sí
Tª Ambiente Trabajo:	-10 ° C - +50 ° C
Certificados:	CE & RoHS
Refrigeración:	Ventilador

Tabla 4: Característica eléctricas de un inversor

- **Potencia:** Esta es la máxima potencia que es capaz de suministrar a pleno rendimiento. Los generadores tienden a estar diseñados de modo que puedan conectarse en paralelo para prever ampliaciones de potencia futuras.
- **Fases:** Para inversores de pequeño tamaño se suele contar con una fase, pero los de potencias elevadas pueden ser trifásicos.
- **Rendimiento:** Suele rondar el 90%. El rendimiento del inversor se maximiza cuanto más cerca de su valor de potencia nominal se hace trabajar, por esto es conveniente que la potencia pico de los generadores coincida con la potencia del inversor.
- **Protecciones:** Los inversores también son los encargados de proteger la instalación, para ello suelen llevar protecciones tales como automáticos, limitadores de tensión, limitadores de frecuencia, protecciones contra contactos indirectos, magnetotérmicos etc.

7.3 Estrategia según modelo de producción

En este caso particular existen dos principales modos de operar compatibles con la nueva normativa. En las opciones de diseño, una se centrará en la producción de energía y su posterior almacenamiento, teniendo así la posibilidad de utilizar la energía sobrante de las horas pico para las horas de menos carga. Mientras que la otra se centraría en producir sin preocuparse de los excesos, ya que estos, debido a la nueva normativa, se pueden verter a la red y ser compensados. En este caso se optará por la variable sin

baterías, ya que simplifica mucho la instalación además de hacerla mucho más económica, sin por ello renunciar a rentabilidad.

8 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

8.1 Producción de energía

Para dimensionar la instalación y proceder a la correcta elección de los componentes de la misma, se utilizarán los datos analizados en el punto 6.

En este apartado se intentará escoger de la manera más precisa la energía necesaria a producir por los paneles, partiendo del promedio de las energías anuales. De este modo se buscará que los consumos eléctricos de la vivienda en términos medios se acerquen lo máximo posible a 0, pudiendo incluso, dependiendo de las condiciones térmicas y solares anuales, llegar a tener beneficios.

Para hacer un cálculo aproximado de la energía que serían capaces de generar los paneles en la situación concreta se recurrirá a PVGIS, una aplicación online de la Comisión Europea, la cual puede realizar estimaciones de energía para coordenadas concretas. Para ello accede a bases de datos de radiación solar. Esta herramienta facilita en gran medida el dimensionado de la instalación.

8.2 Cálculo PVGIS

En el caso de estudio se persigue poder llegar a cubrir la totalidad de la demanda de la vivienda, por lo tanto, se necesitarán cubrir 411kWh/mes, atendiendo al promedio de consumos. Con este dato se puede obtener la demanda anual multiplicando el factor por el número de meses, quedando la energía necesaria en un año expresada de la siguiente forma:

$$410\text{kWh/mes} \cdot 12\text{meses/año} = 4932\text{kWh/año}.$$

Con PVGIS se puede observar que la energía producida con sus valores por defecto en las coordenadas sería de 1506kWh. Con este dato y teniendo como valor por defecto en cuanto a potencia instalada de 1kW, se puede obtener la potencia que se necesita instalar para cubrir las necesidades mediante la siguiente fórmula:

$$(4932\text{kWh}/1506\text{kWh}) \cdot 1\text{kW} = 3,27\text{kW}.$$

Con el valor teórico necesario para generar la potencia objetivo, se pueden introducir los datos en PVGIS.

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	39.081, -0.594
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	3.27
Pérdidas sistema [%]:	14

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	37 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	0
Producción anual FV [kWh]:	5194.64
Irradiación anual [kWh/m ²]:	2056.95
Variación interanual [kWh]:	154.08
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.55
Efectos espectrales [%]:	0.63
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-8.43
Pérdidas totales [%]:	-22.77

Tabla 5: Simulación PVGIS

Con los datos de los que se dispone hasta ahora, uno se puede figurar cuántos paneles serán necesarios. Para ello se debe elegir la potencia de salida más adecuada en los paneles. Teniendo en cuenta que la mayoría de paneles comerciales actuales rondan los 300W, podríamos configurar nuestra instalación en valores cercanos a este.

- Para paneles de 330W serían necesarios 9,9 paneles, lo cual obligaría a poner 10 paneles.
- Para paneles de 370W serían necesarios 8,83 paneles, lo cual obligaría a poner 9 paneles.
- Para paneles de 400W serían necesarios 8,17 paneles, lo cual también nos obligaría a poner 9 paneles.

Con lo cual se optará por los paneles de 370W, los cuales proporcionan la energía justa con un menor número de paneles.

9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

9.1 Paneles fotovoltaicos

Para la instalación propuesta y después de una búsqueda intensiva se decanta por los paneles con denominación comercial “Panel Solar 370W A-370 Atersa Gs” de la marca Atersa. Estos son paneles monocristalinos y son la gama más potente disponible en la marca. Según los fabricantes, son paneles de alto rendimiento ideales para chalets, casetas o viviendas. Además, indican que son perfectamente compatibles tanto con el uso con baterías como usándolos directamente conectados a la red.

Los datos técnicos que se utilizarán para los cálculos serán los siguientes:

ATERSA A-370M GS	
Potencia Máxima (Pmax)	370W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	39,79V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9,30A
Tensión Circuito Abierto (Voc)	47,8V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	9,88A
Eficiencia Modulo (%)	19,07
Tolerancia Potencia (W)	0/+5
Máxima Serie de Fusibles (A)	20
Coefc Temp de Isc (TK Isc)	0,05% / °C
Coefc Temp de Voc (TK Voc) β	-0,32% / °C

Tabla 6: Características ATERSA A-370 GS

Además de estos datos, el fabricante proporciona muchos más datos referidos a propiedades mecánicas o estéticas que en estos cálculos carecen de importancia.

Mediante los datos que nos facilita el fabricante se puede determinar la tensión máxima de salida en vacío y la tensión mínima en carga, estos valores son de suma importancia a la hora de elegir en pasos posteriores el inversor. La tensión máxima se dará cuando se cumpla la condición de ausencia de carga a una temperatura menor, y según fuentes oficiales del estado, en la zona donde se ubica la instalación la menor temperatura registrada es de -7°C . Todo y que debido al calentamiento global es poco probable que se vuelvan a dar las condiciones necesarias para alcanzar esta temperatura, se estipulará esta temperatura como temperatura mínima para mayor seguridad.

Para ello se utilizará la siguiente fórmula:

$$V_{oc}(T) = V_{oc}(25^{\circ}\text{C}) - \beta \times (25 - T_{CEL})$$

Esta misma fórmula permite calcular los valores mínimos de tensión a la máxima temperatura de funcionamiento. Al igual que para conocer la mínima temperatura, estará basado en los datos de Aemet, los cuales dan un valor máximo de temperatura de 45°C. Este valor en cambio sí parece susceptible a aumentar por los mismos motivos que el valor mínimo es poco probable que se repita. Es por esto que se utilizarán 50°C como punto máximo.

En las condiciones menos optimas de temperatura se obtendrá la siguiente expresión:

$$V_{oc}(-7^{\circ}\text{C}) = 47,8\text{V} - (47,8\text{V} \times \frac{-0,32\%}{100} \times (25^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) = 52,7\text{V}$$

Los valores máximos y mínimos V_{mp} vendrán dados por las siguientes expresiones:

$$V_{mpmax} = 39,79\text{V} - (39,79\text{V} \times \frac{-0,32\%}{100} \times (25^{\circ}\text{C} - (-7^{\circ}\text{C})) = 43,86\text{V}$$

$$V_{mpmin} = 39,79\text{V} - (39,79\text{V} \times \frac{-0,32\%}{100} \times (25^{\circ}\text{C} - (70^{\circ}\text{C})) = 34,06\text{V}$$

Con los datos obtenidos se pueden calcular las tensiones totales del conjunto de la instalación, multiplicándolos por el número de paneles, en este caso 9, estos datos son expuestos en la siguiente tabla:

Número de paneles	Vocmax(V)	Vmp (V)	Vmpmax(V)	Vmpmin(V)
9	474,3	358,11	394,65	306,54

Tabla 7: Valores Tension Panel Solar

9.2 Inversor

Los paneles fotovoltaicos solo tienen la capacidad de generar energía eléctrica en forma continua y, dado que la mayoría de electrodomésticos a nivel doméstico son de corriente alterna y por lo tanto se usa esta para alimentar los hogares, se necesitará un elemento que se encargue de transformar la energía continua en energía alterna, de esto se encarga el inversor.

Este además de invertir la corriente se encarga de sincronizar la corriente que él mismo entrega con la de la red, pudiendo así verter el sobrante para poder recibir rendimiento de este.

Para conocer el dimensionado del inversor es necesario conocer la potencia total que es capaz de generar la instalación. Esto se consigue multiplicando el número de paneles disponibles por su potencia.

$$\text{Potencia instalacion} = n^{\circ} \text{ paneles} \cdot \text{Potencia de cada panel}$$

Obteniendo de la ecuación anterior con los datos concretos 3330W.

Además, los inversores trabajan en rangos de tensión específicos, los cuales es necesario conocer para poder hacer funcionar la instalación de manera correcta, en este caso se sabe que V_{ocmax} será de 474,3 V, lo cual hará necesitar un inversor con una V_{ocmax} superior.

Después de realizar una búsqueda entre los inversores del mercado, se llega al modelo SUN2000L-3.68KTL Red 5000W de la marca Huawei, el cual es una excelente elección tanto por las características técnicas como por la relación calidad precio. Este posee unas características técnicas que se amoldan perfectamente a los requisitos de la instalación. Su voltaje de operación es de 90V – 600V, siendo también 600V su tensión máxima de entrada, lo cual en todo caso es superior a los 474,3V que dan como máximo los paneles. Además de esto cuenta con un sistema paralelizable, el cual permite en caso de necesitar una ampliación de la instalación en el futuro no tener problemas con la potencia máxima, pudiendo aumentarla con relativa facilidad. También está diseñado con tecnología MPPT, lo cual permite obtener la máxima potencia de los paneles solares para hacerlos trabajar en esta, de este modo se consigue un mayor rendimiento de la

instalación. Otro motivo por el cual este inversor es una gran elección es la cantidad de protecciones disponibles en él. Por ello es uno de los más completos en el mercado actual.

9.3 Conductores eléctricos

Debido a la naturaleza de la instalación es totalmente necesario la diferenciación entre tramos de corriente alterna y corriente continua.

Esto se debe a que el tramo entre las placas solares y la entrada del inversor funcionará con corriente continua, ya que la producción de energía mediante las placas fotovoltaicas es necesariamente de corriente continua. Mientras que la red funciona con energía alterna, lo cual hará que el cálculo de los conductores comprendidos entre la salida del inversor y la entrada del domicilio será en forma de corriente alterna.

Para dimensionar los conductores tanto de corriente alterna como de corriente continua se recurrirá a lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión.

9.3.1 *Conductores eléctricos de corriente continua*

Los conductores de corriente continua son los que se encuentran entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor. En este tramo la temperatura tiende a elevarse, por lo que los conductores estarán protegidos de manera propicia.

Para el dimensionado de los mismos se recurrirá al Reglamento Eléctrico de Baja Tensión, más concretamente a la ITC-BT-40, la cual estipula que la intensidad para la cual debe estar preparado el conductor será un 125% superior a la máxima capaz de ser generada por el generador. Además, en el mismo punto de la ITC-BT-40 se especifica que la caída de tensión entre el generador y el primer punto de unión con la Red no puede ser en ningún caso superior al 1,5%. Esto viene especificado en el punto 5.

“5. CABLES DE CONEXIÓN

Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal”

Para calcular la sección que cumpla con los anteriores requisitos se recurrirá a las siguientes fórmulas:

$$I_h = I_{sc} \times 1,25$$

Quedando el caso particular de la siguiente manera:

$$9,88 \times 1.25 = 12,35 A$$

Con este dato se procede al cálculo de la sección, para ello se emplea la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \times l \times I_h}{C \times u \times V_{MPP}}$$

Siendo:

- l: distancia en metros desde el punto más lejano hasta los bornes del inversor (13m)
- I_h: Corriente de cortocircuito redimensionada (12,35A)
- C: Conductividad del conductor se contemplará un caso desfavorable de 70°C 48m/Ωm²
- u: Caída de tensión máxima permitida por 1 (0,015)
- V_{mpp}: Tensión máxima de la cadena de paneles (394V)

Con los valores particulares de este caso se obtendrá el siguiente resultado:

$$S = \frac{2 \times 13 \times 12,35}{48 \times 0,015 \times 394} = 1,13mm^2$$

Para escoger la sección del conductor hace falta fijarse en la sección normalizada inmediatamente superior a la calculada, siendo en este caso de 1,5mm².

Para una sección de 1,5mm² según pone en la UNE 20.460 referenciada en la ITC-BT-19, la intensidad máxima admisible es de 16,5A, la cual es inferior a la máxima intensidad calculada I_h, la cual tiene un valor de 12,35A. Con esto se comprueba que en todo caso el conductor soportará todos los criterios estudiados a la hora de su dimensionado.

9.3.2 Conductores eléctricos de corriente alterna

En el tramo que va desde el inversor hasta la red de transporte de la vivienda los conductores deben estar adecuados necesariamente a la corriente alterna, dado que en este tramo la corriente será de esta modalidad. Para el dimensionado de los mismos se buscará que estos cumplan dos criterios principales, el de la intensidad máxima soportada por el conductor y el de la caída máxima de voltaje permitida.

Para calcular la intensidad que necesitara soportar el conductor se recurrirá a la siguiente expresión:

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

Donde:

- I_B = Corriente nominal.
- P = Potencia máxima entregada por el inversor (3,68KW).
- V = Tensión de la Red (230).
- $\cos\varphi$ = Factor de potencia (Debido a no poder conocer con exactitud se elige 0,8 como valor escogido).

$$I_B = \frac{3680}{230 \times 0,8} = 20A$$

Los conductores tendrán que soportar 20A. Con este dato se puede obtener la sección mínima necesaria para este tramo de la instalación. Para ello se volverá a recurrir a la ITC-BT-19 al igual que en el apartado anterior. En ella se observa que si se consideran los conductores como “cables unipolares o multipolares sobre una pared” la sección mínima capaz de soportar la intensidad calculada en cobre es de 4mm. Este dato se puede consultar en la tabla A 52-1-bis de la norma UNE20460-5-523:2004.

En este caso, dado que existe un magnetotérmico normalizado, el cual tiene una intensidad nominal mayor o igual a la intensidad calculada y una intensidad nominal menor o igual a la máxima corriente capaz de soportar el conductor, no es necesario realizar ningún ajuste en este criterio.

Para comprobar el cumplimiento del segundo criterio también se recurrirá a la ITC-BT-19, más concretamente al punto “2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión”

“2.2.2 Sección de los conductores. Caídas de tensión

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea, salvo lo prescrito en las Instrucciones particulares, menor del 3 % de la tensión nominal para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5% para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de las derivaciones individuales, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.”

Para calcular la caída de tensión se empleará la siguiente expresión:

$$\%V = \frac{200 \times P \times l}{C \times s \times V^2}$$

Donde:

- %V= Caída de tensión en la línea
- P= Potencia de la Instalación (3080W)
- L=Extensión de la línea en metros (15m)
- C= Conductividad del material (48m/Ωm²)
- S=Sección del conductor (4mm)
- V= Tensión de la línea

$$\%V = \frac{200 \times 3080 \times 15}{48 \times 4 \times 230^2} = 0,3$$

Revisando la norma se comprueba que la caída de tensión cumple con la normativa holgadamente.

Será imprescindible calcular el diámetro del conducto por el cual deberán pasar los cables. En la ITC-BT-21 se dispone de la Tabla 2, con la cual se puede consultar el diámetro del tubo donde irán los conductores. En el caso objeto de estudio se obtiene un diámetro mínimo de 12mm.

9.4 Protecciones eléctricas

Es imprescindible para cualquier instalación eléctrica sea del dimensionado y índole que sea disponer de unas protecciones capaces de anular o al menos minimizar los daños tanto en la instalación como a las personas físicas. Para el propósito de proteger la instalación se pondrán las pertinentes protecciones tanto para sobreintensidades como para sobretensiones, mientras que para una mayor protección para las personas físicas o incluso animales se buscará corregir el defecto a tierra.

9.4.1 *Protección contra sobretensiones*

Con el propósito de proteger los paneles fotovoltaicos de posibles sobretensiones derivadas de factores externos o de la propia instalación, es necesario conocer la tensión máxima que es capaz de soportar el inversor. En el caso particular y según su hoja de características del inversor, la tensión máxima de entrada es de 600V, por lo tanto, será necesario un dispositivo capaz de cortar a esa tensión.

9.4.2 *Protección contra sobreintensidades*

Debido al dimensionado de los conductores para la parte de corriente continua y al hecho que están diseñados para aguantar el 125% de la corriente nominal a la cual deben funcionar, y teniendo en cuenta que no cabe esperar intensidades superiores a estos rangos, no es necesario proteger frente a sobreintensidades la parte de la instalación alimentada con corriente continua.

Para la protección de la parte de corriente alterna se debe buscar un magnetotérmico con una corriente nominal que esté comprendida entre la corriente calculada para el diseño de la instalación y entre la corriente más elevada que admite por el conductor. La sección calculada es de 4mm y la corriente calculada para el diseño es de 20A. Dado que la corriente máxima soportada por el conductor es de 26A, existen como mínimo dos magnetotérmicos con una intensidad igual o superior y, debido a la naturaleza del fallo por sobreintensidad, se escogerá el de 25A.

9.4.3 Protección frente a defectos de tierra

La instalación fotovoltaica debe ser protegida frente a posibles defectos de tierra. Según la ITC BT-40 se necesita que una instalación generadora conectada o libre de conexión con la Red de Distribución Pública tenga un sistema propio de protección a tierra, siendo necesario conectar a él todas las masas metálicas de la instalación.

Para conocer la sección de los conductores de tierra se debe consultar la tabla 2 de la ITC BT-18, en la cual se especifica que para una sección de diseño para la fase de los conductores inferior a 16mm la sección de los conductores de protección será siempre la misma que la de fase, en este caso 4mm.

Para garantizar la instalación quede protegida será necesario un diferencial de clase AC con sensibilidad de 30mA. La corriente nominal capaz de soportar el diferencial tendrá que ser superior a la corriente de diseño, por lo que será necesario un diferencial normalizado de 25A, el cual cumple perfectamente con los requisitos necesarios para la corriente nominal de 20A calculada.

10 ESTUDIO ECONÓMICO

Evaluar económicamente un proyecto consiste en prever si el propio con el paso del tiempo tendrá una tasa de rentabilidad positiva o no. En caso de no tener una tasa de rentabilidad económica positiva se tiende a descartar el proyecto, aunque esto puede no ser así si se cree que un proyecto aporta ciertos valores más allá de lo económico. En el caso de estudio, la finalidad principal es la rentabilidad económica, por ello es imprescindible que el proyecto tenga unos ingresos superiores a los gastos a la mayor brevedad posible.

Como norma general se considera un proyecto rentable si el valor de los rendimientos que proporciona es mayor al de los recursos que consume. Aunque como es evidente, todo y que se pueden estimar ciertos parámetros relacionados con la rentabilidad, no se pueden tomar como valores absolutos los resultados de este tipo de estudios, ya que el mundo como se conoce tiene demasiados factores como para poder obtener la verdad absoluta de modelos matemáticos, más aún si se trata de un terreno tan cambiante como lo ha sido la energía solar en España.

Existen varios métodos para estimar la rentabilidad de un proyecto, tanto a lo largo del tiempo como por recursos obtenidos. En este documento se estudiarán alguna de las más aceptadas. Para realizar este tipo de estudios son necesarios una serie de datos, presupuesto e ingresos esperados.

10.1 Presupuesto

A la hora de realizar el presupuesto, es necesario realizar una búsqueda de los elementos que contendrá la instalación. Esto en el mundo actual es relativamente sencillo gracias a las herramientas de las cuales se dispone. Tras realizar la búsqueda mencionada y multiplicar el precio unitario de los elementos por las unidades que contendrá la instalación, se puede obtener un precio bastante aproximado al precio real final del proyecto. En el caso de estudio y tal y como está expuesto en los anexos, el precio final a falta de mano de obra será de 3655€. A esto habría que sumarle tanto la mano de obra como los gastos de tramitación. En el caso de estudio esto supondría 2000€, dando un total de 5655€. Este precio, por el contexto histórico de esta tecnología, es probablemente el precio más reducido con el cual se podría llevar a cabo una instalación de estas

características, siendo en épocas pasadas el precio fácilmente el doble que el actual. Esto es una buena señal a la hora de prever beneficios en un periodo de tiempo menor.

10.2 Ingresos esperados

Para conocer la rentabilidad de la instalación es necesario saber la rentabilidad anual de la misma, para ello se puede optar por una estimación basada en la media de consumo con los datos disponibles (promediando el precio), o bien se puede buscar el último coste del kWh proporcionado por la comercializadora.

En primer lugar y gracias a la recopilación de datos disponible mediante las facturas, se puede obtener la siguiente tabla:

MES	PRECIO PAGADO €
jun-19	78,01
jul-19	149,21
ago-19	195,56
sep-19	145,34
oct-19	86,18
nov-19	70,84
dic-19	57,87
ene-20	73,1
feb-20	77,08
mar-20	67,9
abr-20	100,97
may-20	98,23
Promedio	100,0241667

Tabla 8; Precio monetario

Con los datos que se han obtenidos de la tabla se observa que el precio medio pagado durante el último año es elevado, siendo el promedio de 100,02€. Con este dato se puede estimar una producción anual de 1200€, y todo y que esto se ajusta a la realidad del último periodo anual, no es una estimación precisa del coste a largo plazo.

El otro método para calcular el coste en euros de las futuras facturas de la luz requiere del dato del coste por kWh que proporciona la comercializadora, para ello basta

con consultar la factura eléctrica. El precio del kWh puede variar ligeramente con el tiempo. De todos modos, debido a que la variación tiende a ser mínima se tomará como válido el último coste registrado, en este caso de 0,1872€/kWh con IVA incluido. Teniendo en cuenta que se tiene el promedio mensual de consumo eléctrico y el precio del kWh, en el caso de estudio, los kWh/mes promedio son de 410. Si se multiplica el precio por kWh se obtiene un precio teórico mensual de 76,75 €, lo cual a nivel anual daría un gasto de 921€. A este precio faltarían sumar el resto de impuestos, con lo cual se llegaría a un precio bastante similar a la primera aproximación. Esta estimación sería más correcta que la primera dado que la instalación está diseñada teniendo en cuenta el consumo esperado y no la cantidad a pagar en las facturas, con lo cual es más correcto tomar el segundo valor a la hora de comprobar la rentabilidad del proyecto.

10.3 Métodos para el estudio de la rentabilidad

Para conocer la rentabilidad del proyecto se emplearán 3 métodos: el de PAY BACK, el de VAN y el TIR. Para estos cálculos además se estiman unos costes de mantenimiento de 50 euros anuales.

10.3.1 PAY BACK

Este método consiste en calcular el tiempo de retorno de la inversión. Con él no se conoce ni la rentabilidad exacta ni el beneficio obtenido, solo el tiempo en el cual un proyecto empezara a dar beneficios.

Existen dos variantes, el PAY BACK estático y el PAY BACK dinámico. En este caso, y teniendo en cuenta que los próximos métodos estudiados gozan de mucha más fiabilidad, solo se estudiará el estático, el cual no tiene en cuenta la vida útil del proyecto ni refleja ninguna base de comparación con los índices de rentabilidad del proyecto.

$$PB = \text{Inversión Total} / \text{Beneficio promedio anual}$$

En el caso de estudio se obtiene:

$$PB = \frac{5655}{921} = 6,1 \text{ Años}$$

A este número, teniendo en cuenta que el mantenimiento anual es de 50 euros, habría que sumarle 50 euros por año, lo cual haría la inversión total de 5955€ resultando el cálculo final el siguiente:

$$PB = \frac{5955}{921} = 6,4 \text{ Años}$$

Con este método se obtiene que en 6,4 años la inversión inicial habrá sido amortizada y se puede estimar que a partir de ese momento se obtendrían 921€ anuales. Este método al no tener en cuenta a penas factores no tiene gran fiabilidad, pero puede servir en algunas ocasiones como valor orientativo.

10.3.2 VAN Valor Actualizado Neto

Es el criterio por el cual se calculan y actualizan los flujos de caja, tanto cobros como pagos de un proyecto para conocer cuánto se puede rentabilizar una inversión. Para aplicarlo se necesitan conocer todos los flujos de caja en ese momento y descontarlos a un tipo de interés concreto. El VAN arroja como resultado una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos, normalmente en la moneda que se realice el estudio. Se tiende a utilizar para conocer entre varias opciones cual es la más rentable, pero también tiene utilidad para conocer la rentabilidad concreta de un proyecto.

Para conocer el VAN de un proyecto se aplica la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

- F_t = Flujos de dinero en cada periodo t
- I_0 = Inversión realiza en el momento inicial
- n= Número de periodos de tiempo
- K= Tipo de descuento o interés exigido a la inversión

Según el resultante, del VAN se puede predecir si una inversión llegará a ser rentable con el tiempo, para ello es necesario que el valor de VAN sea positivo. Si el VAN quedara en 0 se consideraría que ni se consiguen beneficios ni pérdidas y por otro lado si fuese un valor negativo la inversión generaría pérdidas económicas y salvo que el valor social

compensara el económico, esta debería ser rechazada. Las principales ventajas de este método son la sencillez de su aplicación a la vez que la precisión de sus predicciones.

Para el caso de estudio se estimará una vida útil de 25 años para la instalación y se considerará una pérdida de eficacia a la hora de generar energía de un 0,7% anual, y para finalizar los datos necesarios se empleará un 1,5% de intereses anual. Estos datos están tomados como valores cercanos al peor valor hipotético posible para, de este modo, obtener con seguridad beneficios en el medio o largo plazo.

En el caso de estudio se obtienen los siguientes resultados:

Año	Energía generada	Ingresos esperados (€)	Mantenimiento	Flujo neto(€)	Flujo neto actualizado(€)	VAN
1	4920	921,024	50	871,024	858,1517241	-4796,84828
2	4885,56	914,576832	50	864,576832	839,2116596	-3957,63662
3	4851,36108	908,1747942	50	858,1747942	820,6871393	-3136,94948
4	4817,401552	901,8175706	50	851,8175706	802,5690821	-2334,38039
5	4783,679742	895,5048476	50	845,5048476	784,848605	-1549,53179
6	4750,193983	889,2363137	50	839,2363137	767,5170184	-782,014772
7	4716,942625	883,0116595	50	833,0116595	750,5658221	-31,4489494
8	4683,924027	876,8305779	50	826,8305779	733,9867015	702,537752
9	4651,136559	870,6927638	50	820,6927638	717,7715228	1420,30927
10	4618,578603	864,5979145	50	814,5979145	701,9123299	2122,2216
11	4586,248553	858,5457291	50	808,5457291	686,40134	2808,62294
12	4554,144813	852,535909	50	802,535909	671,2309399	3479,85388
13	4522,265799	846,5681576	50	796,5681576	656,3936825	4136,24757
14	4490,609939	840,6421805	50	790,6421805	641,882283	4778,12985
15	4459,175669	834,7576853	50	784,7576853	627,6896155	5405,81947
16	4427,961439	828,9143815	50	778,9143815	613,8087096	6019,62818
17	4396,965709	823,1119808	50	773,1119808	600,2327465	6619,86092
18	4366,186949	817,3501969	50	767,3501969	586,9550566	7206,81598
19	4335,623641	811,6287455	50	761,6287455	573,9691154	7780,78509
20	4305,274275	805,9473443	50	755,9473443	561,2685409	8342,05363
21	4275,137355	800,3057129	50	750,3057129	548,8470901	8890,90072
22	4245,211394	794,7035729	50	744,7035729	536,6986564	9427,59938
23	4215,494914	789,1406479	50	739,1406479	524,8172661	9952,41665
24	4185,98645	783,6166634	50	733,6166634	513,1970761	10465,6137
25	4156,684545	778,1313467	50	728,1313467	501,8323706	10967,4461

Tabla 9: VAN

Como se puede observar, según el VAN la instalación generara beneficios bastante rápido entorno a los 7 años y genera notorios beneficios a partir de entonces, llegando al fin de su vida útil a tener un potencial de ganancia de casi 11.000€

10.3.3 TIR Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno es la rentabilidad capaz de generar una inversión. Con ella se obtiene una medida relativa de rentabilidad, es decir, se expresa en tanto por ciento. Su principal inconveniente es el método de cálculo, puesto que la cantidad de

periodos temporales dará el orden de la ecuación que se necesita resolver. Puede definirse basándose en su cálculo, la TIR es la tasa de descuento en la que se iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con los pagos, lo cual genera un VAN de 0.

Solo interesará un proyecto el cual tenga un TIR superior al interés normal del dinero de mercado de capitales.

Para conocer el TIR de un proyecto se procede con la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Donde:

- F_t = Flujos de dinero por periodo de tiempo
- I_0 = Inversión en el momento inicial
- n = número de periodos de tiempo

Aplicando la ecuación y despejando el TIR de la misma se obtiene un TIR de 14%.

Con los datos obtenidos de los distintos tipos de cálculo de rentabilidad, puede concluirse que la instalación tendrá rentabilidad en el medio plazo, llegando a ser muy provechosa y consiguiendo hasta un 14% de rentabilidad.

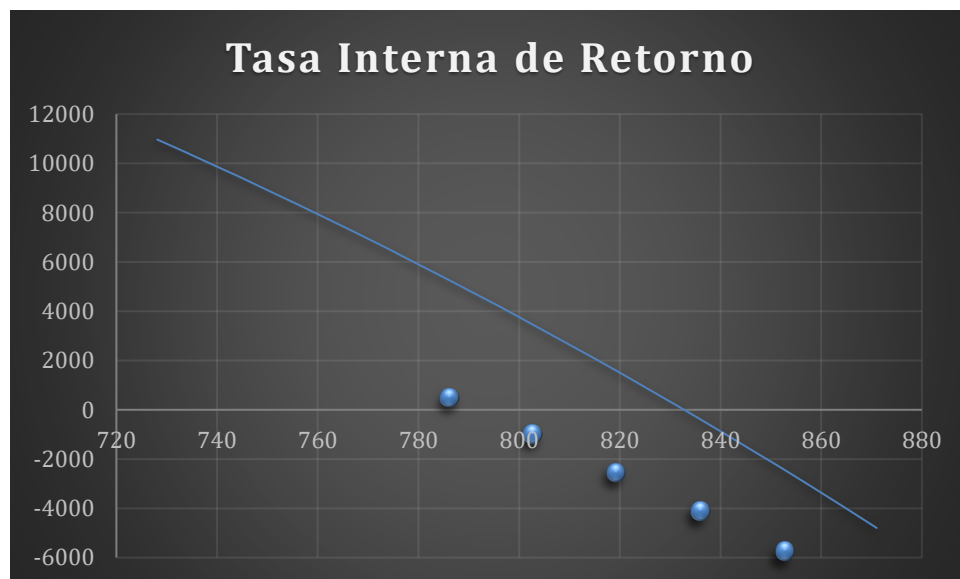


Gráfico 5: TIR

Como se comenta anteriormente, el TIR es el punto donde el VAN se vuelve 0, por lo que al representarlo gráficamente poniendo en el eje de ordenadas el VAN y en el de abscisas el flujo neto de caudal, el resultante tiene que ser una curva descendente. El TIR se ve de manera mucho más gráfica de este modo y se establece en la intersección entre la curva descendente y el momento donde el VAN se vuelve 0.

A día de hoy no existe ninguna entidad bancaria capaz ni siquiera de acercarse a estos números en inversiones de bajo riesgo. Con esto se puede concluir que con la normativa actual y los precios actuales de mercado y siempre y que estos no caigan en el futuro, la instalación propuesta a nivel económico es un acierto. No obstante, como se analiza previamente en este documento la legislación en esta materia a lo largo de la historia ha sido cuando menos irregular. Esto hace dudar frente a la seguridad de la rentabilidad de la misma, ya que si se repitiera una legislación como la pasada la rentabilidad caería en picado haciendo la instalación mucho menos provechosa en el corto plazo.

11 REFERENCIAS

- Agencia Estatal de meteorología (AEMET)
- Boletín oficial del estado (BOE)
- Cuadernillos ABB para Instalaciones fotovoltaicas
- Guía Autosolar (Atersa)
- Informes Red Eléctrica España 2019
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)
- Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (RBT)
- Unión Española Fotovoltaica (UNEF)

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR D'ALCOI

ESTUDIO DE INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR
APLICANDO EL REAL DECRETO 244/2019 DE 5 DE
ABRIL

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Eléctrica

Autor: Jorge Chapi Chafer
Tutor: Marcos Pascual Moltó
Curso: 2019-20



ANEXOS

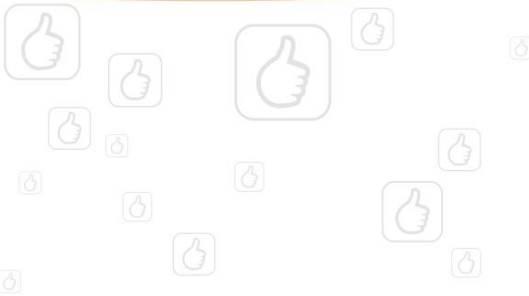
12 ANEXO 1: PRESUPUESTO

Elemento	UNIDADES	IMPORTE UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Panel solar Atersa A-370M GS	9	148,83	1339,47
Inversor Huawei SUN200L-3,68KTL	1	1176,95	1176,95
Conductor eléctrico 3 cables 4 mm	15	4,6	69
Conductor eléctrico 3 cables 1.5 mm	15	4,2	63
Tubo PVC Canalización 16 mm	30	0,41	12,3
Medidor de Energía monofásico finder	1	65,42	65,42
Interruptor Diferencial 25 A SCHNEIDER	1	19,99	19,99
Interruptor Magnetotérmico 25 ASCHNEIDER	1	9,29	9,29
Estructura Soporte Metálica	9	99,95	899,55
Mano de obra	1	1500	1500
Tramitación de Documentación	1	500	500
Importe Total			5654,97

13 ANEXO 2: HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN



→ www.atersa.com



Optimum
nueva gama



Módulo solar (72 células 6")
A-xxxM GS (360/365/370 W)

- **Optimice sus instalaciones.**
- **Alta eficiencia** del módulo y potencia de salida estable, basado en una tecnología de proceso innovadora.
- **Funcionamiento eléctrico excepcional** en condiciones de alta temperatura o baja irradiación.
- Facilidad de instalación gracias a un **diseño de ingeniería innovador.**
- **Riguroso control de calidad** que cumple con los más altos estándares internacionales.
- **Garantía, 10 años** contra defectos de fabricación y **25 años** en rendimiento (80% potencia de salida).



Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:

→ www.atersa.com

Módulos fotovoltaicos para el futuro





A-xxxM GS (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-360M GS	A-365M GS	A-370M GS
Potencia Máxima (P _{max})	360 W	365 W	370 W
Tensión Máxima Potencia (V _{mp})	39.39 V	39.59 V	39.79 V
Corriente Máxima Potencia (I _{mp})	9.14 A	9.22 A	9.30 A
Tensión de Circuito Abierto (V _{oc})	47.65 V	47.73 V	47.80 V
Corriente en Cortocircuito (I _{sc})	9.69 A	9.81 A	9.88 A
Eficiencia del Módulo (%)	18.55	18.81	19.07
Tolerancia de Potencia (W)		0/+5	
Máxima Serie de Fusibles (A)		20	
Máxima Tensión del Sistema (IEC)		DC 1000 V	
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)		45±2	

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (P_{mp}); ±10% (I_{sc}, V_{oc}, I_{mp}, V_{mp}).
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Especificaciones mecánicas

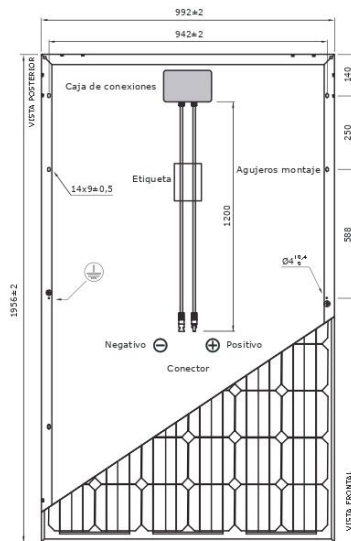
Dimensiones (± 2 mm.)	1956x992x40 mm.
Peso (± 5 %)	21.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa

Materiales de construcción

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 pzas (6x12)/Monocristalina /156.75 x 156.75 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata
Caja de conexiones (grado de protección)	IP67/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Conector	1.200 mm. /4 mm ² /MC4 compatible

(*) Con capa anti-reflectante

Vista genérica construcción módulo



NOTA: El dibujo no está a escala.

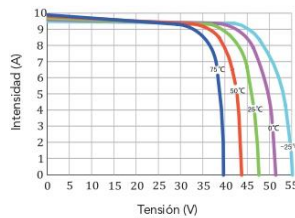
Características de temperatura

Coef. Temp. de I _{sc} (TK I _{sc})	0.05% /°C
Coef. Temp. de V _{oc} (TK V _{oc})	-0.32% /°C
Coef. Temp. de P _{max} (TK P _{max})	-0.40% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

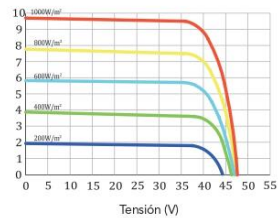
Embalaje

Módulos/palé	26 pzas
Palés/contenedor 40' HQ	24 palés
Módulos/contenedor 40' HQ	624 pzas
Palés/contenedor 20'	9 palés
Módulos/contenedor 20'	234 pzas

Temperatura Varía (A-360M GS)



Irradiación Varía (A-360M GS)



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.





Smart Energy Center



reddot award 2016
winner

Mayores ingresos

- Topología de inversor de alta eficiencia
- Eficiencia máxima del 98,6 %
- Eficiencia europea ponderada del 98,0 %

Fácil y sencillo

- 10,6 kg de peso que permiten la instalación por parte de una sola persona
- Conector de CA optimizado para un cableado rápido
- Admite configuración del inversor con un solo clic

Batería preparada

- Interfaz integrada de almacenamiento de energía de uso inmediato

Seguro y fiable

- IP65, convección natural
- Protección contra descargas atmosféricas integrada tanto para CC como CA
- Función de exportación cero con sensor de potencia inteligente

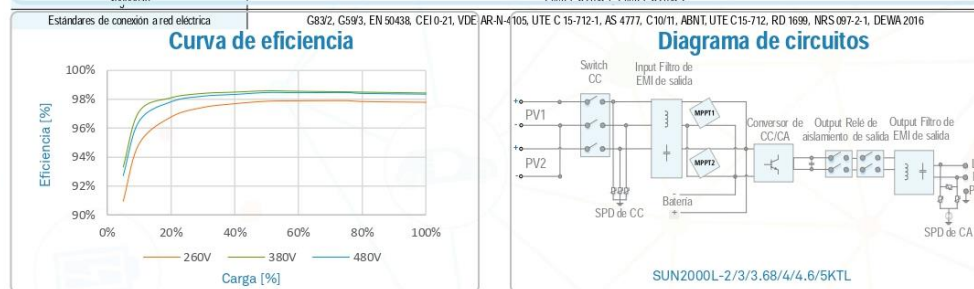
solar.huawei.com/eu/



SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL

Especificaciones técnicas	SUN2000L-2KTL	SUN2000L-3KTL	SUN2000L-3.68KTL	SUN2000L-4KTL	SUN2000L-4.6KTL	SUN2000L-5KTL
Eficiencia						
Máxima eficiencia	98,4 %	98,5 %	98,5 %	98,6 %	98,6 %	98,6 %
Eficiencia europea ponderada	97,0 %	97,6 %	97,8 %	97,9 %	98,0 %	98 %
Entrada						
Alimentación fotovoltaica máxima recomendada	3000 Wp	4500 Wp	5520 Wp	6000 Wp	6900 Wp	7500 Wp
Tensión máxima de entrada	600 V / 495 V ¹					
Rango de voltaje de operación ¹	90 V - 600 V / 90 V - 495 V ¹					
Voltaje de arranque	120 V					
Rango de voltaje MPPT de potencia máxima	120 V - 480 V	160 V - 480 V	190 V - 480 V	210 V - 480 V	260 V - 480 V	260 V - 480 V
Tensión nominal de entrada	380 V					
Corriente de entrada máxima por MPPT	11 A					
Corriente de cortocircuito máxima	15 A					
Cantidad de rastreadores MPP	2					
Cantidad máxima de entradas por MPPT	1					
Salida						
Conexión a red eléctrica	Monofásica					
Potencia de salida nominal	2000 W	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W	5000 W ²
Potencia aparente máxima	2200 VA	3300 VA	3680 VA	4400 VA	5000 VA ³	5500 VA ⁴
Tensión de salida nominal	220 V/230 V/240 V					
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz/60 Hz					
Corriente máxima de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁵	25 A ⁵
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo... 0,8 inductivo					
Distorsión armónica total máxima	≤ 3 %					
Protección						
Protección contra islas eléctricas	Sí					
Protección contra polaridad invertida de CC	Sí					
Monitorización de aislamiento	Sí					
Protección contra descargas atmosféricas de CC	Sí					
Protección contra descargas atmosféricas de CA	Sí					
Monitorización de corriente residual	Sí					
Protección contra sobrecorriente de CA	Sí					
Protección contra cortocircuito de CA	Sí					
Protección contra sobretensión de CA	Sí					
Protección contra sobrecalentamiento	Sí					
Datos generales						
Rango de temperatura de operación	-30 - +60 °C (Disminución de la capacidad eléctrica por encima de los 45 °C a potencia de salida nominal)					
Humedad de operación relativa	0 % HR - 100 % HR					
Altitud de operación	0 - 4000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)					
Enfriamiento	Conexión natural					
Pantalla	Indicadores led					
Comunicación	RS485, WLAN					
Peso (incluida mensula de montaje)	10,6 kg (23,4 lb)					
Dimensiones (incluida mensula de montaje)	375 x 375 x 161,5 mm (14,8 x 14,8 x 6,4 pulgadas)					
Grado de protección	IP65					
Compatibilidad de la batería						
Batería	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R					
Rango de tensión	350 - 450 VCC					
Corriente máxima	10 A					
Comunicación	RS485					
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)						
Compatibilidad	ENIEC 2100-1, ENIEC 2100-2					

El texto y las figuras reflejan el estado técnico actual en el momento de imprimir este documento. Están sujetos a cambios técnicos, excepto errores y omisiones. Huawei no será responsable de equivocaciones ni errores de impresión. Para obtener más información, visite: solar.huawei.com. Versión No.: 01_20181001



*1. Solo aplicable para cadenas fotovoltaicas. La tensión de entrada máxima y el límite superior del voltaje de operación disminuirán hasta 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con batería LG.

*2. AS4777:4990 W. *3. VDE-AR-N 4105:4600 VA / AS4777:4990 VA. *4. AS4777:4990 VA. *5. AS4777:21,7 A.



Hoja de características del
producto
Características

A9R81225

Interruptor diferencial iID - 2P - 25A - 30mA -
clase AC



Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	iID
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	220...240 V CA 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 1500 A Im 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta

30-jun-2020



1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios



Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	4
Altura	91 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso del producto	0,21 kg
Color	Bianco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 15000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Terminal simple arriba o abajo 1...35 mm ² rígido Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm ² Flexible Terminal simple arriba o abajo 1...25 mm ² flexible con terminal
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP40 - tipo de cable: envoltorio modular) acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 250 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Peso del paquete 1	0,194 kg
Paquete 1 Altura	0,820 dm
Paquete 1 ancho	0,400 dm
Paquete 1 Longitud	1,000 dm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,316 kg
Paquete 2 Altura	11 cm
Ancho del paquete 2	11 cm
Longitud del paquete 2	25 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	54
Paquete 3 Peso	12,331 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE



Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------



Hoja de características del producto **A9F79225**

iC60N - 2P - 25 A - Curva C

Características



Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	CA CC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en <= 125 V CC acorde a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu en 100...133 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A acorde a EN 60947-2 Categoría A acorde a IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a IEC 60947-2
Normas	IEC 60947-2 IEC 60898-1 EN 60947-2 EN 60898-1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%

30-jun-2020

Life to On | Schneider
Electric

1

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios



[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a IEC 60947-2 - 12...133 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a EN 60947-2 - 12...133 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % acorde a IEC 60947-2 - 72...125 V CC 10 kA 100 % acorde a EN 60947-2 - 72...125 V CC
Clase de limitación	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
[UI] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a EN 60947-2 6 kV acorde a IEC 60947-2
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicador de disparo
Tipo de montaje	Fijo
SopORTE de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine	Arriba o abajo, estado 1 Sí
Pasos de 9 mm	4
Altura	85 mm
Anchura	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Bianco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm ² rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm ² Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
Grado de contaminación	3 acorde a EN 60947-2 3 acorde a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Peso del paquete 1	0,230 kg



Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,360 dm
Paquete 1 Longitud	0,940 dm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Peso del paquete 2	1,428 kg
Paquete 2 Altura	8,5 cm
Ancho del paquete 2	10 cm
Longitud del paquete 2	22 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Peso	16,222 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Conforme con REACh sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Información Logística

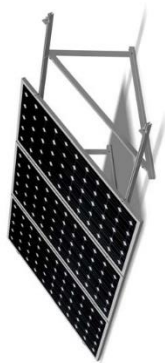
País de Origen	ES
----------------	----

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Fecha: 10/12/2018

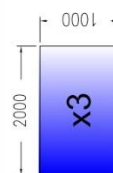
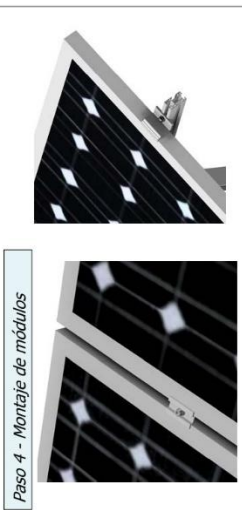
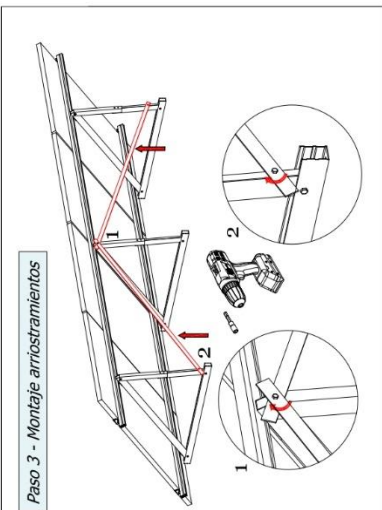
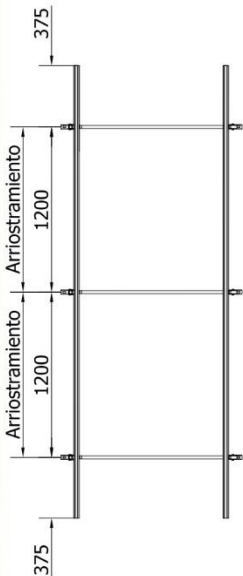
CVE915XL Premontado



PLANO DE MONTAJE



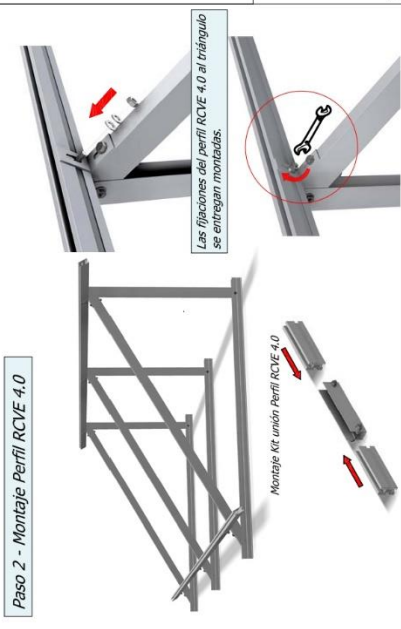
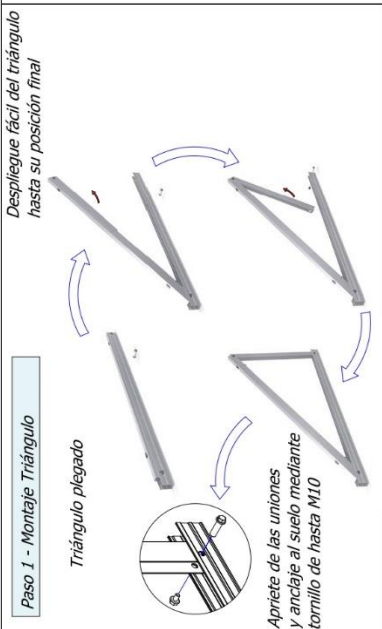
⚠ Nota: Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte y dejando los sobrantes en los extremos.



Par de apriete:

Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6x3 Hexagonal	10 Nm

No es responsable el fabricante o cualquier modificación en el producto en cualquier momento. En ningún momento se debe poner en riesgo la seguridad de las personas. Las ilustraciones pueden ser solo orientativas y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.



14 ANEXO 3: FACTURA TIPO



IBERDROLA CLIENTES, S.A.U.
CIF A-95758389

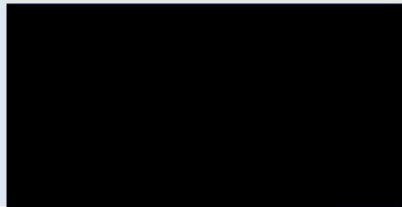


IBERDROLA

FACTURA DE
ELECTRICIDAD
PLAN ELIGE 8 HORAS

Página 1 / 3

DATOS DE FACTURA



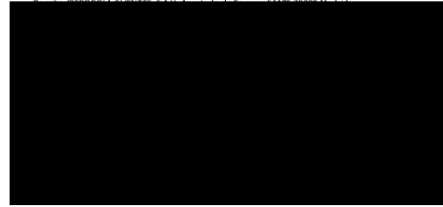
TOTAL IMPORTE FACTURA: 78,01 €

RESUMEN DE FACTURACIÓN

ENERGÍA	58,73 €
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS	6,10 €
IVA 21% s/62,75 €	13,18 €

TOTAL A PAGAR 78,01 €

> ver detalle de facturación y consumo en el reverso



Dirección de suministro:
ANTELLA (VALENCIA)

EVOLUCIÓN DE CONSUMO



Este gráfico muestra la evolución de su consumo.
Su consumo medio diario en este último periodo facturado ha sido: 2,43 €
Su consumo medio diario en los últimos 14 meses ha sido: 3,00 €
1 kilovatio-hora (kWh) equivale al consumo de una lámpara de 100 vatios funcionando durante 10 horas.



Según indica el Real Decreto 1718/2012 le informamos que el importe correspondiente a las tarifas de acceso a redes en esta factura, sin impuestos, ha ascendido a 29,43 €, distribuidos del siguiente modo:
Término de potencia: 18,34 € Término de energía: 10,24 € Alquiler equipos medida: 0,85 €
A estos importes les son aplicables los impuestos correspondientes sobre el total (Impuesto Eléctrico incluido).
Estos valores son informativos y no representan ningún incremento de coste para Vd. ya que están englobados en su factura de energía.

Le informamos que el 100% de los kWh consumidos han sido producidos por fuentes de energía recogidas por la Certificación de Garantía de Origen.



Atención al Cliente: Consultas, gestiones y reclamaciones 24 horas en el 900 225 235



Atención Averías de Red: 900171171



Puntos de atención cercanos:
CALLE PORTAL DEL LLEO, 6 46800 XATIVA
AVDA. LUIS SUÑER, 26-A 46600 ALZIRA



www.iberdrola.es



Servicio Asistencia Técnica: 900 22 45 22



@Tulberdrola



DATOS RELACIONADOS CON SU SUMINISTRO



Potencia contratada: 5,5 kW
 Tipo discriminación horaria: 2P
 Peaje de acceso a la red (ATR): 2.0DHA
 Precios de peajes de acceso: B.O.E. del 27/12/2017
 Duración de contrato hasta: 14/12/2019
 Dirección fiscal: C/ [REDACTED]
 Con contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión.
 Portal de medidas:
www.iberdroladistribucionelctrica.com/consumidor

CONOZCA AL DETALLE SU FACTURACIÓN Y CONSUMOS

ENERGÍA		
Potencia facturada	5,5 kW x 32 días x 0,117146 €/kW día	20,62 €
Energía facturada	Horas no promocionadas 165,01 kWh x 0,187305 €/kWh Horas promocionadas 114,99 kWh x 0,091799 €/kWh	30,91 € 10,56 €
Total 280 kWh hasta 16/06/2019		41,47 €
Descuento sobre consumo 15%	15% s/41,47 €	-6,22 €
Impuesto sobre electricidad	5,11269632% s/55,87 €	2,86 €
TOTAL ENERGÍA		58,73 €
SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS		
Alquiler equipos medida	32 días x 0,02663 €/día	0,85 €
Seguro Protección de Pagos Plus(1)	1,05 meses x 1,98 €/mes	2,08 €
Protección Eléctrica Hogar	1,05 meses x 6,05 €/mes	6,35 €
Descuento Protección Eléctrica Hogar	50% s/6,35 €	-3,18 €
TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS		6,10 €
IMPORTE TOTAL		64,83 €
IVA	21% s/62,75 €	13,18 €
TOTAL IMPORTE FACTURA		78,01 €

(1) No se aplica IVA sobre este concepto.

CONSUMOS

Periodo horario	Desde	Lectura	Hasta	Lectura	Consumo/Potencia
PUNTA	15/05/2019	003255	16/06/2019	003416	161 kWh
VALLE	15/05/2019	002607	16/06/2019	002726	119 kWh

Última lectura: real

La **lectura real** es el valor leído por su distribuidor en su contador en la fecha indicada.

La **lectura estimada** es un valor que su distribuidor calcula tomando como base los consumos históricos y según una fórmula reglamentada por el Ministerio de Industria.

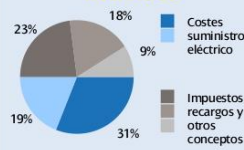
Su consumo se factura según los periodos del Plan a tu medida que tiene contratado y no por los periodos de la tarifa de acceso indicados en esta información

INFORMACIÓN DE UTILIDAD

- Para reclamaciones relacionadas con el contrato de suministro o la facturación puede contactar con nosotros en el teléfono gratuito 900 225 235, en clientes@iberdrola.es o en el Apartado de Correos 61090, 28080 MADRID. También, puede dirigirse a la Junta Arbitral de Consumo de su comunidad autónoma (www.iberdrola.es) o a los órganos competentes en materia de Consumo o de Energía de dicha comunidad.
- Su Plan Elige 8 horas incluye las 8 horas promocionadas por día seleccionadas en cada momento.

EL 50% DE SU FACTURA

ESTÁ DESTINADO A IMPUESTOS Y OTROS RECARGOS



Costes suministro eléctrico 35,93 €

Coste de producción de electricidad 22,46 €

Coste de redes de transporte y distribución 13,47 €

Impuestos, recargos y otros conceptos 35,98 €

Impuestos aplicados 16,04 €

Incentivos a las energías renovables, cogeneración y residuos 13,18 €

Otros costes regulados 6,76 €

TOTAL IMPORTE FACTURA 78,01 €

A los importes debe añadirse el alquiler de los equipos de medida y otros servicios, en caso de tenerlos contratados.

Conozca el detalle en www.iberdrola.es



66120068

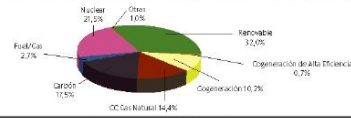
INFORMACIÓN SOBRE SU ELECTRICIDAD

Origen de la electricidad

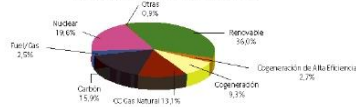
Si bien la energía eléctrica que llega a nuestros hogares es indistinguible de la que consumen nuestros vecinos u otros consumidores conectados al mismo sistema eléctrico, es posible conocer el origen de la producción de energía eléctrica equivalente a la que usted consume.

A estos efectos, se proporciona el desglose de la mezcla de tecnologías de producción nacional para así comparar los porcentajes del promedio nacional con los correspondientes a la energía vendida por su Compañía Comercializadora.

Mezcla de Producción en el Sistema Eléctrico Español 2017



Mezcla Iberdrola Clientes



Origen	Mezcla de Producción en el Sistema Eléctrico Español	Mezcla Iberdrola Clientes
Renovable	32,0%	36,0%
Cogeneración de Alta Eficiencia	0,7%	2,7%
Cogeneración	10,2%	9,3%
CC Gas Natural	14,4%	13,1%
Carbon	17,5%	15,9%
Fuel/Gas	2,7%	2,5%
Nuclear	21,5%	19,6%
Otras	1,0%	0,9%

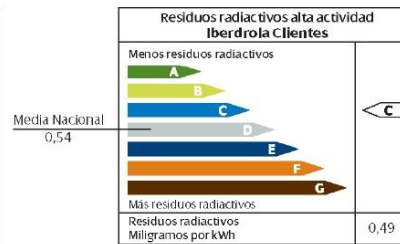
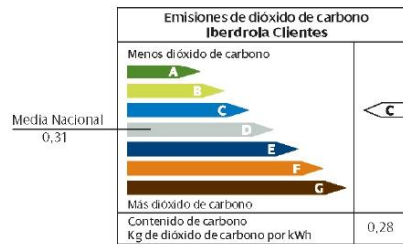
El Sistema eléctrico nacional ha importado un 3.5% de producción neta total.

Impacto medioambiental

El impacto ambiental de su electricidad depende de las fuentes energéticas utilizadas para su generación.

En una escala de A a G donde A indica el mínimo impacto ambiental y G el máximo, y que el valor medio nacional corresponde al nivel D, la energía comercializada por Iberdrola tiene los siguientes valores.

De acuerdo con el sistema de Garantía de Origen Información al Consumidor, implantado por la Comisión Nacional de la Energía, Iberdrola informa que toda la electricidad comercializada en 2017 ha sido etiquetada en la categoría C que indica un impacto ambiental inferior a la media nacional.



LA ELECTRICIDAD DE IBERDROLA PROCEDE EN SU MAYOR PARTE DE FUENTES RENOVABLES Y ES RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE.

TUS GESTOS AHORRAN ENERGÍA Y CUIDAN DEL PLANETA

Cada vez consumimos más energía y los recursos para generarla no son infinitos. Por eso, pequeños gestos pueden disminuir tu consumo manteniendo el nivel de confort. Así, conseguirás un ahorro y estarás cuidando del planeta que nos proporciona esa energía.

- Las **lámparas LED**, además de proporcionar una luz de calidad, proporcionan una gran cantidad de luz con un consumo reducido. Son la tecnología actual más eficiente del mercado, y además las que tienen una mayor duración (siempre y cuando sean de calidad).
- El **frigorífico** es normalmente el electrodoméstico que más energía consume a lo largo del año en un hogar. Ajusta la temperatura para que no enfríe de forma excesiva, y cuando vayas a meter o sacar algo, intenta que la puerta esté abierta el menor tiempo posible.
- Siempre que puedas, **utiliza el lavavajillas y la lavadora al máximo de su capacidad**, seleccionando la menor temperatura de lavado que sea posible. De esta forma, ahorras energía, agua y detergente, y alargas la vida del electrodoméstico.
- **Tapa los recipientes mientras cocinas**. Así consumirás menos energía, al lograr un calentamiento más rápido.
- El **aire acondicionado** gasta entre un 4% y un 6% más de energía por cada grado que se baja la temperatura. Úsalo con moderación.

Puedes encontrar más consejos en www.iberdrola.es/consejosdeahorro



15 ANEXO 4: PREVISIÓN PVGIS



Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

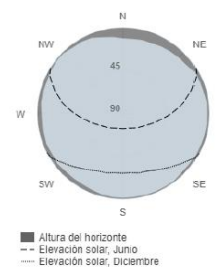
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 39.081, -0.594
Horizonte: Calculado
Base de datos: PVGIS-SARAH
Tecnología FV: Silicio cristalino
FV instalado: 3.27 kWp
Pérdidas sistema: 14 %

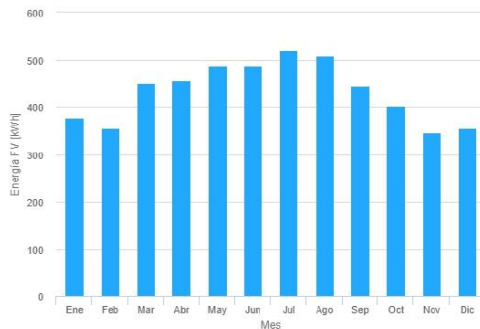
Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 36 (opt) °
Ángulo de azimut: 1 (opt) °
Producción anual FV: 5194.63 kWh
Irradiación anual: 2056.97 kWh/m²
Variación interanual: 154.88 kWh
Cambios en la producción debido a:
Ángulo de incidencia: -2.54 %
Efectos espectrales: 0.63 %
Temperatura y baja irradiancia: -8.43 %
Pérdidas totales: -22.77 %

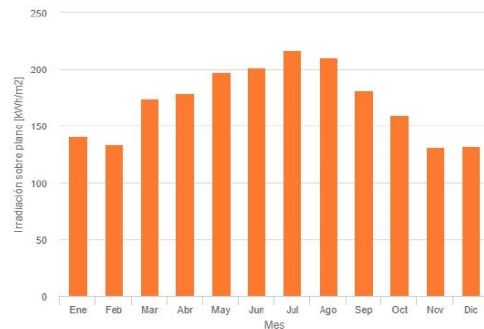
Perfil del horizonte:



Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Irradiación mensual sobre plano fijo:



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	378.3	140.7	63.8
Febrero	355.9	134.1	51.4
Marzo	450.5	173.7	51.7
Abril	455.4	179.0	46.4
Mayo	488.0	196.7	41.7
Junio	488.4	201.7	18.6
Julio	520.3	216.7	20.5
Agosto	509.2	210.3	24.7
Septiembre	445.6	181.2	39.7
Octubre	402.4	159.4	47.0
Noviembre	345.4	131.3	55.3
Diciembre	355.3	132.2	33.3

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general.

Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día.

Tendremos de corregir los errores que se nos señalen.

No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Dicha información:

i) es de carácter general y no aborda circunstancias específicas de personas u organismos concretos,

ii) no es necesariamente exhaustiva, completa, exacta o actualizada,

iii) como tal, es ajena a los procedimientos de gestión, además de las leyes que los servicios de la Comisión no tienen control

Joint
Research
Centre

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2020.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Datos mensuales de irradiación 2020/07/01