

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA. ESTUDIO NORMATIVO Y
ANÁLISIS ECONÓMICO**

Autor: Fernando Dastis Barrantes

Tutor: Manuel Felipe Rosa Iglesias

**Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA. ESTUDIO NORMATIVO
Y ANÁLISIS ECONÓMICO**

Autor:

Fernando Dastis Barrantes

Tutor:

Manuel Felipe Rosa Iglesias
Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Trabajo Fin de Grado: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.
ESTUDIO NORMATIVO Y ANÁLISIS ECONÓMICO

Autor: Fernando Dastis Barrantes
Tutor: Manuel Felipe Rosa Iglesias

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha

Agradecimientos

Agradecer especialmente a Esther, persona tan importante en mi vida cuyo apoyo y consejo me ha facilitado enormemente la elaboración de este trabajo.

Agradecer también a mi familia y amigos por ayudarme todo lo que pudieron, incluyendo a mi querida mascota cuyo amor incondicional alegran el ánimo a cualquiera.

Resumen

La energía solar, en su vertiente fotovoltaica está experimentando un crecimiento meteórico en el mundo. Con ello se pone de manifiesto la concienciación ya existente sobre avanzar hacia un futuro sostenible donde los recursos energéticos de origen fósil presentan fecha de caducidad y una problemática, de la contaminación que generan, a escala global: el cambio climático. En este trabajo, con el fin de abordar dicho problema, se desarrollará un estudio de la energía solar fotovoltaica, rama considerablemente avanzada y asentada en el mundo de las energías renovables, así como el desarrollo de un proyecto sobre una instalación solar fotovoltaica con una capacidad estimada de 5 MWp. Dicha instalación se ubicará en el municipio de Aznalcázar, Sevilla.

Abstract

The solar energy, in particular, photovoltaic solar aspect, is experiencing a meteoric rise in the world. This reveals the current self-consciousness about making progress towards a future where fossil fuels as energetics resources have an expiration date, besides pollution and a world scale problema: global warming.

In this paperwork, a studio of solar photovoltaic energy, one of the most renewable energy settled, will be expound on with the main object of present the previous problem. By the same token, the project development of a solar photovoltaics system with an estimated capacity of 5Mwp.

This plant will be located in Aznalcázar municipality, Sevilla.

Índice de Ilustraciones

0.1 Evolución consumo energético por regiones y población mundial.....	1
0.2 Municipio de Aznalcázar.....	3
Primera Parte	
1.1 Arquímedes enfocando trirremes romanas en Siracusa, pintura de Giulio Parigi.....	4
1.2 Sol.....	5
1.3 Aprovechamiento de La Tierra de la energía solar en %.....	6
1.4 Crecimiento de la potencia solar instalada en el mundo.....	7
1.5 Número de horas de sol al año en Europa.....	8
1.6 Desglose energía final consumida en 2016 y 2050.....	9
1.7 Crecimiento generación eléctrica anual y potencia instalada para diferentes fuentes de energía.....	10
2.1 Portada del informe “Conferencia nuevas fuentes de energía de las Naciones Unidas” en 1961, Roma.....	11
2.2 Paneles solares Estación Espacial Internacional.....	12
2.3 Mayor planta fotovoltaica del mundo con 3,2 millones de paneles en Abu Dhabi.....	13
2.4 Evolución importaciones energéticas y déficit total del comercio en España.....	14
2.5 Desglose en sectores de la economía que mueve la energía solar FV.....	15
2.6 Evolución de la demanda energética en España.....	16
2.7 Evolución de la generación eléctrica por las energías renovables.....	16
2.8 Evolución del porcentaje de energía FV respecto a la total de renovables.....	16
2.9 Decrecimiento del precio de los módulos fotovoltaicos.....	18

2.10 Evolución costes totales promedio de instalaciones FV por tamaño.....	19
2.11 Evolución factor de capacidad medio y LCOE de FV.....	20
2.12 Variación del LCOE de las diferentes energías renovables.....	21
2.13 Comparación LCOE entre energías renovables y convencionales.....	22
2.14 Curva panel <i>C63 CanadianSolar</i> para diferentes temperaturas del panel.....	23
2.15 Generación eléctrica planta FV en las instalaciones de TUSSAM.....	23
2.16 Mapa mundial sobre la radiación incidente media en un año.....	25

Segunda Parte

2.1 Casetilla de acero galvanizada.....	35
2.2 Esquema cuadro de nivel I.....	37
2.3 Cuadro de nivel II.....	37
2.4 Esquema cuadro de nivel II.....	38
2.5 Interruptor automático NSX630 Micrologic 7.3 E.....	39
2.6 Cable de la instalación.....	41
2.7 Esquema puesta a tierra para instalación tipo IT.....	41
2.8 Pica de puesta a tierra.....	42
2.9 Estructura módulos FV.....	43
2.10 Vista isométrica subinstalación.....	44
2.11 Vista planta subinstalación.....	45
2.12 Terreno de la instalación FV.....	46
2.13 Mapa del desnivel del terreno de la planta FV.....	47
2.14 Precio de la energía para cada hora de un día de cada mes.....	47
2.15 Precio de la energía.....	48
3.1 Dimensiones e inclinación módulo FV.....	50
3.2 α y β	55
3.3 Energía eléctrica generada por la instalación.....	56
3.4 Irradiación que recibe la instalación.....	56
4.1 Presupuesto por subgrupos.....	62
5.1 Lugar de la instalación.....	63
5.2 Lugar y espacio ocupado por la instalación.....	63

5.3 Vista planta subinstalación.....	65
5.4 Vista lateral subinstalación.....	65
5.5 Vista isométrica subinstalación.....	66
5.6 Vista aérea subinstalación.....	66
5.7 Vista alzado subinstalación.....	66
6.1 Recta de ajuste precios cableado.....	68

Índice de tablas

Segunda Parte

2.1 Características módulo FV.....	33
2.2 Características inversor.....	34
2.3 Características vigilante de aislamiento.....	38
2.4 Características interruptor diferencial.....	39
2.5 Ahorro anual generado por la instalación.....	48

Índice

<i>Resumen</i>	<i>III</i>
<i>Abstract</i>	<i>V</i>
<i>Índice de Ilustraciones</i>	<i>VII</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>XI</i>
0. Motivación	1
Primera parte: Visión general FV	4
1. La energía Solar	4
1.1 <i>El recurso del Sol</i>	4
1.2 <i>El crecimiento de la energía Solar</i>	7
1.3 <i>Horizonte energético</i>	8
2. La energía solar fotovoltaica	10
2.1 <i>Un poco de historia</i>	10
2.2 <i>Actualidad energía solar fotovoltaica</i>	13
2.3 <i>Costes energía solar fotovoltaica</i>	17
2.4 <i>Inconvenientes</i>	22
Segunda Parte: Instalación solar FV de 5 MWp	26
1. Objeto	26
2. Memoria descriptiva	26
2.1 <i>Marco regulatorio</i>	26
2.2 <i>Datos climáticos</i>	32
2.3 <i>Elementos constitutivos</i>	33
2.3.1 <i>Panel solar</i>	33
2.3.2 <i>Inversor</i>	33
2.3.3 <i>Protecciones</i>	35
2.3.4 <i>Cableado</i>	40
2.3.5 <i>Puesta a tierra</i>	41
2.3.5 <i>Estructura</i>	42
2.4 <i>Distribución de la instalación</i>	43
2.5 <i>Dimensión de la instalación</i>	44
2.5 <i>Adquisición del terreno</i>	45
2.6 <i>Movimiento de tierras</i>	45
2.7 <i>Ahorro económico</i>	47

2.8 Rentabilidad del proyecto	49
3. Memoria de cálculos	49
3.1 Morfología instalación	49
3.1.1 Análisis de sombras	49
3.1.2 Acoplamiento módulo-inversor	50
3.2 Cálculo secciones de cable	52
3.3 Puesta a tierra.....	54
3.4 Producción eléctrica esperada	55
3.6 Viabilidad económica	57
4. Presupuesto	59
4.1 Movimiento de tierras	59
4.2 Sistema eléctrico	59
4.3 Aparamenta	60
4.4 Equipos	61
5. Planos	62
5.1 Emplazamiento	62
5.2 Esquema unifilar	63
5.3 Esquemas de la instalación	65
6. Anexos	67
6.1 Cálculo del precio del cableado.....	67
6.2 Esquema puesta a tierra	68
6.3 Fichas técnicas	70
Bibliografía	90
Webgrafía.....	93

0. Motivación

Las Naciones Unidas prevé que para el año 2030 la población mundial alcance los 8500 millones de personas y para 2100, 11200 millones. Este crecimiento poblacional conlleva inherentemente un aumento del consumo energético, el cual la Agencia Internacional de la Energía sitúa para 2040 aproximadamente en un 30% más del actual, y sin tomar las medidas ni mejoras continuas en eficiencia energética este porcentaje podría elevarse al doble. Cabe destacar que para ese mismo año, la mayor parte de la demanda energética mundial se invertirá y pasará a países de Asia actualmente en desarrollo, como India y China, siendo hoy día los mayores consumidores Norteamérica y Europa.

Es por tanto evidente la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía máxime si las principales en las que se basa la producción de la misma son limitadas, como petróleo, gas natural o carbón, con unas perspectivas de futuro no tan lejanas en el tiempo, pues se calcula que las reservas actuales de combustibles fósiles durarán aproximadamente: 150 años para el carbón, 42 años para el petróleo y 63 años para el gas natural¹.

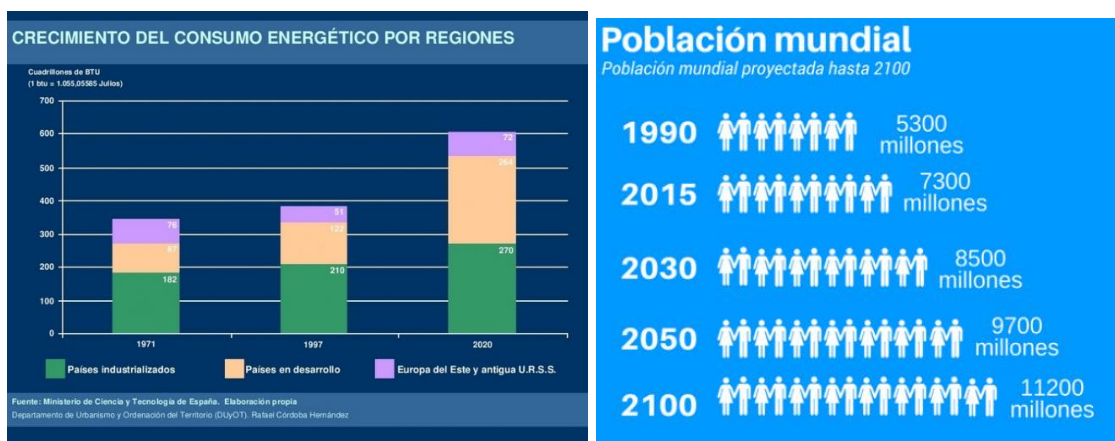


Ilustración 0.1 Evolución consumo energético por regiones y población mundial.

¹ Datos obtenidos de la página web del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid.

¿Cómo abordar esta cuestión? ¿Cómo actuar conociendo el límite del sustento energético del mundo? ¿Y la problemática del cambio climático? No es baladí el asunto al que nos enfrentamos y una forma de acercarse a la solución, ya conocida, tiene nombre y apellido: energías renovables.

Todas las energías renovables provienen, de alguna forma, de una fuente común: el Sol. Aquella de la que se aprovecha directamente del mismo es la solar, en sus vertientes fotovoltaica (aprovechamiento de la luz) y termosolar (aprovechamiento del calor). Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Contaminación nula. Ni a la atmósfera, ni a las aguas ni acústica y no produce gases de efecto invernadero en contraposición de los combustibles fósiles y con mayor relevancia, de la energía nuclear y sus residuos.
- Fuente inagotable de energía. Los 5000 millones de años que le restan al Sol lo convierten prácticamente en ilimitado.
- Su disposición reduce la dependencia energética de otros países. Además, promueve la creación de empleo.
- Bajo coste. El aumento de las eficiencias de las células solares, los avances en las tecnologías de películas delgadas y la economía a gran escala de la producción han propiciado su abaratamiento.
- Su versatilidad. Las instalaciones pueden ser tanto para viviendas aisladas como para plantas de generación a gran escala.

En España, más de 3 millones de personas viven en municipios de 2000 a 5000 habitantes, es decir, un 6,5% de la población total española. Esto, junto a las condiciones climatológicas magníficas de las que disponemos para el aprovechamiento de la energía solar, siendo España el segundo país generador a nivel mundial, con 3500 MW, se entraña práctico y atractivo estudiar la viabilidad de la instalación de un sistema de producción de energía alimentada por el Sol en Sevilla, concretamente en Aznalcázar, que cuenta con una población 4495 personas y una amplia extensión de 450 km².



Ilustración 0.2 Municipio de Aznalcázar.

En relación a lo expuesto anteriormente, en el presente proyecto se realizará un análisis técnico, normativo y en mayor profundidad económico de una instalación solar fotovoltaica en el municipio de Aznalcázar. Del mismo modo, el trabajo constará de una parte adicional sobre aspectos generales de la energía solar fotovoltaica en el mundo y en España.

Primera parte: Visión general FV

1. La energía Solar

1.1 El recurso del Sol

Comenzando por el ingeniero Arquímedes y sus espejos curvos en la Antigüedad, continuando con el primer horno solar de George Leclerc en 1700 y acabando con la más avanzada instalación termosolar, la energía del Sol ha estado, está y estará presente en las decisiones de índole energética del ser humano.

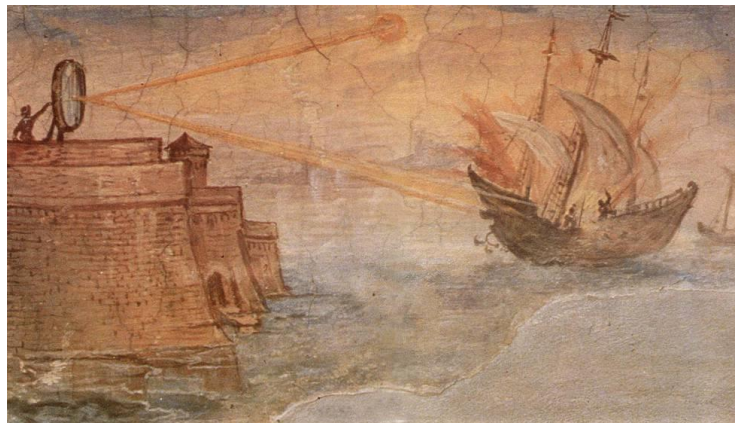


Ilustración 1.1 Arquímedes enfocando trirremes romanas en Siracusa, pintura de Giulio Parigi.

El Sol, un inmenso reactor nuclear de 1,391 millones de km de diámetro suministra en buena medida la energía existente en nuestro planeta. En él, átomos de hidrógeno colisionan entre sí venciendo a las fuerzas electromagnéticas de los mismos gracias a las altas temperaturas a la que se encuentra dando lugar a un átomo de helio. Durante el proceso se libera energía en cantidades conocidas gracias a la ecuación $E = m \times c^2$ de Albert Einstein. Concretamente, 564 millones de toneladas de hidrógeno se convierten en 560 millones de toneladas de helio por segundo, resultando en una potencia de 3.8×10^{26}

W, esto es, en un segundo 600 mil veces el consumo energético anual a nivel mundial en 2018¹ como respuesta al defecto de masa de esos 4 millones de toneladas de hidrógeno.

De dicha cantidad de energía, La Tierra recibe 0,000000031 %, esto es 10368×10^6 TJ por día². En un período de dos días, una cantidad de energía equivalente a todas las reservas evidenciadas que existen de gas, petróleo y carbón³, o unas 36 veces el consumo



Ilustración 1.2 Sol.

anual del mundo. En definitiva, la energía a priori aprovechable del Sol cubre con creces las necesidades energéticas del planeta entero.

Buena parte de las energías renovables derivan de una forma más o menos directa de una fuente común: el Sol.

Las plantas reciben la luz del Sol, éstas a través de una reacción química se desarrollan y alimentan al ganado el cual constituye una fuente de combustible para nosotros, para vivir y crecer. Dicha reacción, comúnmente denominada fotosíntesis, es de tipo endotérmica (absorbe energía) y que, tras un largo periodo de tiempo, enterramiento y condiciones características de presión y temperatura (procedente de la energía solar y mayormente del núcleo terrestre) forman unos de los combustibles fósiles más importantes a día de hoy: el carbón⁴.

¹ Consumo y producción energía mundial y por países extraído del anuario estadístico de la energía en 2019, Enerdata.

² Según la página web de Acciona, a su vez se basa en *Energías Renovables Info*.

³ Extraído del artículo de revista de ciencia cuyos autores son el doctor en física Camilo Arancibia y el doctor en ingeniería química Roberto Best y Brown.

⁴ Según el anuario estadístico mundial de la energía de Enerdata, el carbón supone el 26 % del consumo de energía final mundial. El año anterior éste creció un 0,9 % debido a un mayor empleo por parte de China, responsable de casi la mitad del consumo de carbón en el mundo, en contraposición de Estados Unidos o Europa que lo disminuyeron por las políticas adoptadas favorables al medioambiente.

El viento es fruto del cambio de densidad del aire al ser calentado, esto es, causado por el Sol. Diferentes densidades del aire de La Tierra generan variaciones de presión y producen los sistemas de vientos y corrientes del mundo. De la energía solar que llega a la Tierra por radiación, sólo alrededor del 1 y 2 % se convierte en corrientes de aire. Esta cantidad supone que en algo menos de 4 días la energía del viento es superior al consumo energético total mundial en un año.

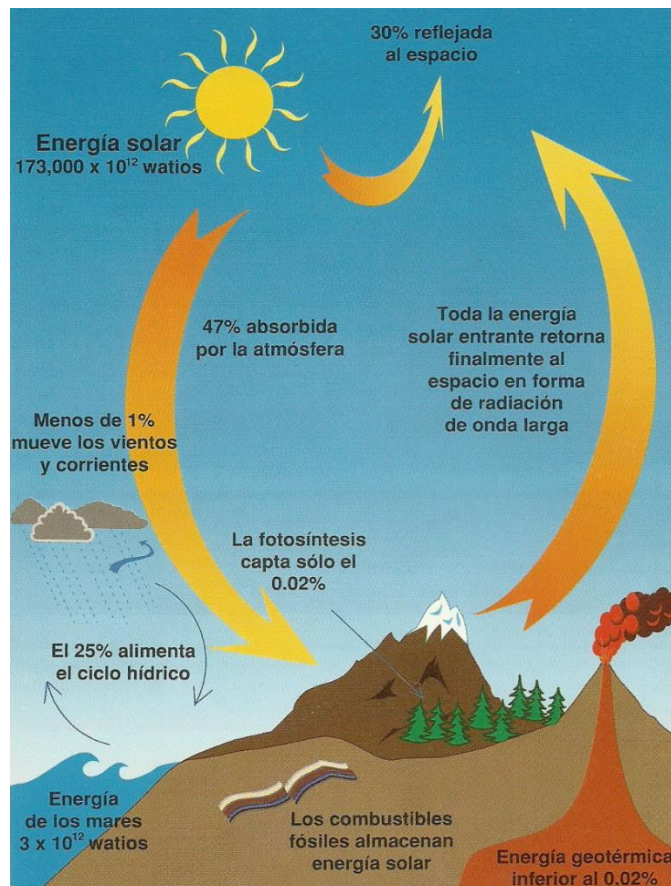


Ilustración 1.3 Aprovechamiento de la Tierra de la energía solar en %.

El calor del Sol evapora el agua de lagos y océanos que al condensar y precipitarse dan lugar a ríos y bolsas de agua, los cuales pueden almacenarse en forma de embalses generando así un sistema limpio de producción de electricidad: la energía hidroeléctrica. Es por tanto la energía del Sol la principal fuente de las energías renovables, siendo su máximo exponente la fotovoltaica, conformando ésta la tecnología a estudiar en este trabajo.

1.2 El crecimiento de la energía Solar

La energía solar ha crecido de manera exponencial durante los últimos 20 años gracias principalmente al abaratamiento de sus costes, a la economía de escala (en mayor medida a partir de la fabricación en masa de paneles fotovoltaicos por parte de China) y a las mejoras tecnológicas en eficiencia y de materiales.

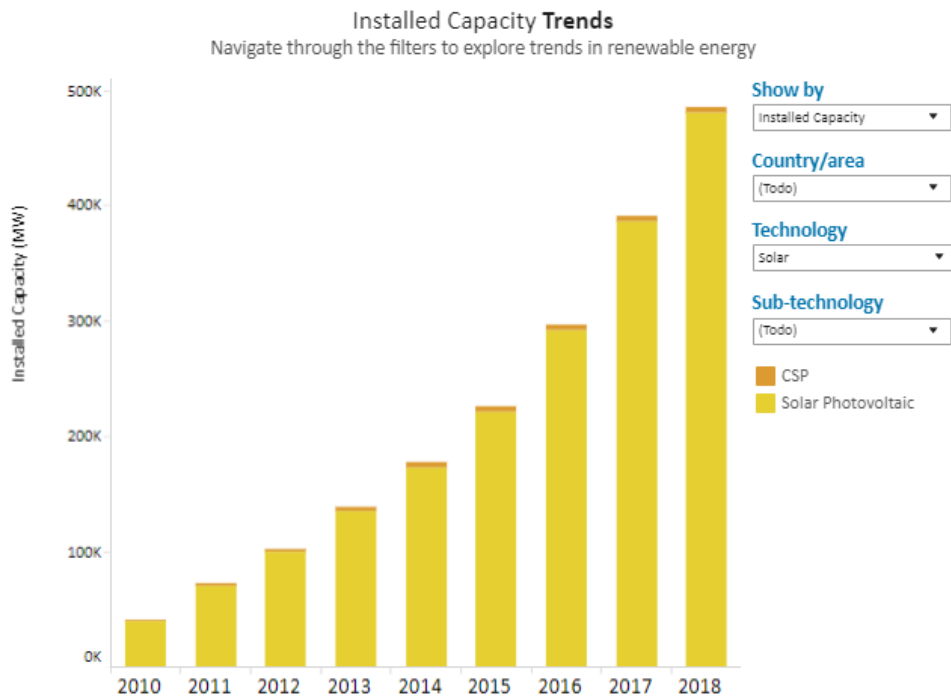


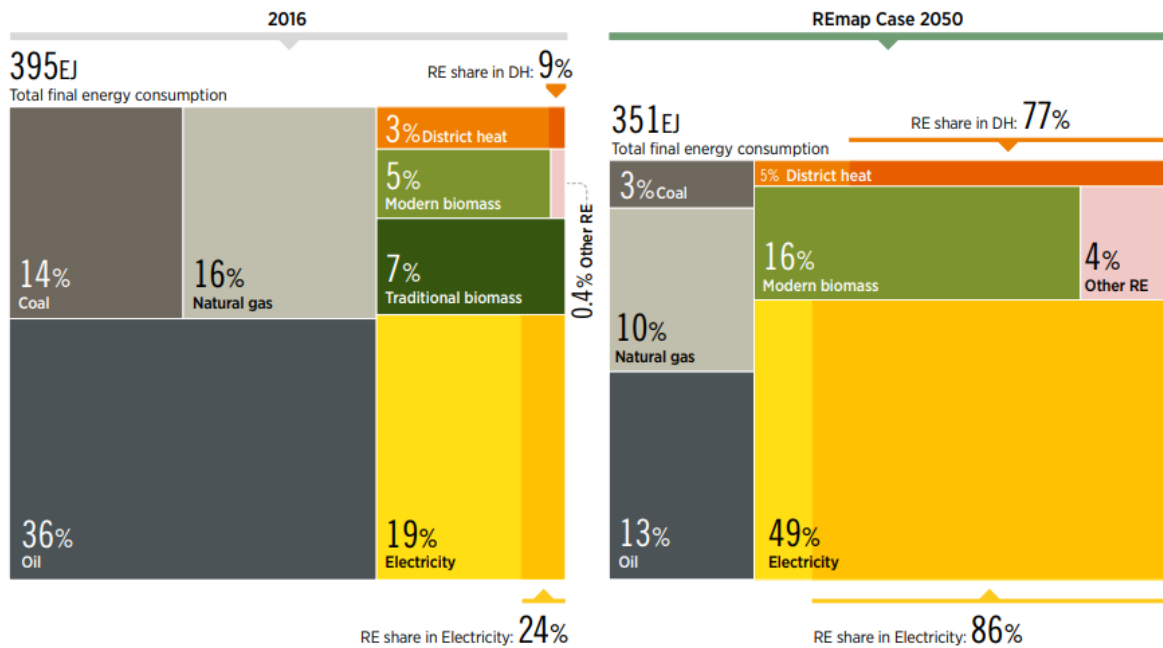
Ilustración 1.4 Crecimiento de la potencia solar instalada en el mundo.

Según recoge el anual informe de la Agencia Internacional de las Energías Renovables, actualmente la potencia solar instalada en el mundo es más de 500 GW y se encuentra repartida por distintos países: China, USA, Japón, Alemania e India son los principales generadores y los GW instalados van desde los 176 de China a los 27,1 de India. De los más de medio teravatios existentes la mayoría es en forma de fotovoltaica, representando la tecnología termosolar aproximadamente un 1% de la total.

El vertical crecimiento de la energía solar FV y térmica se debe principalmente a la fuerte inversión realizada por países en desarrollo, con India a la cabeza. Sin ir más lejos, 15 años atrás las compañías eléctricas europeas lideraban el top mundial, hoy 6 de las 10 principales compañías eléctricas del mundo son chinas.

(Remap Case) y otro considerando las políticas y actuaciones actuales de los países en este aspecto (Reference case).

Total final energy consumption breakdown by energy carrier (%)



Note: For electricity use, 24% in 2016 and 86% in 2050 comes from renewable sources; for district heating, this share is 9% and 77%, respectively. DH refers to district heat.

Ilustración 1.6 Desglose energía final consumida en el mundo en 2016 y 2050.

Como sugiere IRENA en la imagen anterior, para el 2050 la electricidad debe ser casi la mitad del consumo de energía final¹ en el mundo y de ella 86% proveniente de energías renovables. Es palpable el trabajo aún por delante pues en 2016 éstas fueron la quinta parte de los recursos principales y un 24% respectivamente.

La evolución del recurso energético en el mundo y la potencia instalada tanto renovable como no renovable en la situación Remap hasta 2050 se ve reflejada en el siguiente gráfico, en el cual se observa el gran crecimiento de las energías renovables y el descenso de energías como la nuclear y combustibles fósiles como el petróleo.

¹ Se entiende por energía final como aquella que está preparada para ser consumida directamente por la sociedad tras pasar por etapas de procesamiento, almacenamiento u extracción. Pueden ser la electricidad, los combustibles para el movimiento de vehículos, gas natural canalizado, calor (captadores solares)...

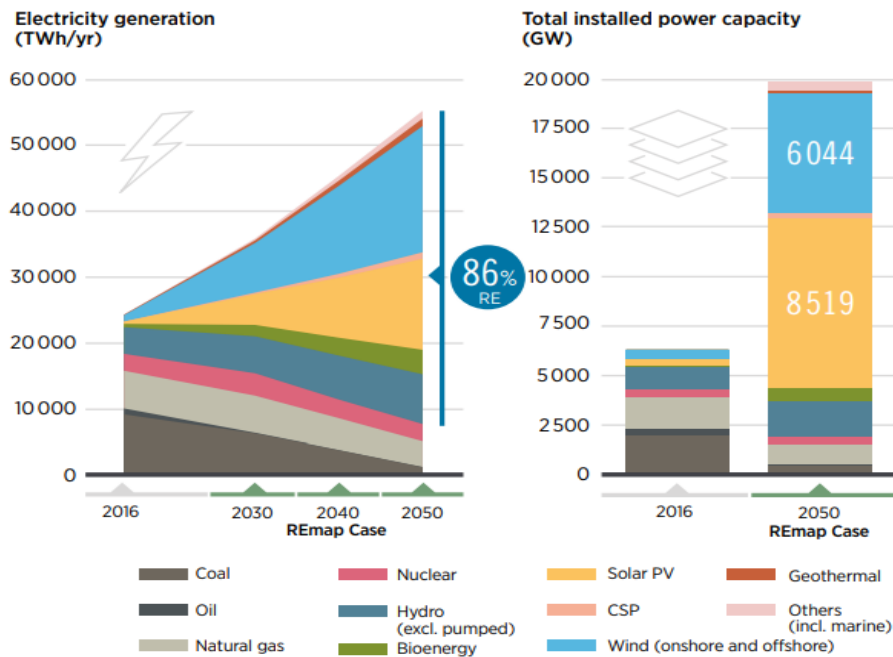


Ilustración 1.7 Crecimiento generación eléctrica anual y potencia instalada para diferentes fuentes de energía.

La energía solar fotovoltaica es el tipo de energía renovable de la que se espera un mayor crecimiento de manera arrolladora, partiendo de los 500 GW instalados en el mundo a día de hoy hasta los 8519 GW esperados para el año 2050.

2. La energía solar fotovoltaica

2.1 Un poco de historia

El principio básico de un panel fotovoltaico, el efecto fotovoltaico, fue descubierto por primera vez en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel, padre del futuro Premio Nobel de Física Henri Becquerel. No fue hasta 1883, 44 años más tarde cuando el filósofo estadounidense Charles Fritts fabricara la primera célula fotovoltaica como tal¹. El aporte de otros grandes científicos del mismo siglo como Michael Faraday, Nikola Tesla o Albert Einstein ayudaron a establecer los principios de funcionamiento de un panel solar fotovoltaico, destacando a éste último pues en 1905 desarrolló el efecto fotoeléctrico², pilar esencial en el desempeño de dichos paneles.

¹ La primera célula solar utilizaba como material semiconductor el selenio recubierto con una fina capa de oro. Alcanzaban una eficiencia del 1%.

² Por esta investigación Albert Einstein obtuvo el premio nobel. De forma general, demostró que para una cantidad de energía concreta de los fotones de luz, éstos al incidir sobre un material arrancan electrones al proporcionarles energía cinética, dando lugar a corriente eléctrica.

En 1946 el ingeniero estadounidense Russel Ohl patentó la célula solar moderna de silicio. Por esa época también 3 científicos estadounidenses, Gerald Pearson, Calvin S. Fuller y Daryl Chapin contribuyeron a desarrollar la tecnología desde un punto de vista comercial. Accidentalmente descubrieron que semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas eran muy sensible a la luz, y gracias en buena medida al estudio de Russel en la unión P-N alcanzaron un rendimiento de los paneles del 6%, todo un logro para los rendimientos de la época. Con la empresa Les Hoffman en 1960 se comienza a fabricar y comercializar paneles solares en considerables cantidades con un rendimiento del 14%. Además, su aplicación en tecnología espacial provocó que la energía solar fotovoltaica diera un paso al frente y se situara en el panorama energético como una alternativa seria en la búsqueda de producción de energía de origen renovable.



NEW SOURCES OF ENERGY AND ENERGY DEVELOPMENT

REPORT ON THE UNITED NATIONS CONFERENCE
ON NEW SOURCES OF ENERGY

Solar Energy - Wind Power - Geothermal Energy

Rome, 21 to 31 August 1961

UNITED NATIONS

Ilustración 2.1 Portada del informe
“Conferencia nuevas fuentes de energía de
las Naciones Unidas” en 1961, Roma.

En la época de los 70, las dos crisis del petróleo provocaron un fuerte interés en la producción de energía de origen renovable por parte de los grandes países de occidente, más por necesidad económica que intereses medioambientales. En 1970, el físico ruso Zhores Alferov desarrolla células solares de Galio y Arsenio a partir del estudio de heteroestructuras de semiconductores que doblaban el rendimiento del panel. Gracias a estos avances y al empleo de nuevos materiales en el futuro se han conseguido records de eficiencias, como el logrado por la empresa estadounidense Spectrolabs perteneciente a la aeronáutica Boeing con un 45% de eficiencia sin concentración solar.

En las dos décadas posteriores destacan la maduración de la tecnología fotovoltaica de película delgada, desarrollada por la Universidad de Delaware en 1980 así como la fabricación en grandes cantidades de células solares de silicio policristalino por la

empresa Kyocera corp en 1982. Para el año 1999, la potencia solar fotovoltaica instalada en todo el mundo superaba los 1000 MW.



Ilustración 2.2 Paneles solares Estación Espacial Internacional.

Entrados ya en el nuevo milenio se acentúa el crecimiento de esta tecnología como ya hemos comentado en apartados anteriores, recalcando la irrupción de China en 2011 tras realizar una fuerte inversión que supuso la fabricación en masa de paneles solares y que se tradujo en un gran abaratamiento de los costes (€/vatio generado). En 2018 se superó el medio Teravatio (500.000.000.000 W) de potencia instalada en el mundo.

Cabe destacar las impensables y numerosas aplicaciones de la energía solar que se han desarrollado, siendo la primera de ellas de tipo espacial (satélites, sondas, telescopios...). Hoy en día, podemos encontrar paneles solares para casas aisladas, en plantas a gran escala, calculadoras, señales de tráfico, vehículos terrestres y marítimos, motor para sistemas de calefacción...



Ilustración 2.3 Mayor planta fotovoltaica del mundo con 3,2 millones de paneles en Abu Dhabi.

2.2 Actualidad energía solar fotovoltaica

Centrando el estudio en el país en el que vivimos, es conveniente plasmar de forma breve y sencilla el estado en el que se encuentra esta tecnología desde diferentes puntos. Una visión de la evolución que ha experimentado en los últimos años y el porqué de la misma, puede ayudarnos a pronosticar de una manera más acertada el futuro que le espera en España, así como conocer el estado en el que se encuentra ahora con una cierta fiabilidad.

Cabría destacar del sistema energético español la fuerte dependencia que sufre de los combustibles fósiles, situándose en un 73,4% en el año 2018, 20 puntos por encima de la media europea. En cuanto a la demanda de energía eléctrica se refiere, en nuestro país este porcentaje se reduce considerablemente en contra de la electricidad cubierta de origen renovable, que sube hasta alcanzar para 2018 casi el 38%, de la cual solar FV supone el 3%.

Es relevante resaltar la potencia energética a instalar adjudicada en subastas en los años 2017/18 que habría que considerar pues para el año 2020 se pretende que estén en funcionamiento. Hablamos de 9000 MW¹, casi 4000 MW de fotovoltaica².

¹ Según el Real Decreto-ley 15/2018 de 5 de octubre. Página número 5.

² Según el informe anual de 2019 de Unión Española Fotovoltaica (UNEF).

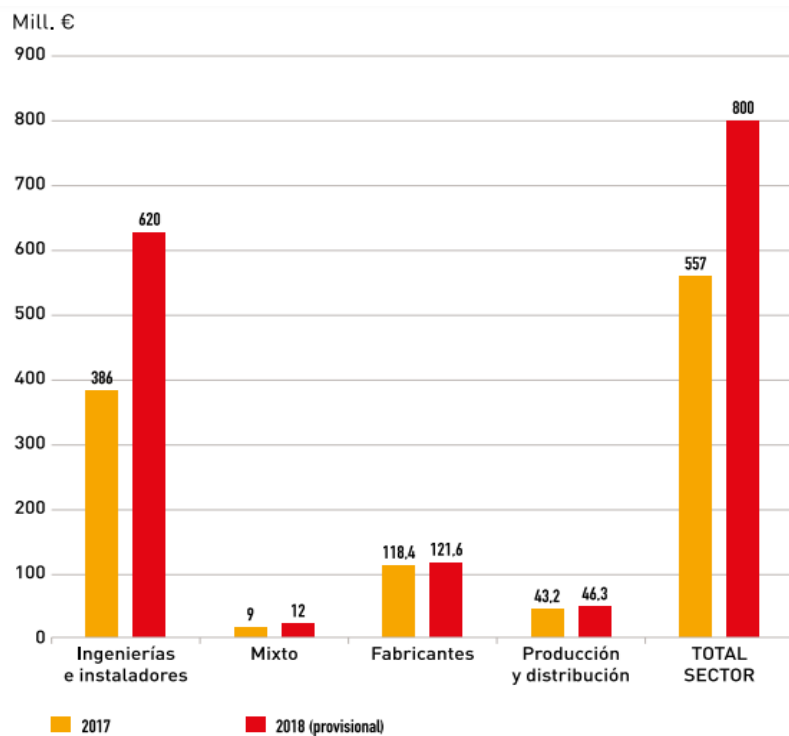
Desde un punto de vista económico, el sector renovable en 2018 contribuyó a aumentar el Producto Interior Bruto en 10.521 millones de euros, lo que supone el 0,87% del PIB. Éste sería el cuarto año de crecimiento ininterrumpido. Desde el punto de vista de empleo generado, la comunidad renovable registró 81.294 empleos, de los cuales a FV corresponden 13.274, el 16%.



Ilustración 2.4 Evolución importaciones energéticas y déficit total del comercio en España.

Resulta conveniente analizar desde la perspectiva del comercio en nuestro país el papel de las energías renovables dentro de la energía total que abastece a España en su totalidad (Ceuta, Melilla y archipiélagos balear y canario).

Comenzando por la energía renovable que nos atañe, solar fotovoltaica, las exportaciones netas se saldan con 800 millones de euros positivos (casi el 30% del total de renovables) y un impacto sobre el PIB de 1522 millones de euros. Las exportaciones netas del sector renovable arrojan un beneficio positivo de 2.746 millones de euros para el año 2018 y fiscalmente se recaudan 1.058 millones de euros en términos de impuestos.



Fuente: UCLM.

Ilustración 2.5 Desglose en sectores de la economía que mueve la energía solar FV.

Si agrupamos todos los tipos de fuentes de energía, España al ser un país puramente importador de energía primaria¹ (durante el año 2018 importó 12042 GWh de Francia y 2654 GWh con Portugal, netamente) las cuentas ofrecen un déficit que lastra la balanza comercial española. Como se observa en los gráficos anteriores, cerca del 75% del déficit de la economía española lo componen las importaciones del sector energético y en consecuencia la fuerte dependencia de países terceros para abastecernos energéticamente.

Las siguientes gráficas muestran el crecimiento de la demanda energética en España, la generación de energía eléctrica por las diferentes energías renovables y el porcentaje que cubre ésta de origen FV respecto a la total. A continuación se profundiza algo más:

¹ Toda forma de energía disponible antes de ser convertida o transformada. Minas de carbón, uranio, reservas de combustibles fósiles...

2018	254
2017	253
2016	250
2015	248
2014	243
2013	246
2012	252
2011	255
2010	260
2009	253

Ilustración 2.6 Evolución de la demanda energética en España.

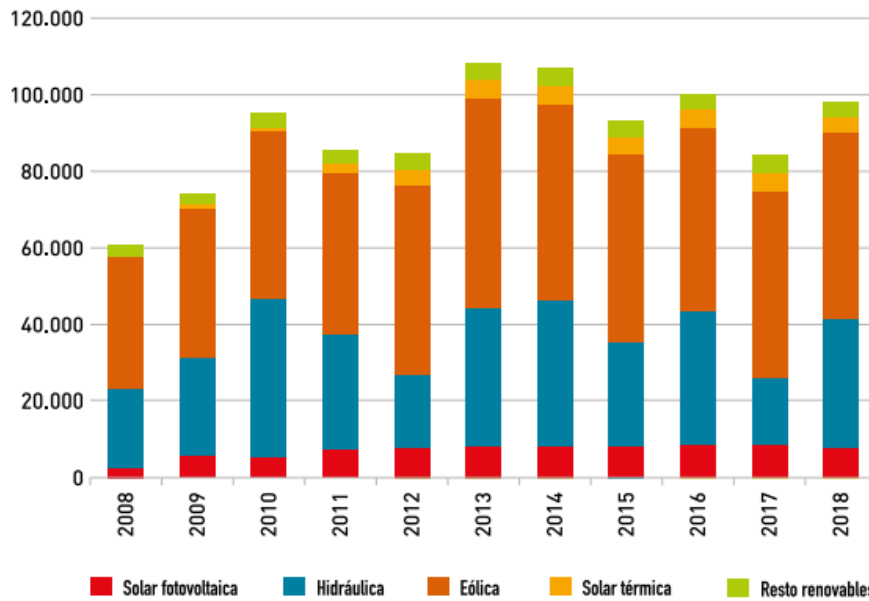


Ilustración 2.7 Evolución de la generación eléctrica por las energías renovables.

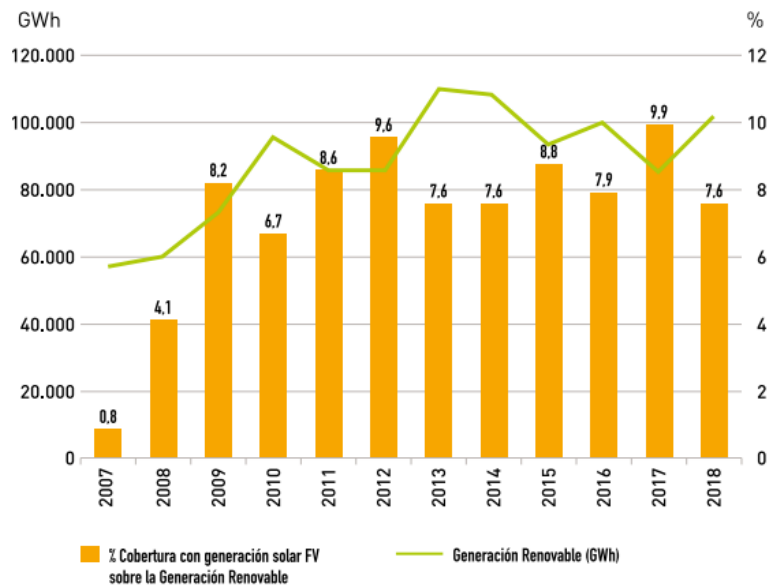


Ilustración 2.8 Evolución del porcentaje de energía FV respecto a la total de renovables.

De la gráfica de demanda energética en España se observa una continuación en el crecimiento de la misma a pesar de que en el año 2018 éste se atenuó hasta menos de la mitad, (pasó de +1,7% en 2017 a +0,4% en 2018). Del gráfico de la generación de las energías renovables cabe destacar la menor variabilidad que presenta la solar FV frente a otras como la eólica o la hidráulica. En la gráfica % cobertura de generación solar FV sobre la total de las renovables se extrae la idea de una disminución de la cobertura para 2018 debido entre otras cosas, a un año más húmedo donde la hidroeléctrica retomó el papel principal, junto a la eólica, de primera fuente de energía renovable en España.

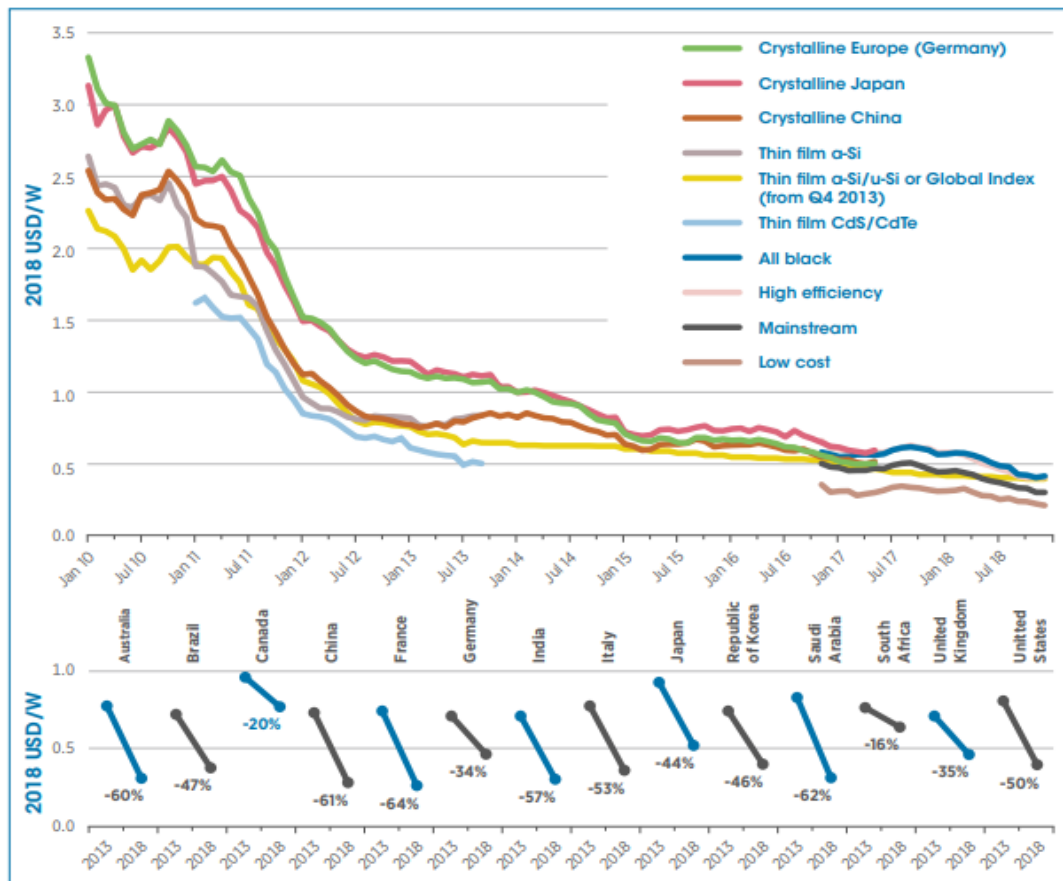
En síntesis, la generación eléctrica del año pasado por parte de FV se redujo respecto al anterior debido a una mayor disposición de recursos hídricos y en menor medida a menos días soleados, a pesar de aumentar el parque fotovoltaico español en 24 MW y de la continuidad del crecimiento de la demanda energética en nuestro país. Además, destaca el positivo impacto económico que las energías renovables producen al reducir el déficit de la balanza comercial española y el papel relevante que FV representa dentro de la misma.

2.3 Costes energía solar fotovoltaica

Este subapartado se entraña clave para entender el porqué del auge y el continuo crecimiento de esta tecnología en todo el mundo.

Se introduce el concepto de coste nivelado de la energía (LCOE, levelized cost of energy) para comparar y observar la competitividad de la energía solar fotovoltaica. No es más que un método que permite comparar diferentes tipos de sistemas generadores de energía eléctrica, sin importar el tamaño o tipo de tecnología, para concluir que sistema es más competitivo desde una perspectiva económica.

Basándonos en la información que nos proporciona IRENA, concretamente en su publicación *Renewable power generation costs in 2018*, se extraen varias ideas en consonancia con lo expuesto anteriormente.



Sources: Based on GlobalData, 2018; IRENA Renewable Cost Database, 2019; Photon Consulting, 2018; and pvXchange, 2019.

Ilustración 2.9 Decrecimiento del precio de los módulos fotovoltaicos.

Como se observa en esta última década, los precios de los módulos solares FV han caído aproximadamente un 90%. De entre los principales países que apuestan por esta tecnología cabría destacar a China y Francia pues ambos son los que más han experimentado un descenso de más del 60% en apenas 5 años, por contra de un 16 y 20% de los países Sudáfrica y Canadá respectivamente. Además, destaca como todos los tipos de módulos solares (silicio monocristalino, película delgada, de alta eficiencia...) han reducido sus precios.

En cuanto a los costes totales de instalación se refiere, también es significativo la disminución de los mismos.

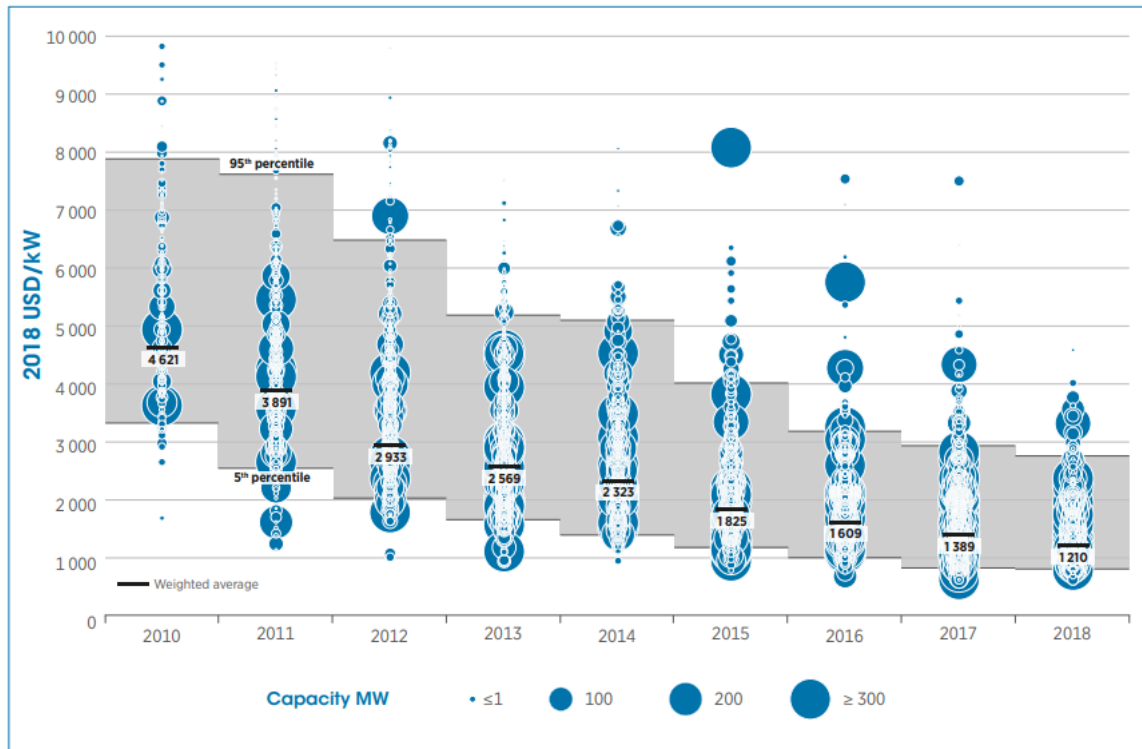


Ilustración 2.10 Evolución costes totales promedio de instalaciones FV por tamaño.

Como se observa en la anterior gráfica, los costes totales de instalación promedio globales han caído un 75%, de un 4621 USD/kW a 1210 USD/kW. Además, se aprecia como dichos costes han ido acercándose cada vez más al valor medio, es decir, el intervalo acotado por los percentiles del 5% y 95% se ha ido estrechando, pasando de 3300-7900 USD/kW en 2010 a 800-2700 USD/kW en 2018. Todo ello se va a traducir en un incremento considerable de la competitividad, o lo que es lo mismo valores muy bajos del LCOE de esta tecnología no sólo con energías del mismo sector si no con las actualmente más baratas del mundo, las provenientes de los combustibles fósiles.

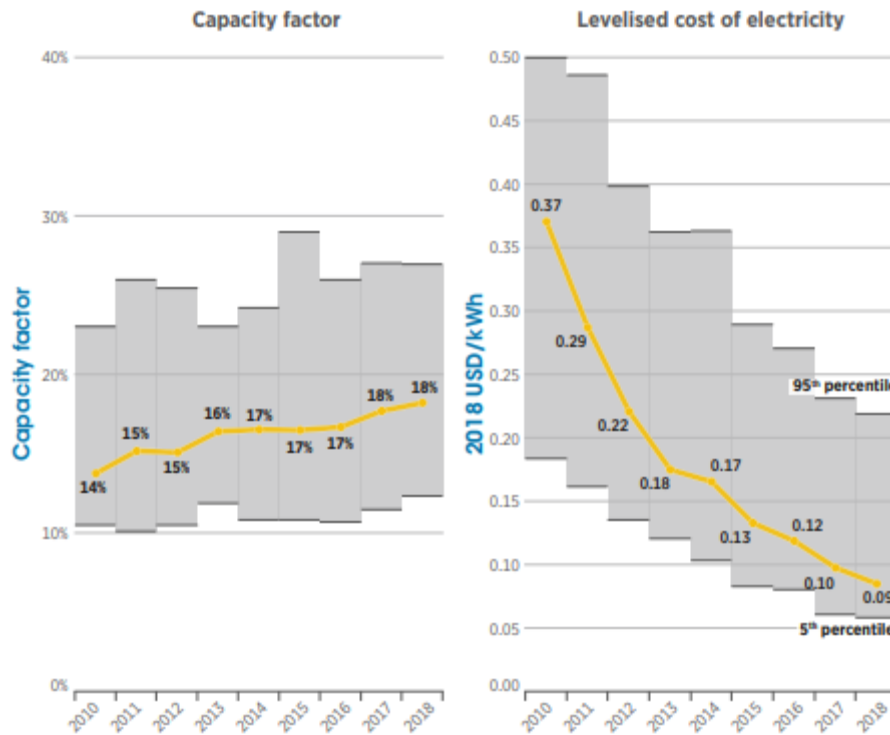


Ilustración 2.11 Evolución factor de capacidad medio y LCOE de FV.

La gráfica anterior arroja resultados positivos de nuevo. El factor de capacidad medio global crece hasta el 18%, es decir, 1570 horas al año operan las instalaciones fotovoltaicas de media en todo el mundo. El coste nivelado de la energía medio global se redujo un 77% desde 2010, hasta 0.085 USD/kWh. Este valor se sitúa en un valor medio bajo dentro de las energías renovables, en el que la más barata (que produce más energía a menor coste) es la hidráulica con 0.047 USD/kWh.

Además, como se observa en la siguiente gráfica, en el año 2018 la energía solar FV se situó en el rango de combustibles fósiles en cuanto a valor de los costes nivelados se refiere, es más, fuentes como la bioenergía o la hidrodinámica se sitúan por debajo con 0.047 USD/kWh, ya comentados anteriormente. Es una realidad que algunas energías renovables compiten ya de tú a tú con las no renovables en términos económicos, incluso sin apoyo financiero externo.

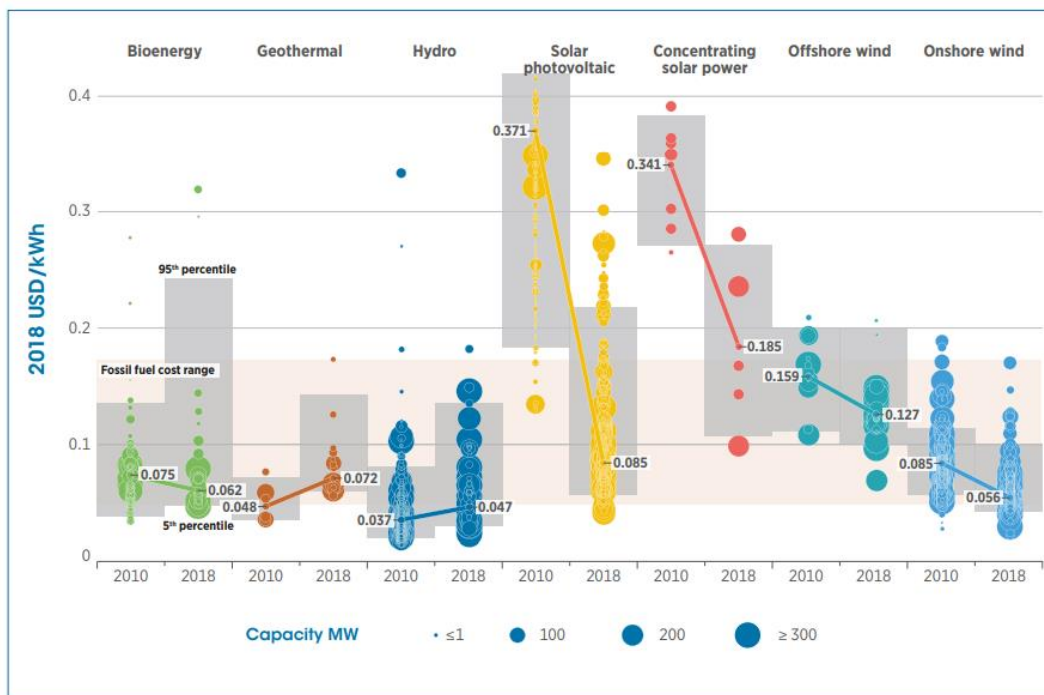


Ilustración 2.12 Variación del LCOE de las diferentes energías renovables.

Si analizamos el coste nivelado de energías no renovables, aquellas que actualmente abastecen y colman el mercado energético mundial, se llega a la conclusión de que la transición energética por la que países y grandes instituciones internacionales abogan está dando sus frutos, al percibirse una aproximación de las renovables a las convencionales.

En relación a lo anterior y valiéndonos de la gráfica procedente del informe realizado por Lazard sobre el LCOE, los rangos del coste nivelado de las energías convencionales y renovables en Dólar/MWh ponen de manifiesto lo ya comentado, solar fotovoltaica (de película delgada y silicio monocristalino) a gran escala o eólica se sitúan al mismo nivel que centrales de ciclo combinado e incluso por debajo de las de carbón.

Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Certain Alternative Energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances⁽¹⁾

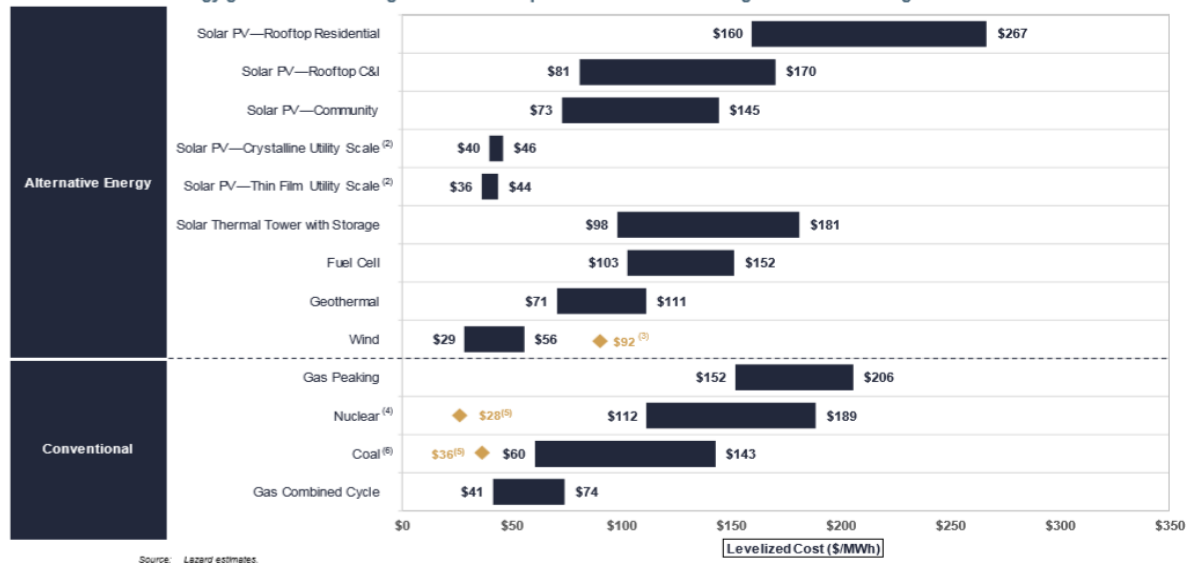


Ilustración 2.13 Comparación LCOE entre energías renovables y convencionales.

Según IRENA, para 2020 los contratos de compra venta de energía medios (PPA) o el precio de subastas de este tipo de energía se espera que estén por debajo del coste marginal* de operación de 700 GW de potencia instalada en centrales eléctricas de carbón (para 2017 el total de dichas centrales ascendía casi a 2000 GW). Además, resultados de dichas PPA y subastas sugieren que para 2022 la competitividad de FV continuará aumentando.

En resumen, el precio de todos los tipos de módulos, el coste de una instalación promedio y el LCOE de la tecnología fotovoltaica se han reducido hasta alcanzar en algunos casos valores por debajo de su análogo de origen fósil, con expectativas de que se mantenga ésta tendencia en los próximos años.

2.4 Inconvenientes

Los inconvenientes más relevantes de la energía solar fotovoltaica son mayormente conocidos, algunos por su obviedad (no existe producción de energía eléctrica cuando no hay luz) y otros por la propia naturaleza de la tecnología, sujeta a las condiciones climatológicas en las que se encuentre.

El rendimiento de los paneles disminuye en los meses que más horas de sol al día hay, y por tanto una posible mayor producción de energía. Se puede observar en la siguiente gráfica que representa la curva característica de un panel: la disminución de tensión del panel disminuye más que el aumento de intensidad que genera cuando asciende la temperatura, por ello la potencia final se reduce. Sin embargo, la energía que produce en cómputo general es mayor en estos meses a pesar de la pérdida de rendimiento.

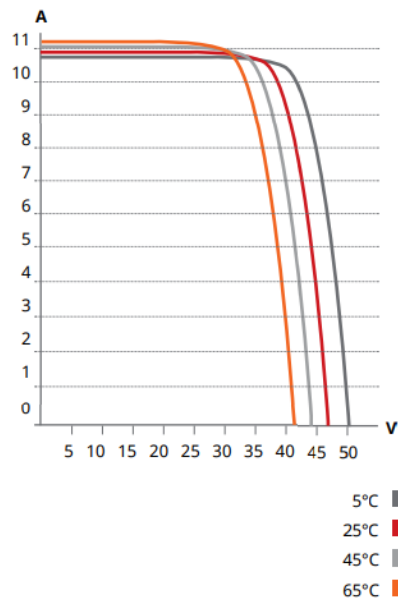


Ilustración 2.14 Curva panel C63 CanadianSolar para diferentes temperaturas del panel.

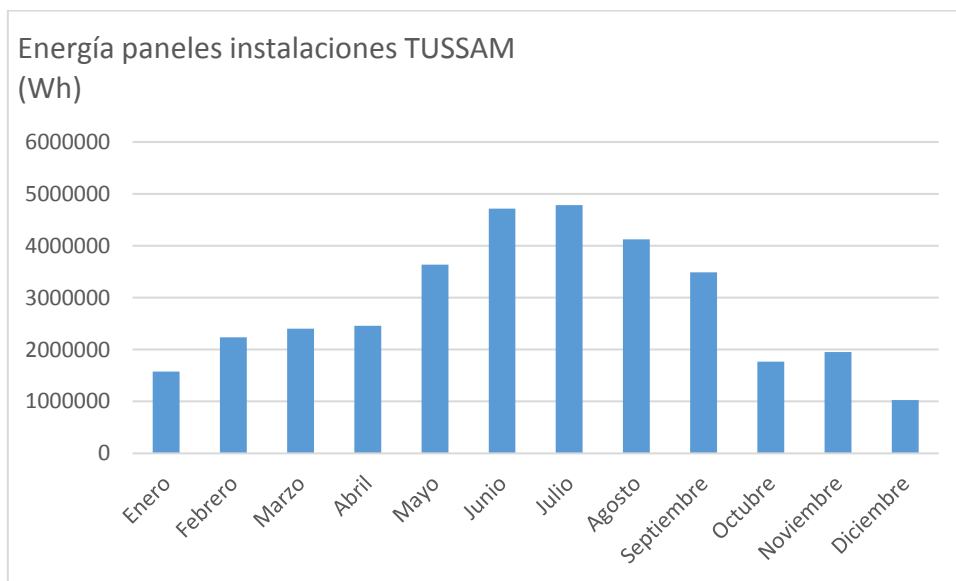


Ilustración 2.15 Generación eléctrica planta FV en las instalaciones de TUSSAM.

En una instalación fotovoltaica se requiere una alta inversión inicial. Los costes son altos a pesar de que se hayan ido abaratando durante los últimos años como se ha explicado en apartados anteriores, el precio del kWh procedente de módulos fotovoltaicos ha podido alcanzar valores inferiores a los de origen fósil. Sin embargo, habría que tener en cuenta el gran espacio que ocupan las plantas fotovoltaicas frente a las de tipo fósil, terreno que en la mayoría de los casos repercute en el coste. Por ejemplo, la instalación fotovoltaica de Núñez de Balboa en Badajoz, ocupa 1000 hectáreas y produce 500 MW (la más grande de España). La instalación nuclear de Almaraz en Cáceres ocupa aproximadamente 60 hectáreas y genera 2000 MW, es decir 17 veces menos espacio y el cuádruple de potencia, amén de las desventajas que arrastra este tipo de generación de energía.

Otro inconveniente presente en el mundo fotovoltaico es la falta de madurez tecnológica en elementos almacenadores de energía, indispensables si se pretende conseguir una cierta independencia. Estos elementos, generalmente baterías, han reducido su precio en los últimos años debido principalmente a una mayor demanda procedente de empresas automovilísticas. Sin embargo, en aplicaciones fotovoltaicas donde se puede llegar a requerir ingentes almacenamientos de energía, su precio puede alcanzar casi el mismo que los paneles solares, elemento que conforma el grueso de la instalación. Por ejemplo, repescando el suministro de nuestra instalación del apartado de producción de energía eléctrica (3.4) para un día medio, 23324,9 kWh, éste requerirá entonces una batería estacionaria de 48 voltios y una capacidad de 485,9 kWh¹. De manera comparativa, una batería del mismo tipo que proporciona 4,42 kWh, cuesta 37480 €². Además, el ciclo de vida de las baterías es menor que el de una instalación fotovoltaica por lo que el coste inicial de las baterías en la durabilidad del proyecto se debe elevar al doble.

Otra desventaja es inherente al funcionamiento de los paneles solares. Los lugares donde mayor radiación existe no tienen por qué coincidir con los puntos donde queramos utilizar dicha energía eléctrica. Como se aprecia en la siguiente imagen, la mayor parte de Europa, India o Rusia no presentan las mejores condiciones para su

¹ Forma genérica de elección de una batería para sistemas fotovoltaicos según la empresa SunFields Europe.

² Batería estacionaria *BAE Secura PVS Solar* especial para sistemas fotovoltaicos.

empleo del mismo modo que el desierto del Sáhara no destaca por una gran densidad de población.

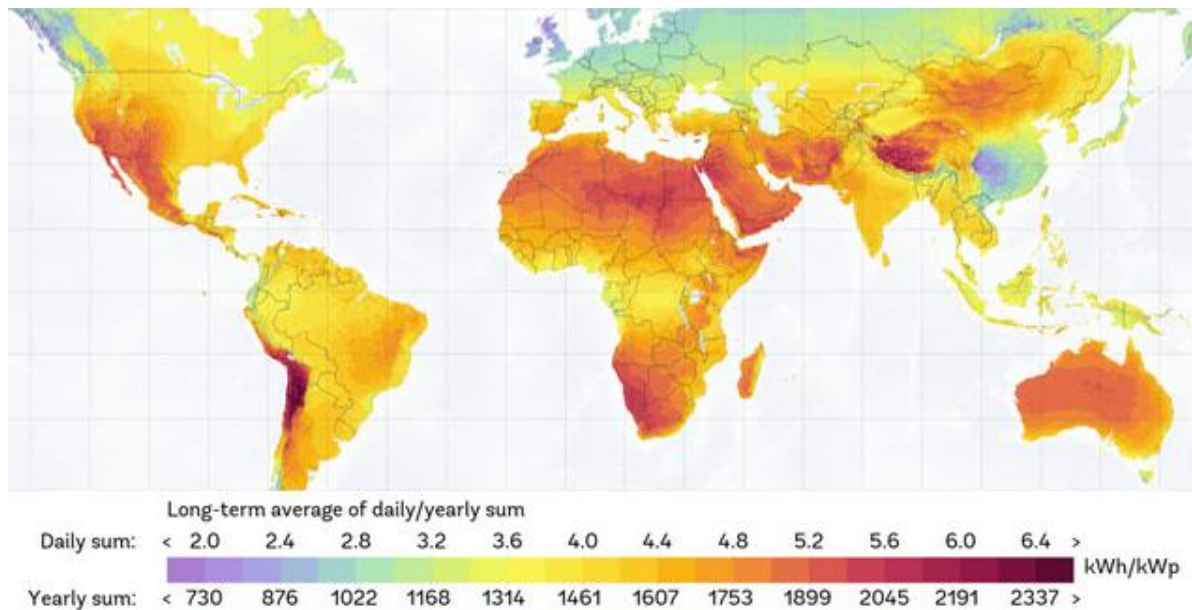


Ilustración 2.16 Mapa mundial sobre la radiación incidente media en un año.

Finalizando con los hándicaps de esta tecnología, los materiales con los que se construyen los paneles (Silicio principalmente) son considerados peligrosos como residuos al finalizar la vida útil del panel. Sin embargo, dicha vida útil no es especialmente corta al poseer un valor residual aprovechable, tema abordado por IRENA en su publicación *End-of-Life management*, donde ofrece distintas maneras de reutilización de los paneles solares y otros componentes de una instalación solar fotovoltaica.

Como última, y leve desventaja, el impacto medioambiental que la instalación de las placas genera, siendo sobre todo un impacto visual puesto que la energía solar fotovoltaica es considerada una de las energías renovables con menor potencial contaminante.

Segunda Parte: Instalación solar FV de 5 MWp

1. Objeto

En esta segunda parte del trabajo abordaremos la implementación de una instalación solar fotovoltaica de considerables dimensiones junto al estudio de la viabilidad económica que supone tal inversión. Partiremos de cuatro ideas fundamentales:

- Esta parte del trabajo debe entenderse de forma orientativa en el sentido de la complejidad que supone el diseño, desarrollo e implementación de una instalación fotovoltaica de estas dimensiones. Destacar que la conclusión principal de esta parte del trabajo procede de la viabilidad económica, punto fuerte del mismo.
- El límite de estudio de dicha instalación se fija aguas abajo del inversor, no obstante se incluyen los elementos a considerar de cara al apartado económico.
- Suponemos el pueblo de Aznalcázar como una empresa privada con un cierto consumo eléctrico por el cual factura.
- La instalación se encuadraría en el régimen de autoconsumo, en el subgrupo de potencias mayores de 100 kW sin excedentes.

Es decir, se evaluará si el ahorro en la supuesta factura del pueblo, producido por la incorporación de mi instalación es tal que en el ciclo de vida de la misma se genera una cierta rentabilidad. Además, aprovechando las magníficas horas de Sol al año de este país, nos situaremos en la zona colindante del municipio Aznalcázar, Sevilla.

2. Memoria descriptiva

2.1 Marco regulatorio

El ordenamiento jurídico español posee diversa tipología normativa, por un lado normas de producción internacional y por otro normas de producción internas. Los Tratados y Convenios internacionales válidamente adoptados forman parte del ordenamiento jurídico estatal. Por otro lado existen diversos tipos o escalas, en cuanto a producción interna se refiere, a saber: ley orgánica, ley ordinaria, real decreto ley, real decreto-legislativo, real decreto, reglamento, orden ministerial etc.

Concretamente, en el caso de instalaciones de producción de energía eléctrica existe gran dispersión normativa, tanto a nivel nacional como regional. En este punto se procede a exponer el marco legislativo básico aplicable para el proyecto en cuestión, una instalación solar FV de 5 MWp.

Desde el punto de vista normativo, la Unión Europea toma una actitud de fomento en cuanto a energías renovables se refiere, la última directiva promulgada así lo refleja.¹ De igual modo y ante las reticencias de ciertos gobiernos, consagra el autoconsumo eléctrico como un derecho.

En cuanto a normativa interna, se procede a comentar las siguientes a modo de ejemplo: Por un lado el Real Decreto 842/2002 por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión o el Real Decreto-ley 9/2013 por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico. El RD tiene por objeto el establecimiento de las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro (como señala su artículo primero). Por su parte el Real Decreto Ley fue adoptado como una medida de corrección de los desajustes entre los costes del sector eléctrico, con objeto de garantizar la rentabilidad razonable para las instalaciones de producción.

En la actualidad, las instalaciones quedan reguladas por el Real Decreto 244/2019, el mismo regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo

¹ Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (Texto pertinente a efectos del EEE.) Entre las principales novedades, nos resultan de interés las siguientes. El parlamento europeo establece un objetivo vinculante del 32% del uso de energías renovables a alcanzar para 2030, de igual modo prohíbe los cargos y tasas sobre la energía autoconsumida, estableciendo además el derecho a recibir remuneración por la electricidad renovable autogenerada vertida a la red.

de energía eléctrica. De su contenido cabe destacar el régimen de autoconsumo con excedentes sujetos a compensación simplificada, por el que la energía vertida en vez de obtener una compensación económica se registra y es descontada de la próxima factura mensual, ahorrándose todo el entramado burocrático para obtener dicha compensación. De igual manera, la considerable simplificación administrativa para la mayor parte de los usuarios que plantea este Real Decreto, por ejemplo el trámite de instalaciones entre 15 y 100 kW se abrevia a una sola gestión o todos los consumidores independientemente de la modalidad de autoconsumo deben de disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto frontera, reduciendo costes en equipos de gestión y medida de la energía.

Debido a la localización territorial de la instalación, la localidad sevillana de Aznalcázar, vemos oportuno citar el Manual para la tramitación administrativa de las instalaciones de generación de energía eléctrica en régimen de autoconsumo en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Casi la totalidad de las Comunidades Autónomas han aprobado su propia normativa aplicable al sector eléctrico, particularmente la Junta de Andalucía publicó el citado manual donde se detallan los pasos a seguir para la correcta legalización de la instalación, adaptada toda ella a los recientes cambios normativos establecidos por el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores y el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

Conocida de la información anterior, se puede encuadrar y concluir lo siguiente, con respecto al proyecto; la instalación fotovoltaica sita en Aznalcázar es un sistema fotovoltaico de conexión a red en régimen de autoconsumo con potencia mayor de 100 kW y sin excedentes, por el que se deberá instalar un dispositivo de antivertido a la red. Queda regulado por el citado Real Decreto 244/2019 y Real Decreto 15/2018 así como por la Ley 24/2013 si la instalación es de baja tensión o el Real Decreto 1955/2000 en caso de alta tensión.

Legislación aplicable instalaciones de generación de energía eléctrica en régimen de autoconsumo en Andalucía.

Legislación Internacional

-Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009 , relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

-Directiva 2014/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de comercialización de material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión Texto pertinente a efectos del EEE.

-Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética (Texto pertinente a efectos del EEE)

-Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovable.

Normativa estatal

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 15/2012, de 27 de diciembre, de medidas fiscales para la sostenibilidad energética
- Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero.
- Real Decreto-Ley 9/2013 de 12 de Julio por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico.

- Real Decreto Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1435/2002, de 27 de diciembre, por el que se regulan las condiciones básicas de los contratos de adquisición de energía y de acceso a las redes en baja tensión.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- 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.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- RESOLUCIÓN de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Normativa autonómica

- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía
- Decreto-ley 2/2018, de 26 de junio, de simplificación de normas en materia de energía y fomento de las energías renovables en Andalucía.
- Decreto 50/2008, de 19 de febrero, por el que se regulan los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Decreto 9/2011, de 18 de enero, modificación del Decreto 50/2008, de 19 de febrero, por el que se regulan los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Orden de 24 de octubre de 2005, por la que se regula el procedimiento electrónico para la puesta en servicio de determinadas instalaciones de Baja Tensión (TECI).

- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Orden de 5 de marzo de 2013, por la que se dictan normas de desarrollo del Decreto 59/2005, de 1 de marzo, por el que se regula el procedimiento para la instalación, ampliación, traslado y puesta en funcionamiento de los establecimientos industriales, así como el control, responsabilidad y régimen sancionador de los mismos.
- INSTRUCCION de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- Instrucción de 12 de mayo de 2006, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, complementaria de la Instrucción de 21 enero de 2004. Sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.

Normativa municipal

- Ordenanza fiscal reguladora del impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras. (BOP n.-28-04/02/2009).
- Ordenanza reguladora de la tasa por el otorgamiento de la licencia de apertura de establecimiento (BOP n.-28-04/02/2009).

2.2 Datos climáticos

Es destacable el lugar que ocupa Sevilla en España por ser la provincia que mayores horas de sol al año recibe, concretamente 3381 en el año 2016¹. De cara a apartados posteriores es necesario conocer valores típicos de temperatura e irradiancia máxima y mínima de la zona²:

$T_{\min} = -2 \text{ °C}$

¹ Según el anuario estadístico de España, 2018.

² Obtenidos del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIMA), del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de España.

$$T_{\max} = 41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$I_{\min} = 100 \text{ W/m}^2$$

$$I_{\max} = 1000 \text{ W/m}^2$$

2.3 Elementos constitutivos

2.3.1 Panel solar

Tras realizar un análisis de mercado, una de las elecciones más económicas y recomendadas para nuestro tipo y tamaño de instalación es el panel **SunPower P19-405-COM**. Con un precio aproximado de 0,35 €/Wp, un panel costaría 142 euros, siendo probablemente el mejor ratio €/Wp del mercado. Son paneles de silicio monocristalino tipo PERC.

Marca	SunPower P19-405-COM
Potencia pico ¹	405 Wp
Rendimiento	19,6%
Tensión nominal	43,6 V
Intensidad nominal	9,28 A
Variación de tensión por temperatura	-0,29%/°C

Tabla 2.1 Características módulo FV

Las dimensiones de un panel son 2,06 m² y teniendo en cuenta la potencia del mismo y los 5 MWp que se desean instalar, únicamente en paneles solares se requerirá una superficie de 25433 m², esto es, 2,54 hectáreas aproximadamente. Destacar que este módulo solar cuenta con nivel de aislamiento eléctrico de clase II.

Se instalarán 12600 paneles solares, algo más de lo estipulado al inicio, conformando el grueso del coste de la instalación.

2.3.2 Inversor

El inversor escogido es el trifásico de la marca AROS modelo Sirio K250H. La potencia que puede manejar este inversor puede alcanzar los 250 kW, lo que conlleva 20 inversores para completar nuestra instalación. A priori puede resultar un número elevado y por tanto menos económico que otras opciones, pero la rapidez y atención empleada por la empresa de dichos inversores respecto a otras y la ventaja que proporciona utilizar muchos inversores (perder poca energía eléctrica generada en caso

¹ Pico significa que la potencia del panel es proporcionada para unas condiciones estándar dadas.

de que falle alguno) decantan la balanza a favor de su uso. Además, no buscar la solución más óptima económicamente y obtener resultados positivos puede darnos una idea del nivel actual de competitividad de la energía solar fotovoltaica. El precio de cada inversor es de 35318,9 €.

Entre otros aspectos, incorpora la separación galvánica entre la parte de corriente continua y alterna a través de un transformador evitando la conexión eléctrica directa entre ambas secciones, un interruptor magnetotérmico en el lado de corriente alterna y un seccionador en el de continua. Además, la corriente de salida del inversor se vuelca a la red de distribución de baja tensión de la empresa distribuidora, en nuestro caso ENDESA distribuidora, para ser consumida. Evacúa el calor a través de un ventilador.

MARCA	AROS Sirio K250 HV
Potencia nominal (kW)	250
Rango tensiones de MPPT (V)	450-760
Corriente máxima de entrada (A)	589
Dimensiones (alto x ancho x profundo m)	1,9 x 1,6 x 1,01

Tabla 2.2 Características inversor

Cabe destacar que este inversor está pensado para interior por lo que el nivel de protección que posee no es suficiente y habría que incorporar un armario estanco para exterior que lo resguardase del polvo y la lluvia tal y como exige el nivel mínimo de protección IP65. En concreto se trata de una caseta metálica de acero galvanizado especial para evitar la corrosión por la humedad y el agua gracias a la capa de zinc que lo recubre, dispone de dos rejillas de ventilación para la evacuación del calor y descansaría sobre una plataforma de hormigón que lo elevase del suelo. Las dimensiones son de 2,05 x 2,13 x 1,27 m. Su precio es de 325 €.



Ilustración 2.1 Casetilla de acero galvanizada.

2.3.3 Protecciones

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en el punto 7 de la instrucción ITC-BT-40 “Instalaciones generadoras de baja tensión” junto al Real Decreto 1666/2000 en el artículo 11 exponen de forma general las protecciones que ha de disponer una instalación eléctrica, entre las que se incluye fotovoltaicas. Éstas consisten en protección contra sobre intensidades¹ y sobretensión, incorporadas en los cuadros de protección de nivel I y II explicados aguas abajo de este apartado y protección para la mínima y máxima frecuencia y tensión, funciones entre otras que otorga el inversor. Del mismo modo, en la instrucción ITC-BT-24 “Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra contactos directos e indirectos” establece las distintas medidas de protección a adoptar para evitar el peligro que supone el contacto directo e indirecto con material eléctrico. Está estrechamente relacionado con la puesta a tierra y su configuración.

La configuración de nuestra instalación es tipo IT, para la protección contra contactos directos se aplicará el aislamiento de las partes activas (protección eléctrica de clase II) y protección por medios obstáculos (al incluir bandeja perforada para el cableado) y para la protección contra contactos indirectos se introducirá un controlador permanente de aislamiento, elemento comúnmente conocido como vigilante de aislamiento, tal y como establece dicha instrucción del REBT.

Tal y como se verá en el apartado de puesta a tierra, la configuración IT de la instalación supone una seguridad ante fallos eléctricos suficiente tanto para la propia seguridad de personas y equipos como para el cumplimiento del REBT y el Real Decreto 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

¹ Se recuerda de una manera clara y concisa el uso que posee un interruptor diferencial y un magnetotérmico: son dispositivos que cierran el paso de una determinada corriente, el diferencial corta el paso de corriente si detecta una fuga indeseable de la misma (por ejemplo al contactar una persona con el circuito eléctrico) y el otro corta si la intensidad de la corriente sobrepasa un límite preestablecido en el propio interruptor (sobre intensidades).

Destacar otros sistemas de protección y control que incluye nuestro inversor, como los seccionadores en la parte de continua y alterna y las protecciones contra funcionamiento en isla.

2.3.3.1 Lado de corriente continua

Se empleará un cuadro de protección de nivel I que agrupará una serie de cadenas de paneles fotovoltaicos (strings) para evitar un mal mayor en caso de un incorrecto funcionamiento de un panel o string. Para ello sitúa fusibles en el lado positivo y negativo de cada hilera con intensidades máximas admisibles acordes con las que podría circular por cada una, protegiendo del mismo modo ante fallos por corrientes inversas. Incluyen protecciones contra sobretensiones y se situará a la salida de las agrupaciones de una subinstalación: cada inversor tiene asociado una serie de paneles y éstos se agrupan de tal forma que se permita el correcto acoplamiento entre paneles-cuadros de protección-inversor, conformando una subinstalación. La instalación completa por tanto estará compuesta por 20 subinstalaciones, cuya forma específica se puede ver en el apartado de distribución de la instalación.

El cuadro de protección de nivel I escogido es el ensamblado por AMB GREEN POWER, STC16 160A y STC10 100A. Ambos válidos para 16 y 10 ramas con un precio de 657 € y 533 € respectivamente.

Principales componentes:

- Armario de poliéster con protección IP 65
- Fusibles 16 A y 900 Vdc
- Base portafusibles
- Seccionador hasta 1000 Vdc y 160 A
- Protector contra sobretensiones

A continuación un esquema básico de un cuadro de nivel I, el cual habría que añadirle la rama negativa y sus correspondientes fusibles:

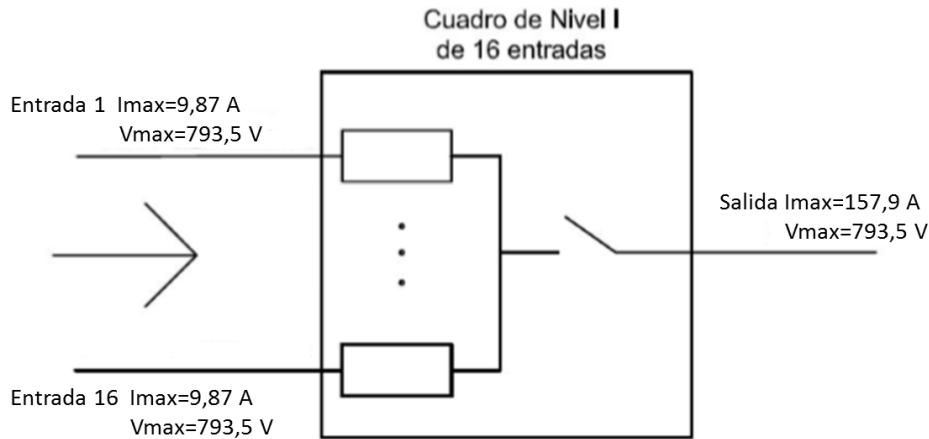


Ilustración 2.2 Esquema cuadro de nivel I

Puesto que el inversor posee una única entrada es preciso agrupar de nuevo las líneas eléctricas procedentes de los cuadros de nivel I, llevándose a cabo a través de los cuadros de protección de nivel II. Es sabido que éstos protegen la entrada del inversor ante excesos de corriente eléctrica o sobretensiones y además permite aislar dicha entrada para labores de mantenimiento, lo cual ya se encarga el seccionador que integra el propio inversor.

El cuadro elegido es el de la marca Schneider Electric modelo DC10B Protect con un precio de 1125 €. Posee 10 entradas con una intensidad nominal de 160 A así como una tensión en circuito abierto de 1000 V. Irán situados en la caseta de acero galvanizada junto al inversor al tener un grado de protección IP20, por debajo del mínimo exigible.



Ilustración 2.3 Cuadro de nivel II.

A continuación un esquema básico de un cuadro de nivel II, con tres entradas procedentes de los cuadros de nivel I y teniendo en cuenta que habría que añadirle la rama negativa y sus correspondientes fusibles:

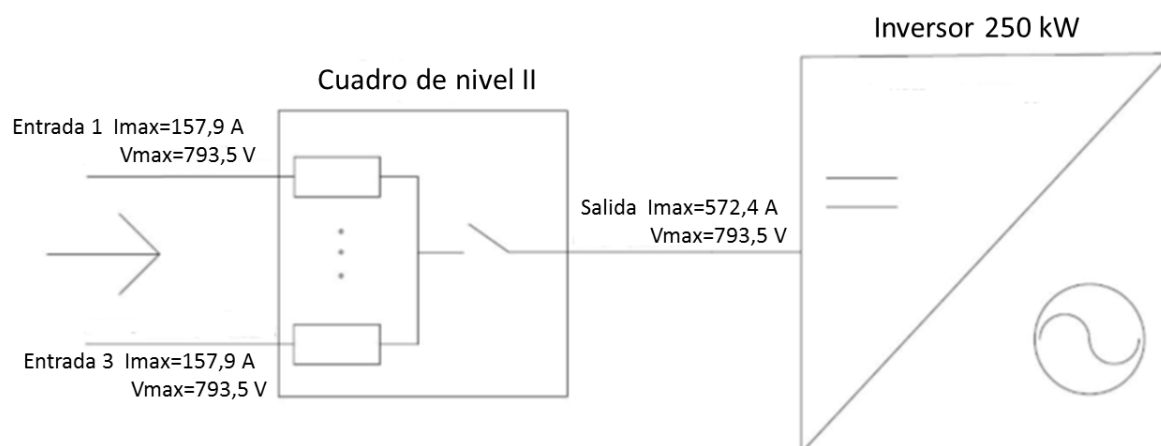


Ilustración 2.4 Esquema cuadro de nivel II.

Tal y como establece el REBT en la instrucción ITC-BT-24 ya comentada anteriormente se implementará un vigilante de aislamiento antes de la entrada al inversor.

El vigilante de aislamiento en cuestión es el del fabricante *CIRPROTEC* modelo *Iso Check PV-1000*. Éste va conectado a los terminales positivos y negativos que entran al inversor, así como al conductor de cobre desnudo del sistema de puesta a tierra. De esta forma, es capaz de detectar un fallo de aislamiento en el sistema en caso de que se produjera. Su precio es de 154,8 €.

Fabricante	CIRPROTEC
Modelo	Iso Check PV 1000
Tensión nominal (V)	500-1000 V
Corriente de medida (mA)	<1,5
Temperatura de funcionamiento (°C)	-20 a 70
Precio (€)	154,8

Tabla 2.3 Características vigilante de aislamiento.

2.3.3.2 Lado de corriente alterna

El inversor incluye protección frente a excesos de intensidades o cortocircuitos en la parte de corriente alterna al disponer de un interruptor magnetotérmico.

Como bien explica el resumen¹ sobre seguridad en instalaciones fotovoltaicas del Real Decreto 1666/2000, para que el interruptor de la parte de corriente alterna no caiga en desuso es necesario que se coloque lo más cerca posible del punto frontera, para proteger a las personas en todo el tramo de alterna.

Dicho interruptor es el NSX630 4P 50k Micrologic 7.3 E 570 A de Schneider Electric. Pertenece a la gama ComPact NSX de interruptores automáticos de caja moldeada, ofreciendo una amplia variedad de funciones adicionales como protección diferencial o medida de energía y potencia de entrada y salida, ambas posibilidades a incorporar.

Fabricante	Schneider Electric
Corriente nominal	570 A
Capacidad de corte	42-85 kA
Poder de seccionamiento	Sí
Protección contra fugas a tierra	Integrado
Grado IP	IP40
Clase protección eléctrica	Clase II
Peso	8,13 kg
Precio ²	16000 €

Tabla 2.4 Características interruptor diferencial



Ilustración 2.5 Interruptor automático NSX630 Micrologic 7.3 E

¹ “Seguridad eléctrica de plantas fotovoltaicas con conexión en baja tensión”, por la Universidad de Salamanca.

² Al ser un interruptor fuera del catálogo de precios de Schneider Electric, se ha estimado su precio a través de una progresión geométrica con el precio de dos interruptores de la misma gama ComPact NSX de menor intensidad nominal.

Éste deberá hacer frente a una intensidad máxima de 414,5 A, correspondiente a la intensidad máxima de cortocircuito de los paneles y sus distintas agrupaciones. La empresa recomienda una intensidad nominal del interruptor mínimo 1,25 veces la de cortocircuito del sistema, es por ello que 570 A satisface dicho requisito. Entre sus características, destaca:

- Protección contra sobrecorriente instantánea, de largo y corto retardo (cortocircuito), protección del neutro. Todas ajustables y con botones de prueba de funcionamiento.
- Protección de diferencial. Sensibilidad para nuestra corriente nominal de 300 mA.
- Unidad de control Micrologic E. Medidas de potencia (activa, reactiva y aparente), sus valores máximos y mínimos, $\cos(\phi)$ y factor de potencia. Medidas de energía de entrada y salida activa, reactiva y aparente. Se indican en consumo horario, almacenándose en una memoria no volátil.

2.3.4 Cableado

El cable escogido para la instalación es el del fabricante Prysmian Group modelo H1Z2Z2-K.

Este cable se dimensionará siguiendo el criterio térmico y tensión y teniendo en cuenta la longitud necesaria de cada tramo según la distribución final de los elementos de la instalación. Destacar que este criterio es más restrictivo que el térmico cuando la longitud del cableado es considerable. Nuestra instalación, aunque cubre una superficie de más de 11 hectáreas las longitudes de los cables no son excesivas debido al gran número de subinstalaciones en las que se divide (20).

Es un cable especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas, con altas prestaciones térmicas y mecánicas adecuadas para climatología extrema con un rango de operación de temperatura de -40 a 120 °C, permitiendo además el soterramiento directo. Es un cable para baja tensión y apto tanto para corriente continua como alterna contando además con protección eléctrica de clase II (doble aislamiento). Para la parte de corriente alterna se precisará de 4 conductores, 3 de fase y 1 de neutro, sin conectar ninguno a tierra para cumplimentar el esquema tipo IT.

Su precio depende de la sección y va desde los 84 €/100 metros de cable para la sección de 4 mm² a 290 €/100 metros de cable para la sección de 16 mm².

TECSUN
H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,5/1,5 kVdc (1,8 kVdc máx.) - 1/1 kVac (1,2 kVac max.)
Norma diseño: EN 50618; IEC 62930
Designación genérica: H1Z2Z2-K



Ilustración 2.6 Cable de la instalación.

2.3.5 Puesta a tierra

El esquema de la instalación se configurará en tipo IT o “de generador flotante” que por un lado, consiste en aislar de tierra los terminales positivos y negativos de cada hilera de la instalación y por otro conectar a una tierra independiente todas las masas metálicas existentes, tanto de la parte continua como la de alterna, según establece el punto 12 del ya comentado Real Decreto 1663/2000.

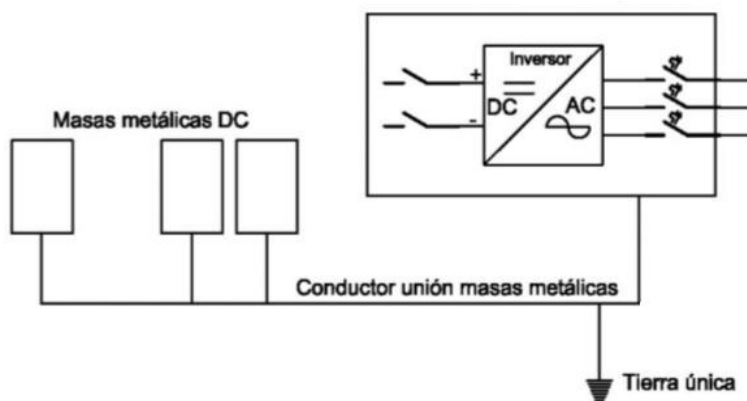


Ilustración 2.7 Esquema puesta a tierra para instalación tipo IT.

De forma breve, la puesta a tierra de una instalación se utiliza como medida de seguridad al evitar corrientes peligrosas cuando personas o animales hacen contacto con puntos a diferente potencial, hecho que se produce mayormente por defectos de aislamientos de las masas metálicas del circuito. Para ello se emplea un electrodo o pica (barra metálica generalmente de acero cobreado) enterrado del que parten todos los conductores de cobre en dirección a todas las masas metálicas de la instalación. Según el cálculo basado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, concretamente en la instrucción ITC-BT-18 “instalaciones de puesta a tierra”, el sistema consistirá en 5 sistemas independientes de puesta a tierra:

- 1 electrodo para 4 subestaciones, es decir, 4 inversores con su número de paneles y protecciones asociados. Se dispondrá, para cada línea de 10 subinstalaciones, 2 picas que cubrirán 8 subinstalaciones y 1 las 2 subinstalaciones restantes de la línea, abasteciendo esta misma pica otras 2 de la otra línea. Esta disposición concreta proviene del apartado 3.3 donde se analiza y explica dicho cálculo.

Su coste se verá desglosado en mayor profundidad en el presupuesto, destacando que incluye la excavación e instalación de los equipos de la puesta a tierra.

El esquema del mismo se puede ver en el apartado de los Anexos 6.2.

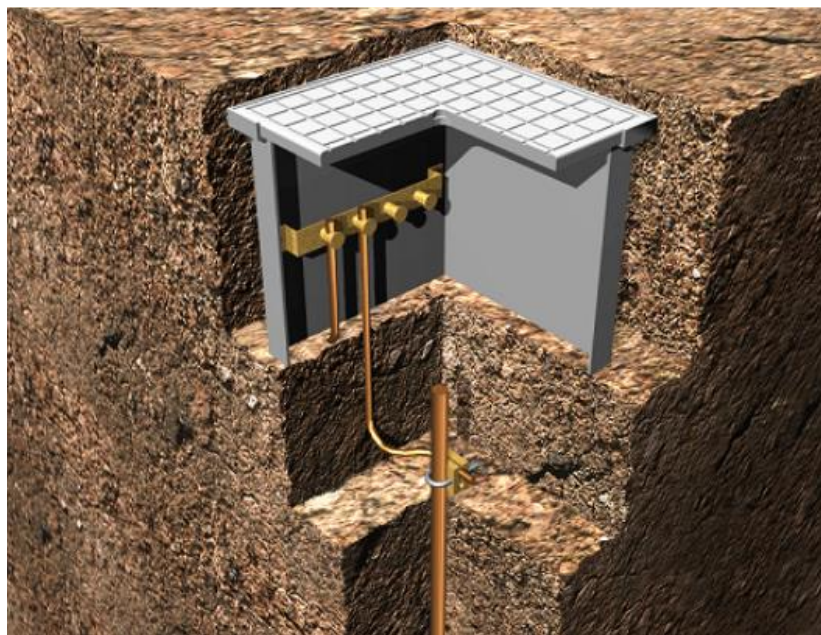


Ilustración 2.8 Pica de puesta a tierra.

2.3.5 Estructura

Tras conocer el ángulo óptimo para nuestra situación geográfica y la disposición horizontal de los paneles se ha optado por utilizar una estructura de hormigón de la marca SOLARBLOC, la cual no necesita fijación al suelo debido al propio peso de la estructura, ni perforar o anclar para adherir el panel gracias al uso de carriles en los respectivos soportes.

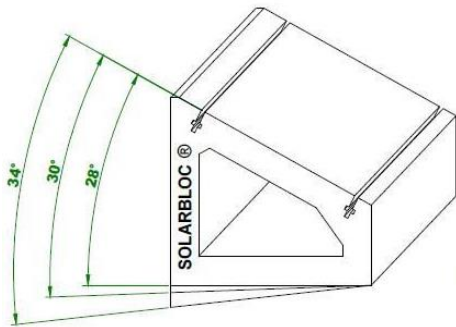


Ilustración 2.9 Estructura módulos FV.

Además, el número de paneles serie que permite cubrir nuestro requerimiento (15), así como el ángulo de inclinación óptimo (34°). Representa una opción más económica que las estructuras metálicas al ahorrarse el coste de fijación al suelo, su precio es de 560 € para la disposición de 15 paneles serie y 412 € para la disposición de 10. Cabría destacar la mayor durabilidad, resistencia e impermeabilidad que presentan este tipo de estructuras frente a las metálicas.

2.4 Distribución de la instalación

El esquema de la instalación fotovoltaica viene determinado en buena parte por las restricciones del rango del punto de máxima potencia de los inversores, por el propio inversor y la potencia con la que opera y no menos importante, en nuestro caso por el grado de protección IP de los elementos de la instalación. Atendiendo a los requerimientos comentados, la instalación fotovoltaica queda:

- 12600 paneles en total, llegando a desarrollar 5103000 W de potencia pico.
- 20 inversores de 250 kW. Para cada inversor se conectan 3 agrupaciones distintas: 2 de 16 de paneles en paralelo y 15 en serie y 1 de 10 paneles en paralelo y 15 en serie.
- Los cuadros de nivel I protegen a las agrupaciones asociadas a un inversor y los de nivel II a los de nivel I propiamente dicho.
- El inversor y el cuadro de nivel II se resguardan en la caseta de acero galvanizado, y el cuadro de nivel I justo a la salida de los paneles solares.

2.5 Dimensión de la instalación

Calculados el número final de paneles y la forma en la que se agruparán, el espacio entre hileras y entre subinstalaciones resulta trivial el cálculo de las dimensiones totales de la instalación.

Recordamos que una subinstalación hace referencia a la asociada a un inversor, formada por 15 paneles en serie y 42 en paralelo agrupándose a su vez en 3 conjuntos de módulos: 2 de 16 y 1 de 10 en paralelo con 15 paneles en serie en cada una de dichas hileras. Entonces, si tenemos en cuenta los 1,3 metros entre hileras para evitar sombreado entre las mismas y el metro de ancho de un panel obtenemos que una subinstalación tiene de ancho 35,5 metros. Para la longitud, los 2,06 metros del panel y considerando 2 metros entre cada agrupación de paneles obtenemos 96,7 metros. Si estimamos 3 metros de separación entre subinstalaciones y el número total de ellas que se colocarán en línea (10), obtenemos 994 metros totales de longitud de la instalación. Para determinar el ancho supondremos 30 metros entre las dos líneas de subinstalaciones, espacio en el que se situarán las casetillas de acero en las cuales se resguardan el cuadro de nivel II y el inversor, que junto al ancho de las dos líneas de subinstalaciones hace un ancho de mi instalación total de 101 metros.

En síntesis:

- La instalación ocupa 100394 metros cuadrados, es decir unas 10 hectáreas.
- El espacio considerado que albergará la instalación, determinado en el apartado de emplazamiento, es de 101081 metros cuadrados.

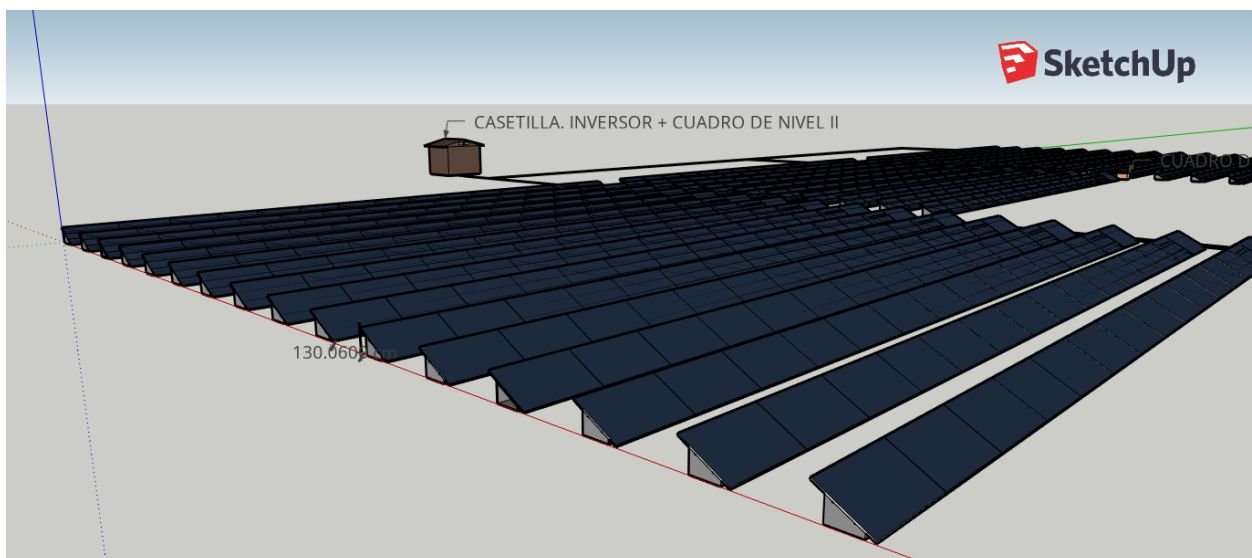


Ilustración 2.10 Vista isométrica subinstalación

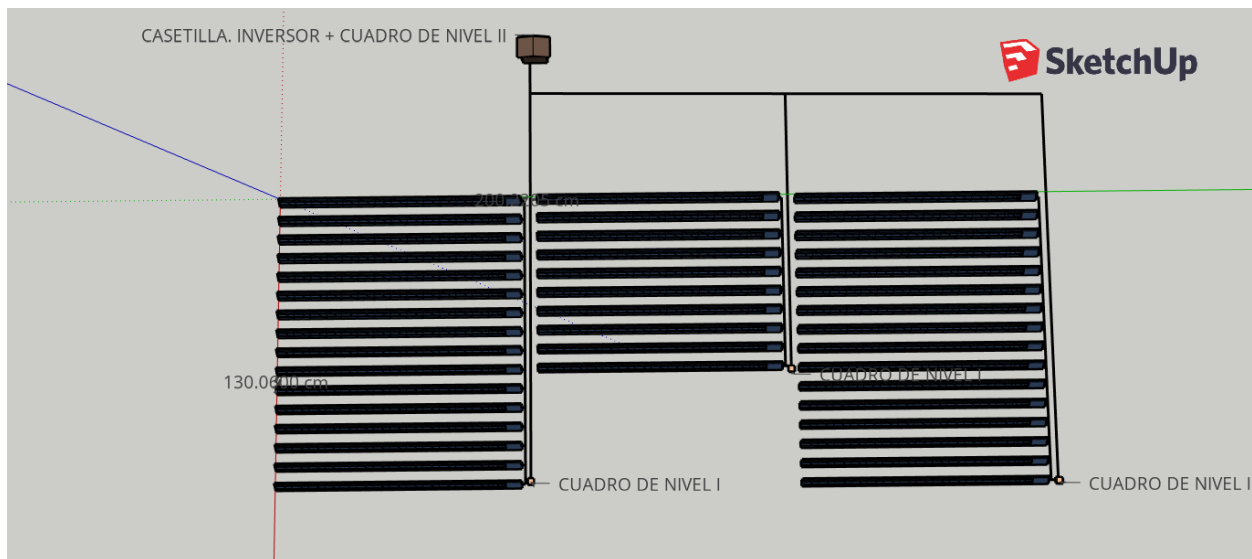


Ilustración 2.11 Vista planta subinstalación

2.5 Adquisición del terreno

Para determinar el coste que supone adquirir el terreno en cuestión, se procederá a estimar el mismo mediante un análisis de mercado. Tras comparar decenas de zonas análogas a la de nuestra instalación, se concluye que el precio del metro cuadrado oscila entre los 2,5 y 3 euros. Entonces, considerando un valor de 2,72 se obtiene un precio de 275000 € para las 10,1 hectáreas que componen la instalación. Éste coste se incluirá dentro del movimiento de tierras.

2.6 Movimiento de tierras

La ubicación de nuestra instalación y su fisonomía suponen la realización de una adecuación del terreno. Primeramente, ésta consistirá en un desbroce y limpieza del mismo con arbustos incluyendo el talado de árboles. Se suponen 5 días de trabajo (3 para el desbroce, 2 para la tala y 8 horas de trabajo al día) para el cálculo de la mano de obra y el funcionamiento de equipos mecánicos, siendo éstos:

- Desbroce y limpieza del terreno con arbustos: motosierra a gasolina, pala cargadora sobre neumáticos y peón ordinario de construcción.

- Talado de árbol: motosierra a gasolina, retroexcavadora hidráulica, camión con grúa para el transporte y descarga a vertedero específico de los residuos generados, oficial y ayudante de jardinero. A la vista de las imágenes aéreas y laterales de la instalación, el número de árboles a talar se supondrá en 1 por 40 m².



Ilustración 2.12 Terreno de la instalación FV.

Para completar una correcta adaptación del terreno se llevará a cabo una nivelación del mismo, concretamente se allanará la zona de apoyo de las estructuras de los paneles solares, zona más sensible a las inclinaciones del terreno. Para ello, se realizará un desmonte en tierra, dando al suelo la rasante de explanación prevista. La superficie ocupada por los paneles es de 25956 m² y se supondrá 3 días para la operación de nivelación. Se precisará:

- Desmonte en tierra: pala cargadora sobre neumáticos, peón ordinario de construcción.

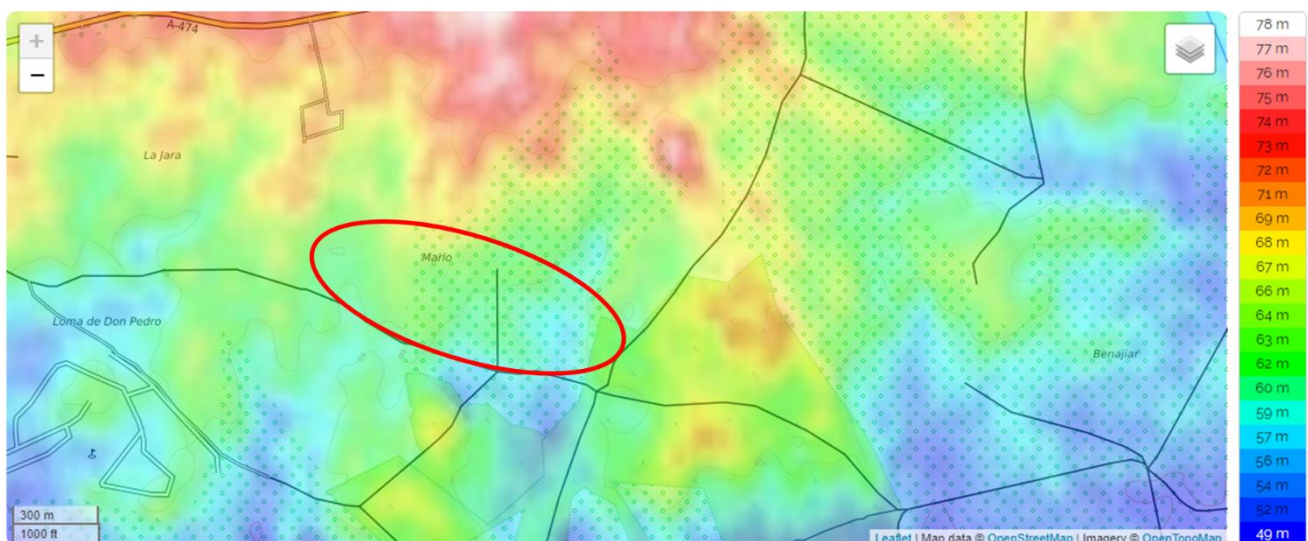


Ilustración 2.13 Mapa del desnivel del terreno de la planta FV.

Todos los costes asociados a la adecuación del terreno se han obtenido del banco de precios del programa *CYPE Arquímedes* y se detallarán en el apartado de presupuesto.

2.7 Ahorro económico

El ahorro económico que se pretende calcular se basa en determinar el valor en euros de la energía eléctrica que me va a producir mi instalación durante un año. Es decir, cuánta electricidad voy a dejar de demandar a la red al ser proporcionada por nuestra instalación. La forma de llevarlo a cabo consiste en, partiendo de la energía eléctrica producida por mi instalación y valiéndonos de una tabla genérica de precios de la electricidad por mes discriminada en horas con 6 rangos de precios, realizar una media ponderada de dichos precios para obtener un valor medio mensual. Es decir, el valor medio del precio de la electricidad en un mes no se dividirá por horas, si no se hará una media teniendo en cuenta cuántas veces se repite un período en el día del mes representativo, conformando así su peso a la hora de calcular la media. Se verá en mayor profundidad en el apartado de cálculos.

Horas	0-8	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Enero	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Marzo	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
1-15 Junio	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
15-30 Junio	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2
Agosto	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2

Ilustración 2.14 Precio de la energía para cada hora de un día de cada mes.

En la que los precios de cada período, en €/Wh, P6 más barato y P1 más caro resulta:

P1	0,000146984
P2	0,000130477
P3	0,000121555
P4	0,000108856
P5	0,000102267
P6	0,000087564

Ilustración 2.15 Precio de la energía.

Como ya se comentaba en apartados anteriores, el consumidor al que asiste mi instalación se trata de una empresa genérica (en nuestro caso, el pueblo de Aznalcázar) que tiene contratada grandes potencias con una distribuidora eléctrica y por la que factura mensualmente. Los valores de la tabla anterior en los que se tarifica la energía en diferentes precios son propios de grandes potencias contratadas (normalmente a partir de 450 kW) y son una buena aproximación para realizar operaciones de ahorro y viabilidad por parte de las empresas.

Finalmente, con la energía eléctrica final producida por mi instalación obtenida en el apartado 3.4, el ahorro económico en un año resulta:

	Energía producida [kWh]	Precio [€/kWh]	Ahorro [€]
Enero	603242,29	0,1337787	80700,96934
Febrero	586855,43	0,1337787	78508,75651
Marzo	725013,67	0,11208552	81263,53421
Abril	735547,52	0,102267	75222,23823
Mayo	809813,25	0,102267	82817,17164
Junio	798924,25	0,12390311	98989,19923
Julio	860611,41	0,13152211	113189,4285
Agosto	846481,78	0,087564	74121,33058
Septiembre	748457,48	0,11208552	83891,24584
Octubre	661959,64	0,102267	67696,6265
Noviembre	574109,72	0,11208552	64349,3865
Diciembre	562577,16	0,1337787	75260,84111
	8513593,6 kWh	Ahorro	976010,728 €

Tabla 2.5 Ahorro anual generado por la instalación

2.8 Rentabilidad del proyecto

Uno de los objetivos principales del proyecto es, en términos económicos, ahorrar. Más allá de las ventajas propias de las energías renovables, la tecnología fotovoltaica resulta un proyecto de inversión realmente interesante por motivos ya expuestos en este trabajo. La viabilidad económica de la instalación queda patente al observar los resultados obtenidos en el análisis financiero (apartado 3.6).

VAN = 1.402.693,2 €

TIR = 8,68 %

PAYBACK = 10,1 años

El valor actual neto como no podía ser de otra manera es positivo, siendo el horizonte temporal a la hora de recuperar la inversión de 10 años aproximadamente. Teniendo en cuenta la vida útil media de una instalación solar (25 años, usada para calcular los índices financieros), el pay-back no alcanza tan siquiera el ecuador de la vida de la instalación. Cabría destacar el alto valor del coste asociado al movimiento de tierras, sorpresivamente superior al de los equipos (paneles, inversor...), convirtiéndose en un punto recomendable a supervisar con mayor rigurosidad si no se pretende incurrir en bajas o nulas rentabilidades.

Se podrían añadir marcadores financieros adicionales, sin embargo nos resulta suficiente con el dato de la rentabilidad (TIR) que el proyecto ofrece, 8.68%, la cual resulta bastante atractiva a la hora de buscar financiación, siempre teniendo en cuenta el objeto de la instalación, que no es otro que generar ahorro energético, no la generación de rentabilidades sumamente altas, ni beneficios estratosféricos.

3. Memoria de cálculos

3.1 Morfología instalación

3.1.1 Análisis de sombras

La forma estándar de calcular la distancia entre filas de paneles d , viene determinado por la siguiente ecuación:

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})}$$

Donde

h = altura del panel

A partir de nuestros valores de latitud y dimensiones del panel obtenemos la distancia entre filas a considerar:

Latitud: 37°

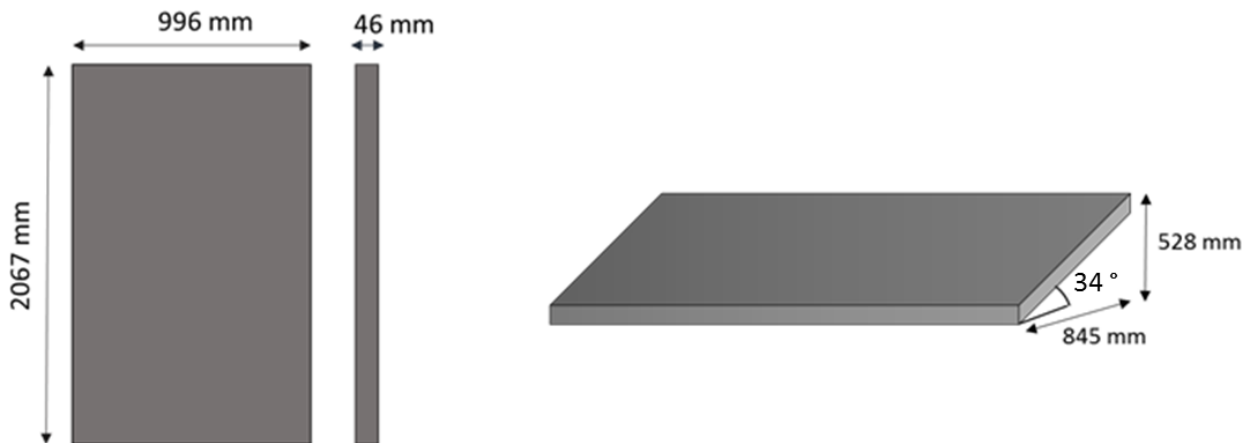


Ilustración 3.1 Dimensiones e inclinación módulo FV.

$$d = 1186,5 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$$

Añadiendo la pequeña altura que proporciona la estructura, se considerará 1,3 m de separación entre filas.

Al ser unos paneles más rectangulares de lo usual se colocarán horizontalmente para evitar la penalización excesiva causada por las sombras.

3.1.2 Acoplamiento módulo-inversor

Módulo fotovoltaico SunPower P19 405 COM:

- Tensión nominal, $V_{mp} = 43,6 \text{ V}$
- Tensión de circuito abierto, $V_{ca} = 52,9 \text{ V}$
- Intensidad nominal, $I_{mp} = 9,28 \text{ A}$
- Intensidad de cortocircuito, $I_{cc} = 9,87 \text{ A}$
- Variación de la tensión nominal con la temperatura, $\frac{\partial V}{\partial T} = -0,29 \text{ \%}/^\circ\text{C}$

Inversor AROS Sirio k250 HV:

- Tensión máxima del seguidor del punto de máxima potencia, $V^{\max} = 760 \text{ V}$
- Tensión mínima del seguidor del punto de máxima potencia, $V^{\min} = 450 \text{ V}$
- Intensidad máxima, $I_{\max} = 589 \text{ A}$

Puesto que la tensión que se produce en los paneles depende de la temperatura del panel, se calculará cuánto oscilará dicha tensión para las condiciones térmicas más extremas del lugar, de forma que cuadre dentro del rango de tensiones apto para que el seguidor del punto de máxima potencia del inversor opere correctamente. Se supondrá una temperatura operativa nominal de la célula (TONC) de 45°C. Las temperaturas ambientales máxima y mínima fueron obtenidas en el apartado de datos climáticos, de manera que:

$$T_{\text{panel}}^{\text{min}} = -2^{\circ} + \frac{TONC-20}{800} * 100 = 1,125^{\circ}C$$

$$T_{\text{panel}}^{\text{max}} = 41^{\circ} + \frac{TONC-20}{800} * 1000 = 72,3^{\circ}C$$

El valor mínimo de tensión (y por tanto, la potencia que desarrolla) de un panel se dará para el valor de la temperatura del panel máxima, y viceversa.

$$V_{\text{mp,max}} \rightarrow (25-1,125)*0,029 \text{ V}/^{\circ}C = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{\text{mp,max}} = 44,3 \text{ V}$$

$$V_{\text{mp,min}} \rightarrow (72,3-25)*0,029 \text{ V}/^{\circ}C = 1,372 \text{ V}$$

$$V_{\text{mp,min}} = 42,3 \text{ V}$$

Para el correcto acoplamiento de los paneles y el inversor, debe cumplirse:

$$N^{\circ}\text{panserie} * V_{\text{mp,max}} \leq V^{\text{max}}$$

$$N^{\circ}\text{panserie} * V_{\text{mp,min}} \geq V^{\text{min}}$$

$$N^{\circ}\text{hileras} * I_{\text{mp}} \leq I_{\text{max}}$$

De forma que,

$$N^{\circ}\text{panserie} \leq 17,15$$

$$N^{\circ}\text{panserie} \geq 10,6$$

$$N^{\circ}\text{hileras} \leq 63,5$$

$$\mathbf{N^{\circ}\text{panserie} = 15}$$

$$\mathbf{N^{\circ}\text{hileras} = 42}$$

Por tanto se dispondrá de 15 paneles en serie y 42 paneles en paralelo conformando una potencia final de 255150 W con la que tendrá que operar el inversor, 2,06 % superior a

su potencia nominal. La potencia de la instalación final será de 5,103 MW con un total de 12600 paneles y 20 inversores.

3.2 Cálculo secciones de cable

Según el punto 5 del Reglamento de Baja Tensión en su instrucción ITC-BT-40 “Instalaciones Generadoras de Baja Tensión” para dimensionar un cable éste debe realizarse para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador.

El cable elegido es el H1Z2Z2-K del fabricante Prysmian Group.

Los cables, a excepción de aquellos que se conectan dentro de la casetilla (tramo cuadro de nivel II - inversor) se instalarán al aire libre sobre bandeja perforada sin tapa. Para situarnos en el lado de la seguridad, a la hora de calcular la intensidad máxima admisible se considerará una temperatura ambiente de 50 °C partiendo de la intensidad de cortocircuito de un panel. Las distintas secciones de cable, intensidades máximas admisibles, caída de tensión y demás aparecen en el catálogo del cable.

Criterio térmico

Tramo paneles solares – cuadro de nivel I

- Intensidad máxima por hilera: 9,87 A
- Factor corrector por diferencia de temperatura del ambiente: 0,9
- Factor de corrección por exposición directa al Sol (afecta a la intensidad máxima admisible del catálogo del cable): 0,9
- I_b : intensidad máxima admisible

$9,87 * 1,25 / 0,9 = 13,7 \text{ A}$	Sección 1,5 mm² $I_b = 21,6 \text{ A}$
--------------------------------------	--

Tramo cuadro de nivel I – cuadro de nivel II (agrupación de 16 paneles paralelo)

- Intensidad máxima de salida de cuadro nivel I: 157,9 A
- Factor corrector por diferencia de temperatura con el ambiente: 0,9
- Factor de corrección por exposición directa al Sol (afecta a la intensidad máxima admisible I_b del catálogo del cable): 0,9

$157,9 * 1,25 / 0,9 = 219,3 \text{ A}$	Sección 70 mm² $I_b = 253,8 \text{ A}$
--	--

Tramo cuadro de nivel I – cuadro de nivel II (agrupación de 10 paneles paralelo)

- Intensidad máxima de salida de cuadro nivel I: 98,7 A
- Factor corrector por diferencia de temperatura con el ambiente: 0,9
- Factor de corrección por exposición directa al Sol (afecta a la intensidad máxima admisible I_b del catálogo del cable): 0,9

$98,7 * 1,25 / 0,9 = 137,1 \text{ A}$	Sección 35 mm² $I_b = 163,8 \text{ A}$
---------------------------------------	--

Tramo cuadro de nivel II – inversor

- Intensidad máxima de salida cuadro nivel II: 414,5 A
- Factor corrector por diferencia de temperatura del ambiente: 0,9

$414,5 * 1,25 / 0,9 = 575,6 \text{ A}$	Sección de 240 mm² $I_b = 617 \text{ A}$
--	--

A partir del inversor el cableado será trifásico con 4 conductores, 3 polos de fase y uno de neutro. El cable será el mismo que el utilizado en corriente continua, la sección para ir por el lado de la seguridad será, al igual que la de entrada al inversor, la máxima que ofrece el fabricante para instalaciones fotovoltaicas de baja tensión, 240 mm². A la salida del inversor el cableado recorrerá una determinada distancia, dependiendo de la ubicación del inversor, hasta llegar al interruptor diferencial. Aguas abajo, todo el cableado procedente de los 20 inversores se unirá en el embarrado, para luego pasar al contador bidireccional y al equipo antivertido, parte de la instalación cuyo estudio excede del análisis de este trabajo.

Criterio de caída de tensión

El catálogo del fabricante ofrece la caída de tensión por amperios y kilómetros (V/km*A) para las distintas secciones del cable. Es por ello que se analizará por tramos si la caída de tensión a la intensidad nominal y longitud del cable está por debajo de la caída máxima aceptable.

Como indica el Reglamento de Baja Tensión en su instrucción ITC-BT-40

“Instalaciones Generadoras de Baja Tensión” la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

Tramo paneles-cuadro de nivel I

- Intensidad nominal de una hilera: 9,28 A
- Caída de tensión nominal en una hilera: 654 A

- Longitud de una hilera: 32 m

Caída de tensión aceptable: $654 * 1,5\% = 9,81 \text{ V}$	Caída de tensión catálogo para nuestras condiciones y sección $1,5 \text{ mm}^2$: $9,05 \text{ V}$
---	---

Debido a que en el circuito eléctrico posterior del tramo anterior no suceden caídas de tensión por ningún elemento ni la longitud del cable es mayor a los 32 m, las secciones de los cables quedan determinadas con el criterio térmico.

3.3 Puesta a tierra

Con el cálculo de este apartado nos referimos a dimensionar el sistema de puesta a tierra, es decir, determinar el número de picas a instalar partiendo de una serie de datos obtenidos del Reglamento de Baja Tensión.

En primer lugar, se considerará una caída de tensión de contacto máxima de 50 V correspondiente a una instalación al aire libre, como es el caso. Con ella y con el valor de intensidad de fuga del interruptor diferencial (dada por la sensibilidad del mismo) se obtiene un valor máximo de resistencia de tierra que nos permitirá determinar el número de picas a instalar.

$$R_t = \frac{V_c}{I_f}$$

R_t : Resistencia de tierra (Ω)

V_c : Caída de tensión de contacto admisible (V)

I_f : Intensidad de fuga (A)

$I_f = 300 \text{ mA}$ $V_c = 50 \text{ V}$	$R_t = 166,6 \Omega$
--	----------------------

Por tanto, para una R_t de $166,6 \Omega$ el número de picas vendrá dado por la siguiente ecuación, donde es preciso conocer la resistividad del terreno, dato obtenido de las tablas 3 y 4 del ITC-BT-18:

$$R_t = \frac{\rho}{L * n}$$

ρ : Resistividad del terreno

L : Longitud de la pica

n : Número de picas

Se ha considerado para la resistividad del terreno que éste es de naturaleza cultivable y fértil con terraplenes compactos y húmedos.

$\rho = 50 \Omega \cdot m$ $L = 1,5 m$	$N = 5$ picas
---	---------------

3.4 Producción eléctrica esperada

La herramienta interactiva *Photovoltaic Geographical Information System* proporcionada por la Comisión Europea nos permite obtener, entre otras cosas, la energía que proporcionará nuestra planta dependiendo de una serie de datos a introducir como el lugar geográfico establecido para la misma, la potencia pico a instalar, pérdidas en el sistema, tipo de panel, inclinación... De esta forma, obtenemos una serie de resultados relevantes que se emplearán en los próximos apartados:

Ángulo de inclinación óptimo (β): 34°

Ángulo azimut óptimo (α): 2°

Producción anual: 8.513.593,85 kWh

Las pérdidas que considera el programa hacen referencia a la energía que se pierde desde la salida de los paneles a la salida del contador, lo que se conoce como *Performance Ratio*, el cual suele rondar el 0,8¹ y

en nuestro caso, algo menos debido al rendimiento considerablemente alto de nuestro inversor (95%).

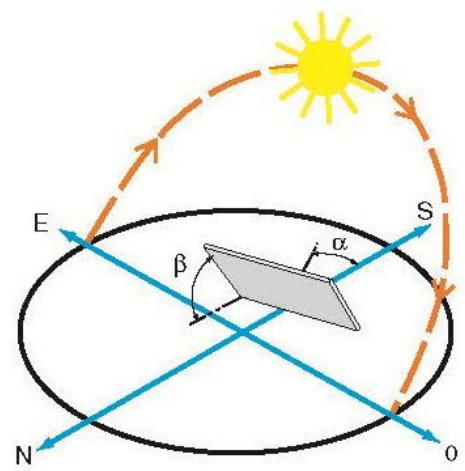


Ilustración 3.2 α y β

Según el Instituto de Estadística y Cartografía de la Junta de Andalucía, el consumo energético de Aznalcázar para el año 2017 proporcionado por la empresa eléctrica Endesa Distribución fue de 22180 MWh. Entonces, conocida la generación eléctrica de nuestra instalación se puede afirmar que se abastecerá a cerca del 40% de la población del pueblo.

¹ Según el libro *Instalaciones solares fotovoltaicas*, de Isidoro Lillo.

Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2020

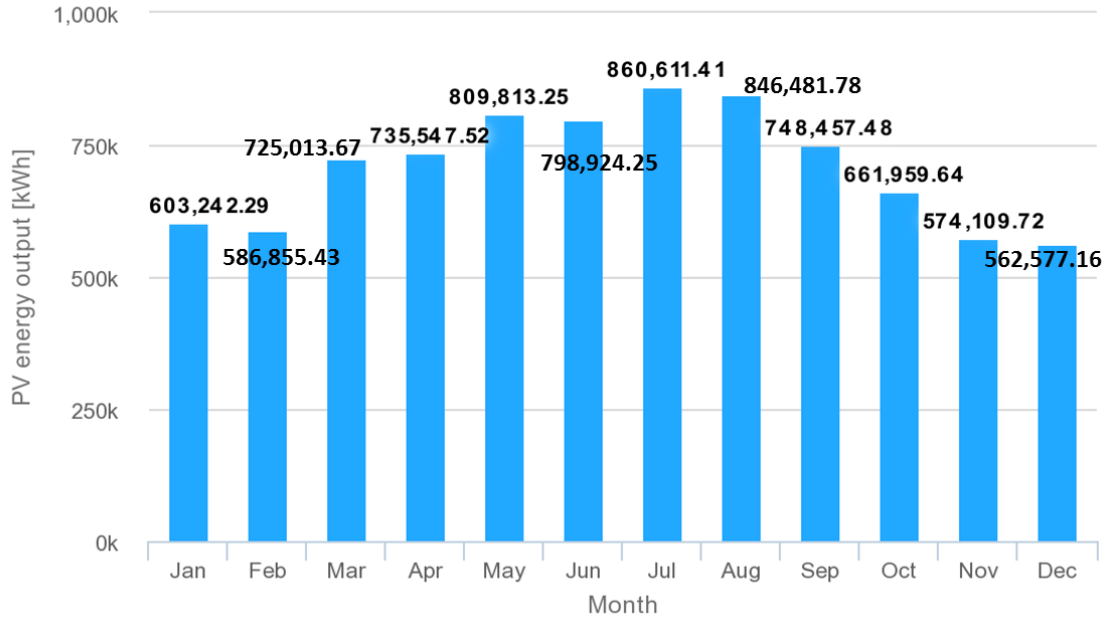


Ilustración 3.3 Energía eléctrica generada por la instalación.

Monthly in-plane irradiation for fixed angle

(C) PVGIS, 2020

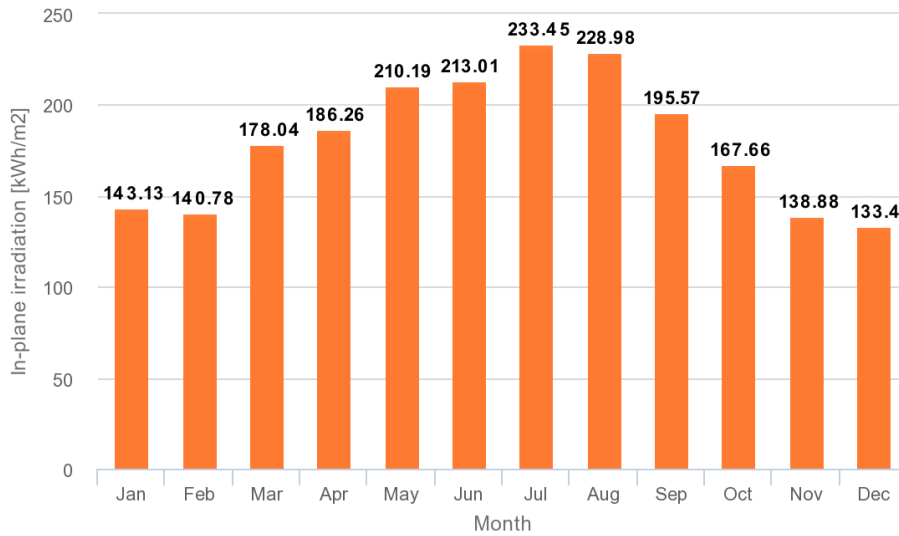


Ilustración 3.4 Irradiación que recibe la instalación.

3.6 Viabilidad económica

Calculados los costes que acarreará nuestro proyecto así como los ingresos (energía que dejen de demandar a la red), se puede analizar la rentabilidad del mismo. Para ello, se fijará el horizonte temporal en 25 años, vida media de una instalación fotovoltaica. Para asegurar dicha vida se tendrán en cuenta unos gastos de mantenimiento (limpieza, revisión...) por valor de 18000 € anuales.

El coste medio ponderado de capital (WACC) será de un 7 %, basándonos en recientes estudios desarrollados por la empresa internacional Greening.

	Ingresos	Gastos:	Mov. Tierras	Sist. Eléctrico	Aparamenta	Equipos	Mantenimiento	Gastos totales:	Beneficios	Flujos	Flujos acumulados
Año 0	0		5.622.754,70 €	715.207,26 €	382.536,00 €	2.942.878,00 €	0,00 €	9.663.375,96 €	-9.663.375,96 €	9.663.375,96 €	-9.663.375,96 €
Año 1	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-8.705.365,23 €
Año 2	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-7.747.354,50 €
Año 3	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-6.789.343,78 €
Año 4	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-5.831.333,05 €
Año 5	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-4.873.322,32 €
Año 6	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-3.915.311,59 €
Año 7	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-2.957.300,86 €
Año 8	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-1.999.290,14 €
Año 9	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-1.041.279,41 €
Año 10	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	-83.268,68 €
Año 11	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	874.742,05 €
Año 12	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	1.832.752,78 €
Año 13	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	2.790.763,50 €
Año 14	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	3.748.774,23 €
Año 15	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	4.706.784,96 €
Año 16	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	5.664.795,69 €
Año 17	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	6.622.806,42 €
Año 18	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	7.580.817,14 €
Año 19	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	8.538.827,87 €
Año 20	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	9.496.838,60 €
Año 21	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	10.454.849,33 €
Año 22	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	11.412.860,06 €
Año 23	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	12.370.870,78 €
Año 24	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	13.328.881,51 €
Año 25	976.010,73 €						18000	18.000,00 €	958.010,73 €	958.010,73 €	14.286.892,24 €

VAN		1.402.693,22 €
WACC Solar fotovoltaica		7,00%

TIR		8,68%
Pay-Back		10,08691832

4. Presupuesto

4.1 Movimiento de tierras

	Precio unitario	Cantidad	Coste total
Desbroce y limpieza del terreno con arbustos <ul style="list-style-type: none">- 3 días de trabajo- 8 h de trabajo al día	45,6 €/m ²	60134 m ²	2742110,4 €
Talado de árbol <ul style="list-style-type: none">- 2 días de trabajo- 8 h de trabajo al día- 1 árbol/40 m²	340,3 €/ud	2025 ud	689107,5 €
Desmonte en tierra Volumen a nivelar: Prisma triangular con desnivel máximo de 3 m sobre superficie de paneles. <ul style="list-style-type: none">- 3 días de trabajo- 8 h de trabajo al día	49,2 €/m ³	38954 m ³	1916536,8 €
		Subtotal	5347754,70 €

4.2 Sistema eléctrico

	Precio unitario	Cantidad	Coste total
Cable Prysmian Group H1Z2Z2-K <ul style="list-style-type: none">- Sección 1,5 mm²	0,382 €/m	26880 m	10268,2 €

- Sección 35 mm ²	6,14 €/m	1310 m	8043,4 €
- Sección 70 mm ²	12,17 €/m	2920 m	353816,4 €
- Sección 240 mm	41,41 €/m	994 m	41161,5 €
Bandeja perforada Aislante, resistente a la intemperie, suministrada en 3 metros con soporte y piezas de unión	27,12 €/3 m	32104 m	290220,2 €
Puesta a tierra Incluye excavación mecánica y relleno de trasdós.			
- Electrodo, arqueta, grapas y demás material auxiliar	696,6 €/ud	5 ud	3483 €
- 6 días de trabajo			
- 8 h de trabajo al día	9,21 €/h	48 h	442,1 €
- Conductor de Cobre desnudo 35 mm ²	2,81 €/m	2766 m	7772,46 €
Subtotal			715207,26 €

4.3 Aparamenta

	Precio unitario	Cantidad	Coste total
Cuadro de nivel I			
AMB Green			
Power	657 €/ud	40 ud	26280 €
- 160 A	533 €/ud	20 ud	10660 €
- 100 A			

Cuadro de nivel II Schneider Electric 160 A	1125 €/ud	20 ud	22500 €
Interruptor automático Schneider Electric NSX630 4P Micrologic 77.3 E	16000 €/ud	20 ud	320000 €
Vigilante de aislamiento CIRPROTEC Iso Check PV 1000	154,8 €/ud	20 ud	3096 €
Subtotal			382536,00 €

4.4 Equipos

	Precio unitario	Cantidad	Coste total
Panel SunPower P-19-405-COM	142 €/ud	12600 ud	1789200 €
Inversor ARUS Sirio K250H	35318,9 €/ud	20 ud	706378 €
Estructura I: 15 paneles serie	560 €/ud	640 ud	358400 €
Estructura II: 10 paneles serie	412 €/ud	200 ud	82400 €
Caseta acero galvanizado	325 €/ud	20 ud	6500 €
Subtotal			2942878,00 €

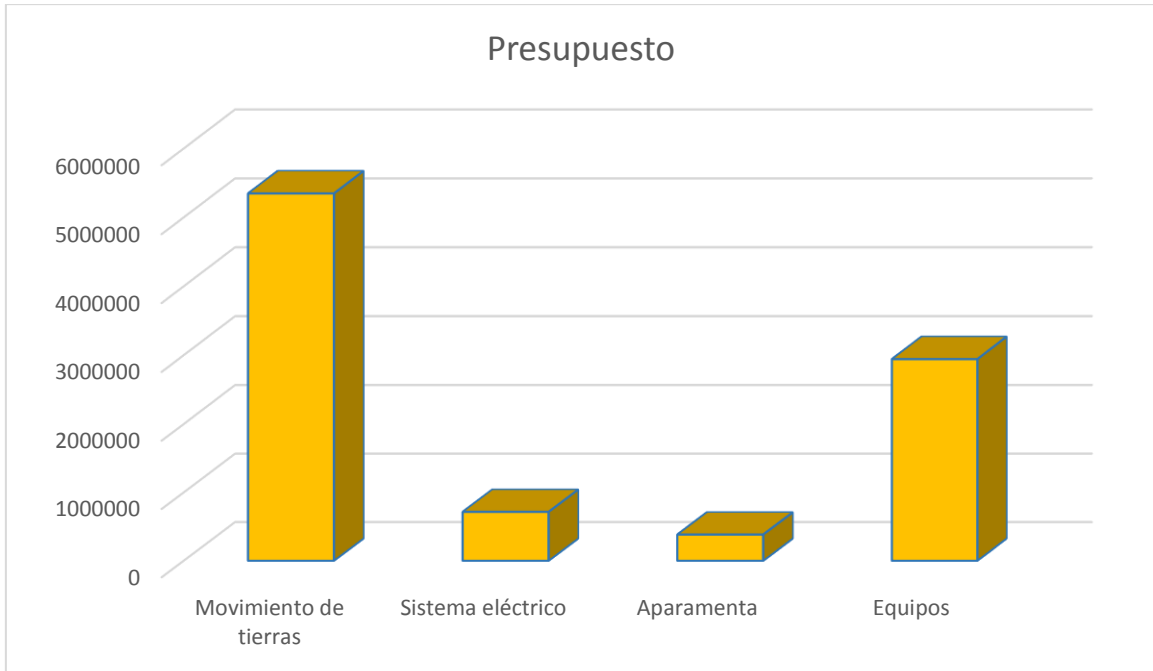


Ilustración 4.1 Presupuesto por subgrupos.

5. Planos

5.1 Emplazamiento

En la zona colindante del pueblo Aznalcázar (Sevilla) se situará nuestra instalación fotovoltaica. Concretamente a unos 3,2 km del ayuntamiento del pueblo por la carretera Camino de Coria. Es una parcela cuyo relieve es mayormente plano, de tierra árida, amplia con centenares de hectáreas y con suficientes conexiones con carreteras transitables para el paso de vehículos.



Ilustración 5.1 Lugar de la instalación.



Ilustración 5.2 Lugar y espacio ocupado por la instalación.







Se encuentra a unos 7 km de la subestación eléctrica de Pilas. El espacio en cuestión es de 101081 m² y las características del emplazamiento se podrían resumir:

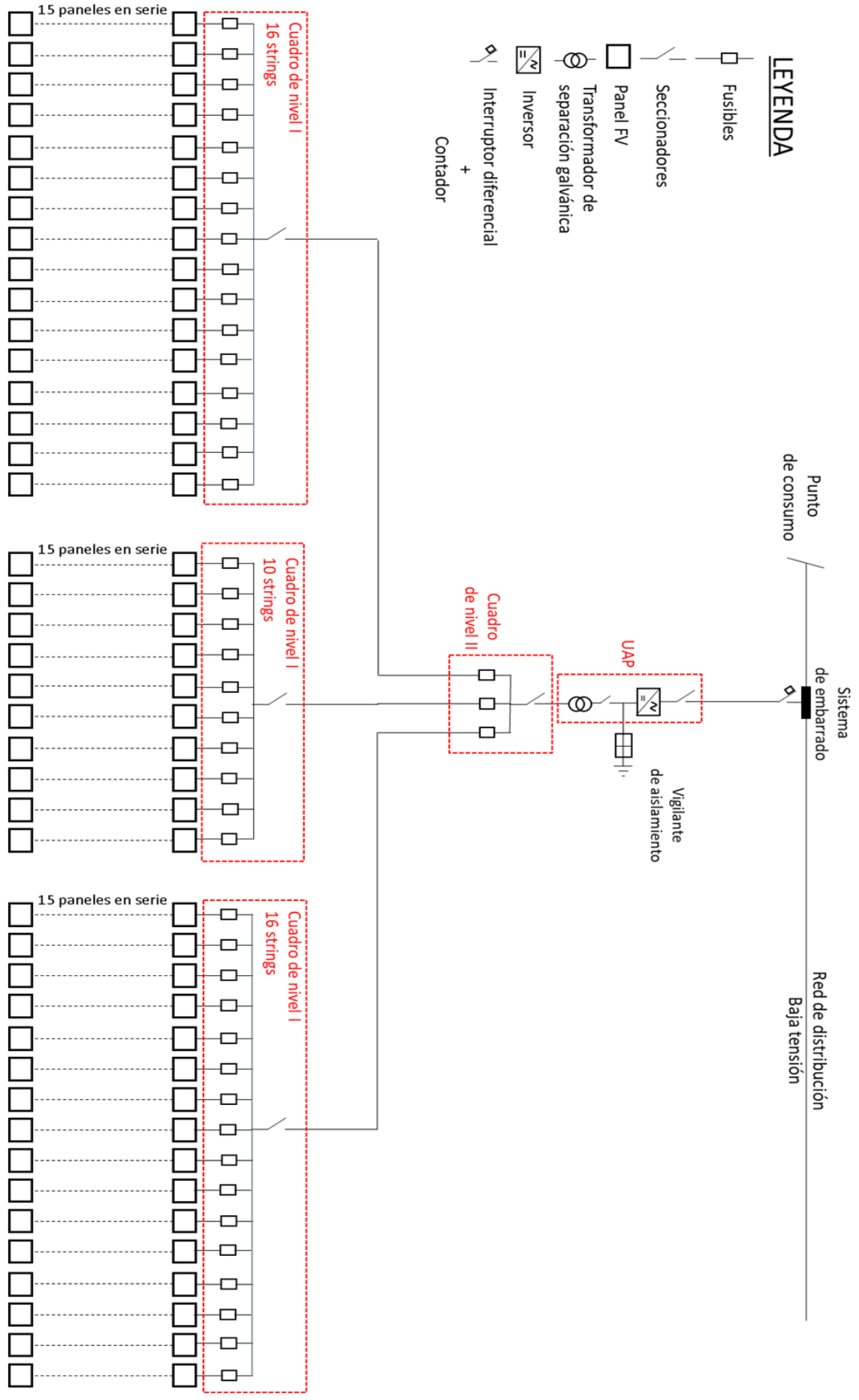
- Provincia: Sevilla
- Municipio: Aznalcázar
- Altitud: 61 m
- Latitud: 37° 17' 54.6" N
- Longitud: 6° 13' 18.4" W

5.2 Esquema unifilar

El esquema unifilar hace referencia a una de las 20 subinstalaciones que componen la instalación. Éste está compuesto por los elementos y protecciones principales que constituyen el sistema eléctrico de la instalación. La terminología que aparece como UAP en el esquema significa unidad de acondicionamiento de potencia.

LEYENDA

-  Fusibles
-  Seccionadores
-  Panel FV
-  Transformador de separación galvánica
-  Inversor
-  Interrupción diferencial + Contador



Planta fotovoltaica de 5,1 MW en Aznalcázar		
GRADO	GITI	Esquema unifilar de una subinstalación de un total de 20
Nº DE PLANO	1	
ESCALA	N/A	



5.3 Esquemas de la instalación

Mediante el uso del programa de diseño *SketchUp 3D* podemos visualizar como sería una subinstalación. Para completar la planta, habría que añadir 9 subinstalaciones más en línea y otras 10 enfrentadas para alcanzar los 5,1 MW de potencia.

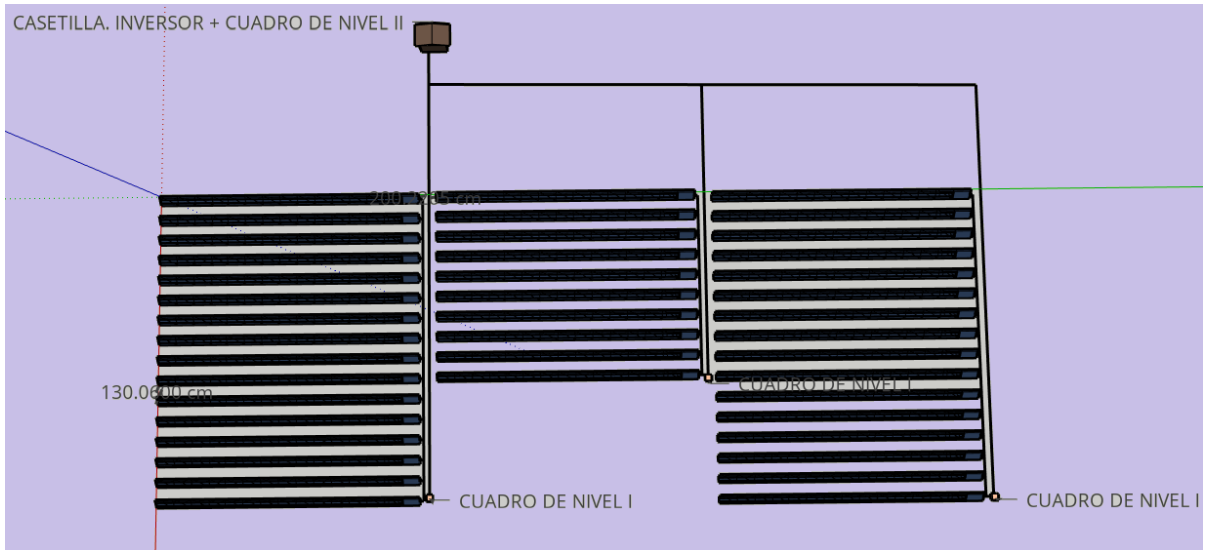


Ilustración 5.3 Vista planta subinstalación

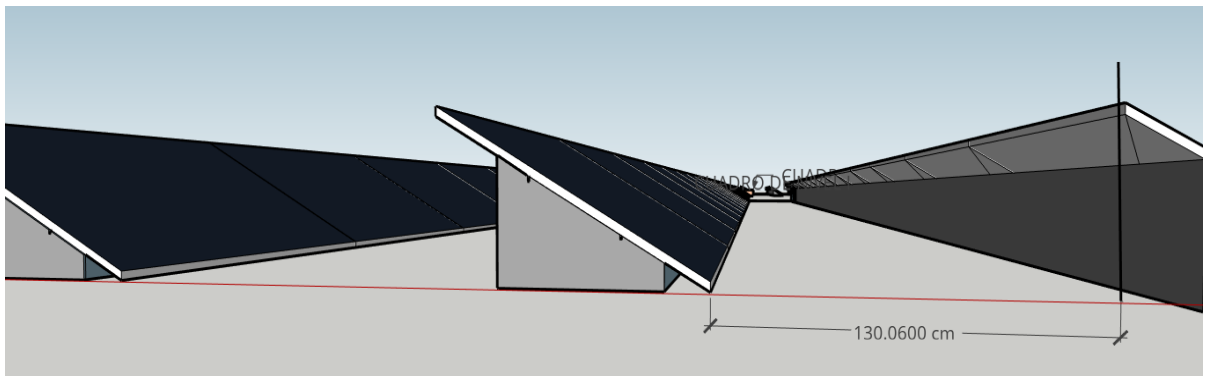


Ilustración 5.4 Vista lateral subinstalación

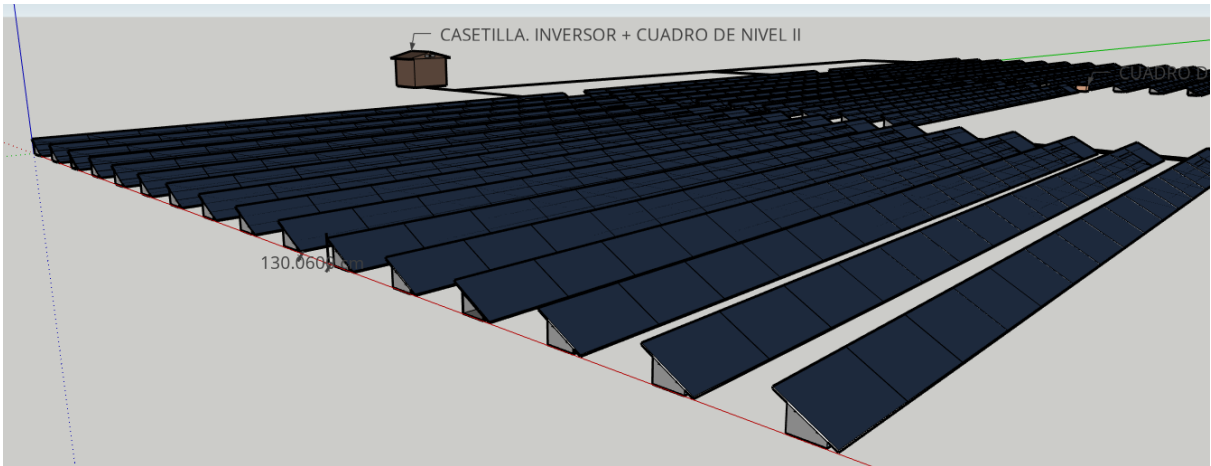


Ilustración 5.5 Vista isométrica subinstalación

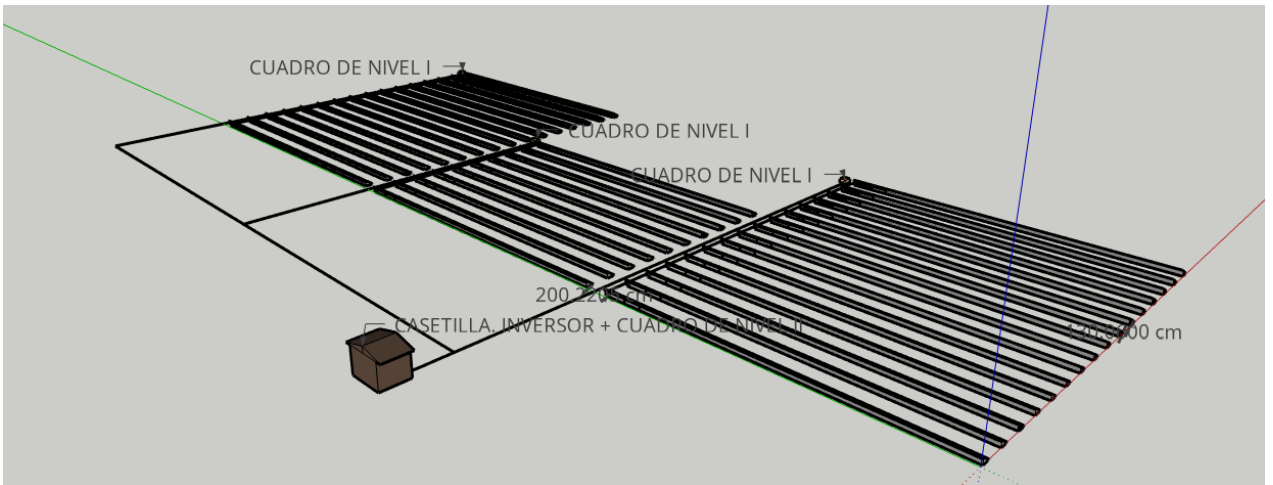


Ilustración 5.6 Vista aérea subinstalación

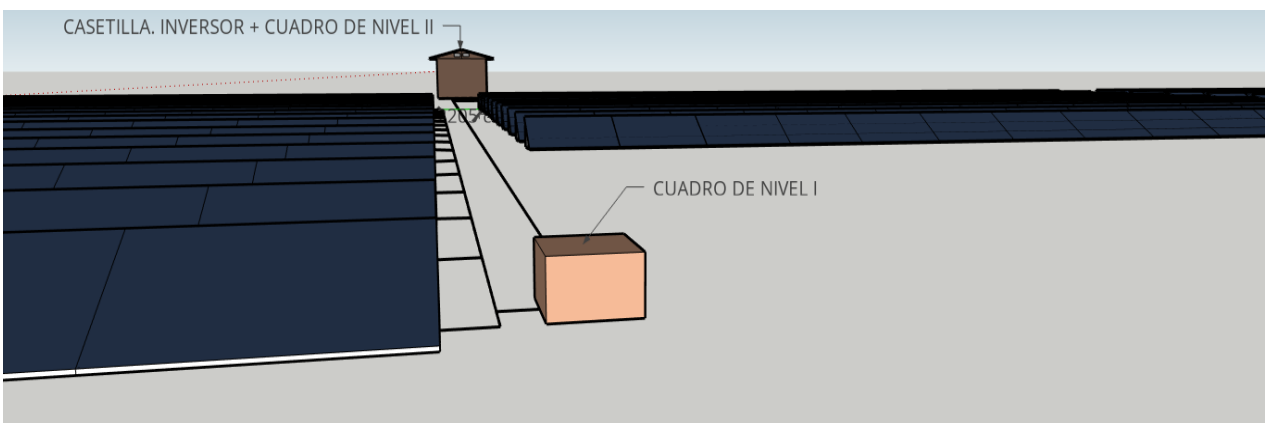


Ilustración 5.7 Vista alzado subinstalación

6. Anexos

6.1 Cálculo del precio del cableado

Debido a la incapacidad de conocer los precios de todas las secciones del cableado de nuestra instalación, a través de una curva polinómica de ajuste de grado 1 (recta de regresión) y de los precios conocidos para determinadas secciones podremos obtener todos los precios de cada sección, de manera aproximada.

Para ello nos valemos del programa matemático *Matlab*:

```
>> xabs = [0:0,1:250]
>> x = [4 6 10 16];
>> y = [0,85 1,12 1,83 2,89];
>> c = polyfit (x,y,1);
>> plot (x,y,'or',xabs,p)
>> p1 = polyval (c,1.5);
>> p2 = polyval (c,35);
>> p3 = polyval (c,70);
>> p4 = polyval (c,240);
```

Solución:

p1: precio cable de sección $1,5 \text{ mm}^2 = 0,382 \text{ €/m}$

p2: precio cable de sección $35 \text{ mm}^2 = 6,14 \text{ €/m}$

p3: precio cable de sección $70 \text{ mm}^2 = 12,17 \text{ €/m}$

p4: precio cable de sección $240 \text{ mm}^2 = 41,41 \text{ €/m}$

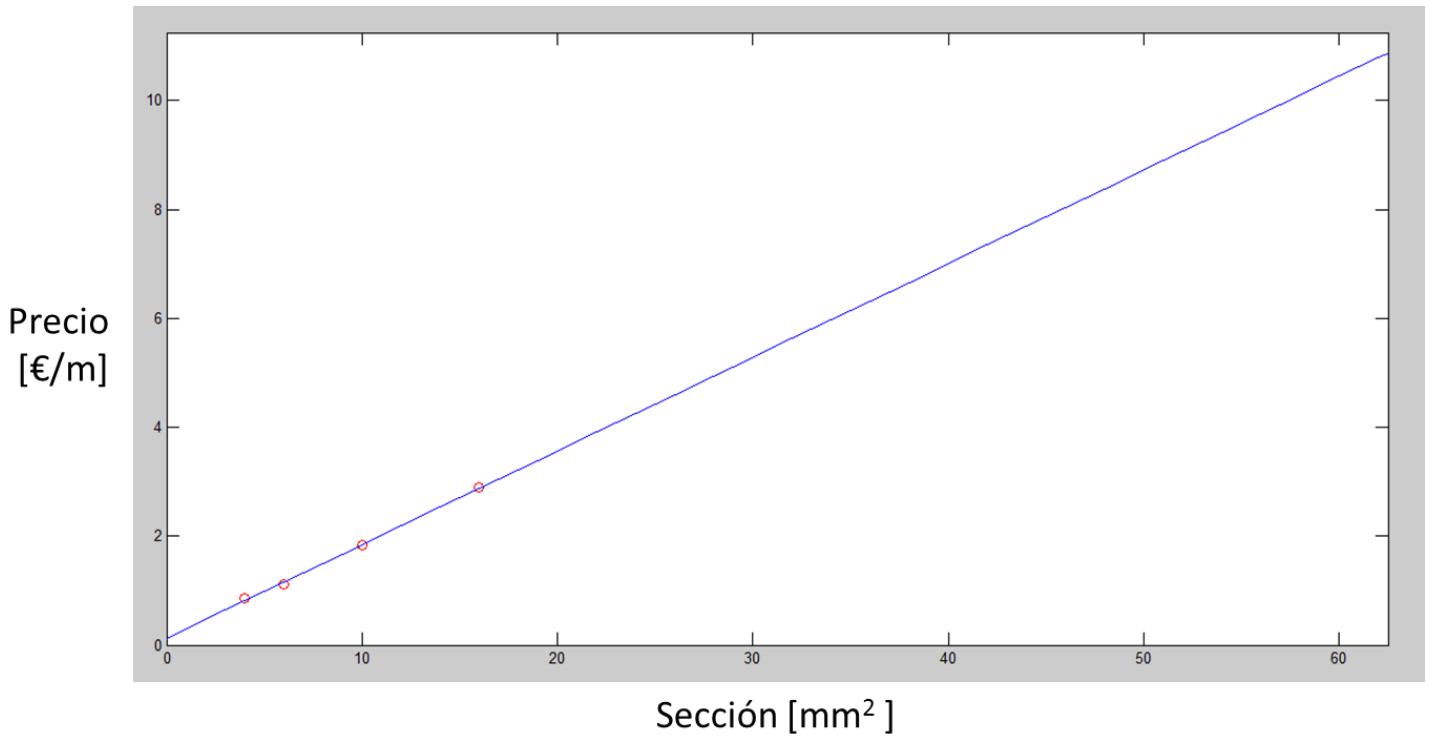
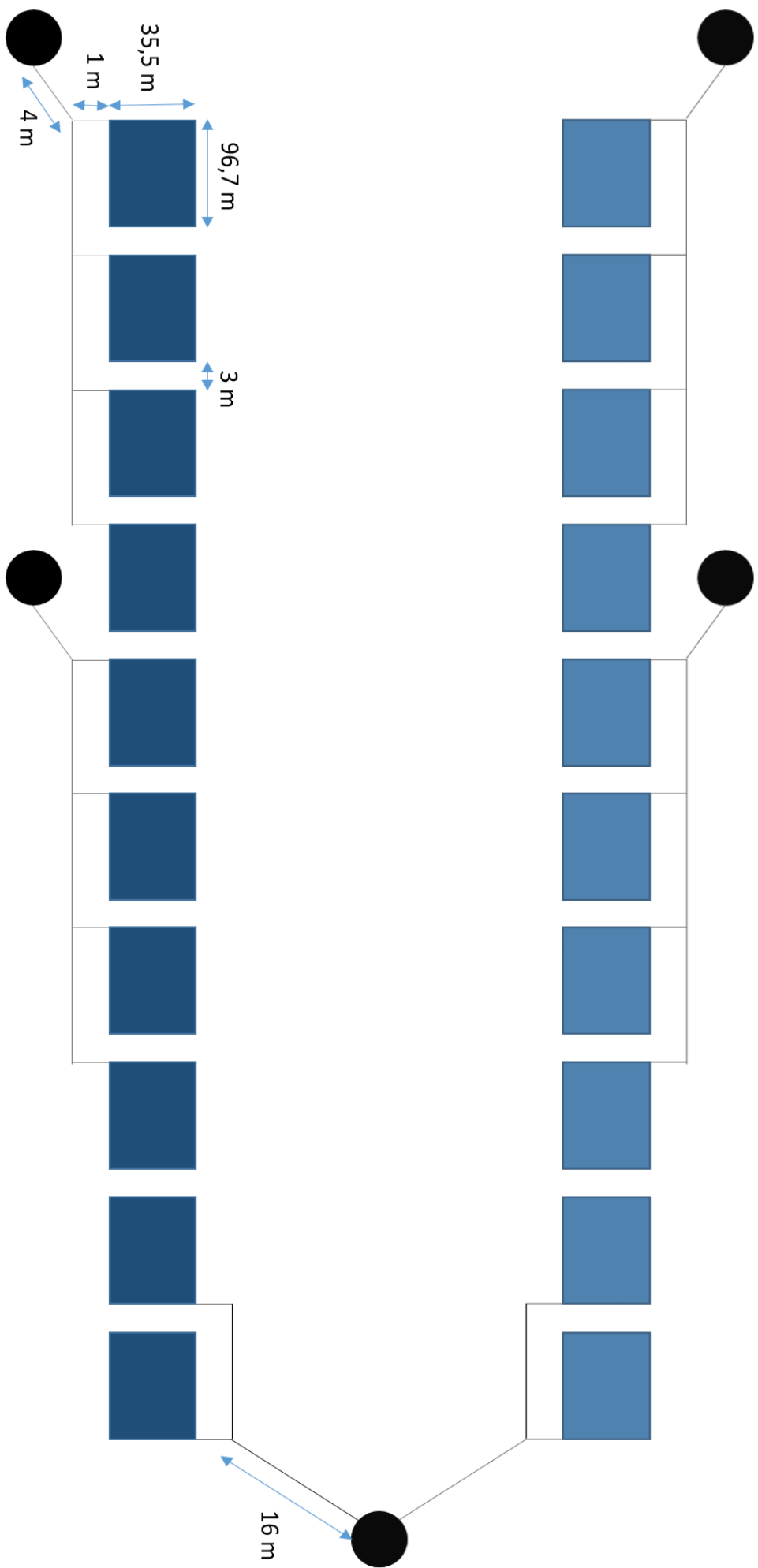


Ilustración 6.1 Recta de ajuste precios cableado

6.2 Esquema puesta a tierra

Los puntos negros corresponden a una toma de tierra independiente. Cada una de ellas protege a 4 subinstalaciones, tal y como se calculó en el apartado 3.2. Los rectángulos azules son las 20 subinstalaciones cuyas dimensiones son acordes a las dispuestas en el apartado 2.5, teniendo que cubrir los metros correspondientes el cable de cobre desnudo de 35 mm².



6.3 Fichas técnicas

A continuación se adjuntan los catálogos y datos técnicos de todos los equipos facilitados por las propias empresas y proveedores.

SunPower® P19-405-COM

SunPower® Performance Panel for Commercial Installations

SunPower Performance Panels wrap front contact cells with 30+ years of SunPower materials and manufacturing expertise. The weakest points of Conventional Panel design are eliminated to deliver superior power, reliability, value and savings.¹



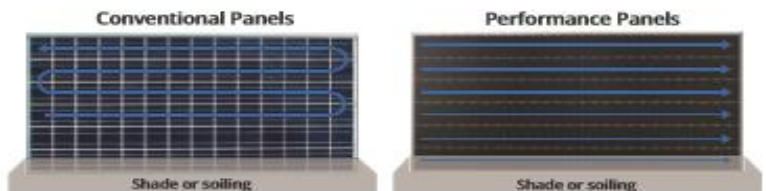
High Power

Enhanced active area and mono PERC cells optimize power density, while lowering system costs.



High Performance

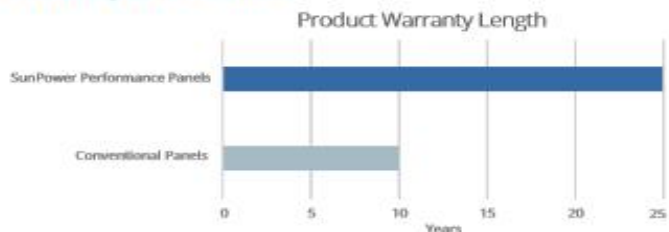
Up to 32% more energy in the same space over 25 years.² Unique parallel circuitry maximizes energy production during morning and evening row-to-row shading, or when panels become soiled.



High Reliability

SunPower Performance Panels are the most deployed shingled solar panel in the world.³ Innovative cell shingling mitigates the leading reliability challenges associated with conventional front contact panels by designing out fragile ribbons and solder bonds on the cells. SunPower stands behind its panels with its 25 year product and performance warranty.

25 Year Combined Warranty Protects your investment



Engineered for Performance



Innovative Design

- Robust and flexible cell connection technology. Outstanding reliability.
- Conductive adhesive, proven in the aerospace industry.
- Redundant cell to cell connections.

Proven Performance



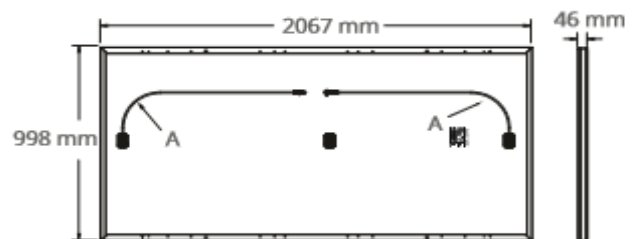
- Named as a Top Performer in all DNV/GL reliability tests.
- Reduced panel temperature due to unique electrical bussing.

P19-405-COM: SunPower® Performance Panel for Commercial Installations

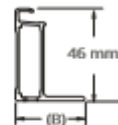
Electrical Data						
Model	SPR-P19-405-COM	SPR-P19-400-COM	SPR-P19-395-COM	SPR-P19-390-COM	SPR-P19-385-COM	SPR-P19-380-COM
Nominal Power (P _{nom}) ⁴	405 W	400 W	395 W	390 W	385 W	380 W
Power Tolerance	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%	+5/-0%
Efficiency	19.6%	19.4%	19.1%	18.9%	18.7%	18.4%
Rated Voltage (V _{mpp})	43.6 V	43.4 V	43.2 V	43.1 V	42.8 V	42.6 V
Rated Current (I _{mpp})	9.28 A	9.22 A	9.14 A	9.05 A	8.99 A	8.92 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	52.9 V	52.7 V	52.5 V	52.3 V	52.0 V	51.8 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	9.87 A	9.80 A	9.72 A	9.63 A	9.58 A	9.49 A
Maximum System Voltage	1000 V IEC					
Maximum Series Fuse	15 A					
Power Temp. Coef.	-0.36% / ° C					
Voltage Temp. Coef.	-0.29% / ° C					
Current Temp. Coef.	0.05% / ° C					

Tests And Certifications	
Standard Tests ⁵	IEC 61215, IEC 61730
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	OHSAS 18001:2007, Recycling Scheme
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V
Available Listings	TUV, MCS

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° C to +85° C
Impact Resistance	25 mm diameter hail at 23 m/s
Solar Cells	Monocrystalline PERC
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-67, Multi-Contact (MC4), 3 bypass diodes
Weight	23.1 kg
Max. Load	Wind: 2400 Pa, 245 kg/m ² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m ² front
Frame	Class 2 silver anodized



FRAME PROFILE



- (A) Cable Length: 1000 mm +/-15 mm
(B) Long Side: 32 mm
Short Side: 24 mm

Read safety and installation instructions before using this product.

1 Independent Shade Study by CPV Laboratory.

2 SunPower 405 W compared to a Conventional Panel on same sized arrays (310 W, 16% efficient, approx. 1.94 m²), 1% higher yield (Germany or California with 0.75 GCR, PVSIM), 0.5%/yr degradation (Performance Series Review Leidos), 2018

3 Osborne, "SunPower supplying P-Series modules to a 125MW NextEra project." PV-Tech.org, March 2017.

4 Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C.

5 Class C fire rating per IEC 61730.

See www.sunpowercorp.co.uk/company/about-sunpower for more reference information.

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

©2018 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER and the SUNPOWER logo are registered trademarks of SunPower Corporation in Europe, the U.S., and other countries as well.

SUNPOWER®

Inversores Centralizados

12-250 kW



A DESTACAR

- **Con transformador aislante de baja frecuencia**
Energía nominal plena hasta 45 °C
- **Pantalla táctil LCD color con funciones de registro de datos**
- **Apta para operar con módulos que exigen la puesta a tierra de un polo**

Los inversores Sirio Centralizados permiten la conexión directa a la red de distribución de baja tensión garantizando su separación galvánica del equipo de corriente continua. El dimensionado amplio del transformador y de los demás componentes del inversor permiten una alta eficiencia de conversión y garantizan un rendimiento que se sitúa entre los más altos de los aparatos de la misma categoría.

Máxima energía y seguridad

El algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia (MPPT), implementado en el sistema de control de los inversores Sirio Centralizados, permite aprovechar completamente, en cualquier condición de radiación y de temperatura, el generador fotovoltaico haciendo que el equipo trabaje constantemente con un rendimiento máximo. En el caso de ausencia de sol, el convertidor se sitúa inmediatamente en stand-by, retomando el funcionamiento normal cuando vuelve el sol; esta característica permite reducir al mínimo el autoconsumo y maximizar la producción.

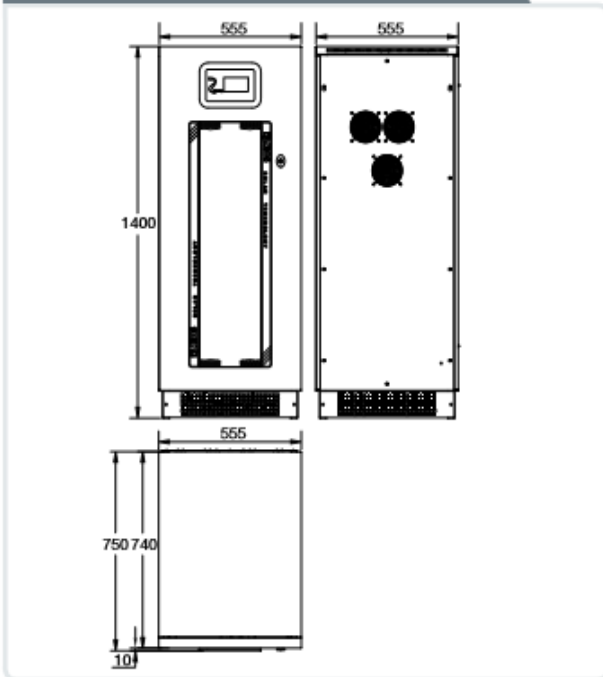
MODELO	SIRIO K100 HV	SIRIO K200 HV	SIRIO K250 HV
Potencia nominal corriente alterna	100 KVA	200 KVA	250 KVA
Potencia máxima corriente alterna	100 KW (cosφ=1)	200 KW (cosφ=1)	250 KW (cosφ=1)
ENTRADA			
Tensión continua máxima en circuito abierto	880 Vdc		
Rango completo de MPPT	450 ÷ 760 Vdc		
Intervalo de ejercicio	450 ÷ 760 Vdc		
Corriente de entrada máxima	245 Acc	500 Acc	590 Acc
Tensión de umbral para el suministro hacia la red	540 Vdc		
Tensión de Ripple	<1%		
Número de entradas	1		
Número de MPPT	1		
Conectores CC	Busbar		
SALIDA			
Tensión de ejercicio	400 Vca		
Intervalo de operación	340 ÷ 460 Vca ⁽¹⁾		
Intervalo para la máxima potencia	340 ÷ 460 Vca		
Intervalo de frecuencia	47,5 ÷ 51,5 Hz ⁽¹⁾		
Intervalo de frecuencia configurable	47 ÷ 53 Hz		
Corriente nominal	145 Aca	289 Aca	361 Aca
Corriente máxima	182 Aca	364 Aca	420 Aca
Contribución a la corriente de cortocircuito	274 Aca	546 Aca	630 Aca
Distorsión armónica (THDi)	<3%		
Factor de potencia	de 0,9 ind. a 0,9 cap. ⁽¹⁾		
Separación galvánica	Transformador BF		
Conectores CA	Busbar		
SISTEMA			
Rendimiento máximo	96,1%	96,3%	
Rendimiento europeo	95,1%	95,2%	95,3%
Consumo stand-by	<32W		
Consumo de noche	<32W		
Protecciones internas	Magnetotérmico lado CA - Seccionador en lado CC		
Protección funcionamiento en isla	Si		
Detección dispersión hacia tierra	Si		
Disipación de calor	Ventilador controlado		
Temperatura de servicio	-20°C ÷ 45°C (sin reducción de potencia)		
Temperatura de almacenamiento	-20°C ÷ 70°C		
Humedad	5 ÷ 95% sin condensación		
Peso	720 Kg	1580 Kg	1630 Kg
STANDARDS			
EMC	EN61000-6-3, EN61000-6-2, EN61000-3-11, EN61000-3-12		
Seguridad	EN62109-1, EN62109-2		
Directivas	Directiva de baja tensión: 2006/95/EC, EMC Directiva: 2004/108/EC		
Supervisión de la red	ref. SIRIO K80 HV	CEI 0-16, A70, Real Decreto 413/2014, PO12.3	

NOTA: Para los dibujos mecánicos y gráficos de rendimiento, consulte la pag. 63

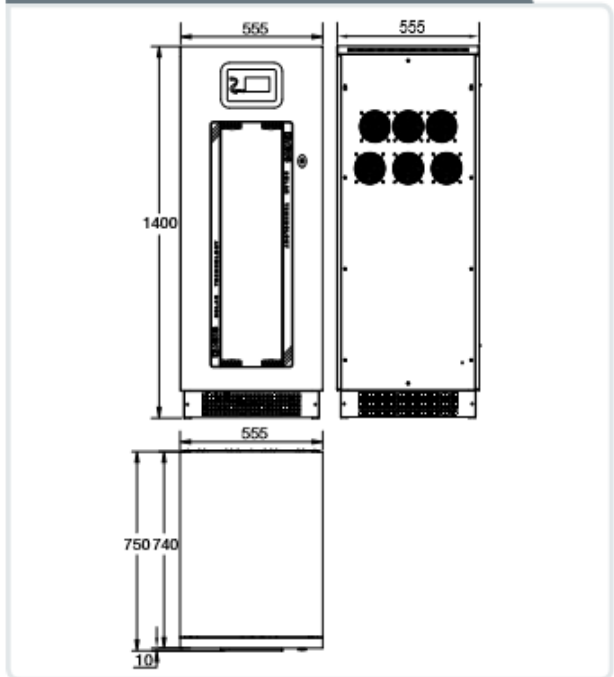
(1) Estos valores pueden variar de acuerdo con las regulaciones locales.

INVERSORES CENTRALIZADOS

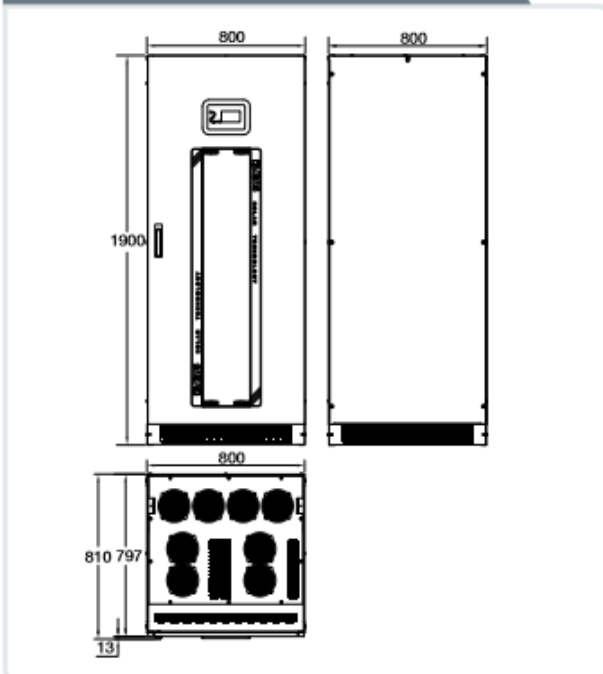
Sirio K12 / K15 / K18



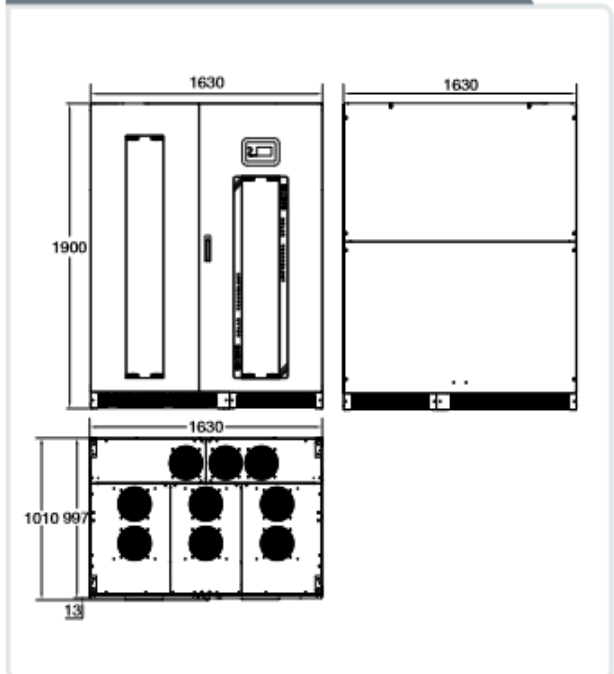
Sirio K25 / K33 / K40 / K25 HV / K33 HV / K40 HV



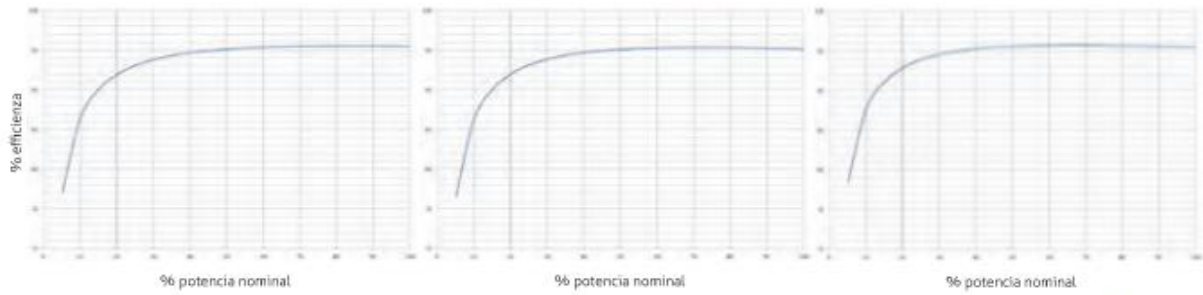
Sirio K64 / K80 / K100 / K64 HV / K80 HV / K100 HV



Sirio K200 / K200 HV / K250 HV



Sirio K64 / K80 / K100

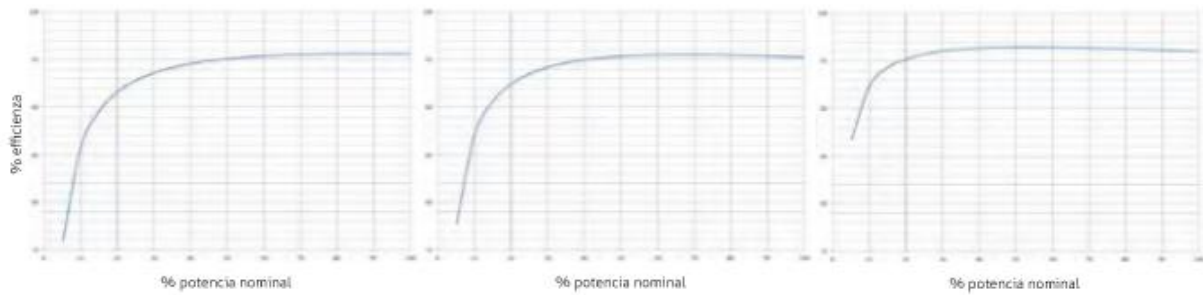


■ 400 Vdc

CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <68dBA

Sirio K64 HV / K80 HV / K100 HV

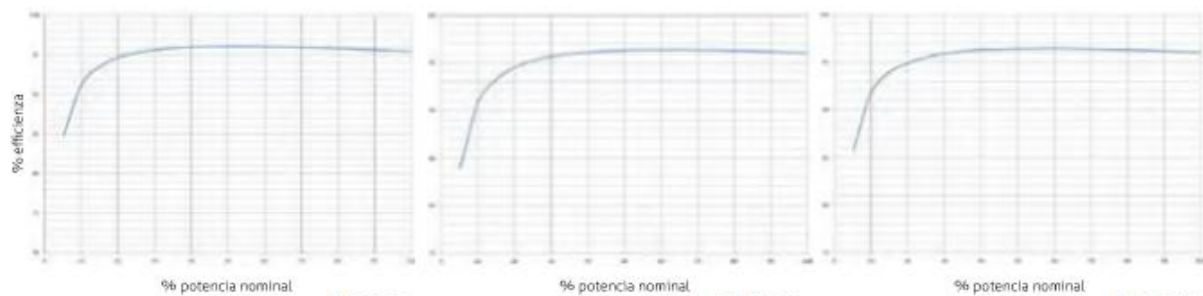


■ 530 Vdc

CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <68dBA

Sirio K200 / K200 HV / K250 HV



■ 400 Vdc

■ 530 Vdc

■ 530 Vdc

CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <72dBA

Descripción:	Información técnica y manual del cuadro STC16 160A
Revisión:	1ª versión

En este documento se explicarán las características técnicas y el manual de uso del cuadro de series pequeño (hasta 16 strings). A lo largo de este informe veremos todo lo necesario para manejar el cuadro con seguridad y conocer sus ventajas.

FICHA TÉCNICA CUADRO STC16 160A

Descripción del cuadro:

Cuadro protección series fotovoltaicas sin monitorización, hasta 16 entradas + con bases portafusibles y fusibles para continua de 16A y 16 entradas - con protección de fusible. Salida con seccionador hasta 1000Vdc y 160A, sin contacto auxiliar de estado. Montado en armario de poliéster con puerta opaca, 700x500x300mm, IP55. Entradas con prensaestopas M16 para entrada de cable de strings, de M20 para las salidas de tierra y del seccionador. Con protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc, sin contacto auxiliar. Completo, montado y cableado. Según normas IEC.

Elementos del cuadro:

El cuadro está compuesto fundamentalmente por los siguientes elementos:

- Armario poliéster 700x500x300mm, IP 55 con placa de montaje aislante
- Protector contra sobretensiones de continua clase 2 hasta 1000Vdc
- Fusible.10x38 16A 900Vdc
- Base portafusible UTE 10x38 carril 32A 1000Vdc
- Seccionador hasta 1000Vdc y 160A
- Prensaestopas M16
- Prensaestopas M20

Tabla de características:

CARACTERÍSTICAS GLOBALES DEL MONTAJE	
Tensión máxima de uso	1000Vdc
Corriente máxima de uso	160A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Capacidad de seccionamiento	Si, por interruptor de corte en carga
Protección por fusible	Si
Protección contra sobretensiones	Si
IP	55
Prensaestopas	Si
CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR	
Marca	Telergon / Socomec
Tensión máxima de corte	1000Vdc
Corriente máxima de corte	160A
Tensión de aislamiento	1000Vdc
Accionamiento	Por mando directo
Categoría de empleo	DC21
Tipo de conexión	Disponible en pletina ó brida
CARACTERÍSTICAS DEL FUSIBLE	
Marca	DF
Tensión máxima de uso	900Vdc
Corriente de fusión de fusible	16A
Tensión de aislamiento (base)	1000Vdc
Corriente máxima de la base	32 A
Tipo de base	UTE
Calibre	10x38
Montaje	Carril
Conexión	Brida
CARACTERÍSTICAS DEL PROTECTOR	
Marca	Weidmüller
Tipo	Tipo II
Tensión de uso	1000Vdc
I de descarga	40kA
CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE	
Marca	Claved
Dimensiones máximas	700x500x300mm
IP	55
IK	10
Tapa	Transparente
Prensaestopas	Si (M16 y 20)
IP Presnas	66
Placa de montaje	Aislante

FOTOGRAFÍAS DE LOS EQUIPOS

CUADRO STC2 25A



CUADRO STC5 100A



DC Box

Protect and keep an eye on the arrays of your PV installation.



Product at a glance

The DC Box is a PV array combiner box installed next to the Conext™ Core XC inverter, providing protection and supervision of the PV plant performance.

Higher return on investment

- Reduced CAPEX: Highly cost-competitive offer with and without current monitoring
- Reduced OPEX: Detection of PV strings failure and aging by measuring the energy produced with a high precision

Designed for reliability

- Designed for indoor use with temperature around DC Box from -10°C to +55°C
- Control of humidity by using an internal controlled heater when DC Box is monitored
- Robust metal enclosure painted with epoxy-polyester resin, textured RAL 7035 grey
- Optimal cooling of the PV fuses to reduce their temperature rise and increase their life duration
- Certified according IEC/EN 61439-1 and -2 as quality guarantee for construction and verification

Flexible

- Offer range with 6/10 inputs and a maximum output current of 1600A STC to fit with a large number of PV plant designs
- Large range of possible fuse ratings for each DC Box model
- Available with and without monitoring of the sub-array currents to fit with every monitoring architecture approach

Easy to service

- Need for DC Box service is reported by Conext Control for the replacement of blown fuses
- Fuses are quickly mountable in fuse-holders to reduce service duration
- Enclosure with 2 narrow doors for a safer use in PV Box

Easy to install

- Floor-standing close to the inverter, cables are passing through the bottom
- Up to 2 x 300 mm² DC input cables per polarity to connect the PV string combiner boxes
- Up to 4 x 300 mm² DC output cables per polarity to connect the inverter

Product applications



Device short name	DC06B Protect	DC06B Monitored	DC10B Protect	DC10B Monitored
Electrical specifications				
Input (DC)				
Number of inputs	6	6	10	10
Max. voltage in open circuit	1000 V	1000 V	1000 V	1000 V
Max. input current in short circuit	375 A	375 A	200 A	200 A
Max. input current in short circuit @ STC	300 A	300 A	160 A	160 A
Output (DC)				
Max. output current in short circuit	2000 A	2000 A	2000 A	2000 A
Max. output current in short circuit @ SCT	1600 A	1600 A	1600 A	1600 A
Max. output current in operation	1280 A	1280 A	1280 A	1280 A
Max. thermal dissipation in operation @ 1280A ^a	250 W	300 W	250 W	300 W
AC supply^a				
Voltage at 50/60 Hz	-	230 V + 10/-15%	-	230 V + 10/-15%
Internal consumption	-	60 VA	-	60 VA
Additional consumption for heater	-	170 VA	-	170 VA
Environmental specifications (in operation)				
Ambient air temperature for operation	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)	-10°C to 55°C (23°F to 131°F)
Operating altitude	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating	0 to 2000 m without derating
Relative humidity	0 to 100%, condensing	0 to 100%, condensing, control of humidity by using an internal controlled heater	0 to 100%, condensing	0 to 100%, condensing, control of humidity by using an internal controlled heater
General specifications				
Enclosure				
Enclosure material	Indoor use, metallic cabinet with two doors			
Color	RAL 7035, grey			
Product				
Product weight	180.0 kg (396.8 lb)	190.0 kg (418.9 lb)	200.0 kg (440.9 lb)	210.0 kg (463.0 lb)
Product dimensions (H x W x D)	206.5 x 80.0 x 60.0 cm (81.3 x 31.5 x 23.6 in)			
Device mounting	Floor-standing			
Degrees of protection	IP20, IK10			
Features				
Protection				
DC input overcurrent protection ^a	Protection on both polarities, gPV fuses			
Range of fuses (for other ratings, contact Schneider Electric)	315 A, 355 A, 400 A	315 A, 355 A, 400 A	160 A, 200 A, 250 A	160 A, 200 A, 250 A
Electric shock protection	Class I equipment			
Monitoring^a				
DC input currents (one measurement per input)	-	0 to 400 A, accuracy +/- 2% full scale	-	0 to 200 A, accuracy +/- 2% full scale
Communication interface	-	RS485 / Modbus RTU	-	RS485 / Modbus RTU
Relative humidity control by heater	-	Local setting range 20-80%	-	Local setting range 20-80%
Regulatory approvals				
Electrical safety	CE marked for the Low Voltage Directive 2006-95-EC			
EMC	CE marked for the EMC directive 2004-108-EC			
LV switchgear assemblies	IEC/EN 61439-1, IEC/EN 61439-2			
Available models				
Part number	PVSDC31101	PVSDC31111	PVSDC31201	PVSDC31211

Specifications are subject to change without notice. ^aDC Box equipped with the fuses listed below. ^bFor monitored models. ^cFuses not provided with product, to be ordered separately.

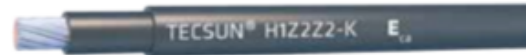
Schneider Electric Industries SAS
Head Office
35 rue Joseph Monier
92500 Rueil Malmaison Cedex- France
Tel.: +33 (0)1 41 29 70 00
solar.schneider-electric.com

Life Is On | **Schneider**
Electric

TECSUN H1Z2Z2-K



Tensión asignada: 1,5/1,5 kVdc (1,8 kVdc máx.) - 1/1 kVac (1.2 kVac max.)
 Norma diseño: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS

 NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA EN 60332-1-2 IEC 60332-1-2 NFC 32070-C2	 NO PROPAGACIÓN DEL INCENDIO EN 50305-9 DIN VDE 0482 parte 264-2-5	 LIBRE DE HALÓGENOS EN 50525-1
 BAJA OPACIDAD DE HUMOS EN 61034-2 IEC 61034-2	 BAJA EMISIÓN DE GASES CORROSIVOS Y REDUCIDA EMISIÓN DE GASES TÓXICOS EN 50305 (ITC < 3)	
 RESISTENCIA A LA ABSORCIÓN DEL AGUA	 RESISTENCIA AL FRÍO	 CABLE FLEXIBLE
		 RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA
 RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS	 RESISTENCIA A LAS GRASAS Y ACEITES	 RESISTENCIA A LOS GOLPES
		 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
 APTO PARA ENTERRAR DIRECTAMENTE		

ENSAYOS ADICIONALES CABLE TECSUN - H1Z2Z2-K

Vida estimada	30 años
Certificación	TÜV
Servicios móviles	SI
Apto para instalación directamente enterrado	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI
Tª máxima de conductor (20 000 h)	120 °C
Resistencia al ozono	Cobre estañado
Resistencia a los rayos UVA	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E; Resistencia a la tracción y elongación a la rotura después de 720 h (360 ciclos) de exposición a los rayos UVA según EN 50289-4-17 (Método A)
Resistencia a la absorción agua	DNI EN 60811-402
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a aceites minerales	EN 60811-2-1; 24 h; 100 °C
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 Anexo B y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C (N-Oxalic acid, N-Sodium hydroxide) per IEC 60811-404; EN 60811-404
Resistencia al amoníaco	Ensayo especial de Prysmian: 30 días en atmósfera saturada de amoníaco
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab.2 para IEC 60811-503; EN 50618 Tab.2 para EN 60811-503 (máxima contracción 2%)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y EN 50618 Tab.2 1000h a 90 °C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN- 60068-2-78
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Penetración dinámica	IEC 62930 anexo D; EN 50618 anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 62930 Tab.2 para IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 para EN 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C para IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C para EN 60811-506
Presión a temperatura elevada	< 50% según EN 60811-508
Dureza Prysmian	Test interno Prysmian: Tipo A: 85 según DIN EN ISO 868
Resistencia a la abrasión	Ensayo especial Prysmian DIN ISO 4649 contrapapel abrasivo. • Cubierta contra cubierta. • Cubierta contra met. • Cubierta contra plásticos
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (120 °C, por 20 000 h).
- Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
- Tensión continua máxima: 1,8/1,8 kV.
- Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
- Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
- Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado):
3D (D ≤ 12 mm) y 4D > 12 mm). (D = diámetro exterior del cable máximo).

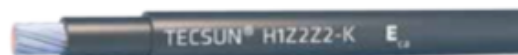
Ensayos de fuego

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- No propagación del incendio: EN 50305-9.
- Libre de halógenos: EN 50525-1.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Reducida emisión de gases tóxicos: EN 50305 (ITC < 3).

TECSUN

H1Z2Z2-K

Tensión asignada: 1,5/1,5 kVdc (1,8 kVdc máx.) - 1/1 kVac (1.2 kVac max.)
 Norma diseño: EN 50618; IEC 62930
 Designación genérica: H1Z2Z2-K



CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR

Metal: cobre estañado.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 120 °C, 20 000 h; 90 °C (30 años)
 250 °C en cortocircuito.

AISLAMIENTO

Material: Cross-linked HERP.

CUBIERTA

Material: compuesto reticulado libre de halógenos, tabla B.1, anexo B de EN 50618.

Color: negro, rojo o azul.

APLICACIONES

• Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, fijas o móviles (con seguidores)... Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos. Adecuado para soterramiento directo (sin tubo o conducto).

DATOS TÉCNICOS

NÚMERO DE CONDUCTORES x SECCIÓN mm ²	DIÁMETRO MÁXIMO DEL CONDUCTOR mm (1)	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MÍNIMO) mm	DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE (VALOR MÁXIMO) mm	PESO kg/km (1)	RESISTENCIA DEL CONDUCTOR A 20 °C Ω/km	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE (2) A	INTENSIDAD ADMISIBLE AL AIRE T AMBIENTE 60 °C y T CONDUCTOR 120 °C (3)	CAIDA DE TENSIÓN V/(A·km) (2)
1 x 1,5	1,6	4,4	5	35	13,7	24	30	30,48
1 x 2,5	1,9	4,8	5,4	46	8,21	34	41	18,31
1 x 4	2,4	5,3	5,9	61	5,09	46	55	11,45
1 x 6	2,9	5,9	6,5	80	3,39	59	70	7,75
1 x 10	4	7,0	7,6	122	1,95	82	98	4,60
1 x 16	5,6	9,0	9,8	200	1,24	110	132	2,89
1 x 25	6,4	10,3	11,2	290	0,795	146	176	1,83
1 x 35	7,5	11,7	12,5	400	0,565	182	218	1,32
1 x 50	9	13,5	14,5	560	0,393	220	276	0,98
1 x 70	10,8	15,5	16,5	750	0,277	282	347	0,68
1 x 95	12,6	17,7	18,7	970	0,210	343	416	0,48
1 x 120	14,2	19,2	20,4	1220	0,164	397	488	0,39
1 x 150	15,8	21,4	22,6	1500	0,132	458	566	0,31
1 x 185	17,4	23,7	25,1	1840	0,108	523	644	0,25
1 x 240	20,4	27,1	28,5	2400	0,0817	617	775	0,20

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.
 → XLPE2 con instalación tipo F → columna B3. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).
 Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.
 Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida útil (25 años).

Hoja de características del producto

Características

LV434636

NSX630 4P 50k Micrologic 7.3 Vigi 570A



Principal

Gama	Compact
Tipo de producto o componente	Interruptor automático de protección contra fugas a tierra
Nombre corto del dispositivo	VigiCompact NSX630N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Capacidad de corte	N 50 kA 415 V CA
Calibre de la unidad de disparo	570 A en 40 °C

Complementario

Número de polos	4P
Descripción de polos protegidos	3t + N/2 3t 4t
Posición de neutro	Izquierda
Tipo de red	CA
Frecuencia de red	50/60 Hz
Tipo de control	Maneta
Tipo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Placa posterior
Conexión superior	Frontal
Conexión hacia abajo	Parte frontal
[In] Corriente nominal	570 A en 40 °C
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV
[Ue] Tensión nominal de empleo	440 V CA 50/60 Hz
Capacidad de corte	85 kA Icu en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 50 kA Icu en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 42 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ics] poder de corte en servicio	85 kA en 220/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 50 kA en 380/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 42 kA en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Poder de seccionamiento	Sí acorde a EN 60947-2 Sí acorde a IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A

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

Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	4000 ciclos 440 V In acorde a IEC 60947-2 8000 ciclos 440 V In/2 acorde a IEC 60947-2
Paso de conexión	35 mm
Instantaneous pick-up	1,5...12 x In
Unidad de control	Micrologic 7.3 E
Tecnología de unidad de disparo	Electrónico
Funciones de protección de unidad de control	LSIR
Tipo de protección	Prot.cont. sobrec. (per.largo) Prot.cont.cortoc. (per.corto) Prot.contra cortocirc.(inst.) Proteção de fuga à terra
Tipo de ajuste de detección a largo plazo Ir	9 regulaciones
Intervalo de ajuste de detección a largo plazo	0,4...1 x pol
Tipo de ajuste de retardo de larga duración	Ajustable
[Tr] ajuste de retardo de larga duración	15...400 s en 1.5 x Ir 0,5...16 s en 6 x Ir 0,35...11 s en 7.2 x Ir
Memoria térmica	20 minutos antes y después de desconexión
Tipo de ajuste de detección de Isd de corto retardo	Ajustable
[Isd] intervalo de ajuste de detección a corto plazo	1.5...10 x Ir
Tipo de ajuste de retardo de corta duración	Ajustable
[Tsd] short-time delay pick-up	0...0,4 s
Tipo de ajuste de detección instantánea li	Ajustable
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo A
Protección contra fugas a tierra	Integrado
[IΔN] residual earth-leakage sensitive adjustment	300 mA 500 mA 1 A 3 A 5 A 10 A
Earth leakage specific mode	Desligar using the IΔn rotary switch
Earth-leakage time delay type	Ajustable
[Δt] earth-leakage time delay pick-up adjustment range	0 ms 60 ms 150 ms 500 ms 1 s
Categoría de sobretensión	Clase II
Clase de protección contra descargas eléctricas	Clase II
Señalizaciones en local	LED 105 % Ir LED 90 % Ir LED preparado
Altura	255 mm
Anchura	185 mm
Profundidad	110 mm

Entorno

Normas	IEC 60947-2 UL 508
--------	-----------------------

	NEMA AB1 EN 60947-2
Certificaciones de producto	CCC CB EAC
Grado de protección IP	IP40 acorde a IEC 60529
Grado de protección IK	IK07 acorde a IEC 62262
Grado de contaminación	3 acorde a IEC 60664-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-55...85 °C
Peso del producto	8,13 kg

Sostenibilidad de la oferta

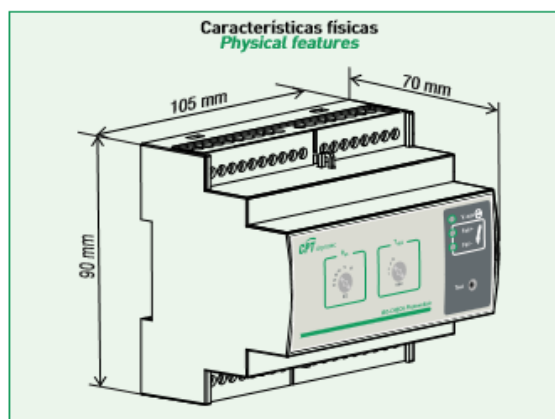
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo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

Garantía contractual

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

Serie ISO-Check PV

Vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas
Insulation monitoring device for photovoltaic systems



Características técnicas Technical features

Modelos/Models Códigos/Codes	ISO-Check PV 600 77706704	ISO-Check PV 1000 77706703	
Tensión de alimentación auxiliar AC 50/60 Hz Supply voltage AC 50/60 Hz	U_s [V]	230	
Consumo propio Power consumption	VA	2	
Tensión nominal del sistema Nominal system voltage	U_n [VDC]	300...600	500...1000
Valor de respuesta Response value	R_{int} [k Ω]	30,40,50,60,70,80	
Tiempo de respuesta (RLY1) Response time (RLY1)	t_{RLY1} [ms]	<1s ($C_e \leq 22,5 \mu F$)	
Tiempo de respuesta (RLY2) Response time (RLY2)	t_{RLY2} [s]	1,2,5,10	
Desviación de respuesta Relative uncertainty	%	5 (450V < U_s \leq 600V) 15 (300V < U_s \leq 450V)	5 (750V < U_s \leq 1000V) 15 (500V < U_s \leq 750V)
Histéresis (para $U_n=1000$ Vdc) Hysteresis (at $U_n=1000$ Vdc)	%	15 ($R_{int}=30$ k Ω) 10 ($R_{int}=80$ k Ω)	
Tiempo de rearme Reclosing time	t_r [min]	1	
Tensión de medida (valor de pico)(RF= $\infty \Omega$) Measuring voltage (peak value)(RF= $\infty \Omega$)	U_m [V]	<25	
Corriente de medida (RF=0 Ω) Measuring current (RF=0 Ω)	I_m [mA]	<1,5	
Resistencia interna CC Internal DC resistance	R_i [k Ω]	512	
Impedancia interna (a 50 Hz) Internal impedance (at 50 Hz)	Z_i [k Ω]	512	
Tensión continua admisible Permissible DC voltage	U_a [V]	1150	
Capacidad tolerada de derivación de la red System leakage capacitance	C_e [μF]	$\leq 22,5$	
Tensión impulsional soportada/Categoría Rated impulse voltage/Category	U_{imp} [kV]	4/III	

Cod: 15606447 v0

Cirprotec, S.L.

C./Lepanto, 49 - 08223 - Terrassa BCN(Spain) - Tel.+34 937331684 - Fax.+34 937332764
www.cirprotec.com - comercial@cirprotec.com - export@cirprotec.com

1

Serie ISO-Check PV

Vigilante de aislamiento para instalaciones fotovoltaicas
Insulation monitoring device for photovoltaic systems



Datos generales *General information*

Modelos/Models Códigos/Codes	ISO-Check PV 600 77706704	ISO-Check PV 1000 77706703
Normas de producto <i>Product standards</i>	EN 61557-8 ; IEC 61557-8	
CEM <i>EMC</i>	EN 61000 ; IEC 61000	
Temperatura de funcionamiento <i>Operating temperature</i>	°C	-20...+70
Grado de protección envoltente <i>Degree of protection</i>	IP 40	
Material envoltente y clase <i>Enclosure and flammability class</i>	PC V0	

Diagrama de conexión
Wiring diagram

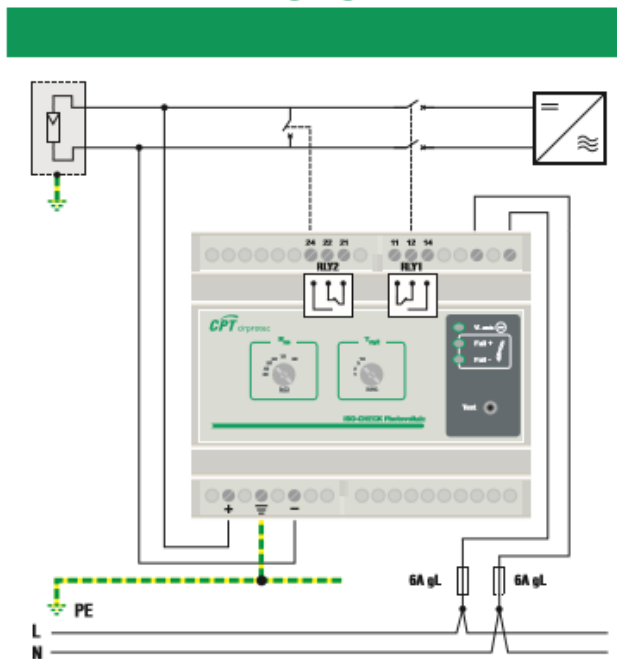
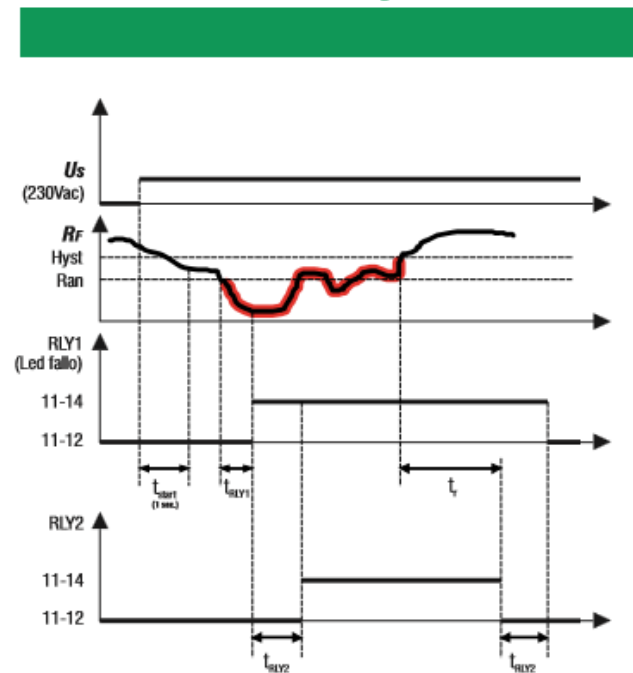


Diagrama de funcionamiento
Functional diagram



Cod: 15606447 v0

Cirprotec, S.L.

C/.Lepanto, 49 - 08223 - Terrassa BCN(Spain) - Tel.+34 937331684 - Fax.+34 937332764
www.cirprotec.com - comercial@cirprotec.com - export@cirprotec.com

Bibliografía

- Bulnes, C. A., Best, R., & Lejos, B. (2010). *Energía del sol*. Revista Ciencia, 61, 10-17.
- De Energías Renovables, A. D. E. (2018). *Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España en 2018*. Madrid, España: APPA.
- De Portugal Magallón, C., & del Carmen, M. (2019). *La ventaja competitiva de las energías renovables*.
- Espada, B. (2016). *Energía solar: ventajas y desventajas*.
- International Energy Agency (2018). *World Energy Outlook 2018*. Resumen ejecutivo. Spanish Translation.
- IRENA, I. (2016). *End-Of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. International Renewable Energy Agency and the International Energy Agency Photovoltaic Power Systems.
- IRENA (2019). *Renewable Energy Statistics 2019*. The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2019). *Renewable Power Generation Costs in 2018*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Junta de Andalucía (2019). *Manual de la Secretaría General de Industria, energía y Minas para la tramitación administrativa de las instalaciones de generación de energía eléctrica en régimen de autoconsumo en la comunidad autónoma de Andalucía*. Consejería de Hacienda, Industria y Energía.
- Lazard, N. (2016). *Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis—Version 12.0*
- Linares Llamas, P. (2018). *La transición energética*.
- Marqués, Á. L. (2005). *Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industriales: cálculos eléctricos y esquemas unifilares*. Editorial Paraninfo.

- Melchor, N. R., Quintela, F. R., Redondo, R. C., & Arévalo, J. M. G. *SEGURIDAD ELÉCTRICA DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS CON CONEXIÓN EN BAJA TENSIÓN ELECTRICAL SECURITY IN PHOTOVOLTAIC PLANTS CONNECTED TO LOW VOLTAGE NETWORKS.*
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Red Eléctrica Española (2019). *El sistema eléctrico español, 2018.*
- Top Cable (2019). *CABLES DE BAJA TENSIÓN: Tipos de instalación e intensidades máximas admisibles*
- United Nations (1961). *New sources of energy and energy development.* Report on the United Nations conference on new sources of energy. Department of Economic and Social Affairs.
- Unión Española Fotovoltaica, UNEF (2019). *Informe anual 2019: El sector fotovoltaico impulsor de la transición energética.*
- Weckend, S., Wade, A., & Heath, G. A. (2016). *End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels* (No. NREL/TP-6A20-73852). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).

Webgrafía

- Acciona (2019). *Energía solar*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2019, de: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/>
- Anbelo (2020). *Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de: <https://anbelosolar.com/ventajas-e-inconvenientes-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Cambio Energético (2019). *Claves de la nueva normativa de Autoconsumo Fotovoltaico (Real Decreto 244/2019)*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de: <https://www.cambioenergetico.com/blog/claves-de-la-nueva-normativa-de-autoconsumo-fotovoltaico-real-decreto-244-2019/>
- Comparador Luz (2019). *Tarifas de 6 periodos para empresas: Precios y Tramos horarios*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2019, de: <https://comparadorluz.com/empresas/tarifas/6-periodos>
- Censolar (2019). *Legislación fotovoltaica en España (2019)*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de: <https://www.censolar.org/legislacion-fotovoltaica-es-2019/>
- Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid (2019). *Las reservas de combustibles fósiles*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019, de: https://www.webaero.net/ingenieria/varios/Expo%20Industria/Industria/reservas_fosiles.htm
- Ecoinventos (2019). *Ventajas y desventajas de las baterías en sistemas solares fotovoltaicos*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2019, de: <https://ecoinventos.com/ventajas-y-desventajas-baterias-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
- Eficiencia energética y sostenibilidad en la edificación (2019). *Claves del nuevo Decreto para el autoconsumo fotovoltaico*. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de: <https://e-ficiencia.com/claves-del-nuevo-decreto-autoconsumo-fotovoltaico/>
- Electro Industria (2020). *Vigilancia del aislamiento eléctrico en línea*. Recuperado 13 de Enero de 2020, de: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2695&edi=136&xit=vigilancia-del-aislamiento-electrico-en-linea>

- Enerdata (2019). *Anuario estadístico mundial de energía 2019: Consumo Internacional*. Recuperado el 17 de Octubre de 2019, de: <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html>
- Enerdata (2019). *Anuario estadístico mundial de energía 2019: Consumo nacional de carbón y lignito*. Recuperado el 4 de Diciembre de 2019, de: <https://datos.enerdata.net/carbon-lignito/consumo-mundial-carbon.html>
- Energía solar fotovoltaica (2020). *Inconvenientes de la energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 9 de Enero de 2020, de: <https://villalbasolarfotovoltaica.wordpress.com/inconvenientes-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Energías renovables (2013). *Desarrollan una célula solar con eficiencia récord*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2019, de: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/desarrollan-una-celula-solar-con-eficiencia-record-20130416>
- Erenovable.com (2020). *Energía solar ventajas y desventajas*. Recuperado el 20 de Enero de 2020, de: <https://erenovable.com/author/blanca/>
- European Commission (2019). *Rendimiento de un sistema FV conectado a red*. Photovoltaic geographical information system. Recuperado el 12 de Octubre de 2019, de: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html
- Geografía Infinita (2017). *El reparto de las horas del sol en el mundo*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de: <https://www.geografiainfinita.com/2017/07/reparto-las-horas-sol-mundo/>
- Gls&Beers (2017). *Cartografía de radiación solar mundial*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de: <http://www.gisandbeers.com/cartografia-de-radiacion-solar-mundial/>
- International Renewable Energy Agency, IRENA (2019). *Solar energy*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2019, de: <https://www.irena.org/solar>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad (2019). *Andalucía pueblo a pueblo-fichas municipales: Aznalcázar*. Recuperando el 20 de Octubre de 2019, de: <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=41012>
- Instituto Nacional de Estadística (2019). *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2019, de: <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2917>
- Junta de Andalucía (2018). *Mapa de infraestructuras energéticas de Andalucía - MIEA*. Consejería de Hacienda, Industria y energía. Recuperado el 29 de

Noviembre de 2019, de: <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/la-energia-en-andalucia/cartografia-energetica/mapa-de-infraestructuras-energeticas-de-andalucia-miea>

- Naciones Unidas (2019). *Asuntos que nos importan: Población*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2019, de: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Sunfields Europe (2018). *Consideraciones Previas para calcular una instalación fotovoltaica aislada*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2019, de: <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>
- Twenergy (2019). *Desventajas de la energía solar*. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de: <https://twenergy.com/energia/energia-solar/desventajas-de-la-energia-solar/>
- Wikipedia (2019). *Anexo: Municipios de la provincia de Sevilla*. Recuperado el 19 de Octubre de 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Municipios_de_la_provincia_de_Sevilla
- Wikipedia (2019). *Anexo:Cronología del desarrollo de las células solares*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Cronolog%C3%ADa_del_desarrollo_de_las_c%C3%A9lulas_solares
- Wikipedia (2019). *Célula fotoeléctrica*. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica
- Wikipedia (2019). *Energía solar fotovoltaica*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica